

**ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет інженерно-технологічний**

**Кафедра механічної та електричної інженерії**

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти

*бакалавр*

на тему: «Розробка стенду для нарізання та правки різьби»

КРБ.133ГМбд\_41.04.00.00.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти  
за освітньо-професійною програмою  
*«Машини та обладнання  
сільськогосподарського виробництва»*  
спеціальності 133 «Галузеве  
машинобудування»  
ступеня вищої освіти *бакалавр*  
групи 133ГМбд\_41  
ГЛУЩЕНКО Олександр

Керівник: БІЛОВОД Олександра

**Полтава – 2026 року**

**ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Факультет інженерно-технологічний**  
**Кафедра механічної та електричної інженерії**

Освітньо-професійна програма *«Машини та обладнання  
сільськогосподарського виробництва»*

Спеціальність *133 «Галузеве машинобудування»*  
Ступінь вищої освіти *бакалавр*

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
**Завідувач кафедри**  
**механічної та електричної**  
**інженерії,**  
канд. техн. наук, доцент,  
\_\_\_\_\_ Станіслав ПОПОВ  
03 грудня 2025 р.

**З А В Д А Н Н Я**

**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ**

***Олександр ГЛУЩЕНКО***

1 Тема роботи: *«Розробка стенду для нарізання та правки різьби»*

керівник роботи ***канд. техн. наук, доцентка БЛОВОД Олександра,***  
затверджено засіданням кафедри, протокол №9 від 03 грудня 2025 р.

2 Строк подання здобувачем вищої освіти роботи – до 31 травня 2026 р.

3 Вихідні дані до роботи – *аналіз літературних джерел Національної бібліотеки України імені Володимира Вернадського; аналіз літературних джерел Полтавської обласної універсальної наукової бібліотеки імені Івана Котляревського; сучасний досвід підприємств машинобудування та АПК за тематичним спрямуванням.*

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

Розділ 1. *Загальний*

Розділ 2. *Технологічний*

Розділ 3. *Конструкторський*

Розділ 4. *Економіка, охорона праці та навколишнього середовища*

5 Перелік графічного матеріалу: *складальний кресленик стенду, що виноситься на розгляд; робочі кресленики деталей стенду.*

6 Консультанти розділів *кваліфікаційної роботи*

Розділ	Власне ім'я, прізвище та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання отримав
Економіка, охорона праці та навколишнього середовища	Інна МИКОЛЕНКО, професор кафедри економіки та публічного управління		
	Володимир ДУДНИК, доцент кафедри механічної та електричної інженерії		
	Павло ПИСАРЕНКО, завідувач кафедри екології, збалансованого природокористування та захисту довкілля		

7 Дата видачі завдання 03 грудня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з.п.	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вибір, затвердження теми роботи	До 03.12.2025 р.	
2	Складання, затвердження розгорнутого плану, завдання на кваліфікаційну роботу	15.12-28.12.2025 р.	
3	Опрацювання літературних джерел		
4	Збір, вивчення, обробка інформації, необхідної для виконання роботи		
5	Виконання розділів роботи, графічної частини	04.05-31.05.2026 р.	
6	Оформлення тексту роботи		
7	Попередній захист роботи на кафедрі	До 31.05.2026 р.	
8	Нормалізаційний контроль		
9	Доопрацювання роботи з урахуванням зауважень і пропозицій		
10	Захист кваліфікаційної роботи	3 01.06.2026 р.	

Здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_ Олександр ГЛУЩЕНКО  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Олександра БІЛОВОД  
(підпис)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 4 розділи, 4 рисунки, 21 таблиця, 28 використаних джерел, 1 додаток, 39 сторінок.

**Об'єкт розробки** – процес нарізання та правки метричної різьби в умовах ремонтного виробництва.

**Предмет розробки** – конструкція станду для нарізання та правки різьби в умовах ремонтного виробництва.

**Постановка актуальної технічної задачі** – полягає у створенні станду помірної складності, який поєднує нарізання та правку різьби.

**Мета кваліфікаційної роботи бакалавра** – розроблення станду для нарізання та правки різьби, що забезпечує задану точність обробки деталей загального машинобудування за низької собівартості та малих габаритних розмірів.

**Практичне значення кваліфікаційної роботи бакалавра.** Запропонована конструкція станду придатна для впровадження на ремонтних дільницях машинобудівних і сільськогосподарських підприємств.

У **загальному розділі** проаналізовано методи отримання різьби зняттям стружки та пластичним деформуванням, типові дефекти різьбових з'єднань і наявне обладнання для нарізання та правки різьби. На підставі порівняння рішень обґрунтовано необхідність розробки спеціалізованого станду та сформульовано вихідні дані й технічні характеристики проектування.

У **технологічному розділі** оцінено технологічність хвостовика гвинтонарізної головки, розроблено маршрут його виготовлення, схеми різання та послідовність обробки поверхонь. Розраховано припуски аналітичним і табличним методами й визначено операційні розміри, які забезпечують задані точність і шорсткість деталі.

У **конструкторському розділі** визначено силеві навантаження, що діють на хвостовик під час нарізання найбільшої різьби М52, та виконано його перевірку на міцність при крученні, за еквівалентним напруженням і на жорсткість. Розраховано з'єднання пазцем, яке передає реактивний момент за верстат, причому всі елементи конструкції мають запас міцності понад два.

У **розділі економіки, охорони праці та навколишнього середовища** визначено економічну ефективність запропонованої конструкції, розроблено заходи щодо безпечної експлуатації обладнання та охорони навколишнього середовища.

**Практичні результати роботи** – розроблено конструкцію станду з діапазоном діаметрів різьби від 6 до 52 мм, кроком від 1 до 4 мм. Спроектовано

					КРБ.133Г Мод. 41.04.00.00.000 ПЗ	Арк. 3
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

технологічний процес виготовлення хвостовика та підтверджено розрахунками його працездатність за всіма критеріями міцності й жорсткості.

**Рекомендації щодо використання результатів роботи** – результати роботи доцільно використати на ремонтних дільницях машинобудівних і сільськогосподарських підприємств для відновлення зношених різбових деталей дрібносерійними партіями.

**Сфера застосування результатів роботи** – можуть бути використані в ремонтному і дрібносерійному виробництві загального машинобудування. Стенд орієнтований на закриті виробничі приміщення й обслуговування одним оператором середньої кваліфікації.

Графічна частина роботи становить 3 аркуші формату А1.

Результат перевірки тексту пояснювальної записки на плагіат за допомогою сервісу StrikerPlagiarism: унікальність 98,96%.

#### АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційну роботу присвячено розробці стенду для нарізання та правки різби для потреб ремонтного виробництва. Проаналізовано методи отримання різби й дефекти різбових з'єднань, обґрунтовано конструкцію стенду та сформульовано технічну задачу. Розроблено технологічний процес виготовлення хвостовика гвинтонарізної головки. Виконано конструкторські розрахунки хвостовика на міцність. Оцінено економічну ефективність, питання охорони праці та навколишнього середовища.

**РІЗЬБА, НАРІЗАННЯ РІЗЬБИ, ПРАВКА РІЗЬБИ, СТЕНД, ГВИНТОНАРІЗНА ГОЛОВКА, ХВОСТОВИК, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, БАЗУВАННЯ, МІЦНІСТЬ, ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ.**

#### ANNOTATION

This thesis is devoted to the development of a test bench for thread cutting and thread repair for use in repair operations. Methods of thread formation and defects in threaded connections are analyzed, the design of the test bench is justified, and the technical specifications are formulated. A manufacturing process for producing the shank of a thread-cutting head has been developed. Structural strength calculations for the shank have been performed. Economic efficiency, occupational safety, and environmental issues have been evaluated.

**THREAD, THREAD CUTTING, THREAD RE-CUTTING, BENCH, THREAD-CUTTING HEAD, SHANK, MANUFACTURING PROCESS, ALIGNMENT, STRENGTH, ECONOMIC EFFICIENCY.**

					КРБ.1331 Мод. 41.04.00.00.000 ПЗ	Арк. 4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## ЗМІСТ

ВСТУП . . . . .	6
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ . . . . .	8
1.1 Аналіз технологій нарізання різьби . . . . .	8
1.2 Аналіз дефектів різьби . . . . .	11
1.3 Огляд обладнання для нарізання та правки різьби . . . . .	13
1.4 Обґрунтування необхідності розробки станду . . . . .	14
1.5 Постановка задачі проектування . . . . .	14
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ . . . . .	16
2.1 Аналіз технологічності деталі . . . . .	16
2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення деталі . . . . .	18
2.3 Обробка поверхонь . . . . .	19
2.4 Розробка схем базування деталі . . . . .	21
2.5 Розробка маршруту виготовлення деталі . . . . .	22
2.6 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів . . . . .	23
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ . . . . .	26
3.1 Вихідні дані для розрахунку . . . . .	26
3.2 Визначення силових навантажень . . . . .	28
3.3 Розрахунок хвостовика на міцність при крученні . . . . .	29
3.4 Перевірка за еквівалентним напруженням . . . . .	30
3.5 Розрахунок з'єднання пальцем . . . . .	30
3.6 Перевірка жорсткості на кручення . . . . .	31
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА . . . . .	33
4.1 Економічне обґрунтування проекту . . . . .	33
4.2 Оцінка економічної ефективності . . . . .	34
4.3 Охорона праці . . . . .	36
4.4 Охорона навколишнього середовища . . . . .	37
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ . . . . .	39
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ . . . . .	40
ДОДАТКИ . . . . .	44

					КРБ.133ГМбд_41.04.00.00.000 ПЗ			
<b>Змн</b>	<b>Арк</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>	Розробка станду для нарізання та правки різьби	<b>Лім.</b>	<b>Арк.</b>	<b>Аркунів</b>
Розробив		Глуценко І.Ю.						39
Перевішив		Біловод О.І.				ПДАУ, каф. МЕІ		
Н. Контр.		Біловод О.І.						
Керівник		Біловод О.І.						
Зав.кафедр		Попов С.В.						

## ВСТУП

Різьбові з'єднання належать до найпоширеніших рознімних з'єднань у сучасному машинобудуванні. Вони забезпечують складання вузлів, передавання осьових і колових зусиль, фіксацію та регулювання взаємного положення деталей. До цієї групи входять кріпильні, ходові й трубні з'єднання, що різняться профілем і призначенням. Частка різьбових з'єднань у конструкціях машин і механізмів сягає шістдесяті відсотків від загальної кількості рознімних з'єднань. Така поширеність зумовлена технологічністю виготовлення, можливістю багаторазового складання й розбирання та стандартизацією геометричних параметрів згідно з ДСТУ ISO 261:2005 і ДСТУ ISO 68-1:2005.

Під час експлуатації різьбові поверхні зазнають значних статичних і циклічних навантажень. Змінні зусилля, корозія, абразивне забруднення та порушення правил складання спричиняють знос профілю, змінання й зрізання витків, а також деформацію кроку. Пошкоджена різьба втрачає несучу здатність, через що з'єднання самоідгвинчуються, а вузли передчасно відмовляють. Особливо гострою ця проблема є для деталей сільськогосподарської та будівельної техніки, яка працює в умовах запиленості й перемінних навантажень. Відновлення зношених поверхонь потребує точного нарізання нової різьби або правки наявної зі збереженням заданих допусків.

Наявне обладнання для нарізання та правки різьби має суттєві обмеження. Універсальні токарно-гвинторізні верстати дорогі, потребують значних виробничих площ і кваліфікованого налагодження. Ручний інструмент, плашки та мітчики не забезпечують сталої точності й продуктивності за серійного відновлення. Спеціалізовані різьбонакатні машини орієнтовані переважно на масове виробництво. Для умов дрібносерійного й ремонтного виробництва доцільним є розроблення спеціалізованого станку, що поєднує операції нарізання та правки різьби за простої конструкції й прийнятної собівартості. Потреба в такому обладнанні визначає актуальність теми роботи.

					КРБ.133І Мод. 41.04.00.00.000 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

**Мета роботи** полягає в розробленні станду для нарізання та правки різьби, що забезпечує задану точність обробки деталей загального машинобудування за низької собівартості та малих габаритних розмірів.

Для досягнення поставленої мети сформульовано ряд завдань. Потрібно проаналізувати чинні конструкції обладнання та способи відновлення різьби, обґрунтувати технологічну схему обробки й вибрати раціональні режими різання. Необхідно виконати конструкторські розрахунки. Окремими завданнями є відношення економічної ефективності розробки та розроблення заходів з охорони праці й захисту навколишнього середовища.

**Об'єктом дослідження** є процес нарізання та правки метричної різьби в умовах ремонтного виробництва.

**Предметом дослідження** є конструкція станду нарізання та правки різьби в умовах ремонтного виробництва.

Методологічну основу роботи становить поєднання теоретичних, розрахункових і конструкторських методів. Теоретичні методи охоплюють аналіз науково-технічної літератури та чинних стандартів на метричну різьбу, зокрема ДСТУ ISO 261:2005, ДСТУ ISO 724:2005 і ДСТУ ISO 965-1:2005, а також узагальнення досвіду експлуатації різьбонарізного обладнання. Розрахункові методи перевірки елементів конструкції на міцність і жорсткість із застосуванням положень опору матеріалів і теорії механізмів.

**Практичне значення роботи** полягає в тому, що запропонована конструкція станду придатна для впровадження на ремонтних ділянках машинобудівних і сільськогосподарських підприємств. Застосування станду скорочує тривалість відновлення різьбових деталей, знижує витрати на придбання універсальних верстатів і підвищує якість ремонту. Результати розрахунків та конструкторські рішення використовують у навчальному процесі під час підготовки фахівців інженерних спеціальностей.

						КРБ.133І Мод. 41.04.00.00.000 ПЗ	Арк.
							7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			

## РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

### 1.1. Аналіз технологій нарізання різьби

Різьбу класифікують за низкою ознак. За формою профілю розрізняють трикутну, трапецеїдальну, прямокутну, упорну та круглу різьбу. За призначенням виділяють кріпильну, ходову й спеціальну різьбу. За напрямом гвинтової лінії різьба буває права і ліва, за числом заходів вона поділяється на однозахідну та багатозахідну. Найпоширенішою у машинобудуванні є метрична трикутна різьба з кутом профілю шестдесят градусів, основні параметри якої встановлено ДСТУ ISO 68-1:2005 і ДСТУ ISO 261:2005 [21, 22]. У ходових передачах застосовують трапецеїдальну та упорну різьбу, що краще передають осьове навантаження. Позначення метричної різьби містить літеру М, номінальний діаметр і крок, наприклад М24×2, що однозначно визначає її геометрію згідно зі стандартом. Для трубних з'єднань використовують циліндричну та конічну різьбу, що забезпечує потрібну герметичність.

Різьбу отримують двома принципово різними шляхами: зняттям стружки та пластичним деформуванням. До методів зі зняттям стружки належать нарізання різьби мітчиками, плашками, гребінками й фрезами, а також різьбошліфування. Пластичне формоутворення реалізують накатуванням роликми або плоскими плашками [1, 2]. Вибір способу залежить від типу різьби, матеріалу деталі, потрібної точності та програми випуску. Фрезерування різьби забезпечує високу продуктивність на довгих тринтах [10, 14, 15, 16], а різьбошліфування застосовують для точних різьб після термічного оброблення деталі.

Нарізання різьби виконують на токарних і токарно-гвинторізних верстатах (рис. 1.1). Профіль різьби формує різець, який за кожен оберт заготовки переміщується вздовж її осі на величину кроку. Метод забезпечує високу точність і придатний для різьби практично будь-якого діаметра. Його недоліком є низька продуктивність, оскільки потрібні кілька робочих проходів.

					КРБ.133І Мод. 41.04.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Різцеве нарізання застосовують переважно в одиничному та дрібносерійному виробництві, а також для відновлення великих різьбових деталей. Для виходу різця наприкінці нарізання передбачають проточку або канавку, що знижує концентрацію напружень у западині профілю.

Рисунок 1.1 – Схеми нарізання різьби на токарних верстатах: а - нарізання різьби різьбовим різцем; б - нарізання різьби багатониточним різьбовим різцем; в - нарізання різьби гребінкою; г - нарізання внутрішньої різьби круглою різьбовою гребінкою (1), стержневим відігнутих різцем (2), різьбовим різцем оправці (3)

Мітчики призначені для нарізання внутрішньої різьби. Плашки формують зовнішню різьбу (рис. 1.2). Інструмент має різьбильні зуби, профіль яких відповідає профілю різьби, тому повний профіль утворюється за один прохід. Це забезпечує високу продуктивність. Метод простий, не потребує складного налагодження та широко застосовується в ремонтному виробництві [7, 8, 9]. Точність обмежена й залежить від стану інструмента та співвісності його встановлення. Для зовнішньої різьби застосовують також самозідкривні різьбонарізні головки, що автоматично розкриваються наприкінці проходу й підвищують продуктивність обробки.

					КРБ.133Г Мод. 41.04.00.00.000 ПЗ	Арк. 9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Рисунок 1.2 – Набір мітчиків і плашок

Накатування формує різьбу пластичним деформуванням поверхневого шару заготовки роликми або плоскими плашками без зняття стружки (рис. 1.3). Метал не видаляється, а витісняється, тому волокна не перерізаються, а ущільнюються. Завдяки цьому підвищується міцність і зносостійкість різьби та поліпшується якість поверхні [3, 4, 5, 6]. Накатування відзначається найбільшою продуктивністю, проте застосовне лише до пластичних матеріалів і потребує потужного обладнання. Метод доцільний у масовому та великосерійному виробництві кріпильних деталей. Зміцнення поверхневого шару під час накатування підвищує опір втомі різьбових деталей, що важливо для відповідальних з'єднань.

Рисунок 1.3 – Нарізання різьби різьбонарізними головками

Кожен метод має власну область раціонального застосування за співвідношенням точності, продуктивності та собівартості. Для відновлення зношених деталей у ремонтному виробництві найдоцільнішими є нарізання різцями та мітчиками і плашками, оскільки вони не потребують дорогого

					КРБ.133Г Мод. 41.04.00.00.000 ПЗ	Арк. 10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

обладнання й складного нагадження. Узагальнені показники наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1. Порівняльна характеристика методів отримання різьби

Метод отримання різьби	Точність	Продуктивність	Область застосування
Нарізання різцями	висока	низька	єдиничне та ремонтне виробництво, великі діаметри
Нарізання мілниками і плашками	середня	середня	дрібносерійне та ремонтне виробництво
Фрезерування	середня	висока	серійне виробництво довгі різьби
Накатування	висока	дуже висока	масове виробництво кріпильних деталей

## 1.2. Аналіз дефектів різьби

Пошкодження різьби виникають на стадіях виготовлення, складання та експлуатації. Технологічні причини охоплюють затуплення інструмента, неправильно підібрані режими різання й неспіввісність устаткування заготовки. Експлуатаційні чинники включають перевантаження, корозію, вібрацію та абразивне зношування. Помилки складання, зокрема перекіс і затягування з надмірним моментом, призводять до змінання та зриву витків. Несприятливо впливає також неякісне термічне оброблення, що знижує твердість поверхнього шару й прискорює спрацювання.

До типових дефектів різьби належать спрацювання профілю, змінання та зрив витків, тріщини в западинах, корозійні ушкодження й відхилення кроку та середнього діаметра. Кожен дефект по-різному впливає на роботоздатність з'єднання [17, 20]. Систематизовані дані подано в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2. Основні дефекти різьби та їх наслідки

Вид дефекту	Причина	Наслідок
Спрацювання профілю	абразивне зношування	зменшення площі контакту, втрата міцності
Зрив і зминання витків	перевантаження, перекіс	неможливість складання, відмова з'єднання
Відхилення кроку	знос інструмента, деформація	заземлення, нерівномірний розподіл навантаження
Корозійне ушкодження	вологе середовище	заклинювання, руйнування витків

Дефекти різьби знижують несучу здатність і герметичність з'єднань. Спрацювання та зрив витків спричиняють самовідвинчування й послаблення затягування [19, 20]. Відхилення геометричних параметрів порушують рівномірність розподілу навантаження між витками, що прискорює втомне руйнування [18]. У відповідальних вузлах це призводить до аварійних відмов з важкими наслідками. Тому своєчасне виявлення та усунення дефектів різьби є важливою умовою надійної експлуатації машин і механізмів.

Контроль різьби виконують комплексним і диференційованим методами. Комплексний контроль здійснюють різьбовими калібрами, прохідним і непрохідним, які оцінюють придатність деталі за граничними контурами. Диференційований контроль передбачає вимірювання окремих параметрів, зокрема середнього діаметра, кроку та кута профілю, за допомогою мікрометрів, різьбомірів та інструментальних мікроскопів. Вимоги до граничних відхилень регламентує ДСТУ ISO 965-1:2005 [23]. Автоматизований контроль із застосуванням оптичних і контактних давачів підвищує об'єктивність оцінювання та продуктивність вимірювань.

### 1.3 Огляд обладнання для нарізання та правки різьби

Для нарізання різьби застосовують токарно-гвинторізні, різьбонарізні, різьбофрезерні та різьбошліфувальні верстати. Універсальні токарні верстати найпоширеніші в ремонтному виробництві завдяки своїй гнучкості. Спеціалізовані різьбонарізні напівавтомати забезпечують вищу продуктивність за серійного виготовлення. Допоміжні пристрої, зокрема різьбонарізні головки й самозатисні патрони, розширюють технологічні можливості універсального обладнання. Вибір конкретного типу обладнання визначається серійного виробництва та вимогами до точності різьби.

Стенди для відновлення різьби призначені для ремонтних дільниць. Вони мають спрощену конструкцію, орієнтовану на нарізання та правку різьби обмеженого діапазону діаметрів. Такі стенди дешевші за універсальні верстати й займають менше виробничої площі. Часто їх виготовляють силами самого підприємства на основі типових уніфікованих вузлів. Простота конструкції спрощує ремонт і обслуговування стенда власними силами дільниці.

Сучасне виробництво використовує верстати з числовим програмним керуванням, які дають змогу нарізати різьбу складного профілю з високою точністю [11, 12, 13]. Програмне керування забезпечує повторюваність результату й скорочує час налагодження. Автоматизовані лінії оснащують системами активного контролю та автоматичної заміни інструмента. Висока вартість таких систем обмежує їх застосування в умовах ремонтного виробництва. Проте окремі вузли таких систем, зокрема приводи й механізми подачі, використовують як прототипи під час проектування простіших стендів.

Універсальні верстати гнучкі, проте дорогі й громіздкі. Ручний інструмент дешевий, але не забезпечує сталої точності. Системи з числовим програмним керуванням точні та продуктивні, однак потребують значних капіталовкладень і кваліфікованого персоналу. Для дрібносерійного й ремонтного виробництва жоден з варіантів не є оптимальним за співвідношенням вартості та

					КРБ.133І Мод. 41.04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		13

функціональності. Цей розрив між наявними рішеннями обґрунтовує доцільність розроблення спеціалізованого станда помірної вартості.

#### **1.4. Обґрунтування необхідності розробки станда**

Ремонтні дільниці машинобудівних і сільськогосподарських підприємств регулярно відновлюють різьбові деталі різних типорозмірів. Обсяг таких робіт не виправдовує придбання дорогих спеціалізованих верстатів. Водночас ручне відновлення не забезпечує потрібної якості й стабільності. Виникає потреба в недорогому станді що поєднує операції нарізання та правки різьби. Таке поєднання скорочує час відновлення деталей і зменшує номенклатуру потрібного на дільниці обладнання.

Станд має забезпечувати нарізання та правку різьби заданого діапазону діаметрів із дотриманням допусків за ДСТУ ISO 965-1:2005 [23]. Конструкція повинна бути простою, надійною та безпечною в обслуговуванні. Важливими вимогами є низька собівартість, мінімальні габаритні розміри та можливість швидкого переналагодження на інший типорозмір різьби. Особливу увагу приділяють захисним огорожам і зручному розташуванню органів керування, що підвищує безпеку праці оператора.

Майбутній стандарт виконує закріплення заготовки, надання їй оберտального руху, переміщення різального інструмента вздовж осі та правку деформованої різьби. Передбачено регулювання режимів обробки відповідно до матеріалу й розміру деталі. Конструкція забезпечує зручне встановлення та зняття деталі без застосування спеціального оснащення. Передбачено також можливість контролю якості обробленої різьби безпосередньо на робочому місці.

#### **1.5. Постановка задачі проєктування**

Вихідними даними є діапазон оброблюваних діаметрів різьби, тип і крок різьби, матеріали деталей та програма випуску. Як базові прийнято метричну різьбу з номінальним діаметром від шести до тридцяти шести міліметрів і кроком

					КРБ.133Г Мод. 41.04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		14

від одного до чотирьох міліметрів [21], виконану на деталях зі сталі 45 та конструкційних сталей середньої твердості. Програму відновлення прийнято на рівні дрібносерійного виробництва. Визначені діапазони охоплюють більшість різьбових деталей загального машинобудування, що визначає універсальність станда.

Основні технічні характеристики проєктованого станда, прийняті за результатами аналізу виробничих потреб, наведено в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3. Очікувані технічні характеристики станда

Параметр	Значення
Діапазон діаметрів різьби, мм	6...52
Крок різьби, мм	1...4
Клас точності за ДСТУ ISO 965-1:2005	6g, 6H
Частота обертання шпинделя, об/хв	20...200
Потужність привода, кВт	до 2,2
Габаритні розміри, мм	не більше 1200×600×1400

Станд призначено для експлуатації в закритих виробничих приміщеннях за температури від плюс десяти до плюс тридцяти п'яти градусів Цельсія та відносної вологості повітря до вісімдесяти відсотків. Живлення здійснюється від трифазної мережі змінного струму напругою триста вісімдесят вольт. Передбачено обслуговування одним оператором середньої кваліфікації з дотриманням вимог охорони праці. Технічне обслуговування передбачає періодичне змащування рухомих вузлів і контроль стану різального інструмента.

## РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

### 2.1 Аналіз технологічності деталі

Хвостовик належить до групи деталей типу тіл обертання з фланцем. Він установлює гвинтонарізну головку на шпиндель верстата і передає крутний момент під час нарізання різьби. Конструктивно деталь поєднує довгу втулкову частину з фаскрізним осьовим отвором, опорний фланець та проушину з поперечним отвором під фіксувальний палець. Матеріал деталі сталь 40Х за ДСТУ 7809:2015 [24], маса 0,7 кг.

Сталь 40Х добре обробляється різанням у нормалізованому стані. Вона забезпечує потрібну міцність деталі та сприймає термічне поліпшення, що підвищує зносостійкість опорних поверхонь. Деталь є тілом обертання, тому основну частку поверхонь зручно формувати на токарних верстатах за одне встановлення. Усі зовнішні циліндри, торці та фаски відкриті для інструмента і не потребують спеціальних фасонних різців. Фаска  $2,5 \times 45^\circ$  і галтели R1 виконані стандартними. Така геометрія спрощує проектування налагоджень.

Поряд з технологічними перевагами деталь має риси, що ускладнюють обробку. Осьовий отвір  $\varnothing 18$  на довжину 132 мм має відношення довжини до діаметра близько 7,3, тому належить до глибоких і потребує спеціальних свердел та подальшого розточування. Проушина розташована асиметрично відносно осі, її площини і поперечний отвір  $\varnothing 7$  формують фрезеруванням і свердлінням з повторним установленням. Підвищені вимоги до точності задано на посадковій поверхні  $\varnothing 40$ , де регламентовано шорсткість Ra1,25 та перпендикулярність 0,02 відносно бази А. Симетричність опорного торця обмежено допуском 0,03. Ці вимоги визначають вибір чистових і фінішних переходів та схем базування.

Кількісну оцінку технологічності виконано за коефіцієнтами точності обробки, шорсткості поверхонь і використання матеріалу [25, 28]. Номенклатуру поверхонь з їхніми квалітетами та шорсткістю наведено в таблиці 2.1.

					КРБ.133І Мод. 41.04.00.00.000 ПЗ	Арк. 16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 2.1. Характеристика поверхонь хвостовика

№	Поверхня	Квалітет IT	Ra, мкм
1	Отвір Ø18 наскрізний	14	3,2
2	Зовнішня Ø45 (фланець)	14	3,2
3	Посадкова Ø40 (L0,02)	9	1,25
4	Зовнішня Ø33 (втулка)	14	6,3
5	Отвір Ø7 у проушині	14	6,3
6	Опорний торець бази Б	11	3,2
7	Лівий торець	14	6,3
8	Фаска 2,5×45°	14	6,3
9	Площини проушини (14 мм)	12	3,2
10	Проточка (1,5 та 5 мм)	14	6,3
11	Радіус R2,5	14	6,3
12	Галтелі R1	14	6,3

Середній квалітет точності обчислюють як середньозважену величину за кількістю поверхонь кожного квалітету:

$$A_{\text{ср}} = \frac{\sum A_i \cdot n_i}{\sum n_i} \quad (1)$$

де  $A_i$  це квалітет певної поверхні,  $n_i$  це кількість поверхонь цього квалітету.

Для деталі:

$$A_{\text{ср}} = \frac{9 \cdot 1 + 11 \cdot 1 + 12 \cdot 1 + 14 \cdot 9}{12} = 13,17. \quad (2)$$

Коефіцієнт точності обробки визначають за залежністю

$$K_{\text{ч}} = 1 - \frac{1}{A_{\text{ср}}} = 1 - \frac{1}{13,17} = 0,924. \quad (3)$$

Середнє значення параметра шорсткості та коефіцієнт шорсткості обчислюють аналогічно:

$$B_{\text{ср}} = \frac{\sum B_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{1,25 \cdot 1 + 3,2 \cdot 4 + 6,3 \cdot 7}{12} = 4,85; \quad (4)$$

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{B_{\text{ср}}} = \frac{1}{4,85} = 0,206. \quad (5)$$

Коефіцієнт використання матеріалу показує частку маси деталі у масі заготовки:

						КРБ.133Г Мод. 41.04.00.00.000 ПЗ	Арк.
							17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			

$$K_{\text{вм}} = \frac{m_{\text{д}}}{m_{\text{з}}} = \frac{0,7}{2,24} = 0,31, \quad (6)$$

де  $m_{\text{д}}$  – маса деталі,  $m_{\text{з}}$  – маса заготовки з гарячекатаного круга Ø48 завдовжки 158 мм. Зведені результати кількісної оцінки наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2. Кількісна оцінка технологічності

Показник	Значення	Норматив	Оцінка
Коефіцієнт точності $K_{\text{тч}}$	0,924	не менше 0,80	технологічна
Коефіцієнт шорсткості $K_{\text{ш}}$	0,206	не більше 0,32	технологічна
Коефіцієнт використання $K_{\text{вм}}$	0,31	не менше 0,50	нетехнологічна

За точністю і шорсткістю деталь технологічна, оскільки обидва коефіцієнти лежать у допустимих межах. Низьке значення коефіцієнта використання матеріалу пояснено великою різницею між діаметром фланця і діаметром втулки, через що з прутка видається значний об'єм стружки. У серійному виробництві доцільно застосувати гарячештамповану заготовку, що наближає форму до контуру деталі та підвищує  $K_{\text{вм}}$  до 0,55...0,65. Для одиничного та дрібносерійного випуску стенду економічно виправданим залишається прокат, тому в подальших розрахунках прийнято круглий прокат.

## 2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення деталі

Тип виробництва визначено за масою деталі та річною програмою випуску. Стенд для нарізання та правки різьби виготовляють невеликими партіями, тому орієнтовна програма не перевищує кількох десятків хвостовиків на рік. Для деталі масою 0,7 кг такій програмі відповідає дрібносерійне виробництво. Орієнтовну відповідність програми і типу виробництва показано в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3. Тип виробництва за програмою для деталі масою до 1 кг

Річна програма N, шт	Тип виробництва	Кз.о
до 10	одиничне	понад 40
10...100	дрібносерійне	20...40
100...500	середньосерійне	10...20
понад 500	великосерійне	1...10

Діючий базовий процес побудовано на універсальному обладнанні. Заготовку відрізють від прутка, основну обробку виконують на токарно-гвинторізному верстаті, отвір свердлять і розточують на тому самому верстаті, а проушину обробляють на вертикально-фрезерному і вертикально-свердлильному верстатах. Контроль здійснюють універсальним вимірювальним інструментом. Перелік операцій базового процесу наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4. Операції діючого технологічного процесу

№	Операція	Обладнання	Стислий зміст
005	Заготівельна	Стрічкова пила	Відрізання прутка у розмір
010	Токарна	16K20	Підрізання торця, точіння з боку фланця
015	Токарна	16K20	Точіння з боку ступки, фаска, проточка
020	Свердлильно-розточувальна	16K20	Свердління та розточування Ø18
025	Фрезерна	6P12	Фрезерування площин проушини
030	Свердлильна	2H135	Свердління отвору Ø7
035	Термічна	Піч	Поліпшення
040	Контрольна	Стіл ВТК	Контроль розмірів і відхилень

Аналіз базового процесу виявляє кілька недоліків. Деталь установлюють і знімають кілька разів, що збільшує сумарну похибку взаємного розташування поверхонь. Глибокий отвір свердлять на універсальному верстаті без надійного

						КРБ.133Г Мод. 41.04.00.00.000 ПЗ	Арк. 19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			

відведення стружки, тому зостає ризик уведення осі. Контроль виконують вручну, через що знижується продуктивність. Для усунення цих недоліків доцільно сконцентрувати токарні переходи на верстаті з числовим програмним керуванням, застосувати спеціальне свердло для глибокого створу та оправку для базування проушини. Запропоновані заходи зберігають структуру маршруту, але підвищують точність і скорочують допоміжний час.

### 2.3 Обробка поверхонь

Послідовність обробки кожної поверхні визначено за потрібними квалітетом і шорсткістю [25]. Зовнішні циліндричні поверхні фланця і втулки формують чорновим і чистовим точінням, оскільки квалітет 14 і шорсткість Ra3,2...6,3 досягаються двома переходами. Посадкова поверхня Ø40 потребує додаткового тонкого точіння, бо до неї поставлено шорсткість Ra1,25 і перпендикулярність 0,02. Наскрізний отвір Ø18 формують свердлінням з наступним зенкеруванням і розточуванням, що забезпечує прямотліпність осі та потрібну шорсткість. Отвір Ø7 виконують свердлінням за один перехід. Торці підрізають чорновим і чистовим переходами, фаски і проточки виконують відповідними різцями, площини проушини фрезерують чорновим і чистовим переходами.

Зведену послідовність методів обробки основних поверхонь наведено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5. Методи обробки поверхонь хвостовика

Поверхня	IT / Ra	Послідовність переходів
Ø45 фланець	14 / 3,2	Чорнове точіння, чистове точіння
Ø40 посадкова	9 / 1,25	Чорнове, чистове, тонке точіння
Ø33 втулка	14 / 6,3	Чорнове точіння, чистове точіння
Отвір Ø18	14 / 3,2	Свердління, зенкерування, розточування
Отвір Ø7	14 / 6,3	Свердління

Торці	11...14 / 3,2	Чорнове підрізання, чистове підрізання
Площини проушини	12 / 3,2	Чорнове, чистове фрезерування

Перпендикулярність і шорсткість посадкової поверхні  $\varnothing 40$  досягають тонким точінням після термічного поліпшення з базуванням за віссю отвору, що зберігає узгодженість конструкторської та технологічної баз. За потреби тонке точіння замінюють круглим шліфуванням, яке дає той самий результат на твердішому матеріалі.

#### 2.4 Розробка схем базування деталі

Базування деталі ґрунтується на правилі шести точок [25, 26]. Правне базування позбавляє заготовку шести ступенів вільності трьома координатними площинами. За технологічні бази обирають поверхні, що зберігають незмінне положення відносно конструкторських баз, оскільки це зменшує похибку базування. Конструкторською базою деталі є вісь, позначена символом А, тому при чистовій обробці концентричних поверхонь доцільно базувати деталі за віссю отвору. Дотримання принципу суміщення баз забезпечує перпендикулярність 0,02 і радіальне биття у межах допуску.

Похибку базування визначають різницею положень вимірювальної бази при обробці партії деталей. Для діаметральних розмірів, що формуються самим інструментом за один установ, похибка базування дорівнює нулю. Для лінійних розмірів, відлічуваних від технологічної бази, похибка базування становить:

$$\varepsilon_6 = \delta_6 \quad (7)$$

де  $\delta_6$  – допуск розміру, що зв'язує вимірювальну і технологічну бази. Якщо ці бази збігаються,  $\varepsilon_6$  дорівнює нулю. Розподіл баз за операціями наведено в таблиці 2.6.

						КРБ.133І Мод. 41.04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			21

Таблиця 2.6. Схеми базування за операціями

Операція	Технологічні бази	Позбавлено ступенів вільності
Токарна (бік фланця)	Циліндр Ø48 у патроні, торець	5
Токарна (бік втулки)	Циліндр Ø45 у патроні, торець	5
Розточувальна	Зовнішній циліндр і торець	5
Фрезерна проушини	Оправка по отвору Ø18, торець	6
Свердлильна Ø7	Площини проушини, оправка	6
Чистова (тонке точіння)	Вісь отвору Ø18 на оправці	6

Чорнову токарну обробку виконують у трикулачковому патроні, що базує заготовки за зовнішнім циліндром і торцем та позбавляє п'яти ступенів вільності. Чистову обробку концентричних поверхонь і тонке точіння Ø40 ведуть на оправці за віссю отвору, що дає певне базування і узгодження з базою А. Фрезерування і свердління проушини виконують з базуванням за тією самою віссю, тому розташування отвору Ø7 і площини зберігається відносно осі деталі.

### 2.5 Розробка маршруту виготовлення деталі

Маршрут побудовано за принципом поступового підвищення точності від чорнових переходів до фінішних [26]. Спочатку готують заготовку, далі формують зовнішні поверхні і отвір, потім обробляють проушину, виконують термічну обробку і завершують процес фінішної обробкою посадкових поверхні та контролем. Термічне поліпшення розміщено перед фінішними переходами, щоб усунути вплив поводки на остаточні розміри. Повний маршрут наведено в таблиці 2.7.

						КРБ.133Г Мод. 41.04.00.00.000 ПЗ	Арк. 22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			

Таблиця 2.7. Маршрут виготовлення хвостовика

№	Операція	Обладнання	Зміст і технологічні бази
005	Заготівельна	Стрічкова пила	Відрізати пруток $\varnothing 48$ завдовжки 158 мм
010	Токарна	16K20	Підрізати торець, центрувати, чорнове точіння $\varnothing 45$ і $\varnothing 33$ з боку фланця, база патрон і торець
015	Токарна	16K20	Переустановити, чорнове і чистове точіння $\varnothing 40$ і $\varnothing 33$ , фаска $2,5 \times 45^\circ$ , проточка
020	Розточувальна	16K20	Свердління $\varnothing 17$ , керування і розточування $\varnothing 18$ на 132 мм
025	Фрезерна	6P12	Фрезерувати площини проушини на оправці, витримати 14 мм
030	Свердлильна	2H135	Свердлити отвір $\varnothing 7$ у проушині
035	Термічна	Піч	Поліпшення до НВ 240...280
040	Чистова токарна	16K20	Тонке точіння $\varnothing 40$ і торця на оправці, забезпечити Ra1,25 і 10,02
045	Слюсарна	Берстак	Зачистити задирки, притупити гострі кромки
050	Контрольна	Стіл ВТК	Контроль розмірів, форми і розташування поверхонь

Така структура маршруту зменшує кількість установлень на чистових переходах і концентрує точну обробку концентричних поверхонь на оправці. Це забезпечує задані відхилення розташування без застосування трудомістких приробних операцій.

## 2.6 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів

Припуски на найвідповідальнішу зовнішню поверхню  $\varnothing 45$  розраховано аналітичним методом [26], на решту поверхонь прийнято за нормативними таблицями. Заготовкою є гарячекатаний круг  $\varnothing 48$  за ДСТУ 7809:2015 [24]. Поверхню  $\varnothing 45$  обробляють у дві стадії, чорнове і чистове точіння. Мінімальний припуск на діаметр для кожного переходу обчислюють за залежністю:

						КРБ.133І Мод. 41.04.00.00.000 ПЗ	Арк.
							23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			

$$2z_{\text{min}i} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1}) + 2\sqrt{\rho^2 + \varepsilon^2} \quad (8)$$

де  $Rz$  та  $h$  це висота мікронерівностей і глибина дефектного шару попереднього переходу,  $\rho$  це сумарне просторове відхилення,  $\varepsilon$  це похибка базування. Обробку ведуть у патроні з базуванням за віссю, тому для діаметра  $\varepsilon$  дорівнює нулю. Просторове відхилення прокату прийнято  $\rho = 210$  мкм, після чорнового точіння залишкове відхилення становить  $0,06 \cdot \rho = 12,6$  мкм. Мінімальні припуски переходів:

$$2z_{\text{min}1} = 2(150 + 250) + 2 \cdot 210 = 1220 \text{ мкм}; \quad (9)$$

$$2z_{\text{min}2} = 2(50 + 50) + 2 \cdot 12,6 = 225 \text{ мкм}. \quad (10)$$

Сумарний мінімальний припуск на діаметр становить 1,445 мм. Найближчий стандартний розмір прокату  $\varnothing 48$  мм перевищує розрахункову заготовку, тому фактичний припуск більший за мінімальний, що допустимо. Розрахункові операційні розміри і припуски поверхні  $\varnothing 45$  наведено в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8. Розрахунок припусків на поверхню  $\varnothing 45h14$

Перехід	Rz, мкм	r, мкм	$\rho$ , мкм	$2z_{\text{min}}$ , мкм	Розмір, мм	Допуск, мм
Заготовка (прокат)	150	250	210	-	48,0	1,10
Чорнове точіння	50	50	12,6	1220	45,6	0,25
Чистове точіння	20	25	8,4	225	45,0	0,62

Операційні розміри інших поверхонь визначено табличним методом. Загальні припуски на діаметр і на торці прийнято за нормативами для прокату і токарної обробки. Результати зведено в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9. Припуски та операційні розміри інших поверхонь

Поверхня	Розмір деталі, мм	Заготовка, мм	Припуск на діаметр, мм	Кількість переходів
Зовнішня Ø40	40h14	48,0	8,0	3
Зовнішня Ø33	33h14	48,0	15,0	2
Отвір Ø18	18H14	суцільна	18,0	3
Отвір Ø7	7H14	суцільна	7,0	1
Довжина 150	150	158	8,0 (торці)	2

Розрахунки підтверджують, що прийнята заготовка з прокату Ø48 завдовжки 158 мм забезпечує всі поверхні достатнім припуском. Послідовність переходів узгоджена з вимогами креслення за точністю і шорсткістю, а операційні розміри задають режим обробки на кожній стадії маршруту

									КРБ.133Г Мод. 41.04.00.00.000 ПЗ	Арк.
										25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат						

## РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

### 3.1 Вихідні дані для розрахунку

Хвостовик центрє гвинтонарізну головку на верстаті, сприймає реактивний крутний момент від нарізання різьби та осьову силу подачі. За найнесприятливі умови роботи хвостовика прийнято нарізання найбільшої різьби типорозмірного ряду головки М52, оскільки сили навантаження зростають із діаметром і кроком різьби. Кресленик деталі наведено на рисунку 1.

Рисунок 3.1 – Кресленик хвостовика

Геометричні параметри деталі взято з робочого кресленика. Робочою ділянкою, що передає крутний момент, є шийка з зовнішнім діаметром 33 мм і осьовим отвором 18 мм, тому перевірку на кручення виконано саме для цього перерізу А-А. Реактивний момент сприймає палець у проушині, віддалений від осі на 30 мм. Параметри деталі зведено в таблиці 1.

Таблиця 3.1 – Геометричні параметри хвостовика

Параметр	Позначення	Значення
Діаметр тіла	D	40 мм

						КРБ.133Г Мод. 41.04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			26

Діаметр шийки (переріз А-А)	Dш	33 мм
Діаметр осевого отвору	d	18 мм
Діаметр фланця	Dф	45 мм
Діаметр отвору під палець	dп	7 мм
Товщина гроушини	b	14 мм
Плече реактивної сили	a	30 мм
Робоча довжина тіла	L	132 мм

Гвинтоварізну головку разом із хвостовиком встановлюють у токарно-гвинторізний верстат моделі 16К20. Характеристики верстата визначають граничну потужність приводу та діапазон частот обертання, у якому ведуть нарізання різьби. Дані верстата наведено в таблиці 2.

Таблиця 3.2 – Характеристики верстата 16К20

Характеристика	Значення
Потужність електродвигуна головного приводу	10 кВт
Коефіцієнт корисної дії приводу	0,75
Частота обертання шпинделя	12,5...1600 хв <sup>-1</sup>
Найбільший діаметр обробки над станиною	400 мм
Діаметр наскрізного отвору шпинделя	52 мм

Матеріал деталі сталь 40Х за ДСТУ 7809:2015 [24] після термічного поліпшення. Механічні властивості та допустимі напруження прийнято за довідниковими даними для поліпшеного стану [27]. Запас міцності за границею

тежкості прийнято 2,5, що відповідає деталям машин зі змінним помірним навантаженням. Властивості матеріалу наведено в таблиці 3.

Таблиця 3.3 – Механічні властивості сталі 40Х (поліпшення)

Властивість	Позначення	Значення
Границя міцності	$\sigma_B$	900 МПа
Границя текучості	$\sigma_T$	750 МПа
Модуль зсуву	G	$8,1 \cdot 10^4$ МПа
Допустиме нормальне напруження	$[\sigma]$	300 МПа
Допустиме дотичне напруження	$[\tau]$	180 МПа

Допустимі напруження обчислено за залежностями

$$[\sigma] = \frac{\sigma_T}{[s]} = \frac{750}{2,5} = 300 \text{ МПа}; \quad (1)$$

$$[\tau] = 0,6 \cdot [\sigma] = 0,6 \cdot 300 = 180 \text{ МПа}. \quad (2)$$

### 3.2 Визначення силових навантажень

Під час нарізання різьби оброблювана заготовка обертається, а головка з кривостовиком утримується нерухомо і приймає реактивний момент різання. Тангенціальну силу різання визначено через питому силу різання і площу зрізаного шару на забірних зубцях гребінок. Для сталі 40Х питому силу різання прийнято 3000 Н/мм<sup>2</sup>, товщину зрізу на зуб 0,13 мм, а сумарну довжину різальних кромek чотирьох гребінок у роботі 10 мм. Тоді тангенціальна сила становить:

$$F_z = k_s \cdot \Sigma L \cdot a = 3000 \cdot 10 \cdot 0,13 = 3900 \text{ Н}. \quad (3)$$

Реактивний крутний момент дорівнює добутку тангенціальної сили на радіус різьби. Для найбільшої різьби М52:

$$M_k = \frac{F_z \cdot d}{2} = \frac{3900 \cdot 52}{2} = 101400 \text{ Н} \cdot \text{мм} = 101,4 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (4)$$

						КРБ.133Г Мод. 41.04.00.00.000 ПЗ	Арк.
							28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			

Основа сила подачі при примусовій подачі, що дорівнює кроку, становить частину тангенціальної сили:

$$P_o = 0,45 \cdot P_z = 0,45 \cdot 3900 \approx 1800 \text{ Н.} \quad (5)$$

Навантаження зростають із діаметром і кроком різьби, тому за визначальний прийнято випадок М52. Значення моменту, реактивної сили на пальці та дотичного напруження у шийці для крайніх типорозмірів ряду наведено в таблиці 4.

Таблиця 3.4 – Навантаження залежно від нарізаної різьби

Різьба	Крок P, мм	$P_z$ , Н	$M_k$ , Н·м	F на пальці, Н	$\tau$ у шийці, МПа
M16	2,0	624	5,0	166	0,78
M30	3,5	1911	28,7	955	4,46
M52	5,0	3900	161,4	3380	15,8

Зі зростанням різьби напруження залишаються значно нижчими за допустимі, що підтверджує доцільність перевірки лише за найбільшим типорозміром.

### 2.3 Розрахунок хвостовика на міцність при крученні

Шийка хвостовика працює як порожнистий вал, навантажений крутним моментом. Полярний момент опору кільцевого перерізу:

$$W_p = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{16r} = \frac{\pi(33^4 - 18^4)}{16 \cdot 33} = 6431 \text{ мм}^3. \quad (6)$$

Дотичне напруження кручення і коефіцієнт запасу:

$$\tau = \frac{M_k}{W_p} = \frac{10140}{6431} = 15,8 \text{ МПа;} \quad (7)$$

$$n_\tau = \frac{[\tau]}{\tau} = \frac{180}{15,8} = 11,4. \quad (8)$$

Дотичне напруження майже на порядок менше за допустиме. На дні проточки біля шийки діє концентрація напружень, проте навіть з ефективним коефіцієнтом концентрації близько двох розрахунковий запас залишається понад п'ять, тому переріз працює надійно.

### 3.4. Перевірка за еквівалентним напруженням

Крім кручення, тіло сприймає осьову силу подачі, що створює нормальне напруження стиску. Площа кільцевого перерізу:

$$A = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} = \frac{\pi(33^2 - 18^2)}{4} = 601 \text{ мм}^2. \quad (9)$$

$$\sigma = \frac{P_o}{A} = \frac{1800}{601} = 3,0 \text{ МПа}. \quad (10)$$

Еквівалентне напруження за енергетичною теорією міцності та запас:

$$\sigma_{\text{екв}} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sqrt{3,0^2 + 3 \cdot 15,8^2} = 27,5 \text{ МПа}; \quad (11)$$

$$n = \frac{[\sigma]}{\sigma_{\text{екв}}} = \frac{300}{27,5} = 10,9. \quad (12)$$

Спільна дія кручення і стиску не загрожує міцності перерізу. Розмір тіла визначено умовами установаження у верстат і центрування головки, а не міцністю.

### 3.5 Розрахунок з'єднання пальцем

Реактивний момент від нарізання передається на верстат через палець у проушині, що утворює вилкове з'єднання. Палець працює на зріз у двох площинах, а стінки проушини і палець на зминання. Силу, що діє на палець, визначено з умови рівноваги моментів:

$$F = \frac{M_k}{a} = \frac{101400}{30} = 3380 \text{ Н}. \quad (13)$$

Палець виготовляють зі сталі 45, для якої допустиме напруження зрізу прийнято 100 МПа, а допустиме напруження зминання 200 МПа. Напруження зрізу при двох площинах зрізу:

$$\tau_{\text{зр}} = \frac{2F}{\pi d n^2} \leq [\tau]_{\text{зр}}. \quad (14)$$

Після підстановки числових значень діаметра пальця 7 мм отримано:

						КРБ.133І Мод. 41.04.00.00.000 ПЗ	Арк.
							30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			

$$\tau_{\text{зр}} = \frac{2 \cdot 3380}{\pi \cdot 7^2} = 43,9 \text{ МПа.} \quad (15)$$

Напруження зминання визначають за проекцією контактної поверхні пальця на діаметральну площину:

$$\sigma_{\text{зм}} = \frac{F}{d \cdot b} = \frac{3380}{7 \cdot 14} = 34,5 \text{ МПа.} \quad (16)$$

Перевірку елементів з'єднання зведено в таблиці 5.

Таблиця 3.5 – Перевірка з'єднання пальцем

Перевірка	Напруження, МПа	Допустиме, МПа	Запас n
Зріз пальця (дві площини)	43,9	100	2,28
Зминання пальця і проушини	34,5	200	5,8
Зріз проушини на вирівнювання	24,1	180	7,5

Усі елементи з'єднання мають запас міцності понад два, тому фіксація головки пальцем надійна. Найменший запас має зріз пальця, що очікувано для такого типу з'єднання.

### 3.6 Перевірка жорсткості на кручення

Точність нарізання різьби чутлива до пружного закручування хвостовика, тому виконано перевірку кута закручування. Полярний момент інерції перерізу тіла:

$$I_p = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32} = \frac{\pi(18^4 - 13^4)}{32} = 2,41 \cdot 10^5 \text{ мм}^4. \quad (17)$$

Кут закручування ділянки тіла завдовжки 132 мм:

$$\varphi = \frac{M_k \cdot L}{G \cdot I_p} = \frac{101400 \cdot 132}{8,1 \cdot 10^4 \cdot 2,41 \cdot 10^5} = 6,86 \cdot 10^{-4} \text{ рад} = 0,039^\circ. \quad (18)$$

Відносний кут закручування становить близько 0,30 градуса на метр, тоді як допустимий для валів приводів приймають 0,5 градуса на метр. Запас за жорсткістю дорівнює 1,67, тому пружне закручування деталі не порушує точності нарізання.

#### Висновки за розділом

Виконані розрахунки підтверджують працездатність хвостовика за всіма критеріями. Деталь має значні запаси міцності при крученні та за еквівалентним напруженням, що пояснено великим перерізом, потрібним для центрування головки і розміщення осевого отвору. З'єднання пальцем сприймає реактивний момент із запасом понад два. Жорсткість на кручення задовольняє вимоги точності нарізання. Зведені результати наведено в таблиці 6.

Таблиця 3.6 – Зведені результати конструкторського розрахунку

Критерій	Розрахункове значення	Допустиме	Запас	Оцінка
Кручення шийки	15,8 МПа	180 МПа	11,4	задовільно
Еквівалентне напруження	27,5 МПа	300 МПа	10,9	задовільно
Зріз пальця	43,9 МПа	160 МПа	2,28	задовільно
Зминання проушини	34,5 МПа	200 МПа	5,8	задовільно
Жорсткість на кручення	0,30 °/м	0,5 °/м	1,67	задовільно

Прийняті розміри хвостовика забезпечують надійну роботу гвинтонарізної головки в межах усього типорозмірного ряду різьб і не потребують зміни. Подальше зменшення перерізу обмежене не міцністю, а вимогами до осевого отвору під оброблювану деталь та до посадкових поверхонь під верстат.

## РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

### 4.1. Економічне обґрунтування проекту

Вартість виготовлення стенду визначається сумою витрат на матеріали, комплектуючі вироби, виготовлення деталей і складання. Стенд складається з уніфікованих та власновиготовлених вузлів, що знижує його вартість порівняно з універсальним обладнанням. Розрахунок виконано калькуляційним методом з урахуванням чинних цін на матеріали та покупні вироби.

Повну собівартість виготовлення стенду визначають за формулою:

$$C = C_M + C_{зп} + C_n + C_{накл} \quad (4.1)$$

де  $C_M$  означає витрати на матеріали та комплектуючі,  $C_{зп}$  основну заробітну плату виробничих робітників,  $C_n$  нарахування на заробітну плату,  $C_{накл}$  накладні витрати.

Нарахування на заробітну плату й накладні витрати визначають через відповідні коефіцієнти:

$$C_n = C_{зп} \cdot k_n, \quad C_{накл} = C_{зп} \cdot I_{накл} \quad (4.2)$$

де  $k_n$  дорівнює 0,22 і відповідає єдиному соціальному внеску,  $I_{накл}$  дорівнює 1,5 і враховує загальновиробничі витрати.

За прийнятих значень основної заробітної плати 12000 грн нарахування становить 2640 грн, а накладні витрати 18000 грн. Результати калькуляції наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Калькуляція собівартості виготовлення стенду

Стаття витрат	Сума, грн
Матеріали та комплектуючі	25000
Основна заробітна плата	12000
Нарахування на заробітну плату	2640
Накладні витрати	18000
Повна собівартість	57640

Перелік основних матеріалів і покупних виробів та їх вартість подано в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Витрати на матеріали та комплектуючі

Найменування	Кількість	Вартість, грн
Прокат сталевий для рами та корпусу	60 кг	4800
Електродвигун АИР, 2,2 кВт	1 шт	5500
Черв'ячний редуктор	1 шт	4200
Гідшипники та вали	компл.	2500
Деталі шпindelного вузла	компл.	3050
Механізм подачі (гвинт, гайка)	компл.	2200
Електроапаратура та кабель	компл.	1800
Кріпильні вироби та інше	компл.	1000
Разом		25000

Річні витрати на технологічну електроенергію визначають за формулою:

$$C_e = N \cdot F_d \cdot k_z \cdot C_e \quad (4.3)$$

де  $N$  становить 2,2 кВт і дорівнює встановленій потужності привода,  $F_d$  дорівнює 1860 год і відповідає дійсному річному фонду часу,  $k_z$  дорівнює 0,6 і враховує завантаження,  $C_e$  дорівнює 6,5 грн за кіловат-годину.

Підстановка значень дає річні витрати на електроенергію  $C_e = 2,2 \cdot 1860 \cdot 0,6 \cdot 6,5 \approx 15960$  грн.

#### 4.2. Оцінка експлоатативної ефективності

Упровадження системи скорочує штучний час відновлення однієї різьбової деталі з 0,5 до 0,2 год. Зростання продуктивності праці на операції визначають за формулою:

$$\Delta P = \left( \frac{T_{шт1}}{T_{шт2}} - 1 \right) \cdot 100 \% \quad (4.4)$$

						КРБ.133Г Мод_41.04.00.00.000 ПЗ	Арк.
							34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			

де  $T_{шт1}$  дорівнює штучному часу до впровадження,  $T_{шт2}$  штучному часу після впровадження станду.

Розрахунок дає  $\Delta P = (0,5 / 0,2 - 1) \cdot 100 \% = 150 \%$ . Отже, продуктивність праці на операції зростає у 2,5 рази.

Скорочення трудомісткості зменшує витрати на оплату праці. Річну економію визначають за формулою:

$$E_p = \Delta t \cdot N \cdot C_r \quad (4.5)$$

де  $\Delta t$  дорівнює 0,3 год і відповідає економії часу на одну деталь,  $N$  дорівнює 1800 і відповідає річній програмі відновлення,  $C_r$  дорівнює 95 грн за годину з нарахуваннями.

Річна економія на оплаті праці становить  $E_p = 0,3 \cdot 1800 \cdot 95 = 51300$  грн. З урахуванням додаткових експлуатаційних витрат на електроенергію та обслуговування в розмірі 18000 грн чиста річна економія дорівнює 33300 грн.

Термін окупності капітальних витрат визначають за формулою:

$$T_{ок} = \frac{K}{E_{чист}} \quad (4.6)$$

де  $K$  дорівнює повній собівартості виготовлення станду,  $E_{чист}$  чистий річний економії.

За капітальних витрат 57640 грн і чистої річної економії 33300 грн термін окупності становить  $T_{ок} = 57640 / 33300 \approx 1,7$  року.

Річний економічний ефект з урахуванням нормативного коефіцієнта ефективності капіталовкладень визначають за формулою:

$$E = E_{чист} - E_n \cdot K \quad (4.7)$$

де  $E_n$  дорівнює 0,15 і є нормативним коефіцієнтом ефективності капіталовкладень.

Річний економічний ефект становить  $E = 33300 - 0,15 \cdot 57640 \approx 24650$  грн. Додатний ефект і термін окупності, менший за нормативний, підтверджують доцільність розробки. Узагальнені техніко-економічні показники наведено в таблиці 4.3.

					КРБ.133Г Мод. 41.04.00.00.000 ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 4.3. Техніко-економічні показники проекту

Показник	Значення
Повна собівартість виготовлення, грн	57640
Чиста річна економія, грн	33300
Термін окупності, років	1,7
Річний економічний ефект, грн	24650
Зростання продуктивності праці, %	150

#### 4.3. Охорона праці

Під час роботи на стенді діють небезпечні та шкідливі виробничі фактори. До них належать обертові частини, металева стружка, підвищені рівні шуму й вібрації, небезпека ураження електричним струмом і недостатнє освітлення робочої зони. Виявлення цих факторів є підставою для розроблення захисних заходів.

До роботи на стенді допускають операторів, які пройшли навчання та інструктаж з охорони праці. Перед початком роботи перевіряють справність захисних огорожень, заземлення та органів керування. Забороняється працювати зі знятими огороженнями й видаляти стружку руками. Робоче місце утримують у чистоті, а інструмент розташовують у відведених місцях.

Обертові та рухомі частини стенду закривають захисними кожухами. Зону обробки оснащують презорим екраном, що захищає оператора від стружки. Передбачено аварійну кнопку зупинки, доступну з робочого місця. Конструкція унеможливує випадковий пуск під час налагодження та зміни інструмента.

Електрообладнання стенду виконано відповідно до вимог чинних правил улаштування електроустановок. Усі металеві неструмовідні частини заземлено. Застосовано захисне відключення та надійну ізоляцію струмовідних частин. Напругу кіл керування знижено до безпечного рівня. Періодично перевіряють опір ізоляції та заземлювального пристрою.

Робоче місце оснащують первинними засобами пожежогасіння. Електропроводку захищають від перевантажень автоматичними вимикачами. Промаслене ганчір'я й горючі відходи зберігають у металевих ящиках з кришками та своєчасно видаляють. Працівники ознайомлені з планом евакуації та правилами дій у разі пожежі.

#### **4.4. Охорона навколишнього середовища**

Основними джерелами впливу стану на довкілля є металева стружка, відпрацьована мастильно-охолоджувальна рідина та незначні викиди аерозолів. Шумове навантаження локалізоване в межах виробничого приміщення. Обсяги відходів невеликі завдяки ремонтному характеру виробництва.

Металеву стружку збирають окремо й передають на переплавлення як вторинну сировину. Відпрацьовану мастильно-охолоджувальну рідину очищають і повторно використовують або утилізують через спеціалізовані підприємства. Роздільне збирання відходів зменшує забруднення та підвищує частку повторно використаних матеріалів.

Відновлення різьби замість заміни деталей продовжує строк їх служби й економить метал. Рациональний розрій заготовок і застосування уніфікованих вузлів знижують відходи під час виготовлення стану. Повторне використання мастильних матеріалів зменшує їх річні витрати.

Підприємство дотримується нормативів гранично допустимих викидів і скидів. Здійснюють періодичний контроль стану повітря робочої зони. Працівників навчають правил поводження з відходами. Сукупність зазначених заходів забезпечує мінімальний вплив виробництва на навколишнє середовище.

					КРБ.133Г Мод. 41.04.00.00.000 ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі бакалавра розв'язано актуальну технічну задачу, що полягала у створенні недорогого стану для нарізання та правки різьби для потреб ремонтного виробництва. Стенд поєднує в одній установці формування і відновлення метричної різьби діапазону діаметрів від 6 до 52 мм, чим заповнює розрив між дорогим універсальним обладнанням і ручним інструментом.

За результатами аналізу методів отримання різьби встановлено, що для ремонтних ділянок найдоцільнішими є нарізання різцями, мітчиками та плашками, оскільки вони не потребують дорогого обладнання і складного налагодження. Систематизовано типові дефекти різьбових з'єднань та способи їх контролю, обґрунтовано необхідність розробки спеціалізованого стану і сформульовано вихідні технічні характеристики: діапазон діаметрів 6...52 мм, крок 1...4 мм, клас точності 6g і 6H за ДСТУ ISO 965-С:2005, частота обертання шпинделя 20...200 об/хв та потужність привода до 2,2 кВт.

У технологічному розділі оцінено технологічність хвостовика гвинтонарізної головки зі сталі 40Х. Коефіцієнт точності обробки склав 0,924, коефіцієнт шорсткості 0,206, що відповідає вимогам технологічності, тоді як коефіцієнт використання матеріалу 0,31 для прокату виявився низьким через значну різницю діаметрів фланця і втулки. Розроблено маршрут виготовлення з концентрацією чистової обробки концентричних поверхонь на справці за віссю отвору, що забезпечує перпендикулярність 0,02 і потрібну шорсткість без трудомістких приробних операцій. Припуски на відповідальну поверхню Ø45 визначено аналітичним методом, на решту поверхонь прийнято за нормативними таблицями.

Конструкторськими розрахунками підтверджено грацездатність хвостовика за всіма критеріями для найбільшої різьби ряду М52. Коефіцієнт запасу при крученні шийки склав 11,4, за еквівалентним напруженням 10,9, що пояснено великим перерізом, потрібним для центрування головки та розміщення осевого отвору. З'єднання пальцем сприймає реактивний момент із найменшим

					КРБ.133Г Мод. 41.04.00.00.000 ПЗ	Арк. 38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

запасом 2,28 за зрізом пальця. Відносний кут закручування тіла дорівнює 0,30 градуса на метр за допустимого 0,5, тому пружна деформація не порушує точності нарізання.

Економічними розрахунками доведено доцільність розробки. Повна собівартість виготовлення стану становить 57640 грн, чиста річна економія 33300 грн, термін окупності близько 1,7 року, а річний економічний ефект з урахуванням нормативного коефіцієнта ефективності 24650 грн. Упровадження стану скорочує штучний час відтворення однієї деталі з 0,5 до 0,2 години і підвищує продуктивність праці на операції у 2,5 раза.

Розглянуто небезпечні та шкідливі виробничі фактори, передбачено захисні стержні рухомих частин, прозорий екран зони обробки, аварійну зупинку, а також заземлення і захисне відключення електрообладнання. Запропоновано роздільне збирання металевої стружки та очищення і повторне використання мастильно-охолоджувальної рідини, що зменшує вплив виробництва на довкілля. Відновлення різьби замість заміни деталей подовжує строк їх служби та економить метал.

Отримані результати в сукупності підтверджують, що поставлену мету досягнуто. Розроблений стан забезпечує задану точність відновлення різьби з деталей загального машинобудування за низької собівартості й малих габаритів і рекомендований до впровадження на ремонтних дільницях машинобудівних та сільськогосподарських підприємств.

					КРБ.133Г Мод. 41.04.00.00.000 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

### ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Pater Z., Gontarz A., Weroński W. New method of thread rolling. Journal of Materials Processing Technology. 2004. Vol. 153–154. P. 722–728. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2004.04.154>
2. Domblesky J. P., Feng F. A parametric study of process parameters in external thread rolling. Journal of Materials Processing Technology. 2002. Vol. 121, no. 2. P. 341–349. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0924-0136\(01\)01223-7](https://doi.org/10.1016/S0924-0136(01)01223-7)
3. Ivanov V., Kirov V. Rolling of internal threads: Part 1. Journal of Materials Processing Technology. 1997. Vol. 72, no. 2. P. 214–220. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0924-0136\(97\)00171-4](https://doi.org/10.1016/S0924-0136(97)00171-4)
4. Zhang S., Zhang D., Zhao S., Jiang F., Lee M.-G. Characteristics of surface and subsurface of formed thread parts by axial-infeed thread rolling process. Chinese Journal of Aeronautics. 2023. Vol. 36, no. 5. P. 471–481. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cja.2022.07.019>
5. Popov A. Yu. et al. Research of thread rolling on difficult-to-cut material workpieces. Journal of Physics: Conference Series. 2018. Vol. 944. Article 012091. DOI: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/944/1/012091>
6. Singh M. et al. Influence of magnetorheological finishing on roller surface properties and thread rolling efficiency. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part E: Journal of Process Mechanical Engineering. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1177/09544089251322861>
7. da Silva M. B. et al. An approach to torque and temperature thread by thread on tapping. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2020. Vol. 106, no. 11. P. 4891–4901. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00170-020-04986-8>
8. Zamakona I. et al. Cutting edge control by monitoring the tapping torque of new and resharpened tapping tools in Inconel 718. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2020. Vol. 106, no. 9. P. 3799–3808. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00170-019-04914-5>

						КРБ.133І Мод_41.04.00.00.000 ПЗ	Арк.
							40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			



Journal of Process Mechanical Engineering. 2022. Vol. 236, no. 3. P. 1047–1055. DOI: <https://doi.org/10.1177/09544082211056033>

17. Gong H., Liu J. Some factors affecting the loosening failure of bolted joints under vibration using finite element analysis. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science. 2018. Vol. 232. P. 3942–3953. DOI: <https://doi.org/10.1177/0954406217745337>

18. Gong H., Liu J., Ding X. Study on the mechanism of preload decrease of bolted joints subjected to transversal vibration loading. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture. 2019. Vol. 233, no 12. P. 2320–2329. DOI: <https://doi.org/10.1177/0954405419838675>

19. Yang G., Che C., Xiao S., Yang B., Zhu T., Jiang S. Experimental study and life prediction of bolt loosening life under variable amplitude vibration. Shock and Vibration. 2019. Vol. 2019. Article 2036509. DOI: <https://doi.org/10.1155/2019/2036509>

20. Chen Y., Gao Q., Guan Z. Self-loosening failure analysis of bolt joints under vibration considering the tightening process. Shock and Vibration. 2017. Vol. 2017. Article 2038421. DOI: <https://doi.org/10.1155/2017/2038421>

21. ДСТУ ISO 68-1:2005. Нарізі ISO загального призначення. Основний профіль. Частина 1. Нарізі метричні (ISO 68-1:1998, IDT). Київ : Держспоживстандарт України, 2007.

22. ДСТУ ISO 261:2005. Нарізі метричні ISO загального призначення. Загальні положення (ISO 261:1998, IDT). Київ : Держспоживстандарт України, 2007.

23. ДСТУ ISO 965-1:2005. Нарізі метричні ISO загального призначення. Допуски. Частина 1. Основні характеристики (ISO 965-1:1998, IDT). Київ : Держспоживстандарт України, 2007.

24. ДСТУ 7809:2015. Прокат сортовий, калібрований зі спеціальним обробленням поверхні з вуглецевої якісної конструкційної сталі. Загальні технічні умови. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016.

					КРБ.133І Мод. 41.04.00.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

25. Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Репінський С. В., Сухоруков С. І. Основи технології машинобудування. Частина 2 : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2021. 90 с.

26. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні : навчальний посібник. Київ : Вища школа, 1995. 414 с.

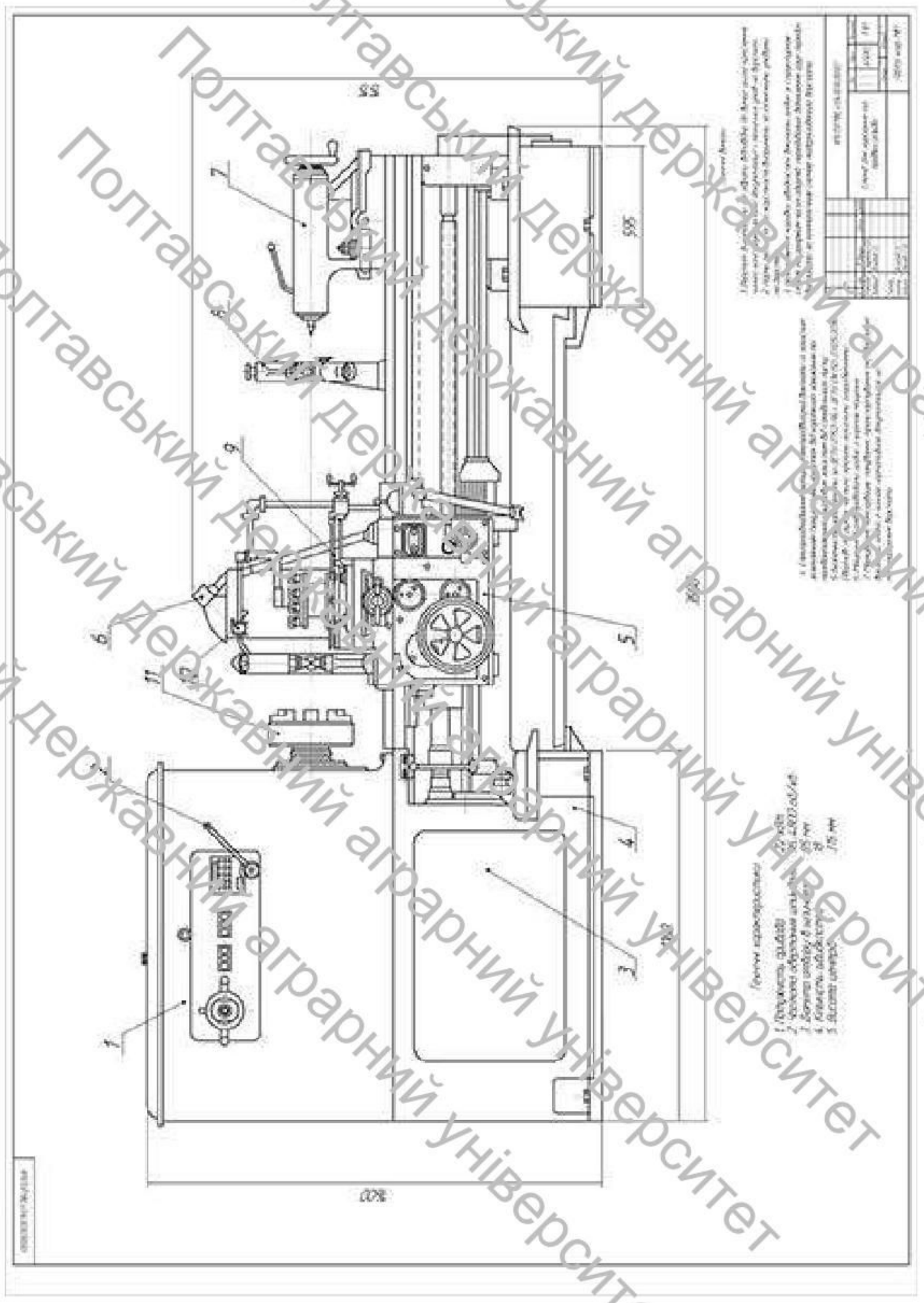
27. Технологія конструкційних матеріалів : підручник / М. А. Сологуб, І. О. Рожнецький, О. І. Некоз та ін. : за ред. М. А. Сологуба. 2-ге вид., перероб. і доп. Київ : Вища школа, 2002. 374 с.

28. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт : навчальний посібник / І. І. Юрчишин, А. М. Литвиняк, І. Є. Грицай та ін. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2009. 528 с.

					КРБ.133Г Мол. 41.04.00.00.000 ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Додатки

					КРБ.133ГМод_41.04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		44



1. Висока продуктивність роботи. 2. Легкість обслуговування. 3. Надійність роботи. 4. Простота ремонту. 5. Економічність витрат палива.

1. Простота обслуговування. 2. Надійність роботи. 3. Легкість ремонту. 4. Економічність витрат палива. 5. Висока продуктивність роботи.

1. Простота обслуговування. 2. Надійність роботи. 3. Легкість ремонту. 4. Економічність витрат палива. 5. Висока продуктивність роботи.

1. Простота обслуговування. 2. Надійність роботи. 3. Легкість ремонту. 4. Економічність витрат палива. 5. Висока продуктивність роботи.

1. Простота обслуговування. 2. Надійність роботи. 3. Легкість ремонту. 4. Економічність витрат палива. 5. Висока продуктивність роботи.

№	Назва	Матеріал	Кількість
1	Цилиндр	Чугун	1
2	Поршень	Легкий сплав	1
3	Кривошипно-шатунний механізм	Легкий сплав	1
4	Вал	Сталь	1
5	Корпус	Легкий сплав	1

№	Назва	Матеріал	Кількість
1	Цилиндр	Чугун	1
2	Поршень	Легкий сплав	1
3	Кривошипно-шатунний механізм	Легкий сплав	1
4	Вал	Сталь	1
5	Корпус	Легкий сплав	1

№	Назва	Матеріал	Кількість
1	Цилиндр	Чугун	1
2	Поршень	Легкий сплав	1
3	Кривошипно-шатунний механізм	Легкий сплав	1
4	Вал	Сталь	1
5	Корпус	Легкий сплав	1

№	Назва	Матеріал	Кількість
1	Цилиндр	Чугун	1
2	Поршень	Легкий сплав	1
3	Кривошипно-шатунний механізм	Легкий сплав	1
4	Вал	Сталь	1
5	Корпус	Легкий сплав	1

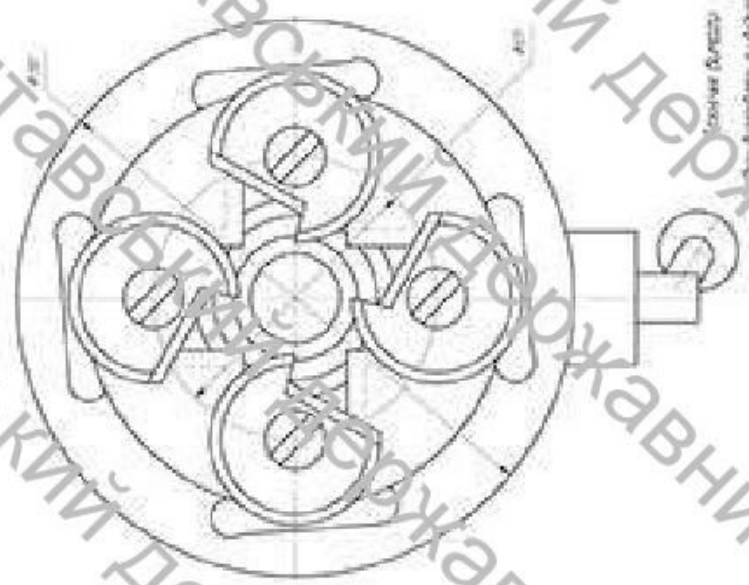


Рис. 1. Вид сверху

1. Визначити функції та призначення кожної частини деталі.  
 2. Назначити матеріал для виготовлення кожної частини деталі.  
 3. Визначити технологію виготовлення кожної частини деталі.  
 4. Визначити технологію збирання деталі.  
 5. Визначити технологію контролю якості деталі.  
 6. Визначити технологію експлуатації деталі.  
 7. Визначити технологію ремонту деталі.  
 8. Визначити технологію зняття деталі з експлуатації.

Технічні дані		Матеріали	
№ деталі	1234567890	Матеріал	Сталь 45
№ збірки	0123456789	Матеріал	Сталь 45
№ документації	0123456789	Матеріал	Сталь 45
№ виробника	0123456789	Матеріал	Сталь 45
№ дати	0123456789	Матеріал	Сталь 45

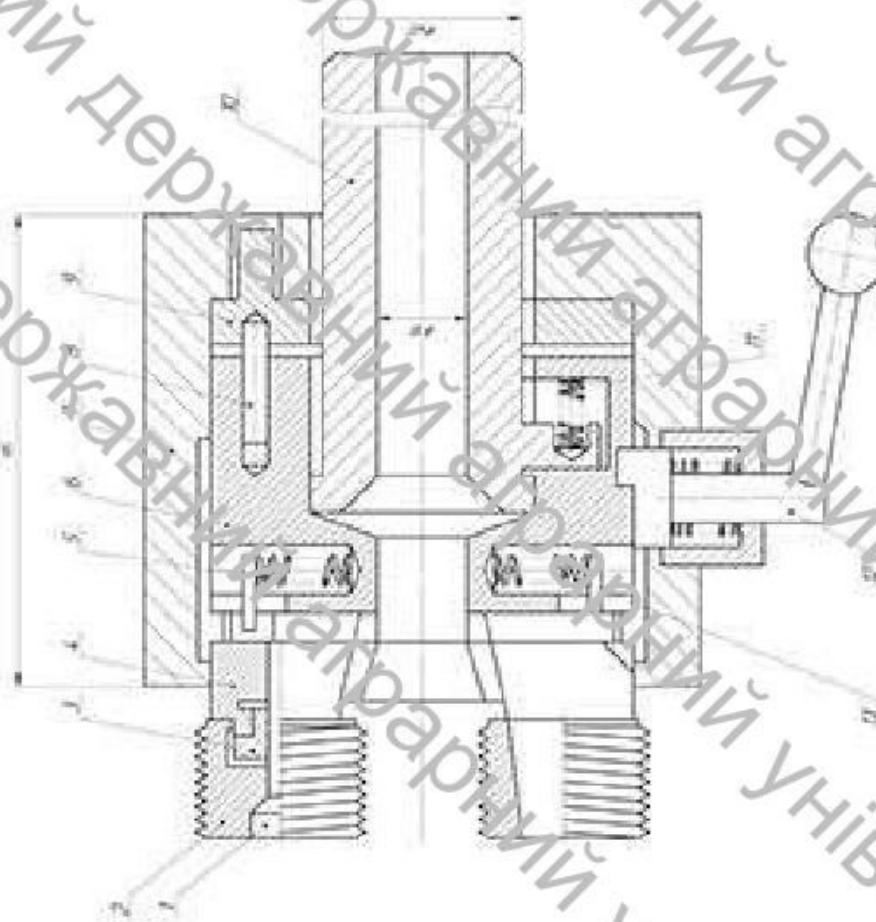


Рис. 2. Вид з боку

1. Визначити функції та призначення кожної частини деталі.  
 2. Назначити матеріал для виготовлення кожної частини деталі.  
 3. Визначити технологію виготовлення кожної частини деталі.  
 4. Визначити технологію збирання деталі.  
 5. Визначити технологію контролю якості деталі.  
 6. Визначити технологію експлуатації деталі.  
 7. Визначити технологію ремонту деталі.  
 8. Визначити технологію зняття деталі з експлуатації.

