

Кафедра _____

Механіко-машинобудівний факультет
 Технології машинобудування та матеріалознавства

(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
 кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра

студента _____

Булатнікова Андрія Вікторовича
 (ПІБ)

академічної групи _____

131-17зек-2
 (шифр)

спеціальності _____

131 Прикладна механіка
 (код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою _____

Комп'ютерні технології машинобудівного виробництва
 (офіційна назва)

на тему _____

Проект технологічного процесу виготовлення деталі «Колесо зубчасте»
 в умовах серійного виробництва

(назва за наказом ректора)

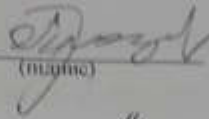
Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Пацера С.Т.	88	добре	
рецензентів				
Аналітичний	Пацера С.Т.	89	добре	
Технологічний	Пацера С.Т.	80	добре	
Спеціальний	Пацера С.Т.	82	добре	
Рецензент				
Нормоконтроль			87	

Дніпро
 2020

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри

Технологій машинобудування та матеріалознавства
(повна назва)


(підпис)

В.В. Проців
(прізвище, ініціали)

« _____ »

2020 року

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

студенту

Булатнікову А.В.
(прізвище та ініціали)

академічної групи

131-17зек-2
(шифр)

спеціальності

131 Прикладна механіка

за освітньо-професійною програмою

Комп'ютерні технології машинобудівного виробництва
(офіційна назва)

на тему

Проект технологічного процесу виготовлення деталі «Колесо зубчасте»
умовах серійного виробництва

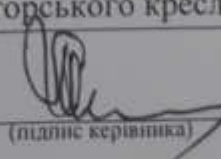
затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від

07.05.20

№257-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Аналітичний	Характеристика об'єкта виробництва; Виконання робочого креслення заданої деталі, аналіз технологічності її конструкції	10.05.2020
Технологічний	Призначення способу отримання заготовки, проектування робочого креслення	15.05.2020
	Обґрунтування 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 комплексу технологічної документації і карт налагодження на характерні операції	2.06.2020
Спеціальний	Проектування верстатного пристрою з розробкою збирального креслення Проектування контрольного пристрою з розробкою конструкторського креслення	15.06.2020

Завдання видано


(підпис керівника)

Пацера С.Т.
(прізвище, ініціали)

Дата видачі

04.05.2020

Дата подання до екзаменаційної комісії
Прийнято до виконання

15.06.2020


(підпис студента)

Булатніков А.В.
(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 39 с., 4 рис., 15 табл., 18 джерел. Комплект технологічної документації на 22 аркушах у вигляді маршрутно-операційного технологічного процесу. Графічна частина роботи розміщена на 4,5 аркушах формату А1 і представлена шістьма документами.

Об'єкт проектування: технологічна підготовка виробництва деталі гідророзподільчого вузла механізованого кріплення 1КД-99

Ціль кваліфікаційної роботи - проект: технологічного процесу виготовлення деталі «Клапан» в умовах серійного виробництва.

Аналітичний розділ проекту містить якісний і кількісний аналіз технологічності конструкції деталей, а також аналіз технологічних і експлуатаційних властивостей матеріалу деталі.

У технологічному розділі виконаний комплекс робіт технологічного проектування, спрямований на розробку маршрутно-операційного процесу механічної обробки й підготовлені вихідні дані для оформлення комплексу виробничої документації.

Спеціальним об'єктом дослідження є призначення режимів різання і використання СКБД «Access» для автоматизації проектування.

Практичне значення проекту полягає в застосуванні вітчизняного обладнання з ЧПК для механічної обробки деталей машин, що дозволяють знизити технологічну собівартість їхнього виробництва, а також у використанні комп'ютерної техніки для автоматизації технологічного проектування.

ТЕХПРОЦЕС, ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ, ЗАГОТІВЛЯ, ЕЛЕКТРОЕРОЗІЙНА ОБРОБКА, ПРИПУСК, ОПЕРАЦІЯ, ВЕРСТАТ, ПРИСТОСУВАННЯ, РІЗАЛЬНИЙ ІНСТРУМЕНТ

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет "Дніпровська політехніка"

ЗАТВЕРДЖУЮ
завідувач кафедри технологій
машинобудування та матеріалознавства
професор _____ В.В. Проць
"___" _____ 20__ р.

Проект технологічного процесу
виготовлення деталі "Колесо зубчасте"
в умовах серійного виробництва

ТМ.ОППБ.20.03.ЛЗ


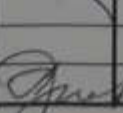

ПОГОДЖЕНО
керівник проекту
професор кафедри ТММ
С.Т. Поцера
"___" _____ 2020 р.

Студент групи 131-17зск-1 ММФ
А.В. Булатников
"___" _____ 2020 р.

Зміст

1	Аналітичний розділ	3
1.1	Введення	3
1.2	Характеристика об'єкта виробництва	4
1.3	Аналіз технологічності конструкції деталі	5
2	Технологічний розділ	8
2.1	Призначення річної виробничої програми випуску деталі	5
2.2	Вибір та економічне обґрунтування способу отримання заготовки	9
2.3	Розробка технологічного маршруту виготовлення деталі	11
2.4	Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів механічної обробки	14
2.5	Детальна розробка операцій технологічного процесу виготовлення деталі ...	16
3	Спеціальний розділ	26
3.1	Визначення виконавчих розмірів граничного калібра-скоби $\varnothing 60$ Г7мм	26
3.2	Створення бази даних для автоматизації визначення виконавчих розмірів граничного калібра-скоби	29
	Висновки	33
	Список посилань	34
	Додаток А Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи	35
	Додаток Б Відгук керівника кваліфікаційної роботи	36

ТММ.ОППБ.20.03.00 ПЗ

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		Лист	Лист	Листов
Розроб.		Бупатніков			Проект технологічного процесу виготовлення деталі «Колесо зубчасте» в умовах серійного виробництва			
Перев.		Пацера					3	34
Н.контр.						НТУ «ДП»		
Затв.		Проців						

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 даному проекті розроблений технологічний процес механічної обробки деталі «Колесо зубчасте» в умовах серійного виробництва з партією запуску 100 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.

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 збірки і експлуатації.

Деталь «Колесо зубчасте» є елементом диференціала, який є основним в кінематичному ланцюзі приводу задніх коліс трактора ЮМЗ-6КЛ. Диференціал забезпечує оптимальне співвідношення частоти обертання задніх коліс трактора при поворотах, а також розподіл крутного моменту на піввісь залежно від стану і опору ґрунту. Умови роботи механізму характеризуються значними навантаженнями в зубчатому зачепленні при великому діапазоні зміни швидкостей обертання, і частим реверсуванням. Деталі експлуатуються в закритому корпусі з інтенсивним мастилом при температурі 60-80 С.

Деталь виготовляється із сталі 18ХГТ ГОСТ 4543-71 яка підлягає цементації для забезпечення високої поверхневої твердості, а відповідно зносостійкості зубців.

Хімічний склад сталі 18ХГТ приведений в таблиці 1.1, механічні властивості в таблицях 1.2 та 1.3, а технологічні – в таблиці 1.4.

Таблиця 1.1

у відсотках

C	Si	Mn	Cr	Ti	Ni	Cu	S	P
					не більше			
0,17-0,23	0,17-0,37	0,8-1,1	1-1,3	0,03-0,09	0,3	0,3	0,035	0,035

Температура критичних точок матеріалу 18ХГТ.

$A_{c1} = 740$, $A_{c3}(A_{cm}) = 825$, $A_{r3}(A_{rcm}) = 730$, $A_{r1} = 650$, $M_n = 360$

Таблиця 1.2

Механічні властивості при $T=20\text{C}^\circ$ матеріалу 18ХГТ

Матеріал заготовки	Розмір, мм	σ_b , МПа	σ_T , МПа	d_5 , %	y , %	КСУ, кДж/м ²	Термообробка
Сталь	5	1520	1320	12	50	720	Загартування 850 °С, масло, віпуск 200 °С, повітря
	20	980	730	15	55	1130	

Твердість матеріалу 18ХГТ після відпалу, не більше 217 НВ.

Таблиця 1.3 Фізичні властивості матеріалу 18ХГТ.

T , град	E 10 ⁻⁵ , МПа	α 10 ⁻⁶ , 1/Град	l , Вт/(м·град)	ρ , кг/м ³	C , Дж/(кг·град)	R 10 ⁻⁹ , Ом·м
20	2,11		37	7800		
100	2,05	10	38		495	
200	1,97	11,5	38		508	
300	1,91	12,3	37		525	
400	1,76	12,8	35		537	
500	1,68	13,3	34		567	
600	1,55	13,6	31		588	
700	1,26		30		626	
800	1,29		29		705	

Таблиця 1.4 Технологічні властивості матеріалу 18ХГТ

Властивість	Показник
Зварювальність	без обмежень
Флокеночутливість	не чутлива
Схильність до відпускнуї крихкості	малосхильна

1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі

Склад робіт по забезпеченню технологічності конструкції виробів на всіх стадіях їх створення встановлюється Єдиною системою технологічної підготовки виробництва. Розрізняють виробничу, експлуатаційну і ремонтну технологічність. Єдиним критерієм технологічності конструкції виробу є її економічна доцільність при заданій якості і прийнятих умовах виробництва і експлуатації.

На етапі проектування технологічного процесу механічної обробки, коли конструкторські документи вже затверджені і не підлягають радикальним змінам, доцільно проводити якісний аналіз технологічності конструкції деталі з метою узагальненого, на підставі досвіду виконавця, встановити ступінь відповідності між показниками якості і прийнятими умовами виробництва.

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

1. Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів визначається по формулі:

$$K_{y.э} = \frac{Q_{y.э}}{Q_э}, \quad (1.1)$$

де $Q_{y.э}$ – 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 1.5.

Таблиця 1.5

Вид конструктивного елемента	Кількість	
	загальна	уніфікованих
Лінійні розміри	19	11
Фаски	4	4
Радіуси	4	2
Кути	1	1
Шлицевий отвір	1	1
Всього	29	19

Підставивши дані в формулу 1.1, отримуємо:

$$K_{y.э} = \frac{19}{269} = 0,66$$

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

2. Коефіцієнт точності обробки визначається по формулі:

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

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

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

$$= \frac{7 \cdot 2 + 8 \cdot 1 + 10 \cdot 8 + 11 \cdot 1 + 12 \cdot 3 + 14 \cdot 6 + 15 \cdot 7}{28} = 12,1 \quad (1.3)$$

де A – квалітет розміру;

n_i – кількість розмірів відповідного квалітету.

Підставивши отримане значення в формулу 1.2 одержимо результат:

$$K_{тч} = 1 - \frac{1}{12,1} = 0,92,$$

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

3. Коефіцієнт шорсткості поверхні визначається по формулі:

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{B_{ср}}, \quad (1.4)$$

де $B_{ср}$ – середнє значення параметра шорсткості, що визначене по формулі:

$$B_{ср} = \frac{\sum B \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{50 \cdot n_1 + 25 \cdot n_2 + \dots + 0,8 \cdot n_7 + 0,4 \cdot n_8 + \dots + 0,0012 \cdot n_{14}}{n_1 + n_2 + \dots + n_7 + n_8 + \dots + n_{14}} =$$
$$= \frac{12,5 \cdot 46 + 3,2 \cdot 5 + 1,6 \cdot 18 + 0,8 \cdot 2}{71} = 8,8 \quad (1.5)$$

де B – числове значення параметра шорсткості за шкалою Ra ГОСТ 2789-73;

n_i – кількість поверхонь з відповідним числовим значенням параметра шорсткості.

Підставивши отримане значення в формулу 1.5 одержимо результат:

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{8,8} = 0,89$$

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

Деталь відноситься до класу «зубчасті колеса», оскільки має внутрішню і зовнішню циліндричну поверхні, виготовляється із сталі 18ХГТ ГОСТ 4543-71. Враховуючи умови роботи, річну програму випуску і конфігурацію деталі, вважаємо, що її матеріал обраний раціонально.

Як технологічні бази доцільно використовувати зовнішню поверхню $\varnothing 60$ мм, внутрішню поверхню $\varnothing 43$ мм і $\varnothing 38$ мм, торці.

Шорсткість поверхні не відповідає точності обробки. З метою поліпшення технологічності до конструкції заданої деталі внесено зміну - шорсткість поверхонь проставлена відповідно до квалітетів точності поверхонь.

На робочому кресленні вказані наступні необхідні для виготовлення деталі розміри, допуски і шорсткість поверхонь, а так само твердість по Роквеллу HRC_с 57-64. Твердість серцевини зубів по Роквеллу HRC_с 34-46.

Конфігурація деталі дозволяє: використовувати раціональні методи отримання заготовки, вільно вести обробку всіх поверхонь деталі, здійснювати контроль оброблених поверхонь, застосовувати швидкодіючі верстатні пристосування.

Таким чином, технологічність конструкції деталі вважається доброю.

2 Технологічний розділ

2.1 Призначення річної 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:

$$N = N_u \cdot q \cdot \left(1 + \frac{h}{100}\right), \text{ (шт)} \quad (2.1)$$

де N_u – річна програма випуску виробів;

q – кількість деталей даного найменування в одному виробі;

h – відсоток деталей, призначених на запасні частини.

Річна потреба в даних деталях, які є елементами в коробці перемикання трактора ЮМЗ-6КМ становить 1950 штук. Враховуючи умови роботи деталі, приймаємо для деталі "Колесо зубчасте" $q=2\%$, Підставим існуючі дані у формулу (2.1), отримаємо значення річної виробничої програми для заданих деталей:

$$N = 1950 \cdot 1,025 = 1998,8 \text{ приймаємо } 2000 \text{ шт.}$$

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

Розмір партії деталей визначається по формулі:

$$n = \frac{N \cdot a}{\Phi} = \frac{2000 \cdot 12}{251} = 95,6 \text{ шт.} \quad (2.2)$$

де N – річна програма випуску виробів у штуках;

a – число днів, на які необхідно мати запас деталей на складі 12;

Φ – число робочих днів у році, 251.

Приймаємо партію запуску деталей в виробництво $n = 100$ шт.

2.2 Вибір та економічне обґрунтування способу отримання заготовки

Для раціонального вибору заготовки 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 проєктованого 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 заготовки 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 типу виробництва. Вживання даного устаткування запобігає зрушенню в площині роз'єму штамп, 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 заготовки визначаємо припуски на заготовку і викреслюємо креслення заготовки, з переліком технічних вимог. Для визначення припусків встановлюємо параметри заготовки: точність, маса, габаритні найбільші розміри, групу сталі і міру складності поковки [2].

Конфігурація заготовки наведена на рисунку 2.1.

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

$$M_{np} = M_{\partial} \cdot K_p = 2,95 \cdot 1,5 = 4,43 \text{ (кг)} \quad (2.3)$$

де M_0 – вага деталі, кг;

K_p – розрахунковий коефіцієнт 1,5-1,8 для круглих деталей: шестрен, ступиць.

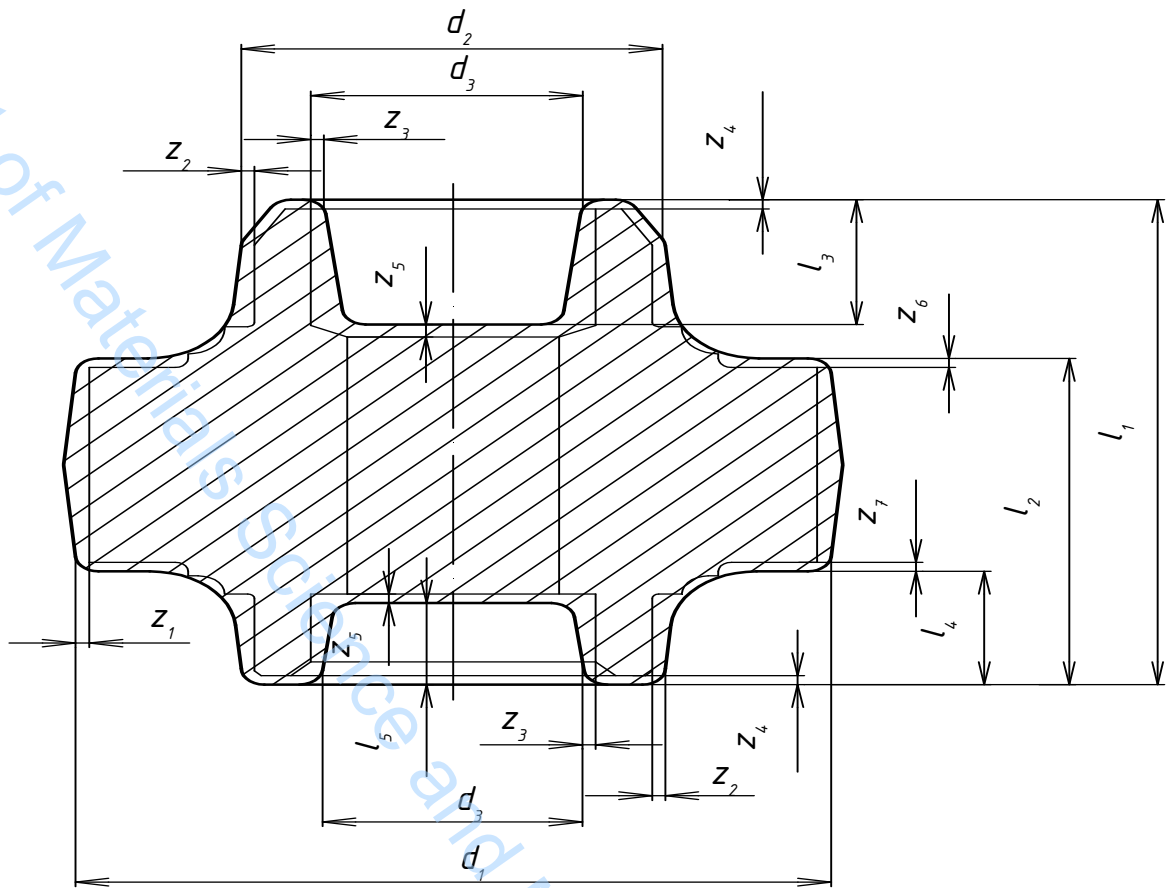


Рисунок. 2.1 – Форма заготівки

Інші данні, які характеризують поковку, приведені в таблиці 2.1

Характеристика поковки	Позначення	Примітка
Клас точності кування	T4	Штамповка на ГKM
Група сталі	M2	Вміст легируючих елементів 2-5%
Степень складності поковки	C2	$G_n/G_\phi=4,425/7,568=0,58$

На підставі вихідних даних по таблиці 2 ГОСТ 7505-89 [2] визначаємо вихідний індекс – 13. Відповідно до нього визначаються основні припуски на механічну обробку і допуски на розміри заготівки. 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 заготовки, мм	Позначення на рис. 2.1
<i>Зовнішні циліндрічні поверхні</i>							
109,8h12	3,2	2,0	0,7	2,7	z_1	$115,2^{+2,1}_{-1,1}$	d_1
60f7	0,8	2,0	0,7	2,7	z_2	$65,4^{+1,8}_{-1,0}$	d_2
<i>Торцеві поверхні</i>							
103	3,2	2,0	-	2,0	z_4	$107^{+2,4}_{-1,2}$	l_1
68	3,2	1,8	-	1,8	z_6	$71,8^{+1,8}_{-1,0}$	l_2
27	12,5	1,4	-	1,4	z_5	$27,6^{+1,4}_{-0,8}$	l_3
25	3,2	1,7	-	1,7	z_7	$25,3^{+1,4}_{-0,8}$	l_4
18	12,5	1,4	-	1,4	z_5	$18,6^{+1,4}_{-0,8}$	l_5
<i>Внутрішні циліндрічні поверхні</i>							
43H14	12,5	1,4	0,7	2,1	z_3	$38,8^{+0,8}_{-1,4}$	d_3

Вагу заготовки визначаємо з урахуванням номінальних виконавчих розмірів і штампувальних ухилів для зовнішніх поверхонь, рівних 5° , внутрішніх - 7° . Згідно з ними побудована 3D модель заготовки, а програма розрахувала масу, яка становить 4,5 кг.

2.3 Розробка технологічного маршруту виготовлення деталі

Технологічний процес в умовах серійного типу виробництва характеризується широкою номенклатурою виробів та значними обсягами випуску. Ефективність такого виробництва в значній мірі залежить від можливості поєднання універсальності та мобільності одиничного виробництва з високою організацією та продуктивністю масового. Таке поєднання передбачає використання обладнання з широкими технологічними можливостями, високим ступенем універсальності і автоматизації. Враховуючи, що серійне виробництво характеризується широкою номенклатурою не тільки виробів, але і оброблюваних матеріалів, вимоги до широкого вибору економічно ефективних методів і режимів обробки металів можуть бути виконані шляхом наявності різноманітного парку металорізального обладнання, універсальних і переналажуваних

спеціальних пристосувань, розвиненого інструментального та метрологічного господарства. Найбільш ефективним засобом, що дозволяє забезпечити найвищу ступінь автоматизації, високу універсальність і значну продуктивність ність при великій насиченості технологічних операцій, є раціональне використання обладнання з числовим програмним управлінням і пов'язані з ним технології організації робочих місць, складів, транспорту, контролю операцій та управління виробничими процесами. Технологічний процес в умовах серійного типу виробництва характеризується широкою номенклатурою виробів і значними об'ємами випуску. Ефективність такого виробництва в значній мірі залежить від можливості поєднання універсальності і мобільності одиничного виробництва з високою організацією і продуктивністю масового. Таке поєднання припускає використання устаткування з широкими технологічними можливостями, високим ступенем універсальності і автоматизації.

Матеріал деталі «Колесо зубчасте», її конфігурація і вимоги робочого креслення припускають використання спеціального методу отримання заготовки, для якої характерна висока розмірна точність і якість поверхні. Тому, при розробці маршруту виготовлення деталі орієнтуємось на мінімальні припуски на механічну обробку і 14 квалітет початкових розмірів заготовки. Кількість технологічних операцій, їх концентрація буде визначатися методами обробки поверхонь, які призначені виходячи з необхідного квалітета розміру, параметра шорсткості і умов оброблюваності конструкційних легованих сталей. Перелік оброблюваних поверхонь і методи обробки, які можуть забезпечити виконання вимог креслення, наведені в таблиці 2.3.

Згідно з загальним правилом побудови технологічних процесів виготовлення зубчастих коліс, обробка зубчатої поверхні і остаточно обробка інших зовнішніх поверхонь повинна здійснюватися на основній конструкторській базі. Тому, на перших операціях здійснюється попередня обробка циліндричних поверхонь, протягування шліцевого отвору і чистове точіння на шліцевій оправці.

На першій і другій операції, враховуючи кількість, вид і геометричну точність поверхонь доцільно використовувати токарний верстат з ЧПК, щоб можна було застосувати режими розточування, і багатоінструментальне налагодження для виконання інструментальних переходів. Забезпечується однозначне базування, надійне закріплення та суміщення осі обертання шпинделя верстата і осей основних і допоміжних конструкторських баз деталі. Така схема базування забезпечує доступ до великої кількості поверхонь і дозволяє виконати повну обробку поверхонь, підготувати отвір під протягування.

Враховуючи масу деталі, протягання шліцевого отвору доцільно здійснювати на вертикально-протягувальному верстаті.

Дві наступні операції призначені для обробки зубчастої поверхні. Перша – зубофрезерна, а друга, враховуючи значний модуль зчеплення, зубошевінгувальна- призначена для досягнення необхідного параметра шорсткості.

Таблиця 2.3

Вид поверхні, розмір, мм	Квалітет	Шорсткість Ra, мкм	Метод обробки поверхні
Торцеві 103±0,11	11	12,5	Точіння чорнове Точіння чистове
Зовнішня Ø60f7	7	0,8	Точіння чорнове Точіння чистове Шліфування
Зовнішня Ø69, Ø80.	14	12,5	Точіння однократне
Зовнішня Ø109, 8-0,35	12	3,2	Точіння чорнове Точіння чистове
Внутрішня Ø43 ⁺¹	14	12,5	Розточування однократне
Внутрішня Ø32H8	8	0,8	Свердління Розточування Шліфування
Внутрішня 8x32x38	11	3,2	Протягування шліців
Торцеві 18±0,09, 26±0,105	12	1,6	Точіння Шліфування
Торцеві 68, 25	15	1,6	Точіння чорнове Точіння чистове
Торцеві 18, 22; 27, 32	15	12,5	Точіння однократне

Після хімікотермічної обробки, коли досягнута необхідна твердість поверхонь деталі, здійснюється остаточна обробка циліндричних поверхонь на внутрішньошліфувальній та круглошліфувальній операціях.

На завершальному етапі технологічного процесу виготовлення деталі виконується контрольна операція, на якій здійснюється комплексний контроль розмірів поверхонь та їх взаємного розташування.

Запропонований маршрут обробки зубчатого колеса наведений в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4

№ оп.	Найменування операції	Стислий зміст операції	Верстат
05	Токарна з ЧПК	Токарна обробка зовнішніх і внутрішніх поверхонь з правого торця	СТП-220
10	Токарна з ЧПК	Токарна обробка зовнішніх і внутрішніх поверхонь з лівого торця	СТП-220
15	Протяжна	Протягування шліцевого отвору	7Б65
20	Токарна з ЧПК	Чистове точіння зовнішніх поверхонь і торців	16Б16Т1
25	Контрольна	Контроль параметрів перед зубообробкою	-
30	Зубофрезерувальна	Фрезерування зубців	5Б312
35	Зубошевінгувальна	Забезпечити шорсткість зубів Ra1,6 мкм	5702В
40	Термічна	ХТО	-
45	Внутрішньошліфувальна	Шліфування отвору діаметром 32Н8	3К225
50	Круглошліфувальна	Шліфування з двох сторін поверхонь $\varnothing 60f7$	3М151
55	Контрольна	Комплексний контроль деталі	-

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.

Розрахунок припусків і міжопераційних розмірів оброблюваних поверхонь деталі «Колесо зубчасте» наведений у таблицях 2.5, 2.6. Припуски призначені статистичними (табличними) методом. При цьому, загальний припуск приймається рівним припуску, призначеному на заготовку по нормативно-технічному документі (ГОСТ 7505-89), а

припуск на обробку, що іде після чорнової, по таблицях, які наведені в довідковій літературі [13]. Методику розрахунку проілюструємо для внутрішньої поверхні діаметром 32Н8 мм.

З огляду на, що обробка даної поверхні починається зі свердління отвору в суцільному металі, кінцева мета розрахунку визначити розмір свердла.

Припуск на розточування після свердління дорівнює 1,5 мм [13. табл.6], на шліфування- 0,4 мм. допуск після свердління приймається по 13 квалітету, після розточування по 10-у. Результати розрахунку наведені в таблиці 2.5.

Розрахунковий розмір для останнього переходу приймається рівним максимальному розміру за кресленням (32,039 мм). Для наступного переходу він визначається шляхом вирахування призначеного припуску (31,639 мм). Аналогічні обчислення виконуються для всіх переходів МОП. Отримані значення приймають у якості максимального операційного розміру після округлення з урахуванням значущих цифр технологічного допуску. Мінімальні операційні розміри відрізняються від максимальних на величину технологічного допуску.

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

$$\text{для розточування} \quad Z_{\text{розт. min}} = 31,64 - 30,14 = 1,50 \text{ (мм)}$$

$$Z_{\text{розт. max}} = 31,54 - 29,75 = 1,79 \text{ (мм)}$$

$$\text{для шліфування} \quad Z_{\text{шліф. min}} = 32,039 - 31,640 = 0,399 \text{ (мм)}$$

$$Z_{\text{шліф. max}} = 32,000 - 31,540 = 0,460 \text{ (мм)}$$

Правильність обчислень перевіряється по формулі:

$$Z_{i \text{ max}} - Z_{i \text{ min}} = \delta_{i-1} - \delta_i \quad (2.4)$$

Для даного розрахунку: $2250 - 1899 = 390 - 39$ або $351 = 351$.

Таблиця 2.5

Метод обробки поверхні	При- пуск, мм	Розрахунко- вий розмір, мм	Допуск, мкм	Розмір, мм		Припуск, мм	
				D_{min}	D_{max}	Z_{min}	Z_{max}
Внутрішня циліндрична $\varnothing 32^{+0,039}$ мм							
Свердління		30,139	390	29,75	30,14		
Розточування	1,5	31,639	100	31,54	31,64	1,50	1,79
Шліфування	0,4	32,039	39	32,000	32,039	0,399	0,460

Підсумкові дані й розрахунок міжопераційних розмірів і граничних припусків на інші поверхні деталі представлені в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6

Метод обробки поверхні	Припуск, мм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск, мкм	Розмір, мм		Припуск, мм	
				D_{min}	D_{max}	Z_{min}	Z_{max}
Зовнішня циліндрична $\varnothing 60f7$ ($^{+0,030}_{-0,060}$) мм							
Заготовка		64,34	2800	64,3	67,1		
Точіння чорнове	2,8	61,54	300	61,5	61,8	2,8	5,3
Точіння чистове	1,1	60,44	74	60,440	60,514	1,060	1,286
Шліфування	0,5	59,94	30	59,940	59,970	0,500	0,544
Зовнішня циліндрична діаметром $109,8^{(-0,35)}$ мм							
Заготовка		114,05	3200	114,1	117,3		
Точіння чорнове	3,4	110,65	540	110,65	111,19	3,45	6,11
Точіння чистове	1,2	109,45	350	109,45	109,80	1,20	1,39
Внутрішня циліндрична діаметром $43^{(+0,62)}$ мм							
Заготовка		39,42	2200	37,3	39,5		
Розточування	4,2	43,62	620	43,00	43,62	4,12	5,70
Торцеві, зв'язані розміром $103 \pm 0,11$ мм							
Заготовка		106,81	3600	106,8	110,4		
Чорнове точення левого торца	1,3	105,51	1400	105,51	106,91	1,29	3,49
Чорнове точення левого торца	1,3	104,21	540	104,21	104,75	0,89	2,16
Чистове точення левого торца	0,7	103,51	350	103,51	103,86	0,70	0,89
Чистове точення левого торца	0,7	102,89	220	102,89	103,11	0,62	0,75

2.5 Детальна розробка операцій технологічного процесу виготовлення деталі

Основна мета детальної розробки технологічної операції – розробка технологічної документації, що містить повну інформацію про зміст операції, її технологічне і метрологічне оснащення, трудовитрати. Початковими даними, що

визначають послідовність операцій і їх призначення, є технологічні маршрути виготовлення деталей. Призначення режимів різання, вимог до точності розмірів здійснюємо на підставі результатів розрахунку міжопераційних припусків і розмірів.

Виготовлення деталі «Колесо зубчасте» передбачає 11 технологічних операцій (див. табл. 4.2). Ілюстрацію методики детальної розробки і розрахунку технічної норми часу виконаємо для першої операції. Результати технологічного проектування для інших операцій наведено в таблиці 2.8.

Операція 05, Токарна з ЧПК

Операція виконується на верстаті моделі СТП-220МС (токарський напівавтомат з СЧПК «Н22-1М»), який оснащений шестипозиційною револьверною головкою з горизонтальною віссю обертання. Заготовка базується в трьохкулачковому патроні 7102-0077-1-1У ГОСТ 24351-80 по «чорній» базі (поверхня заготовки діаметром 115,2 мм) і торцю.

Операція включає чотири інструментальних переходи.

- 1) Чорнове точіння зовнішніх поверхонь і торців;
- 2) Чистове точіння поверхні $\varnothing 60$ f7 мм;
- 3) Свердління отвору $\varnothing 29,75$ мм;
- 4) Розточування внутрішніх поверхонь.

Стисла характеристика верстата:

1. Найбільший оброблюваний діаметр, мм	
над станиною	500
над супортом	320
2. Найбільша довжина обробки, мм	300
3. Внутрішній конус шпинделя, ГОСТ 12593-82	8М
4. Найбільше переміщення супорта, мм	
поздовжнє	350
поперекове	335
5. Ряд чисел обертів шпинделя за хвилину	8; 10; 11,2; 12,5; 14; 16; 18; 20; 22,4; 25; 28; 31,5; 35,5; 40; 45; 50; 56; 63; 71; 80; 90; 100; 112; 125; 140; 160; 180; 200; 224; 250; 280; 305; 355; 400; 450; 500; 560; 630; 710; 800; 900; 1000; 1120; 1250; 1400; 1600; 1800; 2000; 2500.
6. Подача супорта, мм/хв (б/с)	
поздовжня	1-1200
поперекова	0,5-600
7. Потужність електродвигуна, квт	20

Розрахунок режимів різання при точінні зовнішніх поверхонь, здійснюваний на першому інструментальному переході, виконаємо за методикою, наведеною в [10. с. 236-264]. Для точіння застосовується прохідний упорний лівий різець ГОСТ 21151-85, зі змінною багатогранної пластиною за ГОСТ 19045-80 з твердого сплаву Т5К10. Різець встановлюється в першу позицію РГ. Обробка здійснюється з охолодженням 2-5% емульсією НГЛ-205 для поліпшення процесу завивання і подроблення стружки. По таблиці 26 с. 237 визначається табличне (матричне) значення чорнової подачі на оберт деталі (S_{om}) у залежності від діаметра оброблюваної поверхні, глибини різання і перетину державки різця. Оскільки максимально можлива глибина різання дорівнює 6 мм, а перетин державки різця 25x25 мм, приймається $S_{om}=0,33$ мм/об. Табличне значення подачі уточнюється з використанням поправних коефіцієнтів з таблиці 30 (с. 239) за формулою:

$$S_0 = S_{om} \cdot K_{Sn} \cdot K_{Su} \cdot K_{Sф} \cdot K_{Sз} \cdot K_{Sж} \cdot K_{SM} = 0,33 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,07 = 0,24 \text{ мм/об} \quad (2.5)$$

де S_{om} – табличне значення подачі на оберт (0,33);

K_{Sn} – коэф., що враховує стан поверхні (0,8);

K_{Su} – коэф., що враховує матеріал інструмента (1,0);

$K_{Sф}$ – коэф., що враховує форму оброблюваної поверхні (0,85);

$K_{Sз}$ – коэф., що враховує вплив загартування (1,0);

$K_{Sж}$ – коэф., що враховує жорсткість технологічної системи (1,0).

K_{SM} – коэф., що враховує марку оброблюваного матеріалу (1,07).

Для даного верстата подача регулюється безступенево.

Визначається табличне значення швидкості різання для сплавів VI групи (V_T) у залежності від уточненого значення подачі і глибини різання. Після інтерполяції даних таблиці 36 приймаємо $V_T=188$ м/хв. Табличне значення швидкості різання уточнюється в залежності від умов обробки (таблиця 37) за формулою:

$$V = V_m \cdot K_{Vm} \cdot K_{Vu} \cdot K_{V\gamma} \cdot K_{Vm} \cdot K_{Vж} \cdot K_{Vn} \cdot K_{Vo} = 188 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 0,93 \cdot 1 \cdot 0,81 \cdot 0,85 \cdot 1 = 84,3 \text{ м/хв} \quad (2.6)$$

де V_m – матричне значення швидкості різання (188);

K_{Vm} – коэф., що враховує марку оброблюваного матеріалу (0,7);

K_{Vu} – коэф., що враховує матеріал інструмента (1);

$K_{V\gamma}$ – коэф., що враховує кут у плані (0,93);

K_{Vm} – коэф., що враховує вид обробки (1);

$K_{Vж}$ – коэф., що враховує жорсткість технологічної системи (0,81);

K_{Vn} – коэф., що враховує стан оброблюваної поверхні (0,85);

K_{Vo} – коэф., що враховує вплив СОЖ (1,0);

По розрахунковій швидкості різання визначаємо необхідну частоту обертання шпинделя верстата:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 84,3}{3,14 \cdot 115} = 233,5 \text{ об/хв} \quad (2.7)$$

де V - швидкість різання, визначена за формулою 2.13, м/хв;

d - максимальний діаметр поверхні, яка контактує з різцем, мм.

Розрахункове значення n порівнюється з паспортними даними верстата. Для подальших розрахунків приймається найближче менше значення з ряду частот обертання шпинделя. Допускається збільшене значення частоти обертання, якщо воно не перевищує 5% від розрахункового. Призначаємо $n=224$ об/хв. Тоді подача інструменту, розрахована за формулою 2.12 складає 54 мм/хв.

Визначаємо основний час на виконання переходу:

$$T_o = \frac{L_{px}}{S_{xv}} \cdot i = \frac{62}{54} \cdot 1 = 1,15 \text{ (хв)} \quad (2.8)$$

де L_{px} - довжина робочого ходу інструмента по траєкторії руху, мм (62);

i - кількість проходів.

Результати розрахунку режимів різання й інформація про технологічне оснащення всіх інструментальних переходів наведені в таблиці 2.14.

Розрахунок технічної норми часу на верстатну операцію виконується по формулі:

$$T_{ш} = (T_o + T_{\theta}) \cdot \left[1 + \frac{(a_{обс} + a_{отл})}{100} \right], \quad (2.9)$$

де T_o – основний (машинний) час, хв;

T_{θ} – допоміжний час, що складається із часу на встановлення 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 ($T_o + T_{\theta}$);

$a_{отл}$ – час на відпочинок і особисті потреби, % від оперативного ($T_o + T_{\theta}$).

Особливістю нормування операцій механічної обробки на верстатах зі ЧПК є те, що основний час і час, який пов'язаний з переходом, представляють єдину величину. Тому, час автоматичної роботи верстата по програмі включає по суті як основний, так і допоміжний час. Це описується формулою:

$$T_a = \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{S_{мин}} + T_{авх} + T_{ост}, \quad (2.02)$$

де L_i – довжина шляху, що проходить інструмент або деталь у напрямку подачі при обробці i -ї ділянки траєкторії, мм;

$S_{хв}$ – хвилинна подача на i -тій технологічній ділянці, мм/хв;

n – число технологічних ділянок траєкторії;

$T_{авх}$ – час на виконання автоматичних допоміжних ходів, хв;

$T_{зуп}$ – час технологічних пауз, хв.

Час допоміжної роботи, що не перекривається часом автоматичної роботи верстата включає: час на встановлення й зняття деталі ($t_{уст}$); час, пов'язаний з виконанням операції ($t_{оп}$); час на контрольні виміри деталі ($t_{контр}$). Цей час коректується поправочним коефіцієнтом ($k_{сер}$), що залежить від серійності виробництва, визначеним по формулі:

$$k_{сер} = 4,17[(T_a + T_b) \cdot n + T_{пз}]^{-0,216}, \quad (2.11)$$

де n – розмір партії деталей, шт;

$T_{пз}$ – підготовчо-заключний час, обумовлений як сума часу на організаційну підготовку робочого місця: встановлення, підготовку й зняття пристосувань; налагодження верстата й інструмента; пробний прохід по програмі.

У цьому випадку формула 2.16 набуває вигляд:

$$T_{ш} = (T_a + T_b \cdot k_{сер}) \cdot \left[1 + \frac{(a_{одс} + a_{отл})}{100} \right] \quad (2.12)$$

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

$$T_{шк} = T_{ш} + \frac{T_{пз}}{n} \quad (2.13)$$

Структурної складові технічної норми часу проектованої операції й результати розрахунку штучно-калькуляційного часу на виготовлення однієї деталі наведені в таблиці 2.14.

Підготовчо-заключний час визначається як сума часу на налагодження верстата, що залежить від способу встановлення деталі й кількості інструментів, що беруть участь в операції, часу, який витрачається у випадках роботи з яким-небудь додатковим пристосуванням або пристроєм, передбаченим технологічним процесом на операцію, і часу на пробну обробку деталі. Для даної операції воно становить 23,6 хв і враховує наступні види витрат

- організаційна підготовка середньої складності із чотирьма інструментами в налагодженні-12 хв;
- встановити й зняти інструмент у різцетримач- $4 \times 1 = 4$ хв;
- встановити й зняти інструмент у револьверну головку - $4 \times 0,4 = 1,6$ хв;
- встановити програмоносій - 2 хв;
- виготовлення пробної деталі – 4 хв

Допоміжний час на встановлення деталі вагою до 5 кг у трьохкулачковому патроні з пневматичним затискачем без вивірки становить 0,21 хв (карта 2)

Таблиця 2.7

Структурні складові норми часу		Значення, хв	
T_o	Час автоматичної роботи верстата по програмі	3,20	
T_d	Допоміжний час на встановлення й зняття заготовки	0,21	
	Допоміжний час, пов'язаний з виконанням переходів	0,45	
	у тому числі:		
	поворот револьверної головки на чотири позиції		0,4
	відкрити й закрити загороджувальний щиток		0,05
	Допоміжний час на контрольні виміри	0,76	
Час, що перекривається	у тому числі:		
	вимір штангенциркулем		
	лінійні розміри 32; 27, 26 мм	0,3	
	діаметральні розміри $\varnothing 29, 69, 80$ мм	0,36	
	контроль калибром-скобой	0,1	
$T_{оп}$	Оперативний час ($3,20+0,21+0,45$)	3,86	
$T_{пз}$	Підготовчо-заклучний час	23,6	
$K_{сер}$	Коефіцієнт серійності	1,14	
$T_{орг}$	Час на обслуговування робочого місця , 3,5% від $T_{оп}$	0,14	
$T_{воп}$	Час на відпочинок і особисті потреби 4% від $T_{оп}$	0,15	
$T_{шт}$	Штучний час на виконання операції	4,15	
$T_{шк}$	Штучно-калькуляційний час	4,39	

Таблиця 2.8

Узагальнена характеристика операцій по виготовленню деталі
«Колесо зубчасте»

Операція 05, Токарна з ЧПК						
Модель верстата	Пристосування	T_o	T_d	$T_{пз}$	$T_{шк}$	
		хв.	хв.	хв.	хв.	
СТП-220МС	Патрон 7102-0077-1-1У ГОСТ 24351-80	3,20	0,66	23,6	4,39	
Зміст та оснащення операції						
Зміст переходу		Різальний інструмент			Допоміжний інструмент	
1.Точити торці, зовнішні поверхні попередньо		Різець 2102-0312 ГОСТ 21151-85			Оправка 191431061 ТУ2 035-697-79	
2.Свердлими отвір мм		Свердло $\varnothing 29,75$ ОСТ 2И20-2-80			Втулка 191831062 ТУ2 035-762-80	
3.Розточити внутрішні поверхні		Різець 2103-0712, ГОСТ20872-80			Втулка 191831062 ТУ2 035-762-80	
4.Чистове точіння пов. $\varnothing 60f7$ мм		Різець 2145-0552, ГОСТ20874-85			Втулка 191831062 ТУ2 035-762-80	
Характеристика переходу						
Перехід	t , мм	S , мм/хв	V , м/хв	n , об/хв	T_o , хв	T_d , хв
1	3,5	54	81,6	224	1,15	0,1
2	14,9	70	25	250	0,86	0,1
3	2,5	52	135	800	0,48	0,1
4	1,0	70	189	800	0,28	0,1
Операція 10, Токарна з ЧПК						
Модель верстата	Пристосування	T_o	T_d	$T_{пз}$	$T_{шк}$	
		хв.	хв.	хв.	хв.	
СТП-220МС	Патрон 7102-0077-1-1У ГОСТ 24351-80	1,51	0,35	20	3,2	
Зміст та оснащення операції						
Зміст переходу		Різальний інструмент			Допоміжний інструмент	
1.Точити торці, зовнішні поверхні попередньо		Різець 2102-0312, ГОСТ 21151-85			Оправка 191431061 ТУ2 035-697-79	
2.Розточити внутрішні поверхні		Різець 2103-0712, ГОСТ20872-80			Втулка 191831062 ТУ2 035-762-80	
3.Чистове точіння пов. $\varnothing 60f7$ мм		Різець 2145-0552, ГОСТ20874-85			Втулка 191831062 ТУ2 035-762-80	

Продовження таблиці 2.8

<i>Характеристика переходу</i>							
<i>Перехід</i>	<i>t, мм</i>	<i>S, мм/хв</i>	<i>V, м/хв</i>	<i>n, об/хв</i>	<i>T_с, хв</i>	<i>T_д, хв</i>	
1	3,5	54	81,6	224	1,15	0,1	
2	0,6	500	19,8	630	0,08	0,2	
3	0,036	250	15,7	500	0,28	0,05	
<i>Операція 15, Протяжна</i>							
<i>Модель верстата</i>	<i>Пристосування</i>			<i>T_о</i>	<i>T_д</i>	<i>T_{пз}</i>	<i>T_{шк}</i>
				<i>хв.</i>	<i>хв.</i>	<i>хв.</i>	<i>хв.</i>
7Б65	-			0,4	0,7	21	1,2
<i>Зміст та оснащення операції</i>							
<i>Зміст переходу</i>		<i>Різальний інструмент</i>			<i>Допоміжний інструмент</i>		
1.Протягнути шлиці		Протяжка 2402-2198 II ГОСТ 25971-83			-		
<i>Характеристика переходу</i>							
<i>Перехід</i>	<i>t, мм</i>	<i>S, мм/хв</i>	<i>V, м/хв</i>	<i>n, об/хв</i>	<i>T_с, хв</i>	<i>T_д, хв</i>	
1	6,0	0,2	3	6	0,4	0,7	
<i>Операція 20, Токарна з ЧПК</i>							
<i>Модель верстата</i>	<i>Пристосування</i>			<i>T_о</i>	<i>T_д</i>	<i>T_{пз}</i>	<i>T_{шк}</i>
				<i>хв.</i>	<i>хв.</i>	<i>хв.</i>	<i>хв.</i>
16Б16Т1	Оправка 7150-0430 ГОСТ 18438-73			2,27	0,2	26	7,42
<i>Зміст та оснащення операції</i>							
<i>Зміст переходу</i>		<i>Різальний інструмент</i>			<i>Допоміжний інструмент</i>		
1.Точити остаточно зовнішні пов. і торець з правого боку		Різець (правий) 2102-0312 ГОСТ 21151-85			-		
1.Точити остаточно зовнішні пов. і торець з лівого боку		Різець (лівий) 22102-0313 ГОСТ 21151-85			-		
<i>Характеристика переходу</i>							
<i>Перехід</i>	<i>t, мм</i>	<i>S, мм/хв</i>	<i>V, м/хв</i>	<i>n, об/хв</i>	<i>T_с, хв</i>	<i>T_д, хв</i>	
1	3,5	54	81,6	224	1,15	0,1	
2	3,5	54	81,6	224	1,12	0,1	

Продовження таблиці 2.8

Операція 30, Зубофрезерувальна							
Модель верстата	Пристосування			T_o	T_d	$T_{пз}$	$T_{шк}$
				хв.	хв.	хв.	хв.
5Б312	Оправка 7150-0430 ГОСТ 18438-73			6,0	2,2	42	9,28
Зміст та оснащення операції							
Зміст переходу			Різальний інструмент			Допоміжний інструмент	
1.Фрезерування зубців			Фреза 2520-0685 5,0 В ГОСТ 6637-80			-	
Характеристика переходу							
Перехід	t , мм	S , мм/об	V , м/хв	n , об/хв	T_o , хв	T_d , хв	
1	10	2,5	36,6	125	6,0	0,2	
Операція 35, Зубошевінгувальна							
Модель верстата	Пристосування			T_o	T_d	$T_{пз}$	$T_{шк}$
				хв.	хв.	хв.	хв.
5702В	Оправка 7150-0430 ГОСТ 18438-73			6,02	0,59	17	7,62
Зміст та оснащення операції							
Зміст переходу			Різальний інструмент			Допоміжний інструмент	
1.Шевінгувати зубці			Шевер 2570-0428 В ГОСТ 8570-80			-	
Характеристика переходу							
Перехід	t , мм	S , мм/об	V , м/хв	n , об/хв	T_o , хв	T_d , хв	
1	0,1	2,0	100	37	6,02	0,15	
Операція 45, Внутрішньошліфувальна							
Модель верстата	Пристосування			T_o	T_d	$T_{пз}$	$T_{шк}$
				хв.	хв.	хв.	хв.
ЗК225	Пристрій спеціальний			2,39	0,53	37	3,29
Зміст та оснащення операції							
Зміст переходу			Різальний інструмент			Допоміжний інструмент	
1.Шліфувати отвір $\varnothing 32$ Н9 мм			Круг ПП 25x13x6 24А50С1К ГОСТ 2424-83			-	
Характеристика переходу							
Перехід	t , мм	S , мм/под.хид	V , м/хв	n , об/хв	T_o , хв	T_d , хв	
1	0,23	0,005	42	420	2,39	0,28	

Продовження таблиці 2.8

Операція 50, Круглошліфувальна						
Модель верстата	Пристосування		T_o	T_{∂}	$T_{пз}$	$T_{шк}$
			хв.	хв.	хв.	хв.
ЗМ151	Оправка 7150-0430 ГОСТ 18438-73		0,68	0,43	25	1,41
Зміст та оснащення операції						
Зміст переходу		Різальний інструмент			Допоміжний інструмент	
1. Шліфувати отвір $\varnothing 32$ Н9 мм		Круг ПП 600x20x305 24A50C1K ГОСТ 2424-83			-	
Характеристика переходу						
Перехід	t , мм	S , мм/об	V , м/хв	n , об/хв	T_o , хв	T_{∂} , хв
1	0,27	0,004	38	200	0,34	0,05
2	0,27	0,004	38	200	0,34	0,05

3 Спеціальний розділ

3.1 Визначення виконавчих розмірів граничного калібра-скоби $\varnothing 60 f7$ мм

Виконаємо розрахунок пристрою, який призначений для контролю розміру зовнішньої циліндричної поверхні діаметром 60 f7 мм. З огляду на форму і розмір поверхні доцільно буде використати гладку двохграничну односторонню скобу.

Калібром називається технічний засіб контролю, що відтворює геометричні параметри (лінійні й кутові розміри, геометричну форму поверхні або відносне розташування) елементів деталі й контактує з елементом деталі по поверхні, лінії або точці.

Граничні калібри призначені для контролю заданих меж геометричних параметрів. Вони підрозділяються на прохідний калібр, що контролює межу максимуму матеріалу й непрохідний калібр, що контролює мінімум матеріалу.

По призначенню калібри підрозділяються в такий спосіб:

- робочі калібри, які застосовуються для контролю деталей при їхньому виготовленні;
- приймальні калібри, які застосовуються для контролю деталей замовником;
- контрольні калібри (контркалибри), які застосовуються для контролю калібрів;
- настановні калібри, які застосовуються для настанови робочих калібрів і вимірювальних приладів.

Розрахунок виконавчих розмірів калібру здійснюємо у відповідності до СТ СЭВ 157-75. Вихідні дані, що характеризують контрольовану поверхню, наведені в таблиці 3.1. Нормативні допуски калібру наведені в таблиці 3.2, а розрахунок виконавчих розмірів у таблиці 3.3. Схема розташування полів допусків представлена на рисунку 3.1.

Таблиця 3.1

Найменування параметра	Значення	
1. Номінальний розмір валу, мм	60	
2. Квалітет допуску	7	
3. Поле допуску	f	
4. Граничні відхилення розміру, мм	верхнє	-0,030
	нижнє	-0,060
5. Максимальний розмір валу, мм	59,97	
6. Мінімальний розмір валу, мм	59,94	

Таблиця 3.2

Допуски калібрів для розміру до 180 мм

Найменування допуску	Позначення	Значення, мкм
1. Допуск нових калібрів для валу	H_1	5
2. Відхилення середини поля допуску прохідного калібрускоби відносно найбільшого граничного розміру контрольованого валу	Z_1	4
3. Допуск контрольних калібрів для скоб	H_P	2
4. Припустимий вихід розміру зношеного прохідного калібрускоби за межу поля допуску виробу	Y_1	3
5. Відхилення гранично зношеного прохідного калібру	EW	-27
6. Верхнє відхилення нового калібру	прохідного	-31,5
	непрохідного	-57,5
7. Нижнє відхилення нового калібру	прохідного	-36,5,5
	непрохідного	-52,5

Таблиця 3.3

Розрахунок виконавчих розмірів калібру для $\varnothing 60 f7$

Вид калібру	Сторона калібру	Формула	Значення
Робочий	Прохідна нова	$D_{max} - Z_1 \pm H_1 / 2$	$59,966 \pm 0,0025$
	Прохідна зношена	$D_{max} + Y_1$	59,973
	Непрохідна	$D_{min} \pm H_1 / 2$	$59,940 \pm 0,0025$
Контрольний	Прохідна нова	$D_{max} - Z_1 \pm H_P / 2$	$59,966 \pm 0,001$
	Прохідна зношена	$D_{max} + Y_1 \pm H_P / 2$	$59,973 \pm 0,001$
	Непрохідна	$D_{min} \pm H_P / 2$	$59,940 \pm 0,001$

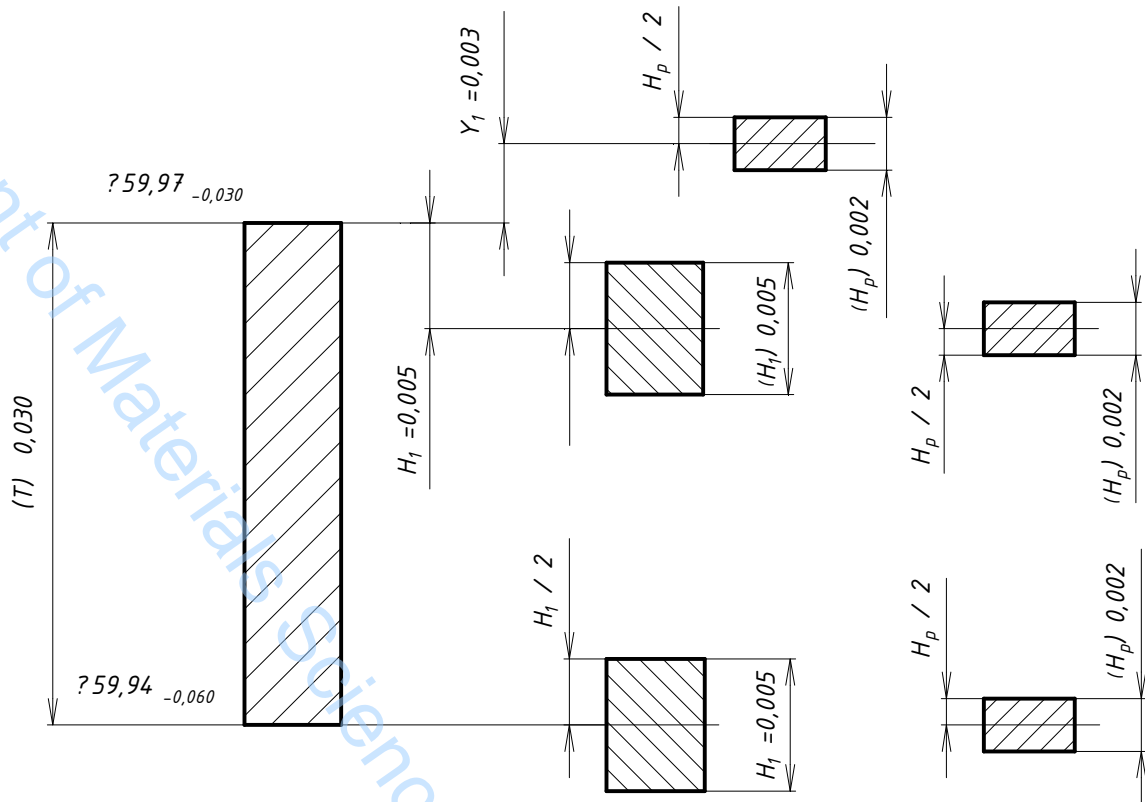


Рисунок 3.1 - Схема розташування полів допусків граничних калібрів

При проектуванні робочого креслення калібру прийняті до уваги технічні вимоги, передбачені СТ СЭВ 4135-88. А саме:

- калібри повинні бути виготовлені зі сталі, що забезпечує сталість і стабільність розмірів. Робочі частини калібрів з вимірювальними площинами повинні бути піддані старінню;

- товщина цементованого шару повинна бути не менш 0,5 мм;

- вимірювальні поверхні допустимо оснащувати твердим сплавом або хроматувати (товщину хромового слою рекомендується приймати рівною $Z+Y$);

- твердість вимірювальних поверхонь, західних і вихідних фасок повинна бути не менше 58 HRC;

- параметр шорсткості вимірювальних поверхонь повинен становити 10% від допуску H , H_1 , H_P , H_S , але не більше Ra 0,2 мкм при допусках виробів 6-12 квалітетів; поверхні західних і вихідних фасок калібрів – Ra 1,6 мкм; поверхні конусів центрових отворів і зовнішніх конусів – Ra 0,8 мкм; поверхні отворів ручок – Ra 2,5 мкм; інші оброблювані поверхні – Ra 3,2 мкм.

- непрохідну сторону калібрів рекомендується позначати червоним коріром.

3.2 Створення бази даних для автоматизації визначення виконавчих розмірів граничного калібра-скоби

Даний розділ присвячений рішенняю проблеми автоматизації окремої процедури технологічного проектування, а саме - розрахунку виконавчих розмірів граничних калібрів-скоб в межах розмірів передбачених ГОСТ 2216-84 та ГОСТ 18365-93.

Базою для аналізу та створення алгоритму слугувало проектування граничних калібрів для контролю розмірів вала діаметром 60f7 мм.

Кінцева мета проектування - одержати роздруківку всіх параметрів контрольного пристосування, які будуть використані при оформленні робочого креслення.

Для використання формул розрахунку виконавчих розмірів калібрів необхідно визначити максимальний та мінімальний розмір валу. Для цього використовується інформація з ГОСТ 25347-82 на базі номінального розміру та квалітету.

Інші складові розрахункових формул, а саме – величини, що визначають розташування полів допусків калібрів та допуски на їх розміри вибираються з відповідних таблиць нормативно-технічної документації в залежності від діапазону розміра та квалітета.

Схема алгоритму, що відбиває взаємозв'язки вихідних даних і перерахованих проектних процедур визначення розмірів наведена на рисунку 3.1

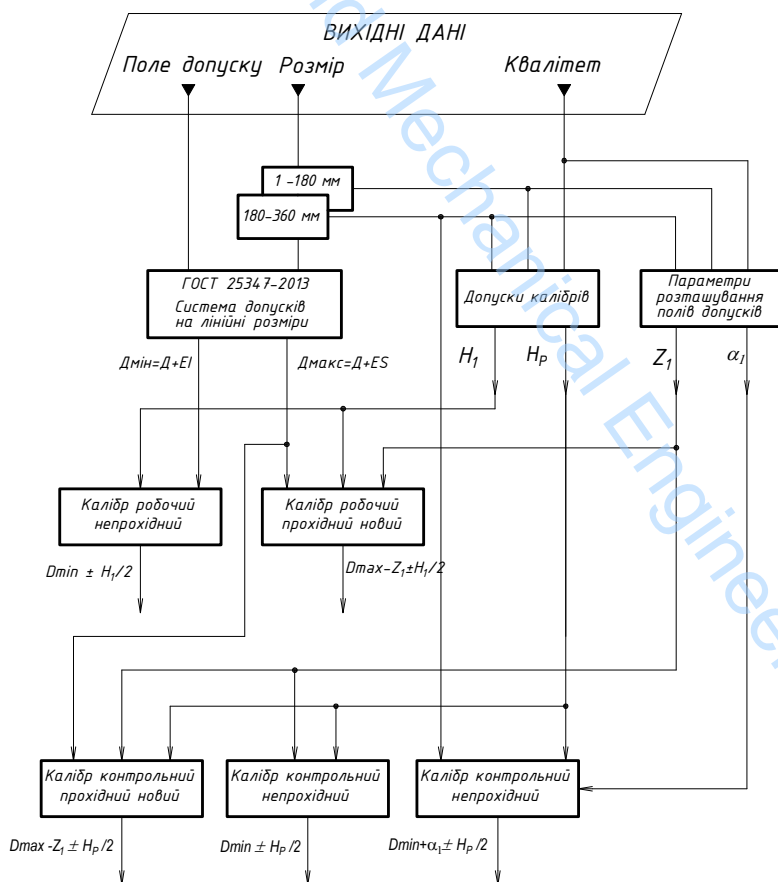


Рисунок 3.1 – Схема алгоритму автоматизованого розрахунку

З алгоритму рішення завдання випливає, що для забезпечення пошуку, сортування й обробки інформації, а також для створення комфортних умов проектування, необхідно використовувати систему керування базами даних (СКБД). Найбільш доступної й розповсюдженою на вітчизняному ринку програмного забезпечення є СКБД «Access», що входить у професійний комплект MS Office і буде застосована для рішення поставленого завданн

База даних формується на основі п'яти таблиць, які містять інформацію для визначення граничних розмірів валу в залежності від квалітету і поля допуску, а також складові формул виконавчих розмірів калабрів.

Пошук необхідної інформації здійснюється за допомогою спеціального об'єкта СКБД – запита, який створюється методом об'єктно-візуального програмування по заданим умовам відбору. В залежності від вирішуваних завдань в базі передбачено чотири запити.

Комфортні умови для введення даних для запиту та отримання результатів, а також управління базою даних, створюються елементами управління, котрі розміщені в формі, яка відкривається одночасно з відкриттям бази даних і представлена на рисунку 3.2.

Для автоматизації роботи СКБД та попередження помилкових дій використовується спеціальний об'єкт СКБД – макрос. В даній базі використаня шість макросів для багаторазового повторення проектних операцій, реєстрації результатів та виводу їх на друк.

The image shows a software window titled "ВИКОНАВЧІ РОЗМІРИ КАЛІБРА-СКОБИ". Inside the window, there is a section labeled "ВИХІДНІ ДАНІ" (Output Data). This section contains three input fields: "Розмір(1-360 мм)" (Size) with a text box, "Квалітет (6-17)" (Quality) with a text box, and "Поле допуску" (Tolerance field) with a dropdown menu. Below these fields, there are three buttons: "НАДРУКУВАТИ" (Print), "ОНОВИТИ" (Update), and a red "STOP" button.

Рисунок 3.2 – Основна форма бази даних

Після введення вихідних даних виводиться інформація про виконавчі розміри робочих і контрольних калабрів. Для базового варіанту результати приведені на рисунку 3.3. При потребі, можна повторити розрахунки при змінених вихідних даних, натиснувши кнопку

«Оновити». або роздрукувати звіт, натиснувши кнопку «Надрукувати». Загальний вигляд роздруківки представлений на рисунку 3.4.

ВИКОНАВЧІ РОЗМІРИ КАЛІБРА-СКОБИ

ВИХІДНІ ДАНІ

Розмір (1-360 мм) 60

Квалітет (6-17) 6

Поле допуску f6

Робочий калібр | Контрольний калібр

Прохідний новий, мм 59,966 ± 0,0025

Прохідний зношений, мм 59,97

Непрохідний, мм 59,951 ± 0,0025

НАДРУКУВАТИ ОНОВИТИ STOP

Рисунок 3.3 – Результати розрахунку розмірів калібрів

Виконавчі розміри калібру-скоби для контролю валу

∅ 60 f6

РОБОЧИЙ КАЛІБР

Прохідний новий 59,966 ± 0,0025 мм

Непрохідний 59,951 ± 0,0025 мм

КОНТРОЛЬНИЙ КАЛІБР

Прохідний новий 59,966 ± 0,001 мм

Непрохідний 59,951 ± 0,001 мм

Висновки

Запропонований проект технологічного процесу дозволяє максимально ефективно здійснити підготовку серійного виробництва деталі «Колесо зубчасте» з річною програмою випуску 2000 штук.

Конструктивні особливості деталі дозволили використати заготовлю максимально приближену до готової деталі, зважаючи на недоцільність оформлення наскрізного отвору діаметром 28 мм, що значно підвищить ціну заготовки. Тому коефіцієнт використання матеріалу 0,67 цілком придатний. За іншими показниками технологічність конструкції оцінюється як гарна.

Для виконання річної програми запуски будуть здійснюватися раз на два тижні, а партія деталей у 100 штук буде оброблена максимально за дві години якщо врахувати підготовку верстата на виконання операції. Тому задіяні універсальні токарно-револьверні верстати і верстати з ЧПК. На оздоблювальних операціях використовуються круглошліфувальні напівавтомати. Це дозволило підвищити продуктивність обробки.

Для підвищення продуктивності технологічного проектування на етапі розробки конструкторської документації, в кваліфікаційній роботі розроблена автоматизована база даних для визначення виконавчих розмірів граничних калібрів для контролю зовнішніх циліндричних поверхонь.

Список посилань

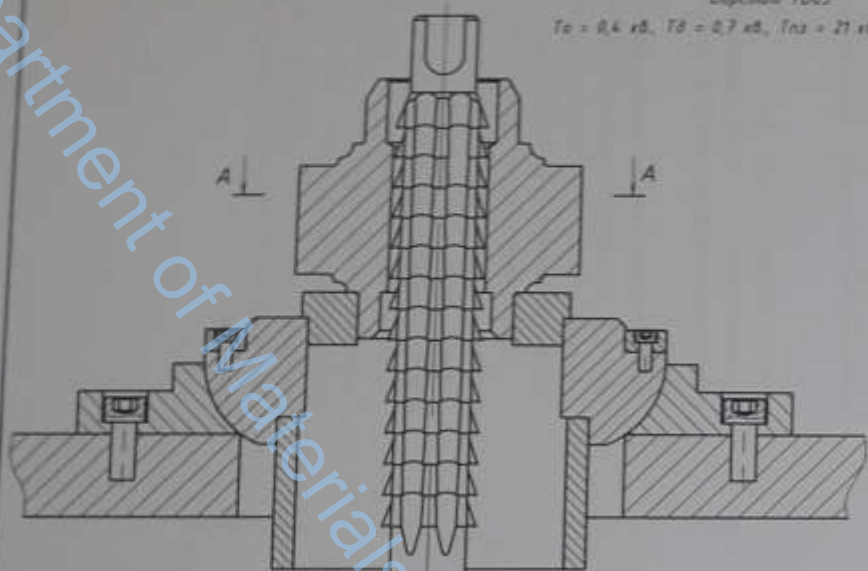
1. Горбачев А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. -Минск.: Высшая школа, 1983.
2. ГОСТ 7505-89 Поковки стальные штампованные «Допуски размеров и припуски на механическую обработку».
3. Кашук В.А., Верещагин А.Б. Справочник шлифовщика. – М.: Машиностроение, 1988, 480 с.
4. Кодирование технологической информации: Справочное пособие/ Сост. С.Г.Пиньковский, В.Г.Олейниченко – Днепропетровск: НГУ, 2003.-24с.
5. 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.
6. Кузнецов В.И., Маслов А.Р., Байков А.Н. Оснастка для станков с ЧПУ Справочник. – М.: Машиностроение, 1983, 359 с.
7. Марочник сталей и сплавов / Под ред. В.Г.Сорокина – М.: Машиностроение, 1989
8. Металлообрабатывающий твердосплавный инструмент: Справочник / В.С.Самойлов, Э.Ф.Эйхманс, В.А.Фальковский и др. – М.: Машиностроение, 368 с.
9. Немилев Е.Ф. Справочник по электроэрозионной обработке материалов. – Л.: Машиностроение, 1989.164с.
10. Обработка металлов резанием. Справочник технолога / Под ред. А.А.Панова. - М.: Машиностроение, 1988, 736 с.
11. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ.- М.: Машиностроение. 1974.
12. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов. Справочник / Под ред. В.И.Баранчикова . - М.: Машиностроение, 1990, 399 с.
13. Руденко П.А., Харламов Ю.А. Проектирование и производство заготовок в машиностроении. Киев.: Вища школа, 1991
14. 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.
15. Справочник технолога-машиностроителя 4-е изд. / Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. - М.: Машиностроение, 1985. Т.1.
16. Справочник технолога-машиностроителя 4-е изд. / Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. М.: Машиностроение, 1985. Т.2.
17. 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 Eng

Операція 15, Протяжна

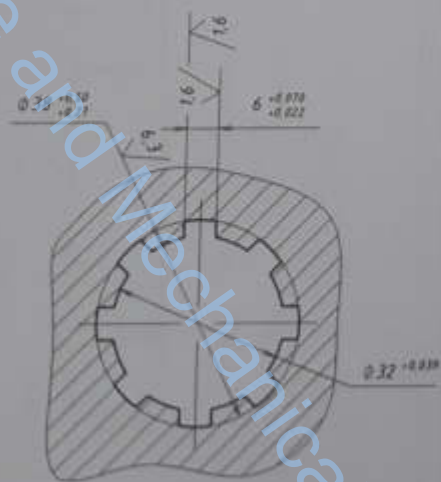
Верстат 7665

$T_0 = 0,4 \text{ хв}$, $T_0 = 0,7 \text{ хв}$, $T_{\text{пз}} = 21 \text{ хв}$, $T_{\text{шк}} = 1,2 \text{ хв}$



$V = 3,0 \text{ м/хв}$

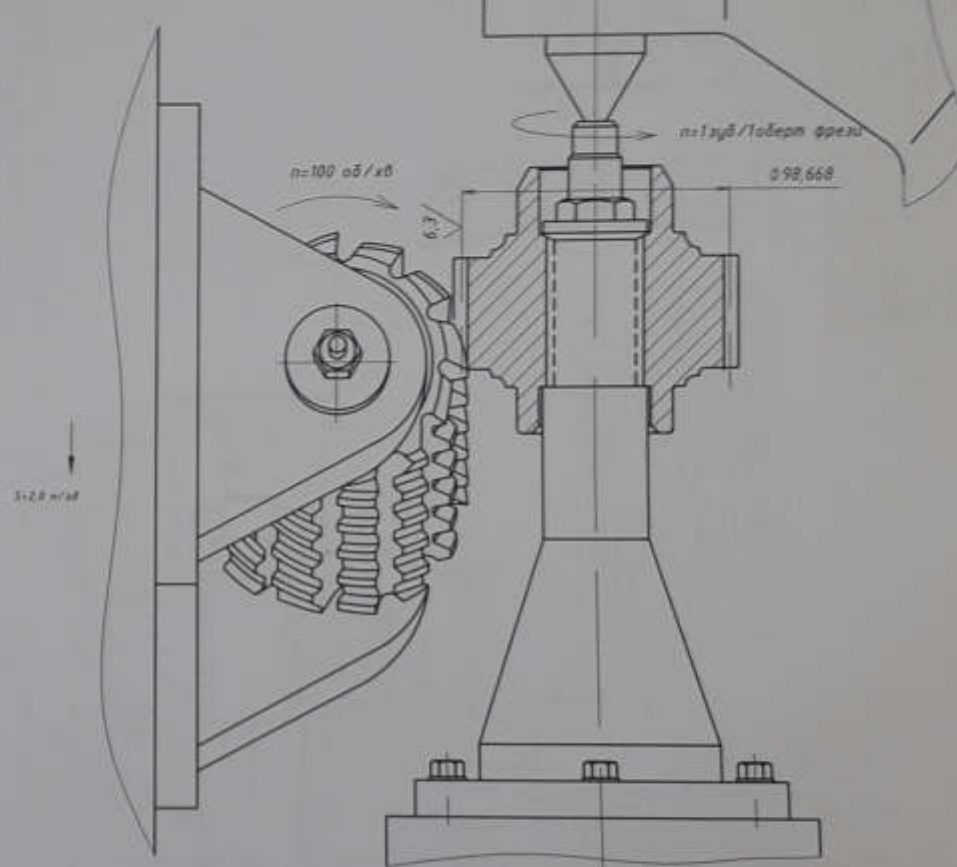
A-A (2:1)



Операція 30, Зубофрезерувальна

Верстат 56312

$T_0 = 10,5 \text{ хв}$, $T_0 = 1,0 \text{ хв}$, $T_{\text{пз}} = 28 \text{ хв}$, $T_{\text{шк}} = 12,5 \text{ хв}$



Модуль	m	5
Число зубів	z	21
Вихідний контур за ГОСТ 13755-81	-	
Коефіцієнт зміщення	x	-0,15
Група точності по ГОСТ 1643-81		9Bc
Довжина загальної нормалі	W_n	37,859
Допуск на довжину загальної нормалі	T_{W_n}	0,1
Товщина зуба по ділянчану кола	S_n	7,308
Діаметр ділячного кола	d_n	98,668

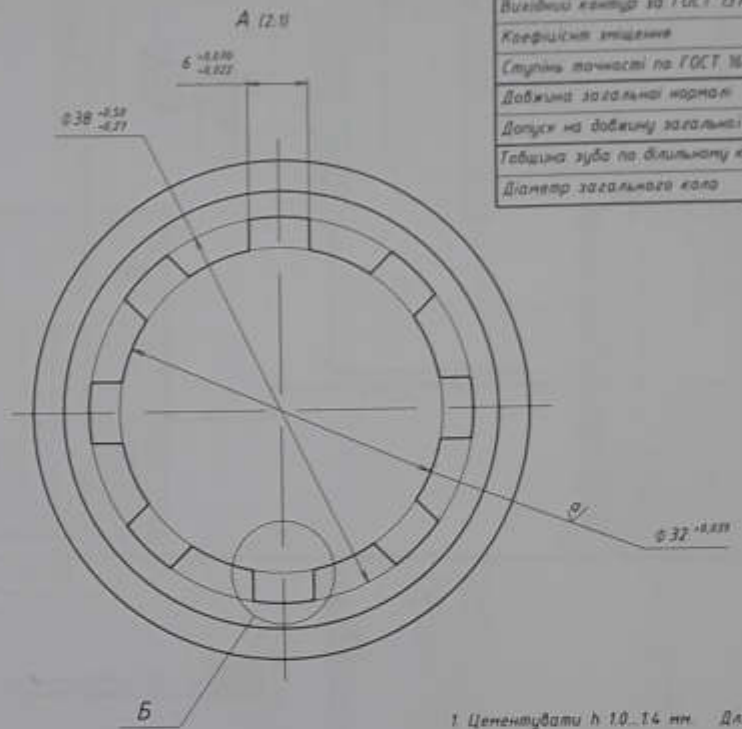
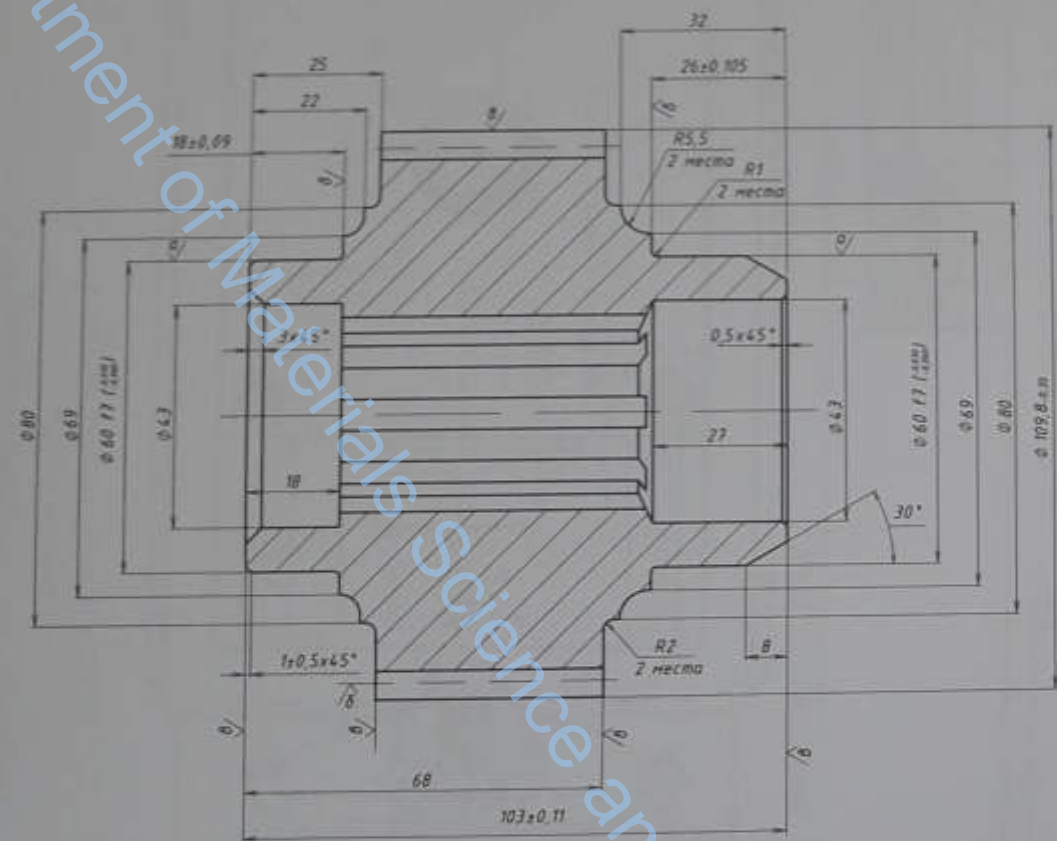
До захиски

ТММ ОППБ 20 03 04			
Накладження технологічне оп 15, 30			
№	№	Дата	Відомо

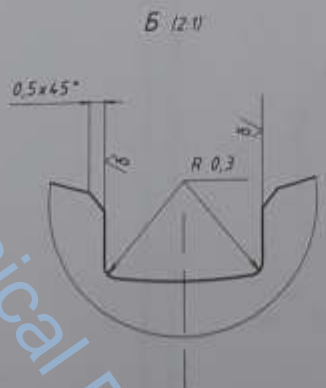
Department of Materials Science and Mechanical Engineering

ТММ ОПТБ 20.03.01

$\sqrt{Ra} 12,5 (\sqrt{1})$



Модуль	m	5
Число зубів	z	21
Вигідний контур за ГОСТ 13755-81	-	-
Коефіцієнт зведення	x	-0.15
Ступінь точності за ГОСТ 1643-81		9Bc
Довжина загальної нормалі	W _n	37.839
Допуск на довжину загальної нормалі	T _W	0.1
Товщина зуба по дільному колу	S _d	7.308
Діаметр загального кола	d _a	98.668




1. Цементувати h 10...14 мм. Для шліфованих поверхонь допускається зменшення глибини цементування до 0.3 мм, твердість поверхні зубів 56...63 HRC, твердість зубів 28...42 HRC.
2. Допускається нітроцементувати h 0.7...12 мм.
3. $\sigma \sqrt{Ra} 0.8$; $\delta \sqrt{Ra} 16$; $\theta \sqrt{Ra} 3.2$
4. H14, h14, ±IT15/2
5. Структура зубів по ГОСТ 23452-83
6. Маркувати за ГОСТ 2.316-68

До збереження

ТММ ОПТБ 20.03.01	
Колесо зубчасте	2.95 2.1
ШХТ ГОСТ 4943-71	H7H - 80H

Додаток А

Позначення		Найменування	Кіл. аркуш	Примітки
1				
2				
3		<u>Документація</u>		
4	A4 ТММ.ОППБ.20.03.00 ПЗ	Пояснювальна записка	35	
5	A4 02070743.01140.00708	Комплект техдокументації	19	
6		Розрахунок калібрів-скоб.mdb	-	Е файл
7		Презентаційні матеріали	-	Е файл
8				
9		<u>Графічні матеріали</u>		
10				
11	б/к	Структура бази даних		Плакат
12	A1 ТММ.ОППБ.20.03.01	Колесо зубчасте	1	РК
13	A2 ТММ.ОППБ.20.03.02	Колесо зубчасте (заготівка)	1	РК
14	A2 ТММ.ОППБ.20.03.03	Налагодження технологічне оп.10	1	
15	A1 ТММ.ОППБ.20.03.04	Налагодження технол. оп.15, 30	1	
16	A2 ТММ.ОППБ.20.03.04	Налагодження технологічне оп.45	1	
17	A3 ТММ.ОППБ.20.03.06 СК	Калібр-скоба 60f6	1	СК
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
		ТММ.ОППБ.20.03.00		
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Бупатніков		
Керівник		Пацера		
Н.контр.				
Зам.		Проце		
			Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи	
		Літ	Аркуш	Аркуші
				1
				НТУ «ДП»

ДОДАТОК В

ВІДГУК

керівника кваліфікаційної роботи

Кваліфікаційна робота Булатникова Андрія Вікторовича виконана на актуальну тему «Проект технологічного процесу виготовлення деталі «Колесо зубчасте» в умовах серійного виробництва».

Завдання на кваліфікаційну роботу пов'язано з об'єктом діяльності бакалавра, а саме з процесом виготовлення машин та з експлуатацією технологічної системи (верстат, пристосування, інструмент, деталь, програма).

Виконана Булатниковим А.В. кваліфікаційна робота може бути оцінена на відповідність вимогам стандартам вищої освіти та дескрипторам НРК по розділам наступним чином:

1) 85 балів за аналітичний розділ, що містить якісний і кількісний аналіз технологічності конструкції деталі «Колесо зубчасте», а також аналіз технологічних і експлуатаційних властивостей матеріалу деталі і де здобувач показав фахові компетентності ФК1 – Здатність аналізу матеріалів, конструкцій та процесів на основі законів, теорій та методів математики, природничих наук і прикладної механіки.

2) 80 балів за технологічний розділ, в якому виконано проєкт технології обробки деталі «Колесо зубчасте», і де здобувач показав предметні компетентності ФК4 – Здатність здійснювати оптимальний вибір технологічного обладнання, комплектацію технологічної системи.

3) 82 балів заслуговує спеціальний розділ, в якому проведено проектування ^{скосів}пристрою для контролю зовнішньої циліндричної поверхні діаметром 60f6 мм (додається 1 лист кресленика ф. А3 та плакат з ілюстрацією структури бази даних), і де показана компетентність ФК3 – Здатність проводити технологічну і технікоекономічну оцінку ефективності використання технічних засобів.

На 82 бали оцінені ступень самостійності виконання, якість оформлення, комплексність роботи.

Основаними недоліками кваліфікаційної роботи, за які знизена оцінка, є вибір обладнання, що є морально застарілим, оформлення графічного матеріалу та пояснювальної записки з відхиленнями від затверджених вимог, відсутність чіткості доповіді та подекуди неправильність застосованої термінології.

У цілому кваліфікаційна робота Булатникова А.В. заслуговує оцінки 82 бали (добре).

Керівник кваліфікаційної роботи
канд. техн. наук, професор кафедри ТММ



С.Т. Паєра