

Центральноукраїнський національний технічний університет
Механіко-технологічний факультет
Кафедра машинобудування, мехатроніки і робототехніки

«Допущено до захисту»
Завідувач кафедри
машинобудування, мехатроніки і
робототехніки
канд. техн. наук, доцент
_____ Андрій ГРЕЧКА
05 червня 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему:

«Розробка технології механічної обробки деталі шків»

Виконав здобувач вищої освіти
3ск курсу групи ПМ-22мб-3
ОПП «Прикладна механіка»
спеціальності 131 «Прикладна механіка»
_____ Богдан ХАРЧЕНКО

Керівник роботи:
канд. техн. наук, доцент
_____ Олександр СКІБІНСЬКИЙ

Рецензент:
канд. техн. наук, доцент
_____ Руслан ОСІН

Кропивницький 2025

Центральноукраїнський національний технічний університет
Механіко-технологічний факультет
Кафедра машинобудування, мехатроніки і робототехніки
Перший (бакалаврський) рівень вищої освіти
Галузь знань: 13 Механічна інженерія
Спеціальність: 131 Прикладна механіка
Освітньо-професійна програма: Комп'ютерний інжиніринг технологій,
робототехніка і 3D друк

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри машинобудування,
мехатроніки і робототехніки
канд. техн. наук, доцент

_____ Андрій ГРЕЧКА

10 квітня 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
Харченку Богдану Віталійовичу

Тема роботи:

Розробка технології механічної обробки деталі шків.

Керівник роботи:

канд. техн. наук, доцент Олександр СКІБІНСЬКИЙ

Затверджено наказом ЦНТУ від 20 січня 2025 року № 237-02.

Строк подання роботи до захисту:

20 червня 2025 р.

Мета та завдання кваліфікаційної роботи:

Мета: розробка технологічного процесу механічної обробки деталі шків.

Завдання: виконати аналіз точності та технологічності деталі, проаналізувати матеріал деталі, обрати спосіб отримання заготовки, розробити маршрут обробки окремих поверхонь деталі, розрахувати припуски на механічну обробку, розробити маршрут обробки деталі та зміст операцій механічної обробки, розрахувати режими різання та норми часу по операціях механічної обробки.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання роботи	Примітка
1	Опрацювання навчальної та наукової літератури по тематиці роботи	21.02.2025 р.	
2	Виконання загальної частини	28.02.2025 р.	
3	Виконання технологічної частини	14.04.2025 р.	
4	Розробка креслеників	15.05.2025 р.	
5	Усунення недоліків після перевірки керівником роботи	05.06.2025 р.	
6	Перевірка роботи на академічний плагіат	10.06.2025 р.	
7	Рецензування роботи	12.06.2025 р.	
8	Захист кваліфікаційної роботи	20.06.2025 р.	

Дата видачі завдання
3 лютого 2025 р.

Здобувач вищої освіти _____

Богдан ХАРЧЕНКО

Керівник роботи _____

Олександр СКІБІНСЬКИЙ

АНОТАЦІЯ

Харченко, Б.В. Розробка технології механічної обробки деталі шків : кваліфікаційна бакалаврська робота : спец. 131 Прикладна механіка / наук. кер. О. І. Скібінський ; Центральнoукраїн. нац. техн. ун-т. - Кропивницький : ЦНТУ, 2025. 46 с.

Креслеників – разом 3 аркуші формату А1.

Метою роботи є розробка технологічного процесу механічної обробки деталі шків.

Актуальність роботи полягає в розробці технологічного процесу обробки деталі шків із застосуванням сучасних металорізальних верстатів.

В роботі виконано аналіз точності та технологічності деталі, проаналізовано матеріал деталі, обрано спосіб отримання заготовки, розроблено маршрут обробки окремих поверхонь деталі, розраховано припуски на механічну обробку, розроблено маршрут обробки деталі та зміст операцій механічної обробки, розраховано режими різання та норми часу по операціях механічної обробки.

шків, ЧПУ, токарна обробка, поверхні, припуски, режими різання

ANNOTATION

Kharchenko, B. V. Development of technology for machining pulley parts: Qualification work for the educational level "Bachelor", specialty 131 Applied mechanics / Scientific supervisor O. I. Skibinskyi; Central Ukrainian National Technical University – Kropyvnytskyi, 2025. 46 p.

Drawings – summary 3 sheets A1 format.

The purpose of the work is to develop a technological process for machining a pulley part.

The relevance of the work is to develop a technological process for machining a pulley part using modern metal-cutting machines.

The work analyzes the accuracy and manufacturability of the part, analyzes the material of the part, selects a method for obtaining the workpiece, develops a route for machining individual surfaces of the part, calculates allowances for machining, develops a route for machining the part and the content of machining operations, calculates cutting modes and time standards for machining operations.

pulley, CNC, turning, surfaces, allowances, cutting modes

Центральноукраїнський національний технічний університет

Механіко-технологічний факультет

Кафедра машинобудування, мехатроніки і робототехніки

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи на тему:

«Розробка технології механічної обробки деталі шків»

КРБ.ПМ.25.23.72.00.00

Виконав здобувач вищої освіти
3ск курсу групи ПМ-22мб-3
ОПП «Прикладна механіка»
спеціальності 131 «Прикладна механіка»
_____ Богдан ХАРЧЕНКО

Керівник роботи:
канд. техн. наук, доцент
_____ Олександр СКІБІНСЬКИЙ

ВСТУП	7
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	8
1.1 Службове призначення деталі	8
1.2 Аналіз технологічності деталі та технічних вимог на її виготовлення	9
1.3 Аналіз матеріалу деталі	10
1.4 Визначення типу виробництва	11
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	13
2.1 Аналіз точності деталі	13
2.2 Розробка технологічного процесу обробки деталі	14
2.3 Вибір способу виготовлення заготовки	15
2.4 Вибір методів обробки поверхонь деталі	16
2.5 Вибір технологічних баз	18
2.6 Розробка структури та змісту технологічних операцій	19
2.7 Вибір верстатів, ріжучих та вимірювальних інструментів	25
2.8 Розрахунок припусків та операційних розмірів	30
2.9 Розрахунок режимів різання	35
2.10 Технічне нормування операцій	40
ВИСНОВКИ	43
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	44

ВСТУП

Технологічні процеси виготовлення деталей є основою сучасного виробництва та включають різноманітні методи та операції, які забезпечують виготовлення продукції відповідно до заданих технічних вимог. Ці процеси охоплюють не лише виготовлення самих деталей, але й їхню обробку, перевірку якості та підготовку до подальшого використання в складі складних механізмів.

Одним із найбільш поширених методів виготовлення деталей є обробка металів різанням. Зазвичай така обробка здійснюється на металорізальних верстатах, таких як токарні, фрезерні, свердлильні тощо.

Підвищення конкурентоспроможності машинобудівної продукції є важливим аспектом для розвитку будь-якої країни та підприємства, яке прагне зайняти стабільні позиції на ринку. Одним із найефективніших способів досягнення цієї мети є впровадження прогресивних технологій, та обладнання. Використання верстатів з числовим програмним управлінням дозволяє значно покращити якість продукції, знизити витрати та підвищити гнучкість виробничих процесів.

Таке технологічне рішення відкрило нові можливості для виготовлення складних і високоточних деталей з мінімальними відхиленнями розмірів, що вимагаються при виготовленні продукції високої якості. Технології ЧПУ змінили підхід до процесу обробки матеріалів, забезпечивши автоматизацію, точність і ефективність.

Принцип роботи верстатів з ЧПУ полягає у використанні програмного забезпечення для управління верстатом, який здійснює обробку заготовок за чітко заданою програмою. Це дозволяє повністю контролювати процеси різання, що забезпечує високу точність і повторюваність виготовлених деталей. Такий підхід до обробки матеріалів дозволяє значно зменшити вплив людського фактору, мінімізувати ймовірність помилок і підвищити ефективність виробництва.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Службове призначення деталі

Шків – це деталь, яка використовується для передачі обертального руху між валами через ремінь або ланцюг. Він є важливим елементом багатьох механізмів та машин, де необхідна передача енергії або руху з одного елемента на інший. Цей процес широко використовується в різних галузях, таких як машинобудування, автомобільна промисловість, побутова техніка, вентиляційні системи, підйомні механізми та ін. В багатьох машинах та механізмах шквіви застосовуються для передачі обертального руху між двигуном і робочими органами (наприклад, у верстатах, насосах, вентиляторах). Шквіви мають різноманітні конструкції та розміри, залежно від вимог до конкретного застосування.

Шквіви можуть використовуватися для зміни швидкості обертання валів, змінюючи діаметри шківів або передаточне співвідношення між ними. Це дозволяє адаптувати рух в залежності від потреб виробничого процесу.

Шків також використовують для зміни напрямку обертання валу. Для цього часто використовуються композитні шквіви або комбіновані системи з декількох шківів. За допомогою системи шківів можна ефективно регулювати навантаження на двигуни чи інші механізми, зменшуючи вплив перепадів навантаження та знижуючи знос.

Деталь шків, що визначає тему роботи є однодисковою, має три V-подібні канавки для клинопасових ременів, що дозволяє забезпечити ефективну передачу руху. Фіксація шківа на валу здійснюється шпонковим з'єднанням, що забезпечує надійну передачу крутного моменту без проковзування. Отвори на торцевій поверхні шківа призначені для закріплення деталі.

1.2 Аналіз технологічності деталі та технічних вимог на її виготовлення

Аналіз технологічності деталі є невід'ємною частиною процесу проектування та виготовлення деталей, оскільки він визначає доцільність, економічність та ефективність виробництва деталі з урахуванням її конструктивних особливостей. Метою аналізу є спрощення процесу виготовлення, зниження витрат та забезпечення високої якості продукції.

Аналіз технологічності деталі є комплексним підходом до оцінки та вдосконалення конструкції з точки зору її виготовлення. Він включає як якісні, так і кількісні методи оцінки, що дозволяють досягти оптимального балансу між функціональністю, економічністю та технологічністю виробу. Ретельний аналіз та впровадження результатів цього аналізу сприяють підвищенню конкурентоспроможності продукції та ефективності виробничих процесів.

До показників за якими виконується аналіз технологічності деталі належать: форма та геометрія, матеріал, коефіцієнт використання матеріалу тощо.

Деталь шків належить до деталей типу тіл обертання, дисків. Матеріалом деталі є алюмінієвий сплав. Заготовкою є відливка.

Виконуємо ескіз шківа та проставляємо нумерацію його поверхонь з метою виконання поелементного аналізу деталі (рисунок 1.1).

З огляду на форму деталі та її конструкцію, коефіцієнт використання матеріалу буде високий через те, що форма відливки буде максимально наближеною до форми готової деталі. Припуски заготовки під подальшу механічну обробку необхідно назначати мінімально необхідними. Заготовка має центральний отвір, який під час виготовлення деталі можна оброблювати відомими методами та різальними інструментами.

Всі поверхні, що підлягають механічній обробці, є легкодоступними. Деталь шків є технологічною, дозволяє застосовувати високопродуктивні режими різання, сучасні різальні інструменти та верстати з числовим програмним управлінням.

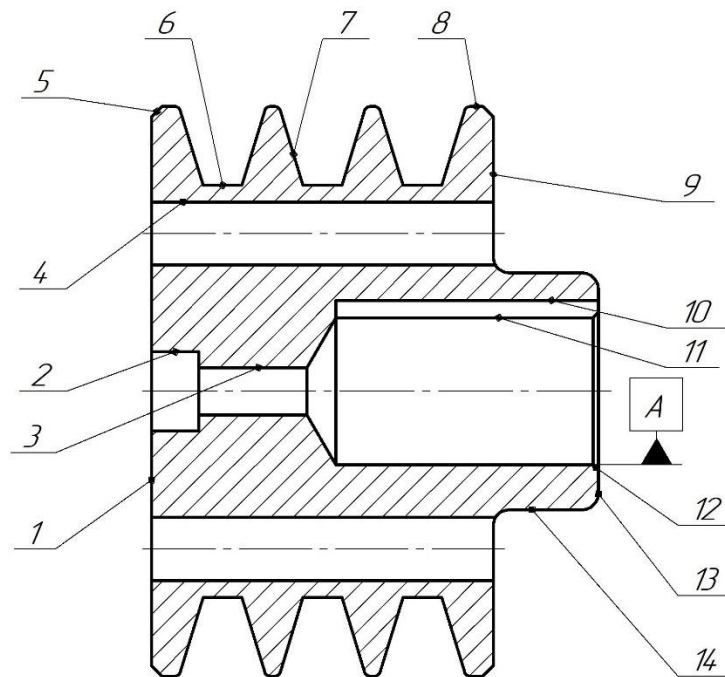


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі шків

1.3 Аналіз матеріалу деталі

Деталь шків виготовлена із алюмінієвого жароміцного сплаву АК8М. Алюмінієвий сплав АК8М – це легкий сплав на основі алюмінію, який застосовується в різних галузях, зокрема у виробництві авіаційної та автомобільної техніки, а також в інших сферах, де важлива висока міцність при невеликій масі. Сплав містить магній як основний легуючий елемент, що надає йому хорошу корозійну стійкість і механічні властивості.

Сплав добре піддається обробці, зокрема литтю та механічній обробці, що робить його зручним для використання в різних конструкціях.

Хімічний склад, а також механічні властивості сплаву АК8М наведено в таблицях 1.1 та 1.2 відповідно.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад матеріалу деталі шків

Марка матеріалу	Mn	Si	Fe	Al	Cu	Mg	Zn
АК8М	0.3-0.5%	7,5-9%	до 0,9%	86,9-90,8%	1- 1,5%	0,3-0,5%	до 0,3%

Таблиця 1.2 – Механічні властивості матеріалу деталі шків

Марка матеріалу	σ_B (МПа)	δ_5 , %	Твердість по Брінелю НВ
АК8М	176-284	0,5-2	90

1.4 Визначення типу виробництва

Річна програма випуску деталей 2000 шт. Маса деталі 1,04 кг. Відповідно до довідникової літератури, така програма випуску та маса деталі відповідає середньосерійному тупи виробництва.

Середньосерійне виробництво є одним з основних типів організації виробничих процесів, який займає проміжне місце між одиничним та масовим виробництвом. Його застосування характерне для підприємств, що виробляють продукцію в кількості, що задовольняє потреби певних груп споживачів або ринку, але не є такою великою, як у масовому виробництві. Середньосерійний тип виробництва має свої особливості, переваги і недоліки, які впливають на вибір його застосування в різних галузях економіки.

Середньосерійне виробництво передбачає виготовлення продукції у кількості від кількох сотень до кількох тисяч одиниць. Це дозволяє забезпечити досить високу економію на масштабах, порівняно з одиничним виробництвом.

Виробництво може включати в себе декілька варіантів однієї продукції або модифікацій, що відповідають специфічним вимогам замовника. Зазвичай для серії характерна стандартизація компонентів і процесів, але є можливість адаптації до вимог споживачів.

Для середньосерійного виробництва характерне організоване виготовлення партій продукції протягом певного проміжку часу. Цей процес включає в себе періоди підготовки та виготовлення продукції.

Для середньосерійного виробництва використовуються більш універсальні верстати і обладнання, ніж у масовому виробництві. Це дозволяє адаптувати виробничі потужності під різноманітні модифікації продукції, що

виготовляється. Однак обладнання все ж є достатньо спеціалізованим для забезпечення певного рівня автоматизації.

Середньосерійне виробництво вимагає висококваліфікованих працівників, які здатні працювати з різними видами продукції і виконувати налаштування виробничих ліній для виготовлення різних серій. Це не потребує такої кількості працівників, як масове виробництво, але все ж передбачає певну кількість спеціалістів для підтримки процесів.

Середньосерійне виробництво дозволяє оперативно адаптуватися до змінюваного попиту і вимог споживачів. Це дає змогу виробникам швидко реагувати на зміни в ринку, виготовляючи різні варіанти продукції без великих витрат на переналагодження.

Завдяки тому, що виробництво є серійним, з'являється можливість стандартизації виробничих процесів і покращення їх планування. Це дозволяє оптимізувати виробничі лінії.

Для середньосерійного виробництва характерне менше за часом введення нових деталей у виробництво в порівнянні з масовим, оскільки кількість одиниць, що виготовляється, дозволяє швидше налаштувати виробничі лінії під нові вимоги.

Середньосерійне виробництво є оптимальним рішенням для багатьох підприємств, що потребують виробництва різноманітної продукції в середніх обсягах. Воно дозволяє поєднати гнучкість, економію на масштабах та можливість швидкої адаптації до змін на ринку. Однак, щоб ефективно використовувати середньосерійне виробництво, необхідно правильно організувати роботу підприємства, забезпечити гнучкість виробничих процесів.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз точності деталі

Аналіз точності деталі є важливим етапом у процесі виготовлення виробів, оскільки він дозволяє визначити, наскільки виготовлена деталь відповідає заданим розмірам, формам та іншим геометричним параметрам. Точність виготовлення деталі безпосередньо впливає на ефективність і надійність роботи механізмів, у яких вона використовується. Завдяки аналізу точності можна вчасно виявити можливі дефекти або відхилення, що дозволяє прийняти коригувальні заходи і забезпечити високий рівень якості виробів.

Аналіз точності деталі шків виконуємо з метою визначення елементарних поверхонь, з яких складається деталь, встановлення їх розмірів, форми та шорсткості, а також вимог до взаємного розташування. Ескіз деталі шків представлено на рисунку 1.1. Результати аналізу точності заносимо в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Аналіз параметрів точності поверхонь деталі шків

Номер поверхні на деталі	Найменування поверхні	Розміри	Квалітет точності	Точність відносного розміщення	Точність форми	Шорсткість
1	2	3	4	5	6	7
1, 9	Торцева	$65 \pm 0,06$	9	-	-	Ra3,2
2	Внутрішня циліндрична	$\varnothing 15^{+0,07}$	H10	-	-	Ra3,2
3	Внутрішня циліндрична	$\varnothing 9^{+0,036}$	H9	-	-	Ra3,2
4	Внутрішня циліндрична	$\varnothing 12^{+0,043}$	H9	-	-	Ra2,5
5	Фаска	2×45^0 $\varnothing 108,4$	-	-	-	Ra3,2
6	Зовнішня циліндрична	$\varnothing 78,4^{+0,074}$	H9	-	-	Ra2,5
7	Канавка	$19 \pm 0,4$ 34^0 15	-	-	-	Ra2,5
8	Зовнішня циліндрична	$\varnothing 108,4_{-0,087}$	h9	-	-	Ra3,2

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7
10	Шпонковий паз	$8_{-0,036}$	H9	$\begin{array}{ c c c } \hline // & 0,02 & A \\ \hline \equiv & 0,12 & A \\ \hline \end{array}$	-	Ra3,2
11	Внутрішня циліндрична	$\varnothing 28^{+0,021}$	H7	-	-	Ra1,25
12	Фаска	1×45^0 $\varnothing 28^{+0,033}$	-	-	-	Ra8,0
13	Торцева	$20 \pm 0,03$	-	-	-	Ra3,2
14	Зовнішня циліндрична	$\varnothing 45^{+0,062}$	H9			Ra3,2

Отже, за результатами аналізу точності можна зробити наступні висновки, що найбільш точними поверхнями деталі шків є: внутрішня циліндрична поверхня 11 $\varnothing 28^{+0,021}$ шорсткість якої Ra1,25. Також до поверхонь шпонкового пазу висувуються вимоги по точності відносного розміщення паралельності $\begin{array}{|c|c|c|} \hline // & 0,02 & A \\ \hline \end{array}$ та симетричності $\begin{array}{|c|c|c|} \hline \equiv & 0,12 & A \\ \hline \end{array}$ відносно базової поверхні А якою є отвір 11. Інші поверхні деталі шків мають невисокі вимоги щодо точності та якості виготовлення.

2.2 Розробка технологічного процесу обробки деталі

На основі проведеного аналізу точності видно, що механічній обробці підлягають як зовнішні, так і внутрішні поверхні деталі. Шків відноситься до деталей типу тіл обертання. Пропонується така послідовність розроблюваної технології обробки шківа. На 005 операції застосувати токарний обробний центр з ЧПУ з контршпинделем. При встановленні заготовки в трьохкулачковий патрон шпинделя верстату та закріпленні по зовнішньому діаметру поверхні 8 з упором в торець 1, виконується обробка: торців 9 та 13, зовнішньої циліндричної поверхні 14, отворів 3 та 11, фасок 5 та 12, шпонкового пазу 10. Після автоматичного переустанову деталі в трикулачковому патроні контршпинделя та закріпленні по зовнішній циліндричній поверхні 14 з упором в торець 13

відбувається обробка: торця 1, зовнішніх циліндричних поверхонь 6 та 8, канавок 7, фаски 5, отвору 2.

На 010 свердлильній з ЧПУ операції виконується свердління восьми отворів 4.

2.3 Вибір способу виготовлення заготовки

Деталь шків має форму тіла обертання. З огляду на її форму, в якості заготовки можна застосовувати пруток. Але, так як в різних поперечних перерізах діаметри деталі відрізняються більше ніж в два рази та становлять $\varnothing 108,4$ мм та $\varnothing 45$ мм, застосування прутка в якості заготовки стає недоцільним. В процесі механічної обробки в стружку доведеться перетворити великий об'єм матеріалу заготовки. Що, в свою чергу, призведе до здорожчання собівартості виготовлення деталі шків та збільшення трудомісткості її обробки.

З огляду на форму та матеріал деталі доцільно виготовляти литі заготовки шківа, які за своєю формою та розмірами наближені до деталі. існують різні методи відливання заготовок. Серед них можна виділити: лиття по виплавляємим моделях, лиття в піщані форми, лиття в кокіль та ін.

В якості способу виготовлення заготовки деталі шків приймаємо відливання в кокіль.

Відливання в кокіль – це один із методів лиття металевих заготовок, який відрізняється використанням багаторазових форм (кокілів), виготовлених із металу. Цей спосіб забезпечує високу точність і якість поверхні деталей, що робить його популярним у машинобудуванні, автомобільній та інших сферах промисловості.

Процес лиття в кокіль складається з трьох основних етапів: підготовка форми, заливання металу, охолодження та виймання заготовки.

Кокіль – це металева форма, яка складається з двох або більше частин. Перед заливанням рідкого металу форму покривають спеціальними мастильними

речовинами (графітовими або силіконовими сполуками), щоб уникнути пригорання металу та полегшити виймання готової деталі.

Розплавлений метал заливають у кокіль під дією сили тяжіння або під тиском. Завдяки високій теплопровідності металевої форми відбувається швидке охолодження, що сприяє утворенню щільної структури без значних дефектів.

Після кристалізації металу форма відкривається, і готова заготовка виймається. Далі заготовка потрапляє на дільницю механічної обробки.

До переваг відливання в кокіль належать:

- висока точність розмірів і якість поверхні;
- менші припуски під подальшу механічну обробку;
- продуктивність.

Недоліками відливання в кокіль є:

- вартість виготовлення кокільних форм;
- обмеження у виборі матеріалів через теплове навантаження на форму.

Метод лиття в кокіль широко застосовується для виготовлення корпусних деталей, колінчастих валів, деталей типу дисків, поршнів, деталей насосів та інших відповідальних елементів машин і механізмів.

2.4 Вибір методів обробки поверхонь деталі

В деталі шків, внутрішня циліндрична поверхня 11 підлягає неодноразовій механічній обробці. Для цієї поверхні виконуємо розрахунки.

Загальне уточнення розраховується за формулою:

$$\varepsilon_3 = \delta_3 / \delta_d, \quad (2.1)$$

де δ_3 - допуск на розмір поверхні заготовки, яка підлягає неодноразовій механічній обробці;

δ_d - допуск на розмір тієї ж поверхні, після її обробки.

Допуск на розмір поверхні 11 на деталь становить $\delta_d = 0,021$ мм, а допуск на заготовку $\delta_3 = 0,52$ мм.

Вибираємо два маршрути обробки поверхні.

Перший маршрут складається з:

- розточування чорнового $\delta_1 = 0,13$ мм
- розточування чистового $\delta_2 = 0,052$ мм
- розточування тонкого $\delta_3 = 0,021$ мм

Другий маршрут складається з:

- розфрезерування чорнове $\delta_1 = 0,084$ мм
- розфрезерування чистове $\delta_2 = 0,033$ мм
- розфрезерування тонке $\delta_3 = 0,021$ мм

Загальне уточнення $\varepsilon_3 = 24,762$.

Частинні коефіцієнти уточнення розраховуються за формулою:

$$\varepsilon_i = \delta_i / \delta_{i+1} \quad (2.2)$$

Розраховуємо частинні коефіцієнти уточнення для першого маршруту:

$$\varepsilon_1 = 0,52 / 0,13 = 4$$

$$\varepsilon_2 = 0,13 / 0,052 = 2,5$$

$$\varepsilon_3 = 0,052 / 0,021 = 2,4762$$

$$P\varepsilon = 4 * 2,5 * 2,4762 = 24,762$$

Розраховуємо частинні коефіцієнти уточнення для другого маршруту:

$$\varepsilon_1 = 0,52 / 0,084 = 6,19$$

$$\varepsilon_2 = 0,084 / 0,033 = 2,54$$

$$\varepsilon_3 = 0,033 / 0,021 = 1,5714$$

$$P\varepsilon = 6,19 * 2,54 * 1,5714 = 24,759$$

Таблиця 2.2 – Таблиця технологічних маршрутів обробки поверхонь деталі шків

Позначення поверхні	Допуск на поверхню по кресленню, δ д мм	Шорсткість поверхні, R_a	Допуск на заготовку по поверхні, δз мм	Загальне уточнення ϵ_3	Можливі технологічні маршрути обробки поверхні		Економічні допуски на проміжні методи обробки,	Частинні коефіцієнти уточнення	$\Pi\epsilon_i = \epsilon_1 \cdot \epsilon_2 \cdot \epsilon_3 \cdot \dots \cdot \epsilon_i$
					№	Зміст маршруту			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	0,021	1,25	0,52	24,762	1	Розточування чорнове	0,13	4	24,762
						Розточування чистове	0,052	2,5	
						Розточування тонке	2,4762	1,61	
					2	Розфрезерування чорнове	0,084	6,19	24,759
						Розфрезерування чистове	0,033	2,54	
						Розфрезерування тонке	0,021	1,5714	

Як видно з розрахунків, для поверхні 11 оптимальним є маршрут №1, при якому $\epsilon_{3\text{ар}} = \Pi\epsilon_i$.

2.5 Вибір технологічних баз

Базування деталі – це основа для досягнення високої точності в механічній обробці. Від правильності вибору базових поверхонь деталі та способу її закріплення залежить якість та точність обробки, а також ефективність самого виробничого процесу. Тому кожен етап базування вимагає ретельного планування та аналізу технічних характеристик оброблюваної деталі.

Вибір правильної схеми базування залежить від типу оброблюваної деталі, її геометрії, вимог до точності та технологічного процесу.

Коректно вибрана схема базування відіграє важливу роль у досягненні необхідної точності обробленої деталі. Неправильно обране базування може призвести до значних похибок у розмірах і формі деталі, що позначиться на якості продукції та здатності деталі виконувати свої функції в агрегатах чи механізмах. Схема базування повинна забезпечувати мінімальне відхилення під час обробки, навіть при перезакріпленні деталі.

В якості базових поверхонь на 005 операції обрано:

- установ А: зовнішня циліндрична поверхня 8 та торцева поверхня 1;
- установ Б: зовнішня циліндрична поверхня 14 та торцева поверхня 13.

На 010 операції базовими поверхнями є: зовнішня циліндрична поверхня 8 та торцева поверхня 9.

2.6 Розробка структури та змісту технологічних операцій

Прийнявши маршрут виготовлення деталі шків, обравши схеми базування деталі на операціях, визначивши маршрути обробки поверхонь деталі, а також обравши метод отримання заготовки та тип виробництва розроблюємо структуру технологічного процесу.

Зміст та структура технологічних операцій наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Зміст та структура технологічних операцій обробки деталі шків

№ та назва операції	Модель верстату, назва	Операційний ескіз	Зміст операції
1	2	3	4
<p>005 Обробна з ЧПУ</p>	<p>ST-10Y Haas Токарний обробний центр з ЧПУ</p>		<p>Установ А</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити та закріпити заготовку. 2. Підрізати торець начорно, витримуючи розмір 1. 3. Підрізати торець начорно, витримуючи розмір 2. 4. Точити зовнішню циліндричну поверхню начорно, витримуючи розміри 1, 2, 3. 5. Точити начисто по контуру, витримуючи розміри 4, 5, 6, 7, 8. 6. Точити фоску, витримуючи розмір 9. 7. Розсвердлити отвір напрохід, витримуючи розмір 10. 8. Розточити отвір начорно по контуру,

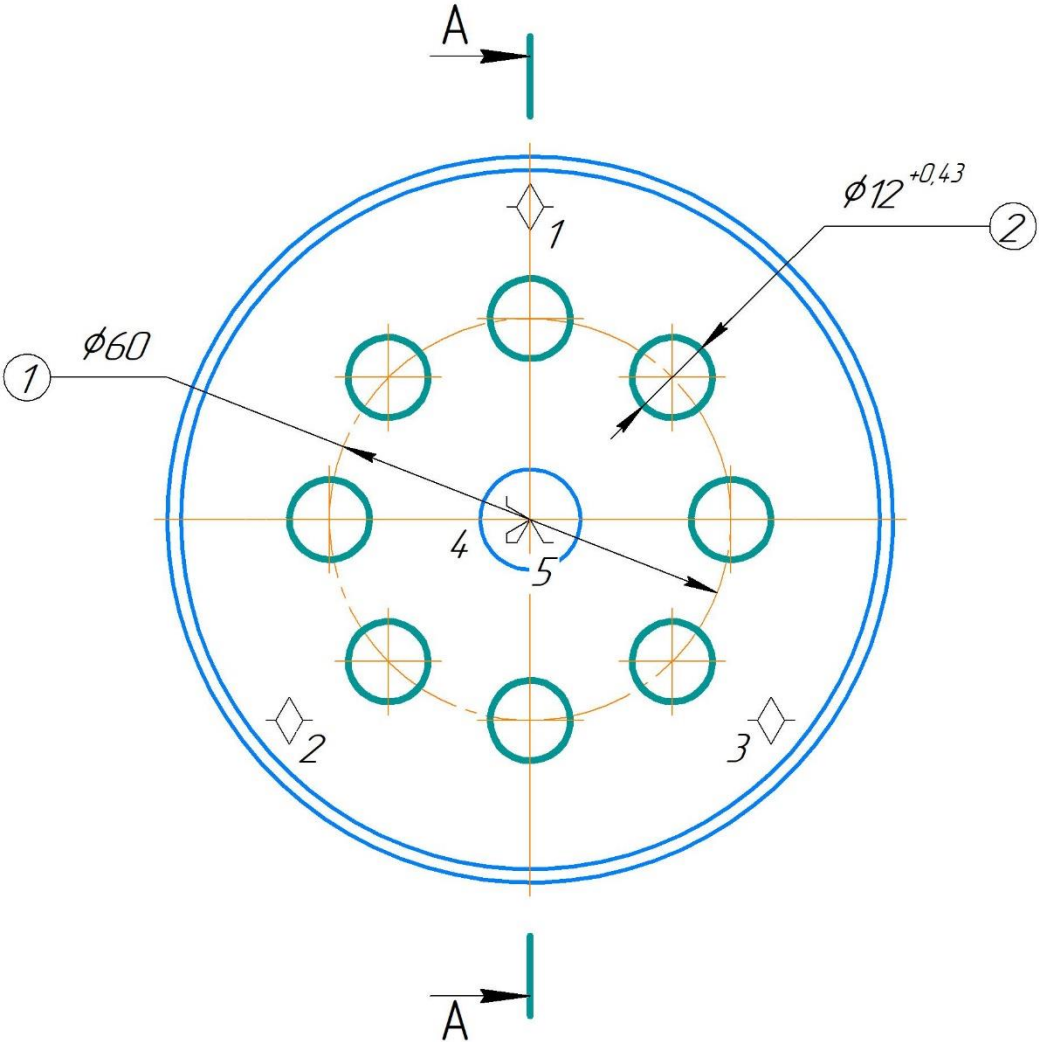
Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4
			<p>витримуючи розміри 11, 12.</p> <p>9. Розточити отвір начисто по контуру, витримуючи розміри 13, 14.</p> <p>10. Розточити отвір тонко по контуру, точити фаску, витримуючи розміри 15, 16, 17.</p> <p>11. Точити шпонковий паз, витримуючи розміри 15, 16, 18, 19 та допуски 20, 21.</p> <p>12. Автоматичний перезатиск деталі в контршпинделі.</p>

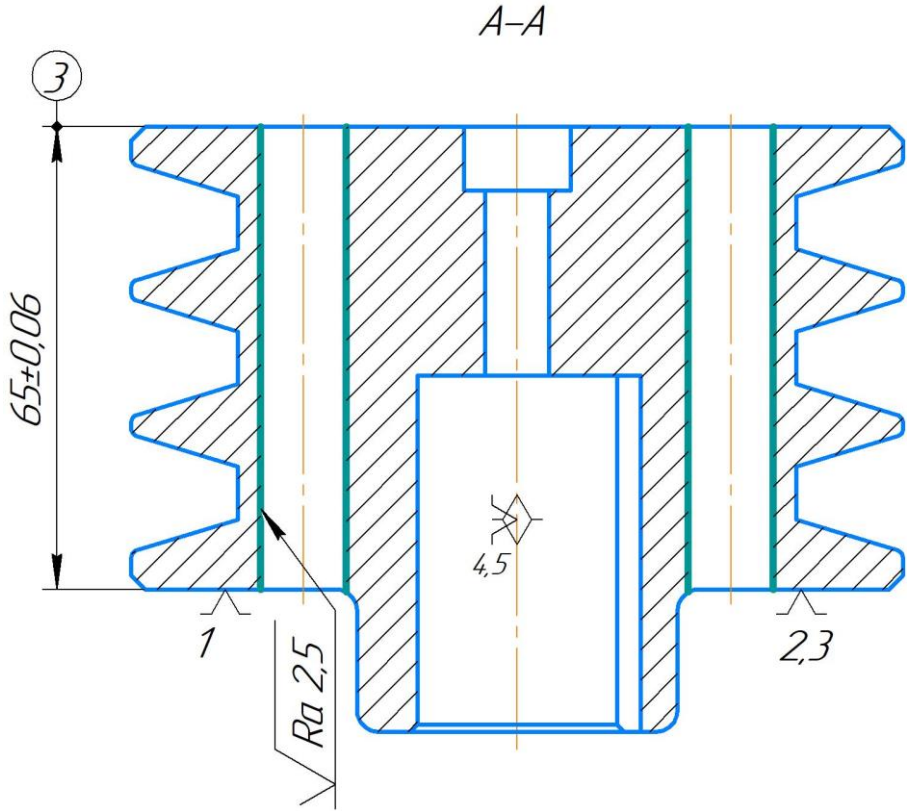
Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4
			<p>Установ Б</p> <p>13. Підрізати торець начорно, витримуючи розмір 22.</p> <p>14. Підрізати торець начисто, точити фаску, витримуючи розміри 23, 24.</p> <p>15. Точити поверхню на прохід, витримуючи розмір 25.</p> <p>16. Точити 3 канавки, витримуючи розміри 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32.</p> <p>17. Розфрезерувати отвір, витримуючи розміри 33, 34.</p> <p>18. Відкріпити та зняти деталь.</p>

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4
<p>010</p> <p>Свердильно-різьбонарізна з ЧПУ</p>	<p>Haas DT-1</p> <p>Свердильно-різьбонарізний з ЧПУ</p>	 <p>The drawing shows a circular part with 8 holes arranged in a circle. The outer diameter is $\phi 60$ (1). The inner diameter is $\phi 12^{+0.43}$ (2). A section line A-A is shown at the top and bottom. There are also labels 3, 4, and 5 pointing to specific features on the holes.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити та закріпити деталь. 2. Свердлимо послідовно 8 отворів, витримуючи розміри 1, 2, 3. 3. Відкріпити та зняти деталь.

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4
		 <p>Technical drawing showing a cross-section of a gear assembly, labeled A-A. The drawing includes the following details:</p> <ul style="list-style-type: none">Dimension $65 \pm 0,06$ (circled 3) indicating the outer diameter of the gear.Dimension 4,5 indicating the diameter of the shaft.Dimension 1 indicating the thickness of the gear.Dimension 2,3 indicating the diameter of the shaft.Surface texture symbol $Ra 2,5$ indicating the surface finish of the gear.Section line A-A.	

2.7 Вибір верстатів, ріжучих та вимірювальних інструментів

В проєктуємому технологічному процесі в якості металорізального обладнання обрані верстати з ЧПУ.

Верстати з числовим програмним управлінням (ЧПУ) є одним з найважливіших досягнень у галузі сучасного машинобудування та обробки матеріалів. Вони дозволяють виконувати високоточні операції з мінімальними витратами часу та зусиль, що робить їх незамінними для багатьох виробничих процесів.

Сучасні верстати з ЧПУ мають значний рівень автоматизації та точності, що дозволяє виконувати складні технологічні операції з високою швидкістю та мінімальним втручанням робітника.

Верстати з ЧПУ надзвичайно універсальні завдяки своїй здатності виконувати різноманітні операції, такі як фрезерування, свердління, токарні операції, нарізання різьби та багато інших.

Завдяки можливості точного налаштування програмного забезпечення, верстати ЧПУ здатні виконувати обробку як простих поверхонь, так і складних поверхонь та контурів з високою точністю.

Оскільки управління відбувається за допомогою комп'ютерних програм, за допомогою верстатів з ЧПУ можливо виконувати багато однакових операцій з ідентичною точністю. За рахунок зменшення людського втручання знижується ймовірність помилок, що робить виробничі процеси більш ефективними та безпечними. Точність верстатів ЧПУ дозволяє зменшити кількість відходів матеріалу в стружку під час обробки, що в свою чергу знижує витрати на матеріали. Завдяки автоматизації та можливості безперервної роботи, верстати з ЧПУ здатні працювати з великими обсягами, що збільшує загальну продуктивність. Сучасні верстати ЧПУ дозволяють швидко змінювати налаштування для виготовлення нових деталей.

Верстати з ЧПУ є невід'ємною частиною сучасного виробничого процесу завдяки їх точності, універсальності та здатності автоматизувати велику

кількість етапів виробництва. Вони дозволяють виготовляти високоякісні деталі з мінімальними витратами часу і матеріалів, що робить їх незамінними в багатьох галузях. Технології ЧПУ постійно удосконалюються, що забезпечує ще більшу ефективність і відкриває нові можливості для виробництва.

Зовнішні та внутрішні поверхні деталей шків підлягають токарній обробці, а для обробки отворів застосовується свердління та фрезерування. Тому, в якості металорізального верстату для 005 операції обрано токарний обробний центр з ЧПУ. Даний тип верстатів призначений для обробки деталей з великою кількістю різних поверхонь. Це дає змогу виготовляти як прості, так і складні деталі з високою якістю та точністю.

Для обробки деталей осьовим інструментом до якого відносяться фрези, свердла та ін., токарний обробний центр з ЧПУ повинен бути додатково оснащений віссю Y. Така опція дозволяє встановлення та роботу приводного інструменту в інструментальному магазині верстату.

З метою зменшення кількості операцій механічної обробки, а, відповідно, і кількості металорізальних верстатів, обробку деталі шків з обох сторін можна виконати за одну операцію. Для цього необхідно обрати верстат з контршпинделем – це спеціалізований тип верстатів з ЧПУ.

Контршпиндель – це додатковий шпиндель, розташований у протилежній частині верстату, який дозволяє виконувати додаткові операції на деталі під час її обробки. Якщо деталь потребує обробки з двох сторін, контршпиндель дозволяє обробляти зворотну частину деталі. Передавання та перезатиск деталі зі шпинделя у контршпиндель здійснюється автоматично та без втручання верстатника.

Враховуючи все вищевикладене, для виконання 005 операції механічної обробки деталі шків обрано токарний обробний центр з ЧПУ з контршпинделем моделі ST-10Y Haas (рисунок 2.1).

Для виконання 010 операції на якій виконується послідовне свердління 8 отворів в деталі шків, обрано свердлильно-різьбонарізний з ЧПУ верстат моделі DT-1 Haas (рисунок 2.2).



Рисунок 2.1 – Токарний обробний центр з ЧПУ з контршпинделем моделі ST-10Y Haas



Рис. 2.2 – Свердлильно-різьбонарізний з ЧПУ верстат моделі DT-1 Haas

Коротка технічна характеристика обраних металорізальних верстатів наведена в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Характеристика верстатів обраних для обробки шків

№ операції	Модель та найменування верстату	Стисла технічна характеристика				
		Габаритні розміри робочого столу чи макс. Діаметр обробки (мм)	Ряд частот обертання (хв ⁻¹)	Ряд подач (мм/об)	Потужність (кВт)	Габаритні розміри верстату (мм)
1	2	3	4	5	6	7
005	Токарний обробний центр з ЧПУ HAAS ST-10Y	419	до 6000	0,05-2	11,2	3210 x 1780 x 2060
010	Свердлильно-різбонарізний з ЧПУ Haas DT-1	660 x 381	до 10000	0,1-1,6	8	2540 x 2030 x 2490

Механічна обробка деталі шків виконується різальними інструментами, перелік яких наведено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Перелік різальних інструментів для обробки деталі шків

Номер		Найменування інструменту, стандарт на конструкцію інструменту (код)	Стандарт на конструкцію різальної пластини (код)
Опер.	Перех.		
1	2	3	4
005	2, 3, 4	Різець прохідний PCLNL 2020K12	CNMA 0404 K10
	5, 6	Різець прохідний PCLNL 2020K12	CNGG 120402 K10
	7	Свердло 9 3HD 090-080-10 P18	K10
	8, 9	Різець контурний MDQNL 2020K15	DNMG 150608 K10
	10	Різець контурний MDQNL 2020K15	DNMG 150408 K10
	11	Різець канавковий TTFPL 20-20-8	TDC 8 K10

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4
	13	Різець прохідний PCLNR 2020K12	CNMA 0404 K10
	14, 15	Різець прохідний PCLNR 2020K12	CNGG 120402 K10
	16	Різець контурний TDNNR 2525 M11	DNMG 150608 K10
	17	Фреза 10 2S-TE90CV-210-10-05	CVHT 0502PNR-AL UF10
010	2	Свердло 12 3HD 120-056-12 P15	K10

Вимірювальні інструменти для контролю розмірів деталі отриманих в результаті механічної обробки наведено в таблиці 2.6

Таблиця 2.6 – Вимірювальний інструмент і контрольні пристрої для деталі шків

Номер		Найменування вимірювального інструменту	Стандарт на конструкцію
Операції	Переходу		
1	2	3	4
005	2, 3, 4, 5	Штангенциркуль ШЦ-1-125-0.1	ДСТУ 166:2009
	6	Шаблон	
	7, 8, 9	Штангенциркуль ШЦ-1-125-0.1	ДСТУ 166:2009
	10	Калібр-пробка	СТП 509.8.92-71
	11	Шаблон Штангенциркуль ШЦ-1-125-0.1	509.8150-4003 ДСТУ 166:2009
	13, 14, 15	Штангенциркуль ШЦ-1-125-0.1	ДСТУ 166:2009
	16	Шаблон	
	17	Калібр-пробка	СТП 509.8.92-71
010	2	Калібр-пробка	СТП 509.8.92-71

2.8 Розрахунок припусків та операційних розмірів

Розрахунок припусків виконуємо для поверхонь, які підлягають неодноразовій механічній обробці. В деталі шків такою поверхнею є внутрішня циліндрична поверхня 11 $\varnothing 28^{+0.021}$. Розрахунок виконуємо за методикою В.М. Кована.

Маршрут обробки даної поверхні: розточування чорнове, розточування чистове, розточування тонке.

З довідкової літератури обираємо для кожного методу обробки, а також для заготовки: значення шорсткості поверхні R_z , значення дефектного шару T .

В залежності від способу встановлення та закріплення деталі на операції розраховуємо значення просторових відхилень. Деталь шків на 005 операції закріплюється в трикулачковому патроні.

Значення просторових відхилень визначаємо за формулою:

$$\rho_d = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{зм}}^2} \quad (2.3)$$

де $\rho_{\text{кор}}$ – величина короблення отвору

$$\rho_{\text{кор}} = \Delta_K \cdot l \quad (2.4)$$

де Δ_K – питома кривизна заготовки, мкм;

l – довжина заготовки, мм

$\rho_{\text{зм}}$ - зміщення отвору

$$\rho_{\text{зм}} = \delta \quad (2.5)$$

$$\rho_d = \sqrt{1600^2 + 88^2} = 1601$$

Просторові відхилення по переходах механічної обробки поверхні визначаємо за формулою:

$$\rho_{\text{зал}} = k_y \cdot \rho_d \quad (2.6)$$

де k_y – коефіцієнт уточнення форми

Просторове відхилення розточування чорнового:

$$\rho_{\text{зал } 1} = 0,06 \cdot 1601 = 96$$

Просторове відхилення розточування чистового:

$$\rho_{\text{зал } 2} = 0,04 \cdot 1601 = 64$$

Просторове відхилення розточування тонкого:

$$\rho_{\text{зал } 3} = 0,02 \cdot 1601 = 32$$

Визначаємо розрахунковий припуск для кожного технологічного переходу за формулою:

$$2z_{i \text{ min}} = 2 \cdot (R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \rho_{i-1}) \quad (2.7)$$

де $R_{z_{i-1}}$ – значеннями шорсткості поверхні на попередньому переході;

T_{i-1} – величина дефектного шару поверхні на попередньому переході;

ρ_{i-1} – значення просторових відхилень поверхні на попередньому переході.

Розрахунковий припуск:

- для розточування тонкого:

$$2z_{3 \text{ min}} = 2 \cdot (20 + 25 + 64) = 218$$

- для розточування чистового:

$$2z_{2 \min} = 2 \cdot (50 + 50 + 96) = 392$$

- для розточування чорнового:

$$2z_{1 \min} = 2 \cdot (200 + 300 + 1601) = 3702$$

Визначаємо розрахунковий розмір для кожного переходу за формулою:

$$d_{p \ i-1} = d_{p \ i} - 2z_{i \ min} \quad (2.8)$$

$$d_{p \ 2} = 28,021 - 0,218 = 27,803 \text{ мм}$$

$$d_{p \ 1} = 27,803 - 0,392 = 27,411 \text{ мм}$$

$$d_{p \ \text{заг}} = 27,411 - 3,702 = 23,709 \text{ мм}$$

Найменший граничний розмір визначаємо за формулою:

$$d_{\min \ i} = d_{\max \ i} - \delta_i \quad (2.9)$$

$$d_{\min \ 3} = 28,021 - 0,021 = 28 \text{ мм}$$

$$d_{\min \ 2} = 27,803 - 0,052 = 27,751 \text{ мм}$$

$$d_{\min \ 1} = 27,41 - 0,13 = 27,28 \text{ мм}$$

$$d_{\min \ \text{заг}} = 23,71 - 0,52 = 23,19 \text{ мм}$$

Найменше граничне відхилення розраховуємо за формулою:

$$2z_{\min \ i}^{\text{рп}} = d_{\max \ i} - d_{\max \ i-1} \quad (2.10)$$

$$2z_{\min \ 3}^{\text{рп}} = 28,021 - 27,803 = 0,218 \text{ мм}$$

$$2z_{\min \ 2}^{\text{рп}} = 27,803 - 27,41 = 0,393 \text{ мм}$$

$$2z_{\min 1}^{\text{rp}} = 27,41 - 23,71 = 3,7 \text{ мм}$$

Найбільше граничне відхилення розраховуємо за формулою:

$$2z_{\max i}^{\text{rp}} = d_{\min i} - d_{\min i-1} \quad (2.11)$$

$$2z_{\max 3}^{\text{rp}} = 28 - 27,751 = 0,249 \text{ мм}$$

$$2z_{\max 2}^{\text{rp}} = 27,751 - 27,28 = 0,471 \text{ мм}$$

$$2z_{\max 1}^{\text{rp}} = 27,28 - 23,19 = 4,09 \text{ мм}$$

Розраховані значення припусків та допусків для внутрішньої циліндричної поверхні зведено в таблицю 2.7.

Таблиця 2.7 – Розрахунок припусків на обробку внутрішньої циліндричної поверхні

Технологічні переходи обробки поверхні	Елементи припуску, мкм			Розрахунковий припуск, мкм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск, мм	Граничний розмір, мм		Граничні відхилення припусків, мм		
	R _z	T	ρ				d _{min}	d _{max}	2z _{min} ^{rp}	2z _{max} ^{rp}	
Заготовка	200	300	1601	-	23,709	0,52	23,19	23,71	-	-	
Розточування чорнове	50	50	96	3702	27,411	0,13	27,28	27,41	3,7	4,09	
Розточування чистове	20	25	64	392	27,803	0,052	27,751	27,803	0,393	0,471	
Розточування тонке	5	10	32	218	28,021	0,021	28	28,021	0,218	0,249	
Всього:								4,311	4,81		

Схему графічного розташування припусків і допусків для внутрішньої циліндричної поверхні 11 Ø28^{+0.021} наведено на рисунку 2.3.

На решту поверхонь деталі шків припуски визначаємо за довідковими таблицями. Вибрані величини припусків подано в таблиці 2.8.

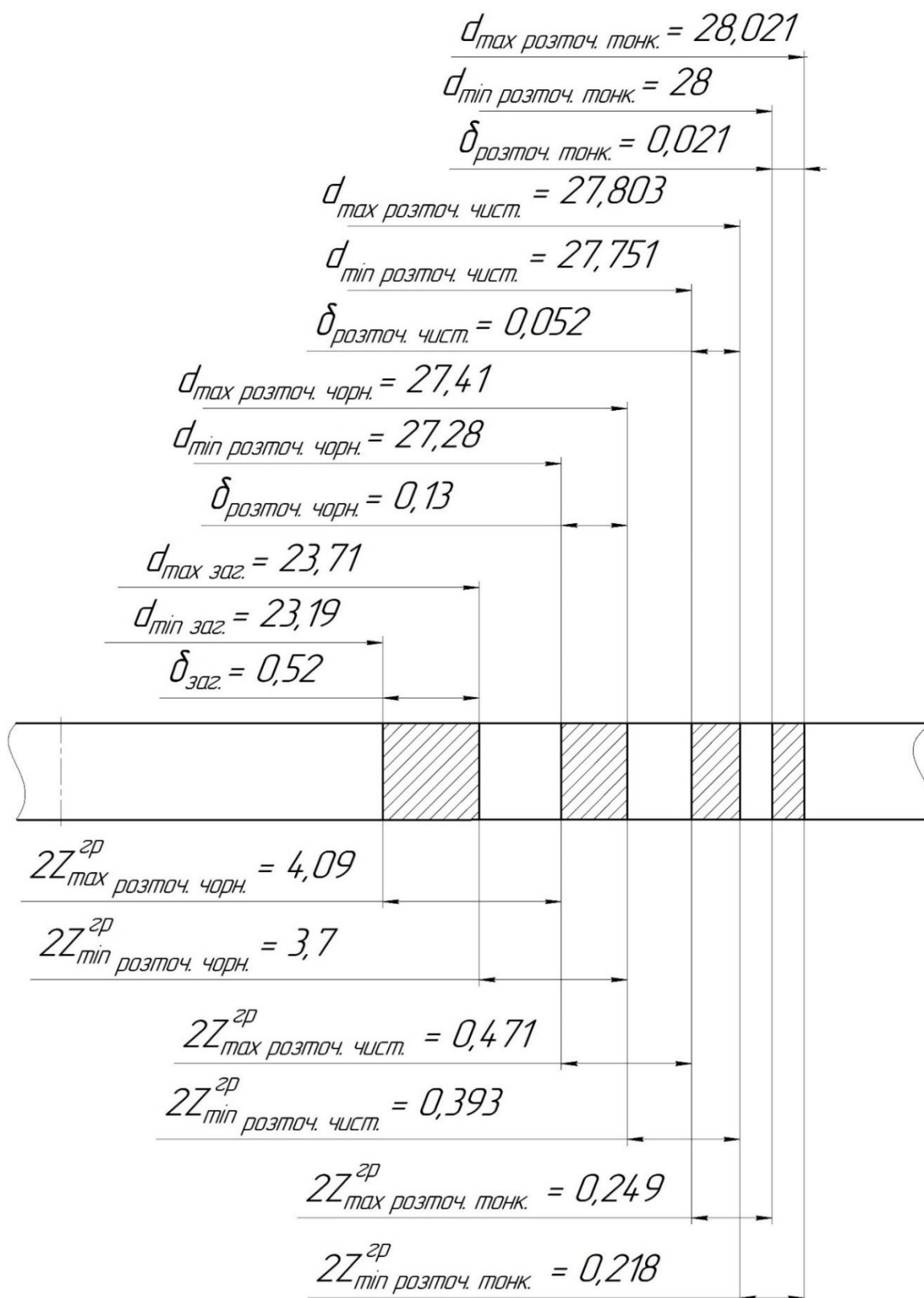


Рисунок 2.3 – Схема графічного розташування припусків і допусків для отвору

$\varnothing 28^{+0,021}$

Таблиця 2.8 – Припуски на поверхні на обробку деталі шків

№ пов-ні	Найменування поверхні	Припуск Z_{\min} , мм	Технологічний допуск, мм
1	2	3	4
1	Торцева	3	0,12
2	Внутрішня циліндрична	5	0,07
3	Внутрішня циліндрична	2	0,036
4	Внутрішня циліндрична	6	0,4
5	Фаска	2	
6	Зовнішня циліндрична	4	0,074
7	Канавка	3	0,2
8	Зовнішня циліндрична	4	0,087
9	Торцева	3	0,12
10	Шпонковий паз	3,3	0,2
11	Внутрішня циліндрична	2,4	0,021
12	Фаска	1	
13	Торцева	3	0,06
14	Зовнішня циліндрична	1,5	0,062

2.9 Розрахунок режимів різання

Виконуємо розрахунок режимів різання для 2 переходу 005 обробної з ЧПУ операції, яка виконується на токарному обробному центрі з ЧПУ моделі ST-10Y Naas. На переході 2 виконується чорнове підрізання торця, який характеризується параметрами: $\varnothing 48_{-0,62}$, $89 \pm 0,43$.

Глибина різання при точінні торця: $t = 2$ мм.

Приймаємо подачу $S = 0,3$ мм/об.

Визначаємо швидкість різання. За даними каталогу токарного різального інструменту виробника Taegutec визначаємо діапазон швидкостей рекомендованих для обробки алюмінієвих деталей різальною пластиною із твердого сплаву K10. Рекомендована швидкість становить 50-300 м/хв. Приймаємо швидкість різання $V = 125$ м/хв.

Частоту розраховуємо за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (2.12)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 125}{3,14 \cdot 48} = 833$$

Приймаємо дійсну частоту $n_d = 800$ об/хв.

Дійсна швидкість різання:

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_d}{1000} \quad (2.13)$$

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 48 \cdot 800}{1000} = 120 \text{ , м/хв}$$

Основний час розраховуємо за формулою:

$$t_o = \frac{L}{S \cdot n} \cdot i \quad (2.14)$$

де L – довжина оброблюваної поверхні вздовж якої виконується подача різця, мм;

i – кількість проходів

$$t_o = \frac{16,4}{0,3 \cdot 800} \cdot 1 = 0,068 \text{ , хв}$$

Виконуємо розрахунок режимів різання для 5 переходу 005 обробної з ЧПУ операції, на якому виконується чистове точіння торців та зовнішньої циліндричної поверхні по контуру. Розміри після обробки поверхонь: $\varnothing 45^{+0,062}$, $\varnothing 116$, $68 \pm 0,06$, $88 \pm 0,07$.

Глибина різання при точінні по контуру: $t = 1$ мм

Приймаємо подачу $S = 0,2$ мм/об.

Приймаємо швидкість різання $V = 135$ м/хв.

Розраховуємо частоту:

$$n = \frac{1000 \cdot 135}{3,14 \cdot 45} = 950 \text{ , об/хв.}$$

Довжина оброблюваної поверхні вздовж якої виконується подача різця:

$$L = \frac{45 - 23,2 + 116 - 45}{2} + 20 + 4 = 70,4 \text{ , мм}$$

Основний час розраховуємо за формулою:

$$t_o = \frac{70,4}{0,2 \cdot 950} \cdot 1 = 0,37 \text{ , хв}$$

Для 2 переходу 010 свердлильно-різбонарізної з ЧПУ операції, що виконується на свердлильно-різбонарізному з ЧПУ верстаті моделі Haas DT-1 розраховуємо режими різання. На вказаному переході відбувається свердління 8 отворів $\varnothing 12^{+0,043}$ послідовно. Глибина обробки складає 65 мм, шорсткість оброблених отворів Ra 2,5.

Глибина різання при свердлінні визначається за формулою:

$$t = 0,5 \cdot D \quad (2.15)$$

$$t = 0,5 \cdot 12 = 6 \text{ мм}$$

Приймаємо подачу $S = 0,3$ мм/об.

Визначаємо швидкість різання за формулою:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot S_p^y} \cdot K_v \quad (2.16)$$

де: $C_V = 40,7$, $q = 0,25$, $y = 0,4$, $m = 0,125$, $T = 35$ хв.

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{EV} \cdot K_{IV} \quad (2.17)$$

де: K_{IV} - коефіцієнт, що враховує довжину оброблюемого отвору.

$$K_v = 1 \cdot 1 \cdot 0,7 = 0,7$$

$$V = \frac{40,7 \cdot 0,012^{0,25}}{35^{0,125} \cdot 0,3^{0,4}} \cdot 0,7 = 52 \text{ м/хв}$$

Крутний момент розраховуємо за формулою:

$$M_{кр} = 0,005 \cdot 12^2 \cdot 0,3^{0,8} \cdot 1 = 0,275 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Осьову сили розраховуємо за формулою:

$$P_o = 10 \cdot 9,8 \cdot 0,012^1 \cdot 0,3^{0,7} \cdot 1 = 0,506 \text{ Н}$$

Частоту розраховуємо за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (2.18)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 52}{3,14 \cdot 12} = 1380 \text{ , об/хв.}$$

Потужність різання визначається за формулою:

$$N_e = \frac{0,186 \cdot 1380}{9750} = 0,026 \text{ , кВт}$$

Основний час при свердлінні:

$$l_{p.x.} = (65 + 2 + 2) \cdot 8 = 552 \text{ мм}$$

$$t_o = \frac{552}{1380 \cdot 0,3} \cdot 1 = 1,35 \text{ , хв}$$

Розрахунок режимів різання по операціям механічної обробки деталі шків наведено в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Режими різання при обробці деталі шків

Номер		t, мм	S _{мм} /об S _{мм} /хв	V м/хв	n, хв. ⁻¹	t _о , хв
опе- рації	пере- ходу					
1	2	3	4	5	6	7
005	2	2	0,3	120	800	9,5
	3	2	0,3	125	345	
	4	1	0,3	125	865	
	5	1	0,2	135	950	
	6	5,8	0,2	125	345	
	7	2	0,25	28	1000	
	8	2,04	0,35	100	1000	
	9	0,235	0,25	125	1100	
	10	0,125	0,15	125	1100	

Продовження таблиці 2.9

1	2	3	4	5	6	7
	11	3,3	0,2	45	435	
	13	2	0,3	125	345	
	14	1	0,2	135	950	
	15	3,8	0,2	125	345	
	16	4	0,08	60	245	
	17	3	0,1	40	850	
010	2	6	0,3	52	1380	1,35

2.10 Технічне нормування операцій

Нормування операцій механічної обробки є важливим етапом в організації виробничого процесу. Від правильності нормування залежить ефективність використання часу, зниження витрат на виробництво та покращення якості продукції. Основною метою нормування є визначення часу, необхідного для виконання конкретної операції обробки, що дозволяє встановити виробничі планування та контроль. У рамках цього процесу визначають різні типи часу, серед яких важливими є штучний та штучно-калькуляційний час.

Штучний час – це час, який витрачається на виконання операції за умови, що всі технологічні умови виконання операції оптимізовані, тобто враховано найкращі умови роботи, включаючи досвід працівників, якість обладнання, а також найбільш ефективні режими різання. Цей час використовується для розрахунку норми виробітку або вартості роботи. Визначення штучного часу зазвичай ґрунтується на використанні таблиць, розроблених на основі досвіду та експериментальних даних.

Штучно-калькуляційний час – це час, що враховує не тільки штучний, але й додаткові корективи, пов'язані з реальними умовами виробництва, такими як зупинки, технічні проблеми, очікування або перевантаження обладнання, перерви на обслуговування тощо. Це реальний час, що відповідає умовам

конкретного підприємства і включає в себе додаткові витрати часу, які неможливо передбачити у стандартних умовах.

Штучно-калькуляційний час є важливим елементом для точнішого розрахунку витрат і визначення реальних можливостей виконання операцій в межах встановлених термінів. Він враховує специфіку технологічного процесу, враховуючи рівень підготовленості і оснащення робочих місць.

Штучний час визначається за формулою:

$$T_{\text{шт}} = t_o + t_{\text{доп}} + t_{\text{ТО}} + t_{\text{орг.об}} \quad (2.19)$$

де t_o – основний час, хв;

$t_{\text{доп}}$ – допоміжний час, хв;

$t_{\text{доп}}$ – час на технічне обслуговування, хв;

$t_{\text{орг.об}}$ – час на організаційне обслуговування, хв.

Основний час – це безпосередньо витрачений на виконання самої операції час, тобто час, коли відбувається зняття стружки різальним інструментом з оброблюваної поверхні.

Допоміжний час – час, необхідний для виконання допоміжних операцій, таких як налаштування обладнання, переналаштування інструментів, заміни інструментів, перевірка якості та інші технічні роботи.

Час на технічне обслуговування - це час на підналагодження обладнання, прибирання стружки, зміну інструменту та ін.

Час на організаційне обслуговування – час на підтримання в робочому стані робочого місця.

Штучно-калькуляційний час визначається за формулою:

$$T_{\text{шт.к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{\text{п}} \quad (2.20)$$

де $T_{\text{пз}}$ – підготовчо-заклучний час, хв;

п – розмір партії деталей, шт.

Підготовчо-заключний час – це час, на підготовку оснащення до операції, та на його приведення до ладу після виконання операції.

З довідкової літератури для 005 та 010 операцій, які виконуються на верстатах з ЧПУ обираємо складові норм часу та заносимо їх до таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Норми часу на обробку деталі шків

№ опер.	t_o , ХВ.	$t_{доп}$, ХВ.	$t_{ГО}$, ХВ.	$t_{орг.об.}$, ХВ.	$t_{від}$, ХВ.	$T_{шт}$, ХВ.	$T_{пз}$, ХВ.	$T_{шт.к}$, ХВ.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
005	9,5	4,62	0,04	0,04	0,04	14,2	12	15,1
010	1,35	1,1	0,02	0,02	0,02	2,51	12	3,41

ВИСНОВКИ

Розроблено технологію механічної обробки деталі шків. З цією метою було виконано аналіз точності та технологічності деталі. Розглянуто матеріал деталі та його хімічний склад, а також обрано спосіб отримання заготовки.

Розроблено маршрут обробки окремих поверхонь деталі та розраховано припуски на механічну обробку. Розроблено маршрут обробки деталі шків та зміст операцій механічної обробки.

Маршрут механічної обробки деталі шків складається з двох операцій які виконуються на верстатах з ЧПУ. На 005 обробній з ЧПУ операції, яка виконується на токарному обробному центрі з ЧПУ моделі ST-10Y Haas деталь оброблюється за два установи. На установі А при закріпленні шківа в патроні шпинделя виконується токарна обробка торців, отворів, зовнішньої циліндричної поверхні та шпонкового пазу, а також свердління отвору. Під час виконання установу Б відбувається автоматичний перезатиск деталі в патроні контршпинделя. Таким чином для механічної обробки стають доступними поверхні з протилежної сторони деталі шків. На установі Б виконується токарна обробка торця, зовнішньої циліндричної поверхні та канавок, а також обробка отвору.

На 010 свердлильно-різьбонарізній з ЧПУ операції, що виконується на свердлильно-різьбонарізному з ЧПУ верстаті моделі Haas DT-1 виконується послідовне свердління восьми отворів.

Розраховано режими різання та норми часу по операціях механічної обробки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Буц Б.Д. Розрахунок режимів різання / Б. Д. Буц, В. Є. Приходько, Ю. В. Ткачов // Навчальний посібник. Д.: РВВ ДНУ, 2005. 76 с.
2. Кіницький Я.Т. Практикум з теорії механізмів і машин: навчальний посібник. Львів: ПТВФ «Афіша», 2002. 454 с.
3. Кваліфікаційна робота за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти : методичні рекомендації з оформлення кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти спеціальності 131 Прикладна механіка / В. А. Мажара, А. І. Гречка, В. В. Свяцький та ін.] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. машинобудування, мехатроніки і робототехніки. Кропивницький : ЦНТУ, 2024. 40 с.
4. Кваліфікаційна робота за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти : метод. рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти спец. 131 «Прикладна механіка» / [уклад. : К. Щербина, В. Шмельов, О. Скрипник, А. Гречка, О. Кузик] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. машинобудування, мехатроніки і робототехніки, каф. матеріалознавства і ливарного виробництва. Кропивницький : ЦНТУ, 2024. 16 с.
5. Костюк В., Валіулін Г., Костюк Є. Прикладна механіка та основи конструювання: навчальний посібник. К.: Кондор, 2018. 226 с.
6. Григурко І. О. Технологія машинобудування. Львів: Новий світ – 2000, 2025. 301 с.
7. Бурек Я., Гурей І. В., Стоцько З. А. Верстатне обладнання: навчальний посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2014. 168 с.
8. Горбатюк С. О., Мазур М. П., Зенкін А. С., Каразей В. Д. Технологія машинобудування: Навчальний посібник. Львів : «Новий світ – 2000», 2009. 358 с.
9. Дідик Р. П., Зіль В. В., Пацера С. Т. Розрахункові операції режимів механічної обробки матеріалів: точіння, свердління, зенкерування, розгортання: навч. посібн. Д.: Національний гірничий університет, 2013. – 196 с.

10. Дідик Р.П., Ткачов Ю.В., Олейниченко В.Г., Мелешик В.А., Савостенко А.В. Методологія визначення параметрів і умов механічної обробки матеріалів: навчальний посібник. Д.: НГУ, 2005. 164 с.
11. Біланенко В.Г., Приходько В.П., Мельник О.О. Проектування технологічних процесів. Частина 1. Оброблення деталей-тіл обертання. [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка», спеціалізацій «Технології машинобудування» та «Технології виготовлення літальних апаратів» /; КПІ ім. Ігоря Сікорського.– Електронні текстові дані (1 файл: pdf - 12,8 Мбайт). Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 232 с.
12. Підгаєцький М.М., Скібінський О.І. Технологія випробувань та сертифікація продукції: навч. посіб. Кіровоград: КНТУ, 2014. 144 с.
13. Shcherbyna K. Kinematics of cutting process while honing holes with a hone with variable geometry of sticks / K. Shcherbyna, A. Hrechka, V. Mazhara, T. Diachenko // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – Кіровоград: КНТУ, 2020. Вип.50. С.159-164.
14. Люльченко О. Дослідження способів обробки точних отворів корпусних деталей / О. Люльченко, О. Скібінський // «Наука - виробництву, 2023 = Наука в ЦНТУ: основні досягнення та перспективи розвитку»: зб. тез доп. здобувачів вищої освіти LVII наук.-техн. конференції, за підсумками проведення «Дня науки – 2023» (20 квітн. 2023 р.). Кропивницький: ЦНТУ, 2023. С. 49-53.
15. Огнар'юв С. Дослідження впливу режимів різання при швидкісному точінні керамічною пластиною з вайпер геометрією на параметри якості оброблюваної поверхні / С. Огнар'юв, О. Скібінський, В. Селехова // Збірник праць молодих науковців ЦНТУ. – Кропивницький: ЦНТУ, 2024. Вип. 14. С. 9-12.
16. Mazhara V.A., Shcherbyna K.K, Maniakin S.P., Filonenko V.V. Efficiency of using turning machining centers // The 4th International scientific and practical conference “Global science: prospects and innovations” (December 1-3, 2023) Cognum Publishing House, Liverpool, United Kingdom. 2023. 216-221 p.

17. Мажара В.А. Система автоматизованого проектування технологічного оснащення/ В.А. Мажара, К.К. Щербина, А.М. Артюхов, С.А. Тененика, І.С. Шестаков // Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – Кропивницький : ЦНТУ, 2024. Вип. 54. С. 12-20.

18. Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання : метод. вказ. до викон. лаб. робіт / А. М. Артюхов, А. Р. Апаракін // М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. технології машинобудування. Кропивницький : ЦНТУ, 2020. 52 с.