

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет інженерії транспорту та архітектури  
Кафедра технології машинобудування

ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ

Технологія виготовлення деталі «Шків полікліновий 24.361.060» з  
використанням верстатів з ЧПК

Назва теми


Рівень вищої освіти перший (бакалавр)

Галузь знань 13 механічна інженерія  
Шифр / назва галузі знань


Спеціальність 131 прикладна механіка  
Шифр / назва спеціальності


Освітня програма «технології машинобудування»  
Назва

Шифр ДП.ПМ.ФІТА.24.09.ПЗ

Виконав студент 3 курсу група ПМТе-21-2  Костянтин ЗАВЕРУХА  
Шифр Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник канд. техн. наук,  Сава КОСТЮК  
Науковий ступінь, звання Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер канд. техн. наук, доцент  Сергій БИСЬ  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:  
Завідувач кафедри технології машинобудування  Віталій ТКАЧУК  
Назва Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Дата 24 06 2024

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії транспорту та архітектури

Кафедра технології машинобудування

Рівень вищої освіти перший (бакалавр)

Галузь знань 13 механічна інженерія

Шифр і назва


Спеціальність 131 прикладна механіка

Шифр і назва

Освітня програма «технології машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТМ

 Віталій ТКАЧУК

1.05 2024

**ЗАВДАННЯ  
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ**

Заверухі Костянтин Миколайовичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема дипломної роботи: Технологія виготовлення деталі «Шків полікліновий 24.361.060» з використанням верстатів ЧПК

керівник роботи Костюк Сава Андрійович, к.т.н

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учене звання

Затверджено наказом ректора університету від 15 лютого 2024 р. № 8

2 Строк подання студентом роботи на кафедру 10 червня 2023

3 Вихідні дані до проєкту (роботи) кресленик деталі «Шків полікліновий 24.361.060» технічні та експлуатаційні вимоги, обсяг випуску 1 тис. шт

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ

1. Загальний розділ
2. Технологічний розділ
3. Конструкторський розділ
4. Охорона праці

5 Перелік графічного матеріалу: кресленик деталі (1 лист А2); кресленик заготовки (1 лист А2); Графотехнологія (1 лист А1); кресленик верстатного пристрою (1 лист А1); кресленик контрольного пристрою (1 лист А1);



РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ КАФЕДРИ технології машинобудування

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатами звіту/звітів подібності щодо роботи, продуктованими програмно-технічним засобом (ами) перевірки текстів на плагіат:

Назва кваліфікаційної роботи дипломний проєкт бакалавра

Автор Завєрха Кат

Освітня програма ІНТРИКЛАДКА МЕХАНІКА

Спеціальність: технології машинобудування

Науковий керівник: Костюк С.А

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних, якщо потрібно). Робота приймається до захисту.	+
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи (далі – зазначаються детальні та аргументовані підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована.	—
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота може бути допущена до захисту після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	—
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	—
5	Інше:	

Підтвердження:

Підписав в кваліфікаційній роботі на Висвітлено роботу приймається до захисту

Дата

Завідувач кафедри

Г/М  
Підпис

Трошук В.П.  
Ім'я, прізвище

Гарант освітньої програми

М  
Підпис

Милко В.В.  
Ім'я, прізвище

Керівник кваліфікаційної роботи

С  
Підпис

САВА Костюк  
Ім'я, прізвище

Завідувачу кафедри

Галущак Віталій Павлович

здобувача вищої освіти (студента  
ШБ, факультет, «курс», «група»)

Звернуcci К. М. №-7, Читальня-трап-  
сторія та фотостудія, 3 поверх ПМТ.-21

### ЗАЯВА

З правилами чинного Положення про систему забезпечення академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті, згідно з яким виявлення академічного плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту і застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на академічний плагіат оповіщений (а) та надаю свою згоду на обробку й збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та/або Anti-Plagiarism) і використання роботи для виявлення академічного плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота надається для перевірки в електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

28.06.2024

дата



підпис

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Заверуха Костянтин Миколайович на захист дипломного проекту (роботи)  
(прізвище, ім'я, по батькові)  
за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Технологія виготовлення деталі "Шків полікліновий 24.361.060" з використанням верстатів з ЧПК

Дипломний проєкт (робота), рецензія і довідка про перевірку на плагіат додаються.

Декан факультету

(підпис)

**ВІКТОР  
ОЛЕКСАНДРЕНКО**  
(ім'я, прізвище)

ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Заверуха К. М. за період навчання на факультеті інженерії, транспорту та архітектури з 2021 по 2024 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за національною шкалою: відмінно 33,33 %, добре 17,95 %, задовільно 48,72 %, шкалою ЄКТС: А 23,21 %, В 0,00 %, С 14,29 %, D 30,36 %, E 32,14 %.

Методист факультету

(підпис)

(ім'я, прізвище)

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ)  
ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент Заверуха К М виконав кваліфікаційну  
роботу згідно до завдання в повному обсязі.  
В процесі підготовки роботи проявив старанність та  
високий рівень інженерної підготовки, що відповідає  
кваліфікації „Бюкаляр” зУ спеціальності „ВІ Прикладна  
механіка.

Оцінка дипломного проекту (роботи)

добре

Керівник дипломного проєкту

(підпис)

С. Костик  
(ім'я, прізвище)

28 вересня 2024 р.

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

Дипломний проєкт (роботу) розглянуто. Студент Заверуха К. М. допускається до захисту цього проєкту (роботи) в екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри

Технології машинобудування  
(назва)

2024 р.

(підпис, ім'я, прізвище)

**РЕЦЕНЗІЯ**

на дипломний проект студента Костянтина Заверухи

Тема проекту: Технологія виготовлення деталі «Шків полікліновий  
24.361.060» з використанням верстатів з ЧПК

Тема дипломного проекту та його зміст відповідають обраній спеціальності. Дипломний проект містить необхідні розділи згідно завдання.

У дипломному проекті студент проаналізував конструкцію обраної деталі, її технологічність та визначив тип виробництва.

Розроблений технологічний маршрут виготовлення деталі з використанням сучасного устаткування з ЧПК не суперечить річній програмі випуску. Проведено розрахунок припусків на обробку поверхонь табличним способом, а також вибір засобів технологічного оснащення. Всі прийняті рішення технологічного розділу підкріплені відповідними розрахунками та не викликають сумнівів.

В конструкторському розділі розроблено верстатний та контрольно-вимірвальний пристрій.

Графічна частина виконана у відповідності до вимог ЕСКД та ДСТУ, розділи розрахунково-пояснювальної записки оформлені з виконанням основних вимог, що висуваються до відповідних документів.

В роботі зустрічаються деякі огріхи, що в цілому не знижують рівень роботи. Вищесказане свідчить про достатній рівень здобувача, який може претендувати на присудження кваліфікації «бакалавр» зі спеціальності 131 Прикладна механіка.

Вагомих недоліків у дипломній роботі не виявлено.

Дипломна робота, виконана згідно завдання, в повному обсязі на достатньому технічному рівні й заслуговує оцінки «добре».

Рецензент: К.Т.Н., проф. ТАМ Багач Олег

«26» «червня» 2024 р.

## Анотація

Тема проекту: Технологія виготовлення деталі «Шків полі клиновий 24.361.060» з використанням верстатів ЧПК

Автор: К.М. Заверуха. Керівник проекту: С.А Костюк

Об'єм пояснювальної записки.....стор. Графічна частина.....листів А1.

В першому розділі було проведено аналіз умов роботи деталі «шків полі клиновий» та вибрано тип виробництва, а також проведено аналіз на технологічність.

В другому розділі обговорено способи отримання заготовки і розраховано її собівартість, призначено припуски, верстатне обладнання, розраховано режими різання та норми часу.

В третьому розділі представлено верстатний і контрольно-вимірювальний пристрої. Проведено необхідні розрахунки пристроїв.

В четвертому розділі розглянуто рекомендації , які допоможуть зменшити рівень небезпеки на виробництві, як для обслуговуючого персоналу так і для навколишнього середовища.

## ЗМІСТ

## ВСТУП

7

## 1 ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ

8

1.1. Огляд, мета та задачі дипломного проектування

8

1.2 Аналіз об'єкту проектування. Призначення виробу та його конструкція

9

1.3. Аналіз технологічності конструкції деталі

13

1.3.1. Кількісна оцінка технологічності конструкції деталі

13

1.4 Визначення типу та організаційної форми виробництва

15

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

17

2.1. Аналіз існуючого технологічного процесу

17

2.2. Вибір заготовки

18

2.2.1 Техніко-економічний розрахунок технологічної собівартості заготовки з  
прокату

2.2.1.1 Заготовка (відливка в кокіль)

20

2.3. Вибір технологічних баз

22

2.4 Вибір варіанта технологічного маршруту

24

2.4.1 Вибір методів обробки окремих поверхонь деталі

24

2.4.2 Маршрут технологічного процесу

24

2.5. Розроблення технологічних операцій

26

2.6. Вибір верстатів та пристосувань

26

2.6.1 Технологічне спорядження

26

2.7. Розрахунок припуску на обробку торців у розмір  $60h12_{(-0,15)}$  мм  
аналітичним методом

28

2.8. Розрахунок та вибір режимів різання для технологічної операції

31

2.9. Верстатне забезпечення технологічних операцій

34

2.9.1 Визначення режимів різання в Coro Plus Tool Guide

37

2.10. Нормування операцій технологічного процесу механічної обробки  
деталі «Шків полікліновий»

38

2.10.1. Розрахунок норм часу на операцію 010 – Токарно-гвинторізна	39
<b>3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ</b>	<b>41</b>
3.1 Розробка верстатного пристрою для операції 020 свердлування трьох отворів Ø8мм	41
3.1.1. Розрахунок пристрою на точність	42
3.1.2. Розрахунок сили затиску	43
3.1.3 Розрахунок елементів пристрою на міцність	45
3.2 Проектування контрольно-вимірювального пристрою	46
3.3 Розрахунок пристрою на точність	47
<b>4 ОХОРОНА ПРАЦІ</b>	<b>48</b>
4.1 Рекомендації до зменшення забруднення робочого простору	48
4.2 Вимоги ергономіки до організації робочого місця оператора ЧПК	49
<b>ВИСНОВКИ</b>	<b>51</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ</b>	<b>52</b>

## ВСТУП

Розвиток вітчизняної галузі машинобудування в значній мірі визначає показники рівня промисловості й розвитку народного господарства.

Сучасне машинобудування характеризується високою гнучкістю виробництва та відносно малим часом на підготовку завдяки використанню наскрізних технологій підготовки виробництва з використанням ЕОМ та прикладних програм.

Верстатний парк постійно оновлюється, вводяться більш точніші, оснащені системою ЧПК.

Головним завданням технології машинобудування є дослідження та розроблення технологічних процесів для виготовлення продукції, яка б відповідала сучасним вимогам.

Застосування прогресивних технологій з використання верстатів з ЧПК сприяє підвищенню точності та повторюваності виробів й дозволяє провести їх Уніфікацію. Це забезпечує кінцевого споживача якісною продукцією. Такий підхід можливий лише за умови підвищення рівня технологічності підприємств, працівників та автоматизації виробничих процесів.

Метою дипломної роботи є розроблення технологічного процесу виготовлення деталі «Шків полі клиновий» та поліпшення його конструкції.

Удосконалення конструкцій можливе за рахунок використання результатів досліджень отриманих як в ході натурних експериментів так і комп'ютерного моделювання з використання сучасних прикладних програм.

# 1 ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ

## 1.1 Огляд, мета та задачі дипломного проектування

Головними завданнями «Технології машинобудування» є вивчення закономірностей протікання технологічних процесів та виявлення параметрів, що впливають на підвищення, якості при мінімальних витратах.

Технологічний процес виготовлення деталі характеризується не лише поліпшенням конструкції виробу, а й безперервним вдосконаленням технології їх виробництва. В даний час дуже важливо якісно, в задані строки з мінімальними витратами виготовити виріб, застосовуючи сучасне високопродуктивне технологічне обладнання, інструмент, оснащення, засоби автоматизації. В залежності від прийнятої технології виробництва буде визначатись рівень таких показників як довговічність, надійність, економічність продукції.

Таким чином удосконалення технології виготовлення деталі «шків поліклиновий» є актуальним завданням.

Деталь «Шків поліклиновий» входить до складу системи приводу насосу водяного охолодження двигуна внутрішнього згорання, кондиціонера, гідро підсилювача керма автомобілів. (рис. 1.1).

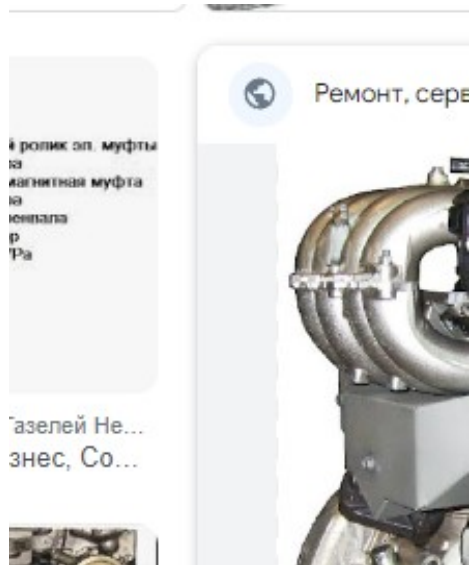


Рис. 1.1 – Загальний вигляд та місце деталі у складі двигуна

Тема дипломного проекту – Удосконалення технології виготовлення деталі «Шків полі клиновий» з оптимізацією його конструкції.

В дипломному проекті ставиться задача вдосконалити технології виготовлення деталі «Шків поліклиновий 24.361.060» із застосуванням сучасного металорізального обладнання; розробити маршрутний процес для відпрацювання технологічних переходів; спроектувати операції обробки із застосуванням сучасних верстатів з ЧПК; запропонувати конструкторсько-технологічні рішення з удосконалення конструкції.

Вихідні дані для проектування :

- робоче креслення деталі «Шків поліклиновий 24.361.060»;
- технічні умови на виготовлення деталей;
- програма випуску деталей (річна) – 1000 шт.;
- фонд робочого часу робітників – 1860 год.;
- річний фонд часу технологічного обладнання – 4015 год.

## 1.2 Аналіз об'єкту проектування. Призначення виробу та його конструкція

В класифікації типових деталей машинобудування поширеними є деталі типу тіл обертання з гладкою (пальці, ролики, вали і т . д), фасонною твірною

поверхнею (шків, ролики, блоки, котушки). До цих деталей ставляться вимоги до точності, якості та відносно розташування їх робочих поверхонь.

Поверхневий шар робочих поверхонь піддається операціям фінішної механічної обробки та зміцненню. Високі вимоги висувають до геометрії профілю та точності робочих поверхонь, концентричності, радіального та осьового биття.

Аналіз конструкції й вимог до виготовлення деталі «Шків полікліновий» (рис. 1.2) показує, що в залежності від модифікації та марки автомобіля, модифікації поліклінового паса (кількість, форма та розмір канавок профілю) деталь може мати певну кількість конфігурацій й конструктивних виконань (діаметри базових та робочих поверхонь кут розхилу та радіус канавки профілю, кількість канавок, матеріал), що впливає на вибір технологічного забезпечення процесу виготовлення.

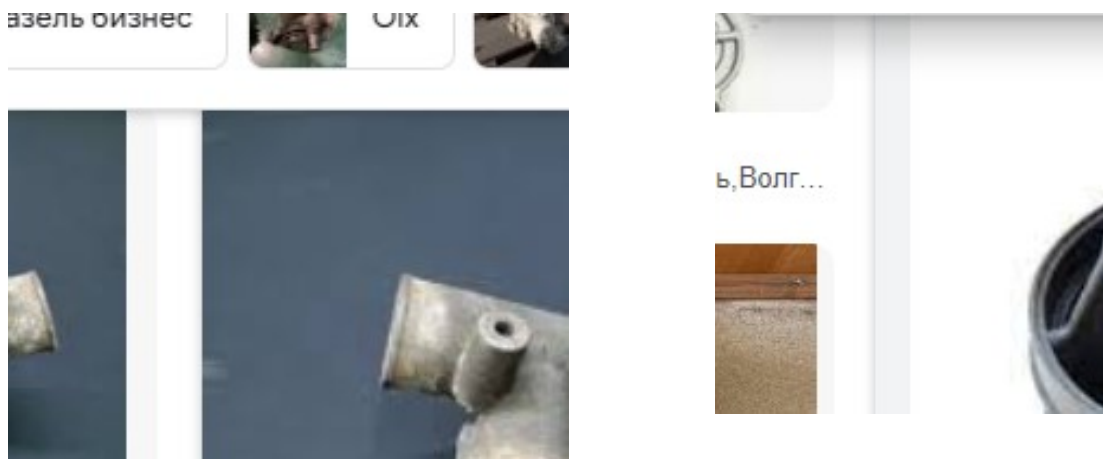


Рис. 1.2 – Загальний вигляд деталі

За формою, конструкцією та технологічною складністю виготовлення деталь «Шків полікліновий» відноситься до класу деталей «шків» з фасонним профілем та чистовими поверхнями (бази).

Матеріалами деталі можуть бути композиційні полімерні матеріали з антифрикційними властивостями, сплави алюмінію та конструкційні сталі.



-	186-274	1.4-1.5	1,5		70 - 85
---	---------	---------	-----	--	---------

Вид поставки: Сплав ливарний ДСТУ 1583: 2015.

В промисловості сплав АК9М2 використовують для виготовлення литвом як в кокіль так і під тиском відповідальних деталей машин. Виготовляють зі сплаву АК9М2 поршні, корпуса, кронштейни та інші відповідальні деталі.

Ескіз деталі «Шків полікліновий» з зазначеними поверхнями, які будуть піддаватись механічній обробці приведено на рис. 1.4.

Деталь «Шків» – описується зовнішніми циліндричними, фасонними робочими поверхнями, внутрішнім центральним отвором та трьома отворами обмеженими торцевими поверхнями. Такі деталі використовуються як виконавчі органи в автомобілебудуванні знаходяться під дією крутного моменту.

Базування деталі здійснюється по внутрішньому діаметру центрального отвору та поверхні торця. Радіальне биття поверхонь не повинно перевищувати 0,03 мм.

Кут профілю канавок 60 градусів. Радіуси канавок робочої поверхні 0,4 мм всі інші прийняти не менше 1,5 мм. Технологічні характеристики поверхонь деталі (рис.1.4) зведені в табл. 1.3.

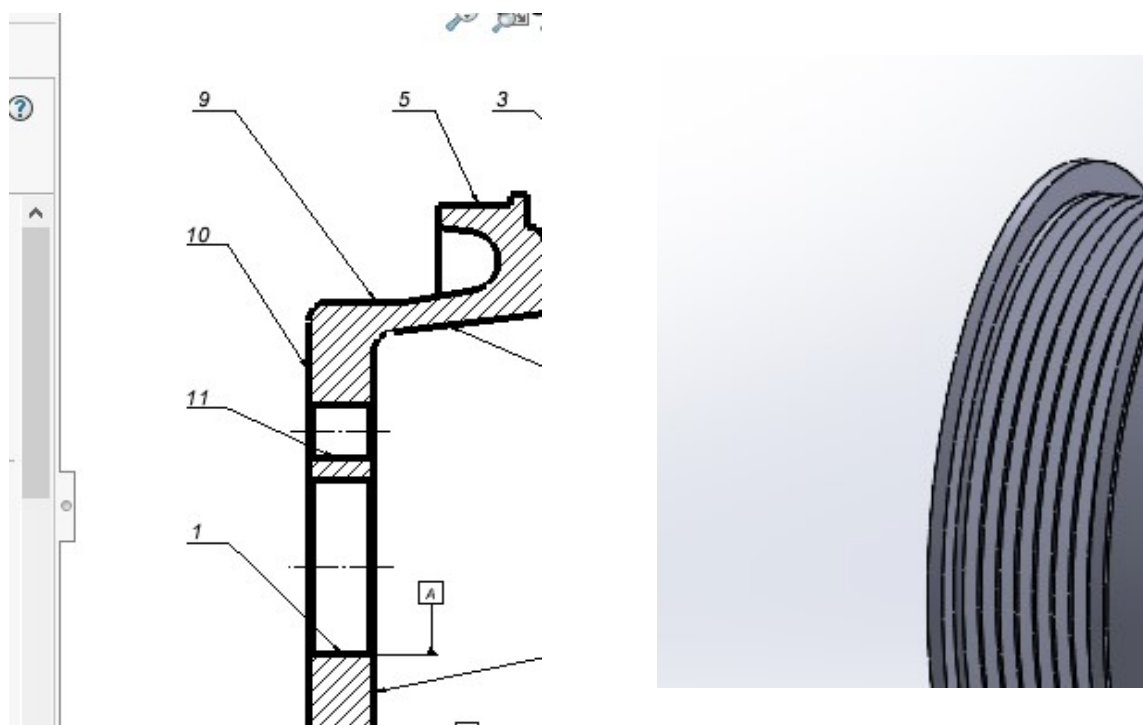


Рис. 1.4 – Ескіз деталі з поверхнями, що обробляються

Таблиця 1.3

Технологічні характеристики окремих поверхонь деталі

№ п/п	Назва поверхні	Номінальний розмір, мм	Точність (квалтет), IT	Шорсткість, Ra, мкм	Інші технічні умови
1	Цент. отв.	Ø27	H7	1,6	База А
2,8,10	Торці	Ø85	h11	6,3	
3	Проф. поверхня	Кут 60	h8	1,25	полірувати
4	буртіки	Ø115	h8	0,32	полірувати
5,9	Циліндр. поверхні	Ø112; Ø82	h9	6,3	
6,7	Конічні поверхні	Ø95, Ø72	H9	6,3	
11	Отвори	Ø8	H11	6,3	

### 1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі

Деталь «Шків поліклиновий» встановлюється на вал насоса водяного охолодження автомобіля і з допомогою поліклинового паса забезпечує передачу крутного моменту від колінчастого вала двигуна.

Деталь належить до деталей типу «шківни». Конфігурація та габаритні розміри забезпечують достатньо жорстку конструкцію деталі (рис. 1.4).

Матеріал деталі сплав алюмінію відносно недорогий та має замітники.

Деталь має не технологічні елементи канавки R0,4 для виготовлення яких застосовують фасонний різець, що потребує додаткового налагодження і на встановлення якого буде витратитись додатковий час. Проте використання верстатів з ЧПК спростить обробку даного елемента деталі. По формі деталь не складна і відкрита для механічної обробки, але має поверхні до яких висувають вимоги щодо точності (6-9 квалтет), шорсткості ( $Ra=0,8-1,6$ ), допуску форми та взаємного розташування (0,4-0,7мм). Перелічені чинники знижують технологічність деталі так як вимагають використання спеціального технологічного оснащення.

Контроль поверхонь проводять як стандартним інструментом так і за допомогою спеціальних калібрів.

### 1.3.1 Кількісна оцінка технологічності конструкції деталі

Кількісно оцінку технологічності конструкції деталі визначають за допомогою наступних показників, що визначаються за формулами:

– КВМ (коефіцієнт використання матеріалу):

$$K_m = \frac{M_d}{M_z},$$

де  $M_d$  – маса деталі,  $M_d = 0,42$  кг;  $M_z = 0,7$  кг – маса заготовки:

$$K_m = 0,42/0,7 = 0,6$$

Оскільки КВМ=0,6, то деталь і заготовку можна вважати технологічними.

– коефіцієнт, що характеризує точність обробки:

$$K_{mч} = 1 - \frac{1}{T_{cp}},$$

де  $T_{cp}$  – середній коефіцієнт точності обробки деталі,

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_{i_3}},$$

де  $T_i$  – квалітет точності обробки  $i$ -ї поверхні деталі;  $n_i$  – число поверхонь з однаковою точністю.

$$T_{cp} = \frac{14 \times 2 + 12 \times 11 + 10 \times 3 + 8 \times 2 + 6 \times 2}{20} = 9,5;$$

$$K_{mч} = 1 - \frac{1}{9,5} = 0,895$$

– коефіцієнт, що характеризує шорсткість обробки:

$$K_u = \frac{1}{Ш_{cp}},$$

де  $Ш_{cp}$  – середня шорсткість поверхонь деталі

$$Ш_{cp} = \frac{\sum R_{ai} \cdot n_i}{\sum n_{i_3}},$$

де  $R_{ai}$  – шорсткість  $i$  - ї обробленої поверхні деталі, мкм;

$n_i$  – число поверхонь з однаковим параметром шорсткості.

$$Ш_{cp} = \frac{0,8 \times 4 + 0,4 \times 3 + 3,2 \times 13}{20} = 2,42$$

$$K_{ш} = \frac{1}{2,42} = 0,408$$

Аналіз показників технологічності конструкції деталі «Шків» вказує на те, що деталь є технологічною.

#### 1.4 Визначення типу та організаційної форми виробництва

В дипломному проекті запропонований технологічний маршрут процесу механічної обробки орієнтований на середньо-серійне виробництво.

Форма типу виробництва визначає рівень технологічного забезпечення .

На даному етапі перебування машинобудування в Україні, переважно дрібносерійне та серійне виробництво є найбільш поширеним типом.

Організація праці при дрібносерійному виробництві характеризується закріпленням декількох операцій за кожним робочим місцем.

Технологічне оснащення при дрібносерійному виробництві в основному універсальне.

На початку розроблення маршрутного технологічного процесу визначають тип виробництва за масою деталі й програмою випуску (табл. 1.4).

Таблиця 1.4

Залежність типу виробництва від програми випуску й маси деталі

Маса деталі, кг	Тип виробництва				
	Одиничне	Дрібносерійне	Середньосерійне	Крупносерійне	Масове
<1,0	<10	10-2000	1500-100000	75000-200000	200000

1,0-2,5	<10	10-1000	1000-50000	50000-100000	100000
2,5-5,0	<10	10-500	500-35000	35000-75000	75000
5,0-10	<10	10-300	300-25000	25000-50000	50000
>10	<10	10-200	200-10000	10000-25000	25000

Враховуючи, що програма випуску  $N = 1000$  шт, а маса деталі  $m = 0,42$  кг – тип виробництва дрібносерійний.

Для дрібносерійного типу виробництва приймаємо перемінно-поточну форму, що характеризується запуском виробів у виробництво партіями.

Кількість деталей у партії розраховуємо за формулою:

$$N_n = \frac{N \cdot t}{\Phi},$$

де  $N$  – річна програма випуску,  $N = 1000$  шт;  $t$  – термін (кількість днів) на який необхідно забезпечити запас деталей, приймаємо  $t = 12$ ;  $\Phi$  – число робочих днів

в році,  $\Phi = 254$ , тоді  $N_n = 1000 \cdot \frac{12}{254} = 47,2$  шт., приймаємо  $N_n = 48$  шт.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1. Аналіз існуючого технологічного процесу

Базовий (типовий) технологічний маршрут механічної обробки деталі «Шків» подано в табл. 2.1.

Обробка заготовки передбачає підготовку установчих поверхонь та обробку максимальної кількості поверхонь з одного установа. Так як передбачається заготовку отримувати литвом в кокіль, то чорною обробкою можна знехтувати.

Напів чистову та чистову обробку здійснюємо на токарно-гвинторізному верстаті з ЧПК моделі 16К20Ф3. Обробка профільної поверхні шківа (начисто), базового отвору й торця здійснюється з одного установа.

Таблиця 2.1

Технологічний процес обробки деталі «Шків Полікліновий»

№ операції	Назва технологічної операції	Модель устаткування
005	Заготівельна	Відливка в кокіль
010	Токарно-гвинторізна	1А616

015	Токарно-гвинторізна з ЧПК	16К20Ф3
020	Свердлувальна з ЧПК	
025	Слюсарна	Зібрати на оправку
030	Токарно-гвинторізна з ЧПК	16К20Ф3
035	Слюсарна	Полірування
040	Контрольна	

Базовий технологічний процес є типовим й дозволяє отримати деталь з якісними показниками, що вказані у технічних вимогах, однак продуктивність праці є низькою.

## 2.2 Вибір заготовки

При виборі заготовки необхідно зважати та врахувати розміри й конструкцію деталі, технічні вимоги до виготовлення й експлуатації, а також серійність випуску.

Конструктивні розміри заготовки із круглого прокату вказують з врахуванням припуску під мех. обробку поверхні з найбільшим діаметром, а також припуску на обробку торцевих поверхонь. Для максимального номінального діаметра 115 мм діаметр заготовки з круглого прокату становить 120 мм, висотою 65 мм.

Для виготовлення деталі «Шків полікліновий» слід використати в якості заготовки відливку, отриману литтям в кокіль під тиском. Форма заготовки максимально близька до форми деталі. Кінцеве рішення про вибір способу виготовлення заготовки формують на базі економічних показників.

### 2.2.1 Техніко-економічний розрахунок собівартості заготовки (з прокату)

Заготовка – круглий прокат ДСТУ 7806: 2015.

Діаметр заготовки з круглого прокату визначаємо::

$$D_{заг.} = D_{дет} + 2z_0, \quad D_{заг.} = 115 + 2 \times 2,5 = 120 \text{ мм},$$

де  $z_0$  – припуск під мех.обробку зовнішнього діаметра,  $z_0 = 5$  мм.

$$\text{Висота (довжина) заготовки: } L_{заг.} = L_{дет} + 2z_0,$$

де  $z_0$  – припуск на обробку торця,  $z_0 = 2,5$  мм.

$$L_{заг.} = 60 + 2 \times 2,5 = 65 \text{ мм}$$

Заготовка (ескіз) з круглого прокату наведено на рис. 2.1.

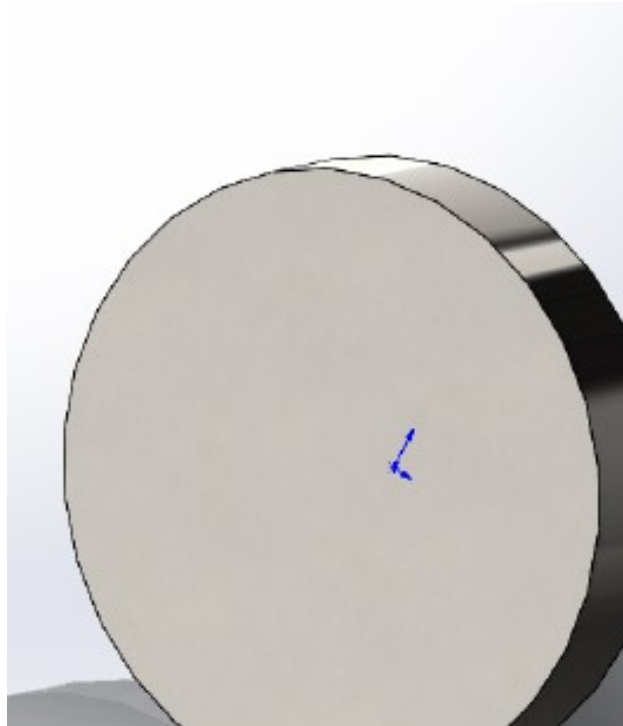


Рис. 2.1 – Ескіз заготовки (круглий прокат)

Розраховуємо вагу заготовки:  $Q = V \cdot \rho$ ,

де  $V$  – об'єм заготовки,  $V = \frac{\pi \cdot D_{заг.}^2}{4} \cdot L_{заг.}$ ;  $\rho$  – питома вага сплаву  $2720 \text{ кг/м}^3$ ;

$$Q = \frac{3.14 \cdot 0.12^2}{4} \cdot 0.065 \cdot 2,72 \cdot 10^3 = 1,65 \text{ кг}$$

– КВМ:

$$K_m = \frac{q}{Q},$$

де  $q$  – вага деталі,  $q = 0,42$  кг;  $Q$  – вага заготовки,  $Q = 1,65$  кг

$$K_M = \frac{0,42}{1,62} = 0,254$$

Отже собівартість заготовки з прокату:

$$S_{заг} = M + \sum C_{o.з.},$$

де  $M$  – витрати на матеріал заготовки, грн;  $\sum C_{o.з.}$  – технологічна собівартість отримання штучної заготовки (порізка), грн.

Витрати на матеріал заготовки:

$$M = Q \cdot S - (Q - q) \frac{S_{омх}}{1000},$$

де  $Q$  – маса заготовки, кг;  $Q = 1,65$  кг;  $S$  – ціна 1 т сплаву,  $S = 120000$  грн.;  $q$  – маса деталі, кг;  $q = 0,42$  кг;  $S_{омх}$  – вартість 1 т відходів;  $S_{омх} = 9000$  грн/т.

$$M = 1,65 \cdot 120 - (1,65 - 0,42)9 = 187 \text{ грн}$$

Собівартість технологічна заготівельних операцій:

$$C_{o.з.} = \frac{C_{н.з.} \cdot T_{шт-к}}{60},$$

де  $C_{н.з.}$  – затрати робочому місці, що охоплюють: порізку заготовки – 400 грн./год.[3].

$T_{шт-к}$  – штучно-калькуляційний час на відрізання заготовки,

$$T_{шт-к} = D / S_{хв}, \text{ хв.},$$

де  $D$  – діаметр заготовки,  $D = 120$  мм,  $S_{хв}$  – хвилинна подача  $S_{хв} = 26$  мм/хв.

$$T_{шт-к} = \frac{120}{26} = 4,6 \text{ хв}$$

$$C_{н.з.} = 400 \text{ грн./год.}, \text{ тоді } C_{o.з.} = \frac{400}{60} \cdot 4,6 = 30,7 \text{ грн.}$$

Вартість заготовки з прокату:

$$S_{заг} = 187 + 10 = 197 \text{ грн.}$$

### 2.2.1.1. Заготовка (відливка в кокіль)

Діаметр заготовки з урахуванням припусків та напусків: Приймаємо:

$$D_{заг.} = D_{дет} + 2z_0, \quad D_{заг.} = 115 + 2 \times 1,25 = 117,5 \text{ мм},$$

де  $z_0$  – припуск на механічну обробку по макс діаметру,  $z_0 = 1,5$  мм.

Висота:  $L_{заг.} = L_{дет} + 2z_0$ , де  $z_0$  – припуск на механічну обробку торців,  $z_0 = 1$  мм по контуру. Отвори  $\varnothing 8$  мм обробляються механічно.

Ливарні ухили 1 градус, радіуси 2 мм.

Ескізи заготовки отриманої литтям в кокіль наведено, рис. 2.2.

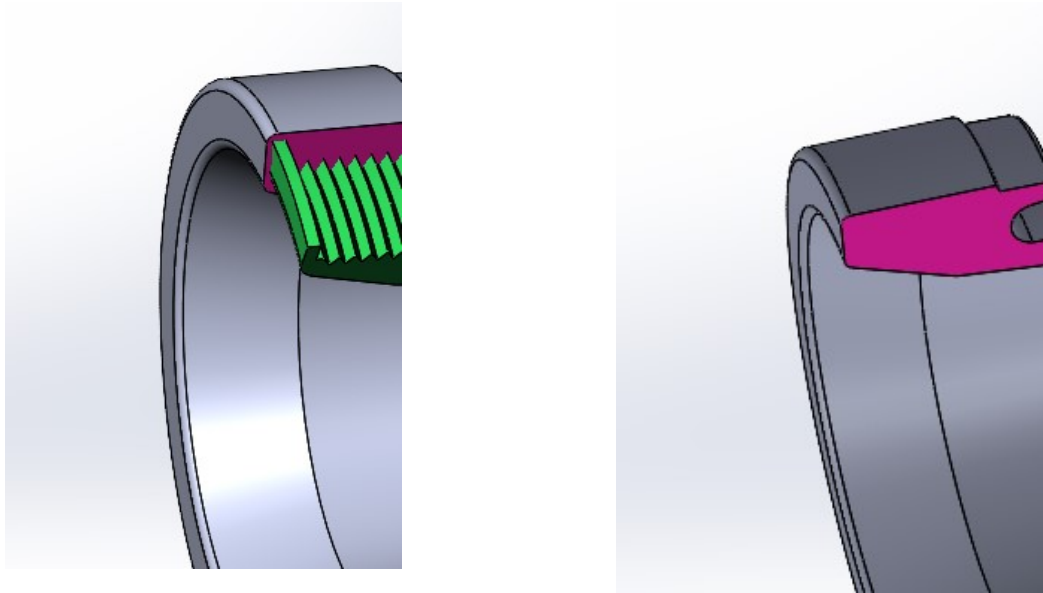


Рис. 2.2 – 3Д моделі заготовки (відливка в кокіль)

Знаходимо вагу заготовки:  $Q = V \cdot \rho$ ,

де  $V$  – об'єм заготовки,  $V = \frac{\pi \cdot D_{заг.}^2}{4} \cdot L_{заг.}$ ;  $\rho$  – питома вага сплаву  $2720 \text{ кг/м}^3$

Маса заготовки  $0,7$  кг.

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_M = \frac{q}{Q},$$

де  $q$  – вага деталі,  $q = 0,42$  кг;  $Q = 0,7$  кг

$$K_M = \frac{0,42}{0,7} = 0,6$$

Собівартість заготовки визначаємо за формулою:

$$S_{заг.} = M + \sum C_{o.z.},$$

де  $M$  – витрати на матеріал заготовки, грн.;

Тоді:

$$M = Q \cdot S - (Q - q) \frac{S_{омх}}{1000},$$

де  $Q$  – маса заготовки, кг;  $Q = 0,7$  кг;  $S$  - ціна 1 т відливки,  $S = 130000$  грн.; маса деталі –  $q = 0,42$  кг;  $S_{омх}$  – вартість 1 т стружки;  $S_{омх} = 9000$  грн/т.

$$M = 0,7 \cdot 130 - (0,7 - 0,42)9 = 88 \text{ грн}$$

Отже собівартість відливки складає 88 грн, а з прокату 197 грн.

Так як вартість відливки складає 88 грн, що на 109 грн дешевше порівняно з заготовки отриманої з прокату. Приймаємо спосіб отримання заготовки – литво.

### 2.3 Вибір технологічних баз

Вибір й призначення баз для механічної обробки деталі «Шків поліклиновий» починається з аналізу кресленика деталі та технічних вимог, виду й класу точності заготовки, а також умови експлуатації.

Принципи призначення технологічних баз:

класу точності заготовки, а також умови експлуатації.

Принципи призначення технологічних баз:

– принцип суміщення баз, передбачається, що за приймаються конструкторські, тобто ті що визначають виробі;

– принцип сталості баз, тобто при механічній обробі

– вибрані бази повинні забезпечувати можливість наді  
при виготовлені та ремонті деталей, а також на стадії контро  
Призначаючи технологічні бази для механічної об  
керуємось рекомендаціями з базування деталей класу «ва  
що наведені в [1], оскільки деталь формується з поверхон  
Призначаємо бази для першої (чорнової) операції. Не  
коректність взаємного розташування оброблених по  
необроблених та здійснити підготовку технологічних

Схема базування заготовки наведена на рис. 2.3.

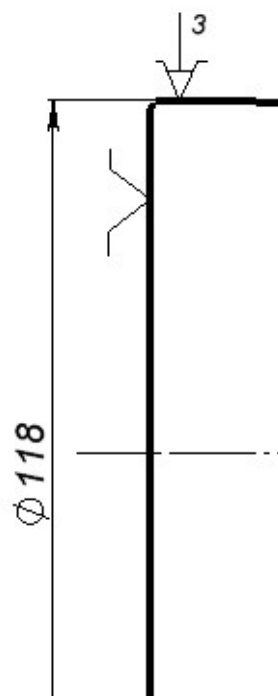


Рис. 2.4 – Схема базування заготовки на початковій операції

Бази для чистових операцій призначаються виходячи  
необхідної точності кінцевих розмірів, а також взаєм  
поверхонь.

Найбільш точними поверхнями деталі є внут  
поверхня  $\varnothing 27H7$ , а також зовнішні циліндричні фасоні пов

При оброблені даних поверхонь заготовка базується

Обробку 3-х отворів  $\varnothing 8$  проводять виконують за допомогою верстатного  
пристрою на свердлувальному верстаті з ЧПК.

## 2.4 Вибір варіанта технологічного маршруту

### 2.4.1 Вибір методів обробки окремих поверхонь деталі

Розробка техпроцесу мехобробки будь якої деталі починається з  
створення маршруту технологічних операцій.

Оскільки заготовка отримана литтям в кокіль під тиском, то її поверхні  
мають низьку шорсткість та незначні відхилення від розмірів та форми деталі.

На стадії чорнової обробки отримують поверхні по 11-14 квалітету  
точності з параметрами шорсткості  $Ra_{12,5} - Ra_{6,3}$  мкм.

При чистовій обробці досягають 7-9 квалітети точності з параметрами  
шорсткості  $Ra_{3,2} - Ra_{1,6}$  мкм.

При чистовій обробці досягають 7–9 квалітети точ шорсткості  $Ra_{3,2} - Ra_{1,6}$  мкм.

Обробку поверхонь можна виконувати використовувати методи за один або кілька переходів виходячи з умов за

#### 2.4.2 Маршрут технологічного процесу

Технологічний маршрут обробки розроблено на основі типового базового технологічного процесу.

технологічного процесу.

Удосконалення існуючого технологічного маршруту технологічного процесу в порядку зростання точності, то чистових.

Розробляємо технологічний процес керуючись наст [10]:

– спочатку обробляють поверхні, які будуть базове

жорсткість заготовки;

- далі обробляють поверхні, від яких залежить відносного розташування поверхонь.

На етапі чорнової обробки знімається основна маса м  
Метою чистової обробки є забезпечення заданої поверхонь деталі, а також точності їх взаємного розташува

Основним призначенням викінчувальної обробки необхідної точності та шорсткості робочих поверхонь.

Таблиця 2.3

Маршрут обробки деталі «Блок 250»

№ опер.	Назва операції	Модель верстата	Короткий зміст	Базові поверхні
1	2	3	4	5
005	Заготівельна		Відливка в кокіль	
010	Токарно-гвинторізна	1A616	Точити торець 10, поверхню 9 начисто	
015	Токарна з ЧПК	Токарний верстат з ЧПК HAAS ST-25	Встановити, вивірити, закріпити. Точити поверхні по контуру начисто.	
020	Свердлильна ЧПК	VC610 START MILL	Свердлувати три отвори 3	
025	Слюсарна		Полірувати поверхні 3, 4	
030	Контрольна		Радіальне, торцеве биття	

2.5. Розроблення технологічних операцій

При проектуванні технологічних операцій вирішується низка завдань таких як:

- уточнюється зміст операції, включаючи послідовність і зміст переходів;
- вибираються засоби технологічного оснащення та призначаються режими різання;
- визначаються налагоджувальні розміри, норми часу, точність обробки;
- підбирається склад мастильно-охолоджувальних рідин (МОР);
- розробляються операційні ескізи і схеми налаштувань.

Окрема технологічна операція проектується на основі прийнятого технологічного маршруту, схеми базування та закріплення деталі на кожній операції, відомостей про точність і шорсткість поверхонь до і після обробки, а також припусків на механічну обробку.

При уточненні змісту операції, остаточно визначається, які поверхні деталі будуть оброблятися на даній операції.

Розробляючи послідовність і зміст переходів, необхідно прагнути до скорочення часу обробки шляхом раціонального вибору засобів технологічного оснащення, оптимального числа переходів і поєднання основного і допоміжного часу.

Після чого детально розробляємо операції технологічного процесу та заносимо інформацію до операційних технологічних карт.

## 2.6 Вибір верстатів та пристосувань

### 2.6.1 Технологічне спорядження

Характеристики оброблюваних поверхонь, що формуються в процесі мехобробки обумовлюють вибір верстатів, інструментів, методів обробки, верстатного оснащення й контрольних пристроїв.

Тип та моделі верстатів призначаємо з умови забезпечення заданих технічних вимог та керуючись принципом концентрації операцій на одному верстаті та єдності баз.

Характеристики технологічного обладнання для реалізації процесу механічної обробки зведені в таблицю 2.4.

Обробка поверхонь 9, 10 здійснюється на токарно-гвинторізному верстаті 1А616. Формується базова поверхня, начисто ( $\varnothing 82H9$ ) для подальшої чистової контурної обробки на верстаті з ЧПК моделі HAAS ST-25.

Виконання 3-х отворів  $\varnothing 8$  мм здійснюється за допомогою верстатного пристрою, який встановлюється на стіл свердлувального верстату з ЧПК.

При проектуванні технологічного процесу механічної обробки заготовки необхідно вдало обрати пристрої, які дозволять здійснити виконання вибраної схеми базування з потрібною точністю. Застосування верстатних пристроїв та допоміжного обладнання й інструментів при виготовленні деталей дозволяє:

- підвищує якість і точність оброблюваних деталей;
- зменшити трудомісткість обробки за рахунок скорочення часу на встановлення й закріплення;
- розкриваються технологічні можливості обладнання. Вибір технологічного спорядження з врахуванням надійного базування та закріплення дозволяє скоротити допоміжний час.

Ріжучий інструмент призначаємо залежно від виду обробки, типу верстата, матеріалу та габаритних розмірів деталі. Ріжучий інструмент підбираємо за довідковою літературою залежно від методів оброблення деталі.

Вимірювальний інструмент вибираємо залежно від типу виробництва (у нашому випадку – дрібносерійне), метод контролю поверхонь – суцільний.

Для зменшення витрат часу під час контрольних операцій поверхонь, застосовують вимірювальні інструменти (калібри, індикатори, мікрометри). Для встановлення фактичних розмірів поверхонь деталі та налагодження верстатів використовуємо універсальні вимірювальні інструменти відповідної точності (штангенциркулі, мікрометри).

## Верстатні пристрої

Номер та назва операції	Назва пристрою	Установочні елементи	Вид затиску	Стандарт внутрішній	Код пристрою
1	2	3	4	5	6*-
005 Заготівельна					
010 Токарно-гвинторізна	Патрон трикулачковий		Механічний	– –	396180 392841
015 Токарна з ЧПК	Патрон трикулачковий		Пневматич.		
020 Свердлувальна з ЧПК	Пристрій спеціальний		Пневматич.		
025 Слюсарна	Полірувальна машина	Набір полірувальний			
030 Балансувальна					
035 Контрольна	Контрольний пристрій				

Під час виготовлення деталі «Шків поліклиновий» після виконання кожної операції проводиться контроль. Використовуються штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 ДСТУ 166-80; мікрометр МК25-1 ДСТУ 6507-90, калібри.

2.7. Розрахунок припуску на обробку торців у розмір  $60h12_{(-0,15)}$  мм аналітичним методом

Маршрут обробки поверхні:

- підрізання правого торця;
- підрізання лівого торця.

Мінімальний припуск визначаємо за формулою:

$$2Z_{\min} = 2(R_{zi-1} + h_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_{yi}),$$

де  $R_{zi-1}$ , – висота мікронерівностей, що сформувалась на попередній операції;

$\Delta_{\Sigma i-1}$  – сумарне відхилення розмірів на поверхню, що сформувались на попередній операції, мкм;

$\varepsilon_{yi}$  – похибка встановлення заготовки деталі на переході, що виконується, мкм.

Припуски розраховуються в наступній послідовності.

Знаходимо величину припуску

1. Параметри заготовки:

$$R_{z_{заг}} = 80 \text{ мкм}, h_{заг} = 100 \text{ мкм} [5], \text{ табл. 1.}$$

визначаємо за формулою:  $\Delta_{\Sigma_{заг}} = \rho_k$ ,

де  $\rho_k$  – викривлення заготовки під впливом деформації,  $\rho_k = \Delta_k \cdot L$ ,

де  $\Delta_k$  – питома кривизна заготовки,  $\Delta_k = 1,0 \text{ мкм/мм}$ ;

$L$  – максимальний розмір заготовки,  $L = 65 \text{ мм}$ ;

$$\rho_k = 1 \cdot 44 = 65 \text{ мкм}; \Delta_{\Sigma_{заг}} = \rho_k = 65 \text{ мкм}$$

Допуск розміру заготовки  $T_{заг} = 500 \text{ мкм}$ .

Точіння торця:

$$R_{z_{точ.}} = 50 \text{ мкм}; h_{точ.} = 50 \text{ мкм}$$

Величина спадкових просторових відхилень форми поверхні після виконання переходу механічної обробки  $\Delta_{\Sigma_{точ.}} = \Delta_{заг} \cdot K_y$ ,

де  $k_y$  – коефіцієнт уточнення,  $k_y = 0,06$

$$\Delta_{\Sigma 1} = 100 \cdot 0,06 = 6 \text{ мкм.}$$

Похибка встановлення заготовки в трикулачковий патрон  $\varepsilon_{yi} = 0 \text{ мкм}$ .

Допуск переходу  $T_{точ.} = 150 \text{ мкм}$ .

Величини елементів припуску заносимо в табл. 2.5.

Визначаємо мінімальний припуск на точіння торця:

$$2Z_{i \min} = 2(50 + 100 + 40 + 0) = 2 \times 190 \text{ мкм.}$$

Розрахункові розміри для всіх переходів. Для переходу, що передую останньому, визначаємо розрахунковий розмір шляхом додавання до найменшого граничного розміру розрахункового припуску.

$$L_{розр.} = 65 - 0,150 = 64,85 \text{ мм.}$$

Для переходу, що передує кінцевому, розраховуємо розмір шляхом додавання до найменшого розрахункового розміру розрахункового припуску:

$$L_{\text{розр. заг.}} = 64,85 + 0,190 = 65,04 \text{ мм}$$

Найменші граничні розміри по всім технологічним переходам, округлюючи їх шляхом збільшенням розрахункових розмірів.

$$L_{\text{нм дет.}} = 64,85 \text{ мм};$$

$$L_{\text{нм заг.}} = 65,04 \text{ мм};$$

Таблиця 2.5

Розрахунок припусків на розмір  $65_{-0,15}$  мм

Технолог. переходи обробки поверхні	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск, мкм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск	Граничні розміри, мм		Граничні припуски, мм	
	$R_{z_{i-1}}$	$h_{i-1}$	$\Delta_{\Sigma_{i-1}}$	$\varepsilon_i$				Нм.	Нб.	Нм.	Нб.
Заготовка	80	100	40	-		65,04	0,5	65,35	65,54		
Точіння	50	50	3	60	$2 \times 190$	64,85	0,15	64,85	65,04	0,31	0,69

Найбільші граничні розміри визначаємо шляхом додавання допуску до заокругленого найменшого граничного значення розміру:

$$L_{\text{нб точ.}} = L_{\text{нм дет.}} + T_{\text{дет.}} = 64,85 + 0,15 = 65 \text{ мм}$$

$$L_{\text{нб заг.}} = L_{\text{нм заг.}} + T_{\text{заг.}} = 65 + 0,69 = 65,69 \text{ мм}$$

Знаходимо значення найбільших припусків як різницю найбільших граничних розмірів попереднього та наступного переходів:

$$2Z_{\text{нб}} = L_{\text{нб заг.}} - L_{\text{нб дет.}} = 65,69 - 65 = 0,69 \text{ мм}$$

Розраховуємо найменші припуски у вигляді різниці найменших граничних розмірів попереднього та виконаного переходів:

$$2Z_{\text{нм}} = L_{\text{нм заг.}} - L_{\text{нм дет.}} = 68 - 64,85 = 0,15 \text{ мм}$$

Виконуємо перевірку:

$$T_{\text{заг.}} - T_{\text{дет.}} = 2Z_{\text{нб. заг.}} - 2Z_{\text{нм. заг.}}$$

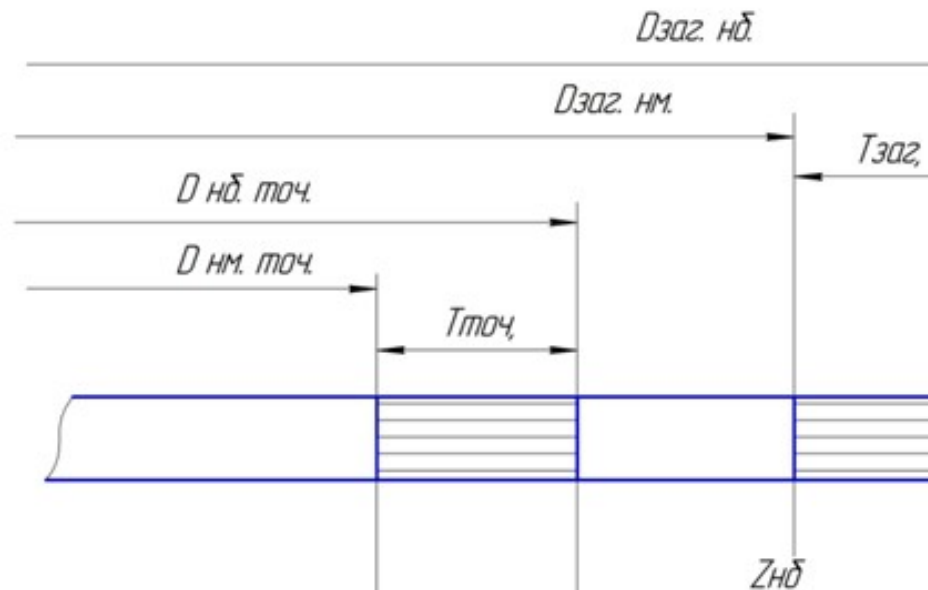
$$1,0 - 0,25 = 1,5 - 0,75, \text{ як бачимо розрахунок вірний.}$$

Загальний номінальний припуск:

$$2Z_{ном.} = 2Z_{нм} + H_3 - H_0 ,$$

де  $H_3$  – нижнє відхилення заготовки ,  $H_3 = 0,50$  мм;  $H_0$  – нижнє відхилення деталі,  $H_0 = 0,15$  мм.

На основі розрахункових даних будуємо схему розміщення припусків та полів допусків граничних розмірів при точінні торців заготовки у розмір  $65_{-0,15}$  мм. (рис. 2.6).



## 2.8 Розрахунок та вибір режимів різання для технологічної операції

В кваліфікаційній роботі пропонується провести аналітичний розрахунок режимів різання для операції 010 Токарна. Розрахунок проведено для першого переходу. Для всіх наступних переходів режими різання призначатимуться табличним методом. Визначаємо аналітичним методом режими різання для технологічного переходу – точіння торця (10), витримуючи розмір  $60_{-0,15}$  та зовнішньої циліндричної поверхні ( $\varnothing 82H9$ ).

Для даного переходу буде застосовуватись різець HCLNC 2525M0904 з механічним кріпленням 4-х граної пластини CNMG-K 09040, матеріалу пластинки – TT8125, що призначена для точіння сплавів алюмінію.

**Режими різання:**

Встановлюємо глибину різання:

$$t = \frac{D - d}{\gamma}, (\text{мм})$$

де  $D$  – діаметр оброблюваної поверхні,  $D = 83$  мм (згідно креслення заготовки);  
 $d$  – діаметр обробленої поверхні,  $d = 82$  мм (згідно креслення деталі).  
 Підставивши дані, отримуємо:

$$t = (83 - 82) / 2 = 0,5 \text{ мм}$$

Призначаємо подачу різця (мм/об):  $S_o = 0,2$  мм/об.

Приймаємо період стійкості різця [11]:  $T = 90$  хв

Розрахунок швидкість різання  $V$  проводимо за формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v, (\text{м/хв})$$

де  $C_v$ ,  $x$ ,  $y$ ,  $m$  – коефіцієнти, які характеризують оброблюваність матеріалу деталі й інструменту та величину подачі:  $C_v = 340$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,45$ ;  $m = 0,20$ .

Коефіцієнт  $K_v$  обчислюємо за формулою:

$$K_v = K_{mV} \cdot K_{uV} \cdot K_{nV}$$

де  $K_{mV}$  – коефіцієнт, що характеризує властивості матеріалу ( $K_{mV} = 1,0$ );

$K_{uV}$  – характеризує матеріал ріжучої частини інструменту ( $K_{uV} = 0,8$ );

$K_{nV}$  – характеризує стан поверхні матеріалу ( $K_{nV} = 0,8$ )

Тоді:  $K_v = 1,0 \cdot 0,8 \cdot 0,8 = 0,64$

$$V = \frac{340}{0,2 \cdot 1 \cdot 0,15 \cdot 0,45} \cdot 0,64 = 1000 \text{ м/хв}$$

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, (\text{об/хв})$$

де  $V$  – розрахункове значення швидкості різання,  $V = 128$  м/хв;  $D$  – діаметр оброблюваної поверхні,  $D = 82$  мм;

$$n = \frac{1000 \cdot 128}{3.14 \cdot 82} = 500 \text{ об/хв}$$

Розрахунок потужності необхідної щоб забезпечити виконання процесу різання:

$$N = \frac{P_Z \cdot V_\phi}{1020 \cdot 60}, 1$$

де:  $V_\phi$  – значення фактичної швидкості різання,  $V_\phi = 129,2$  м/хв

$P_Z$  – тангенціальна складова сили різання Н, її визначаємо на оснс

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V$$

де:  $C_p, x, y, n$  – константа та табличні показники, що характериз умови обробки, їх слід обрати з посібника [13]:  $C_p = 384$ ;  $x = 0,9$  –  $0,15$

$K_p$  – характеризує фактичні умови різання, її розрахунок з,

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\omega v} \cdot K_{v v} \cdot K_{\lambda 1}$$

де  $K_{mp}$  – показник, ко дозволяє враховувати вплив якості матеріалу на силові залежності ( $K_{mp} = 0,74$ ).

$$K_p = 0,74 \cdot 0,9 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,73$$

Обчислюване значення тангенціальної складової сили різання становить:

$$P_Z = 10 \cdot 384 \cdot 1,5^{0,9} \cdot 0,4^{0,9} \cdot 129,2^{-0,15} \cdot 0,73 = 833,1 \text{ Н}$$

Тоді потужність:

$$N = \frac{833,1 \cdot 82}{1020 \cdot 60} = 1,2 \text{ кВт}$$

Оскільки потужність приводу верстата складає 7,5 кВт, то обробка можлива.

Для операції 015 токарна з ЧПК – розрахунок режимів різання проводимо за допомогою он-лайн калькулятора, результати обчислення наведені на рис. 2.6.



Рис 2.6 – Результати розрахунків

Для всіх інших переходів та технологічних операцій режими різання обчислюємо аналогічно за методикою [13] та з використанням он-лайн калькулятора [22].

## 2.9 Верстатне забезпечення технологічних операцій

Однією із головних задач при проектуванні технологічних процесів є правильний підбір устаткування з врахуванням продуктивності, виду обробки та наявності системи ЧПК. Також слід враховувати ефективність від правильно призначених ріжучих інструментів.

Виходячи з вище зазначеного й враховуючи особливості конструкції деталі, для здійснення підготовки ТП для оброблення деталі «Шків полікліновий», призначаємо наступні моделі металорізальних верстатів:

010 Токарно-гвинторізна, верстат мод. 1A616;

015 Токарна з ЧПК – верстат моделі HAAS ST-25

020 Свердлильна з ЧПК – верстат моделі VC610 START MILL;

Оброблення поверхонь деталі виконується як на універсальному обладнанні так і з ЧПК. Обробка торців, центрального отвору, контурна обробка фасонної поверхні здійснюється на токарному верстаті з ЧПК. Обробка отворів Ø8 мм здійснюється на свердлувальному верстаті з використанням спеціального оснащення.

Режими різання розраховуємо за загальноприйнятою методикою [6].

Контурну обробку поверхонь виконуємо на токарному верстаті з ЧПК моделі HAAS ST-25 (рис. 2.7).

В ТП застосовуються інструменти по Sandvik Coromant.

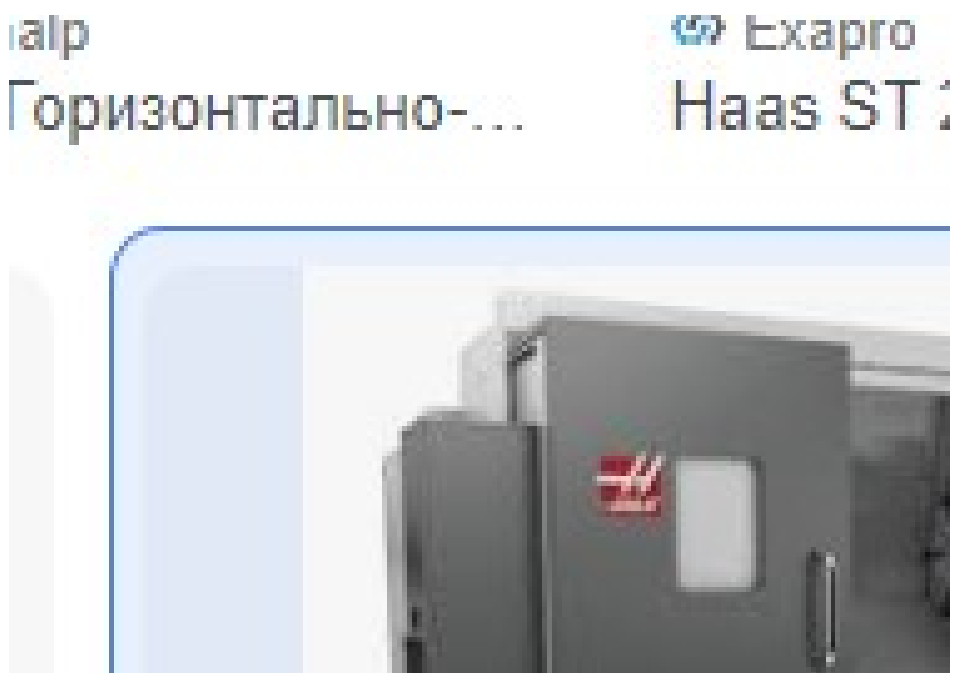


Рис. 2.8 – Токарний верстат мод. HAAS ST– 25

Технічні характеристики верстата приведені у табл. 2.6

## Технічні характеристики верстата мод. HAAS ST-25

## Технічні характеристики верстата мод. HAAS

Найменування параметра	Одиниця
Максимальний діаметр точіння над станиною	ММ
Максимальний діаметр точіння над супортом	ММ
Максимальна довжина обробки	ММ
Діаметр отвору в шпинделі	ММ
Величина робочого переміщення по осі X	ММ
Величина робочого переміщення по осі	ММ
Максимальна швидкість холостого переміщень	М / ХІ
Максимально допустиме зусилля по осі X	кН
Максимально допустиме зусилля по осі	кН
Тип інструментального револьвера	
Кількість позицій в револьвері	
Перетин державки різців	ММ
Час зміни інструменту	сек.
Точність позиціонування супорта	ММ

Параметри режимів різання розраховуємо в середовищі програмного продукту, від Sandvik Coromant – Coro Plus Tool Guide.

Матеріал деталі сплав марки АК9М2 за класифікацією Sandvik Coromant належить до групи – кольорові сплави гарної оброблюваності.

Оброблюваність матеріалу залежить від вмісту елементів (легуючих), та методу й способу виготовлення заготовки.

## 2.9.1 Визначення режимів різання в Coro Plus Tool Guide

### 1. Підрізання торців

Інструмент – різець CoroTurn-TR/SRDCN/2022K, оснащений змінною пластинкою RCMT-10T3, MP-N7

*Режими:*

Швидкість різання	Подача	Глибина різання
$v = 180$ м/хв	$s = 0,25$ мм/об	$t = 1$ мм

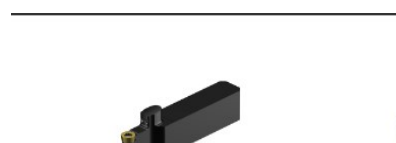


### 2. Точіння контуру

Інструмент – різець CoroTurn-TR /QS-SRDCN/202025-10XC, оснащений змінною пластинкою RCMT-10T3 MP-N7 222

*Режими:*

Швидкість різання	Подача	Глибина різання
$v = 160$ м/хв	$s = 0,385$ мм/об	$t = 1$ мм



### 3. Чистове точіння контуру

Інструмент – різець CoroTurn-TR/G4-TR-V13HBR, оснащений змінною пластинкою TR-VB308-F 1125.

*Режими:*

Швидкість різання	Подача	Глибина різання
$v = 240$ м/хв	$s = 0,18$ мм/об	$t = 0.2$ мм



### 4. Чистове точіння фасонного профілю

Інструмент – різець Coro Cut-N1230 15-25A2, оснащений змінною пластинкою N12302-0150-0002.

*Режими:*

Швидкість різання	Подача	Глибина різання
$v = 180$ м/хв	$s = 0,1$ мм/об	$t = 0.15$ мм



## 2.10. Нормування операцій технологічного процесу механічної обробки деталі «Шків полікліновий»

За умови дрібно серійного виробництва норми штучно-калькуляційного часу  $T_{шт.к.}$  розраховуються:

часу  $T_{шт.к.}$  розраховуються.

$$T_{шт.к.} = (T_{шт} + T_{п.з.}/n),$$

де  $T_{шт}$  – штучний час обробки деталі, хв.;

$$T_{шт} = T_o + T_d + T_{обс.} + T_{відп.},$$

де  $T_o$  – машинний час, хв.;  $T_d$  – допоміжний час обробки, хв.

Допоміжний час розраховується:

$$T_d = T_{ест} + T_{з.о} + T_{кер} + T_{вим},$$

де  $T_{ест}$  – час зняття та установки деталі, хв.;

$T_{з.о}$  – час розкріплення та закріплення деталі, хв.

$T_{кер}$  – час, відведений на прийоми керування верстатом, хв.

$T_{вим}$  – час контролю (вимірювання) розмірів деталі, хв.

$$n = \frac{N \cdot t}{\Phi},$$

де  $N$  – річна програма випуску деталей, шт.;  $t_3$  – число днів, що забезпечують критичний запас,  $t_3 = 12$ ;  $\Phi = 254$  число робочих днів на рік.

$$n = \frac{1000 \cdot 12}{254} = 47,4 \text{ шт.}, \text{ приймаємо } 48 \text{ шт.}$$

### 2.10.1. Розрахунок норм часу на операцію 010 – Токарно-гвинторізна

Основний час  $T_o = 1,5$  хв

Допоміжний час  $T_\delta = T_{вст} + T_{кер} + T_{вим}$ ,

Визначаємо час на установку та зняття деталі

де  $(T_{вст} + T_{з.о})$  – час на установку деталі в цангу та її затиск,  $(T_{вст} + T_{з.о}) = 0,55$  хв  
[3] с.199.

[3] с.199.

$T_{кер}$  – складається з часу на вмикання верстата - 0,01 : супорта в напрямку Z – 0,06 хв.; часу переміщення супорта хв.; часу підведення ріжучого інструменту до деталі – 0,08  
Тоді:  $T_{кер} = 0,01 + 0,06 + 0,06 + 0,08 = 0,21$  хв.

$T_{вим}$  – час на виконання вимірювання деталі – 0,20 хв.; то

$$T_\delta = (0,22 + 0,21 + 0,20) \times 1,85 = 1,092$$

Час оперативний  $T_{оп} = T_o + T_\delta$

$$T_{оп} = 1,5 + 1,092 = 2,592 \text{ хв.}$$

Час, враховуючий витрати на відпочинок та обслуговування

$$T_{об} + T_{від} = P_{об.від} \times ((T_o + T_\delta) / 100),$$

Час підготовчо-заклучний містить витрати часу на встановлення пристрою та переналаджування верстата  $T_{п.-з.} = 16$  хв.; час для отримання інструменту  $T_{п.-з.} = 2$  хв.; час, що враховує додаткові прийоми  $T_{п.-з.} = 14$  хв.

$$T_{п.-з.} = 16 + 2 + 14 = 32 \text{ хв.}$$

Витрата штучно-калькуляційного часу на операцію

$$T_{шт.-к} = 1,512 + 32/1000 = 1,515 \text{ хв.}$$

Витрати часу для інших операцій механічного оброблення деталі «Шків полікліновий» зведено у табл. 2.10.

Таблиця 2.7

## Нормування часу на обробку деталі «Блок 250»

№ оп.	Назва операції	$T_{o.}$ , хв	$T_{дод.}$ , хв.			$T_{оп.}$ , хв	$T_{обс.-від.}$ , хв	$T_{шт.}$ , хв	$T_{п-з}$ , хв	N, шт	$T_{шт-к}$ , хв
			$T_{уст.}$	$T_{кер.}$	$T_{вим.}$						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
010	Токарна	1,5	0,22	0,21	0,20	2,592	0,12	1,51	32	1000	1,52
015	Токарна з ЧПК	5,5	1,5	0,8	0,3	10	0,2	10,2	32	1000	10,23
020	Свердлувальна ЧПК	2,1	1,4	0,8	-	5,2	0,3	5,5	35	1000	5,15
025	Слюсарна										2
030	Балансувальна										2
035	Контрольна										1,5
											22,4

Комплект технологічної документації до технологічного процесу наведений у додатках.

### 3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Розробка верстатного пристрою для операції 020 свердлування трьох отворів  $\varnothing 8\text{мм}$

Для обробки отворів  $\varnothing 8\text{мм}$  обираємо схему базування, коли заготовка базується по внутрішній циліндричній поверхні  $\varnothing 27\text{H}7$  мм та торцю із затиском зверху. Схема базування заготовки наведена на рис. 3.1.

зверху.

Схема базування заготовки наведена на рис. 3.1.

Базування по внутрішній циліндричній поверхні за ступеней вільності. Упор в торець та затиск зверху з н

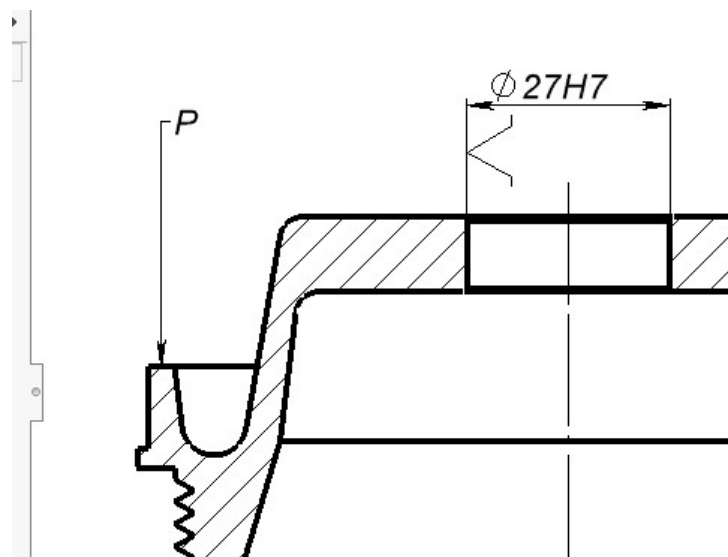


Рис. 3.1. Схема базування заготовки

Заготовка базується по гладкій внутрішній циліндричній поверхні  $\varnothing 27\text{H}7$  мм. Базування по торцю забезпечує упор в поверхню плити пристрою

### 3.1.1. Розрахунок пристрою на точність

Для обробки трьох отворів з одного установка спроектовано верстатний пристрій з механічним затиском. Пристрій встановлюється на стіл верстата, має напрямний палець та прорізи для кріплення в Т-подібні пази.

При базуванні необхідно досягнути точності положення та позиціонування деталі в просторі.

Для досягнення та забезпечення точності розташування поверхонь пристрій повинен забезпечувати виконання умови:

$$\varepsilon_{\text{доп.}} \geq \varepsilon_y$$

де  $\varepsilon_{\text{доп.}}$  – допустима сумарна похибка:

$$\varepsilon_{\text{доп.}} = T - k \cdot \omega;$$

де  $T$  – допуск на розмір по довжині розміщення отвору,  $T = 200$  мкм;

$\omega$  – точність оброблення, що забезпечує свердлувальний верстат з ЧПК мод. VC610 START MILL.  $\omega = 0,01$  мм;  $k$  – Коефіцієнт, що враховує точність обробки,  $k = 1,0 \dots 1,1$ .

Приймаємо  $k = 1,1$ .

Тоді:

$$\varepsilon_{\text{доп.}} = 200 - 1,1 \cdot 10 = 189 \text{ мкм}$$

$\varepsilon_y$  – похибка, що характеризує точність установки заготовки в пристрої. Обробка отворів  $\varnothing 8$  виконується наскрізь. Технологічна та вимірювальна бази співпадають, чим забезпечується умова:

$$\varepsilon_y = \varepsilon_{\delta} = 0;$$

Таким чином  $\varepsilon_{\text{доп.}} \geq \varepsilon_y$  ( $189 > 0$ ), умова точності виконується, а значить точність обробки забезпечується.

### 3.1.2. Розрахунок сили затиску

Схема прикладання сил затиску до заготовки показана на рис. 3.1.

При свердлуванні отвору  $\varnothing 8$  мм діють: момент від дії сил різання  $M_p$ ; , момент сил тертя  $M_{T1}$ ; складова осьової сили різання  $P_o$ .

Під дією суми моментів сил заготовка має знаходитись у рівновазі:

$$M_{T1} + M_{T2} \geq kM_p,$$

де  $M_{T1}$  – момент тертя, що виникає на торцевій поверхні заготовки, розраховується за формулою:

$$M_{T1} = F_{T1} \cdot \frac{D}{2},$$

де  $F_{T1}$  – сила тертя, що діє на опорні поверхні заготовки між торцевою поверхнею заготовки та площиною пристрою, Н м;

$$F_{T1} = (Q + P_o) \cdot f_1;$$

$f_1$  – коефіцієнт тертя, що діє на поверхні затиску,  $f_1 = 0,1$ ;

$D$  – діаметр заготовки,  $D = 115$  мм,

$P_o$  – сила різання, що діє вздовж вісі при свердлуванні  $P_o = 200$  Н, тоді;

$$M_{T1} = (Q + P_o) \cdot f_1 \cdot \frac{D}{2},$$

$M_{T2}$  – момент тертя на опорних поверхнях:

$$M_{T2} = 4F_{T2} \cdot \frac{D}{2},$$

де  $F_{T2}$  – сила тертя, що діє на опорній поверхні,

$f_2$  – коефіцієнт тертя, що діє на опорній поверхні,  $f_2 = 0,1$  [13];

$D_1$  – діаметр заготовки.

$$M_{T2} = 4f_2 \left( \frac{Q + P_o}{2} \right) \frac{D_1}{2}$$

$D_1 = 115$  мм.

$k$  – коефіцієнт запасу, [11].

Коефіцієнт запасу визначається із формули:



$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6,$$

де  $k_0$  – гарантований коефіцієнт запасу,  $k_0 = 1,5$ ;

$k_1$  – коефіцієнт стану технологічної бази,  $k_1 = 1.0$  [13], с.26

$k_2$  – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання ріжучого інструменту,  $k_2 = 1,0$  [13],с.267;

$k_3$  – коефіцієнт, враховує умови оброблення;  $k_3 = 1,00$  [13]

$k_4$  – коефіцієнт, що враховує похибку пристрою затискного

$k_5$  – коефіцієнт, що враховує зручність положення р

----- : k = 1,0 [13], с.268

$M_p$  – момент різання при свердлуванні отвору  $\varnothing 8$  мм,  $M_p = 12$  Н м.

$$(Q + P_o) \cdot f_1 \cdot \frac{D}{2} + 4 \left( f_2 \cdot \frac{Q + P_o}{2} \cdot \frac{\cos \alpha / 2}{2} \right) \cdot \frac{D_1}{2} \geq k M_p$$

Зусилля затиску  $Q=600$ Н.

Зусилля затиску  $Q$  передається затиском, який переміщується вниз по циліндричній поверхні напрямного пальця при закручуванні гайки. Схема затиску в пристрої приведена на рис. 3.2.

Рис. 3.2 – Модель верстатного пристрою для свердління отворів

Крутний момент, що розвивається на гайці, розраховується із формули:

$$M = (W \cdot \frac{l_1 + l_2}{l_2} + q) \cdot \frac{d_{cp}}{2} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}),$$

де  $l_1, l_2$  – відстані до опорних точок, приймаємо  $l_1 = 19$  мм,  $l_2 = 19$  мм;  $\alpha = 20^\circ$ ;

$d_{cp}$  – діаметр різьби, який становить 16 мм;

$\alpha$  – кут підйому різьби,  $\alpha = 2^\circ 56'$  [ ], с. ;

$\varphi_{np}$  – кут тертя в різьбі, ( $\operatorname{tg}\varphi_{np}$  – коефіцієнт тертя приведений для профілю метричної різьби),  $\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) = 0,1521$  [12];  $Q = W = 600$  Н.

$$M = \left( 600 \cdot \frac{19 + 19}{19} + 1 \right) \cdot \frac{16}{2} \cdot 0,1521 = 1460 \text{ Н м}$$

При стандартній довжині ключа гайкового  $L = 270$  мм, зусилля, що має прикладатися до ключа, буде дорівнювати:

$$P = \frac{M}{L} = \frac{1460}{270} = 5,12 \text{ Н}$$

### 3.1.3 Розрахунок елементів пристрою на міцність

Перевіряємо різьбове з'єднання на міцність.

Умова міцності різьби:

$$\frac{\pi d_1^2}{4} [\sigma_p] = W,$$

де  $d_1$  – діаметр різьби,  $d_1 = 16$  мм;

$[\sigma_p]$  – напруження при розтязі, що допусткається,  $[\sigma_p] = 60$  МПа.

$$\underline{\text{пруження } d_1} = \sqrt{\frac{4 \cdot 600}{3,14 \cdot 60 \cdot 10^6}} = 0,012 \text{ м}$$

$d_{1,розр} < d_1$  – умова міцності забезпечується.

### 3.2 Проектування контрольно-вимірювального пристрою

Згідно до технічних вимог вказаних на кресленику деталі «Шків поліклиновий» радіальне биття фасонної поверхні відносно бази А – не повинно перевищувати 0,03 мм.

Для контролю параметру биття фасонної поверхні вибираємо схему вимірювання, наведену на рис. 3.3.

Рис. 3.3 – Схема контролю радіального биття

Контроль відхилень радіального биття виконується наступним чином. Деталь встановлюється на спеціальну оправку, яка базується у центрах пристрою. Відхилення радіального биття контрольованої поверхні при обертанні деталі навколо осі фіксує індикатор часового типу закріплений на стійці.

### 3.3. Розрахунок пристрою на точність

#### 3.2.2 Розрахунок пристрою на точність

Точність проведення контролю буде забезпечувати за умови:

$$\varepsilon_{\text{доп}} \geq \varepsilon_{\text{розрах.}}$$

де  $\varepsilon_{\text{доп}}$  – похибка контролю допустима,  $\varepsilon_{\text{доп}} = 0,01$  мм.

$\varepsilon_{\text{розрах.}}$  – похибка контролю розрахункова, знаходиться із ф

$$\varepsilon_{\text{розрах.}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{б}}^2 + \varepsilon_{\text{инс}}^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2 + \varepsilon_{\text{ин}}^2},$$

де  $\varepsilon_{\text{б}}$  – похибка базування деталі при виконанні контролю, що характеризує точність виготовлення пристрою,

похибка, що характеризує точність вимірювання пристрою

де  $\Delta_{\text{б}}$  – ціна поділки індикатора,  $\Delta_{\text{б}} = 0,002$  мм;  $\varepsilon_{\text{пр}} = \frac{0,001}{\lambda}$

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 4.1 Рекомендації до зменшення забруднення робочого простору

При механічній обробці сплавів кольорових металів, титану та чавуну відбувається забруднення повітря мілко дисперсними частинками відокремленого матеріалу. Пил є шкідливим фактором виробничого середовища при використанні різноманітного технологічного обладнання.

Пил складається з дрібних частинок різної форми та розмірів, може бути видимим або невидимим. Частинки металу у вигляді пилу потрапляючи в дихальні шляхи людини викликають подразнення слизової оболонки та провокують захворювання, такі як бронхіт, пневмонію, астму та інші. У машинобудівній галузі пил може виникати під час різних операцій, таких як: фрезерування, обточування, шліфування, свердлування і т.д.

Для захисту працівників від пилу використовують системи очищення повітря та спеціальні засоби індивідуального захисту (респіратори, маски, захисні окуляри тощо). Для зниження впливу пилу на здоров'я працівників необхідно дотримуватися оптимальних режимів різання, використовувати МОР та виконувати профілактичні заходи:

- регулярно прибирати приміщення від пилу;
- організувати рівень вентиляції;
- не використовувати верстати, без вбудованих систем очищення повітря від пилу.

### 4.2 Вимоги ергономіки до організації робочого місця оператора ЧПК

Організація робочого місця оператора верстата з ЧПК є важливим етапом з поліпшення умов праці та підвищення рівня ефективної роботи робітників на підприємстві.

Робочий простір оператора ЧПК повинен бути зручним та безпечним. Потрібно забезпечити оптимальне розташування верстата в приміщенні, яке повинно мати достатню освітленість та вентиляцію.

Згідно рекомендацій оператор повинен знаходитись збоку від верстата й мати вільний доступ до панелі керування та інструментів

Робоче місце оператора (рис.4.1) повинно відповідати нормам щодо площі (не менше 8 м<sup>2</sup>).



Рис 4.1– Організація простору робочого місця

Робоча панель органів керування верстата повинна знаходитись на рівні комфортної робочої висоти оператора чим забезпечується зручне положення тіла й запобігає виникненню зайвих м'язових напружень. Робоча висота визначається зростом оператора та типом виконуваних робіт. Оптимальна висота становить 700 – 1100 мм від рівня підлоги.

Навколо верстата потрібно забезпечити вільний простір для зручного пересування оператора та розташування матеріалів й інструментів. Також важливо враховувати фактори безпеки при розміщенні інструментів та матеріалів, щоб уникнути їх раптового падіння на оператора або верстат, що може призвести до пошкодження обладнання та травмування.

Ще одним важливим негативним фактором є шум та вібрації, що виникають під час роботи верстата. Для зменшення впливу цих факторів необхідно застосовувати спеціальні засоби звукоізоляції та пристрої з гасіння вібрацій.

## ВИСНОВКИ

На основі виданого завдання для виконання кваліфікаційної роботи бакалавра проведено основні розрахунки для проектування верстатно-інструментального забезпечення механічної обробки деталі «Шків полікриновий».

Аналіз літературного огляду дозволив проаналізувати особливості обробки деталей типу тіл обертання з використанням верстатів з ЧПК.

Запропоновано маршрут технологічного процесу механічної обробки деталі, а також виявлено перспективи застосування CAD-CAM систем на етапах проектування та верстатів з ЧПК.

Проведено розрахунок режимів різання, здійснено вибір ріжучого та контрольно-вимірювального інструменту. На основі проведених розрахунків режимів різання сформовано вихідні дані для кінематичного розрахунку приводу верстатного пристрою.

В конструкторському розділі розглянуті питання проектування верстатного та контрольно-вимірювального пристроїв.

В четвертому розділі розглянуто питання охорони праці й безпеки життєдіяльності на робочому місці оператора ЧПК.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Литвиненко О. А., Бойко Ю. І., Яновський В. А. (2020). CAD-CAM технології проектування та виготовлення деталей на верстатах з ЧПК. Технічна інженерія, (1(85), 15–22. [https://doi.org/10.26642/ten-2020-1\(85\)-15-22](https://doi.org/10.26642/ten-2020-1(85)-15-22)
2. Кухарський О. М., Кушак І. В. Методичні вказівки для виконання курсового проекту з предмету: «Технологія машинобудування». – Тернопіль, 2001. - 280 с.
3. Ковальов В. Д., Васильченко Я. В. Підвищення ефективності важкого металорізального обладнання на основі визначення його раціональних технічних та конструктивних параметрів. Вісник Житомирського державного технологічного університету. Технічні науки. Житомир, 2011. № 3 (58). С. 60–66
4. ДСТУ 8781:2018 Виливки зі сталі. Загальні технічні умови [Електронний ресурс] // Київ УкрНДЦІ. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://foundry.kpi.ua/wp-content/uploads/2021/06/dstu-8781-2018.pdf>.
5. Лупирь, О.В. «Дослідження впливу технологій термічної обробки на структуру та властивості сталі 20Х13» [Текст]: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня магістра; спец.: 132 «Матеріалознавство» / О.В. Лупиря; наук. керівник Т.П. Говорун - Суми: СумДУ, 2018. - 112 с. 2.
6. Руденко Л. Ф. Леговані сталі та сплави: навч. посібн. /Л.Ф. Руденко, Т.П. Говорун – Суми: СумДУ, 2012. – 171 с.
7. Сплав АК9М2 [Електронний ресурс]: <https://evk.com.ua/materials/stal20h13l.html> .
8. Оптимізація механічної обробки тіл обертання : монографія / В. Є. Карпусь, О. В. Котляр, В. О. Іванов.; за ред. В. Є. Карпуся. – Харків : НТМТ, 2012. – 296 с.
9. Технологія конструкційних матеріалів [Текст] : навч. посіб. / С. В. Марченко, О. П. Гапонова, Т. П. Говорун, Н. А. Харченко. – Суми : СумДУ, 2016. – 146 с.

10. Ревнівцев М. П. Режими різання на металообробних верстатах у машинобудуванні / М. П. Ревнівцев, Н. П. Паршина. – Київ: А.С.К., 2006. – 416
11. Пістун І.П., Кіт Ю.В., Березовецький А.П. Практикум з охорони праці: Навчальний посібник. За заг. ред. к.т.н. І.П. Пістуна. Суми: Університетська книга, 2000. 297 с.
12. Пчелинців В.А. Пошкоджуваність робочих поверхонь деталей машин: навч. пос. / В. А. Пчелинців, В. Н. Раб. – Суми : СумГУ, 2008. – 137 с.
13. Методи захисту обладнання від корозії та захист на стадії проектування [Електронний ресурс] : підр. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології», спеціалізації «Електрохімічні технології неорганічних та органічних матеріалів» / М. В. Бик, О. І. Букет, Г. С. Васильєв – Електронні текстові дані (1 файл: 8,81 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 318 с.
14. Materials science and engineering : an introduction / William D. Callister, Jr.— 7th ed./Printed in the United States of America, 2017. 975 p
15. Говорун Т. П. Матеріалознавство та технологія матеріалів (у схемах і завданнях) : навч. посіб. / Т. П. Говорун, О. П. Гапонова, С. В. Марченко. – Суми: Сумський державний університет, 2020. – 163 с.
16. Ямшинський М.М. Жаростійкі та зносостійкі ливарні сплави на основі заліза для роботи в екстремальних умовах. Дисертація. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Фізико-технологічний інститут металів і сплавів НАН України, Київ, 2019. 510 с.
20. Слівна Д. Ю., Євтушенко Н. С.. Напрямок поліпшення стану безпеки праці працівників машинобудівної промисловості / Збірник доповідей XIV Міжнародної науково-методичної конференції та 149 Міжнародної наукової конференції Європейської Асоціації наук з безпеки (EAS) «Безпека людини у сучасних умовах», 1 – 2 грудня 2022 р., НТУ «ХП», – Харків, 2022. – С.134-136



# ДОДАТОК А

(Комплект технологічної документації)

# ДОДАТОК Б

(Комплект специфікацій )