

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

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

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеня бакалавра

студента Конопляки Олега Романовича
(ІПБ)
академічної групи 131-17зек-2
(шифр)
спеціальності 131 Прикладна механіка
(код і назва спеціальності)
за освітньо-професійною програмою
Комп'ютерні технології машинобудівного виробництва
(оригінальна назва)
на тему Проект технологічного процесу виготовлення деталі «Золотник» в умовах серійного виробництва
(назва за підписом ректора)

Do Zakharyn
[Signature]

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Пацера С.Т.	85	добре	<i>[Signature]</i>
розділів				
Аналітичний	Пацера С.Т.	85	добре	<i>[Signature]</i>
Технологічний	Пацера С.Т.	83	добре	<i>[Signature]</i>
Спеціальний	Пацера С.Т.	87	добре	<i>[Signature]</i>

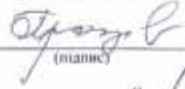
Рецензент			
Нормоконтроль	<i>[Signature]</i>	87	<i>[Signature]</i>

Дніпро
2020

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри

Технологій машинобудування та матеріалознавства
(повна назва)


(підпис)

В.В. Проців

(прізвище, ініціали)

« 15 » 06 2020 року

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

студенту Коноплянці О.Р. академічної групи 131-17зек-2
(прізвище та ініціали) (шифр)


спеціальності 131 Прикладна механіка

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


на тему Проект технологічного процесу виготовлення деталі «Золотник»
в умовах серійного виробництва

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 07.05.2020 № 257-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Аналітичний	Характеристика об'єкта виробництва; Аналіз технологічності конструкції деталі (додається 1 лист креслення деталі)	10.05.2020
Технологічний	Проект технології обробки деталі «Золотник» (додається 2 листа графічного матеріалу щодо технологічних схем налаштування ф. А1)	25.05.2020
Спеціальний	Забезпечення точності обробки циліндричних поверхонь в центрах круглошліфувальних верстатів	01.06.2020

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

Дата видачі 04.05.2020

Дата подання до екзаменаційної комісії 04.06.2020
Прийнято до виконання 
(підпис студента) Коноплянка О. Р.
(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: с., рис., табл., джерел. Комплект технологічної документації на 20 аркушах у вигляді маршрутно-операційного технологічного процесу Графічна частина проекту розміщена на 4 аркушах формату А1.

Об'єкт проектування: технологічна підготовка виробництва деталі гідророзподільного вузлу механізованого кріплення 1КД99..

Ціль кваліфікаційної роботи - проект: технологічного процесу виготовлення деталі «Золотник» 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.

Специфічним об'єктом дослідження є забезпечення точності циліндричних поверхонь при обробці в центрах круглошліфувальних верстатів.

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, ВЕРСТАТ З ЧПК, ОБРОБКА, ПРИПУСК, ОПЕРАЦІЯ, ВЕРСТАТ, ПРИСТОСУВАННЯ, РІЗАЛЬНИЙ ІНСТРУМЕНТ

Department of Materials Science and Mechanical Engineering Technologies

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
завідуюч кафедрою технологій
машинобудування та матеріалознавства
професор _____ В.В. Проциб
_____ 20__ р

Проект технологічного процесу
виготовлення деталі "Золотник"
в умовах серійного виробництва

ТМ1.0ПП6.20.06.ПЗ

ПОГОДЖЕНО
керівник проекту
професор кафедри ТММ
І.Т. Поцера
_____ 11.06.2020 р

Студент групи 131-17зск-1 ММФ
_____ О.Р. Каналляк
_____ 06.2020 р



Лист № 455/С	Лист № 456/С	Лист № 457/С	Лист № 458/С	Лист № 459/С	Лист № 460/С
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

Зміст

1 Аналітичний розділ	4
1.1 Введення	4
1.2 Характеристика об'єкта виробництва	4
1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі	6
2 Технологічний розділ	10
2.1 Призначення річної виробничої програми випуску деталі	10
2.2 Вибір та економічне обґрунтування способу отримання заготовки	10
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	22
3.1 Забезпечення точності обробки циліндричних поверхонь в центрах круглошлі- фувальних верстатів	22
Висновки	30
Список посилань	31
Додаток А Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи	32
Додаток Б Відгук керівника кваліфікаційної роботи.....	33

					ТММ.ОПБ.20.06.00 ПЗ			
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проект технологічного процесу виготовлення деталі «Золотник» в умовах серійного виробництва	Лист	Лист	Листов
Розроб.		Копоплянка	<i>[Signature]</i>				3	
Перев.		Пацера	<i>[Signature]</i>			НТУ «ДП»		
Н контр.								
Затв.		Проців	<i>[Signature]</i>					

1 Аналітичний розділ

1.1 Введення

Машинобудування є найважливішою галуззю народного господарства, тому що забезпечує технологічні процеси засобами виробництва - машинами й механізмами.

Основне завдання вітчизняного машинобудування - на базі новітніх досягнень науки й техніки й сучасних технологій випускати в необхідній кількості для народного господарства високоякісні машини й знаряддя виробництва, що відповідають вимогам і рівню світових стандартів.

Гірниче машинобудування характеризується широкою номенклатурою виробів, що обумовлено не тільки більшою розмаїтістю гірничих машин, але й прагненням пристосувати їх до різноманітних гірськогеологічним умовам експлуатації. В результаті цього на заводах галузі практично було відсутнє крупносерійне й масове виробництво, що підвищувало собівартість виготовлення гірничої техніки.

Технічний прогрес у гірничій промисловості визначається значним збільшенням випуску існуючих гірничих машин і комплексів і освоєнням великої кількості нових високопродуктивних машин. Велика увага при цьому повинна приділятися підвищенню якості, надійності й довговічності машин, а також їхньому прогресивному обслуговуванню, ремонту й монтажу.

В даному дипломному проекті пропонується технологічний процес виготовлення деталі «Золотник» в умовах серійного виробництва при розмірі операційної партії 30 штук. Для виготовлення деталі задіяні як універсальні верстати, так і верстати з ЧПК. В якості заготовки використовується сортовий прокат у вигляді штучної заготовки. При цьому коефіцієнт використання матеріалу становить 0,27.

Пропонований технологічний процес характеризується використанням мінімальної кількості металорізальних верстатів, а також застосуванням вітчизняного обладнання, доступного й досить ефективного в умовах серійного виробництва.

При виконанні проектних процедур використані сучасні методики

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

розрахунків режимів різання для прогресивного різального інструменту, які перевірені у виробничих умовах, що діє нормативно-технічна документація й стандарти системи ЄЕСКД і ЄСТД.

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 й технічні вимоги до них з погляду умов складання й експлуатації.*

Деталь «Золотник» застосовуються в механізованому кріпленні 1КД99, призначеної для кріплення гірських вироблень і підтримки їх у робочому стані в період експлуатації шахт. Призначенням гідророзподільного вузла є запобігання ліній високого й низького тиску від перевантажень і поділ ліній високого й низького тисків для забезпечення реверсу. Умови роботи робочого органа характеризуються схильністю гідродинамічному впливу робочої рідини, що перебуває під тиском до 25 МПа, інтенсивним реверсуванням, постійним впливом шахтної атмосфери (підвищена вологість і запиленість).

Золотник є основним конструктивним елементом, що забезпечує процес розподілу гідропотоку Загальний вид деталі представлений на рисунку 1.1

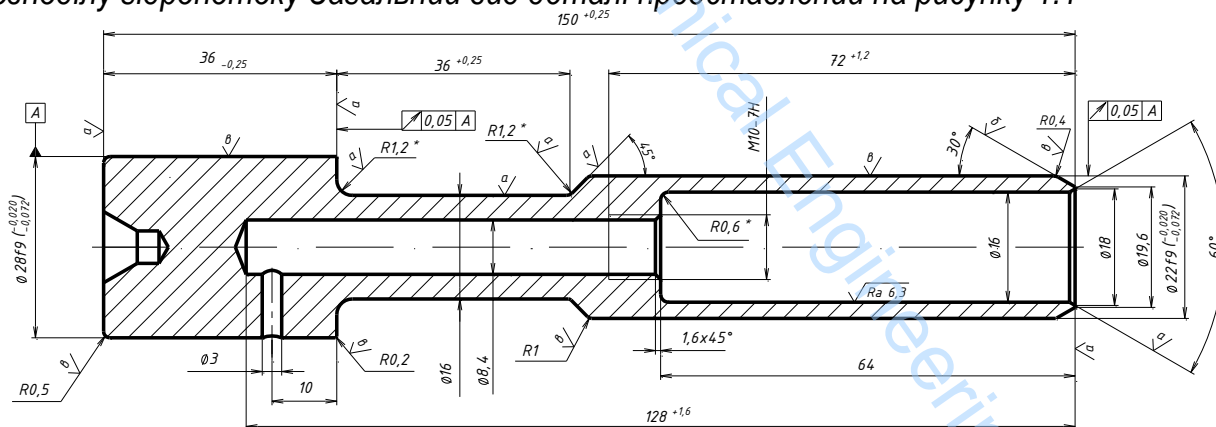


Рисунок 1.1 – Деталь «Золотник»

Основними конструкторськими базами деталі служать циліндрична поверхня діаметром 22f9 мм і правий торець поверхні діаметром 28f9 мм, які визначають точність позиювання золотника в розточеннях корпуса сполученої деталі.

Найбільш відповідальною поверхнею деталі є циліндрична поверхня діаметром 22f9 мм. Вона працює як гідроциліндр, тому повинна мати високу зносостійкість і високу якість поверхні ($Ra = 0,4$ мкм), відповідати підвищеним вимогам до точності форми. Ці властивості матеріалу може забезпечити сталь після цементації і загартування, якою є 12ХН3А ГОСТ 4543-71, що передбачена конструкторським документом.

Вона застосовується для виготовлення валів, шестірень, черв'яків, кулачкових муфт, поршневих пальців і інших цементованих деталей, до яких пред'являються вимоги до високої міцності, пластичності й в'язкості серцевини й високої поверхневої твердості, які працюють під дією ударних навантажень або при негативних температурах. Поставляється у вигляді прокату круглого перетину за ГОСТ 8560-78, а також у вигляді кувань і кутих заготовель за ГОСТ 1133-71. Сталі цієї групи добре обробляються різанням. Кращу оброблюваність мають сталі з підвищеним вмістом сірки, фосфору й марганцю. Наявність легуючих елементів знижують оброблюваність, що характеризується коефіцієнтом K_{VM} і для даної марки стали становить 0,80 щодо швидкості різання стали 45 ГОСТ 1050-88, прийнятої за еталон для даної групи сталей. Хімічний склад стали 12ХН3А наведений у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3
в процентах

C	Mn	Si	Cr	Ni	P	S	Cu
					не більше		
0,09-0,16	0,30-0,60	0,17-0,37	0,60-0,90	2,75-3,15	0,025	0,025	0,30

У результаті об'ємного загартування деталі перетином 70 мм, низькотемпературної відпуску при 200 °С і охолодження в маслі, механічні властивості матеріалу відповідають даним, наведеним у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4

$\sigma_{0,2}$	σ_B	δ_5	ψ	RCU, Дж/см ²	HB
МПа		%			
1270	1370	12	60	98	400

Підвищити міцнісні й зносостійкі властивості поверхні деталі, виготовленої зі сталі 12ХН3А, дозволяє хіміко-термічна обробка, що

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата
------	------	---------	---------	------

Таблиця 1.5

Вид конструктивного елемента	Кількість	
	загальна	уніфікованих
Лінійні розміри	14	9
Фаски	1	1
Радіуси	6	1
Кути	3	3
Центровий отвір	1	1
Різьблення	1	1
Всього	26	16

Підставивши дані в формулу 1.1, отримуємо:

$$K_{y.э} = \frac{16}{26} = 0,62$$

. 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 квалітете розмірів виробу, що визначається за формулою:

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

$$= \frac{9 \cdot 2 + 11 \cdot 1 + 12 \cdot 2 + 14 \cdot 9 + 15 \cdot 2}{17} = 12,3 \quad (1.3)$$

де A – квалітет розміру;

n_i – кількість розмірів відповідного квалітету.

Підставивши отримане значення в формулу 1.2 одержимо результат:

$$K_{тч} = 1 - \frac{1}{12,3} = 0,92,$$

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:

$$B_{cp} = \frac{\sum B \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{50 \cdot n_1 + 25 \cdot n_2 + \dots + 0,8 \cdot n_7 + 0,4 \cdot n_8 + \dots + 0,0012 \cdot n_{14}}{n_1 + n_2 + \dots + n_7 + n_8 + \dots + n_{14}} =$$

$$= \frac{12,5 \cdot 5 + 6,3 \cdot 1 + 3,2 \cdot 9 + 0,8 \cdot 1 + 0,4 \cdot 6}{12} = 8,2 \quad (1.5)$$

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:

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{8,2} = 0,88$$

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

Деталь «Золотник» належить до класу валів, тобто тілам обертання з довжиною більше двох діаметрів. Основною характеристикою валів, яка визначає технологічність конструкції, є жорсткість, яку оцінюють по величині відносини $L/d_{пр}$,

де L - довжина вала, мм;

$d_{пр}$ – приведений діаметр вала, визначений по формулі:

$$d_{пр} = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^n d_i \cdot l_i = \frac{28 \cdot 36 + 16 \cdot 36 + 22 \cdot 72}{150} = 21,2(\text{мм}), \quad (1.6)$$

де d_i – діаметр i -того щабля валу, мм;

l_i – довжина i -того щабля валу, мм.

У цьому випадку відношення дорівнює 7,1, що менше граничного значення (10). Отже, для ефективної механічної обробки без обмеження режимів різання й досягнення економічно обґрунтованої точності, необхідно застосовувати схеми базування для жорстких валів.

Особливо слід зазначити низьку технологічність обробки отвору діаметром 8,4 мм, оскільки безпосередня довжина отвору не перевищує восьми діаметрів, але воно розташовано в глибині деталі на такій же відстані. Це вимагає застосування свердла підвищеної жорсткості спеціальної конструкції.

У конструкції деталі передбачені поверхні, що дозволяють базування в центрах, що забезпечує суміщення технологічних і вимірювальних баз. Це

центровий отвір з лівого торця деталі й дві конічні поверхні, внутрішня й зовнішня з кутом 60°.

Наскрізний отвір діаметром 3 мм не є технологічним, тому що свердління здійснюється по зовнішній циліндричній поверхні й вимагає застосування спеціального кондукторного пристосування.

Різьбова поверхня відповідає грубій точності і її забезпечення в даному матеріалі не викличе утруднень при обробці мітчиком.

Співвідношення квалітетів і параметрів шорсткості оброблюваних поверхонь є оптимальним. З огляду на те що деталь жорстка, дев'ятий клас чистоти на поверхнях циліндрів діаметрами 28f9 мм і 20f9 мм відповідно може бути отриманий без утруднень шліфуванням.

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

Таким чином, технологічність конструкції деталі «Золотник» після якісного аналізу можна оцінити як гарну за основними показниками.

2 Технологічний розділ

2.1 Призначення річної виробничої програми випуску деталі

Характер технологічного процесу виготовлення деталі, вибір обладнання, інструментів й інших елементів технічної підготовки виробництва залежить від річної програми випуску деталей й, отже, від типу виробництва. За завданням приймається серійний тип виробництва. Важаючи, що річна потреба в гидроблоках 720 штук, а в одному виробі використовується один золотник, виробничу програму випуску деталей визначаємо за формулою:

$$N = N_u \cdot q \left(1 + \frac{h}{100} \right) = 720 \cdot 1 \cdot \left(1 + \frac{3}{100} \right) = 741,6, \text{ (шт/рік)} \quad (2.1)$$

де N_v – річна програма випуску виробів;

q – кількість деталей даного найменування в одному виробі;

h – процент деталей, що призначені як запасні частини (1-3%).

Приймається річна програма 750 шт.

Загальноприйнятним комплексним критерієм при розробці та аналізі технологічного процесу є така класифікаційна категорія, як тип виробництва. Попереднє визначення типу виробництва базується на зв'язку між річною програмою випуску деталі і її масою. Виходячи з цього, приймається серійний тип виробництва.

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

$$n = \frac{N \cdot a}{\Phi} = \frac{750 \cdot 10}{251} = 29,9 \text{ (шт)}, \quad (2.2)$$

де a – періодичність запуску деталей в виробництво, днів;

Φ – кількість робочих днів за рік.

Приймається розмір партії 30 штук. Таким чином, розмір партії буде кратний річній програмі випуску деталей, що забезпечується запуском 25 партій.

2.2 Вибір та економічне обґрунтування способу отримання заготовки

Для раціонального вибору заготовки необхідно одночасно враховувати призначення й конструкцію деталі, технічні вимоги, масштаб і серійність випуску, а також економічність виготовлення. Вибрати заготовку - значить встановити спосіб її одержання, призначити припуски на обробку кожної поверхні, розрахувати розміри й указати вимоги до точності виготовлення.

Заготівлями для деталей класу «вал» найчастіше служить або сортовий прокат, або штампування. Сортний прокат застосовується для виготовлення середніх і дрібних деталей. Штампування застосовується для виготовлення середніх і великих валів складної конфігурації, з більшим перепадом діаметрів, а також при спеціальних вимогах до структури металу й при досить великих обсягах випуску.

Оскільки деталь розміщена в закритому корпусі й піддається стиску, тому що сприймає тиск робочої рідини як внутрішніми так і зовнішніми

поверхнями, то істотних акцентів на виборі способу одержання заготівлі робити недоречно.

Розміри заготівлі із сортового прокату визначаються з урахуванням припуску на обробку ступені найбільшого діаметра й припуску на підрізування торців. Приймається штучна заготівля із круглого гарячекатаного сталевого прокату за ГОСТ 2590-88 діаметром 32 мм, з точністю прокатки - «В». У цьому випадку граничні відхилення на розмір кола $+0,4/ -0,7$ мм [2].

Припуск на обробку двох торців становить 4 мм. Таким чином, довжина заготівлі на першій операції механічної обробки дорівнює $154 \pm 0,8$ мм.

Таким чином, маса заготівки становить 0,97 кг, оскільки маса погонного метра прокату діаметром 32 мм дорівнює 6,31 кг, а коефіцієнт використання матеріалу дорівнює:

$$K_{ум} = \frac{M_d}{M_3} = \frac{0,26}{0,97} = 0,27 \quad (2.3)$$

де M_d - маса деталі за креслеником, кг;

M_3 - маса заготівки, кг.

2.3 Розробка технологічного маршруту виготовлення деталі

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

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

Найбільш ефективним засобом, що дозволяє забезпечити найвищий

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

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

Кількість технологічних операцій, при розробці маршруту виготовлення золотника і їхня концентрація буде визначатися методами обробки поверхонь, які призначені виходячи з необхідного квалітету розміру, параметра шорсткості й умов оброблюваності високолегованих сталей. Перелік оброблюваних поверхонь і методи обробки, які забезпечать виконання вимог креслення, наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 2.1

Вид поверхні, розмір, мм	Квалітет	Шорсткість Ra, мкм	Метод обробки поверхні
Зовнішня $\varnothing 28_{-0,016}^{-0,059}$	9	0,4	Точіння однократне Точіння чистове * Шліфування Полірування **
Зовнішня $\varnothing 16_{-0,36}$	9	3,2	Точіння чорнове Точіння чистове
Внутрішня $\varnothing 8,4$	14	12,5	Свердління
Внутрішня $\varnothing 17_{+0,36}$	9	12,5	Свердління Зенкерування
Зовнішня $\varnothing 22_{-0,016}^{-0,059}$	9	0,4	Точіння однократне Точіння чистове * Шліфування Полірування **
Торцева $150_{+0,25}$	11	6,3	Точіння лівого торця Точіння правого торця
Різьбова М10-7Н		12,5	Свердління Нарізування різьблення мітчиком
* Чистовое точіння необхідне для забезпечення співвісності точних поверхонь з протилежних сторін деталі			
** Полирування дозволяє забезпечити необхідний клас чистоти після ХТО			

Технологічними базами для обробки всіх поверхонь деталі будуть центровий отвір і конічна поверхня з кутом 60° , які обробляються на двох перших операціях.

На другій операції передбачається повна обробка комбінованого центрального отвору з різьбленням М10-7Н мм, обробка правого торця й зовнішньої циліндричної й конічної поверхонь, які будуть технологічними базами на наступних операціях механічної обробки. Обробка здійснюється на верстаті моделі 1Е340П.

До хіміко-термічної обробки, після якої буде забезпечена необхідна твердість зовнішніх поверхонь деталі, необхідно просвердлити радіальний отвір діаметром 3 мм. З огляду на габарити пристосування необхідно використовувати вертикально-свердлувальний верстат з розмірами стола не менш 450x500 мм.

Наступним етапом механічної обробки деталі є шліфування зовнішніх поверхонь. Для забезпечення точності й продуктивності операції доцільно передбачити дві операції, які виконуються на круглошліфувальних напівавтоматах. Наприклад, моделі 3М153.

Остаточним етапом механічної обробки є полірування зовнішніх поверхонь і радіусів. Застосовується універсальний круглошліфувальний верстат моделі 3М150.

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

Пропонований маршрут наведений у таблиці 2.2

Таблиця 2.2

№ оп.	Найменування операції	Стислий зміст операції	Модель верстата
05	Токарно-	Токарна обробка деталі з лівого торця	1Е340П
10	Токарна з ЧПК	Попередня токарна обробка деталі з правого торця, свердлування, зенкерування комбінованого отвору, нарезування	1В340Ф30
15	Токарна з ЧПК	Чистове точіння в центрах з перевстановленням деталі	16Б16Т1
20	Свердлувальна	Свердлування отвору $\varnothing 3$ мм	2Н135

25	ХТО	Цементация зовнішніх поверхонь, загартування до твердості 59-62 НРС	-
30	Круглошліфувальна	Шліфування зовнішніх поверхонь та радіусів	3М151
35	Круглошліфувальна	Шліфування зовнішніх поверхонь та радіусів	3М151
40	Полірувальна	Полірування зовнішніх радіусів та поверхні деталі	3У10С
45	Контрольна	Комплексний контроль деталі.	Стіл БТК

2.4 Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів механічної обробки

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

Припуски на всі поверхні призначаємо статистичним (табличним) методом. У цьому випадку загальний припуск приймається рівним припуску, призначеному на заготівку, а припуск на обробку, наступну після чорнової, по таблицям, які наведені в довідковій літературі літературе [12]. Методику розрахунку проиллюструємо для зовнішньої поверхні діаметром 22f9 мм.

Загальний припуск на діаметр дорівнює 9,3 мм (різниця між мінімальним розміром проката і номінальним розміром поверхні), допуск на розмір заготівки 1,1 мм [2]. На чистове точіння рекомендується припуск 1,0 мм на діаметр, на шліфування - 0,4 мм.

Припуск на чорнове точіння визначається як різниця між загальним припуском на механічну обробку й сумою операційних припусків.

$$Z_{\text{ЧОРН}} = Z_{\text{ЗАГ}} - Z_{\text{ЧИСТ}} - Z_{\text{ШЛФ}} = 9,3 - 1 - 0,4 - 7,9 \text{ (мм)} \quad (2.4)$$

Розрахунковий розмір для останнього переходу (шліфування) приймається рівним мінімальному розміру за креслеником (21,928 мм). Для наступного переходу він визначається шляхом додавання призначеного припуску (22,328 мм). Аналогічні обчислення виконуються для всіх переходів МОП. Отримані значення приймають у якості мінімального 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:

$$\text{для чорного точіння} \quad Z_{\text{чор. min}} = 31,30 - 23,33 = 7,97 \text{ (мм)}$$

$$Z_{\text{чор. max}} = 32,40 - 23,66 = 8,74 \text{ (мм)}$$

$$\text{для чистового точіння} \quad Z_{\text{чист. min}} = 23,33 - 22,33 = 1,00 \text{ (мм)}$$

$$Z_{\text{чист. max}} = 23,66 - 22,46 = 1,20 \text{ (мм)}$$

$$\text{для шліфування} \quad Z_{\text{шліф. min}} = 22,330 - 21,928 = 0,402 \text{ (мм)}$$

$$Z_{\text{шліф. max}} = 22,460 - 21,980 = 0,480 \text{ (мм)}$$

Правильність розрахунку перевіряється за формулою:

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

В даному випадку: $10420 - 9372 = 1100 - 52$ или $1048 = 1048$

Підсумкові дані й розрахунок міжопераційних розмірів і граничних припусків на механічну обробку торців, зв'язаних розміром 150 мм представлені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.3

Метод обробки поверхні	Припуск, мм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск, мкм	Размір, мм		Припуск, мм	
				d _{min}	d _{max}	Z _{min}	Z _{max}
Зовнішня циліндрична діаметром 22 f9 ($-0,020$ мм $-0,072$)							
Заготівка		31,228	1100	31,3	32,4		
Точіння чорнове	7,9	23,328	330	23,33	23,66	7,97	8,74
Точіння чистове	1,0	22,328	130	22,33	22,46	1,00	1,20
Шліфування	0,4	21,928	52	21,928	21,980	0,402	0,480

Підсумкові дані й розрахунок міжопераційних розмірів і граничних припусків на інші поверхні деталі представлені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4

Метод обробки поверхні	Припуск, мм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск, мкм	Размір, мм		Припуск, мм	
				d _{min}	d _{max}	Z _{min}	Z _{max}
Зовнішня циліндрична діаметром 28 f9 ($-0,020$ мм $-0,072$)							
Заготівка		31,328	1100	31,3	32,4		
Точіння чорнове	2,0	29,328	330	29,33	29,66	1,97	2,74
Точіння чистове	1,0	28,328	130	28,33	28,46	1,00	1,20
Шліфування	0,4	27,928	52	27,928	27,980	0,402	0,480
Внутрішня циліндрична 16 $^{+0,43}_1$ мм							
Свердлування		8,43	580	7,85	8,43		
Зенкерування	8,0	16,43	430	16,00	16,43	8,00	8,15
Торцеві, зв'язані розміром 150 $^{+0,25}_1$ мм							
Заготівка		153,15	1600	153,2	154,8		
Точіння лівого торця	1,7	151,45	630	151,45	152,08	1,75	2,72
Точіння правого торця	1,7	149,75	250	149,75	150,00	1,70	2,08

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 технологічному й метрологічному оснащенні, трудовитратах. Вихідними даними, що визначають послідовність операцій і їхнє призначення, є технологічний маршрут, наведений у таблиці 2.2. Призначення режимів різання, вимог до точності розмірів здійснюємо на підставі результатів розрахунку міжопераційних припусків і розмірів, які наведені в таблиці 2.3, 2.4..

Виготовлення деталі «Золотник» передбачає 5 технологічних операцій механічної обробки. Розрахунок режимів різання та технічної норми часу виконаємо для шліфувальної операції №35. Технологічне оснащення інших операцій наведено в таблиці 2.6

Операція 35, Шліфувальна

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата
------	------	---------	---------	------

Операція виконується на круглошліфувальному напівавтоматі моделі 3Б153. Деталь базується в центрах. Передній і задній центри 7032-0000 Морзе 3 ГОСТ 13214-79 Здійснюється шліфування циліндричної поверхні діаметром 28 ф9 методом врізного шліфування. Абразивним інструментом є круг ПП 400х40х203 23А 40 С2 К8 ГОСТ 2424-83. Для контролю розміру використовується гранична калібр-скоба 8113-0259 ф9 ГОСТ 16775-93. Як мастильно-охолодна рідина застосовується 2-5% емульсія НГЛ 205.

Стисла характеристика верстата:

- | | |
|---|---------------|
| 1. Найбільші розміри встановлюваного виробу, мм | діаметр 400 |
| | довжина 500 |
| 2. Найбільші розміри шліфування, мм | діаметр 8-120 |
| | довжина 450 |
| 3. Висота центрів, мм | 80 |
| 4. Найбільше поздовжнє переміщення стола, мм | 550 |
| 5. Конус отвору бабки виробу ГОСТ 2847-67 | М3 |
| 6. Конус отвору задньої бабки ГОСТ 2847-67 | М3 |
| 7. Розмір шліфувального круга, мм | 400х50х203 |
| 8. Межі чисел обертів виробу у хв (б/с). | 80-800 |
| 9. Величина періодичної подачі на діаметр, мм | 0,005-0,05 |
| 10. Ціна ділення лімба подачі на діаметр, мм | 0,005 |
| 11. Межі швидкості врізної подачі, мм/хв | 0,05-1,5 |
| 12. Діапазон швидкостей врізної подачі, мм/хв (б/с) | 0,1-3 |

При призначенні режиму різання для круглого зовнішнього шліфування методом врізання керувалися методикою, представленою в [10].

Рекомендована швидкість деталі діаметром 28 мм при чистовому шліфуванні конструкційних сталей 23-33 м/хв. Припуск на обробку становить 0,24 мм на сторону.

Оскільки діаметр оброблюваної поверхні дорівнює 28 мм, то для забезпечення рекомендованої швидкості задається частота обертання виробу з діапазону 262 - 375 об/хв. Приймається $n=350$ об/хв (окружна швидкість деталі 31 м/хв).

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

Радіальна подача при зовнішньому циліндричному шліфуванні визначається по формулі:

$$S_t = S_{tr} \cdot K_M \cdot K_R \cdot K_D \cdot K_{V_k} \cdot K_T \cdot K_{It} \cdot K_h = 0,005 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,67 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,82 \cdot 1,08 = 0,003 \text{ мм/об}, \quad (6.6)$$

де S_{tr} - матричне значення, мм/про (0,005);

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 круга (0,67);

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

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

K_{It} - коефіцієнт, що враховує точність обробки (0,82);

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

Оскільки врізна подача задається в мм/хв, то при обертанні деталі із частотою 350 об/хв, подача повинна бути 1,05 мм/хв.

Машинний час на виконання переходу визначається по формулі:

$$T_O = \frac{h}{S_t \cdot n} = \frac{0,24}{0,003 \cdot 350} = 0,23 \text{ хв} \quad (6.7)$$

Структурні складові технічної норми часу проектованої операції й результати розрахунку штучно-калькуляційного часу на виготовлення однієї деталі наведені в таблиці 6.2.

Допоміжний час на встановлення й зняття деталі вагою до 1 кг у центрах 0,13 хв;

Конкретні значення витрат при підготовці операції на круглошліфувальному верстаті наведені в карті 45, а диференційовані в Додатку 9 аркуш 13. А саме:

- налагодження верстата й пристосування - 10 хв;
- встановити й зняти шліфувальний круг - 6 хв
- настроїти пристосування для автоматичного виміру при шліфуванні - 10 хв;
- правити шліфувальне коло по циліндричній поверхні - 1 хв;
- одержання інструмента й пристосувань до початку й здачу їх після закінчення обробки партії деталей - 7 хв;
- пробна обробка деталі - 0,5 хв.

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

Таким чином, підготовчо-заклучний час становить 34,5 хв.

Таблиця 2.5

Структурні складові норми часу		Значення, хв
T_e	Основний час	0,23
T_v	Допоміжний час на встановлення й зняття деталі (карта 6)	0,13
	Допоміжний час, пов'язаний з переходом (карта 45)	0,09
	у тому числі: включити підведення шліфувальної бабки	0,02
	шліфування в автоматичному циклі без виміру	0,07
	Допоміжний час на контрольні виміри (карта 86)	0,1
	Час, що перекривається	у тому числі: контроль калібром-скобою $\varnothing 28f9$
$T_{оп}$	Оперативний час (0,23+0,13+0,09)	0,45
$T_{пз}$	Підготовчо-заклучний час	34,5
$T_{орг}$	Час на обслуговування робочого місця, 9 % від $T_{оп}$ (карта 25)	0,04
$T_{отл}$	Час на відпочинок і особисті потреби 4% від $T_{оп}$ (карта 88)	0,02
$T_{шт}$	Штучний час на виконання операції	0,51
$T_{шк}$	Штучно-калькуляційний час	1,66

Зміст і технологічне оснащення інших операцій по виготовленню деталі «Золотник» наведено в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6

Операція 05, Токарна					
Модель верстата	Пристрій	T_o	T_v	$T_{пз}$	$T_{шк}$
		хв	хв	хв	хв
1Е340П	Патрон 7102-0077-1-1В ГОСТ 24351-80	0,84	0,47	42	1,62
Зміст та оснащення операції					
Зміст переходу		Ріжучий інструмент		Допоміжний інструмент	
1		2		3	
1. Точити торець		Різець 2140-0318 Т5К10 ГОСТ 26611-85		-	

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата
------	------	---------	---------	------

2.Точити пов. Ø29,19 мм	Різець 2102-0182 Т15К6 ГОСТ 21151-75	Різцетримач 191711006 ОСТ2 У16-2-78
-------------------------	---	---

Продовження таблиці 2.6

1	2	3
3.Свердлувати центровий отвір	Свердло 2317-0107 ГОСТ 14952-75;	Втулка 191831202 ОСТ2 У16-2-78; Патрон К2.475.000 ТУ2 035-489-76;

Характеристика переходу

Перехід	t, мм	S, мм/об	V, м/хв	n, об/хв	T _о , хв	T _д , хв
1	4,2	50	125	1250	0,33	0,02
2	1,7	200	100,5	1000	0,38	0,10
3	5	80	9,9	315	0,13	0,10

Операція 10, Токарна з ЧПК

Модель верстата	Пристрій	T _о	T _в	T _{пз}	T _{шк}
		хв	хв	хв	хв
1Е340ПФ30	Патрон 7102-0077-1-1В ГОСТ 24351-80	2,71	0,37	42	3,29

Зміст та оснащення операції

Зміст переходу	Ріжучий інструмент	Допоміжний інструмент
----------------	--------------------	-----------------------

Поперековий супорт

1. Точити торець	Різець 2140-0318 Т5К10 ГОСТ 26611-85	-
------------------	---	---

Револьверна голівка

1	2	3
2. Точити пов. Ø23,19 мм	Різець 2102-0182 ГОСТ 21151-75	Різцетримач 191711006
3. Центрувати	Свердло 2317-0107 ГОСТ 14952-75	Втулка 191831202 ОСТ2 У16-2-78 Патрон К2.475.000 ТУ2 035-489-76
4. Свердлувати отв. Ø14 мм	Свердло 2301-0046 ГОСТ 10903-77	Втулка перехідна 191831207 ОСТ2 У16-2-78 Втулка 6100-0201
5. Свердлувати отв. Ø8,4 мм	Свердло 2301-1024 ГОСТ 19547-74	Втулка перехідна 191831207 ОСТ2 У16-2-78 Втулка 191831202

6. Зенкерувати отв. Ø16 мм	Зенкер 2323-0522 ГОСТ 12489-71	Втулка перехідна 191831207 ОСТ2 У16-2-78
7. Зенкувати фаску під різьблення	Свердло 2310-0032 ГОСТ 28320 -89	Втулка перехідна 191831207 ОСТ2 У16-2-78

Продовження таблиці 2.6

1	2	3
8. Нарізати різьблення М10-7Н	Мітчик 035-2620-0510 ОСТ2 И52-1-74	Втулка перехідна 191831214 ОСТ2 У16-2-78 Патрон 191221051 ТУ2 035-681-7
9. Зенкувати конус 60°	Зенковка 2353-0124 ГОСТ 14953-80	Втулка перехідна 191831214 ОСТ2 У16-2-78

Характеристика переходу

Перехід	t, мм	S, мм/об	V, м/хв	n, об/хв	T _о , хв	T _в , хв
1	4,2	50	125	1250	0,33	0,02
2	4,6	128	93,3	700	0,61	0,05
3	5	80	9,9	315	0,13	0,05
4	7	69	31,2	710	1,14	0,05
5	4,2	126	26,4	1000	0,52	0,05
6	1,2	58	17,8	355	1,11	0,05
7	2	102	24,5	710	0,02	0,05
8	-	1,5 мм об	8,8	280	0,05	0,15
9	2	65	22,6	400	0,05	0,05

Операція 15, Токарна з ЧПК

Модель верстата	Пристрій	T _о	T _в	T _{пз}	T _{шк}
		хв	хв	хв	хв
16Б16Т1	Патрон 7108-0023 ГОСТ 2571-71 Центр А-1-5-НП ГОСТ 8742-75 Хомутик 7107-0038 ГОСТ 2578-70	3,14	0,50	38	4,30

Зміст та оснащення операції

Зміст переходу	Ріжучий інструмент	Допоміжний інструмент
Установ А		
1. Точити пов. Ø28,46, R0,7	Різець 2100-2181 ГОСТ 26611-85	-
Установ Б		
2. Точити канавку шириною 4 мм попередньо до Ø16.5 мм	Різець К.01.4525.000 ВНИИ	-

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата
------	------	---------	---------	------

ТММ.ОППБ.20.06.ПЗ

Лист

3. Точити фасону канавку шириною 36 мм	Різець 2101-0917 ГОСТ 20872-80	-
4. Точити пов. $\varnothing 22,49$, конус 30°	Різець 2101-0917 ГОСТ 20872-80	-

Продовження таблиці 2.6

Характеристика переходів						
Перехід	t, мм	S, мм/об	V, м/хв	n, об/хв	T _о , хв	T _д , хв
1	0,6	54	129,7	1400	0,70	0,05
2	4	42	140	1400	0,10	0,05
3	1,2	69	135,6	1800	1,74	0,05
4	0,35	119	168,8	2240	0,57	0,05

Операція 20, Свердлувальна

Модель верстата	Пристрій	T _о	T _в	T _{пз}	T _{шк}
		хв	хв	хв	хв
2Н125	Пристрій спеціальний	0,06	0,53	18,5	1,25

Зміст та оснащення операції

Зміст переходу	Ріжучий інструмент	Допоміжний інструмент
Свердлувати отв. $\varnothing 3$ мм	Свердло 2300-0015 ГОСТ 886-77	Патрон К2.475.000-01 ТУ2 035-489-76

Характеристика переходу

Перехід	t, мм	S, мм/об	V, м/хв	n, об/хв	T _о , хв	T _д , хв
1	1,5	0,1	18,8	2000	0,06	0,24

Операція 30, Круглошліфувальна

Модель верстата	Пристрій	T _о	T _в	T _{пз}	T _{шк}
		хв	хв	хв	хв
ЗМ151	Центр 7032-0031 ГОСТ 13214-70 Полуцентр 7032 ГОСТ 2576-79 Хомутик 7107-0065 ГОСТ 16488-70	1,78	0,50	35	2,64

Зміст та оснащення операції

Зміст переходу	Ріжучий інструмент	Допоміжний інструмент
Шліфувати пов. $\varnothing 22 f_9$ мм	Круг ПП 600x20x305 24А 40 СМ2 5К ГОСТ 2424-83	-

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата
------	------	---------	---------	------

Характеристика переходу						
Перехід	t, мм	S, мм/об	V, м/хв	n, об/хв	T _о , хв	T _д , хв
1	0,24	0,002	40	450	1,78	0,02

Продовження таблиці 2.6

Операція 35, Круглошліфувальна					
Модель верстата	Пристрій	T _о	T _в	T _{пз}	T _{шк}
		хв	хв	хв	хв
3М151	Центр 7032-0031 ГОСТ 13214-70 Полуцентр 7032 ГОСТ 2576-79 Хомутик 7107-0064 ГОСТ	0,5	0,5	30	1,23

Зміст та оснащення операції

Зміст переходу	Ріжучий інструмент	Допоміжний інструмент
Шліфувати пов. Ø28 f9 мм	Круг ПП 600x40x305 24А 40 СМ2 5К ГОСТ 2424-83	-

Характеристика переходу

Перехід	t, мм	S, мм/об	V, м/хв	n, об/хв	T _о , хв	T _д , хв
1	0,24	0,003	31,0	350	0,23	0,02

Операція 40, Полірувальна

Модель верстата	Пристрій	T _о	T _в	T _{пз}	T _{шк}
		хв	хв	хв	хв
3У10С	Центр 7032-0031 ГОСТ 13214-70 Центр 7032-0031 ГОСТ 13214-70 Хомутик 7107-0064 ГОСТ 16488-70 Хомутик 7107-0065 ГОСТ 16488-70	1,24	0,3	15	1,72

Зміст та оснащення операції

Зміст переходу	Ріжучий інструмент	Допоміжний інструмент
Установ А		
1. Полірувати зовнішню поверхню діаметром 22f9 мм та радіус	Круг ПП 250x2076 ТС-7 ГОСТ 6418-81 Паста СТ СЭВ 206 АСМ 3/2 ПОМ	-
Установ Б		
1. Полірувати зовнішню поверхню діаметром 28f9 та радіус	-	-

Характеристика переходу

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата
------	------	---------	---------	------

ТММ.ОППБ.20.06.ПЗ

Лист

$$\Delta\phi = \frac{2Hh = h^2}{a} \quad (3.1)$$

де H – зміщення вісі центру передньої бабки відносно вісі шпинделя шліфувального круга;

h - відносне зміщення центрів передньої та задньої бабок на довжині обробки;

a – відстань між вісями деталі і шліфувального круга, яка визначається по формулі:

$$a = \sqrt{(R_k + r_k)^2 - H} \quad (3.2)$$

де R_k – радіус шліфувального круга;

r_k – радіус деталі в відповідному перетині.

Крім точності верстата, на утворення відхилень форми оброблюваної поверхні істотно впливають теплові й силові деформації вузлів верстата й деталі.

Робота верстата супроводжується значним виділенням теплоти, що зростає в міру збільшення навантаження. Менша частина теплоти розсіюється в навколишнє середовище, а більша сприймається верстатом. Нерівномірне нагрівання деталей і вузлів верстата викликає їхню деформацію, зміну розмірів окремих деталей і взаємного розташування робочих поверхонь верстата.

Великий вплив на зсув шпинделя шліфувального круга при врізному шліфуванні щодо лінії центрів і утворення похибки розміру й форми робить теплотворення в шліфувальній бабці. Джерело утворення теплоти - підшипники шпинделя й масляний резервуар для їхнього змащення. Вісь шпинделя шліфувального круга при цьому займає кутове положення. Кутовий зсув по нормами точності становить 0,004 радіан.

Сили різання також впливають на утворення похибки розміру й форми. Під їхньою дією вузли верстата й деталь пружно деформуються через мінливу жорсткість вузлів. Зміна сил різання при обробці відбувається внаслідок зміни перетину зрізу, затуплення шліфувального кола, зміни припуску на обробку,

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата
------	------	---------	---------	------

механічних властивостей оброблюваного матеріалу й режимів різання. Одні із цих причин приводять до виникнення змінних систематичних похибок форми, інші - випадкових похибок форми оброблюваної поверхні.

У результаті дослідження жорсткості круглошліфувальних верстатів встановлено, що близько 70% сумарного пружного переміщення приходить на частку вузла шліфувальної бабки, інше - на частку передньої й задньої бабок. При цьому основне переміщення (60%) доводиться на переміщення осі шпинделя. Жорсткість передньої й задньої бабок визначається переміщенням центрів від деформацій у місцях контакту зі шпинделем і пінолі з корпусом.

Переміщення вісі шпинделя шліфувального круга під час обертання відбувається в результаті дії сил різання й зазорів. Величина переміщення залежить від маси шпинделя разом зі шліфувальним кругом і зазору в підшипниках. Ці фактори викликають утворення похибок форми поверхонь деталей при їхній обробці.

Похибка форми поздовжнього профілю оброблюваної поверхні в результаті зазорів у шпиндельному вузлі й пінолі задньої бабки й з урахуванням зсуву вершини рухомого центру можна визначити по формулі:

$$\Delta_a = 2L \left[\Delta_w \frac{P \cos \alpha}{M(G - P \sin \alpha)} - H \left(\frac{\Delta_z}{e - (2T_c - T_e)} - \frac{\Delta_z}{e} \right) \right] \quad (3.3)$$

де L – довжина оброблюваної поверхні

P – сумарна сила різання;

M – відстань между підшипниками шпинделя;

G – жорсткість вузла;

e – виліт переднього центру;

α - кут конусності, який визначається по формулі

$$\alpha = \gamma = \frac{2\delta_x}{M} \cdot \frac{y}{L} \quad (3.4)$$

де δ_x – радіальний зсув вісі шпинделя в передньому підшипникові;

у - зсув заднього центру в результаті коливання довжини заготовки;

Пружні деформації вузлів верстата також впливають на утворення похибок форми поздовжнього профілю оброблюваної поверхні деталі. У результаті дії сил різання відбувається не тільки зсув у вузлах верстата через зазори, але й пружні переміщення шпинделя, а також переднього й заднього центрів верстата. Співвідношення пружних переміщень елементів верстата, а саме переднього й заднього центрів, а також поворот ріжучої кромки шліфувального круга характеризують величину похибки форми поверхні в поздовжньому перетині. Пружні переміщення центрів визначаються по формулі:

Для заднього центру (3.5)

$$\delta_z = \frac{P(L-x)^2 \cdot a}{L^2 \cdot 3E \cdot I_z};$$

Для переднього центру (3.6)

$$\delta_n = \frac{P \cdot x^2 \cdot b}{L^2 \cdot 3E \cdot I_n};$$

де x - відстань до місця прикладення навантаження;

a - виліт заднього центру;

b - виліт переднього центру;

E - модуль поздовжньої пружності матеріалу;

У результаті різного сполучення зсувів центрів і повороту ріжучої кромки шліфувального круга можливі різні варіанти співвідношення кутів φ і γ , які визначають похибку поздовжнього профілю, тобто утворення прямої (позитивної) або зворотної (негативної) конусності. При рівності φ і γ похибка профілю відсутня. У першому випадку похибку форми Δ_φ – зворотною конусністю можна виразити наступною залежністю:

$$\Delta_\varphi = 2L \cdot \left(\frac{\delta_w}{c} - \frac{\delta_z - \delta_n}{L} \right) \quad (3.7)$$

При прямій конусності, коли u більша γ :

$$\Delta\phi = 2L \cdot \left(\frac{\delta_z - \delta_n}{L} - \frac{\delta_w}{d} \right), \quad (3.8)$$

де δ_w , δ_n , δ_z – переміщення вісі шпинделя в контрольованому перетині, заднього і переднього центрів верстата відповідно.

Конусність оброблюваної поверхні деталі, до утворення якої приводять зазори у вузлах верстата, коливання вильоту пінолі із центром і пружні переміщення, можна представити у вигляді:

$$\Delta\phi_{\varepsilon} = \left\{ \left[\Delta_a \cdot \frac{P \cos \alpha}{M(G - P \sin \alpha)} - H \cdot \left(\frac{\Delta_a}{d - (2\delta_a - \delta_s)} - \frac{\Delta}{d^3} \right) \right] + \right. \\ \left. + L \cdot \left[\frac{P_c^2}{2EI_a} - \left(\frac{P(L-x)^2 \cdot a}{L \cdot 3EI_a} - \frac{P \cdot x^2 \cdot d}{L \cdot EI_a} \right) \right] \right\} \quad (3.9)$$

Величина й напрямок конусності на деталі залежить від співвідношення пружних і зазарних переміщень елементів верстата. Дія пружних переміщень центрів верстата й зазарне переміщення від коливання вильоту пінолі задньої бабки із центром приводять до відхилення вісі обертання деталі на кут γ і переміщенню осі шпинделя (у результаті зазорів і інших деформацій), викликає поворот ріжучої поверхні шліфувального круга на кут ϕ .

При ϕ більше γ конусність позитивна, і в цьому випадку діаметр обробленої деталі у лівого торця (нерухливого центра) більше, ніж у правого. Процес врізного шліфування закінчується з малими по величині тридцятискладовими силами різання P_y і P_z , тому на зміну похибки форми поздовжнього профілю буде впливати зміна сил різання наприкінці циклу обробки. Припускаючи цю зміну в межах 10-15Н - розрахункова величина похибки (конусність) становить 2,4 мкм на довжині обробки 50 мм при неспіввісності центрів і зазорів у межах допуску. Така величина похибки форми значно менше реального значення. Отже, незначна зміна зазору, сил і допуску на довжину деталі й глибину її центрових отворів утворить істотну величину похибки форми поздовжнього профілю.

Таким чином, відхилення поздовжньої форми оброблюваних поверхонь методом врізання пояснюється спільною дією величин: зазорами в пінолі

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ξ - кут між сумарною силою різання і горизонталлю

Радиальний зсув пінолі задньої бабки в результаті наявності зазорів в підшипниках і дії сил різання можна знайти как:

$$\Delta_n = \frac{1}{2} \cdot \Delta_{п.б.} \cdot \frac{P \cdot \cos \xi}{G_{п.б.} - P \cdot \sin \xi} + \Delta''_d \quad (3.11)$$

де $\Delta_{п.б.}$ – зазор в підшипнику шпинделя

Δ''_d - пружний зсув вісі шпинделя в заданому перетині.

Таким чином, наявність зазорів у підшипниках шпинделя шліфувального круга й корпусі задньої бабки, приводить до зміни відстані між вісями обертання деталі й шпинделі шліфувального круга. З огляду на, що сили різання не залишаються постійними навіть у період одного оберту деталі (нерівномірність припуску, неоднорідність твердості й т.п.), можна знайти зміну міжцентрової відстані (ΔA), що характеризує змінність радіуса-вектора деталі яка визначає точність форми оброблюваної поверхні в поперековому перерізі:

$$\Delta A = \left[\Delta_{з.б.} \cdot \sin \left(\frac{\pi}{2} - \arctg \frac{G_{з.б.} \cdot \cos \xi}{P} - f \right) + \Delta'_d \right] + \left(\frac{1}{2} \cdot \Delta_{п.б.} \cdot \frac{P \cdot \cos \xi}{G_{ш.п.} - P \cdot \sin \xi} + \Delta''_d \right) \quad (3.12)$$

Три основних джерела утворення похибки форми, такі як зазори, відхилення розташування пінолі й центрів верстата, похибки технологічних баз, походять від верстата, на якому провадиться обробка, і від деталі. Для підвищення точності обробки поверхонь у поздовжньому й поперековому перерізах необхідне виключення зазорів у пінолі й шпинделі верстата, здійснити вивірку положення елементів верстата для стабілізації осі обертання деталі в просторі, зменшення вихідних первинних похибок оброблюваних деталей і вибір контрольованого перетину.

Розглянувши основні фактори, що викликають відхилення форми, можна сказати, що конусність поверхні значною мірою визначається спільною дією коливання вильоту рухомого центру, неспіввісністю центрів верстата, зазорів у пінолі задньої бабки й шпинделі шліфувального круга, і нестабільністю сил різання.

У цей час досліджують всі величини від яких можуть залежати відхилення форми циліндричних поверхонь деталей при круглому шліфуванні. Аналіз методик виконаних робіт показав, що всі вони базуються на принципі незалежності дії величин, що впливають. Відповідно до цього принципу, при дослідженні дії однієї величини всі інші покладаються рівними нулю. У реальних умовах величини, що впливають, проявляються одночасно, тому необхідно розглядати їхню спільну дію на визначення похибки розміру й форми оброблюваних поверхонь.

Для виключення впливу зазорів у шпиндельному вузлі шліфувального круга й у корпусі задньої бабки верстата, розроблений пристрій, що дозволяє стабілізувати положення пінолі в шпинделі верстата. Схема його роботи представлена на рисунку 3.1.

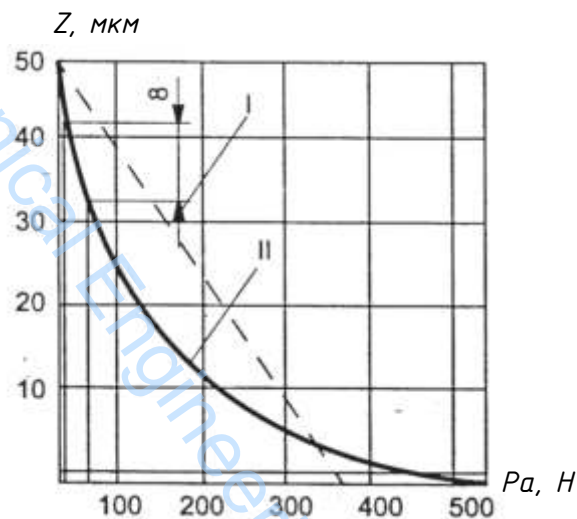
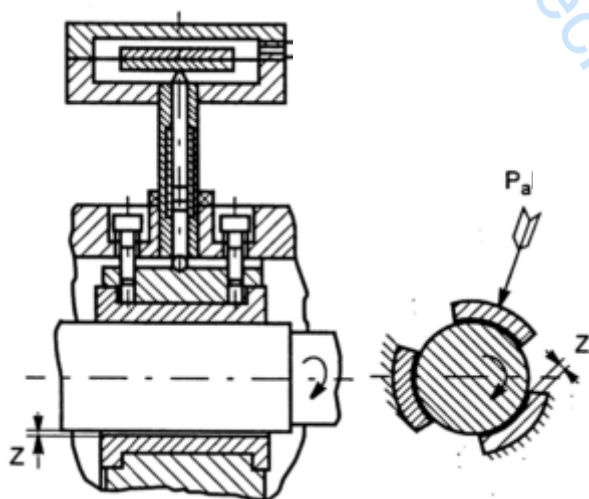


Рисунок 3.1 – Механізма піджиму шпинделя Рисунок 3.2 – Графік зсуву шпинделя

При застосуванні даного пристрою зусиллям притиску шпиндель шліфувального круга встановлюється в положення, у якому коливання сил

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

різання не викликає зсуву шпинделя в радіальному напрямку. Аналогічний пристрій підтискає піноль задньої бабки верстата. Зусилля піджиму вибираються такими, щоб вузли верстата зберігали працездатність. Повне вибрання зазору відбувається при навантаженні 400Н, при цьому обертання шліфувального круга зупиняється навіть при розігріві верстата.

Зазори в підшипниках шліфувального круга повинні мати певну величину, що вимірюють по зсуві кінця шпинделя при певному навантаженні й при розігріві верстата до 40°C. Зсув кінця шпинделя по нормах точності верстатів визначається в статичному режимі. Наприклад, для круглошліфувального верстата моделі 3A151 при навантаженні 50Н зсув повинен бути не більше 0,009 мм. Однак встановлено, що зсув кінця шпинделя під час його обертання не відповідає зсуву в статичному стані. При додатку навантаження від шпинделя, що не обертається, його зсув пропорційно прикладеному навантаженню, то при обертанні ця залежність порушується. Зсув шпинделя, що не обертається, при зміні навантаження в межах 0-10 Н становить 2 мкм, а для обертового - 9 мкм.

Це свідчить про більшу піддатливість кінця шпинделя при його обертанні. Слід зазначити, що зсув відбувається тільки з кінця шпинделя з боку шліфувального круга. З боку шківів на шпинделі цей зсув не спостерігається тому, що натягом ремня обрані зазори в підшипнику убик електродвигуна.

Із застосуванням механізму піджиму можна плавно регулювати зусилля. Так, настроївши зусилля піджиму на 200-250Н, можна стабілізувати осі шпинделя, коли коливання сил різання не впливає на зсув. Аналогічно підбирається зусилля піджиму пінолі задньої бабки.

Для перевірки ефективності пропонованого методу виконана контрольна обробка двох партій деталей. Результати експерименту показали, що зміна конусності для партії деталей оброблених з корекцією вузлів верстата склало 3-4 мкм. Обробка партії деталей на цьому ж верстаті без корекції показала зміну конусності в 11 мкм. На рисунках 3.3 і 3.4 наведені графіки розсіювання розмірів діаметрів оброблених поверхонь для двох партій.

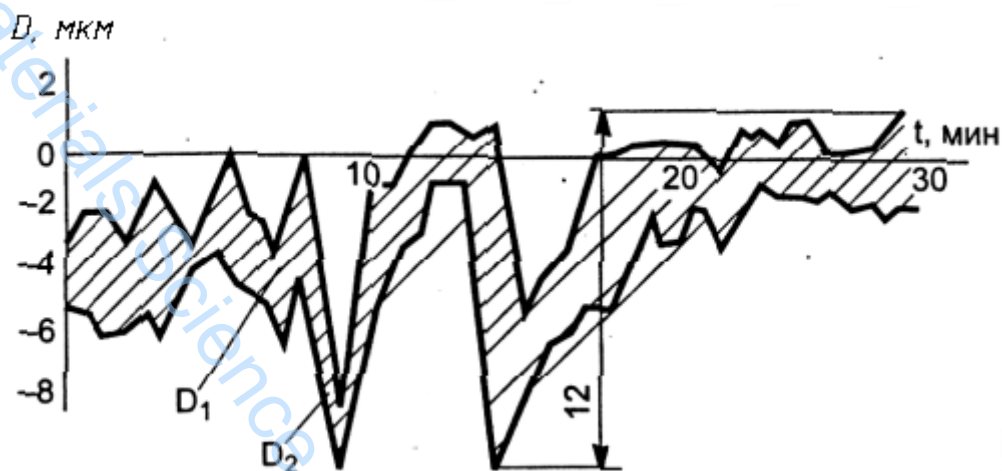


Рисунок 3.3 - Графік розсіювання розмірів поверхонь при обробці без корекції

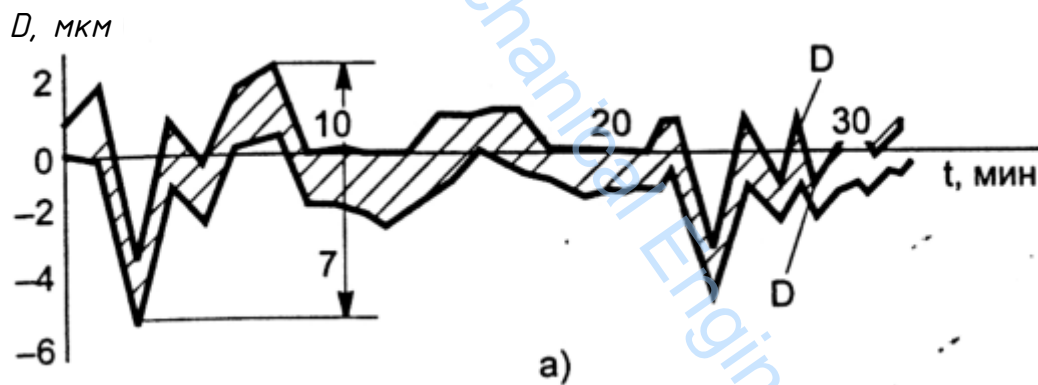


Рисунок 3.4 - Графік розсіювання розмірів поверхонь при обробці з корекцією

Без піджиму вузлів розсіювання розмірів склало 12 мкм (Рис. 3.3), а з піджимом - 7 мкм (Рис. 2.4). Таким чином, експериментальна перевірка

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

підтвердила, що одним з основних джерел утворення похибки форми оброблюваних поверхонь є зазори в рухливих з'єднаннях вузлів верстата. Виключення впливу зазорів методом піджиму зменшує похибку форми поверхні, дозволяючи отримувати поверхні з високою геометричною точністю й підвищити продуктивність обробки.

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

Висновки

Запропонований проект технологічного процесу дозволяє максимально ефективно здійснити підготовку серійного виробництва деталі «Золотник» з річною програмою випуску 750 штук.

Конструктивні особливості деталі не дозволили використати заготівлю максимально приближену до готової деталі. Тому низький коефіцієнт використання матеріалу (0,27) цілком передбачуваний. За іншими показниками технологічності конструкції оцінюється як гарна.

Для виконання річної програми запуски будуть здійснюватися раз на два тижні, а партія деталей буде оброблена максимально за чотири години якщо враховувати 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, але знадобиться два верстати якщо їх не переналагоджувати. Оскільки це останні операції переналагодження можна здійснювати після обробки партії деталей.

В спеціальному розділі наведені результати експериментальної перевірки основних джерел утворення похибки форми оброблюваних поверхонь, засоби зменшення зазорів в рухливих з'єднаннях вузлів верстата. Виключення впливу зазорів методом піджиму зменшує похибку форми поверхні, дозволяючи отримувати поверхні з високою геометричною точністю й підвищити продуктивність обробки


Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

Список посилань

1. Горбачевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. -Минск.: Высшая школа, 1983.
2. ГОСТ 2590-88 Прокат стальной горячекатанный круглый. Сортамент
3. Кащук 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. Космачев И.Г, Дугин В.Н., Немцев Б.А Отделочные операции в машиностроении. – Л.: Машиностроение, 1985. 248 с.
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.

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

Додаток А

		Позначення	Найменування	Кіл. аркуш	Примітки
1					
2			<u>Документація</u>		
3					
4	A4	TMM.ОПБ.20.06. ПЗ	Пояснювальна записка		
5	A4	02070743.01140.00008	Комплект техдокументації	31	
6			Презентаційні матеріали		
7					
8			<u>Графічні матеріали</u>		
9					
10					
11	A1	TMM.ОПБ20.06.01.ТК	Золотник	1	
12	A2	TMM.ОПБ20.06.02.ГМ	Налагодження технологічне оп.05	2	
13	A1	TMM.ОПБ20.06.03.ГМ	Налагодження технологічне оп.15	1	
14	A1	TMM.ОПБ20.06.04.ГМ	Налагодження технол. оп.20,35	1	
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
TMM.ОПБ20.06.ВМ					
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	
Розроб.	Короп'янка				
Керівник	Пацера				
Н.контр.					
Затв.	Проць				
Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи					Літ Аркуш Аркушіє 1
					НТУ «ДП» 131-17зск1

ДОДАТОК В

ВІДГУК

керівника кваліфікаційної роботи

Кваліфікаційна робота Коноплянки Олега Романовича виконана на актуальну тему «Проект технологічного процесу виготовлення деталі «Золотник» 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 Коноплянкою О.Р. 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 «Золотник», 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) 83 бали за технологічний розділ, в якому виконано проект технології обробки деталі «Золотник», і де здобувач показав предметні компетентності ФК4 – Здатність здійснювати оптимальний вибір технологічного обладнання, комплектацію технологічної системи.
- 3) 87 балів заслуговує спеціальний розділ, в якому проведено аналіз одного з методів підвищення точності обробки циліндричних поверхонь в центрах круглошліфувальних верстатів, і де показана компетентність ФК3 – Здатність проводити технологічну і технікоекономічну оцінку ефективності використання технічних засобів.

На 85 балів оцінені рівень самостійності виконання, якість оформлення, комплексність роботи.

Основними недоліками кваліфікаційної роботи, за які знижена 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 оцінюю кваліфікаційну роботу на 85 балів (добре).

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

С.Т. Пацера

						Лист
ТММ.ОПНБ.20.06.00.ПЗ						
Пам.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

