

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

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

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
**кваліфікаційної роботи ступеня бакалавра**





студента Бача Іллі Андрійовича  
(ПІБ)

академічної групи 131-17-1  
(шифр)

спеціальності 131 Прикладна механіка  
(код і назва спеціальності)

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

на тему Проект технології обробки деталі «Вал» в умовах серійного виробництва  
(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Пацера С.Т.			
розділів				
Аналітичний	Пацера С.Т.			
Технологічний	Пацера С.Т.			
Спеціальний	Пацера С.Т.			

Рецензент			
Нормоконтроль			

Дніпро  
2021

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

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

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 року

**ЗАВДАННЯ**  
**на кваліфікаційну роботу**  
**ступеня бакалавра**  
(бакалавр, спеціаліст, магістр)

студенту Бача Іллі Андрійовичу академічної групи 131-17-1  
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 131 Прикладна механіка

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

на тему **Проект технології обробки деталі «Вал» в умовах серійного виробництва**

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від **07.05.2021** № **257-с**

Розділ	Зміст	Термін виконання
Аналітичний	Характеристика об'єкта виробництва; Аналіз технологічності конструкції деталі (додається 1 лист кресленника ф. А1)	10.05.2021
Технологічний	Проект технології обробки деталі «Вал» (додається 2 листи графічного матеріалу щодо схем технологічного налаштування ф. А1)	25.05.2021
Спеціальний	Проект черв'ячної фрези (додається 1 лист кресленника ф. А1)	01.06.2021

Завдання видано \_\_\_\_\_ **Пацера С.Т.** \_\_\_\_\_  
(підпис керівника) (прізвище, ініціали)

Дата видачі 04.05.2021

Дата подання до екзаменаційної комісії 04.06.2021

Прийнято до виконання \_\_\_\_\_ **Бача І.А.** \_\_\_\_\_  
(підпис студента) (прізвище, ініціали)

## Реферат

Пояснювальна записка: \_\_\_ с, \_\_\_ рис, \_\_\_ табл., \_\_\_ додаток, \_\_\_ джерела.

Тема: «Проект технології обробки деталі «Вал» в умовах серійного виробництва

Ключові слова: деталь, вал, технологія виробництва, токарна операція, операція різьбофрезерна, шліфувальна операція, гвинтова черв'ячна поверхня, верстат з ЧПК.

Об'єкт розроблення у кваліфікаційній роботі – проект процесів механічної обробки на основі застосування класичних методів формоутворення складнопрофільних поверхонь деталі.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка технологічного процесу механічної обробки деталі " Вал " в умовах серійного виробництва.

Результат роботи – технологічна документація на механічну обробку деталі «Вал».

У кваліфікаційній роботі проведено аналіз технологічності деталі, обґрунтовано вимоги до точності розмірів, форми, взаємного розташування і шорсткості її поверхонь. Обґрунтовано вибір заготовки з прокату, розроблені детальні технологічні операції. Найбільшою складністю характеризується операція фрезерування гвинтової черв'ячної поверхні. Здійснено вибір металорізальних верстатів і спеціальних пристроїв. Спроектовано спеціальний різальний інструмент – черв'ячну фрезу.

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

ПОГОДЖЕНО  
керівник кваліфікаційної роботи  
професор кафедри ТММ  
\_\_\_\_\_ Пацера С.Т.  
"\_\_"\_\_\_\_20\_\_ р.

ЗАТВЕРДЖУЮ  
завідувач кафедри технологій  
машинобудування та матеріалознавства  
професор \_\_\_\_\_ В.В. Проців  
"\_\_"\_\_\_\_20\_\_ р.

# Проект технологічного процесу виготовлення деталі "Вал" в умовах серійного виробництва

ТММ.ОПБ.21.01.ПЗ

Студент групи 131-17-1  
\_\_\_\_\_ Бача І.А.  
"\_\_"\_\_\_\_20\_\_ р.

Инд. № підп.	Підп. і дата
Взам. инд. №	Инд. № дійл.
Підп. і дата	Підп. і дата

## Зміст

Вступ	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	8
1.1 Характеристика об'єкта виробництва	8
1.2 Встановлення виробничої програми випуску деталі	9
1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі	10
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	12
2.1 Вибір заготовки	12
2.2 Розробка технологічного маршруту виготовлення деталі	15
2.3 Розрахунок припусків на механічну обробку	17
2.4 Детальна розробка технологічних операцій	19
3 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	27
3.1 Розрахунок черв'ячної фрези	27
Загальні висновки	43
Перелік літератури	44

					ТММ.ОПБ.20.01.ПЗ					
Изм	Лист	№ докum.	Підпис	Дата	Проект технології обробки деталі: «Вал» в умовах серійного виробництва					
Разраб.	Бача							Лит.	Лист	Листов
Провер.	Пацера									
Реценз.								НТУ "ДП"		
Н. Контр.										
Утверд.										

## Вступ

Технічний прогрес здійснюється не тільки на основі застосування нових науково-технічних досягнень. Він базується на широкому використанні вже певних напрямків розвитку техніки і характеризується не тільки безперервною появою принципово нових технологічних процесів, а й постійною заміною існуючих процесів більш продуктивними та економічно вигідними.

У цій роботі спроектований технологічний процес виготовлення деталі "Вал рульового механізму» в умовах серійного виробництва при розмірі операційної партії 200 штук. Основу для проектування склав типовий технологічний процес механічної обробки дрібних валів. Як заготовка, використовується штамповка, яка забезпечує коефіцієнт використання матеріалу 0,60.

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

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

Інформаційною основою при розробці технологічних процесів є: технологічний класифікатор об'єктів виробництва, класифікатор технологічних процесів, система позначень технологічних документів, стандарти Єдиної системи технологічної документації, типові технологічні процеси і операції, стандарти і каталоги на засоби технологічного оснащення, нормативи технологічних режимів, матеріальні та трудові нормативи .

					ТММ.ДП.131-17-1.ПЗ	
Змн	Арк.	Докум.	Подп	Дата		

# 1 Аналітичний розділ

## 1.1 Технічна характеристика об'єкта виробництва

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

Деталь «Вал рульового механізму» входить до складу кінематичного ланцюга черв'ячної передачі рульового механізму трактора ЮМЗ 6-кл. Деталь розміщена в закритому корпусі і працює в звичайних умовах, характерних для черв'ячних передач. Єдина додаткова умова експлуатації - інтенсивне реверсування. Основними конструкторськими базами деталі служать циліндричні шийки діаметром  $25j_6$  мм і торці поверхонь діаметром 30 мм, які визначають точність установки вала в складальній одиниці.

Найбільш відповідальна поверхня деталі - архимедів черв'як (ZA) восьмого ступеню точності за всіма трьома нормам. Відмінною особливістю можна вважати лівий напрямок витка і високу якість бічної поверхні витка ( $Ra = 0,8$  мкм), не характерне для черв'яків даного виду і ступеня точності, однак виправдане необхідністю забезпечити високу міцність від втоми в зв'язку із інтенсивним реверсуванням і високою циклічністю знакозмінних навантажень.

Шліцева поверхня має евольвентні шліці і характеризується центруванням по зовнішньому діаметру 25 мм. Вимоги до точності форми і розташування шліців, а також основних конструкторських баз задані відносно однієї бази - вісь деталі, і відповідають VII-IX ступенями точності, який призначається для машин, які працюють в середніх режимах.

Зносостійкість поверхні черв'яка і шліців забезпечується високою поверхневою твердістю після хіміко-термічної обробки, а в'язка серцевина гарантує високу усталостну міцність.

					ТММ.ДП.131-17-1.ПЗ	
Змн	Арк.	Докум.	Полп	Дата		

Марка матеріалу для виготовлення деталей і особливі вимоги до механічних властивостей вказані в основному конструкторському документі і є вихідними даними при проектуванні технологічного процесу. Деталь виготовляється з легованої конструкційної сталі 20ХНР ГОСТ 4543-71. Вона застосовується для виготовлення великих навантажених деталей і деталей, які працюють в умовах ударних навантажень, в тому числі зубчасті колеса, вали-шестерні, черв'яки, кулачкові муфти, валики. Поставляється у вигляді сортового прокату круглого перетину по ГОСТ 2590-88 і ГОСТ 7417-75, а також у вигляді кованих і штампованих заготовок по ГОСТ 1133-71.

Сталі цієї групи добре обробляються різанням. Кращою оброблюваністю характеризуються сталі з підвищеним вмістом сірки, свинцю і марганцю. Наявність легуючих елементів знижують оброблюваність, яка характеризується коефіцієнтом  $K_{v_m}$  і для даної марки сталі становить 0,39 відносно швидкості різання для сталі 45 ГОСТ 1050-88, прийнятої за еталон для даної групи матеріалів. Хімічний склад сталі 20ХНР наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

у відсотках

C	Mn	Si	Cr	Ni	P	S	Cu	Ti	B
					не більше				
0,16-0,23	0,60-0,90	0,17-0,37	0,70-1,10	0,80-1,10	0,035	0,035	0,30	0,06	0,001-0,005

В результаті об'ємного гартування, низькотемпературного отпуску при 200 °С і охолодження на повітрі, матеріал деталей перерізом 50 мм має механічні властивості наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2

$\sigma_{0,2}$	$\sigma_b$	$\delta_5$	$\psi$	RCU, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
Мпа		%			
1110	1200	-	62	147	340

Підвищити витривалість і зносостійкість поверхні деталі, виготовленої зі сталі 20ХНР, дозволяє хіміко-термічна обробка, яка складається з цементації при

					ТММ.ДП.131-17-1.ПЗ	
Змн	Арк.	Докум.	Подп	Дата		



930°C, уповільненого охолодження в колодязях або ящиках, гартуванню при 820-840 °С, з охолодженням в маслі, відпустки при 180-200 °С, з подальшим охолодженням на повітрі. В результаті поверхнева твердість досягає 57-63 HRC, а твердість серцевини - 37-47 HRCE.

## 1.2 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 та 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 радикальних змін, доцільно проводити якісний аналіз технологічності конструкції деталі з метою узагальнення, на підставі досвіду виконавця, встановити ступінь відповідності між показниками якості та прийнятими умовами виробництва. Кількісну оцінку виконують за деякими показниками, щоб охарактеризувати ступінь задоволення вимог до технологічності конструкції.

Деталь «Вал рульового механізму» відноситься до класу валів, тобто тіл обертання з довжиною більше двох діаметрів, і одночасно є елементом черв'ячної передачі - двухзаходним архімедовим черв'яком восьмого ступеню точності.

Основною характеристикою валів, яка визначає технологічність конструкції, є жорсткість, яку оцінюють по величині відношення  $L/d_{пр}$ ,

де  $L$  - довжина вала, мм;

$d_{пр}$  – наведений діаметр вала, який визначається за формулою:

					ТММ.ДП.131-17-1.ПЗ	
Змн	Арк.	Докум.	Подп	Дата		

$$d_{\text{пр}} = \frac{\sum_1^n d_i \cdot l_i}{L} = \frac{25 \cdot 77,1 + 30 \cdot 15,1 + 46 \cdot 60 + 30 \cdot 20 + 25 \cdot 14 + 24,8 \cdot 13 + 19,8 \cdot 78 + 24,8 \cdot 6 + 18 \cdot 17}{320} = 26,4 \text{ (мм)}, \quad (2.1)$$

де  $d_i$  – діаметр  $i$ -тій ступені валу, мм;

$l_i$  – довжина  $i$ -тій ступені валу, мм.

В даному випадку відношення дорівнює 12,1. Якщо значення більше 10, вал вважається не жорстким. Тому, для ефективної механічної обробки без обмеження режимів різання і досягнення економічно обґрунтованої точності, необхідно застосовувати схеми базування для нежорстких валів.

Основні конструкторські бази деталі - дві циліндричні поверхні діаметром 25 мм з допуском розміру шостого квалітету і граничних відхилень форми і розташування поверхонь по шостому ступеню точності, який відповідає службовому призначенню поверхонь. Вимоги до точності інших робочих поверхонь вала, двохзаходного черв'яка і прямобічними шліцами, не є завищеними і не знижують технологічність конструкції деталі.

Застосований матеріал забезпечує виконання вимог до механічних властивостей поверхонь і деталі в цілому і має хороші технологічні характеристики як при обробці тиском, так і різанням.

Конструкція вала дозволяє вести обробку в центрах, тобто забезпечити поєднання технологічних і вимірювальних баз, а також виконати вимогу сталості баз, яке гарантує співосьове розташування робочих поверхонь.

Двостороннє розташування уступів і співвідношення діаметрів ступенів сприятливі для ефективної токарної обробки та рівномірної концентрації операцій. Геометричні характеристики гвинтової поверхні дозволяють виконувати обробку «на прохід», що є визначальним при чистовій обробці, враховуючи вимоги до якості поверхні.

Співвідношення квалітетів геометричних розмірів і параметрів шороховатості більшості оброблюваних поверхонь є оптимальним. Винятком являється пове-

					ТММ.ДП.131-17-1.ПЗ	
Змн	Арк.	Докум.	Подп	Дата		

рхня черв'яка, оскільки, як правило, архимедові черв'яки 8-9 ступеня точно не шліфують, але в цьому випадку це економічно доцільний метод досягнення параметра шорховатості Ra 0,8 мкм.

Таким чином, технологічність конструкції деталі в результаті якісного аналізу можливо оцінити як добру.

					ТММ.ДП.131-17-1.ПЗ	
Змн	Арк.	Докум.	Подп	Дата		

## 2 Технологічний розділ

### 2.1 Встановлення виробничої програми випуску деталі

Виробнича програма випуску деталей встановлюється в залежності від річної потреби виробів і організаційно-технічних умов виробництва та складання. За завданням приймається серійний тип виробництва. Вважаючи, що річна потреба в рульових механізмах 4900 штук і а в одному виробі застосовується один вал, виробничу програму випуску деталей визначаємо за формулою:

$$N = N_{и} \cdot q \left( 1 + \frac{h}{100} \right) = 4900 \cdot 1 \cdot \left( 1 + \frac{2}{100} \right) = 4998 \text{ (шт/год)} \quad (1.1)$$

де  $N_{и}$  – річна програма випуску виробів;

$q$  – кількість деталей даного найменування в одному виробі;

$h$  – відсоток деталей, призначених на запасні частини (1-3%).

Приймаємо річну програму 5000 шт.

Основним показником, що характеризують серійне виробництво, є величина партії деталей, одночасно що запускаються у виробництво (серіями запускається виріб, що складається з певних деталей). Розмір партії визначається за формулою:

$$n = \frac{N \cdot a}{\Phi} = \frac{5000 \cdot 10}{254} = 196,9 \text{ (шт)}, \quad (1.3)$$

де  $a$  – періодичність запуску деталей у виробництво, днів;

$\Phi$  – число робочих днів у році.

Приймаємо розмір партії 200 штук. Таким чином, розмір партії буде кратний річній програмі випуску деталей, яка забезпечується запуском 25 партій.

					ТММ.ДП.131-17-1.ПЗ	
Змн	Арк.	Докум.	Подп	Дата		

## 2.2 Вибір 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.

Оскільки на робочому кресленні деталі не зазначено вид заготовки та відсутні вимоги до структури матеріалу, пов'язані зі способом її отримання, приймаємо вид заготовки, що забезпечує велику економію матеріалу і стабільні механічні властивості матеріалу. Такою заготівлею буде сталеві штампована поковка, отримана гарячої об'ємної штамповкою. У цьому випадку форма заготовки в значній мірі наближена до форми готової деталі, а її конфігурація і конструктивні елементи залежать від виду застосовуваного технологічного устаткування. Вважаємо, що для прийнятих умов виробництва заготовка буде формуватися в закритих штампах на кривошипних горячештамповочних пресах. Конфігурація заготовки приведена на малюнку 1.

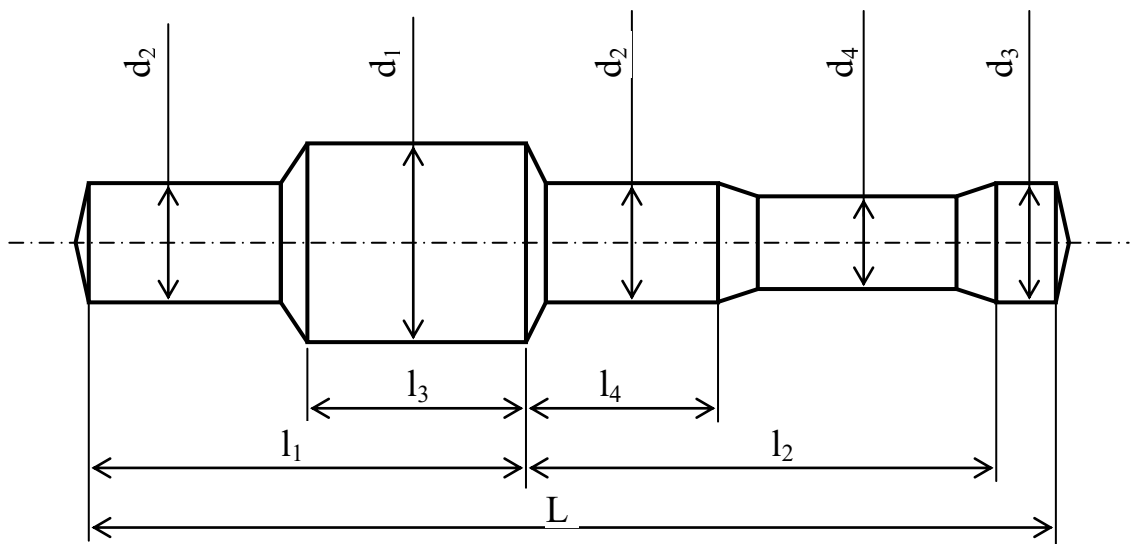


Рис 1 – Форма заготовки

Розміри заготовки розраховують з урахуванням припусків на механічну обробку, які призначають по ГОСТ 7505-89. Відповідно до методики, приймаємо такі вихідні дані:

Розрахункова маса поковки дорівнює:

Змн	Арк.	Докум.	Подп	Дата		

ТММ.ДП.131-17-1.ПЗ

$$M_{\text{пр}} = M_{\text{д}} \cdot K_p = 5,43 \cdot 1,6 = 8,69 \text{ (кг)} \quad (3.1)$$

де  $M_{\text{д}}$  – маса деталі, кг;

$K_p$  – розрахунковий коефіцієнт для деталей подовженої форми з прямою віссю.

Ступінь складності є однією з конструктивних характеристик форм поковок, якісно оцінює її, і використовується при призначенні припусків і допусків. Ступінь складності визначається шляхом обчислення відношення маси (обсягу)  $G_{\text{п}}$  поковки до маси (обсягу)  $G_{\text{ф}}$  геометричної фігури, в яку вписується форма поковки. Геометрична фігура може бути кулею, параллелепіпедом, циліндром з перпендикулярними до його осі торцями або прямою правильною призмою. При обчисленні відносини  $G_{\text{п}} / G_{\text{ф}}$  приймають ту з геометричних фігур, маса (об'єм) якої менше. При визначенні розмірів описуємих поковку геометричної фігури допускається виходити із збільшення в 1,05 рази габаритних розмірів деталі, що визначають положення її оброблених поверхонь.

В даному випадку простою фігурою вважаємо циліндр діаметром 48 мм ( $46 \cdot 1,05$ ) і довжиною 336 мм ( $320 \cdot 1,05$ ). Її маса дорівнює 9,77 кг. оскільки відношення  $G_{\text{п}} / G_{\text{ф}} = 8,69 / 14,55 = 0,59$  приймаємо ступінь складності С2

Інші дані, що характеризують поковки, наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Характеристика поковки	Позначення	Примітка
Клас точності поковки	Т3	Закрите штампування на КГШП
Група сталі	М2	Зміст легуючих елементів 2-5 %
Ступінь складності	С2	$G_{\text{п}}/G_{\text{ф}}=8,69 / 14,55=0,59$ (0,32-0,63)
Конфігурація поверхні роз'єму	П	Плоска

На підставі вихідних даних по таблиці 2 ГОСТ 7505-89 визначасмо вихідний індекс штампування -10. Відповідно до нього визначаються основні припуски на механічну обробку і допуски на розміри заготовки. Додатковий припуск, що враховує зміщення поковки і відхилення від прямолінійності,

Змн	Арк.	Докум.	Подп	Дата		

ТММ.ДП.131-17-1.ПЗ

призначаємо за таблицями 6,7. Цей припуск враховуємо для зовнішніх поверхонь обертання, як зміщення штампа (0,2), а для подовжених поверхонь ще враховується і зігнутість (0,5 і 0,3 мм) Розраховані розміри заготовки і їх визначені параметри наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Розмір оброблюваної поверхні, мм	Параметр шорсткості Ra, мкм	Загальний припуск на сторону, мм	Додатковий припуск, мм	Загальний допуск на розмір, мм	Розмір заготовки, мм	Позначення на рис.1
Зовнішні циліндричні поверхні						
Ø46 h13	6,3	1,5	0,2	1,7	Ø49,4 <sup>+1,1</sup> <sub>-0,5</sub>	d <sub>1</sub>
Ø30 h14	12,5	1,1		1,3	Ø32,6 <sup>+0,9</sup> <sub>-0,5</sub>	d <sub>2</sub>
Ø25 js6	0,8	1,5		1,7	Ø28,4 <sup>+0,9</sup> <sub>-0,5</sub>	-
Ø24,8 h14	6,3	1,4		1,6	Ø28 <sup>+0,9</sup> <sub>-0,5</sub>	d <sub>3</sub>
Ø19,8 h14	6,3	1,4		1,6	Ø23 <sup>+0,9</sup> <sub>-0,5</sub>	d <sub>4</sub>
Торцеві поверхні						
320	12,5	1,9	0,5	2,4	324,8 <sup>+1,6</sup> <sub>-0,9</sub>	L
153	6,3	1,5	0,3	1,8	156,6 <sup>+1,3</sup> <sub>-0,7</sub>	l <sub>1</sub>
134	12,5	1,5	-	1,5	131 <sup>+1,3</sup> <sub>-0,7</sub>	l <sub>2</sub>
60	6,3	1,3	0,3	1,6	63,2 <sup>+1,1</sup> <sub>-0,5</sub>	l <sub>3</sub>
47	12,5	1,3	-	1,3	49,6 <sup>+1,3</sup> <sub>-0,7</sub>	l <sub>4</sub>

Масу заготовки визначимо з урахуванням номінальних виконавчих розмірів заготовки і штампувальних ухилів для зовнішніх поверхонь, рівних 7°, відповідно до малюнку 1.

$$Q = \rho \cdot \sum_1^n V_i = 7,85 \cdot 10^3 \cdot (0,55 + 76,72 + 1,34 + 122,20 + 1,34 + 41,48 + 1,28 + 33,65 + 1,28 + 22,8 + 0,55) \cdot 10^{-6} = 8,74 \text{ (кг)}, \quad (3.2)$$

де  $\rho$  - щільність матеріалу заготовки,  $\text{кг/м}^3$ ;

$\sum_1^n V_i$  - заг. обсяг правильних геометричних фігур, складових заготовки, м<sup>3</sup>.

Тоді коефіцієнт використання матеріалу дорівнює 0,6.

### 2.3 Розробка технологічного маршруту виготовлення деталі

Технологічний процес в умовах серійного типу виробництва характеризується широкою номенклатурою виробів і значними обсягами випуску. Ефективність такого виробництва в значній мірі залежить від можливості об'єднання універсальності і мобільності одиничного виробництва з високою організацією і продуктивністю масового. Таке об'єднання можливе при використанні обладнання з широкими технологічними можливостями, високим ступенем універсальності і автоматизації.

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

Найбільш ефективним засобом, який дозволяє забезпечити сучасну ступінь автоматизації, високу універсальність і значну продуктивність 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 і управління виробничими процесами.

При розробці маршрутної технології виготовлення деталі орієнтуємося на типовий технологічний маршрут виготовлення валів і методи обробки черв'яків силових передач 8-9 ступеня точності в умовах серійного виробництва.

Кількість технологічних операцій, їх концентрація буде визначатися методами обробки поверхонь, які призначені виходячи з необхідного квалитета розміру, параметра шорсткості і умов оброблюваності середньолегованих сталей.

					ТММ.ДП.131-17-1.ПЗ	
Змн	Арк.	Докум.	Полп	Дата		



Перелік оброблюваних поверхонь і методи обробки, які можуть забезпечити виконання вимог креслення, наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Вид поверхні, розмір, мм	Квалитет	Шорсткість Ra, мкм	Метод обробки поверхні
Зовнішня $\varnothing 46$ h13 мм	13	6,3	Точіння чорнове Точіння чистове
Гвинтова поверхня черв'яка	-	0,8	Фрезерування Шліфування чорнове Шліфування чистове
Зовнішня $\varnothing 30$ h14 мм	14	12,5	Точіння одноразове
Зовнішня $\varnothing 25$ j <sub>s</sub> 6 мм	6	0,8	Точіння чорнове Точіння чистове Шліфування чорнове
Зовнішня $\varnothing 25$ f9 мм	9	0,8	Точіння однократне Шліфування
Зовнішня $\varnothing 25$ d10 мм	10	3,2	Точіння чорнове Точіння чистове
Зовнішня $\varnothing 24,8$ мм	14	12.5	Точіння однократне
Зовнішня $\varnothing 19,8$ мм	14	6,3	Точіння чорнове Точіння чистове
Зовнішня M18x1,5-6g	-	3,2	Точіння однократне Фрезерування різьблення
Шлицевая	-	3,2	Фрезерування
Торцева 320 j <sub>s</sub> 15	15	12,5	Фрезерування
Торцеві 157±0,5; 153 <sub>-0,63</sub> ; 60 <sub>-0,74</sub> мм	14	12,5	Точіння однократне

Технологічними базами для обробки всіх поверхонь деталі, за винятком двох отворів діаметром 4 мм, будуть торці вала і центрові отвори, які обробляються на першій операції. В умовах серійного виробництва можливе використання як універсальних, так і спеціальних верстатів. Мінімальну трудомісткість операції при високій продуктивності і незначних витратах на переналагодження забезпечить використання фрезерно-центрувального верстата послідовної дії.

Обробку двузаходної гвинтової поверхні черв'яка доцільно виконувати в

					ТММ.ДП.131-17-1.ПЗ		
Змн	Арк.	Докум.	Подп	Дата			

кілька етапів. Чорнову підготовку поверхні здійснити фрезеруванням на шліцефрезерному верстаті методом обкатки. Це дозволить на одній операції обробити два заходи черв'яка з мінімальним припуском під чистову обробку, оскільки ступінь точності черв'яка - восьма. Чистова обробка методом двостороннього шліфування забезпечить задане креслення параметр шорсткості і ступенем точності. Оскільки бокова поверхня черв'яка піддається нітроцементації, для забезпечення якісного насичення і рівномірності цементаційна шару необхідно виконати попереднє шліфування, яке коригує профіль бічної поверхні після фрезерування і створює сприятливі умови для ефективної хіміко-термічної обробки.

З огляду на розміри кінцевих ступенів заготовки вала, чорнове точіння виконується до фрезерування гвинтових поверхонь черв'яка на одній операції за два установа. Для цього може використовуватися токарний багаторізцевий центровий копіювальний напівавтомат для багатопрохідної обробки, але для умов серійного виробництва краще токарний верстат з ЧПК.

Чистове точіння опорних шийок вала і канавок виконується після фрезерування гвинтових поверхонь і свердління двох отворів діаметром 4 мм. Крім центрових отворів технологічною базою є правий торець деталі. При цьому забезпечується вільний доступ до поверхонь з лівого торця і можливість обробки без переустановки опорної шийки діаметром 25 j<sub>6</sub> мм зворотним ходом супорта. На даній операції доцільно використовувати верстат з ЧПК, враховуючи схему обробки, жорсткість деталі і розташування канавок.

Обробку різьбової поверхні середньої точності M18x1,5 мм має сенс виконувати фрезеруванням після свердління отворів. Цим виключається негативний вплив переривчастого точіння різьби, а в разі свердління отворів після точіння різьблення відпадає необхідність в її калібруванні.

Шліфування двох опорних шийок вала можливо за одну технологічну операцію методом врізного шліфування на круглошліфувальних напівавтоматі. Для виконання підвищених вимог до циліндричної цих поверхонь необхідно використовувати нерухомий люнет. Оскільки потрібно забезпечити розмірну

					ТММ.ДП.131-17-1.ПЗ	
Змн	Арк.	Докум.	Подп	Дата		

точність шостого квалітету, таких операцій буде дві. Одна до, а інша після хіміко-термічної обробки.

Після хіміко-термічної обробки, до виконання оздоблювальних операцій, необхідно перевірити викривлення деталі і якщо буде потреба виконати правку на пресі. Крім того, може бути передбачена операція доведення центрових отворів.

Технологічний процес виготовлення деталі завершується контрольної операцією, на якій здійснюється комплексний контроль розмірів поверхонь і їх взаємного розташування. Пропонований маршрут наведено в таблиці 4.2

Таблиця 4.2

№ оп..	Найменування Операції	Короткий зміст операції	Модель верстата
05	Фрезерно-центрувальна	Фрезерування торців і зацентровка з двох сторін	MP-71
10	Токарна з ЧПК	Точіння ступенів вала за програмою з двох сторін з перевстановлення	16Б16Т1
15	Фрезерна	Попереднє фрезерування двохзахідного черв'яка	5350
20	Свердлильна	Свердління двох отворів $\varnothing 4$ мм	2Н125
25	Токарна з ЧПК	Чистове точіння ступенів вала, торців і канавок	16Б16Т1
30	Шліцефрезерна	Фрезерування шліців	5350
35	Різьбофрезерна	Фрезерування різьблення М18х1,5-6h	5Б63
40	Круглошліфувальна	Попереднє шліфування двох шийок $\varnothing 25$ мм під цементацию	3М151Ф2
45	Різьбошліфувальна	Шліфування під цементацию робочих поверхонь черв'яка	5К822В
50	Хіміко-термічна	Насичення вуглецем, гартування, відпуск	-
55	Контрольна	Контроль і рихтування після ХТО	-
60	Круглошліфувальна	Остаточне шліфування шийок $\varnothing 25$ мм	3М151Ф2
65	Різьбошліфувальна	Двостороннє шліфування двохзахідного черв'яка	5К822В
70	Контрольна	Комплексний контроль деталі.	-

					ТММ.ДП.131-17-1.ПЗ		
Змн	Арк.	Докум.	Полп	Дата			

## 2.4 Розрахунок припусків на механічну обробку

Припуски на механічну обробку в значній мірі впливають на технологічну собівартість виготовлення деталі. Видалення надмірного припуску пов'язане зі збільшенням машинного часу на чорнову обробку, як у випадку виконання додаткових обдирних проходів, так і за рахунок зниження режимів різання в разі значної глибини різання. При цьому підвищується витрата ріжучого інструменту і загальні витрати на експлуатацію робочого місця. Припуски на дві поверхні призначаємо статистичним (табличним) методом. В цьому випадку загальний припуск приймається рівним припуску, призначеному на заготовку по нормативно-технічному документу (ГОСТ 7505-89). Припуски на обробку, наступну після чорнкової, за таблицями, які наведені в довідковій літературі [10]. Методику розрахунку проілюструємо для зовнішньої поверхні діаметром 25j<sub>s</sub>6 мм.

Загальний припуск на діаметр (3,4 мм) і допуск на розмір заготовки (1,4 мм) визначено по ГОСТ 7505-89 (див. Табл. 3.2). Згідно з методом обробки поверхні (див. Табл.4.1) призначаються операційні припуски по [10]. На чистове точіння рекомендується припуск 1,1 мм на діаметр ([10]. Табл.1), на шліфування - 0,3 мм ([10]. Табл.2). Оскільки згідно табл. 4.1 для обробки цієї поверхні передбачене чорнове і чистове шліфування, припуск поділяємо відповідно до рекомендацій довідкової літератури - 0,2 мм на чорнове шліфування і 0,1 мм - на чистове.

Припуск на чорнове точіння визначається як різниця між загальним припуском на механічну обробку і сумою операційних припусків. Причому, загальний припуск дорівнює різниці між мінімальним розміром заготовки і мінімальним розміром поверхні за кресленням.

$$Z_{\text{черн}} = Z_{\text{общ}} - Z_{\text{точ.чист}} - Z_{\text{шлиф.черн}} - Z_{\text{шлиф.чист.}} = 3,0 - 1,1 - 0,2 - 0,1 = 1,6 \text{ (мм)} \quad (5.1)$$

Розрахунковий розмір для останнього переходу (шліфування) приймається рівним мініальному розміру за кресленням (24,9935 мм). Для наступного переходу він визначається шляхом додавання призначеного припуску (25,0935 мм). Аналогічні обчислення виконуються для всіх переходів МОП. Отримані значення

					ТММ.ДП.131-17-1.ПЗ	
Змн	Арк.	Докум.	Подп	Дата		

приймають в якості мінімального операційного розміру після округлення з урахуванням значущих цифр технологічного допуску. Максимальні операційні розміри відрізняються від мінімальних на величину допуску. Розрахунок операційних розмірів і граничних припусків на механічну обробку представлений в таблиці 5.1.

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

$$\text{для чорнового точіння } Z_{\text{чер. min}} = 28,00 - 26,40 = 1,60 \text{ (мм)}$$

$$Z_{\text{чер. max}} = 29,40 - 26,73 = 2,67 \text{ (мм)}$$

$$\text{для чистового точіння } Z_{\text{чист. min}} = 26,400 - 25,294 = 1,106 \text{ (мм)}$$

$$Z_{\text{чист. max}} = 26,730 - 25,378 = 1,352 \text{ (мм)}$$

$$\text{для шліфування чорнового } Z_{\text{шлиф. черн. min}} = 25,294 - 25,094 = 0,200 \text{ (мм)}$$

$$Z_{\text{шлиф. черн. max}} = 25,378 - 25,127 = 0,251 \text{ (мм)}$$

$$\text{для шліфування чистового } Z_{\text{шлиф. чист. min}} = 25,094 - 24,993 = 0,101 \text{ (мм)}$$

$$Z_{\text{шлиф. чист. max}} = 25,127 - 25,006 = 0,121 \text{ (мм)}$$

Правильність обчислень перевіряється за формулою:

$$Z_{i \text{ max}} - Z_{i \text{ min}} = \delta_{i-1} - \delta_i \quad (5.2)$$

Для даного розрахунку:  $4394 - 3007 = 1400 - 13$  або  $1387 = 1387$ .

Таблиця 5.1

Метод обробки поверхні	Припуск, мм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск, мкм	Розмір, мм		Припуск, мм	
				$d_{\text{min}}$	$d_{\text{max}}$	$Z_{\text{min}}$	$Z_{\text{max}}$
Зовнішня циліндрична діаметром $25 \text{ js6}(\pm 0,0065)$ мм							
Заготовка		27,9935	1400	28,0	29,4		
Точіння чорнове	1,6	26,3935	330	26,40	26,73	1600	2670
Точіння чистове	1,1	25,2935	84	25,294	25,378	1106	1352
Шліфування чорнове	0,2	25,0935	33	25,094	25,127	200	251
Шліфування чистове	0,1	24,9935	13	24,993	25,006	101	121
Торцеві, пов'язані розміром $32 \pm 0,7$ мм							
Заготовка		324,1	2500	324,1	326,6		
Фрезерування	4,8	319,3	1400	319,3	320,7	4,8	5,9

					ТММ.ДП.131-17-1.ПЗ			
Змн	Арк.	Докум.	Подп	Дата				

## 2.5 Детальна розробка технологічних операцій

Основна мета детальної розробки технологічної операції - розробка технологічної документації, що містить повну інформацію про зміст операції, її технологічному і метрологічному оснащенні, трудовитратах. Вихідними даними, визначальними послідовність операцій і їх призначення, є технологічний маршрут, наведений в таблиці 4.2. Призначення режимів різання, вимог до точності розмірів здійснюємо на підставі результатів розрахунку міжопераційних припусків і розмірів, які наведені в таблиці 5.1.

Виготовлення деталі «Вал рульового механізму» передбачає 14 технологічних операцій. З них 11 операцій - механічної обробки. Докладний розрахунок режимів різання виконаємо для операцій «25» і «40» за методикою, наведеною в [9].

### Операція 25, Токарна з ЧПК

Операція виконується на центровому токарному верстаті з ЧПК моделі 16Б16Т1, оснащеним оперативною СЧПК «Електроніка НЦ-31».

Заготовка базується в центрах. Обертальний момент передається поводковим патроном з плаваючим центром УДО. 124.000000.000. Задній центр обертається А-2-5-У ЧПУ ГОСТ 8742-75. Обробка здійснюється з охолодженням 2-5% емульсія НГЛ-205.

Операція включає три інструментальних переходів:

1. Чистове точіння ступені вала діаметром 26,6мм і правого торця черв'яка. Застосовується правий токарний різець з механічним кріпленням твердосплавної пластини ГОСТ 26611-85 Т15К6 02114-080408 ГОСТ 19048-80, який встановлюється безпосередньо в револьверну головку;

2. Чистове точіння ступені вала діаметром 26,6мм і правого торця черв'яка з лівого торця. Застосовується лівий токарний різець ГОСТ 26611-85 Т15К6 02114-080408 ГОСТ 19048-80;

3. Точіння трьох канавок, що виконується різцем К.01.4525.000-01 ВНІІ.

Розрахунок режимів різання виконується за методикою, представленою в

Змн	Арк.	Докум.	Подп	Дата	ТММ.ДП.131-17-1.ПЗ	

[9]. Детально ілюструється розрахунок режимів для першого інструментального переходу.

Вихідні дані:

- глибина різання при обробці поверхні 0,7мм (см. табл. 5.1);
- необхідний параметр шорсткості Ra 6,3 мкм;
- радіус при вершині різця 1,2 мм.

Коротка характеристика верстата:

1. Найбільший діаметр оброблюваної заготовки, мм над станиною	320
над супортом	125
2. Найбільша довжина заготовки, мм	750
3. Внутрішній конус шпинделя	M5
4. Конус отвору пінолі	M5
5. Діаметр отвору в шпинделі, мм	37
6. Число позицій револьверної головки	6
7. Перетин державки різця, мм	25x25
8. Діаметр патрона, мм	200
9. Ряд частот обертання шпинделя об / хв	56; 71; 90; 112; 140; 180; 224; 280; 355; 450; 560; 710; 900; 1120; 1400
10. Межі робочих подач, мм / хв (б/с)	
Поздовжніх	1-1200
Поперечних	0,025-1,4
11. Потужність приводу головного руху, кВт	4,2

Рекомендоване значення подачі при чистовому точінні сталей VI групи 0,33 мм / об [9. табл.28]. Дане значення уточнюється по змінюваним умовам обробки за формулою:

$$S_o = S_{от} \cdot K_{сп} \cdot K_{си} \cdot K_{сф} \cdot K_{сз} \cdot K_{сж} \cdot K_{см} = 0,33 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,55 \cdot 1,07 = 0,19 \text{ мм/об} \quad (6.1)$$

де  $S_{от}$  – табличне значення подачі на оборот (0,33);

$K_{сп}$  – коефіцієнт, що враховує стан поверхні (1,0);

$K_{си}$  – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту (1,0);

$K_{сф}$  – коефіцієнт, що враховує наявність фасонної поверхні (1,0);

Змн	Арк.	Докум.	Подп	Дата					

ТММ.ДП.131-17-1.ПЗ

$K_{S3}$  – коефіцієнт, що враховує вплив загартування (1,0);

$K_{SЖ}$  – коефіцієнт, що враховує твердість технологічної системи (0,55);

$K_{SM}$  – коефіцієнт, що враховує групу оброблюваного матеріалу (1,07).

Для даного верстата подача регулюється безступінчато.

По таблиці 36 [9] призначається швидкість різання - 284 м / хв. Дане значення уточнюється по змінюваним умовам обробки за формулою:

$$V=V_T \cdot K_{VM} \cdot K_{VI} \cdot K_{V\gamma} \cdot K_{VM} \cdot K_{VЖ} \cdot K_{VП} \cdot K_{VO}=284 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,81 \cdot 1 \cdot 0,53 \cdot 1 \cdot 1=97,5 \text{ м/мин} \quad (6.2)$$

де  $V_T$  – матричне значення швидкості різання (284);

$K_{VM}$  – коефіцієнт, що враховує марку оброблюваного матеріалу (0,8);

$K_{VI}$  – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту (1,0);

$K_{V\gamma}$  – коефіцієнт, що враховує кут в плані (0,81);

$K_{VM}$  – коефіцієнт, що враховує вид обробки (1,0);

$K_{VЖ}$  – коефіцієнт, що враховує твердість технологічної системи (0,53);

$K_{VП}$  – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні (1,0);

$K_{VO}$  – коефіцієнт, що враховує вплив СОЖ (1,0);

По розрахунковій швидкості різання визначаємо потрібну частоту обертання шпинделя верстата:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 97,5}{3,14 \cdot 26,8} = 1158,6 \text{ об / хв} \quad (6.3)$$

За паспортом верстата найближче менше значення дорівнює 1120 об / хв.

Тоді хвилинна подача дорівнює 213 мм / хв.

Визначаємо основний час на виконання переходу:

$$T_o = \frac{L_{px}}{S_{мин}} \cdot i = \frac{35}{213} \cdot 1 = 0,16 \text{ (хв)} \quad (6.4)$$

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

$i$  – число проходів.

Результати розрахунку режимів різання для всіх технологічних переходів даної операції наведені в таблиці 6.3.

					ТММ.ДП.131-17-1.ПЗ	
Змн	Арк.	Докум.	Подп	Дата		



Таблиця 6.3

Номер переходу	t, мм	D, мм	S <sub>о</sub> , мм/об	V, м/мин	n, об/мин	S, мм/мин	L <sub>рх</sub> , мм	T <sub>о</sub> , мин
1	0,7	26,8	0,19	94,3	1120	213	35	0,16
2	0,7	26,8	0,19	94,3	1120	213	45	0,21
3	2,4	25,4	0,10	71,8	900	90	8	0,09x3

#### Операція 40, Круглошліфувальна

Операція виконується на верстаті моделі ЗБ153. Деталь базується в центрах. За два технологічних переходу здійснюється попереднє шліфування циліндричних поверхонь діаметром 25j<sub>6</sub> мм методом врізного шліфування. Абразивним інструментом є коло ПП 400x32x127 24A50C1K5 ГОСТ 2424-83.

Деталь базується в центрах. Передній центр 7032-0035 ГОСТ 13214-79 і задній полуцентр 7032-0082 ГОСТ 2576-79. Обертальний момент передається хомутиком 7107-0065 ГОСТ 16488-70.

Для контролю використовується калібр-скоба. В якості мастильно-охолоджувальної рідини застосовується 2-5% емульсія НГЛ 205.

#### Коротка характеристика верстата:

##### 1. Найбільші розміри встановлюваного виробу, мм

Діаметр	140
Довжина	550

##### 2. Найбільші розміри шліфування, мм

Діаметр	10-50
Довжина	450

##### 3. Висота центрів, мм

80

##### 4. Найбільше поздовжнє переміщення столу, мм

550

##### 5. Конус Морзе центру бабки

передній М4

задній М4

##### 6. Межі чисел оборотів виробу в хв (б/с).

34-400

Змн	Арк.	Докум.	Подп	Дата	ТММ.ДП.131-17-1.ПЗ			

7. Розмір шліфувального круга, мм	
Найбільший	400x40x127
Найменший	300x40x127
8. Число оборотів шліфувального круга в хвилину	1600
9. Ціна поділки лімба поперечної подачі, мм	0,0001/0,0005
10. Клас шорсткості оброблюваної поверхні	12

При призначенні режиму різання для круглого зовнішнього шліфування методом врізання керувалися методикою, представленою в [9].

Рекомендована швидкість деталі при чорновому шліфуванні легованих сталей 18-26 м / хв. Припуск на обробку становить 0,251 мм (див. Табл.5.1).

Оскільки діаметр оброблюваної поверхні дорівнює 25 мм, то для забезпечення рекомендованої швидкості задаємо частоту обертання виробу  $n = 280$  об / хв.

Радіальна подача при зовнішньому циліндричному шліфуванні визначається за формулою:

$$S_t = S_{tt} \cdot K_M \cdot K_R \cdot K_D \cdot K_{V_k} \cdot K_T \cdot K_{It} \cdot K_h = 0,006 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,67 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1,08 = 0,003 \text{ мм/об} , \quad (6.5)$$

де  $S_{tt}$  - матричне значення, мм/об (0,006);

$K_M$  - коефіцієнт, що враховує оброблюваний матеріал (1,0);

$K_R$  - коефіцієнт, що враховує радіус галтелі деталі (1,0);

$K_D$  - коефіцієнт, що враховує діаметр кола (0,67);

$K_{V_k}$  - коефіцієнт, що враховує швидкість кола (1,0);

$K_T$  - коефіцієнт, що враховує стійкість кола (1,0);

$K_{It}$  - коефіцієнт, що враховує точність обробки (0,75);

$K_h$  - коефіцієнт, що враховує припуск на обробку (1,08).

Машинний час на виконання переходу визначаємо за формулою:

$$T_O = \frac{h}{S_t \cdot n} = \frac{0,251}{0,003 \cdot 280} = 0,30 \text{ хв} \quad (6.6)$$

Оскільки операція передбачає два технологічних переходу, машинний час дорівнюватиме 0,60 хв.

Технологічна характеристика інших операцій механічної обробки деталі

Змн	Арк.	Докум.	Подп	Дата					

ТММ.ДП.131-17-1.ПЗ

«Вал рульового механізму» приведена в таблиці 6.4

Таблиця 6.4 Технологічна характеристика операцій механічної обробки деталі «Вал рульового механізму»

Операція 05, Фрезерно-центрувальна			
Верстат	Пристосування	Оснащення	
МР-71	Спеціальне при верстаті	-	
Характеристика переходів			
Зміст переходу		Ріжучий інструмент	Допоміжний інструмент
1. Одночасно фрезерувати два торця		Фреза ГОСТ 22085-76	
2. Одночасно свердлити два центрових отвори		Свердло ГОСТ 14952-75	Патрон К2.475.000-01 ТУ2 035-489-76
Операція 10, Токарна з ЧПК			
Верстат	Пристосування	Оснащення	
16Б16Т1	Патрон УГО.124.000000.000	Центр А-2-5-У ЧПУ ГОСТ 8742-75	
Характеристика переходу			
Зміст переходу		Ріжучий інструмент	Допоміжний інструмент
Установ А		Різець ГОСТ 26611-85 Т5К10 02114-080408; ГОСТ 19048-80(прав.) Різець ГОСТ 26611-85 СМП Т5К10 01114- 160408 ГОСТ 19046-80 Різець К01.452.000 ВНИИи;	
1. Точити ступені правого торця установ Б			
2. Точити ступені з лівого торця			
3. Точити пов. під різьбу			
4. Точити зарізьбову канавку			
Операція 15, Фрезерна			
Станок	Пристосування	Оснащення	
5350	Патрон 7108-0022 ГОСТ 2571-71;	Центр 7032-0017 ГОСТ 13214-79 Центр А1-НП ГОСТ 8742-75	
Характеристика переходу			
Зміст переходу		Ріжучий інструмент	Допоміжний інструмент
1. Фрезеровать двухзаходну гвинтову поверхню		Фреза червячна спеціальна	

Змн	Арк.	Докум.	Подп	Дата					

ТММ.ДП.131-17-1.ПЗ

## Продовження таблиці 6.4

Операція 20, Вертикально-свердлильна			
Станок	Пристосування		Оснащення
	Кондуктор спеціальний		Хомутик ГОСТ 2578-70
Характеристика переходу			
Зміст переходу		Ріжучий інструмент	Допоміжний інструмент
1. Свердлити два взаємоперпендикулярні отвори		Свердло 2300-0027 ГОСТ 886-77	Патрон К2.475.000-01 ТУ2 035-489-76
Операція 30, Шліцефрезерна			
Станок	Пристосування		Оснащення
5350	Патрон 7108-0022 ГОСТ 2571-71		Центр 7032-0017 ГОСТ 13214-79 Центр А1-НП ГОСТ 8742-75
Характеристика переходу			
Зміст переходу		Ріжучий інструмент	Допоміжний інструмент
1. Фрезерувати шість шліців		Фреза спеціальна	
Операція 35, Різбофрезерна			
Станок	Пристосування		Оснащення
5Б63	Патрон 7108-0022 ГОСТ 2571-71		Центр 7032-0029 ГОСТ 13214-79 Центр А1-НП ГОСТ 8742-75
Характеристика переходу			
Зміст переходу		Ріжучий інструмент	Допоміжний інструмент
1. Фрезерувати різьбу		Фреза 2672-0637 6g ГОСТ 1336-77	
Операція 45, Різбошліфувальна			
Станок	Пристосування		Оснащення
5К822В	Патрон делительный		Центр 7032-0025 ГОСТ 13214-79
Характеристика переходу			
Зміст переходу		Ріжучий інструмент	Допоміжний інструмент

ТММ.ДП.131-17-1.ПЗ

Змн Арк. Докум. Подп Дата

1. Шліфувати двохзаходну гвинтову поверхню	Круг 2П 400x10x203 24A25CM1 12К ГОСТ 2424-83	
--	--	--

Продовження таблиці 6.4

Операція 60, Круглошліфувальна		
--------------------------------	--	--

Станок	Пристосування	Оснащення
3М151Ф2	Центр 7032-0029 ГОСТ 13214-79	Хомутик 7107-0065 ГОСТ 16488-70

Характеристика переходу		
-------------------------	--	--

Зміст переходу	Ріжучий інструмент	Допоміжний інструмент
1. Шлифувать шейки вала	Круг ПП 600x32x305 24A25C2K ГОСТ 2424-83	

Операція 65, Різьбошліфувальна		
--------------------------------	--	--

Станок	Пристосування	Оснащення
5К822В	Патрон ділильний	Центр 7032-0025 ГОСТ 13214-79 Хомутик 7107-0065 ГОСТ 16488-70

Характеристика переходу		
-------------------------	--	--

Зміст переходу	Ріжучий інструмент	Допоміжний інструмент
1. Шліфувати двохзаходну гвинтову поверхню	Круг 3П 400x10x203 24А 16 СМ1 10К ГОСТ 2424-83	

					ТММ.ДП.131-17-1.ПЗ	
Змн	Арк.	Докум.	Подп	Дата		

## Перелік літератури

1. Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. Курсове проектування з технології машинобудування. -Мінськ .: Вишешая школа, 1983.
2. ГОСТ7505-89 Кування сталеві штамповані. Допуски, припуски і куз-кінцевих напуски.
3. Кодування технологічної інформації: Довідковий посібник / Упоряд. С.Г.Піньковській, В.Г.Олейніченко - Дніпропетровськ: НГУ, 2003.-24с.
4. Комплектність і правила заповнення бланків технологічних документів: Методичний посібник для самостійної роботи / Упоряд. С.Г.Піньковській, В.І.Холоша, Ю.Г.Кравченко - Дніпропетровськ: НГУ, 2004.-34с.
5. Кузнецов В.І., Маслов А.Р., Байков О.М. Оснащення для верстатів з ЧПУ Довідник. - М .: Машинобудування, 1983, 359 с.
6. Марочник сталей і сплавів / Под ред. В.Г.Сорокіна - М.: Машинобудування, 1989 -638с.
7. Машинобудівні матеріали. Короткий довідник / За ред. В.М.Раскатова - Москва .: Машинобудування, 1980, 511с.
8. Обробка металів різанням. Довідник технолога / Под ред. А.А.Панова. . - М .: Машинобудування, 1988, 736 с.
9. Прогресивні ріжучі інструменти та режими різання металів. Довідник / За ред. В.І.Баранчікова. - М .: Машинобудування, 1990, 399 с.
10. Довідкове посібник за призначенням операційних припусків на механічну обробку табличних методом / Упоряд .: С.Г. Піньковський, Ю.Г.Кравченко, В.Г.Олейніченко - Дніпропетровськ: МДАУ, 2002.-15с.

					ТММ.ДП.131-17-1.ПЗ	
Змн	Арк.	Докум.	Подп	Дата		

#### 4. Спеціальний розділ

##### 4.1 Проектування черв'ячної фрези

Вихідні дані:

Модуль нормальний нарізається колеса  $m_{n1} = 3,5\text{мм}$ ;

Кут нахилу зуба шестерні на ділильної окружності  $\beta_1 = 20^\circ$ ;

Кут профілю колеса  $\alpha = 20^\circ$ ;

Напрямок зуба  $K_4 = 2$  ;

Коефіцієнти зміщення вихідного контуру шестерні до колеса відповідно  $x_1/x_2 = -0,24/0,24$ ;

Ступінь точності шестерні Ст.т –8;

Тип шестерні  $K_2 = 0$  (вінець відкритий);

Ширина вінця шестерні  $b_2 = 35\text{ мм}$ ;

Матеріал шестерні його механічні властивості МО –сталь вуглецева 45 ГОСТ 1050-88, НВ 218-255;

Параметр шорсткості  $R_a = 1,25\text{ мкм}$ .

#### Визначення розмірів профілю зубів черв'ячної модульної фрези

При профілюванні в нормальному розрізі розміри профілю зубів розраховуються наступним чином:

1.1 Крок по нормалі (відстань між однаковими точками двох сусідніх зубів):

$$P_{\text{но}} = \pi \cdot m \text{ (точність } 0,001\text{мм)} \quad (1.1)$$

$$P_{\text{но}} = 3,14 \cdot 3,5 = 13,352\text{ мм}$$

1.2 Кут профілю в нормальному перерізі:

$$\alpha_0 = \alpha \text{ або } \alpha_0 = \alpha + \Delta\alpha \quad (1.2)$$

де  $\Delta\alpha$  – величина корекції (для зменшення похибки профілю колеса, що нарізають, кликнув наближеним профілюванням), приймають за таблицею в залежності від кута підйому витків черв'ячної фрези  $\gamma_{\text{мо}} = 3^\circ 7'$

$$\alpha_0 = 20^\circ + 1' = 20^\circ 1'$$

					ТММ.ОППБ.21.01 ПЗ	
Змн	Арк.	Докум.	Подп	Дата		

1.3 Товщина зуба по середній (ділильної) прямій:

$$S_{\text{по}} = \frac{\pi \cdot m}{2} + \Delta S \text{ (точність 0,001)} \quad (1.3)$$

де  $\Delta S$  – потовщення зубців, необхідне для отримання необхідного бокового зазору в зачепленні коліс, що нарізаються (приймаємо по таблиці в залежності від модуля).

$$S_{\text{по}} = \frac{3,14 \cdot 4,25}{2} + 0,17 = 6,843 \text{ мм}$$

1.4 Висота головки зуба фрези:

$$h_{\text{ао}} = h_{\text{фл}} = (h_a^* + c^*) \cdot m = 1,25 \cdot m \text{ (точність 0,01 мм)} \quad (1.4)$$

$$h_{\text{ао}} = h_{\text{фл}} = 1,25 \cdot 3,5 = 5,313 \text{ мм}$$

1.5 Висота ніжки зуба фрези:

$$h_{\text{фо}} = h_{\text{ал}} = (h_a^* + c^*) \cdot m = 1,25 \cdot m \text{ (точність 0,01 мм)} \quad (1.5)$$

$$h_{\text{фо}} = h_{\text{ал}} = 1,25 \cdot 3,5 = 5,313 \text{ мм}$$

1.6 Висота зуба фрези:

$$h_o = h_{\text{ао}} + h_{\text{фо}} \text{ (точність 0,01 мм)} \quad (1.6)$$

$$h_o = 5,313 + 5,313 = 10,626 \text{ мм}$$

1.7 Радіус заокруглення ніжки зуба фрези:

$$\rho_{\text{фо}} = (0,25 \dots 0,3) \cdot m \text{ (точність 0,1 мм)} \quad (1.7)$$

$$\rho_{\text{фо}} = 0,25 \cdot 4,25 = 1,1 \text{ мм}$$

1.8 Радіус заокруглення головки зуба фрези:

$$\rho_{\text{фо}} = (0,3 \dots 0,4) \cdot m \text{ (точність 0,1 мм)} \quad (1.8)$$

$$\rho_{\text{фо}} = 0,3 \cdot 3,5 = 1,3 \text{ мм}$$

1.9 Товщина зуба на вершині (без урахування заокруглення; технологічний розмір):

$$S_a = S_{\text{по}} - 2h_o \cdot \text{tg}\alpha_o \text{ (точність 0,001 мм)} \quad (1.9)$$

$$S_a = 6,843 - 2 \cdot 10,626 \cdot \text{tg}(20^\circ 1') = 1,899 \text{ мм}$$

1.10 У фрез з модулем  $m > 4$  мм для полегшення шліфування передбачається канавки на дні западин для виходу шліфувального круга.

					ТММ.ОППБ.21.01 ПЗ	
Змн	Арк.	Докум.	Подп	Дата		



Розміри яких визначаються:

1.11 Ширина впадин між зубами фрези:

$$e_f = P_{no} - (S_{no} + 2h_o \cdot \operatorname{tg} \alpha_o) \text{ (точність 0,001 мм) (1.10)}$$
$$e_f = 13,352 - (6,843 + 2 \cdot \operatorname{tg}(20^\circ 1') = 2,6 \text{ мм}$$

1.12 Ширина канавки:

$$b \approx 0,75 \cdot e_f \text{ (точність 0,1 мм) (1.11)}$$
$$b = 0,75 \cdot 2,6 \text{ мм}$$

1.13 Глибина канавки:

$$h_1 = 0,5 \div 2 \text{ мм (1.12)}$$
$$h_1 = 1 \text{ мм}$$

1.14 Радіус дна канавки:

$$r_1 = 0,6 \div 1,3 \text{ мм (1.13)}$$
$$r_1 = 1 \text{ мм}$$

### Конструктивні параметри черв'ячних фрез

Зовнішній діаметр черв'ячних фрез  $d_a$  вибирається з урахуванням наступних принципів.

З одного боку, чим більше  $d_a$ , тим менше кут підйому витків черв'ячної фрези  $\gamma_{mo}$ , і менше граничні похибки профілю фрези, внесені наближеним методом профілювання, тим більше число зубів  $z_o$ , а тоді точніше профіль колеса через зменшення граніювання; вище продуктивність і рівномірність зубофрезерування; тим більше діаметр посадкового отвору  $d_{отв}$  і вище жорсткість кріплення інструменту.

З іншого боку, чим більше  $d_a$ , тим більше витрата інструментального матеріалу, більше крутний момент на шпинделі і час різання.

Остаточне значення має точність профілю, тому прецизійні фрези класу АА мають  $d_a$  на 30% -35% більшим, ніж аналогічні фрези загального призначення. При виконання даного завдання вибір  $d_a$  зробимо по таблиці, де

					ТММ.ОППБ.21.01 ПЗ	
Змн	Арк.	Докум.	Подп	Дата		

наведено розміри стандартних фрез за ГОСТ 9324-80, виходячи із заданого модуля.

Діаметри,

$$d_a = 90\text{мм}$$

$$d_{\text{отв}} = 32\text{мм}$$

$$d_5 = 50\text{мм}$$

Довжина виконання,

$$L_1 = 90 \text{ мм}$$

Ширина буртика,

$$l_6 = 4\text{мм}$$

Кількість стружкових канавок:

$$z_o = 10$$

Розміри шпоночного паза,

$$b = 8\text{мм}$$

$$t = 34,8\text{мм}$$

Діаметр отвору  $d_{\text{отв}}$  попередньо вибираємо якомога більшою, тому що збільшується жорсткість оправлення, що в свою чергу дозволяє збільшити продуктивність і точність зубофрезерування. Обмеженням при виборі  $d_{\text{отв}}$  служить товщина тіла фрези (стілки), що повинна бути не менше  $(0,25 \dots 0,3)d_{\text{отв}}$ .

Ширина буртиків  $l_6$  приймається 4 – 6 мм.

Розміри шпоночного паза  $b$  и  $t$  вибирають, виходячи з розміру  $d_{\text{отв}}$ , причому мати на увазі, що збільшення ширини паза  $b$  є небажаним, тому що це зменшує точність центрування фрези на оправці. Великою обмеження тут є не міцність шпонки, а точність посадки фрези на оправку. Розміри фасок вибираються в межах 0,5 - 1,5 мм в залежності від розмірів фрези.

Число зубів (стружкових канавок)  $z_o$  фрези вибираються максимально можливими, тому що це зменшує подачу на зуб фрези, а при незмінній подачі дозволяє збільшити продуктивність зубофрезерування, зменшує жорсткість зубців, що нарізаються, збільшує рівномірність фрезерування. Але при цьому

					ТММ.ОППБ.21.01 ПЗ	
Змн	Арк.	Докум.	Подп	Дата		

стружкова канавка повинна бути досить широкою для вільного розміщення стружки і виходу інструменту, а довжина зубців біля основи повинна забезпечувати необхідну її міцність і достатню кількість переточувань. Останні умови виконуються при довжині (0,8 - 1) глибини стружкової канавки Н.

Кут профілю стружкової канавки  $\varepsilon$  приймається по нормалі до кута фрези. З урахуванням числа зубів  $\varepsilon = 22^\circ$ .

### Геометричні параметри черв'ячних фрез

Передній кут  $\gamma$  вибирають в залежності від призначення фрез:

Для чистових фрез  $\gamma = 0^\circ$ , с метою зменшення похибки профілю нарізається колеса, в разі якщо  $\gamma \neq 0$ , це вимагає додаткового коректування профілю фрези по висоті.

Задній кут на вершинах зубів  $\alpha_b$  вибирають  $10^\circ - 12^\circ$  і перевіряють за величиною заднього кута  $\alpha_6$ , що отримують при радіальному затилування в нормальному перерізі на бічних крайках зубів фрези:

$$\operatorname{tg} \alpha_6 = \operatorname{tg} \alpha_b \cdot \sin \alpha_o \quad (3.1)$$

$$\operatorname{tg} \alpha_6 = \operatorname{tg}(10^\circ) \cdot \sin(20^\circ 1') = 0,060355574$$

Приймаємо  $\alpha_6 = 3^\circ 27'$

При шліфуванні профілю зуб фрези може виявитися обробленим по всій товщині вздовж витка через врізання кута в наступний по витку зуб. В результаті профіль зуба ставати криволінійним, т.е. створюється так звана «сідло» на профілі зуба, задні кути на бічних сторонах зуба зменшуються або стають негативними. Щоб уникнути цього у фрез з шліфуваним профілем вводять додаткове затилування з величиною затилування.

$$K = \frac{\pi \cdot d_{ao}}{z_{ao}} \cdot \sin \alpha_b$$

$$K = \frac{3,14 \cdot 90}{10} \cdot \sin 10^\circ = 5$$

					ТММ.ОППБ.21.01 ПЗ	
Змн	Арк.	Докум.	Подп	Дата		

$$K_1 = (1,2 \dots 1,5) \cdot K \text{ (округляється до } 0,5 \text{ або цілого числа)} \quad (3.2)$$

$$K_1 = 1,3 \cdot 5 = 6,5$$

При цьому необхідно забезпечити, щоб шліфувана частина зуба дорівнювала:

$$c \geq \frac{\pi \cdot d_{ao}}{3 \cdot z_o} \quad (3.3)$$

$$c \geq \frac{3,14 \cdot 90}{3 \cdot 10} = 9 \text{ мм}$$

### Розрахункові параметри черв'ячних фрез

Довжина фрези розраховується за формулою:

$$L = 2h_{ao} \cdot \operatorname{ctg} \alpha_{по} + x \cdot P_{по} + 2l_{\phi} \quad (4.1)$$

де  $x$  – коефіцієнт, що залежить від модуля і визначає запас на осьову перестановку фрези (визначаємо за таблицею  $x = 3,25$ ).

$$L = 2 \cdot 5,313 \cdot \operatorname{ctg} 20^\circ 1' + 3,5 \cdot 13,352 + 2 \cdot 4 = 80,562 \text{ мм}$$

Приймаємо  $L = 90$  мм.

Довжина шліфувальної частини отвору визначається за формулою:

$$l = (0,2 \dots 0,3) \cdot L \quad (4.2)$$

$$l = 0,25 \cdot 90 = 18 \text{ мм}$$

Середній розрахунковий діаметр фрези  $d_{то}$  є умовним діаметром, необхідним для розрахунку кута підйому витків фрези  $\gamma_{мо}$ , шага стружкових канавок и т.д. Величина  $d_{то}$  визначається за формулою:

$$d_{то} = d_a - 2h_{ao} - 0,3k \text{ (точність } 0,1 \text{ мм)} \quad (4.3)$$

$$d_{то} = 90 - 2 \cdot 5,313 - 0,3 \cdot 5 = 77,9 \text{ мм (точність } 0,1 \text{ мм)} \quad (4.4)$$

Кут підйому витків червячної фрези  $\gamma_{мо}$  на середньо- розрахованому діаметрі  $d_{то}$ , визначається за формулою:

$$\sin \gamma_{то} = \frac{m_{по} \cdot z_{1о}}{d_{то}}, \quad (4.5)$$

$$\sin \gamma_{то} = \frac{4,25 \cdot 1}{77,9} = 0,0546$$

Змн	Арк.	Докум.	Подп	Дата					

ТММ.ОППБ.21.01 ПЗ

Приймаємо  $\gamma_{mo}$  ( $3^{\circ}7'$ )

Хід гвинтової стружкової канавки:

$$P_{zo} = \pi \cdot d_{to} \cdot \text{ctg}\lambda_{to} \text{ (точність 1мм)} \quad (5.1)$$

$$P_{zo} = 3,14 \cdot 77,9 \cdot \text{ctg}3^{\circ}7' = 2943,12 \text{ мм}$$

Кут нахилу гвинтових стружкових канавок:

$$\lambda_{to} = \gamma_{mo} = 3^{\circ}7'$$

Глибина стружкової канавки  $H$  розраховується за формулою:

$$H = h_o + \frac{\kappa + \kappa_1}{2} + 1 \quad (5.2)$$

$$H = 10,626 + \frac{5 + 6,5}{2} + 1 = 17,38 \text{ мм}$$

Радіус дна стружкової канавки:

$$r = \frac{\pi(d_a - 2H)}{10 \cdot z_o} \text{ (точність 0,5) мм} \quad (5.3)$$

$$r = \frac{3,14 \cdot (90 - 2 \cdot 17,38)}{10 \cdot 10} = 2 \text{ мм}$$

так як профілювання фрези ведеться на нормальному перерізі,  
розрахований крок по осі:

$$P_{xo} = \frac{P_{по}}{\cos\gamma_{to}} \text{ (точність 0,001 мм)} \quad (5.4)$$

$$P_{xo} = \frac{13,352}{0,9976} = 13,372 \text{ мм}$$

					ТММ.ОПІБ.21.01 ПЗ	
Змн	Арк.	Докум.	Подп	Дата		

## Загальні висновки

В аналітичному розділі показано, що призначення деталі робить її дуже відповідальною, в зв'язку з чим, на неї встановлені досить жорсткі допуски на розміри, а також допуски розташування поверхонь. Конфігурація деталі досить технологічна для обробки різанням на токарному верстаті, все поверхні легкодоступні для інструменту.

В технологічному розділі встановлено виробничу програму випуску деталі. Спосіб отримання заготовки - гаряче об'ємне штампування на кривошипних горячештамповочних пресах. Визначено припуски на механічну обробку виходячи з номінального розміру, що визначає положення поверхні, її параметра шорсткості і вихідного індексу. Здійснено детальну розробку технологічних операцій, обрано відповідне обладнання, інструмент, розраховано режими різання. Отримані данні зведено в таблиці.

В спеціальному розділі спроектований спеціальний різальний інструмент для обробки деталі «Вал» для операції 15 Фрезерна, а саме для нарізання гвинтової поверхні черв'яка. Виконано робоче креслення спеціальної черв'ячної фрези.

					ТММ.ОПБ.21.01 ПЗ	
Змн	Арк.	Докум.	Подп	Дата		

## Перелік літератури

1. Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. -Минск.: Высшая школа, 1983.
2. ГОСТ 7505-89 Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски
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.
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. Машиностроительные материалы. Краткий справочник /Под ред. В.М.Раскатова – Москва.: Машиностроение, 1980, 511с.
8. Обработка металлов резанием. Справочник технолога / Под ред. А.А.Панова. . - М.: Машиностроение, 1988, 736 с..
9. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов. Справочник / Под ред. В.И.Баранчикова . - М.: Машиностроение, 1990, 399 с.
10. Режимы резания металлов. Справочник 3-е изд. / Под ред. Ю.В.Барановского. - М.: Машиностроение, 1972. 408с.
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.

					ТММ.ОППБ.21.01 ПЗ	
Змн	Арк.	Докум.	Подп	Дата		

	Формат	Позначення	Найменування	Кіль.	Примітки						
1											
2			<u>Документація</u>								
3											
4	A4	TMM.ОППБ.21.01 ПЗ	Пояснювальна записка								
5	A4	TMM.ОППБ.21.01 ТП	Комплект техн. документації								
6											
7											
8			<u>Графічні матеріали</u>								
9											
10	A1	TMM.ОППБ.21.01.01	Вал	1	РК						
11	A1	TMM.ОППБ.21.01.02	Вал заготовка	1	РК						
12	A1	TMM.ОППБ.21.01.03	Наладка операція 25	1	РК						
13	A1	TMM.ОППБ.21.01.04	Наладка операція 40	1	РК						
14	A1	TMM.ОППБ.21.01.05	Черв'ячна фреза	1	РК						
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											
25											
				TMM.ОППБ.21.01							
Из.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата							
Розробн.	Бача				<table border="1"> <tr> <td>Літ.</td> <td>Лист</td> <td>Листів</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>1</td> </tr> </table>	Літ.	Лист	Листів			1
Літ.	Лист	Листів									
		1									
Керівн.	Пацера										
Н.контр.											
Затв.	Проців										
			Матеріали кваліфікаційної роботи								