

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
«_____» _____ 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему:
**Розробка технології механічної обробки деталі
гвинт УЯИШ.716652.701**

Виконав здобувач вищої освіти 4-го курсу
групи ПМ-22-3
ОПП «Комп'ютерний інжиніринг
технологій, робототехніка і 3D друк»
спеціальності 131 «Прикладна механіка»
_____ Дмитро БЄЛАНОВ

Керівник роботи к.т.н., доцент
_____ Кирил ЩЕРБИНА

Рецензент:

Центральноукраїнський національний технічний університет
Механіко-технологічний факультет
Кафедра машинобудування, мехатроніка і робототехніка
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

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

_____ Андрій ГРЕЧКА
«_____» _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
Беланов Дмитро Вадимович

Тема роботи:

Розробка технології механічної обробки деталі гвинт УЯИШ.716652.701

Керівник роботи:

канд. техн. наук, доцент Кирил ЩЕРБИНА

Затверджено наказом ЦНТУ від _____ 2026 року №

Строк подання роботи до захисту

20 червня 2026 р.

Мета та завдання кваліфікації роботи:

Мета: підвищення продуктивності технологічного процесу для виготовлення деталі гвинт УЯИШ.716652.701

Завдання: обґрунтувати актуальність теми та напрямок розрахунків, провести розрахунок технологічного процесу виготовлення деталі ротор.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання роботи	Примітка
1	Опрацювання навчальної та наукової літератури по тематиці роботи	14.04.2026	
2	Виконання загальної частини	28.04.2026	
3	Виконання конструкторської частини	30.04.2026	
4	Розробка креслеників	30.04.2026	
5	Усунення недоліків після перевірки керівником роботи	12.05.2026	
6	Перевірка роботи на академічний плагіат	02.06.2026	
7	Рецензування роботи	12.06.2026	
8	Захист кваліфікаційної роботи	20.06.2026	

Дата видачі завдання

14 квітня 2026 р.

Здобувач вищої освіти

_____ Дмитро БУША

Керівник роботи

_____ Кирил ЩЕРБИНА

АНОТАЦІЯ

Беланов Д.В. Розробка технології механічної обробки деталі гвинт УЯИШ.716652.701 : кваліфікаційна бакалаврська робота: спец. 131 Прикладна механіка / наук. кер. К.К. Щербина; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. Кропивницький : ЦНТУ, 2026. 76 с.

Креслеників – разом 3 аркушів формату А1

Метою роботи є розробка технологічного процесу виготовлення деталі гвинт УЯИШ.716652.701.

Актуальність роботи полягає в підвищенні продуктивності та зменшення собівартості виготовлення деталі за рахунок використання сучасного обробного обладнання.

В роботі виконано опис вузла та деталі та їх службового призначення, аналіз точності та технологічності, виконано розрахунок режимів обробки, припусків на обробку та нормування операцій.

технологічний процес, режими обробки, ротор , кульково-гвинтовий гідропідсилювач

ANNOTATION

Bielanov D. Developmet of machining technology for screw purt UYAISH.715152.002: qualification work for the education level “Bachelor”: specialty 131 Applied Mechanics / Scientific supervisor K.K. Shcherbyna; Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi: CNTU, 2026. 76 c.

Drawings - a total of 3 sheets of A1 format

The aim of the work is to develop technological equipment for the manufacture of a screw purt UYAISH.716652.701.

The relevance of the work is to increase productivity and reduce the cost of manufacturing the part by using technological equipment with automatic clamping of parts.

The work describes the assembly and the part and their service purpose, analyzes the accuracy and manufacturability, calculates the clamping device in accordance with the acting cutting forces during machining and the control device.

manufacturing process, processing modes, screw purt, ball-screw hydraulic booster

Центральноукраїнський національний технічний університет
Механіко-технологічний факультет
Кафедра «Машинобудування, мехатроніки і робототехніки»

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи на тему:

**Розробка технології механічної обробки деталі
гвинт УЯИШ.716652.701**

КРБ.ПМ.26.23.64.00.00

Виконав здобувач вищої освіти 4-го
курсу групи ПМ-22-3
ОПП «Прикладна механіка»
спеціальності 131 «Прикладна
механіка»

_____Дмитро БЄЛАНОВ

Керівник роботи к.т.н., доцент
_____Кирил ЩЕРБИНА

Кропивницький –2026

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. Загальна частина	8
1.1. Характеристика вузла та деталей, обраних для проектування технологічних процесів.....	8
1.2. Аналіз точності та технологічності деталей.....	20
2. Технологічна частина.....	24
2.1. Аналіз діючих технологічних процесів.....	24
2.2. Вибір заготовок та способу їх виготовлення.....	29
2.3. Вибір методів обробки поверхонь деталей.....	33
2.4. Розробка маршрутів виготовлення деталей.....	35
2.5. Вибір технологічних баз.....	36
2.6. Розробка структури технологічних операцій і вибір обладнання для їх здійснення.....	37
2.7. Вибір затискних пристроїв.....	49
2.8. Вибір різальних інструментів.....	50
2.9. Вибір вимірювальних пристроїв та інструментів.....	54
2.10. Визначення припусків та операційних розмірів деталей.....	59
2.11. Визначення режимів різання.....	65
2.12. Технічне нормування операцій.....	69
Висновки.....	71
Література.....	73

ВСТУП

Головна стратегічна мета розвитку машинобудування — створення високотехнологічного виробничого середовища, орієнтованого на випуск конкурентоспроможної наукоємної продукції та інтеграцію у глобальні ланцюги доданої вартості. Досягнення цієї мети передбачає структурно-технологічну трансформацію галузі на засадах концепції Індустрії 4.0: підвищення рівня автоматизації, впровадження цифрових технологій і забезпечення гнучкості виробничих систем.

Сучасне машинобудівне підприємство має бути адаптивним до змін ринкової кон'юнктури та технологічно мобільним. Це досягається шляхом інтеграції інформаційно-комунікаційних технологій, автоматизованих систем управління виробництвом і цифрових платформ інженерного проєктування.

Ключові напрями реалізації стратегії

Практичне втілення стратегії охоплює комплекс техніко-організаційних заходів:

- технічне переоснащення виробничих потужностей із застосуванням сучасних високопродуктивних обробних центрів;
- модернізацію технологічного обладнання та оновлення основних фондів;
- інтеграцію систем CAD/CAM/CAE для автоматизованого проєктування та технологічної підготовки виробництва;
- впровадження роботизованих комплексів, гнучких виробничих модулів і систем ЧПК, що підвищують точність обробки, скорочують тривалість виробничого циклу та оптимізують ресурсні витрати.

Поряд із технічною складовою критичним чинником ефективності є кадровий потенціал — розвиток інженерних компетентностей і підготовка фахівців, здатних експлуатувати та супроводжувати сучасні автоматизовані технологічні системи. Реалізація цих заходів у комплексі сприятиме зростанню продуктивності праці, розширенню номенклатури продукції та зміцненню експортного потенціалу галузі.

1. Загальна частина

1.1. Характеристика вузла та деталі, обраної для проектування технологічного процесу

Передачі гвинт-гайка застосовуються в механізмах точних переміщень, слідкуючих системах і відповідальних силових передачах. ККД передач кочення без попереднього натягу досягає 0,9, а сили тертя в них залежать від швидкості переміщення. У різьбовій парі, як правило, повністю вибирається зазор і створюється попередній натяг, що забезпечує високу осьову жорсткість конструкції.

Найбільшого поширення серед передач гвинт-гайка кочення набули кулькові передачі. На гвинті та в гайці виконуються гвинтові канавки, що слугують доріжками кочення для кульок. У верстатобудуванні такі передачі виготовляють централізовано за ОСТ 1-1-72-6–81 у широкому діапазоні розмірів: робоча довжина у верстатах зазвичай становить до 2–3 м, максимальна — 7–8 м. Діаметр кульок зазвичай складає 0,6 кроку гвинта. Найбільш поширеним є напівкруглий профіль канавок із радіусом, що перевищує радіус кульок на 3–5 %, і кутом контакту $\alpha = 45^\circ$.

За неприпустимості осьових зазорів гайки з напівкруглим профілем виконують здвоєними, зміщуючи одну відносно іншої в осьовому напрямку за допомогою прокладок або пружин, а іноді шляхом взаємного повороту. Також успішно застосовується профіль «стрілчаста арка», який є складнішим у виготовленні, проте дозволяє створити попередній натяг підбором діаметрів кульок. У передачах із малим ходом гайку подовжують настільки, щоб при крайніх її положеннях кульки не виходили за межі різьби.

У більшості конструкцій кульки переміщуються по замкнутій траєкторії всередині гайки. Викочуючись із різьби, вони повертаються у вихідне положення через обвідні канали, виконані у спеціальних вкладишах, що вставляються у вікна гайки. Кульки при цьому не виводяться з контакту з гвинтом, а перевалюються

через виступ різьби. Зазвичай у гайці передбачають три вкладиші, розташовані під кутом 120° один до одного, що ділять кульки на три незалежно циркулюючі групи.

Робочі поверхні загартовуються до твердості 60 HRC і вище. Гвинти виготовляють зі сталей ХВГ та 7ХГ2ВМ з об'ємним загартуванням, 8ХФ із загартуванням при індукційному нагріві та 20Х3МВФ із азотуванням. Для гайок застосовують сталі 9ХС, ШХ15, ХВГ з об'ємним загартуванням, а також цементовані сталі 18ХГТ, 12ХН3А та інші.

Передачі вимагають високої точності виготовлення. Для забезпечення точності позиціонування коливання моменту сил тертя в різьбі мають бути мінімальними. Захист від забруднень забезпечується гармоніко-подібними міхами та пластмасовими ущільнювальними гайками з двома-трьома випуклими витками по профілю канавок, що кріпляться до кожного торця основної гайки. Допустиме статичне навантаження розраховується за допустимими контактними напруженнями по Герцу в діапазоні 2500–3000 МПа.

Тертя кочення в різьбовій парі може бути реалізоване також у передачах із гвинтом, неспіввісним із гайкою, що вільно обертається на підшипниках кочення. При обертанні гвинта гайка також обертається, але з меншою кутовою швидкістю, оскільки середній діаметр різьби в гайці більший, ніж у гвинта. Відповідне осьове переміщення за один оберт гвинта є значно меншим за крок різьби, що дозволяє отримувати повільні плавні переміщення без проміжних тіл кочення. Разом із тим застосування таких передач обмежується неможливістю забезпечити точне і постійне передавальне відношення, необхідністю спеціального профілювання різьби або взаємного нахилу осей, а також зниженою жорсткістю та несучою здатністю. Для запобігання стрибкоподібній зміні передавального відношення момент опору обертанню гайки має гарантовано бути меншим за момент у різьбі

Кульково-гвинтовий гідропідсилювач моделі ШВГУ 700 є комбінованим механогідравлічним агрегатом, вбудованим у систему рульового керування транспортного засобу. Його основне призначення — перетворення та підсилення керуючого моменту, що прикладається водієм до рульового колеса. Конструктивно вузол поєднує механічний передавальний механізм і гідравлічний

виконавчий контур, завдяки чому забезпечується ефективна передача зусилля до керованих коліс за мінімального фізичного навантаження на оператора.

Функціонально гідропідсилювач забезпечує високоточне керування напрямком руху шляхом трансформації вхідного обертального моменту у вихідне осьове переміщення через кінематичний ланцюг кульково-гвинтової передачі. Така схема передачі руху характеризується підвищеною точністю позиціонування, високою жорсткістю кінематичної системи та стабільністю передавання навантаження в умовах змінних режимів експлуатації.

В основі принципу роботи пристрою лежить взаємодія гвинтової пари з рециркуляцією тіл кочення, що суттєво знижує втрати енергії на тертя ковзання та забезпечує високий ККД механізму. Циркуючі кульки між поверхнями гвинта і гайки зменшують контактні напруження, мінімізують зношування робочих поверхонь і гарантують плавність переміщення виконавчих елементів за мінімального люфту. Це підвищує точність рульового керування, покращує чутливість системи та забезпечує стабільне функціонування механізму в умовах інтенсивних динамічних навантажень.

Гідравлічний контур формує додатковий силовий вплив на виконавчий механізм, що дозволяє значно зменшити керуюче зусилля на рульовому колесі й покращити ергономічні характеристики системи. Демпфувальні властивості робочої рідини забезпечують ефективне поглинання ударних і вібраційних навантажень, що виникають під час руху, позитивно впливаючи на плавність керування та курсову стійкість. Найбільш ефективно гідропідсилювач працює в режимах маневрування на малих швидкостях і при значних кутах повороту керованих коліс — саме тоді, коли навантаження на рульовий механізм є найбільшими.



Рис. 1.1. Кульково-гвинтовий гідропідсилювач ШВГУ 700

Конструкція гідропідсилювачів серії ШВГУ 700 розрахована на експлуатацію у складі рульових систем транспортних засобів із швидкістю руху до 60 км/год і забезпечує необхідні показники міцності, жорсткості та надійності. Технічні характеристики вузла гарантують достатній запас втомної міцності елементів конструкції, довговічність прецизійних поверхонь кульково-гвинтової передачі та стабільність роботи агрегату в умовах тривалих знакозмінних механічних і гідравлічних навантажень. Застосування високоміцних матеріалів, термічно зміцнених робочих поверхонь і прецизійної механічної обробки підвищує ресурс механізму, знижує інтенсивність зношування та підтримує стабільні експлуатаційні параметри впродовж усього терміну служби виробу.

Керування реалізується через комбіновану механогідравлічну систему, у якій механічні передавальні елементи функціонально інтегровані з гідравлічним контуром підсилення зусилля. Така схема забезпечує ефективну передачу керуючого моменту від рульового колеса до виконавчих органів із одночасним

підсиленням потужності за рахунок енергії потоку робочої рідини. Поєднання механічного та гідравлічного принципів дії гарантує високу точність керування, зниження фізичного навантаження на водія та стабільне функціонування системи в широкому діапазоні експлуатаційних режимів.

Для дослідження конструктивної структури агрегату та аналізу взаємодії його функціональних елементів доцільно розглянути гідрокінематичну схему пристрою. Вона відображає взаємозв'язок механічних ланок із гідравлічними виконавчими елементами, характеризує кінематичну послідовність передавання обертового моменту та силових навантажень, а також дозволяє простежити траєкторії руху робочої рідини в магістралях високого та низького тиску. Аналіз схеми дає змогу визначити особливості розподілу гідравлічного тиску між виконавчими порожнинами та оцінити режими функціонування гідропідсилювача в умовах змінних навантажень.

Таким чином, гідрокінематична схема є інструментом для оцінювання ефективності системи підсилення, аналізу характеру взаємодії між механічною та гідравлічною підсистемами і встановлення закономірностей зміни силових і кінематичних параметрів у процесі експлуатації. Отримані дані формують необхідне підґрунтя для подальшого дослідження конструктивних особливостей вузла, оптимізації параметрів його роботи та підвищення надійності рульового механізму транспортного засобу (рис. 1.2).

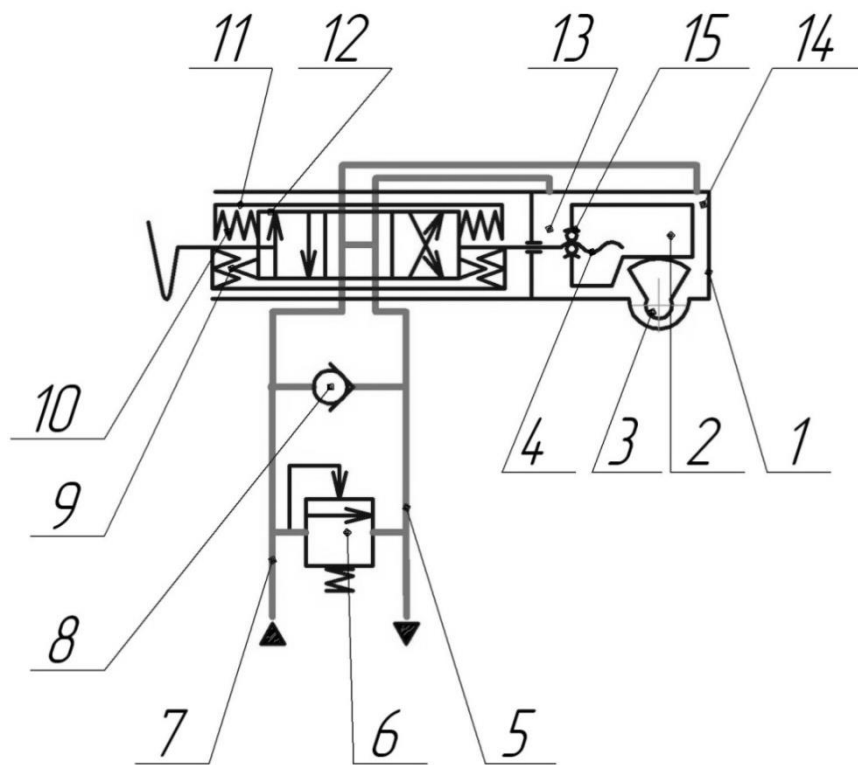


Рис. 1.2. Гідрокінематична схема ШВГУ:

1 – картер; 2 – рейка-поршень; 3 – вал-сектор; 4 – кульково-гвинтова передача; 5 – магістраль зливу; 6 – запобіжний клапан; 7 – магістраль напору; 8 – зворотній клапан; 9 – муфта; 10 – пружний елемент; 11 – зовнішній золотник; 12 – внутрішній золотник; 13, 14 – опозитні порожнини; 15 – гайка кульково-гвинтової передачі.

Кульково-гвинтовий механізм із гідропідсиленням моделі ШВГУ 700 є інтегрованим механогідравлічним агрегатом двосторонньої дії, призначеним для перетворення та підсилення керуючого зусилля в системі рульового керування транспортного засобу. Функціональна структура пристрою поєднує механічні передавальні елементи з гідравлічним силовим контуром, що забезпечує ефективну генерацію та підсилення вихідного крутного моменту. Моноблочне компонування основних вузлів у єдиному картері підвищує жорсткість конструкції, зменшує масогабаритні характеристики агрегату та покращує його експлуатаційну надійність.

До складу гідропідсилювача ШВГУ 700 входить гідравлічний розподільник стежного типу, утворений прецизійною золотниковою парою у вигляді

зовнішнього та внутрішнього золотників, взаємодія яких забезпечує дозоване керування потоками робочої рідини. Конструкція розподільника оснащена торсіонними пружними елементами та обмежувальною муфтою, що визначає допустимий діапазон взаємного кутового зміщення золотникової пари. Гідравлічний контур системи складається з напірної та зливної магістралей, які забезпечують циркуляцію робочого середовища між насосом, розподільником і виконавчими порожнинами механізму.

Клапанна апаратура системи представлена запобіжним і зворотним клапанами. Запобіжний клапан обмежує максимальний робочий тиск і захищає елементи конструкції від перевантажень, тоді як зворотний клапан стабілізує циркуляцію робочої рідини, запобігає кавітаційним явищам і підтримує працездатність системи за умов негативних перепадів тиску. Виконавчий механізм реалізований у вигляді рейкової передачі, що складається з рейки-поршня та зубчастого вала-сектора, які перетворюють поступальне переміщення на кутовий поворот виконавчої ланки рульового механізму.

Ключовим елементом механічної частини є кульково-гвинтова передача, утворена ходовим гвинтом і гвинтовим каналом, інтегрованим у конструкцію рейки-поршня. Тіла кочення в зоні контакту суттєво знижують втрати енергії на тертя, підвищують ККД і мінімізують зношування контактних поверхонь. Робочі порожнини гідропідсилювача сформовані шляхом герметичного розділення внутрішнього об'єму картера поршневою групою на дві ізольовані камери високого та низького тиску, що реалізує двосторонню дію виконавчого механізму.

Агрегат працює на основі комбінованого використання гідростатичного підсилення та механічної передачі зусилля. У штатному режимі основний силовий вплив формується за рахунок перепаду тиску робочої рідини, що забезпечує поступальне переміщення рейки-поршня у внутрішній порожнині картера. Подальше перетворення поступального руху у кутове переміщення виконавчої ланки здійснюється через рейкове зачеплення з валом-сектором. Кульково-гвинтова передача при цьому виконує функцію механічного зворотного зв'язку,

забезпечуючи кінематичну відповідність між вхідним керуючим впливом і вихідним положенням рульового механізму.

У разі деградації або повної відмови гідравлічного контуру система переходить у режим прямої механічної передачі моменту: крутний момент від вхідного вала через ходовий гвинт та обмежувальну муфту безпосередньо передається на рейку-поршень. Для зниження гідравлічного опору в аварійному режимі активується зворотний клапан, який забезпечує вільне перетікання робочої рідини між робочими порожнинами за замкненим контуром. Це унеможливує гідравлічне блокування та зберігає працездатність рульового механізму навіть за повної втрати тиску в системі.

Розподіл потоків робочої рідини здійснюється прецизійною золотниковою парою. Взаємне кутове зміщення золотників формує гідравлічні канали, через які потік спрямовується до відповідної робочої порожнини виконавчого механізму, витісняючи рідину з протилежної камери у зливну магістраль. Кінематична узгодженість системи забезпечується жорстким механічним зв'язком зовнішнього золотника з ходовим гвинтом, що реалізує замкнений контур стежного керування з високими показниками статичної та динамічної точності.

Динамічні характеристики гідропідсилювача визначаються часовою залежністю між вхідним керуючим сигналом і реакцією виконавчого механізму. Величина гістерезису, фазового запізнення та швидкість повернення золотникової пари у нейтральне положення залежать від жорсткості торсіонних елементів і кута вільного ходу обмежувальної муфти. Надмірний кут вільного зміщення або зростання інерційності рухомих елементів погіршують точність відпрацювання керуючого сигналу та знижують динамічну стабільність системи. Підвищення точності досягається мінімізацією кутового люфту муфти й оптимізацією жорсткості пружних елементів, що забезпечує швидке повернення розподільника у вихідне положення після припинення дії керуючого моменту.

Картер агрегату має Т-подібну конфігурацію, утворену спряженням двох циліндричних порожнин. У його робочому об'ємі розташовані ходовий гвинт у зборі з ротором і поршневою групою, які разом із гайкою формують кульково-

гвинтову передачу з високим ККД. Рейка-поршень, кінематично зв'язана з гайкою, входить у зачеплення з валом-сектором, утворюючи силову рейкову передачу. Опорні вузли вала-сектора виконані на базі прецизійних роликових підшипників, що знижує момент тертя та підвищує плавність обертання.

Ротор функціонує як первинна керуюча ланка системи та має евольвентні поздовжні шліци, що взаємодіють зі шліцами внутрішньої поверхні гвинта, утворюючи жорстке з'єднання для передачі крутного моменту. Внутрішня циліндрична поверхня гвинта одночасно є зовнішнім золотником, тоді як прецизійна зовнішня поверхня ротора виконує функцію внутрішнього золотника гідророзподільника. Така інтеграція елементів забезпечує компактність агрегату, зменшення його маси та підвищення точності функціонування системи керування.

До основного картера кріпиться окремий корпус гідророзподільника з системою напірних і зливних каналів та порожнинами для клапанної апаратури. Герметичність гідросистеми забезпечується комплексом ущільнювальних елементів, що запобігають витокам робочої рідини та підтримують стабільний рівень гідростатичного тиску у виконавчих камерах. Рейка-поршень конструктивно виконана у вигляді порожнистого циліндра, внутрішня поверхня якого спряжена з гайкою кульково-гвинтової передачі, а зовнішня — оснащена зубчастими рядами для взаємодії з валом-сектором. Жорстка фіксація гайки відносно рейки-поршня здійснюється клиновим з'єднанням, що забезпечує безлюфтову передачу навантаження, високу жорсткість конструкції та підвищену втомну міцність вузла.

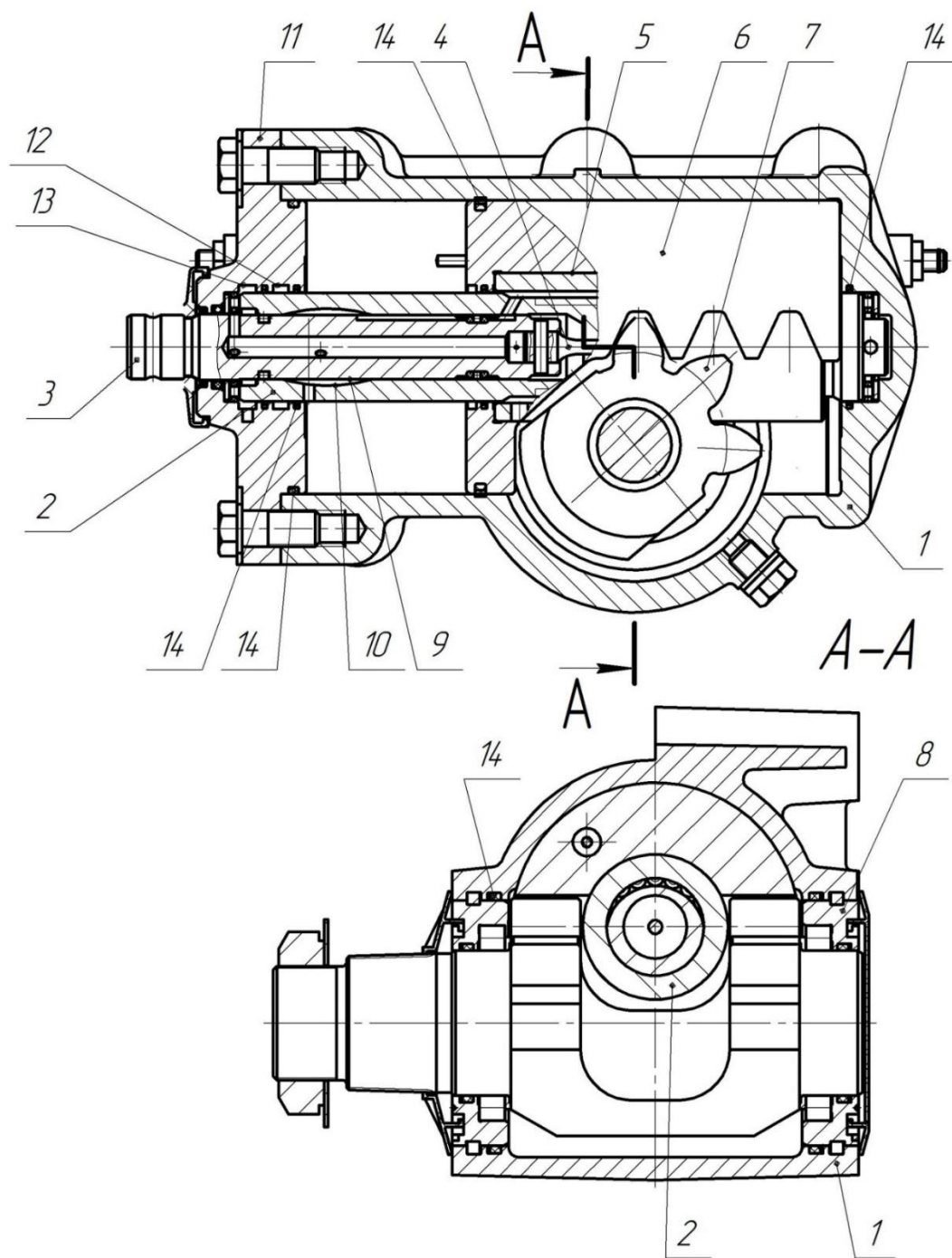


Рис. 1.3. Конструктивне виконання ШВГУ

Внутрішня порожнина гайки містить ходовий гвинт, кінематично пов'язаний із рульовим валом через торсійний елемент, що виконує функцію пружного датчика крутного моменту. Торсіон забезпечує передачу керуючого зусилля з одночасною компенсацією динамічних навантажень і формуванням керуючого сигналу для системи гідравлічного розподілу. Рульовий вал жорстко інтегрований

із ротором гідророзподільника, утворюючи вхідну ланку механогідравлічної системи керування.

Між гвинтовими поверхнями гвинта та гайки розміщено прецизійні сталеві кульки, які функціонують у двох незалежних замкнених контурах рециркуляції. Їх застосування забезпечує високий ресурс роботи, підвищений ККД і реверсивність кульково-гвинтової передачі. Кінцеві ділянки кожної гвинтової канавки сполучені спеціальними напрямними вкладишами, що формують канали повернення тіл кочення у зону силового контакту. У процесі обертання гвинта кульки безперервно рухаються по гвинтовій траєкторії, послідовно проходячи через вхідний вкладиш, рециркуляційний канал і вихідний вкладиш із подальшим поверненням у робочу зону навантаження. Така схема замкненого циклу мінімізує втрати енергії на тертя, знижує контактні напруження, усуває небезпеку заклинювання та підвищує плавність функціонування механізму.

Кінематичне перетворення в системі реалізується шляхом трансформації обертального руху ходового гвинта у поступальне переміщення гайки, жорстко з'єднаної з рейкою-поршнем. Лінійне переміщення рейки-поршня через зубчасте рейкове зачеплення перетворюється на кутовий поворот вала-сектора, вихідний крутний момент якого передається на рульову сошку. Остання здійснює силовий вплив на елементи рульової трапеції, забезпечуючи зміну положення керованих коліс транспортного засобу.

Гвинт УЯИШ 716652.001 належить до деталей класу «порожнистий вал». Основною конструктивною базовою поверхнею є гвинтова канавка з абочинним профілем, через яку гвинт взаємодіє з гайкою посередництвом тіл кочення, утворюючи кульково-гвинтову передачу.

Додатковою основною конструкторською базою слугує зовнішня циліндрична поверхня діаметром $\varnothing 42-0,062$ мм на довжині 102 мм, що взаємодіє з корпусом розподільника. Допоміжними конструкторськими базами є поверхня центрального отвору діаметром $\varnothing 25+0,016$ мм та поверхні шести западин, які забезпечують взаємодію з деталлю «ротор», розміщеною у внутрішній порожнині гвинта. Торцеві поверхні гвинта контактують із роликами торцевих підшипників.

Матеріалом для виготовлення гвинта є цементована сталь марки 18ХГТ. Гвинтова канавка виконана замкнутою; вхід і вихід із неї забезпечуються спеціальними розширеннями, передбаченими на початку та в кінці ходу канавки. На внутрішній циліндричній поверхні центрального отвору сформовано шість радіусних пазів. На зовнішній циліндричній поверхні гвинта виконано комплект радіальних отворів, що забезпечують сполучення робочої рідини з відповідними каналами рульового механізму.

Ескізи деталі гвинт представлений на рис. 1.4.

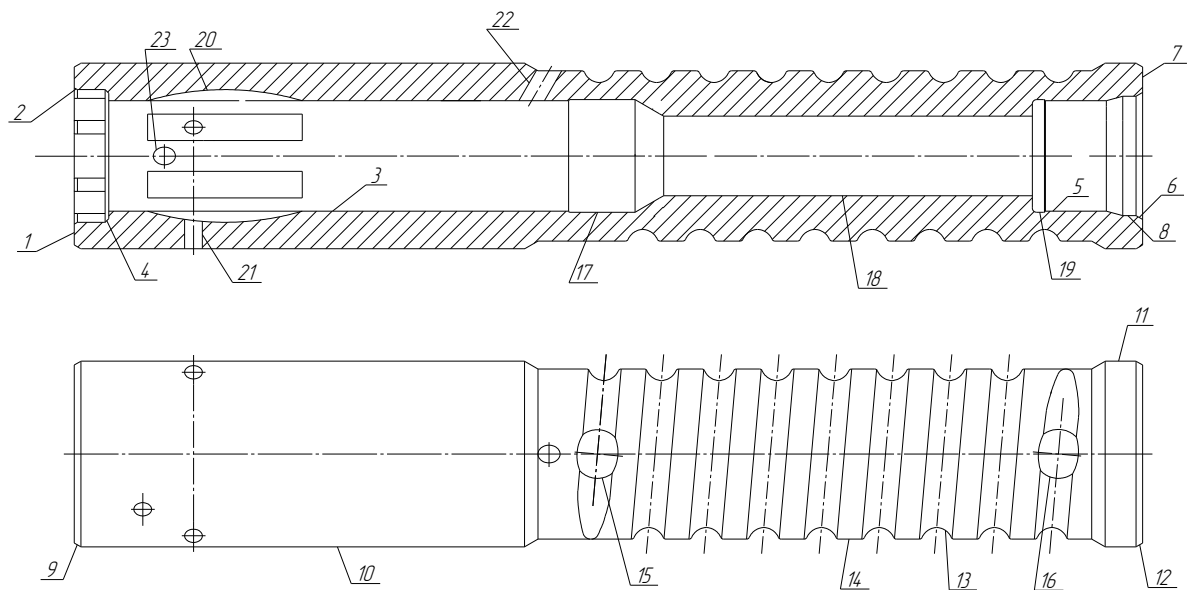


Рис. 1.4. Ескіз деталі гвинт

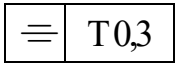
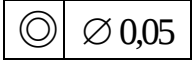
1.2. Аналіз точності та технологічності деталі

Деталь належить до класу тіл обертання з відношенням $L > D$. Для такого класу деталей точність обробки забезпечується базуванням по подвійній напрямній та опорній поверхні. Конструкція деталі включає зовнішні та внутрішні циліндричні поверхні, частина з яких належить до уніфікованих.

Уніфікованими вважаються поверхні, що обробляються за традиційними технологічними процесами. До них належать: торцеві поверхні 1 і 7, отвори (пов. 5, 8, 18, 21, 22, 23), зовнішні циліндричні поверхні (пов. 10, 11, 14), канавки (пов. 17, 19, 25) та пази (пов. 15, 16).

Неуніфікованими є поверхні, обробка яких потребує застосування нетрадиційних методів. До цієї групи належать: поверхні шести шліців (пов. 24), поверхні шести радіусних пазів (пов. 20), зовнішня гвинтова поверхня 13 та внутрішня циліндрична поверхня 3. Перелічені поверхні вимагають спеціальних методів обробки, передбачених відповідним технологічним процесом.

№ пов	Найменування поверхні	Розмір з відхиленням	Геометричні відхилення		Шорсткість поверхні, Ra
			розміщення поверхонь	поверхонь	
1,7	Торцеві поверхні	$242_{-0,1}$	 0,02 П	—	0,4
2	Фаска	$0,7 \times 60^\circ$	—	—	1,6
3	Отвір	$\varnothing 25^{+0,016}$	—	—	0,2
4	Фаска	$0,8 \times 45^\circ$	—	—	3,2
5	Отвір	$\varnothing 25H7^{+0,021}$	—	—	1,6
6	Фаска	$1,5 \times 60^\circ$	—	—	1,6
8	Отвір	$\varnothing 27$	—	—	1,6
9	Фаска	$1,5 \times 30^\circ$	—	—	2,5
10,11	Циліндричні поверхні	$\varnothing 42_{-0,062}$	 0,03 П	—	0,4
12	Фаска	$1,5 \times 30^\circ$	—	—	2,5
13	Гвинтова канавка	$\varnothing 33,2$	—	—	0,2

14	Циліндрична поверхня	$\varnothing 38,5h7_{-0,025}$	—	—	2,5
15,16	Пази	$35,6_{-0,5}$	—	—	2,5
17	Отвір	$\varnothing 25,5$	—	—	3,2
18	Отвір	$\varnothing 18$	—	—	3,2
19	Канавка	$\varnothing 25,5$	—	—	3,2
20	Пази	38_{-1}	—	—	2,5
21	Отвір	$\varnothing 4$	—	—	3,2
22	Отвір	$\varnothing 5$	—	—	3,2
23	Отвір	$\varnothing 4$		—	3,2
24	Пази	$\varnothing 26,3H11^{+0,13}$ $\varnothing 30^{+0,15}$		—	2,5

Технологічність конструкції — це сукупність властивостей виробу, що визначають його пристосованість до досягнення оптимальних витрат при виробництві, експлуатації та ремонті за заданих показників якості, обсягу випуску й умов виконання робіт. Питання технологічності посідають важливе місце серед техніко-економічних вимог до промислових виробів і розглядаються відповідно до ГОСТ 14.205-83.

Аналіз технологічності конструкції деталі здійснюється з урахуванням умов її виробництва: конструктивні особливості та вимоги до якості трактуються як технологічні задачі виробника. До основних показників якості виробу належать безвідмовність функціонування, довговічність, точність з'єднань, рівень шуму, безпека, коефіцієнт корисної дії, зручність і простота обслуговування, ступінь механізації та інші експлуатаційні характеристики.

До кількісного методу оцінки технологічність конструкції застосовують показники, які передбачені ГОСТ 14.203-73. Проведемо розрахунок по деяким з цих показників.

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів деталі:

$$K_{\text{це}} = \frac{Q_{\text{ye}}}{Q_e}$$

(2.1)

де $Q_{ye} = 15$ шт. – кількість уніфікованих елементів деталі;

$Q_e = 24$ шт. – загальна кількість конструктивних елементів.

Підставляючи відомі величини в формулу (6), отримуємо:

$$K_{ye} = \frac{15}{24} = 0,63$$

При $K_{ye} > 0,6$ деталь вважається технологічною

Коефіцієнт точності обробки деталі:

Деталь вважається технологічною по точності, коли коефіцієнт точності обробки $K_{точ} \geq 0,8$. Цей коефіцієнт визначається за формулою:

$$K_{точ} = 1 - 1/A_{cp} \quad (2.2)$$

де A_{cp} – середній квалітет точності обробки, який визначається як :

$$A_{cp} = \frac{\sum A \cdot n_i}{\sum n_i} \quad (2.3)$$

де A – квалітет точності обробки;

n – кількість розмірів, які відповідають даному квалітет, шт.

Підставляючи відомі величини в формулу (2.1.3), отримаємо:

$$A_{cp} = (11 \cdot 14 + 8 \cdot 9 + 4 \cdot 8 + 1 \cdot 5) / 24 = 10,96$$

Підставляючи відомі величини в формулу (2.1.2), отримуємо:

$$K_{точ} = 1 - 1/10,96 = 0,91$$

При коефіцієнті $K_{точ} > 0,8$ деталь вважається технологічною

Визначимо технологічність по коефіцієнту шорсткості поверхні, який повинен прагнути до нуля:

$$K_{ш} = Q_{шн} / Q_{шо} \quad (2.4)$$

де $Q_{шн}$ – кількість поверхонь з необґрунтованою шорсткістю, шт.;

$Q_{шо}$ – загальна кількість поверхонь, які підлягають обробці, шт.

Так як $Q_{шн} = 0$, то $K_{ш} = 0$, таким чином деталь може вважатися технологічною.

Якісний метод оцінки технологічності ґрунтується на практичних рекомендаціях і експертному аналізі конструктивних особливостей деталі. Досліджувана деталь — гвинт УЯИШ 716652.001 — має циліндричну форму і належить до типу «порожнистий вал».

Усі поверхні деталі характеризуються правильною геометричною формою, що забезпечує їх раціональне отримання на етапі виготовлення заготовки. Більшість оброблюваних поверхонь є вільно доступними для ріжучого інструменту, а базові поверхні мають зручну форму та розташування, що спрощує технологічний процес виготовлення. Певні технологічні ускладнення виникають при обробці зовнішньої гвинтової канавки, оскільки ця операція потребує дотримання підвищених вимог до точності та застосування спеціального інструменту, а також при обробці похилих отворів.

Загалом конструкція деталі може бути визнана технологічною. До переважної більшості поверхонь забезпечений вільний підхід ріжучого інструменту, а поверхні з необґрунтовано високими вимогами до точності відсутні. Невідповідальні поверхні обробляються за 14-м квалітетом. При обробці відповідальних поверхонь витримується принцип єдності баз, що мінімізує похибки базування та знижує відсоток браку.

За результатами проведеного аналізу деталь гвинт УЯИШ 716652.701 визнається технологічною.

2. Технологічна частина

2.1 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення деталі гвинт УЯИШ 716652.701

Раціональна організація технологічного процесу виготовлення деталей є визначальним чинником досягнення заданих показників якості, продуктивності та економічної ефективності виробництва. Для деталей підвищеної точності, до яких належить гвинт УЯИШ 716652.701, вибір оптимальної послідовності технологічних операцій, методів базування, схем закріплення та ріжучого інструменту безпосередньо визначає стабільність геометричних параметрів готового виробу та його відповідність конструкторській документації.

Аналіз діючого технологічного процесу є необхідним етапом проєктування вдосконаленого або розробки нового технологічного процесу, оскільки дозволяє виявити наявні недоліки у послідовності обробки, оцінити обґрунтованість вибору технологічного обладнання та оснащення, а також встановити резерви підвищення точності й продуктивності обробки. Особливої уваги потребують операції формування прецизійних поверхонь деталі, зокрема зовнішньої гвинтової канавки з арочним профілем, внутрішніх радіусних пазів і шліцьових поверхонь, що визначають функціональні характеристики кульково-гвинтової передачі в цілому.

У межах даного розділу здійснюється детальний аналіз маршрутного та операційного технологічного процесу виготовлення гвинта, розглядаються застосовувані методи базування та закріплення заготовки, оцінюється відповідність використовуваного обладнання вимогам до точності обробки, а також визначаються напрями вдосконалення технологічного процесу з метою підвищення якості виготовлення деталі та зниження виробничих витрат.

Здійснимо аналіз баз технологічного процесу, який представлений в табл.2.2

Маршрут обробки деталі гвинт УЯИШ 716652.701

Базовий	Проектуємий
005 Токарний верстат з ЧПК 16K20 Точити зовнішню циліндричну поверхню начорно, точити зовнішню циліндричну поверхню напівчисто.	005 Фрезерно-центрувальний МР021Ф4 Фрезерувати торець, розсвердлити отвір, фрезерувати торець, розсвердлити отвір.
010 Токарний верстат з ЧПК 16K20 Точити зовнішню циліндричну поверхню начорно, точити зовнішню циліндричну поверхню напівчисто.	010 HYUNDAI L150Y Проточити зовнішню циліндричну поверхню 1, розточити отвір 2, проточити зовнішню циліндричну поверхню начисто 3, свердлити отвір 4, точити канавку 5, зенкерувати отвір 6, фрезерувати начірно шліци 7, фрезерувати начисто шліци 7.
015 Токарний верстат з ЧПК 16K20 Точити зовнішню циліндричну поверхню начорно, точити зовнішню циліндричну поверхню напівчисто..	015 HYUNDAI L150Y Точити зовнішню циліндричну поверхню 1, нарізати гвинтову канавку 2.
020 Вертикально-свердлильний 2Н135 Свердлити 3 отвори послідовно.	020 Строгальний верстат 6Б75ВФ1 Довбати послідовно 6 пазів.
025 Токарний з ЧПК 16А20Ф3 Точити внутрішню канавку.	025 Шліфувальний верстат 3М227АФ2 Шліфувати отвір, шліфувати торець.
030 Токарний з ЧПК 16А20Ф3 Точити гвинтову канавку аркової форми.	030 Шліфувальний верстат 3М227АФ2 Шліфувати поверхню щіців.
035 Фрезерний ПФ2171С5 Фрезерувати 6 шліців послідовно.	035 Вертикально-свердлильний 2Н135 (хонінгування) Розгорнути отвір
040 Прес П4 Калібрувати отвір.	040 Круглошліфувальний верстат 3М152Ф2 Шліфувати зовнішню поверхню, Шліфувати зовнішню поверхню, Шліфувати зовнішню поверхню
045 Строгальний верстат 6Б75ВФ1 Довбати послідовно 6 пазів.	045 Різьбошліфувальний верстат 5832 Шліфувати гвинтову поверхню

050 Фрезерний 6Т80 Фрезерувати пази від вихідного шліфувального круга.	
055 Вертикально-свердлильний 2Н135 Розгорнути отвір.	
060 Вертикально-свердлильний 2Н135 Розгорнути отвір.	
065 Токарний з ЧПК 16А20Ф3 Розточити отвір і конічну поверхню.	
070 Вертикально-свердлильний 2Н135 Розгорнути отвір.	
075 Внутрішньошліфувальний 3М227 Шліфувати отвір.	
080 Внутрішньошліфувальний 3М227 Шліфувати поверхню шліців.	
085 Круглошліфувальний верстат 3М152Ф2 Шліфувати зовнішню поверхню.	
090 Круглошліфувальний верстат 3М152Ф2 Шліфувати зовнішню поверхню.	
095 Різьбошліфувальний верстат 5832 Шліфувати гвинтову поверхню.	

Проведемо аналіз базового технологічного процесу за штучним часом і коефіцієнтом за таб.2.2

Таблиця 2.3

Характеристика операцій базового технологічного процесу

№ опер.	Верстат	Штучний час $T_{шт}$, хв	Час обробки програми $T_N = T_{шт} \cdot N$, год	Коефіцієнт завантаження $K_3 = T_N / F_{др}$
1	2	3	4	5
001	Стрічково-розрізна пила BS-250 SSV	1,5	7500	2,02
002	Шліфувальний 3Б634	0,5	2500	0,67
005	Токарний 16K20	8,5	42500	11,45
010	Токарний 16K20	9,3	46500	12,53
015	Токарний 16K20	4,52	22600	6,09
020	Вертикально-свердлувальний 2Н125	1,2	6000	1,61
025	Токарний з ЧПК 16А20Ф3	1,84	9200	2,47
030	Токарний з ЧПК 16А20Ф3	10	50000	13,47
035	Фрезерний ГФ2171С5	2,5	12500	3,36
040	Прес П4	2,46	12300	3,31
045	Стругальний 6Б75ВФ1	15,31	76550	20,62
050	Фрезерний 6Т80	3	15000	4,04
055	Вертикально-свердлувальний 2Н125	1,5	7500	2,02
060	Вертикально-свердлувальний 2Н125	1,5	7500	2,02
065	Токарний з ЧПК 16А20Ф3	7,13	35650	9,60
070	Вертикально-свердлувальний 2Н125	2,5	12502	3,36
075	Внутрішньошліфувальний 3М227	1,126	5630	1,51
080	Внутрішньошліфувальний 3М227	180	900000	242,52
085	Круглошліфувальний 3М152	1,1	5500	1,48
090	Круглошліфувальний 3М152	2,7	13500	3,63
095	Різьбошліфувальний 3К228	2,8	14000	3,77

Діючий технологічний процес розроблений відповідно до вимог конструкторської документації та забезпечує виготовлення деталі «Гвинт» з дотриманням усіх регламентованих параметрів точності й якості в умовах

цехового виробництва. Як вихідна заготовка використовується поковка з цементованої сталі 18ХГТ ГОСТ 4543-71.

У процесі обробки дотримується принцип єдності технологічних і конструкторських баз. На всіх етапах — чорнових, чистових і проміжних операціях — деталь обробляється у спеціалізованих пристосуваннях. На токарних операціях 010 та 015 базування здійснюється по зовнішній циліндричній поверхні з упором у торець. На фрезерній операції 050, свердлувальних операціях 055 і строгальній 045 як технологічні бази використовуються зовнішня циліндрична поверхня з упором у торець та отвір, оброблений на токарній операції 015. На круглошліфувальних операціях 085 і 090 базування виконується по центрових отворах з упором в один із торців.

Технологічний процес реалізується на спеціальних високопродуктивних верстатах із поєднанням універсального обладнання токарної, фрезерної та шліфувальної груп і верстатів із числовим програмним керуванням. При цьому застосовуються як стандартні затискні пристрої, так і спеціальне технологічне оснащення, призначене виключно для обробки даної деталі. Переналадження обладнання на інший виріб потребує значних витрат, що обумовлює доцільність розширення частки верстатів із ЧПК у складі технологічного обладнання.

Більшість операцій виконується на верстатах із ЧПК та напівавтоматах, однак операції 020, 055, 060 і 070 реалізуються на універсальних вертикально-свердлильних верстатах. Впровадження верстатів із ЧПК на цих операціях дозволило б суміщати чорнову та чистову обробку кількох поверхонь з однієї установки, підвищуючи продуктивність і точність обробки.

Деталь «Гвинт» містить ряд неуніфікованих поверхонь, обробка яких потребує застосування нетрадиційних методів. Поверхні шести шліців (пов. 24) попередньо фрезеруються, а потім калібруються; поверхні шести радіусних пазів (пов. 20) обробляються довбанням на строгальному верстаті; зовнішня гвинтова поверхня 13 формується точінням на токарному обробному центрі.

Аналіз діючого технологічного процесу свідчить про його відповідність сучасним вимогам до виготовлення аналогічних деталей за показниками точності,

продуктивності та собівартості. Разом із тим виявлено низку суттєвих недоліків. По-перше, використання прутка як вихідної заготовки замість поковки знижує коефіцієнт використання матеріалу та збільшує трудомісткість механічної обробки. По-друге, штучний час обробки отвору (пов. 3) на внутрішньошліфувальній операції 080 на верстаті 3М227 становить близько 180 хв., що зумовлено необхідністю забезпечення високої точності даної поверхні. По-третє, значна частка універсального обладнання в структурі технологічного процесу обмежує можливості інтенсифікації обробки та підвищення її ефективності. Усунення зазначених недоліків є основним напрямом вдосконалення технологічного процесу виготовлення деталі.

2.2. Вибір заготовок та способу їх виготовлення

Метод отримання заготовки визначається призначенням та конструкцією деталі, матеріалом, технічними вимогами, серійністю випуску та ін. Виходячи з цього, для виготовлення заготовки деталі гвинт УЯИШ. 716652.701 найбільш доцільно використовувати технологію гарячого об'ємного штампування (висадку) з трубних заготовок.

Переходи по виготовленню заготовки гвинта представлені на ескізі (Рис. 2.2).

Заготовка труба 45-6 18ХГТ ГОСТ 9941-72

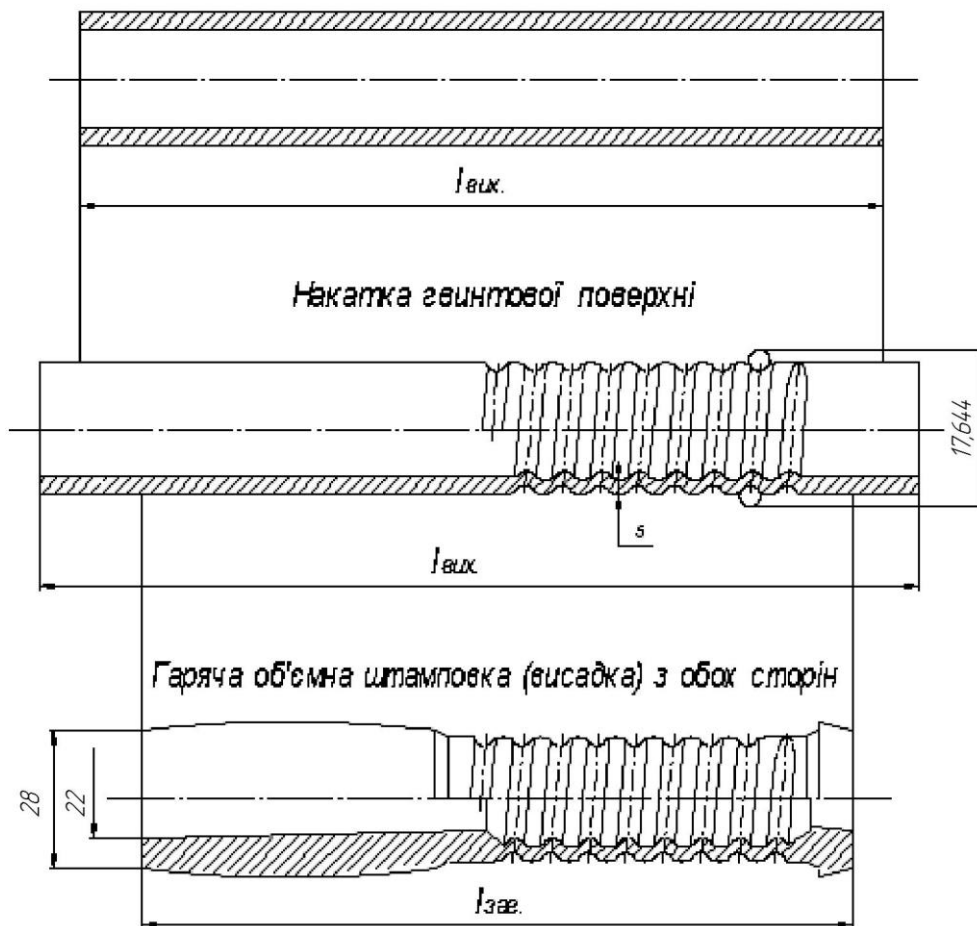


Рис. 2.2. Переходи по виготовленню заготовки гвинта

Хімічний склад та механічні властивості матеріалу деталі гвинт УЯИШ. 716652.701

В якості матеріалу для виготовлення деталі гвинт УЯИШ. 716652.701 приймаємо конструкційну леговану сталь 18ХГТ за ГОСТ 4543-71. Сумарний вміст легуючих елементів в сталі складає 2,5...10%. Сталь 18ХГТ відноситься до групи хромомарганцевих сталей. Ця марка сталі застосовується, як правило, для валів, які працюють при циклічних навантаженнях.

Основний вид термічної обробки – цементация та нітроцементация, які забезпечують високу зносостійкість робочих поверхонь та досить велику статичну міцність. Після цементації слідує загартування при температурі 880...950°C та охолодження на повітрі, далі – низьке відпускання при 200°C.

Таблиця 2.4

Хімічний склад сталі 18ХГТ

Марка сталі	Склад елементів, %				
	C	Mn	Cr	Ti	Si
18ХГТ	0,17...0,23	0,8...1,1	1,0...1,3	≤0,09	0,17-0,37

Таблиця 2.5

Механічні властивості матеріалу деталі

Марка сталі	σ_t , МПа	σ_b , МПа	Твердість НВ	Твердість цементованого шару HRC	Твердість серцевини HRC
18ХГТ	900	1000	156...159	56...62	30...45

Сталь 18ХГТ використовується для деталей, які працюють при великих швидкостях, середніх та високих питомих опорах, при наявності ударних навантажень. Застосовують, коли вимагається висока твердість поверхні та зносостійкість деталей, якщо необхідна досить висока міцність та в'язкість. Вміст хрому в сталі значно зміцнює її та робить важкооброблюваними деталі.

Припуски на обробку та допуски розмірів на поковки сталеві штамповані визначаються по ГОСТ 7505; з вищевказаного джерела визначаємо, що деталь має наступні позначення:

Клас точності поковки – Т4

Група сталі – М2

Ступінь складності – С2

Конфігурація поверхні роз'єму штампа – П (плоска)

Вихідний індекс –10.

Основні припуски на розміри, мм:

2,0 – Ø42 мм та шорсткість поверхні 6,3;

1,0 – Ø25 мм та шорсткість поверхні 0,2;

1,5 – Ø38,5 мм та шорсткість поверхні 2,5;

1,2 – Ø33,2 мм та шорсткість поверхні 0,2;

1,5 – довжина деталі 242 мм та шорсткість поверхні 0,4.

Додаткові припуски, що враховують:

- зміщення по поверхні роз'єму штампа 0,2 мм;
- зігнутість, відхилення від площинності та прямолінійності 0,8 мм.

Розміри поковки та їх допускаємі відхилення:

діаметр $42+(2+0,2+0,8) \times 2 = 48$ мм;

діаметр $25-(1,0+0,2+0,8) \times 2 = 22$ мм;

діаметр $38,5+(1,5+0,2+0,8) \times 2 = 43,5$ мм;

діаметр $33,2+(1,2+0,2+0,8) \times 2 = 37,6$ мм приймаємо 37,5 мм;

довжина $242+(1,5+0,2+0,8) \times 2 = 247$ мм.

Радіус закруглення зовнішніх кутів 2 мм.

Штамповочний нахил 5°.

Допускаємі відхилення розмірів, мм:

Ø 48^{+1,1}_{-0,5}; Ø 22^{+0,9}_{-0,5}; Ø 43,5^{+1,1}_{-0,5}; Ø 37,5^{+0,9}_{-0,5}; довжина 247^{+2,2}.

Допуск довжини стержня – 5 мм.

Допускаєма висота заусенця в площині роз'єму матриць – 0,6 мм.

Допускаєма висота торцевого заусенця – 2,0 мм.

Приведемо економічне обґрунтування вибору методу отримання заготовки.

$$S_{\text{заг}} = \left(\frac{C}{1000} * Q * k_m * k_c * k_b * k_m * k \right) - (Q - q) * \frac{S_{\text{від}}}{1000}$$

де C - базова вартість 1т.заготовки, грн.

Q -вага заготовки

q -вага деталі

Sвід.-вартість 1т. відходів,грн.

$$S_{\text{заг}} = \left(\frac{25000}{1000} * 2 * 1 * 0.444 * 0.81 * 1 * 1.09 \right) - (2 - 1.468) \frac{5000}{1000} = 15.09$$

2.3. Вибір методів обробки поверхонь

Сучасна теорія технології машинобудування розглядає побудову оптимального технологічного процесу виготовлення деталі як цілеспрямований пошук із урахуванням конструктивних, функціональних та економічних особливостей і обмежень, а також специфіки організації та керування виробництвом. Визначальний вплив на більшість цих параметрів має множина маршрутів обробки окремих поверхонь деталі, яка формується виходячи з вимог до точності та шорсткості оброблюваних поверхонь, точності вихідної заготовки з урахуванням копіювання похибок, а також типових маршрутів обробки поверхонь і таблиць економічної точності різних методів обробки.

Позначення поверхонь деталі прийняті відповідно до технологічного креслення. Для кожної поверхні, що передбачає більше одного переходу механічної обробки, призначається кілька альтернативних маршрутів, розрахунок яких виконується згідно з прийнятою методикою. Числові значення економічних допусків і шорсткості поверхонь визначаються відповідно до нормативних джерел. Результати розрахунків зведено до таблиці 2.8.

За результатами виконаних розрахунків для поверхні 3 оптимальним визначено маршрут №2, при якому виконується умова $\varepsilon_{\text{заг}} \leq \Pi \varepsilon_i$, а для поверхні 13 — маршрут №1.

Таблиця 2.8

№ поверхонь	Маршрути обробки	Шорсткість	Економічні допуски		Частні уточнення $\varepsilon_i = \frac{\delta_{i-1}}{\delta_i}$	Загальні уточнення $\varepsilon_{\text{заг}} = \frac{\delta_{\text{заг}}}{\delta_{\text{дет}}}$	Економічна доцільність $\varepsilon_{\text{заг}} \leq \prod_{i=1}^M \varepsilon_i$
			Позначення	Чисельне значення			
1	2	3	4	5	6	7	8
3	Маршрут №1						
	Поковка	-	$\delta_{\text{заг}}$	1,5	-	187,5	$\varepsilon_{\text{заг}} = 9,09 \cdot 3,93 \cdot 2,55 \cdot 1,57 \cdot 1,31 = 187,35$
	Розточування чорнове	6,3	δ_1	0,33	9,09		

	Розточування чистове	3,2	δ_2	0,084	3,93		
	Розточування тонке	1,6	δ_3	0,033	2,55		
	Шліфування чорнове	0,8	δ_4	0,021	1,57		
	Шліфування чистове	0,2	δ_5	0,016	1,31		
Маршрут №2							
	Поковка	-	$\delta_{\text{заг}}$	1,5	-	187,5	$\varepsilon_{\text{заг}} = 9,09 \cdot 6,35 \cdot$ $1,58 \cdot 1,57 \cdot 1,31 =$ $= 187,57$
	Зенкерування чорнове	6,3	δ_1	0,33	9,09		
	Зенкерування чистове	3,2	δ_2	0,052	6,35		
	Шліфування чорнове	1,25	δ_3	0,033	1,58		
	Шліфування чистове	0,63	δ_4	0,021	1,57		
	Алмазне розверчування	0,2	δ_5	0,016	1,31		
1,7	Маршрут №1					10,7	$\varepsilon_{\text{заг}} = 1,72 \cdot$ $6,21 \cdot 1,60$ $= 17,09$
	Поковка	-	$\delta_{\text{заг}}$	1,5	-		
	Розточування чорнове	12,5	δ_1	0,87	1,72		
	Розточування чистове	3,2	δ_2	0,14	6,21		
	Шліфування попереднє	0,8	δ_3	0,087	1,60		
5	Поковка	-	$\delta_{\text{заг}}$	1,5	-	4,55	$\varepsilon_{\text{заг}} = 4,55$
	Свердління	3,2	δ_1	0,33	4,55		
8	Поковка	-	$\delta_{\text{заг}}$	1,5	-	3,26	$\varepsilon_{\text{заг}} = 3,26$
	Свердління	3,2	δ_1	0,46	3,26		
17	Поковка	-	$\delta_{\text{заг}}$	1,5	-	4,55	$\varepsilon_{\text{заг}} = 4,55$
	Свердління	3,2	δ_1	0,3	4,55		
14	Маршрут №1						
	Поковка	-	$\delta_{\text{заг}}$	1,5	-	208,3	

	Обточування чорнове	6,3	δ_1	0,39	6,41		$\varepsilon_{заг} = 6,41 \cdot 6,29 \cdot 1,59 \cdot 1,56 \cdot 2,08 = 208,32$
	Обточування чистове	3,2	δ_2	0,062	6,29		
	Обточування тонке	1,6	δ_3	0,039	1,59		
	Шліфування чорнове	0,8	δ_4	0,025	1,56		
	Шліфування чистове	0,2	δ_5	0,012	2,08		
	Деталь	0,2	δ_d	0,012	-		
Маршрут №2							
	Поковка	-	$\delta_{заг}$	1,5	-	208,3	$\varepsilon_{заг} = 4,03 \cdot 6,2 \cdot 2,56 \cdot 1,56 \cdot 2,08 = 207,55$
	Фрезерування чорнове	6,3	δ_1	0,62	4,03		
	Обточування чистове	3,2	δ_2	0,1	6,2		
	Обточування тонке	1,25	δ_3	0,039	2,56		
	Шліфування чорнове	0,63	δ_4	0,025	1,56		
	Шліфування чистове	0,2	δ_5	0,012	2,08		
19	Поковка	-	$\delta_{заг}$	1,5	-	42,9	42,2
	Розточування чорнове	6,3	δ_1	0,3	5		
	Розточування чистове	3,2	δ_2	0,074	4		
	Шліфування попереднє	0,63	δ_3	0,035	2,11		
21, 22, 23	Поковка	-	$\delta_{заг}$	1,5	-	20	$\varepsilon_{заг} = 20$

2.4 Розробка маршруту виготовлення деталей

Проектування маршруту механічної обробки деталі здійснюється відповідно до загальних принципів побудови технологічних процесів. У першу чергу обробляються поверхні, до яких висунуто найбільшу кількість вимог точності, тобто найбільш значимі конструкторські бази. Від підготовлених на першій операції технологічних баз планується подальша обробка решти

поверхонь, при цьому найточніші та схильні до пошкоджень поверхні обробляються в останню чергу. При формуванні маршруту необхідно прагнути до мінімізації кількості переустановок деталі з верстата на верстат, що знижує похибки базування та скорочує допоміжний час.

З урахуванням зазначених принципів для деталі «Гвинт» УЯИШ.716652.701 на першому етапі обробки формуються торцеві поверхні 1 і 7 та поверхні центрових отворів 2 і 6, які в подальшому використовуються як технологічні бази для обробки інших поверхонь деталі. Послідовність і зміст операцій представлено в таблиці 2.2.

2.5 Вибір технологічних баз

Вибір технологічних баз розпочинається з визначення чорнової бази — бази першої операції технологічного процесу, призначення якої полягає у формуванні технологічних баз для подальших операцій. При її виборі необхідно виходити з умови забезпечення рівномірного знімання припуску з найбільш точних і функціонально важливих поверхонь деталі. Як правило, за першу чорнову базу обирається поверхня найбільшої площі, а сама чорнова база використовується лише один раз.

На наступних операціях механічної обробки дотримуються принципів суміщення та постійності баз. У випадках, коли реалізація принципу єдності баз є неможливою, здійснюється послідовний перехід від менш точної базової поверхні до більш точної.

Деталь «Гвинт» належить до класу тіл обертання з відношенням $L > D$. Схема базування передбачає використання подвійної напрямної бази — зовнішньої циліндричної поверхні або центрових отворів — та опорної бази у вигляді одного з торців деталі. За першу чорнову базу обирається зовнішня циліндрична поверхня заготовки гвинта з використанням однієї зі ступенів як опорної поверхні, що в подальшому не підлягає обробці. На наступних операціях як технологічні бази застосовуються поверхні центрових отворів, а

також інші поверхні, пов'язані розмірними залежностями з центровими отворами.

Вибір технологічних баз здійснюється паралельно з розробкою маршруту обробки деталі відповідно до прийнятої методики.

2.6. Розробка структури та змісту технологічних операцій, вибір обладнання для їх здійснення

З урахуванням річної програми випуску деталі в обсязі 7500 штук найбільш доцільним є застосування гнучкої технології виготовлення з використанням верстатів із числовим програмним керуванням. Такий підхід забезпечує оптимальне поєднання продуктивності та універсальності обладнання, дозволяє суміщати чорнову та чистову обробку кількох поверхонь з однієї установки, скорочує допоміжний час і мінімізує кількість переустановок деталі. Застосування верстатів із ЧПК також підвищує стабільність точнісних параметрів обробки та знижує вплив суб'єктивного чинника на якість готового виробу, що є особливо важливим для деталей із прецизійними поверхнями, до яких належить гвинт УЯИШ.716652.701.

Сформований маршрут обробки деталі відображено в таблиці 2.9. Для скорочення часу на його розробку використовується технологічне креслення деталі, на якому розміщено операційні припуски, номери оброблюваних поверхонь і відповідні розмірні характеристики. Такий підхід забезпечує наочність технологічного рішення, спрощує контроль повноти охоплення всіх оброблюваних поверхонь і полегшує подальше операційне проєктування технологічного процесу.

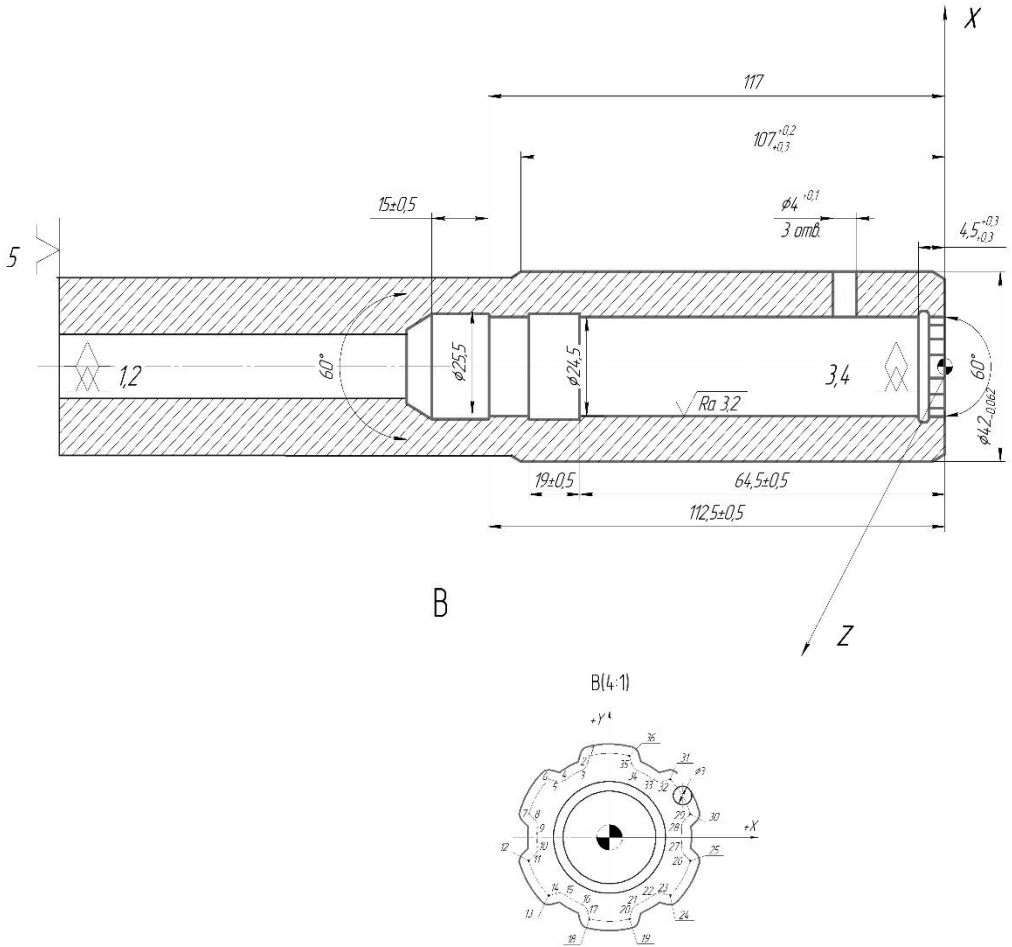
.

Таблиця 2.9

Структура технологічного процесу обробки деталі гвинт УЯИШ 716652.701

№ операції	Найменування та модель верстату	Схема обробки	Зміст операції
1	2	3	4
005 Фрезерно-центрувальна	Фрезерно-центрувальний МР021Ф4	Перехід 02, 03, 04, 05, 06	01. Встановити і закріпити деталь. 02. Фрезерувати торець 7. 03. Розсвердлити отвір начорно 3. 04. Фрезерувати торець 1. 05. Розсвердлити отвір начорно 5. 06. Зенкерувати отвір начисто 3.

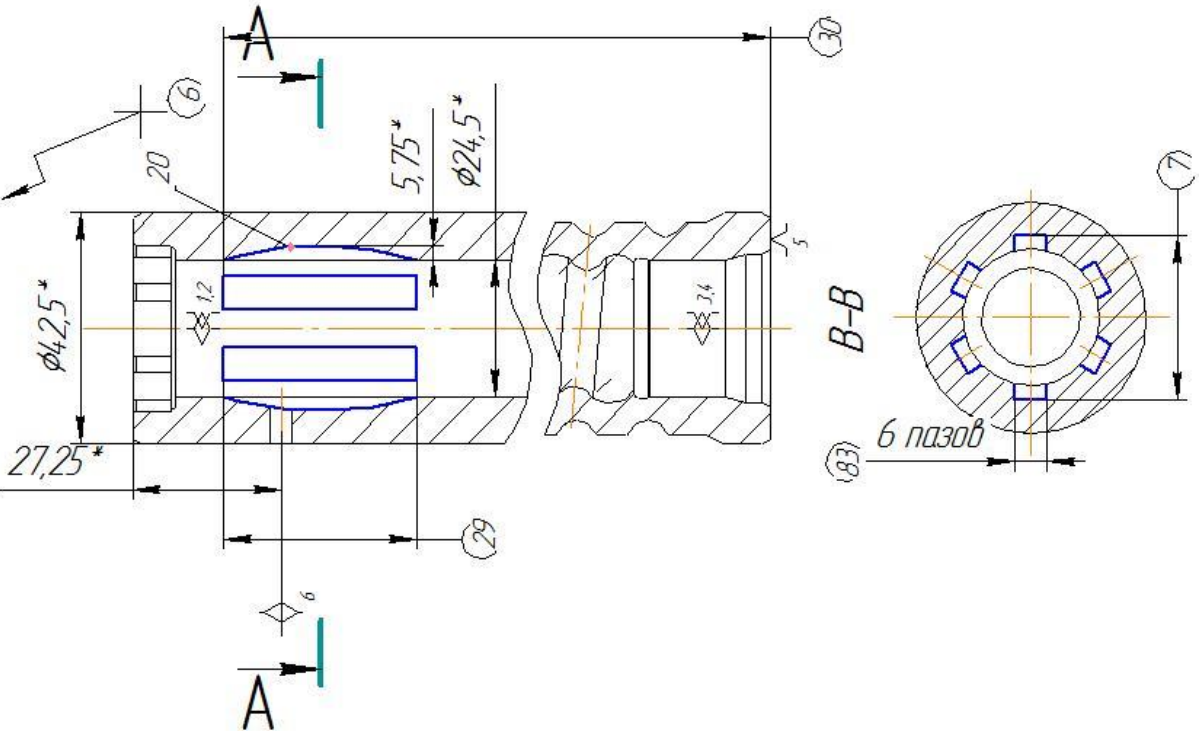
Продовження табл.2.9

1	2	3	4
010 Токарна з ЧПК	Токарна з HYUNDAI L150Y	Перехід 02, 03, 04, 05, 06; 07; 08; 09. 	01.Встановити і закріпити деталь. 02.Проточити зовнішню циліндричну поверхню 1, 03.розточити отвір 2, 04.проточити зовнішню циліндричну поверхню начисто 05, свердлили отвір 4 06 точити канавку 07.Зенкерувати отвір 6. 08. Фрезерувати начірно шліци 7, 09. Фрезерувати начисто шліци7

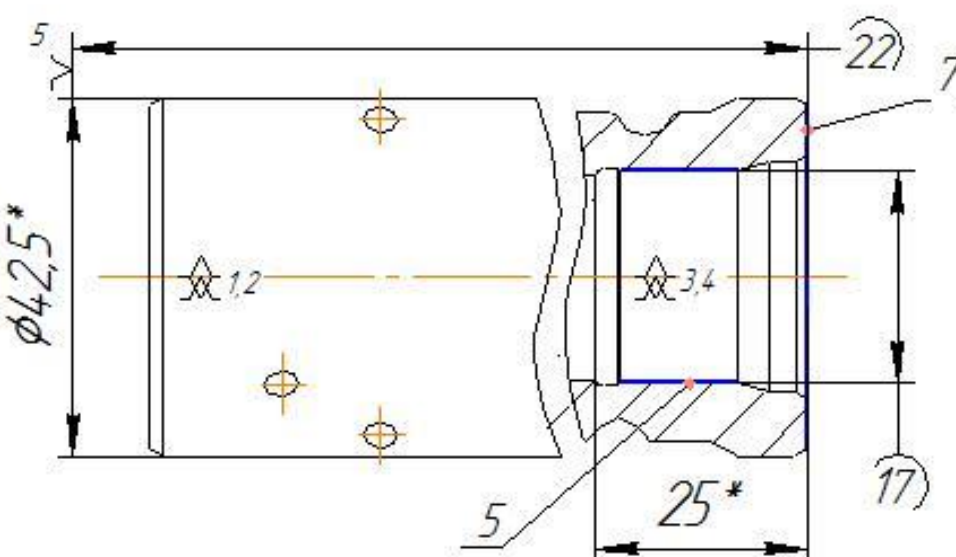
Продовження табл.2.9

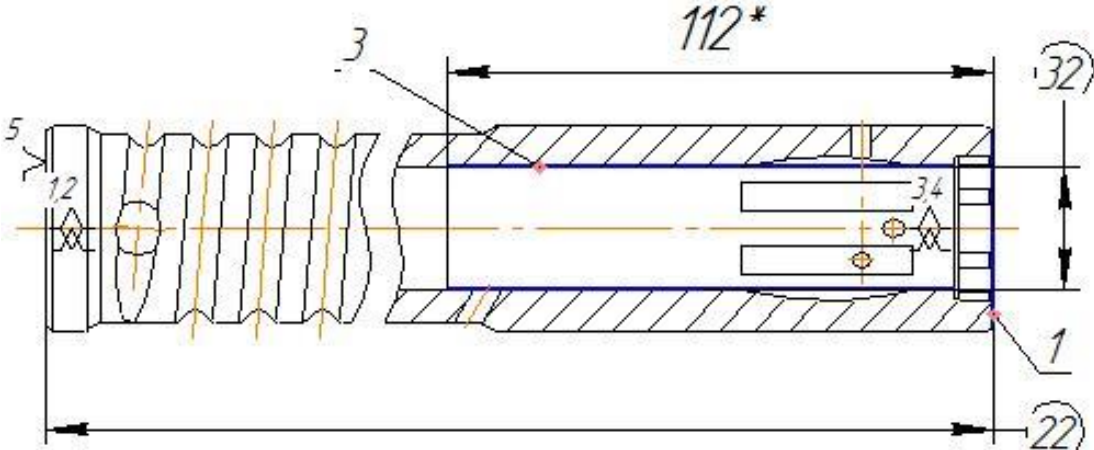
1	2	3	4
015 Токарна з ЧПК	Токарна з HYUNDAI L150Y	Перехід 02, 03, 04; 05; 06;08;09. The side view shows a cylindrical part with a total length of 102 mm. It has a left flange with a radius of R2,5 and a 30° chamfer. The main body has a diameter of φ4,2^{+0,002/-0,002}. A threaded section is located towards the right end, with a length of 104 mm from the start of the thread to the right face. The right face has a radius of R2,5 and a 30° chamfer. A small hole with a diameter of φ3,4 is located on the right side. The part is oriented with X, Y, and Z axes. В (10:1) Профіль гвинтової канавки у нормальному перетині The cross-section B-B shows the profile of the thread. Key dimensions include: - Outer diameter: φ4,2^{+0,002/-0,002} - Thread pitch: P=1,75 - Major diameter: φ4,05 - Minor diameter: φ3,32 - Root radius: R0,32 - Flank angle: 45° ± 10' - Surface finish: Ra0,32 - Material: Шарик 7,144-10 ГОСТ 3722-81 - Surface finish: Ra2,5 - Concentricity: (R3,81^{+0,012/-0,012}) - Profile eccentricity: (Q,17±0,005**)	01. Встановити закріпити деталь. 02. Точити зовнішню циліндричну поверхню 1. 03. Нарізати гвинтову канавку 2.

Продовження табл.2.9

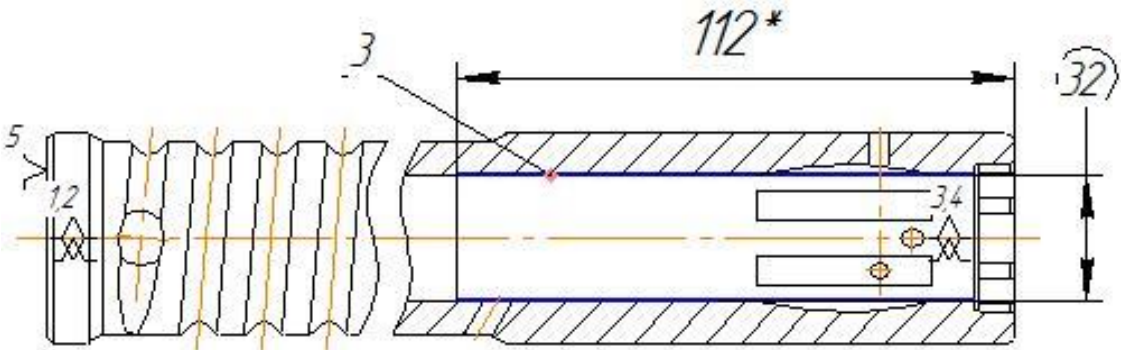
1	2	3	4
020 Строгальна	Строгальний верстат 6Б75ВФ1	Перехід 02  Technical drawing of a mechanical part, showing a cross-section and a detail view. The cross-section shows a cylindrical part with a central hole of diameter $\phi 24,5^*$, a total length of $\phi 42,5^*$, and a shoulder of $5,75^*$. A detail view shows 6 slots of 20 mm width. Dimensions are given in mm with asterisks indicating tolerances.	01. Встановити і закріпити деталь. 02. Довбати послідовно 6 пазів 20.

Продовження табл.2.9

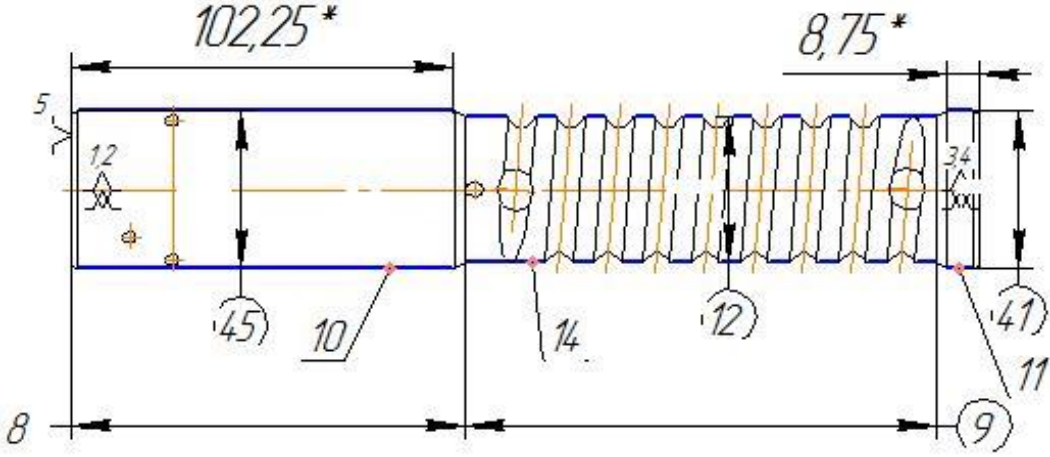
1	2	3	4
025 Внутрішньо-шліфувальна	Шліфувальний верстат 3М227АФ2	Перехід 02, 03 	01. Встановити і закріпити деталь. 02. Шліфувати отвір 5. 03. Шліфувати торець 7.

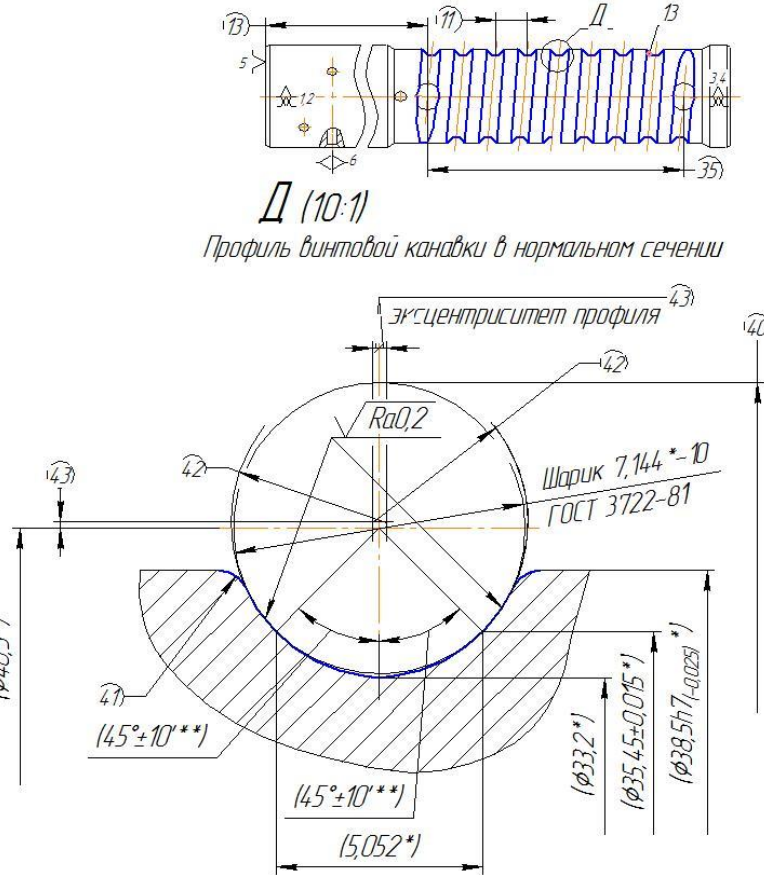
1	2	3	4
030 Внутрішньо-шліфувальна	Шліфувальний верстат 3М227АФ2	Перехід 02, 03 	01.Встановити і закріпити деталь. 02. Шліфувати отвір 3. 03. Шліфувати торець 1.

Продовження табл.2.9

1	2	3	4
035 Алмазне розгортання	Вертикально-свердлильний 2Н135	Перехід 02 	01.Встановити і закріпити деталь. 02. Розгорнути отвір 3.

Продовження табл.2.9

1	2	3	4
040 Кругло- шліфувальна	Кругло- шліфувальний верстат 3М152Ф2	Перехід 02, 03, 04 	01. Встановити і закріпити деталь. 02. Шліфувати зовнішню поверхню 11. 03. Шліфувати зовнішню поверхню 14. 04. Шліфувати зовнішню поверхню 10.

1	2	3	4
045 Різьбо-шліфувальна	Різьбо-шліфувальний верстат 5822	Перехід 02, 	01.Встановити і закріпити деталь. 02.Шліфувати гвинтову поверхню 13.

Деталь «Гвинт» УЯИШ.716652.701 виготовляється в умовах багатосерійного типу виробництва, що висуває конкретні вимоги до складу та характеристик технологічного обладнання. Вибір верстатів здійснюється з урахуванням необхідності забезпечення високої продуктивності обробки, мінімізації собівартості виготовлення та раціонального використання виробничих потужностей.

Основними критеріями вибору обладнання є скорочення машинного та допоміжного часу на виконання операцій, зниження питомої собівартості обробки на одиницю продукції, а також підвищення коефіцієнтів використання верстата за часом роботи, споживаною потужністю та часткою основного технологічного часу у структурі штучного. Дотримання цих критеріїв забезпечує економічну ефективність технологічного процесу в умовах серійного випуску продукції.

З огляду на конструктивні особливості деталі, наявність прецизійних поверхонь і вимоги до точності обробки перевага надається верстатам із числовим програмним керуванням, які забезпечують стабільність геометричних параметрів обробки, можливість суміщення переходів і скорочення кількості установок заготовки. Для окремих операцій, де застосування верстатів із ЧПК є технологічно або економічно недоцільним, передбачається використання спеціалізованого високопродуктивного обладнання. Перелік вибраних верстатів із зазначенням відповідних операцій наведено в таблиці 2.9

Таблиця 2.9

Металорізальне обладнання для обробки деталі гвинт УЯИШ 716652.701

№ оп.-ції	Назва і модель верста-та	КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА						Розмірна характеристика		
		Діапазон частот об.шпін-деля, об/хв.	Діапазон подачі мм/хв..	Габаритні розміри верста-та, мм	Маса верста-та, т	Потужність ел./дв, кВт	Число УРЕ	Макс роз.-р оброб. деталі	Макс діам. свердління мм	Розміри стола
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
005	Фрезерно-центрувальний МР021Ф4	125...712	200...300	2435×1265×1890	3,1	7,5	6	250	30	-
010 015	Токарний верстат HYUNDAI L150Y	50...6000	50...2000	2405х1650х1870	4,4	15	-	530	240	600
020	Строгальний верстат 6Б75ВФ1	40-2240	10-600	3700×1975×1695	1,45	1,5	-	320	-	200×500
025 5-030	Внутрішньо-шліфувальний 3М227АФ2	55-620	0,05-5	3754×4675	4,5	11	25	500	260	-
035	Вертикально-свердлильний 2Н135	31,5-1400	повзд. .25-1250 верт. 8,3-416,6	1500×1250×2120	1,5	11,0	13	280	35	400х1600
040	Круглошліфувальний 3М152Ф2	50-500	0,05-5	4600×2400	4,5	7,5	25	700	200	-
045	Різьбошліфувальний 5822	25-500	-	3760×2350×2150	7	10,0	-	700	-	-

2.7. Вибір затискних пристроїв

Тип і конструктивне виконання затискних пристроїв для кожної технологічної операції визначаються з урахуванням прийнятої схеми базування деталі, вимог до точності обробки, характеру технологічних переходів і типу виробництва. Основне призначення затискних пристроїв полягає у забезпеченні надійного встановлення та закріплення заготовки в процесі механічної обробки із збереженням її заданого положення відносно різального інструменту і виключенням можливих зміщень під дією сил різання.

При виборі конструкції затискного пристрою враховуються геометрична форма деталі, її маса, жорсткість, характер оброблюваних поверхонь, величина та напрямок сил різання, а також необхідність забезпечення вільного доступу різального інструменту до зони обробки. Особлива увага приділяється забезпеченню достатньої жорсткості системи «верстат–пристрій–заготовка–інструмент», що безпосередньо визначає точність механічної обробки, стабільність технологічного процесу та якість поверхневого шару готового виробу.

В умовах серійного виробництва доцільним є застосування спеціалізованих або універсально-налагоджуваних пристроїв, що забезпечують скорочення допоміжного часу, підвищення продуктивності та повторюваності параметрів обробки. При виконанні високоточних операцій або багатопозиційній обробці на верстатах із ЧПК використовуються пристрої підвищеної точності з механізованими або гідравлічними затискними елементами, що гарантує стабільність базування та мінімізує похибки переустановлення деталі.

Конструкція затискних пристроїв має також відповідати вимогам технологічності експлуатації: забезпечувати зручність установаження та зняття заготовки, безпечність роботи оператора й можливість інтеграції з наявним металорізальним обладнанням. Вибрані затискні пристрої та їх технічні характеристики наведено в таблиці 2.12.

.

Таблиця 2.12

№ операції	Найменування пристрою	Стандарт	Рід приводу
005	Призми затискні	Спец.	Електромеханічний
010	Патрон відцентровий	Спец.	Інерційний
015	Патрон відцентровий	Спец.	Інерційний
020	Затискне пристосування	Спец.	Пневматичний
025	Цанговий патрон	Спец.	Пневматичний
030	Цанговий патрон	Спец.	Пневматичний
035	Затискне пристосування	Спец.	Механічний
040	Затискне пристосування	Спец.	Автоматичний
045	Затискне пристосування	Спец.	Автоматичний

2.8. Вибір різальних інструментів

Вибір різального інструменту для кожного технологічного переходу здійснюється з урахуванням методу та стадії механічної обробки, типу виробництва, фізико-механічних і хіміко-технологічних властивостей матеріалу заготовки, а також характеристик інструментального матеріалу — його міцності, зносостійкості та стійкості в умовах термомеханічних навантажень. Додатково беруться до уваги геометричні параметри оброблюваних поверхонь, величини припусків, режими різання, вимоги до точності й шорсткості поверхневого шару та продуктивність технологічного процесу в цілому.

На чорнових операціях перевага надається інструменту з підвищеною міцністю та зносостійкістю, розрахованому на роботу при значних подачах і глибинах різання. Для чистових і фінішних переходів застосовується високоточний різальний інструмент, що забезпечує стабільність геометричних параметрів і необхідну якість оброблюваних поверхонь. Визначальними критеріями вибору інструментального матеріалу є теплостійкість, стійкість різальної кромки до пластичної деформації та ефективність відведення теплоти із зони різання.

У базовому технологічному процесі використовується як стандартний різальний інструмент, виготовлений відповідно до вимог державних стандартів,

так і сучасний високопродуктивний інструмент виробництва TaeguTec. Застосування інструменту цього виробника зумовлене його високими експлуатаційними характеристиками: підвищеною стійкістю різальних пластин, точністю геометрії та здатністю ефективно працювати в режимах високошвидкісної та високопродуктивної обробки. Використання сучасного твердосплавного інструменту підвищує продуктивність механічної обробки, забезпечує стабільність режимів різання та покращує якість поверхневого шару деталей.

При виборі різального інструменту також враховуються конструктивні особливості металорізального обладнання, тип затискного оснащення, доступність інструменту до оброблюваних поверхонь і можливість його автоматизованої зміни на верстатах із ЧПК. Раціональний підбір інструментального оснащення сприяє зниженню трудомісткості обробки, скороченню допоміжного часу та підвищенню загальної ефективності технологічного процесу. Технічні характеристики вибраного різального інструменту для механічної обробки поверхонь деталей гвинт наведено в таблиці 2.13.

Таблиця 2.13

Ріжучий інструмент для механічної обробки деталі

Номер		Назва інструменту	Стандарт на конструкцію інструменту (код)	Ріжуча частина	
Операції	Переходу			Матеріал	Стандарт
1	2	3	4	5	6
005	1	Фреза торцева	ГОСТ 13785-68	T15K6	ГОСТ 3882-74
	2	Зенкер Ø17,4	ГОСТ 12489-71	T15K6	ГОСТ 3882-74
	3	Зенкер Ø18	ГОСТ 12489-71	T15K6	ГОСТ 3882-74
	4	Зенкер Ø24	ГОСТ 12489-71	T15K6	ГОСТ 3882-74
	5	Зенкер Ø24,7	ГОСТ 12489-71	T15K6	ГОСТ 3882-74
	6	Зенкер Ø26,4	ГОСТ 12489-71	T15K6	ГОСТ 3882-74
	7	Зенкер Ø27	ГОСТ 12489-71	T15K6	ГОСТ 3882-74
	8	Фреза торцева	ГОСТ 13785-68	T15K6	ГОСТ 3882-74
	9	Зенкер Ø23,8	ГОСТ 12489-71	T15K6	ГОСТ 3882-74
	10	Зенкер Ø24,5	ГОСТ 12489-71	T15K6	ГОСТ 3882-74
010	1	Різець прохідний	WNMG 060404 FG MWLNL 1616 HO6	TT1500	ISO P10
	2	Різець розточний	WNMA 060408 MWLNR 2020K08	TT1500	ISO P10
	3	Різець підрізний	SCMT 09T308FG SCLCR 0808F06	TT1500	ISO P10

Продовження таблиці 2.11

1	2	3	4	5	6
	4	Різець розточний	DNMG 110404 FC VDQNR 2020R15	TT1500	ISO P10
	5	Різець канавочний	TSC3 TTFPR 25303	TT1500	ISO P10
	6	Зенкер Ø25	TMTECQ 1010D32 1.0 ISO	TT1500	ISO P10
	7	Свердло Ø8,3	SHD 5083	TT1500	ISO P10
	8	Різець розточний	DNMG 150604MC	TT1500	ISO P10
	9	Фреза Ø3	NES 4030	TT1500	ISO P10
015	1	Різець прохідний упорний	TNMM 160408RH CTGPR 1212F11	TT1500	ISO P10
	2	Зенкер Ø23,3	TMTECQ 1010D32 1.0 ISO	TT1500	ISO P10
	3	Різець розточний	DNMG 150604MC	TT1500	ISO P10
	4	Різець розточний	CKJNR 2020K16	TT1500	ISO P10
	5	Різець канавочний	TDA 6.00-3.00 TGEUR 1616-3	TT1500	ISO P10
020	1	Строгальний різець	ГОСТ 18891-73	T15K6	ГОСТ 3882-74
025	1	Круг шліфувальний ПП20х25х8 24А	ГОСТ 2424-83	Електро- корунд	ГОСТ 8768-78
	2	Круг шліфувальний ЧЦ100х50х20 15А	ГОСТ 2424-83	Електро- корунд	ГОСТ 8768-78
030	1	Круг шліфувальний ПП20х24,8х8 24А	ГОСТ 2424-83	Електро- корунд	ГОСТ 8768-78
	2	Круг шліфувальний ЧЦ100х50х20 15А	ГОСТ 2424-83	Електро- корунд	ГОСТ 8768-78
035	1	Хонінгувальна головка 25х100 АС16 80/63	-	Електро- корунд	ГОСТ 8768-78
040	1	Круг шліфувальний ПП40х8х13 24А СМК	ГОСТ 2424-83	Електро- корунд	ГОСТ 8768-78
045	1	Круг шліфувальний ПП20х8х13 24А СМК	ГОСТ 2424-83	Електро- корунд	ГОСТ 8768-78

2.9. Вибір вимірювальних пристроїв та інструментів

Вибір засобів технічного контролю для операцій контролю якості деталей здійснюється з урахуванням необхідної точності вимірювання, геометричних параметрів і характеристик контрольованих поверхонь, типу виробництва та особливостей організації технологічного процесу. Основною метою технічного контролю є забезпечення відповідності геометричних параметрів, форми, взаємного розташування поверхонь і параметрів шорсткості вимогам конструкторської документації та умовам експлуатації деталей у складі механогідравлічного вузла.

При виборі контрольно-вимірювальних засобів враховуються допустимі похибки вимірювання, діапазон контрольованих розмірів, конфігурація вимірюваних поверхонь, вимоги до продуктивності контролю та можливість застосування засобів вимірювання в умовах серійного виробництва. Для контролю лінійних і діаметральних розмірів застосовуються універсальні вимірювальні інструменти — штангенциркулі, мікрометри, індикаторні прилади, нутроміри та калібри. Перевірка параметрів взаємного розташування поверхонь, співвісності, биття та точності профілю здійснюється за допомогою спеціалізованих контрольно-вимірювальних пристроїв та індикаторних систем.

Особлива увага приділяється забезпеченню необхідної точності вимірювання функціонально відповідальних поверхонь деталей «Ротор» та «Гайка», які працюють в умовах підвищених контактних і динамічних навантажень. Для контролю поверхонь із підвищеними вимогами до точності та шорсткості використовуються високоточні вимірювальні засоби, що мінімізують похибки контролю та забезпечують достовірність результатів вимірювання.

В умовах серійного виробництва важливим чинником є також висока продуктивність контрольних операцій, можливість оперативного контролю параметрів безпосередньо на робочому місці та зниження трудомісткості технічного контролю. Раціональний вибір засобів вимірювання сприяє підвищенню стабільності технологічного процесу, своєчасному виявленню

відхилень від заданих параметрів і забезпеченню необхідного рівня якості готової продукції.

Таблиця 2.14

Вимірювальний інструмент і контрольні пристрої для деталей

Номер		Параметр деталі, який контролюється	Найменування вимірювального інструменту	Стандарт на конструкцію
Опе- рацій	Пере- ходу			
1	2	3	4	5
005	1	□ 0,1 ↗ 0,5 10 137±0,5	Індикатор Пристосування для контролю- вання допуску биття Штангенциркуль ШЦ 1-160 _{-0,05}	ГОСТ 9696-82 Спец. ГОСТ 166-89
	2	Ø24 ^{+0,4}	Калібр-пробка	СТП 23.113. 01.073-78
	3	0,1 ◎ 0,2 10 Ø24,7^{+0,13}	Індикатор Пристосування для контролю- вання допуску співвісності Калібр-пробка	ГОСТ 9696-82 Спец. СТП 23.113. 01.073-78
	4	Ø26,4 ^{+0,4}	Калібр-пробка	СТП 23.113. 01.073-78
	5	0,1 ◎ 0,2 10 Ø27^{+0,05}	Індикатор Пристосування для контролю- вання допуску співвісності Калібр-пробка	ГОСТ 9696-82 Спец. СТП 23.113. 01.073-78
	6	□ 0,1 ↗ 0,5 10 242,5-0,4	Індикатор Пристосування для контролю- вання допуску биття Штангенциркуль ШЦ 1-250 _{-0,05}	ГОСТ 9696-82 Спец. ГОСТ 166-89
	7	Ø23,8 ^{+0,4}	Калібр-пробка	СТП 23.113. 01.073-78

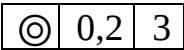
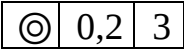
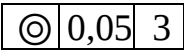
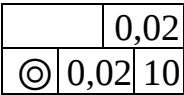
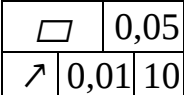
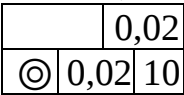
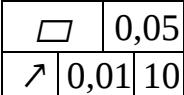
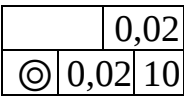
Продовження таблиці 2.12

1	2	3	4	5				
005	8	<table><tr><td></td><td>0,1</td></tr><tr><td>◎</td><td>0,2 10</td></tr></table> Ø24,5 ^{+0,2}		0,1	◎	0,2 10	Індикатор Пристосування для контролю- вання допуску співвісності Калібр-пробка	ГОСТ 9696-82 Спец. СТП 23.113. 01.073-78
	0,1							
◎	0,2 10							
010	1	Ø44,5 _{-0,4}	Калібр-пробка	СТП 23.113. 01.073-78				
	2	<table><tr><td></td><td>0,1</td></tr><tr><td>↗</td><td>0,03 П</td></tr></table> Ø43,1 _{-0,2}		0,1	↗	0,03 П	Індикатор Пристосування для контролю- вання допуску биття Калібр-скоба	ГОСТ 9696-82 Спец. СТП 23.113. 078-78
		0,1						
	↗	0,03 П						
	3	Ø40,5 _{-0,3}	Калібр-скоба	СТП 23.113. 078-78				
	4	<table><tr><td></td><td>0,1</td></tr><tr><td>↗</td><td>0,03 П</td></tr></table> Ø39,1 _{-0,2}		0,1	↗	0,03 П	Індикатор Пристосування для контролю- вання допуску биття Калібр-скоба	ГОСТ 9696-82 Спец. СТП 23.113. 078-78
	0,1							
↗	0,03 П							
5	Ø44,5 _{-0,4}	Калібр- скоба	СТП 23.113. 078-78					
6	<table><tr><td></td><td>0,1</td></tr><tr><td>↗</td><td>0,03 П</td></tr></table> Ø43,1 _{-0,2}		0,1	↗	0,03 П	Індикатор Пристосування для контролю- вання допуску биття Калібр- скоба	ГОСТ 9696-82 Спец. СТП 23.113. 078-78	
	0,1							
↗	0,03 П							
015	1	Ø25,5 ^{+0,1}	Нутромір	ГОСТ 9244-75				
020	1	<table><tr><td></td><td>0,1</td></tr><tr><td>↗</td><td>0,03 П</td></tr></table> Ø42,5 _{-0,1}		0,1	↗	0,03 П	Індикатор Пристосування для контролю- вання допуску биття Калібр-скоба	ГОСТ 9696-82 Спец. СТП 23.113. 078-78
	0,1							
↗	0,03 П							

Продовження таблиці 2.12

1	2	3	4	5				
020	2	<table><tr><td></td><td>0,1</td></tr><tr><td>↗</td><td>0,03 П</td></tr></table> Ø38,75 _{-0,1}		0,1	↗	0,03 П	Індикатор Пристосування для контролю- вання допуску биття Калібр-скоба	ГОСТ 9696-82 Спец. СТП 23.113. 078-78
		0,1						
	↗	0,03 П						
	3	<table><tr><td></td><td>0,1</td></tr><tr><td>↗</td><td>0,03 П</td></tr></table> Ø42,5 _{-0,1}		0,1	↗	0,03 П	Індикатор Пристосування для контролю- вання допуску биття Калібр-скоба	ГОСТ 9696-82 Спец. СТП 23.113. 078-78
		0,1						
	↗	0,03 П						
	4	36,5 _{-0,5}	Штангенциркуль ШЦ 1-125 _{-0,1}	ГОСТ 166-89				
	5	36,5 _{-0,5}	Штангенциркуль ШЦ 1-125 _{-0,1}	ГОСТ 166-89				
	6	Ø52,35 _{-0,4} Ø6,2 ^{+0,4}	Штангенциркуль ШЦ 1-125 _{-0,1} Пристосування для контролю внутрішнього діаметра гвинтової канавки	ГОСТ 166-89 Спец.				
	7	Ø49,85 _{-0,2} Ø6,8 ^{+0,2}	Штангенциркуль ШЦ 1-125 _{-0,1} Пристосування для контролю внутрішнього діаметра гвинтової канавки	ГОСТ 166-89 Спец.				
	8	Ø48,5 _{-0,1} Ø7 ^{+0,1}	Штангенциркуль ШЦ 1-125 _{-0,1} Пристосування для контролю внутрішнього діаметра гвинтової канавки	ГОСТ 166-89 Спец.				
	9	Ø47,9 _{-0,05} Ø7,144 ^{+0,05} <table><tr><td></td><td>0,1</td></tr><tr><td>↗</td><td>0,05 6,2</td></tr></table>		0,1	↗	0,05 6,2	Штангенциркуль ШЦ 1-125 _{-0,1} Пристосування для контролю внутрішнього діаметра гвинтової канавки Індикатор Пристосування для контролю- вання допуску биття	ГОСТ 166-89 Спец. ГОСТ 9696-82 Спец.
	0,1							
↗	0,05 6,2							
10	Ø6 ^{+0,4}	Штангенциркуль ШЦ 1-125 _{-0,1}	ГОСТ 166-89					
11	Ø6 ^{+0,4}	Штангенциркуль ШЦ 1-125 _{-0,1}	ГОСТ 166-89					
12	Ø5 ^{+0,2}	Калібр-пробка	СТП 23.113. 01.073-78					

Продовження таблиці 2.12

1	2	3	4	5
020	13	$\varnothing 5^{+0,4}$	Штангенциркуль ШЦ 1-125 _{-0,1}	ГОСТ 166-89
	14	$\varnothing 5^{+0,4}$	Штангенциркуль ШЦ 1-125 _{-0,1}	ГОСТ 166-89
	15	$\varnothing 4^{+0,2}$	Калібр-пробка	СТП 23.113. 01.073-78
	16	$\varnothing 5^{+0,2}$	Штангенциркуль ШЦ 1-125 _{-0,1}	ГОСТ 166-89
	17	$\varnothing 4^{+0,2}$	Калібр-пробка	СТП 23.113. 01.073-78
025	1	$\varnothing 29,2^{+0,2}$	Калібр-пробка	Спец.
			Пристосування для контролювання допуску співвідношеності	Спец.
	2	$\varnothing 30^{+0,4}$	Калібр	Спец.
			Пристосування для контролювання допуску співвідношеності	Спец.
030	1	$\varnothing 30^{+0,15}$	Комплексний калібр	Спец.
			Пристосування для контролювання допуску співвідношеності	Спец.
035	1	$\varnothing 25^{+0,021}$ 	Нутромір індикаторний Індикатор Пристосування для контролювання допуску співвідношеності	ГОСТ 868-82 ГОСТ 9696-82 Спец.
	2	$242,25_{-0,1}$ 	Штангенциркуль ШЦ 1-250 _{-0,05} Індикатор Пристосування для контролювання допуску биття	ГОСТ 166-89 ГОСТ 9696-82 Спец.
040	1	$\varnothing 24,8^{+0,1}$ 	Нутромір індикаторний Індикатор Пристосування для контролювання допуску співвідношеності	ГОСТ 868-82 ГОСТ 9696-82 Спец.
	2	$242_{-0,1}$ 	Штангенциркуль ШЦ 1-250 _{-0,05} Індикатор Пристосування для контролювання допуску биття	ГОСТ 166-89 ГОСТ 9696-82 Спец.
045	1	$\varnothing 25^{+0,016}$ 	Нутромір індикаторний Індикатор Пристосування для контролювання допуску співвідношеності	ГОСТ 868-82 ГОСТ 9696-82 Спец.

2.10. Визначення припусків та операційних розмірів деталей

Аналітичне визначення припусків виконується для отвору $\varnothing 25^{+0,016}$ відповідно до прийнятої розрахункової методики. На решту поверхонь деталі «Гвинт» УЯИШ.716652.701 припуски визначаються за довідниковими таблицями нормативної документації. Зведені величини припусків на всі оброблювані поверхні представлено в таблиці 2.13.

Технологічний маршрут обробки отвору $\varnothing 25^{+0,016}$ складається з п'яти послідовних переходів: чорнового зенкерування, чистового зенкерування, чорнового шліфування, чистового шліфування та алмазного розгортання. Така послідовність забезпечує поетапне підвищення точності та якості поверхні отвору відповідно до вимог конструкторської документації. Базування заготовки на всіх переходах здійснюється по осі та торцю деталі.

Таблиця 2.13

Розрахунок припусків для обробки отвору $\varnothing 25^{+0,016}$

№	Параметр, що визначається	Розрахункова формула	Розрахунок
1	2	3	4
1	Короблення отвору, мкм	$\rho_{кор} = \Delta_k \cdot l$	$\rho_{кор} = 0,8 \cdot 112 = 89,6$
2	Сумарний зсув отвору відносно зовнішньої поверхні, мкм	$\rho_{см} = \delta$	$\rho_{см} = 1000$
3	Сумарне значення просторових відхилень для заготовки, мкм	$\rho_z = \sqrt{\rho_{см}^2 + \rho_{кор}^2}$	$\rho_z = \sqrt{1000^2 + 89,6^2} = 1004$
4	Мінімальний припуск на зенкерування чорнове, мкм	$2Z \min 1 = 2(Rz_0 + T_0 + \rho_0)$	$2 \cdot Z \min 1 = 2 \cdot (150 + 200 + 1004)$ $2 \cdot Z \min 1 = 2 \cdot 1354$
5	Просторове відхилення після зенкерування чорнового	$\rho_1 = \rho_z \cdot Ky$	$\rho_1 = 1004 \cdot 0,06 = 60$
6	Мінімальний припуск на зенкерування чистове, мкм	$2Z \min 2 = 2(Rz_1 + T_1 + \rho_1)$	$2 \cdot Z \min 2 = 2 \cdot (50 + 50 + 60)$ $2 \cdot Z \min 2 = 2 \cdot 160$

Продовження таблиці 2.13

1	2	3	4
7	Просторове відхилення після зенкерування чистового	$\rho_2 = \rho_3 \cdot Ky$	$\rho_2 = 1004 \cdot 0,04 = 40$
8	Мінімальний припуск на шліфування чорнове, мкм	$2Z \min 3 = 2(Rz_2 + T_2 + \rho_2)$	$2 \cdot Z \min 3 = 2 \cdot (30 + 40 + 40)$ $2 \cdot Z \min 3 = 2 \cdot 110$
9	Просторове відхилення після шліфування чорнового	$\rho_3 = \rho_3 \cdot Ky$	$\rho_3 = 1004 \cdot 0,02 = 20$
10	Мінімальний припуск на шліфування чистове, мкм	$2Z \min 4 = 2(Rz_2 + T_2 + \rho_2)$	$2 \cdot Z \min 4 = 2 \cdot (10 + 20 + 20)$ $2 \cdot Z \min 4 = 2 \cdot 25$
11	Просторове відхилення після шліфування чистового	$\rho_4 = \rho_3 \cdot Ky$	$\rho_4 = 1004 \cdot 0,005 = 5$
12	Мінімальний припуск на алмазне розгортання, мкм	$2Z \min 5 = 2(Rz_2 + T_2 + \rho_2)$	$2 \cdot Z \min 5 = 2 \cdot (10 + 20 + 20)$ $2 \cdot Z \min 3 = 2 \cdot 25$
13	Максимальний припуск на зенкерування чорнове, мкм	$2Z \max 1 = d \min 1 - d \min 0$	$2Z \max 1 = 23,93 - 18,65 = 5,28$ $2Z \max 1 = 5280$
14	Максимальний припуск на зенкерування чистове, мкм	$2Z \max 2 = d \min 2 - d \min 1$	$2Z \max 2 = 24,53 - 23,93 = 0,6$ $2Z \max 2 = 600$
15	Максимальний припуск на шліфування чорнове, мкм	$2Z \max 3 = d \min 3 - d \min 2$	$2Z \max 3 = 24,83 - 24,53 = 0,3$ $2Z \max 3 = 300$
16	Максимальний припуск на шліфування чистове, мкм	$2Z \max 4 = d \min 4 - d \min 3$	$2Z \max 4 = 24,94 - 24,83 = 0,11$ $2Z \max 4 = 110$
17	Максимальний припуск на алмазне розгортання, мкм	$2Z \max 5 = d \min 5 - d \min 4$	$2Z \max 5 = 25 - 24,94 = 0,06$ $2Z \max 5 = 60$
18	Мінімальний розмір для заготовки, мм	$D \min 3 = D \min p.3. - 2Z \min 3$	$D \min 3 = 21,65 - 3 = 18,65$
19	Максимальний розмір для заготовки, мм	$D \max 3 = D \max 1 - 2Z \max 1$	$D \max 3 = 24,33 - 2,708 = 21,65$

Продовження таблиці 2.13

1	2	3	4
20	Мінімальний розмір після зенкерування чорнового, мм	$D_{\min 1} = D_{\min p.1} - 2Z_{\min 1}$	$D_{\min 1} = 24,33 - 0,4 = 23,93$
21	Максимальний розмір після зенкерування чорнового, мм	$D_{\max 1} = D_{\max 2} - 2Z_{\max 2}$	$D_{\max 1} = 24,65 - 0,32 = 24,33$
22	Мінімальний розмір після зенкерування чистового, мм	$D_{\min 2} = D_{\min p.2} - 2Z_{\min 2}$	$D_{\min 2} = 24,65 - 0,12 = 24,53$
23	Максимальний розмір після зенкерування чистового, мм	$D_{\max 2} = D_{\max 3} - 2Z_{\max 3}$	$D_{\max 2} = 24,86 - 0,22 = 24,65$
24	Мінімальний розмір після шліфування чорнового, мм	$D_{\min 3} = D_{\min p.3} - 2Z_{\min 3}$	$D_{\min 3} = 24,86 - 0,03 = 24,83$
25	Максимальний розмір після шліфування чорнового, мм	$D_{\max 3} = D_{\max 4} - 2Z_{\max 4}$	$D_{\max 3} = 24,96 - 0,1 = 24,86$
26	Мінімальний розмір після шліфування чистового, мм	$D_{\min 4} = D_{\min p.4} - 2Z_{\min 4}$	$D_{\min 4} = 24,96 - 0,02 = 24,94$
27	Максимальний розмір після шліфування чистового, мм	$D_{\max 4} = D_{\max 5} - 2Z_{\max 5}$	$D_{\max 4} = 25,01 - 0,05 = 24,96$
28	Мінімальний розмір після алмазного розгортання, мм	$D_{\min 5} = D_{\min p.5} - 2Z_{\min 5}$	$D_{\min 5} = 25,01 - 0,01 = 25,0$
29	Середній операційний припуск на зенкерування чорнове, мм	$\Delta Z_1 = \frac{Z_{\max 1} + Z_{\min 1}}{2}$	$\Delta Z_1 = \frac{5,28 + 2,68}{2} = 3,98$
30	Середній операційний припуск на зенкерування чистове, мм	$\Delta Z_2 = \frac{Z_{\max 2} + Z_{\min 2}}{2}$	$\Delta Z_2 = \frac{1,2 + 0,64}{2} = 0,92$
31	Середній операційний припуск на шліфування чорнове, мм	$\Delta Z_3 = \frac{Z_{\max 3} + Z_{\min 3}}{2}$	$\Delta Z_3 = \frac{0,6 + 0,42}{2} = 0,51$
32	Середній операційний припуск на шліфування чистове, мм	$\Delta Z_4 = \frac{Z_{\max 4} + Z_{\min 4}}{2}$	$\Delta Z_4 = \frac{0,22 + 0,2}{2} = 0,21$

Продовження таблиці 2.13

1	2	3	4
33	Середній операційний припуск на алмазне розгортання, мм	$\Delta Z_5 = \frac{Z_{\max 5} + Z_{\min 5}}{2}$	$\Delta Z_5 = \frac{0,12 + 0,1}{2} = 0,11$
34	Глибина різання на зенкерування чорнове, мм	$t_1 = Z_{\min 1} + \frac{5(Z_{\max 1} - Z_{\min 1})}{6}$	$t_1 = 2,68 + \frac{5(5,28 - 2,68)}{6} = 4,85$
35	Глибина різання на зенкерування чистове, мм	$t_2 = Z_{\min 2} + \frac{5(Z_{\max 2} - Z_{\min 2})}{6}$	$t_2 = 0,64 + \frac{5(1,2 - 0,64)}{6} = 1,10$
36	Глибина різання на шліфування чорнове, мм	$t_3 = Z_{\min 3} + \frac{5(Z_{\max 3} - Z_{\min 3})}{6}$	$t_3 = 0,42 + \frac{5(0,6 - 0,42)}{6} = 0,57$
37	Глибина різання на шліфування чистове, мм	$t_4 = Z_{\min 4} + \frac{5(Z_{\max 4} - Z_{\min 4})}{6}$	$t_4 = 0,2 + \frac{5(0,22 - 0,2)}{6} = 0,22$
38	Глибина різання на алмазне розгортання, мм	$t_5 = Z_{\min 5} + \frac{5(Z_{\max 5} - Z_{\min 5})}{6}$	$t_5 = 0,1 + \frac{5(0,12 - 0,1)}{6} = 0,12$

Всі розраховані значення припусків та допусків для даної поверхні заносимо в карту розрахунків (Таблиця 2.14)

Таблиця 2.14

Карта розрахунку припусків на обробку поверхні

Технологічні переходи	Елементи припуску, мкм			Розрахунковий припуск $2Z_{\min}$, мкм	Розрахунковий мінімальний розмір d_r , мм	Допуск на виготовлення δ , мкм	Граничні розміри, мм		Граничні значення припусків, мкм	
	Rz	T	ρ				$d_{\min}$	$d_{\max}$	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Заготовка	150	200	1004	-	21,65	3000	18,65	21,65	-	-
Зенкерування чорнове	50	50	60	2·1354	24,33	400	23,93	24,33	2680	5280
Зенкерування чистове	30	40	40	2·160	24,65	120	24,53	24,65	320	600
Шліфування чорнове	10	20	20	2·110	24,866	30	24,83	24,86	210	300
Шліфування чистове	5	15	5	2·50	24,966	20	24,94	24,96	100	110
Алмазне розгортання	3	-	-	2·25	25,016	10	25,00	25,01	50	60

Схему графічного розташування припусків і допусків для поверхні

$\varnothing 25^{+0,016}$ див. на Рис. 2.3.

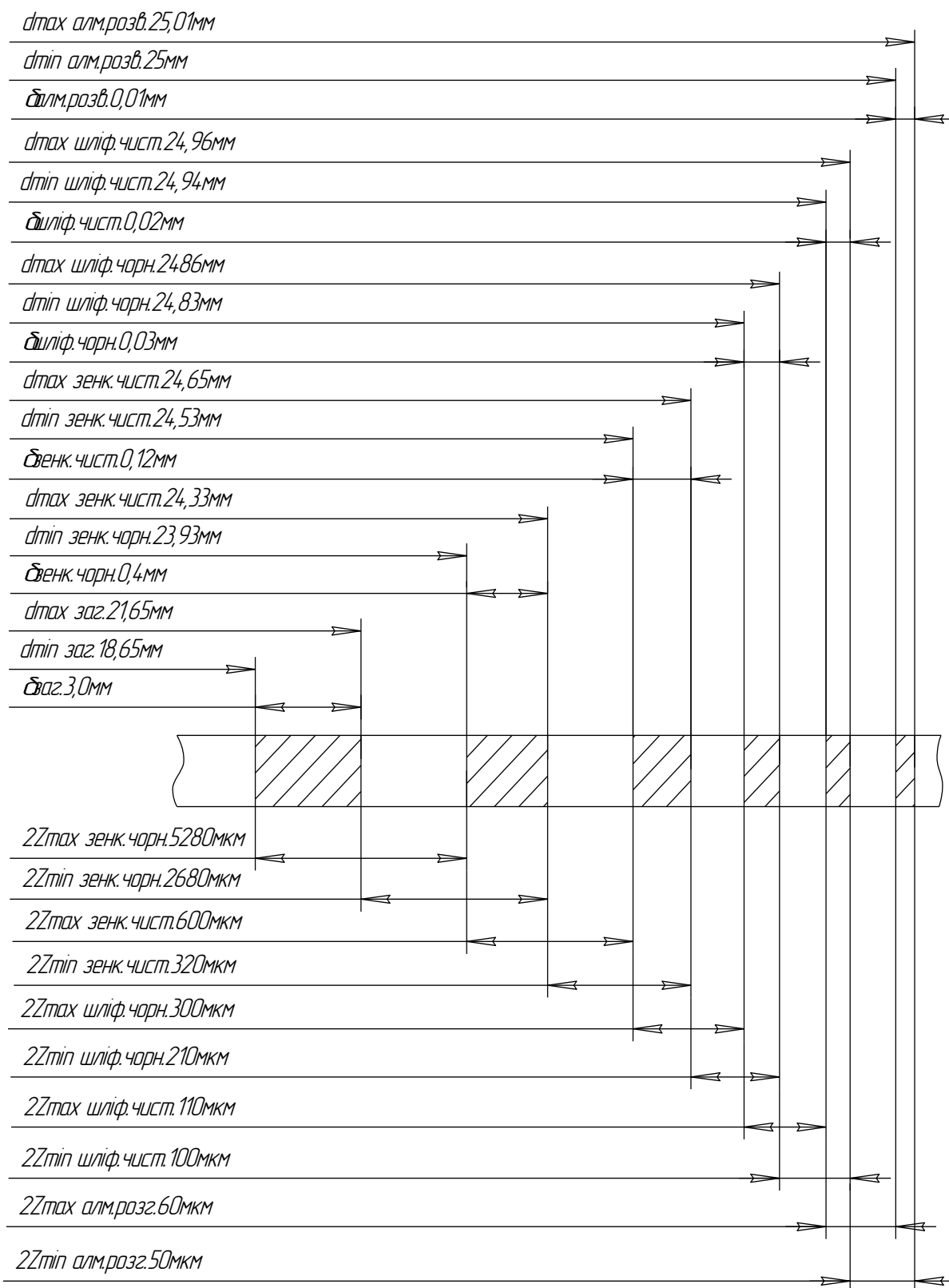


Рис.2.3. Схема графічного розташування припусків та допусків на обробку отвору $\varnothing 25^{+0,016}$

На решту поверхонь деталі припуски визначаємо за довідковими таблицями. Вибрані величини припусків подаємо в таблиці 2.15.

Таблиця 2.15

Припуски на обробку деталі гвинт УЯИШ.716652.701

№ пов.-ні	Найменування поверхні	Найменування переходу	Припуск $Z_{\min}$, мм	Технологічний допуск, мм
1	2	3	4	5
1,7	Торцеві поверхні	Фрезерувати	2	0,5
		Шліфувати	0,25	0,1
2	Фаска	Точити	1	0,5
4	Фаска	Точити	1	0,2
5	Отвір	Зенкерувати начорно	3	0,4
		Зенкерувати начисто	0,7	0,13
		Шліфувати	0,25	0,021
6	Фаска	Точити	1	0,5
8	Отвір	Зенкерувати начорно	1,7	0,4
		Зенкерувати начисто	0,6	0,05
9	Фаска	Точити	1,6	0,5
10,11	Циліндричні поверхні	Точити начорно	2,5	0,4
		Точити напівчисто	1,4	0,2
		Точити начисто	0,6	0,1
		Шліфувати	0,25	0,062
12	Фаска	Точити	1	0,2
13	Гвинтова канавка	Точити начорно	4	0,4
		Точити начисто попередньо	2,5	0,2
		Точити напівчисто	1,35	0,1
		Точити начисто кінцево	0,6	0,05
		Шліфувати	0,25	0,048
14	Циліндрична поверхня	Точити начорно	2,5	0,3
		Точити напівчисто	1,4	0,2
		Точити начисто	0,35	0,1
		Шліфувати	0,25	0,025
15,16	Пази	Фрезерувати	3	0,5
17	Отвір	Розточити	1	0,5
18	Отвір	Зенкерувати начорно	2,4	0,4
		Зенкерувати начисто	0,6	0,1
19	Канавка	Розточити	0,8	0,1

Продовження таблиці 2.15

1	2	3	4	5
20	Пази	Довбати	5	0,3
21	Отвір	Центрувати лунку	3	0,4
		Свердлити	1	0,2
22	Отвір	Центрувати лунку	3	0,4
		Фрезерувати викружку	4	0,25
		Свердлити	1	0,2
23	Отвір	Центрувати лунку	3	0,4
		Фрезерувати викружку	4	0,25
		Свердлити	1	0,2
24	Пази	Фрезерувати попередньо	3	0,5
		Фрезерувати кінцево	0,8	0,25
		Калібрувати	0,25	0,15
25	Канавка	Розточити	4	0,13

2.11. Визначення режимів різання

Визначення режимів різання здійснюється розрахунково-аналітичним методом для операції 005 — фрезерно-центрувальної. Розрахунок виконується відповідно до прийнятих методичних вказівок. На решту операцій елементи режимів різання визначаються за нормативними документами — довідниками та виробничими нормативами. Зведені значення елементів режимів різання для всіх операцій технологічного процесу наведено в таблиці 2.16

Таблиця 2.16

Розрахункові вихідні дані

№ оброблюваної поверхні	7	5	
№ переходу	1	2	3
Ширина оброблюваної поверхні, В мм	137	22	22
Діаметр оброблюваної поверхні, L мм	48	24	24,7
Глибина різання, t мм	1,5	1,0	0,35

Таблиця 2.17

Вихідні дані для розрахунку режимів різання

№ з/п	Назва елементу	Значення	Джерело інформації
1	2	3	4
1	Матеріал деталі	18ХГТ ГОСТ 4543-71	Креслення деталі
2	Твердість деталі	HRC 156...159	Технологічний процес термообробки
3	Потужність головного приводу верстата MP021Ф4	7,5	Паспорт верстата
4	Матеріал ріжучої частини інструментів	T15K6 ГОСТ 3882-74 P6M5 ГОСТ 19265-78	Розділ 2.9.
5	Подача на зуб при фрезеруванні, мм	0,15	[20]. Т.2, Таблиця33
6	Подача на оберт фрези при фрезеруванні, S_{ob} мм/об	0,9	[20]. Т.2, Таблиця37
7	Стійкість інструменту (фреза), Тхв.	180	[20]. Т.2, Таблиця40
8	Коефіцієнт C_v при фрезеруванні	332	[20]. Т.2, Таблиця39
9	Показники ступеня q	0,2	
	x	0,1	
	y	0,4	
	u	0,2	
	p	0	
	m	0,2	
10	Поправочні коефіцієнти n_v	1,0	[20]. Т.2, Таблиця2
	K_Γ	0,8	[20]. Т.2, Таблиця2
	K_{mv}	0,6	[20]. Т.2, Таблиця1
	K_{nv}	0,8	[20]. Т.2, Таблиця5
	K_{uv}	1,15	[20]. Т.2, Таблиця6
11	Коефіцієнти при фрезеруванні C_p	825	[20]. Т.2, Таблиця41
	Показники ступеня x	1,0	
	y	0,75	
	u	1,1	
	q	1,3	
	w	0,2	
	K_{mp}	0,73	
12	Подача на оберт при зенкеруванні чорновому, S_{ob} мм/об	0,7	[20]. Т.2, Таблиця26
13	Подача на оберт при зенкеруванні чистовому, S_{ob} мм/об	0,9	[20]. Т.2, Таблиця26
14	Стійкість інструменту (зенкера)	40	[20]. Т.2, Таблиця30

Продовження таблиці 2.17

1	2	3	4
15	Коефіцієнт C_v при зенкеруванні	18	[20]. Т.2, Таблиця29
	Показники ступеня q	0,6	
	x	0,2	
	y	0,3	
	m	0,25	
16	Поправочні коефіцієнти n_v	1,0	[20]. Т.2, Таблиця2
	K_Γ	0,8	[20]. Т.2, Таблиця2
	K_{mv}	0,6	[20]. Т.2, Таблиця1
	K_{uv}	1,0	[20]. Т.2, Таблиця6
	K_{lv}	1,0	[20]. Т.2, Таблиця31
	K_{pv}	0,8	[20]. Т.2, Таблиця5
17	Коефіцієнти при зенкеруванні C_p	67	[20]. Т.2, Таблиця32
	Показники ступеня x	1,2	
	y	0,65	
18	Поправочні коефіцієнти p_r	0,75	[20]. Т.2, Таблиця9
	K_{mp}	0,64	
	C_m	0,09	
	Показники ступеня q	1,0	[20]. Т.2, Таблиця32
	x	0,9	
	y	0,8	

Таблиця 2.18

Розрахунок режимів різання

№ з/п	Назва параметру, що визначається	Розрахункова формула	Розрахунок	
			Перехід 1	Перехід 2, 3
1	2	3	4	5
1	Загальний поправочний коефіцієнт	при фрезеруванні $\hat{E}_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}$ при зенкеруванні $K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv} \cdot K_{pv}$	$K_v = 0,6 \cdot 0,8 \cdot 1,15 = 0,79$	$K_v = 0,6 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,8 = 0,48$
2	Швидкість різання, м/хв	при фрезеруванні $V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot (Sz)^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v$ при зенкеруванні $V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v$	$V = \frac{332 \cdot 48^{0,2}}{180^{0,2} \cdot 1,5^{0,1} \cdot 0,15^{0,4}} \cdot 0,79 = 154,4$	при зенкеруванні чорновому $V = \frac{18 \cdot 24^{0,6}}{40^{0,25} \cdot 1^{0,2} \cdot 0,7^{0,3}} \cdot 0,48 = 25,8$ при зенкеруванні чистовому $V = \frac{18 \cdot 24,7^{0,6}}{40^{0,25} \cdot 0,35^{0,2} \cdot 0,9^{0,3}} \cdot 0,48 = 29,9$

Продовження таблиці 2.18

1	2	3	4	5
3	Кількість обертів шпінделя, об/хв	$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D}$	$\ddot{i} = \frac{1000 \cdot 154,4}{3,14 \cdot 48} = 1024$	при зенкеруванні чорновому $\ddot{i} = \frac{1000 \cdot 25,8}{3,14 \cdot 24} = 342$ при зенкеруванні чистовому $\ddot{i} = \frac{1000 \cdot 29,9}{3,14 \cdot 24,7} = 385,5$
4	Фактична швидкість, м/хв	$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}$	$V = \frac{3,14 \cdot 48 \cdot 960}{1000} = 144,5$	при зенкеруванні чорновому $V = \frac{3,14 \cdot 24 \cdot 330}{1000} = 24,9$ при зенкеруванні чистовому $V = \frac{3,14 \cdot 24,7 \cdot 330}{1000} = 25,6$
5	Тангенціальна сила різання, Н	при фрезеруванні $P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot (S_z)^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot k_{mp}$	$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 1,5^{1,0} \cdot 0,15^{0,75} \cdot 137^{1,1} \cdot 10}{48^{1,3} \cdot 960^{0,2}} \cdot 0,73 = 8062$	при зенкеруванні чорновому $P_o = 10 \cdot 67 \cdot 1,0^{1,2} \cdot 0,7^{0,65} \cdot 0,64 = 340$ при зенкеруванні чистовому $P_o = 10 \cdot 67 \cdot 0,35^{1,2} \cdot 0,9^{0,65} \cdot 0,64 = 114$
	Осьова сила різання, Н	при зенкеруванні $P_o = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot K_p$		
6	Крутний момент, Н·м	при фрезеруванні $M_\kappa = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100}$ при зенкеруванні $M_{кр.} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot t^x \cdot s^y \cdot K_p$	$M_\kappa = \frac{8062 \cdot 48}{2 \cdot 100} = 1935$	при зенкеруванні чорновому $M_{кр} = 10 \cdot 0,09 \cdot 24^{1,0} \cdot 1,0^{0,9} \cdot 0,7^{0,8} \cdot 0,64 = 10,39$ при зенкеруванні чистовому $M_{кр} = 10 \cdot 0,09 \cdot 24,7^{1,0} \cdot 0,35^{0,9} \cdot 0,9^{0,8} \cdot 0,64 = 5,08$
7	Потужність різання, кВт	при фрезеруванні $N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}$ при зенкеруванні $N = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750}$	$N = \frac{8062 \cdot 144,5}{1020 \cdot 60} = 19,04$	при зенкеруванні чорновому $N = \frac{10,39 \cdot 330}{9750} = 0,35$ при зенкеруванні чистовому $N = \frac{5,08 \cdot 330}{9750} = 0,17$

Таблиця 2.18

Режими різання на операціях механічної обробки деталі

ГВИНТ УЯИШ.716652.701

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	1	1,5	0,9	145	960	1,453
	2	1	0,7	25	330	
	3	0,35	0,9	26	330	
	4	1	0,75	27	330	
	5	0,3	0,9	24	330	
010	1	1,5	0,9	145	960	1,23
	2	1	0,7	25	330	
	3	0,35	0,8	26	330	
	4	1	0,1	205	1560	
	5	3,57	0,3	117	888	
	6	0,3	0,3	79,5	602	
	7	0,4	0,9	56,9	724	
	8	0,17	0,16	35	450	
015	1	4,15	0,5	66,9	258	1,33
	2	3	0,7	123	145	
	3	0,4	0,9	56,9	724	
	4	0,17	0,16	35	450	
020	1	5	0,25	40	500	15,927
025	1	0,3	0,3	30	450	1,88
	2	0,25	0,05	35	450	
030	1	0,3	0,3	30	450	1,076
	2	0,25	0,05	35	450	
035	1	0,01	0,05	25	180	0,821
040	1	0,3	0,3	30	450	1,198
	2	0,01	0,05	25	450	
045	1	0,2	0,2	45	600	1,16

2.12. Технічне нормування операцій

Норми часу на виконання операцій в серійному виробництві визначають розрахунково-аналітичним методом

$$t_{\text{ит.к}} = t_o + t_{\text{дон}} + t_{\text{ТО}} + t_{\text{опз.об}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n}$$

де: $T_{пз}$ – підготовчо-заключний час, хв.

$t_o, t_{доп}, t_{ТО}, t_{орг.об}$ - час основної, допоміжної роботи, техобслуговування та організаційного обслуговування, хв.

n - розмір партії, шт.

Результати розрахунків заносимо в таблицю 2.19.

Таблиця 2.19

Норми часу на обробку гвинта УЯИШ.716652.701 (хв)

№ операції	t_o	$t_{доп}$	$t_{ТО}$	$t_{орг.об.}$	$t_{від}$	$T_{шт}$	$T_{пз}$	$T_{шт.к}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
005	1,453	1,2	0,03	0,04	0,04	2,73	5	2,74
010	1.23	2	0,04	0,06	0,04	5,63	6	5,64
015	1.33	2.5	0,04	0,06	0,04	4.39	6	4.45
020	15,927	5,5	0,06	0,09	0,09	20,808	12	20,83
025	1,88	0,5	0,04	0,04	0,04	2,5	9	2,51
030	1,076	2,3	0,03	0,05	0,04	2,46	8	2,47
035	0,821	0,9	0,03	0,04	0,04	1,126	5	1,13
040	1,198	1,2	0,03	0,04	0,04	1,198	5	1,21
045	1,16	1,5	0,02	0,03	0,02	1,725	8	1,74

Висновки

В кваліфікаційній роботі на тему: «Розробка технології механічної обробки деталі гвинта УЯИШ.716652.701»

Спроектований технологічний процес механічної обробки забезпечує гарантоване досягнення встановлених технічних вимог до виробу — нормативних показників точності лінійних і діаметральних розмірів, параметрів геометричної форми, взаємного розташування поверхонь та характеристик мікрогеометрії поверхневого шару. Технологічна структура процесу базується на застосуванні високоточного металорізального обладнання з числовим програмним керуванням, що забезпечує стабільність параметрів обробки, повторюваність результатів і мінімізацію впливу випадкових технологічних похибок.

Використання прецизійного автоматизованого обладнання надає виробничій системі високу операційну гнучкість та адаптивність до зміни номенклатури продукції. Можливість оперативного переналагодження програм керування й автоматизованого регулювання режимів різання створює умови для реалізації інтенсифікованих режимів обробки при збереженні нормативної стійкості різального інструменту. Застосування багатоопераційної обробки за одне встановлення деталі суттєво знижує похибки перебазування заготовки та підвищує точність взаємного розташування функціональних поверхонь виробу.

Концентрація значної кількості технологічних переходів у межах одного автоматизованого циклу на багатоцільових верстатах із ЧПК дозволила скоротити кількість одиниць металорізального обладнання, зменшити кількість переустановлень деталей та оптимізувати чисельність виробничого персоналу без зниження продуктивності дільниці. Такий підхід забезпечує раціональне використання виробничих площ, підвищення рівня автоматизації технологічних процесів і формує передумови для подальшого технічного переоснащення виробництва.

Економічна ефективність застосування систем ЧПК проявляється у зниженні собівартості виготовлення продукції за рахунок підвищення точності

позиціонування виконавчих органів верстатів, скорочення підготовчо-завершального часу, мінімізації витрат на переналагодження та зменшення технологічного браку. Стабільність режимів різання й автоматизація процесів керування забезпечують стійку продуктивність виробництва та ефективне використання матеріальних і енергетичних ресурсів. Запропонований підхід відповідає сучасним принципам високоточного ресурсоефективного машинобудування та концепції Industry 4.0, що передбачає інтеграцію цифрових технологій, автоматизованих систем керування й інтелектуалізованих виробничих процесів у структуру сучасного промислового виробництва.

Перелік використаних джерел

1. Годунко М.О. Основи 3D моделювання і робототехніки: Навч. посіб. для проведення практичних занять / М.О. Годунко, А.І. Гречка. – К. : 7БЦ, 2024. – 42 с.
2. Апаракін А.Р. Синтез схем навантаження силових елементів кулькогвинтового гідропідсилювача з аксіальною структурою приводу / А.Р. Апаракін, П.М. Єрьомін, В.А. Мажара // Центральнотериторіальний науковий вісник. Технічні науки. – Кропивницький: ЦНТУ, 2024. – Вип. 9 (40). - Ч. II. – С. 23-31.
3. 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. 12-23.
4. Мажара В. А. Контрольно-вимірювальні пристрої. Методичні вказівки для виконання самостійної роботи студентами денної та заочної форми навчання напрямку «Інженерна механіка» з профілюванням за спеціальністю «Технологія машинобудування». – Кіровоград: КНТУ, 2010. – 48 с.
5. Мажара В. А. Технологічна оснастка. Методичні вказівки для виконання самостійної роботи студентами денної форми навчання напрямку «Інженерна механіка» з профілюванням за спеціальністю «Технологія машинобудування». – Кіровоград: КНТУ, 2009. – 44 с.
6. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту по кафедрі «Технологія машинобудування» для студентів спеціальності 8.090202 /Уклад. І.І. Павленко та ін. – Кіровоград: КДТУ, 2002. – 40с.
7. Кривошея А.В. Дослідження впливу процесу зубохонінгування алмазними черв'ячними хонами на параметри шоркості зубчатих коліс / А.В. Кривошея, Є.О. Пащенко, В.Є. Мельник, К.К. Щербина // Опір матеріалів і теорія споруд. – Київ: КНУБА, 2021. – Вип. 106. – С. 296-311.

8. Данильченко Ю.М., Кривошея А.В., Пастернак С.І., Короткий Є.В. Кінематика формоутворення циліндричних зубчастих коліс з заданим профілем дисковим інструментом // Вестник НТУУ “Киевский политехнический институт”, сер. Машиностроение. – 2005. – № 46. – С. 104-108.
9. Данильченко Ю.М., Кривошея А.В., Пастернак С.І. Математичне моделювання законів руху дискового інструменту при обробці зубчастих коліс довільного профілю // Вестник НТУУ “Киевский политехнический институт”, сер. Машиностроение. – 2006. – № 49. – С. 104-108.
10. Кваліфікаційна робота за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти: методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти спеціальності 131 «Прикладна механіка» всіх форм навчання / К. К. Щербина та ін., – Кропивницький : ЦНТУ, 2024. 16с.
11. Боровик О. В., Малашин М. О. Довідник з креслення. Стандарти ISO : навчально-методичний посібник. Хмельницький: Видавництво НАДПСУ. 2014. 104 с.
12. ДСТУ ISO 128-1:2005 Технічні Кресленики. Загальні принципи оформлення. [Чинний від 2019-01-01]. Київ, 2018.
13. ДСТУ EN ISO 10209:2018 Технічна документація на продукцію. Словник термінів щодо технічних креслеників, визначення виробів і відповідної документації. [Чинний від 2008-01-01]. Київ, 2008.
14. ДСТУ ISO 5457:2006 Документація технічна на вироби. Розміри та формати. [Чинний від 2008-01-01]. Київ, 2008.
15. ДСТУ ISO 5455:2005 Кресленики технічні. Масштаби. [Чинний від 2006- 07- 01]. Київ, 2006.
16. ДСТУ ISO 3098-0:2006 Документація технічна на вироби. Шрифти. Загальні вимоги. [Чинний від 2008-01-01]. Київ, 2006.
17. ДСТУ ISO 128-20:2005 Кресленики технічні. Загальні принципи подавання. Частина 20. Основні положення про лінії. [Чинний від 2007- 04-01]. Київ, 2007.

- 18.ДСТУ ISO 128-21:2005 Кресленики технічні. Загальні принципи оформлення. Частина 21. Лінії, виконані автоматизованим проектуванням. [Чинний від 2007-04-01]. Київ, 2007.
- 19.ДСТУ ISO 128-22:2005 Кресленики технічні. Загальні принципи оформлення. Частина 22. Основні положення та правила застосування 27 ліній виносок і полиць ліній-виносок. [Чинний від 2007-04-01]. Київ, 2007.
- 20.ДСТУ ISO 128-24:2005 Кресленики технічні. Загальні принципи оформлення. Частина 24. Лінії на машинобудівних креслениках. [Чинний від 2007-04-01]. Київ, 2007.
- 21.ДСТУ ISO 128-30:2005 Кресленики технічні. Загальні принципи оформлення. Частина 30. Основні положення про види. [Чинний від 2007- 04-01]. Київ, 2007.
- 22.ДСТУ ISO 128 34:2005 Кресленики технічні. Загальні принципи оформлення. Частина 34. Види на машинобудівних креслениках. [Чинний від 2007-04-01]. Київ, 2007.
- 23.ДСТУ ISO 128-40:2005 Кресленики технічні. Загальні принципи оформлення. Частина 40. Основні положення про розрізи та перерізи. [Чинний від 2007-04-01]. Київ, 2007.
- 24.ДСТУ ISO 128-44:2005 Кресленики технічні. Загальні принципи оформлення. Частина 44. Розрізи та перерізи на машинобудівних креслениках. [Чинний від 2006-07-01]. Київ, 2005.
- 25.ДСТУ ISO 128 50:2005 Кресленики технічні. Загальні принципи оформлення. Частина 50. Основні положення про зображення розрізів і перерізів. [Чинний від 2006-07-01]. Київ, 2006.
- 26.ДСТУ EN ISO 1302:2018 Технічні вимоги до геометричних характеристик продукції (GPS). Познака зовнішньої текстури в технічній документації на продукцію. [Чинний від 2019-01-01]. Київ, 2018.
- 27.ДСТУ ISO 129 1:2007 Кресленики технічні. Проставлення розмірів і допусків. Частина 1. Загальні принципи. [Чинний від 2009-07-01]. Київ, 2010.

- 28.ДСТУ ISO 286-1:2002 Допуски і посадки за системою ISO. Частина 1. Основи допусків, відхилів та посадок. [Чинний від 2003-10-01]. Київ, 2003. 28
- 29.ДСТУ EN ISO 2692:2018 Технічні вимоги до геометричних характеристик продукції (GPS). Визначення геометричних допусків. Вимоги щодо максимуму матеріалу (MMR), мінімуму матеріалу (LMR) та взаємодії (RPR). [Чинний від 2019-01-01]. Київ, 2018.
- 30.ДСТУ ISO 2768-1:2001 Основні допуски. Частина 1. Допуски на лінійні та кутові розміри без спеціального позначення допусків. [Чинний від 2003-01-01]. Київ, 2002.
- 31.ДСТУ ISO 2768-2:2001 Основні допуски. Частина 2. Допуски геометричні для елементів без спеціального позначення допусків. [Чинний від 2003-01-01]. Київ, 2002.
- 32.ДСТУ ISO 5458:2001 Технічні вимоги до геометрії виробів (GPS). Встановлення геометричних допусків. Позиційні допуски. [Чинний від 2003-01-01]. Київ, 2002.
- 33.ДСТУ EN ISO 5459:2018 Технічні вимоги до геометричних характеристик продукції (GPS). Геометричні допуски. Бази та системи баз. [Чинний від 2019-01-01]. Київ, 2018.
- 34.ДСТУ ISO 7083:2009 Кресленики технічні. Умовні позначки геометричних допусків. Співвідношення та розміри. [Чинний від 2011-07-01]. Київ, 2015.
- 35.ДСТУ ISO 10578:2014 Кресленики технічні. Допуски орієнтування та розташування. Виступне поле допуску. [Чинний від 2015-07-01]. Київ, 2015.
- 36.ДСТУ EN ISO 6433:2018 Кресленики технічні. Позначення деталей. [Чинний від 2019-01-01]. Київ, 2018.
- 37.ДСТУ EN ISO 7200:2005 Розроблення технічної документації. Графи у штампах та основних написах. [Чинний від 2006-10-01]. Київ, 2007.
- 38.ДСТУ ISO 7573:2006 Кресленики технічні. Специфікація. [Чинний від 2001-06-27]. Київ, 2008.