

**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: «Техніко-технологічне обґрунтування виробництва  
пальця наконечника рульової тяги трактора МТЗ-82»

КРБ.133ГМбд\_41.08.00.00.000 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  
ДЯЧЕНКО Владислав

Керівник: докт. техн. наук, професор  
ЗУБКО Владислав

**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.

**ЗАВДАННЯ**

**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ**

***ДЯЧЕНКО Владислав***

1 Тема роботи: «*Техніко-технологічне обґрунтування виробництва  
пальця накієчника рульової тяги трактора МТЗ-82*»,

керівник роботи ***докт. техн. наук, професор ДІДУР Володимир,***  
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 – *наконечник рульової тяги: тип наконечника,  
шарнірний; діаметр різьб приєднання, мм, М20×1,5-6g, М30×1,5-6g; габаритні  
розміри наконечника, мм, 162×122×70; маса, кг, 5,5; річна програма випуску,  
шт., 1000.*

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 кресленник вузла, що  
вноситься на розгляд; кресленник деталі вузла; кресленник заготовки деталі вузла;  
складальний кресленник затискного пристосування.*

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	До 31.05.2026 р.	
7	Попередній захист роботи на кафедрі		
8	Нормалізаційний контроль		
9	Доопрацювання роботи з урахуванням зауважень і пропозицій	3 01.06.2026 р.	
10	Захист кваліфікаційної роботи		

Здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_ Владислав ДЯЧЕНКО  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Володимир ДІДУР  
(підпис)

## РЕФЕРАТ

**Пояснювальна записка:** 4 розділи, 5 рисунків, 7 таблиць, 50 використаних джерел, 43 сторінки.

**Об'єкт розробки** – наконечник рульової тяги трактора МТЗ-82.

**Предмет розробки** – конструкторсько-технологічні аспекти забезпечення процесів виготовлення пальця.

**Постановка актуальної технічної задачі** – дослідити можливості машинобудівного виробництва стосовно виготовлення складової деталі для забезпечення роботоздатного стану наконечника рульової тяги за умов визначеного типу виробництва.

**Мета кваліфікаційної роботи бакалавра** – розроблення базових положень підготовки виробництва для забезпечення потреб ринку.

**Практичне значення кваліфікаційної роботи бакалавра** – розробка документації для впровадження на машинобудівному підприємстві, що спеціалізується на виготовленні вузла.

У **загальному розділі** наведено загальні положення щодо вузла, винесеного на розгляд.

У **технологічному розділі** проведено відпрацювання на технологічність виробу та його деталі. Запропоновано маршрути обробки поверхонь пальця. Визначено припуски та операційні розміри на обробку розрахунково-аналітичним та табличним методами.

У **конструкторському розділі** було запропоновано конструкцію затискного пристосування для свердління отвору в деталі, а також проведено розрахунок зусилля затиску, параметрів силового приводу та слабкої ланки на міцність.

У розділі **економіки, охорони праці та навколишнього середовища** здійснено техніко-економічне обґрунтування способу одержання заготовки пальця, інженерні розрахунки загального освітлення виробничого приміщення, а також приділено увагу екологічним аспектам машинобудівного виробництва.

**Практичні результати роботи** – розроблено складальний кресленик наконечника рульової тяги трактора МТЗ-82 (тип наконечника, шарнірний; діаметр різьб приєднання, мм, М20×1,5-6g, М30×1,5-6g; габаритні розміри наконечника, мм, 162×122×70; маса, кг, 5,5; річна програма випуску, шт., 1000); кресленик пальця; кресленик заготовки пальця, складальний кресленик затискного пристосування для виконання операції свердління механічної обробки.

**Рекомендації щодо використання результатів роботи** палець входить до складу наконечника рульової тяги, що застосовується для передачі зусилля від рульового механізму до коліс, забезпечує поворот трактора

**Сфера застосування результатів роботи** – галузеве машинобудування.

Графічна частина становить 3 арк. ф. А1.

Текст пояснювальної записки кваліфікаційної роботи пройшов перевірку на наявність запозичень і є оригінальним.

#### АНОТАЦІЯ

У кваліфікаційній роботі бакалавра розглядається конструкція наконечника рульової тяги трактора. Представлено службове призначення вузла. Здійснено аналіз параметрів точності деталі. Охарактеризовано конструкційний матеріал для виготовлення. Визначено тип виробництва. Проведено вивчення на технологічність. Проаналізовано діючий процес виготовлення. Розроблено маршрут обробки поверхонь пальця. Визначено припуски та операційні розміри різними методами. Розроблено конструкцію затискного пристосування, а також приділено увагу розрахункам зусилля затиску, параметрам силового приводу, слабкої ланки на міцність. Розраховано економічну ефективність затівельного виробництва. Проведено розрахунок загального освітлення цеху. Приділено увагу екологічним аспектам машинобудівного виробництва обраної деталі.

НАКОНЕЧНИК РУЛЬОВОЇ ТЯГИ, ПАЛЕЦЬ, АНАЛІЗ ТОЧНОСТІ, МАРШРУТ ОБРОБКИ, ПРИПУСК, ПРИСТОСУВАННЯ ЗАТИСКНЕ, ЗАГОТОВКА, ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ, ОСВІТЛЕННЯ, ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ

#### ANNOTATION

In the bachelor's qualification work, the design of the tractor steering rod end is considered. The functional purpose of the unit is presented. An analysis of the part's accuracy parameters is carried out. The construction material for manufacturing is described. The type of production is determined. Manufacturability is assessed. The current manufacturing process is analyzed. A machining route for the pin surfaces is developed. Allowances and operational dimensions are determined using various methods. A design of the clamping fixture is developed, with attention given to calculations of clamping force, power drive parameters, and the strength of the weak link. The economic efficiency of the workpiece production is calculated. The general workshop lighting calculation is performed. Attention is also paid to the environmental aspects of the manufacturing process of the selected part.

TIE ROD END, PIN, ACCURACY ANALYSIS, MACHINING ROUTE, ALLOWANCE, CLAMPING FIXTURE, WORKPIECE, ECONOMIC EFFICIENCY, LIGHTING, ENVIRONMENTAL ASPECTS

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	6
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ .....	8
1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис .....	8
1.2 Аналіз параметрів точності .....	12
1.3 Характеристика матеріалу деталі, замінник .....	14
1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску .....	15
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ .....	17
2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі .....	17
2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення .....	20
2.3 Обробка поверхонь .....	22
2.4 Розробка маршруту виготовлення деталі .....	24
2.5 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів .....	26
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ .....	29
3.1 Розробка конструкції затискного пристосування .....	29
3.2 Розрахунок зусилля затиску та параметрів силового приводу .....	32
3.3 Розрахунок складної ланки на міцність .....	35
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА .....	36
НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА .....	36
4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі .....	36
4.2 Інженерний розрахунок загального освітлення .....	39
4.3 Екологічні аспекти машинобудівного виробництва деталі .....	40
ВИСНОВКИ .....	43
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ .....	44

КРБ.133ГМбд\_41.08.00.00.000 ПЗ

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Виконав		Дяченко В.Ю.			Зміст	Літера	Аркул	Аркушів
Перевірив		Зубко В.М.				н	5	43
Керівник		Зубко В.М.						
Н. контр.		Зубко В.М.						
Затверд.		Попов С.В.				ПДАУ, 2026 р.		

## ВСТУП

Сучасний агропромисловий комплекс України неможливо уявити без використання надійної та продуктивної сільськогосподарської техніки. Однією з найпоширеніших машин, що забезпечує виконання широкого спектра робіт у фермерських та промислових господарствах, є трактор МТЗ-82. Він вирізняється універсальністю, високою ремонтпридатністю та простотою експлуатації, що зумовило його широке застосування не лише в Україні, а й у багатьох країнах світу.

Надійність роботи трактора значною мірою залежить від технічного стану вузлів і агрегатів рульового управління, які забезпечують точність керування машиною, безпеку руху та зменшення втомлюваності оператора. Одним із важливих елементів цієї системи є палець наконечника рульової тяги. Його функціональне призначення полягає у передачі зусилля від рульового механізму до поворотних коліс, забезпечуючи стабільність траєкторії руху та маневреність трактора.

В умовах інтенсивної експлуатації машини палець наконечника піддається значним статичним і динамічним навантаженням, а також абразивному та корозійному зносу. Це призводить до необхідності своєчасної заміни даної деталі та підвищує актуальність її ефективного виробництва з урахуванням сучасних техніко-технологічних вимог.

Техніко-технологічне обґрунтування виробництва пальця наконечника рульової тяги передбачає вибір оптимальної заготовки, визначення раціонального маршруту механічної обробки, підбір обладнання, інструментів і технологічної оснастки, а також аналіз економічної доцільності виробництва. Виконання такого обґрунтування сприятиме зменшенню собівартості продукції, підвищенню її якості та надійності, що особливо важливо в умовах конкурентного ринку запчастин для сільськогосподарської техніки [32].

**Мета** роботи полягає у розробленні базових положень для підготовки машинобудівного виробництва для забезпечення потреб ринку. **Об'єктом** розробки

					КРБ.133ГМбд_41.08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

є наконечник рудьової тяги трактора МТЗ-82, а **предметом** – конструкторсько-технологічні аспекти забезпечення процесів виготовлення пальця.

Для вирішення поставленої мети необхідно розв'язати наступні **задачі**:

- проаналізувати службове призначення вузла, здійснити аналіз точності, охарактеризувати конструкційний матеріал, що застосовуються для виготовлення деталі, а також визначити тип виробництва на підставі річної програми запуску виробу;

- здійснити відпрацювання на технологічність вузла та деталі, запропонувати маршрут обробки поверхонь деталі, а також визначити припуски та операційні розміри відомими методами;

- сконструювати затискне пристосування для реалізації процесу механічної обробки, а також визначити зусилля затиску, розрахувати параметри силового приводу, здійснити розрахунок слабкої ланки

- визначити економічну ефективність методу отримання заготовки деталі, а також запропонувати заходи із точки зору охорони праці та захисту довкілля;

- розробити комплект технічної документації для забезпечення потреб підприємств галузевого машинобудування.

						КРБ.133ГМбд_41.08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
							7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

## РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

### 1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис

На розгляд (див. графічну частину) вноситься наконечник тяги рульової трактора МТЗ-82 (рисунок 1.1, таблиця 1.1).

Рисунок 1.1 – Трактор МТЗ-82: а – вигляд загальний; б – схема конструктивна  
(1 – компресор; 2 – насос паливний; 3 – дизель; 4 – двигун пусковий; 5 – навіска задня; 6 – редуктор двигуна пускового; 7 – корпус зчеплення та редуктора; 8 – коробка передач)

Трактор МТЗ-82 – це універсальний колісний трактор тягового класу Т-4. Призначений для виконання широкого спектра сільськогосподарських, комунальних, транспортних і будівельних робіт. Він може агрегатуватися з навісними, напівнавісними та причіпними машинами і знаряддями, а також використовуватись як енергетичний засіб для приводу стаціонарного обладнання через вал відбору потужності (ВВП). МТЗ-82 оснащений дизельним чотиритактним двигуном потужністю близько 81 к.с. (59,6 кВт) з рідинною системою охолодження. Трансмсія механічна, 9-ступенева переднього ходу та 2-ступенева заднього ходу (у базовій комплектації). Привід коліс – повний (4x4) із можливістю відключення

					КРБ.133ГМбд_41.08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

переднього моста. Рульове керування – гідравлічне з гідропідсилювачем, гальмівна система – дискова, суха, з механічним приводом. Основна технічна характеристика наведена у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика трактора МТЗ-82

Назва параметра	Величина
Марка двигуна	Д-243
Тип двигуна	Дизельний, 4-циліндровий, рядний
Номінальна потужність, к. с.	81
Номінальна частота обертання, об/хв	2200
Колісна формула	4×4
Ширина колії, мм	1400-2100
Максимальна швидкість, км/год	34
Габаритні розміри, мм	3930×1970×2780
Маса, кг	3750

Переваги та особливості: висока універсальність та ремонтпридатність; простота конструкції і доступність запчастин; можливість роботи в різних кліматичних умовах; економічна витрата пального; великий досвід експлуатації та відпрацьовані технологічні рішення.

МТЗ-82 широко використовується у сільському господарстві (оранка, культивування, посів, збирання врожаю), в комунальному господарстві (прибирання вулиць, вивіз сміття, косіння зелених зон), у лісовому господарстві, будівництві та транспортних роботах. Завдяки надійності та простоті обслуговування цей трактор залишається популярним і після багатьох років з моменту початку виробництва.

Наконечник рульової тяги – це деталь механізму рульового управління, яка з'єднує рульову тягу з гажелем поворотного кулака (або маятниковим важелем) і передає зусилля від рульового механізму до коліс (рисунок 1.2).

Рисунок 1.2 – Наконечник рульової тяги (вид загальний)

Його призначення полягає у наступному: забезпечення надійного шарнірного з'єднання тяг з рульовими важелями; передача поворотного руху без заклинювання та з мінімальним люфтом; компенсація коливань і нерівностей дороги завдяки кульовому шарніру, що дозволяє вільний рух у кількох площинах; підтримка правильного кута повороту коліс та стабільності траєкторії руху трактора.

Конструктивно наконечник складається з корпусу, в якому закріплена шарова опора (палець), пружина, вкладиші та ущільнювачі, що утримують мастило та захищають шарнір від пилу і вологи.

Принцип дії наконечника рульової тяги базується на роботі кульового шарніра, що передає зусилля від рульового механізму до поворотного кулака колеса, при цьому дозволяючи вільні рухи у кількох напрямках. При обертанні керма рульовий механізм створює переміщення рульових тяг. Рух тяги передається на наконечник. Корпус наконечника з'єднаний із тягою, а його палець (шарова опора) вставлений у вуха рульового важеля на поворотному кулаку. Кульова опора забезпечує рухливість. Палець може обертатися та відхилятися у вертикальній і горизонтальній

						КРБ.133ГМбд_41.08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
							10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

площині. Це дозволяє колесу змінювати кут повороту, навіть коли підвіска та міст змінюють своє положення на нерівностях. Пружина та вкладиші утримують палець у правильному положенні та зменшують люфт, а мастило всередині знижує тертя. Колесо повертається на потрібний кут, а кульовий шарнір компенсує всі дрібні рухи та вібрації, щоб рульовий механізм не заклинював. Простими словами: це та сама «суглобова» деталь у рульовій системі, що дає можливість колесам і повертати, і рухатися вгору-вниз, не ламаючи рульову тягу.

Деталлю, що виносіться на детальний розгляд, є палець (рисунок 1.3).

Рисунок 1.3 – Палець

Палець (осьовий елемент), що використовується для шарнірних або з'єднувальних вузлів у машинобудуванні. Призначений для фіксації або з'єднання рухомих деталей, працює на зсув і згин. Може використовуватися у парі з втулками, підшипниками ковзання чи іншими опорними елементами. Позначка СВЧ 57...63 HRC вказує на використання гартування струмами високою частоти до зазначеної твердості за шкалою Роквелла. Це підвищує зносостійкість робочих поверхонь. Загальна довжина становить 106,6 мм (з допуском h9). Діаметр головної частини:  $\varnothing 37$  h10 (робоча опорна частина);  $\varnothing 25,75$  h9 (перехідна частина);  $\varnothing 24$  h14

					КРБ.133ГМбд_41.08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(звужена частина). Різьбова частина: M20×1,5–6g. Отвір під шплінт Ø4,5 мм з допуском +0,3 мм. Фаска 1,5×45° на торці. Радіус заокруглення 2 мм. Конусність однієї з ділянок – 1:8. Максимальна товщина канавки – 4,5 мм. Деякі розміри мають спеціальні допуски (h9, h10, h14). Шорсткість: Ra 1,25 мкм на робочих поверхнях; Ra 6,3 мкм на інших поверхнях. Допуск розташування: 0,05 мм (позначено для важливих співвісних поверхонь). Отвір під шплінт розташований точно відносно осі пальця.

Палець забезпечує надійне фіксування деталей з можливістю швидкого демонтажу (через шплінт), роботу у вузлах з високими навантаженнями та зносостійкість завдяки загартуванню. Центрування та точну посадку завдяки системі допусків. Виготовлений зі сталі 45Х за ДСТУ 7800:2015.

### 1.2 Аналіз параметрів точності

При проведенні аналізу параметрів точності деталі заповнюємо таблицю 1.2 (рисунок 1.4), у якій наведені дані про точність виготовлення та якість обробки [3, 6, 11, 13, 18, 21, 25, 29, 40, 47, 48].

Рисунок 1.4 – Аналіз параметрів точності пальця

					КРБ.133ГМбд_41.08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Таблиця 1.2 - Аналіз параметрів точності

Номер поверхні деталі	Назва поверхні	Розміри з відхиленнями	Квалітет точності	Точність форми	Точність відносного положення	Шорсткість $R_a$
1	2	3	4	5	6	7
1	Зовнішня циліндрична поверхня	$\varnothing 25_{-0,052}$	h9	-	-	1,25
2	Торцева поверхня	$106_{-0,087}$	h9	-	-	6,3
3	Зовнішня циліндрична різьба	M20 $\times$ 1,5	6g	-	-	3,2
4	Внутрішня циліндрична поверхня	$\varnothing 11_{+0,3}$	H11	-	-	3,2
5	Зовнішня сферична поверхня	$37_{-0,1}$	h10	-	-	1,25
6	Зовнішня циліндрична поверхня	$\varnothing 24_{+0,52}$	h14	-	-	1,25

Провівши аналіз якості виконання поверхонь деталі «Палець», маємо, що найточніший розмір у поверхні № 1 –  $\varnothing 25,75_{-0,052}$ . Найнижча шорсткість цієї ж поверхні  $Ra = 1,25$  мкм. Точно-шорсткісні параметри усіх поверхонь також ув'язані, довідні операції не потрібні. Деталь може бути порівняно легко виготовлена у заводських умовах.

### 1.3 Характеристика матеріалу деталі-замінник

Палець виготовляється з легованої конструкційної сталі 45Х [24, 37]. Альтернативою їй можуть бути сталі: 40Х, 38ХА, 40ХН, 40ХС, 40ХФ, 40ХР. Дані щодо механічного й хімічного складу основного матеріалу та аналога наведені у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Хімічний склад та механічні властивості сталей 45Х та 40Х

Марка сталі	Хімічний склад						Механічні властивості після поліпшення			
	C, %	Cr, %	Si, %	Mn, %	P, %	S, %	$\sigma_s$	$\sigma_B$	$\delta$	$\psi$
							МПа		%	
45Х	0,41...	0,9...	0,17...	0,5...	0,035	0,035	835	1030	9	45
	0,40	1,2	0,37	0,8						
40Х	0,36...	0,9...	0,17...	0,5...	0,035	0,035	800	1000	10	45
	0,44	1,2	0,37	0,8						

Сталь 45Х – це легована конструкційна сталь (з підвищеним вмістом хрому). Відноситься до групи сталей для поліпшення (загартування та відпуску).

Основні властивості такі: висока міцність після термообробки (межа міцності 800–1000 МПа); підвищена зносостійкість завдяки хрому, добра загартованість – забезпечує тверду поверхню при збереженні в'язкої серцевини; оптимальна твердість після загартування – 50...60 HRC (залежно від режиму).

Сталь 45X широко використовується для виготовлення: валів, осей, пальців, шпильок, які працюють під навантаженням і в умовах тертя; шестерень, зубчастих коліс, сулачків – де потрібна зносостійкість; поршневих штоків, плунжерів – завдяки гарній оброблюваності й можливості отримати якісну поверхню; муфт, важелів, тяг – в машинах і механізмах; запчастин автомобілів, сільгосптехніки – працюють на згин і кручення.

Причина використання для пальця необхідна зносостійка робоча поверхня (особливо у зоні посадки), потрібна достатня міцність і в'язкість для роботи під ударними навантаженнями, добре тримає загартування.

Технологічні властивості сталі 45X наступні:

- температура кування, °С: початок – 1250, кінець – 800, переріз до 350 мм – охолоджувати на повітрі;

- зварювання – важкозварювана. Спосіб зварювання: ГДЗ, ЕШЗ, КТЗ.

Необхідне підігрівання і наступна термообробка;

- флокеночутливість –чутлива;
- схильність до відпускнуї крихкості – схильна.

Обраний заміник матеріалу повністю відповідає технічним та технологічним вимогам, але залишаємо матеріал, що призначений конструктором.

#### 1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску

Маркетингове дослідження показало попит ринку в деталях пальця наконечника рульової тяги трактора у кількості 1000 штук на рік. Визначимо річну програму запуску виробів за формулою:

$$N_{зан} = (N_{вип} + N_{зч}) \cdot (1 + k_{бр}), \quad (1.1)$$

де  $N_{вип}$  – річна програма випуску виробів, шт;

						КРБ.133ГМбд_41.08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
							15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$N_{зч}$  – кількість виробів, що йдуть на запчастини, приймаємо рівною 3-5% від програми випуску, тис. од;

$k_{оп}$  – коефіцієнт, що враховує технологічні витрати, які неможливо уникнути.

Приймаємо рівним 2-3% від сумарної кількості виробів, що формують програму випуску та йдуть на запчастини.

$$N_{зар} = (1000 + 0,04 \cdot 1000) \cdot (1 + 0,025) = 1066 \text{ (шт.)}$$

Максимальна маса оброблених заготовок деталей вузла не перевищує 20 кг, тому за [34] визначаємо тип виробництва – середньосерійний.

					КРБ.133ГМбд_41.08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

### 2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

Під технологічністю вузла розуміють сукупність властивостей його конструкції, які забезпечують економічне та якісне виготовлення, монтаж, регулювання, експлуатацію, обслуговування та ремонт при збереженні необхідних функціональних характеристик [23]. Іншими словами – це те, наскільки зручно, швидко і дешево можна виготовити й обслуговувати вузол без погіршення його надійності та працездатності.

Основні показники технологічності вузла: простота конструкції (мінімум зайвих деталей, відсутність складних форм, що важко обробляються); уніфікація (використання стандартних елементів і деталей); доступність для обробки, складання та ремонту; мінімальні витрати матеріалу при виготовленні; висока ремонтпридатність (можливість легко замінити зношені частини).

Наприклад, якщо два вузли виконують однакову функцію, але один має складні криволінійні поверхні, а інший – прості площі з можливістю обробки стандартними інструментами, то другий вважається більш технологічним.

Проведемо аналіз наконечника рульової тяги на технологічність (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 – Аналіз технологічності вузла

№ з.п.	Показник технологічності	Оцінка
1	2	3
1	Простота форми	Корпус має відносно просту форму, що дозволяє виготовляти його литвом у металевій формі або штампуванням. Палець – тіло обертання з конусною та сферичною поверхнею, оброблюваний на верстатах.

Продовження таблиці 2.1

1	2	3
2	Доступність обробки	Усі поверхні, що вимагають високої точності, доступні для стандартних інструментів.
3	Уніфікація	Пальці та пильники часто уніфіковані з іншими моделями тракторів.
4	Матеріаломісткість	Конструкція не надмірно масивна, але корпус потребує додаткової механічної обробки.
5	Монтажопридатність	Конічне з'єднання пальця з важелем забезпечує швидкий монтаж і демонтаж за допомогою знімача.
6	Ремонтпридатність	Можливість заміни пальця та ущільнень без заміни всього вузла – середня. У деяких виконаннях вузол нерозбірний.
7	Точність і шерсткість	Вимагаються високі параметри для сферичної поверхні пальця ( $Ra 1,25 \text{ мкм}$ ), що підвищує трудомісткість.

Можливі напрями підвищення технологічності: використання розбірної конструкції з фіксацією пальця стопорним кільцем для полегшення ремонту; заміна литого корпусу на ковану заготовку з меншим припуском на обробку; стандартизація ущільнювачів під типові розміри; оптимізація термічної обробки для зменшення деформацій та зменшення обсягу шліфувальних робіт.

Отже, конструкція наконечника рульової тяги в цілому технологічна. Вона придатна для серійного виробництва стандартними методами та має достатню уніфікацію деталей, забезпечує надійність роботи. Проте ремонтпридатність у деяких виконаннях обмежена, що можна поліпшити зміною конструкції на розбірну.

Результати аналізу на технологічність деталі наведені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Аналіз на технологічність деталі

№ з/п	Показники вимог до технологічності	Висновки за показниками	Зауваження з поліпшення технологічності
1	2	3	4
1	Наявність центрових отворів для механічної обробки.	Отвори наявні, отже дана умова виконується.	Зазначити отвори на кресленику.
2	Ступінчасті вали повинні мати невеликі перепади, а довжини ступенів повинні бути однаковими або кратними для можливості обробки деталі на багаторізцевих верстатах.	Деталь задовольняє дані вимоги.	-
3	Конструкція деталі не повинна мати різьбу менше М6 для можливості автоматизованої обробки.	Деталь задовольняє дані вимоги.	-
4	У верстатах з ЧПК не рекомендується обробка кутів, відмінних від 45° та 90°.	Деталь має кути відмінні від 45°, 90°. Вони закладені конструктором при проектуванні вузла.	Скорегувати кути спільно з конструктором.
5	Наявність зручних баз, що забезпечують надійне і стійке закріплення заготовки, вільну обробку інструментом	Базы деталі задовольняють дану вимогу, закриті поверхні відсутні, точних отворів немає	

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4
6	В конструкції деталі необхідно передбачати можливість захвату її роботом.	Конструкція деталі дозволяє можливість захвату роботом.	-
7	Конструкція деталі не повинна мати отвори неперпендикулярні до площини.	Дана деталь не має таких отворів.	-
8	В конструкції деталі повинно бути якнайменше внутрішніх торців котрі потрібно обробляти	Дана деталь не має таких торців.	-
9	Конструкція деталі повинна забезпечувати багатопшпіндельну і багаторізцеву обробку.	Конструкція деталі дозволяє можливість використання багатопшпіндельної і багаторізцевої обробки.	-
10	Для можливості автоматизованого складання необхідно передбачити на установчих поверхнях фаски та лиски.	Дана деталь має фаски та лиски на установчих поверхнях	-

Зробивши огляд ознак технологічності деталі, робимо висновок про її придатність для умов автоматизованого серійного виробництва.

## 2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення

Оскільки палець виготовлявся в умовах дрібносерійного виробництва, то при його виготовленні на підприємстві використовуються стандартні універсальні пристрої, універсальні верстати, різальний інструмент.

Оснащення та інструмент, що використовувався: переважно універсальні патрони/центри; призми та прості кондуктори; інструмент – стандартні твердосплавні пластини ISO, плашки, універсальні шліфувальні круги. Контроль здійснювався за допомогою універсальних засобів вимірювання та контролю: (мікрометри, індикатори, конусоміри), вибірковий 100% на критичних розмірах у кінці.

Показники та проблеми дрібної серії наступні: висока частка переналагоджень (до 25–40% часу партії); розрізаний маршрут із міжопераційними очікуваннями, що призводило до довгого календарного циклу; ризик деформацій після термічної обробки, що втягне додаткове припасування при шліфуванні; нерівномірна якість різьби/сфери при ручних операціях; матеріаломісткість через великі припуски «про всяк випадок»; контроль «в кінці», тобто можливе пізнє виявлення браку.

В умовах середньосерійного виробництва пропонується використовувати верстати з ЧПК, автоматизовані пристосування. Використання верстатів із ЧПК у виготовленні наконечника рульової тяги трактора значно підвищує його технологічність, тому що ми отримуємо: високу точність обробки – сферична поверхня пальця та конічні посадки потребують точних допусків і низької шорсткості, що легко досягається на токарних та шліфувальних верстатах із ЧПК; стабільність якості – кожна деталь виготовляється з однаковими параметрами без впливу людського фактору; скорочення часу налаштування – можна швидко переналаштувати програму під інший тип наконечника або модифікацію; можливість комплексної обробки – сучасні ЧПК-центри виконують кілька операцій (точіння, фрезерування, свердління, нарізання різьби) за один установ; зменшення браку – автоматичний контроль розмірів під час обробки знижує відсоток відхилень.

Окрім того, використання ЧПК підвищує технологічність конструкції, бо зменшує трудомісткість, спрощує досягнення точності й шорсткості, а також відкриває можливість виготовлення серій та модифікацій без зміни обладнання.

						КРБ.133ГМбд_41.08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
							21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

### 2.3 Обробка поверхонь

Різні поверхні деталі виконують різні функції, тому вимоги до них найрізноманітніші: за точністю, шорсткістю та іншими критеріями [3, 6, 9, 11, 13, 18, 21]. Кількість ступенів обробки визначається за формулою:

$$\varepsilon = \frac{T_3}{T_D} = \frac{T_3}{T_1} \cdot \frac{T_3}{T_2} \cdots \frac{T_{n-1}}{T_i} \cdots \frac{T_{n-1}}{T_D} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdots \varepsilon_n = \prod_i^n \varepsilon_i, \quad (2.1)$$

де  $\varepsilon$  – загальне значення;

$\varepsilon_i$  – окремі ступені уточнення;

$n$  – число ступенів обробки;

$T_3, T_D, T_i$  – відповідно допуски для заготовки, деталі, окремого ступеня обробки.

Розкладаючи загальне значення на співмножники, потрібно врахувати типові рекомендації: для першого ступеня чорнової обробки досяжними є величини уточнення  $\varepsilon < 6$ ; для проміжних ступенів напівчистої обробки  $\varepsilon = 3 \dots 4$ ; для ступенів чистої обробки  $\varepsilon = 1,5 \dots 2$ .

Для найбільш спрямованого вибору числа ступенів обробки необхідно застосувати формулу:

$$n_p = \lg(\varepsilon) / 0,46. \quad (2.2)$$

Приклад, для обробки поверхні –  $\varnothing 25,75_{-0,02}^{+0,02}$ . Допуск за кресленням 0,052 мм, допуск заготовки – 2,0 мм. Загальне уточнення складає:

$$\varepsilon = \frac{2,0}{0,052} = 38,5.$$

Орієнтовна кількість ступенів обробки:

					КРБ.133ГМбд_41.08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n_p = \frac{\lg 38,5}{0,46} \approx 3,4.$$

Отже, необхідно передбачити не менше 3 етапів обробки для даної поверхні.

Пропонуємо наступні обробки поверхонь деталі (таблиця 2.3).

Таблиця 2.3 – Методи обробки поверхонь деталі

Позначення поверхні	Квалітет точності	Допуск за кресленням, $\delta_s$ , мм	Шорсткість $R_a$ за кресленням	Допуск заготовки, $\delta_s$ , мм	Трипустимий квалітет	Загальне уточнення	Можливі маршрути обробки поверхонь		Квалітет після обробки	Достатній допуск, мм	Преміальний ступень уточнення	Загальне уточнення
							Номер маршруту	Перехід МОП				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	9	0,052	1,6	2,5	16	12,3	1	Точіння попереднє	12	0,42	5,23	12,3
								Точіння чистове	11	0,23	3	
								Шліфування одноразове	9	0,052	2,6	
								Точіння попереднє	12	0,42	5,23	
								Точіння чистове	11	0,23	3	
								Точіння тонке	9	0,052	2,6	



необхідні операції – види механічної, термічної, хіміко-термічної обробки та контрольних операцій; послідовність виконання – логічний порядок обробки поверхонь з урахуванням точності, жорсткості та зручності; тип обладнання та оснащення – вибір верстатів, пристосувань, інструменту для кожної операції; контрольні точки – на яких етапах перевіряються ключові розміри та характеристики; міжопераційні процеси – миття, термообробка, транспортування, консервація. Маршрут обробки деталі будують на підставі обраних маршрутів обробки окремих поверхонь з урахуванням типу виробництва (таблиця 2.4).

Таблиця 2.4 – Маршрут обробки деталі

№ операції	Обладнання	Зміст операції
1	2	3
005 Заготівельна	Прес типу ГПП	Штампкування.
010 Термічна	Установка індукційна типу УВЧ-20	Здійснити термічну обробку СВЧ.
015 Фрезерно- центрувальна	Фрезерно- центрувальний верстат моделі МР-71	1. Фрезерувати торці у розмір $76 \pm 0,5$ мм. 2. Свідрити центрові отвори А $3,15$ мм.
020 токарно- гвинторізна з ЧПК	Токарно- гвинторізний верстат моделі 16K20Ф3	1. Точити поздовжній контур попередньо у розмір $28,3_{-0,1}$ мм, $30,3 \pm 0,1$ мм, $47,8 \pm 0,1$ мм, $\varnothing 21,3_{-0,1}$ мм, $\varnothing 26_{-0,1}$ мм, потім остаточно. 2. Точити канавку у розміри $\varnothing 18_{h14}$ мм, $77,5$ мм, $82$ мм. 3. Точити фаску, витримавши розмір $104,5$ мм. 4. Нарізати різьбу М20.

Продовження таблиці 2.4

1	2	3
025 Шліфувальна	Круглошліфувальний верстат моделі 3M130	1. Шліфувати конус, витримуючи розміри $\varnothing 25,75h9$ мм, $\varnothing 22_{-0,052}$ мм.
030 Токарно-гвинторізна з ЧПК	Токарно-гвинторізний верстат моделі 16K20Ф3	1. Підрізати торець, витримавши розмір $106h9$ мм. 2. Точити сферу, витримавши розміри $\varnothing 37,6_{\pm 0,2}$ мм. 3. Точити сферу остаточно у розміри $14$ мм, $27h14$ мм, $\varnothing 37h10$ мм.
035 Свердлильна	Вертикально-свердлильний верстат моделі 2H125	1. Свердлити отвір у розміри $95,5$ мм, $\varnothing 4,5_{\pm 0,3}$ мм. 2. Зенкувати фаску у розмір $1,5 \times 45^\circ$ .
040 Контрольна	Стіл ВТК	Перевірити розміри згідно з креслеником.

**2.5. Визначення припусків на обробку та операційних розмірів**

Як відомо, застосовуються два методи для визначення припусків на обробку: розрахунково-аналітичний та табличний [29, 40, 48]. Визначення припуску на механічну обробку розрахунково-аналітичним методом проводимо для однієї найбільш точної поверхні. У нашому випадку це розмір  $\varnothing 25,75h9_{(-0,052)}$  мм.

Розрахункова формула для визначення припуску на обробку зовнішньої чи внутрішньої поверхонь обертання

$$2z_{i \min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (2.3)$$

де  $Rz_{i-1}$  – висота мікронерівностей, мкм;

$T_{i-1}$  – глибина дефектного шару на попередньому переході, мкм;

$\rho_{i-1}$  – сумарні відхилення розташування поверхні (відхилення від паралельності, перпендикулярності, співвісності, симетричності, перетину осей, позиційне) і у деяких випадках відхилення форми поверхні (відхилення від площинності, прямолінійності) на попередньому переході;

$\varepsilon_i$  – похибка встановлення заготовки на переході, що виконується.

Правильність розрахунку перевіряється за формулою:

$$Z_{0 \text{ заг.}} - Z_{0 \text{ min}} = \delta_{\text{заг.}} - \delta_{\text{дет.}}, \quad (2.4)$$

де  $\delta_{\text{заг.}}$ ,  $\delta_{\text{дет.}}$  – допуск заготовки та деталі відповідно.

Карта розрахунку припусків на обробку та граничні розміри по технологічних переходах наведені у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Розрахункова карта припусків і граничних розмірів за технологічними переходами при обробці  $\varnothing 25,75h9_{(-0,052)} \text{ мм}$

Технологічний перехід	Елемент припуску, мкм			Розрахунковий припуск, $2Z_{\text{min}}$ , мкм	Розр. розмір, $d_p$ , мм	Допуск, $\delta$ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничний припуск, мкм	
	$R_z$	$\rho$	$\varepsilon$				$D_{\text{min}}$	$D_{\text{max}}$	$2Z_{\text{min}}$	$2Z_{\text{max}}$
Заготовка	160	200	448	-	27,614	1300	27,6	28,9	-	-
Точіння чорн.	50	50	0	1616	25,998	210	26	26,21	1600	2690
Точіння напівч.	25	25	0	200	25,798	130	25,8	25,93	200	280
Шліфування одноразове	10	20	0	100	25,698	52	25,698	25,75	102	180
							$\Sigma$		1902	3150

Проводимо перевірку правильності розрахунку:

$$2 \cdot z_{\max} - 2 \cdot z_{\min} = \delta_z - \delta_d; \quad (2.5)$$

$$3150 - 1902 = 1300 - 52;$$

$$1248 \in 1248.$$

На релієту поверхонь деталі припуски визначаємо табличним способом із використанням довідників. Конкретні значення припусків заносимо до таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Припуски на механічно оброблювані поверхні деталі

Розмір деталі для механічної обробки, мм	Допуск на розмір, мм	Припуск, мм	Номінальний розмір заготовки, мм
Ø24	0,52	2,5	Ø31 <sup>+1,4</sup> <sub>-0,6</sub>
Ø37	0,1	2,5	Ø42 <sup>+1,4</sup> <sub>-0,7</sub>

### РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

#### 3.1) Розробка конструкції затискного пристосування

Для операції механічної обробки деталі (035 свердлильна) розробляємо конструкцію затискного пристосування, керуючись рекомендаціями [12, 36, 38, 39].

Складальний креслений пристосування представлено у графічній частині роботи, а також на рисунку 3.1.

Рисунок 3.1 – Пристосування затискне

Пристосування складається із наступних елементів: 1 – циліндр пневматичний; 2 – механізм керування пневмоциліндром; 3 – шток; 4 – планка, 5 – плита

					КРБ.133ГМбд_41.08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кондукторна; 6 – планка; 7 – кришка; 8 – важіль; 9 – ручка; 10 – гайка; 11 – втулка кондукторна; 12 – стійка; 13 – основа; 14 – призма; 15 – призма; 16, 17 – гвинт; 18 – гайка.

Деталь у пристосуванні базується по зовнішній торцевій поверхні за допомогою планки, поз.4. В осьовому напрямку деталь базується на призмах, поз.14 та поз.15, що являються опорними базами.

Принцип роботи пристосування наступний.

Початкове положення. Пневмоциліндр (1) у вихідному стані має шток (3) у верхньому положенні, а затискний механізм розімкнений. Заготовка встановлюється на призми (14) та (15), що забезпечують правильне базування по циліндричній поверхні або двох точках опори.

Затиск. Механізм керування пневмоциліндром (2) подає стиснене повітря в робочу порожнину циліндра. Шток (3) разом із планкою опускається вниз. Планка передає зусилля на важіль (8) або безпосередньо на затискний вузол, що переміщує кришку (7) до заготовки. Втулки кондукторні (11) на стійках (12) слугують для напрямку інструмента при обробці (наприклад, свердління).

Фіксація. При опусканні планка через важіль та інші деталі створює зусилля притиску заготовки до базових призм (14, 15). Положення фіксується завдяки конструкції пневмоциліндра та механізму важеля. Гайки (10, 18) і гвинти (16, 17) регулюють зусилля притиску і положення елементів.

Обробка. Коли заготовка надійно зафіксована, через кондукторні втулки (11) можна виконувати свердління, розточування або інші операції без зміщення деталі.

Розтиск. Після завершення операції стиснене повітря подається в іншу порожнину циліндра. Шток (3) піднімається, кришка (7) і важіль (8) відходять від заготовки. Оператор знімає готову деталь та встановлює нову.

Таким чином, пристосування автоматизує процес затиску-розтиску заготовок за допомогою пневмоциліндра, забезпечує точне базування на призмах і дозволяє швидко виконувати серійні операції, наприклад, свердління через напрямні втулки.

						КРБ.133ГМбд_41.08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
							30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Зробимо розрахунок похибки обробки. При цьому повинна виконуватися умова:

$$E_y < T_{23} \quad (3.1)$$

де  $E_y$  – похибка установки заготовки в пристосуванні;

$T_{23}$  – допуск на виконуваний розмір, 500 мкм.

Похибка установки заготовки у пристосуванні визначаємо по формулі:

$$E_y = \sqrt{E_6^2 + E_3^2 + T_{пр}^2} \quad (3.2)$$

де  $E_6$  – похибка базування мкм;

$E_3$  – похибка закріплення мкм;

$E_{пр}$  – похибка зв'язана з установкою заготовки в пристосуванні.

Похибка базування визначається:

$$E_6 = T \quad (3.3)$$

де  $T$  – допуск на діаметр поверхні, що використовується як база. У нашому випадку  $\varnothing 60,3_{-0,1}$  мм,  $T = 100$  мкм.

Похибка закріплення  $E_3$  дорівнює нулю.

Визначаємо похибку пристосування:

$$E_{пр} = \sqrt{E_{виг}^2 + E_{зн}^2 + E_{у.пр}^2} \quad (3.4)$$

де  $E_{виг}$  – похибка виготовлення пристосування;

$E_{зн}$  – похибка зносу пристосування;

$E_{у.пр}$  – похибка установки пристосування, 50 мкм.

Визначаємо похибку виготовлення пристосування:

					КРБ.133ГМбд_41.08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$E_{\text{виг}} = K \cdot T \quad (3.5)$$

де  $K$  – коефіцієнт, що враховує точність виготовлення пристосування;  $K=0,06$ .

$$E_{\text{виг}} = 0,06 \cdot 100 = 6 \text{ мкм};$$

Загальний знос на програму визначаємо:

$$E_{\text{изн}} = \beta \cdot \sqrt{N}, \quad (3.6)$$

де  $\beta$  – постійна, залежна від форми опор і умов контакту,  $0,8$ ;

$N$  – кількість контактів заготовки з опорою;  $N=1000$ .

$$E_{\text{изн}} = 0,8 \cdot \sqrt{1000} = 25,2 \text{ (мкм)}.$$

Визначаємо похибку пристосування і похибку установки:

$$E_{\text{пр}} = \sqrt{6^2 + 25,2^2 + 50^2} = 56,3 \text{ (мкм)};$$

$$E_y = \sqrt{100^2 + 0^2 + 56,3^2} = 114,8 \text{ (мкм)}.$$

$$114,8 < 500 \text{ мкм}.$$

Умова точності виконана.

### 3.2 Розрахунок зусилля затиску та параметрів силового приводу

Складемо схему діючих сил і визначимо з неї силу, яка необхідна для затиску  $W$  [7, 28, 12, 36, 38, 39].

					КРБ.133ГМбд_41.08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рівняння рівноваги має наступний вид

$$K \cdot M = W f_1 r + W f_2 r \cdot \left( \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} \right), \quad (3.7)$$

де  $K$  – коефіцієнт запасу (для чорнових операцій  $K = 2,6$ );

$M$  – момент, що виникає при свердлінні, Н·м;

$W$  – зусилля затиску деталі, Н;

$f_1, f_2$  – коефіцієнти тертя (приймаємо 0,1);

$r$  – відстань від осі деталі до призми, м.

З рівняння (3.1) виразимо зусилля затиску  $W$

$$W = \frac{KM}{f_1 r + \frac{f_2 r}{\sin \frac{\alpha}{2}}}. \quad (3.8)$$

Момент при свердлінні визначаємо за формулою:

$$M = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot \kappa_p, \quad (3.9)$$

де  $C_p, C_M, q, y$  – коефіцієнти довідників;

$\kappa_p = 1,24$  (при обробці сталі);

$D$  – діаметр отвору, мм.

У нашому випадку маємо, що

$$M = 10 \cdot 0,0345 \cdot 4,5^2 \cdot 0,1^{0,8} \cdot 1,24 = 1,37 \text{ (Н·м)}.$$

Отже, маємо зусилля затиску

					КРБ.133ГМбд_41.08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W = \frac{2,6 \cdot 1,37}{0,1 \cdot 0,032 + \frac{0,1 \cdot 0,032}{\sin \frac{90^\circ}{2}}} = 461,1 \text{ (Н)}.$$

Враховуючи те, що обробляємо одночасно дві деталі, збільшуємо зусилля у два рази, тобто остаточно 922,2 Н.

Діаметр пневматичного циліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi P_n \cdot \eta}}, \quad (3.10)$$

де  $P_n$  – тиск стиснутого повітря,  $P_n = 0,6$  МПа;

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії привода;  $\eta = 0,9$ ;

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 922,2}{3,14 \cdot 0,6 \cdot 0,9}} = 46,6 \text{ (мм)}.$$

Із стандартного ряду приймаємо діаметр пневматичного циліндра 50 мм.

Відповідно, реальне зусилля, що створюється силозним приводом становитиме:

$$Q = P_n \frac{\pi D^2}{4} \eta, \quad (3.11)$$

$$Q = 0,6 \cdot \frac{3,14 \cdot 50^2}{4} \cdot 0,9 = 1060 \text{ (Н)}.$$

					КРБ.133ГМбд_41.08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.3 Розрахунок слабкої ланки на міцність

Виконаємо перевірку на міцність різьбової частини М10 штока. Дана ділянка штоку є найбільш ослабленою і має концентратор напружень (різьба). Умова міцності на розтяг має наступний вигляд:

$$\sigma_p = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d_1^2} \leq [\sigma_p], \quad (3.12)$$

де  $\sigma_p$  і  $[\sigma_p]$  – відповідно розрахункове й допустиме напруження розтягу у поперечному перерізі нарізаної частини, МПа;

F – розтягувальна сила, Н;

$d_1$  – внутрішній діаметр різі, мм, 8,4 мм.

У даному випадку маємо:

$$\sigma_p = \frac{4 \cdot 1060}{3,14 \cdot (8,4 \cdot 10^{-3})^2} = 19,1 \cdot 10^6 = 19,1 \text{ МПа} \leq 101 \text{ МПа}.$$

Тому стверджуємо, що міцність різьби достатня.

					КРБ.133ГМбд_41.08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

### 4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Для деталі «Палець», що виготовляється з вуглецевої сталі 45Х найбільш доцільними буде два способи виготовлення заготовки: прокат та штампування на ГКМ. Проведемо економічну оцінку досеру способу виготовлення заготовки, методом порівняння собівартості одержання заготовок по варіантах [1, 4, 5, 30, 34, 49].

Визначимо коефіцієнти використання матеріалу при прокаті й при штампуванні за формулою:

$$K_{в.м} = \frac{m_0}{m_3}, \quad (4.1)$$

де  $m_0$ ,  $m_3$  – маса деталі й заготовки відповідно.

Маса готової деталі  $m_0 = 0,45$  кг, маса заготовки із прокату  $m_3 = 0,7$  кг, орієнтовна маса проєктованого штампування  $m_3 = 0,55$  кг.

Прокат:

$$K_{в.м} = \frac{0,45}{1,1} = 0,41.$$

Штампування:

$$K_{в.м} = \frac{0,45}{0,55} = 0,82.$$

Як видно за коефіцієнтами використання матеріалу, штампування має менші втрати металу, чим заготовка із прокату. Вибираємо для одержання валіса штампування з наступними параметрами: група складності 3С, група точності Т4, група металу М1, вихідний індекс 7.

Визначимо вартість заготовки із прокату:

					КРБ.133ГМбд_41.08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_{заг} = m_3 \cdot \frac{S_{np}}{1000} - (m_3 - m_0) \frac{S_{отх}}{1000}, \quad (4.2)$$

де  $S_{np}$  – вартість 1 тони прскату ( $S_{np} = 51000$  грн/т),

$S_{отх}$  – вартість 1 тони відходів ( $S_{отх} = 10000$  грн/т).

$$S_{заг} = 1,1 \frac{51000}{1000} - (1,1 - 0,45) \frac{10000}{1000} = 49,6 \text{ грн.}$$

Вартість штампуння:

$$S_{заг} = \left( \frac{C_i}{1000} m_3 \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_b \cdot k_n \right) - (m_3 - m_0) \frac{S_{отх}}{1000}, \quad (4.3)$$

де  $C_i$  – вартість 1 тони заготовки отриманих штампунням ( $C_i = 51000$  грн/т),

$k_m, k_c, k_b, k_n$  – коефіцієнти, що залежать від класу точності, групи складності, маси, марки матеріалу й обсягу виробництва ( $k_m = 1,1$ ;  $k_c = 1,21$ ;  $k_b = 0,75$ ;  $k_n = 1,61$ ;  $k_n = 0,8$ ).

Вартість штампуння складе:

$$S_{заг} = \left( \frac{51000}{1000} \cdot 0,55 \cdot 1 \cdot 1,21 \cdot 0,75 \cdot 1,61 \cdot 0,8 \right) - (0,55 - 0,45) \frac{10000}{1000} = 31,8 \text{ грн.}$$

Економічний ефект у цьому випадку буде становити:

$$E = (49,6 - 31,8) \cdot 1000 = 17800 \text{ (грн.)}$$

					КРБ.133ГМбд_41.08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже, заготовка виготовлена штампуванням не тільки дешевша, але й має менший коефіцієнт використання матеріалу, що дає змогу скоротити час обробки і трудомісткість операцій.

#### 4.2 Інженерний розрахунок загального освітлення

Штучне освітлення машинобудівного цеху є одним із ключових факторів, що впливають на якість виконання робіт, продуктивність праці та безпеку персоналу. У машинобудуванні часто виконуються точні операції на верстатах, контрольні вимірювання та монтажні роботи, що потребують достатнього рівня яскравості та рівномірного розподілу світла по робочих поверхнях [2, 8, 10, 14-17, 19, 20, 22, 26, 27, 31, 33, 41-46, 50]

Для освітлення цехів застосовують як загальне, так і місцеве освітлення. Загальне освітлення забезпечує рівномірне світлове середовище по всьому приміщенню, тоді як місцеве використовується для гідвічування робочих зон, де потрібна підвищена точність. Найчастіше в машинобудівних цехах застосовуються світильники з люмінесцентними або світлодіодними (LED) лампами, що забезпечують економічність, тривалий ресурс та високу світловіддачу.

При проектуванні штучного освітлення враховуються:

- норми освітленості згідно з ДБН та ДСТУ (наприклад, для механічних робіт – не менше 300–500 лк);
- колірна температура світла (оптимально 4000–5000 К для комфортної роботи);
- коефіцієнт пульсації (не більше 5 %, щоб уникнути зоровіттоми);
- розташування світильників, що забезпечує мінімум тіней та відблисків.

Сучасні системи освітлення часто обладнуються автоматичними датчиками присутності та регуляторами яскравості, що дозволяє знизити енерговитрати та підтримувати стабільний рівень освітленості протягом робочого дня.

					КРБ.133ГМбд_41.08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рационально організоване штучне освітлення у машинобудівному цеху не лише сприяє підвищенню точності та швидкості роботи, а й позитивно впливає на здоров'я працівників, зменшуючи ризик зорової втоми та виробничого травматизму.

Загальне освітлення розраховується за методом коефіцієнта використання світлового потоку. Світловий потік однієї лампи дорівнює:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot k \cdot S \cdot z}{\eta N}, \quad (4.4)$$

де  $E_n$  – значення нормативного освітлення, лк, 500 лк;

$k$  – коефіцієнт запасу, 1,3;

$S$  – площа приміщення, що освітлюється, м<sup>2</sup>, 1296 м<sup>2</sup>;

$z$  – коефіцієнт номінального освітлення, 1,15;

$N$  – кількість ламп, шт.;

$\eta$  – коефіцієнт використання світильників. Його знаходимо за постійною приміщення:

$$i = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}, \quad (4.5)$$

де  $a$ ,  $b$  – довжина та ширина цеху відповідно, м. За розрахунками:  $a = 36$  м,  $b = 36$  м.

$h$  – розрахункова висота, яка розраховується за формулою:

$$h = H - h_r, \quad (4.6)$$

де  $H$  – висота від підлоги до ферми, м, 12,8 м.

$h_r$  – висота від підлоги до робочого місця, м, 1,2 м.

Тоді

$$H = 12,8 - 1,2 = 11,6 \text{ м.}$$

Постійна приміщення дорівнює:

					КРБ.133ГМбд_41.08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$i = \frac{36 \cdot 36}{11,6 \cdot (36 + 36)} = 1,55.$$

Коефіцієнт використання  $\eta = 0,59$ .

Визначимо кількість ламп:

$$N = \frac{E_n \cdot k \cdot S \cdot z}{\eta \cdot \Phi} \quad (4.7)$$

Світловий потік ламп ДРЛ-600  $\Phi = 35000$  лк. Тоді за вищевказаною формулою знаходимо необхідну кількість ламп:

$$N = \frac{500 \cdot 1,3 \cdot 1256 \cdot 1,15}{0,59 \cdot 35000} = 47 \text{ шт.}$$

Для освітлення цеху приймаємо 48 світильників по 2 лампи ДРЛ-600 кожен.

Розташовуємо їх по сітці по всій території цеху.

#### 4.3 Екологічні аспекти машинобудівного виробництва деталі

Виробництво деталей машин у сучасних умовах повинно враховувати не лише технічні та економічні аспекти, а й вплив на навколишнє середовище. Одним із ключових напрямів екологічної безпеки є мінімізація утворення шкідливих відходів і викидів, раціональне використання ресурсів, а також впровадження технологій замкнутого циклу.

Під час виготовлення пальця наконечника рульової тяги трактора МТЗ-82 можливі такі екологічно небезпечні фактори: механічна обробка металу – утворення металевої стружки, пилу, шліфувального шламу; термічна обробка – викиди продуктів згоряння палива та нагрівальних елементів (оксида азоту, вуглецю), теплове забруднення повітря; використання мастильно-охолоджувальних рідин

					КРБ.133ГМбд_41.08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(МОР) – ризик потрапляння у ґрунт чи водойми при неправильному зберіганні або утилізації; виробничий шум та вібрації – вплив на здоров'я працівників і довкілля; відходи пакувальних матеріалів при транспортуванні готової продукції.

Найбільш суттєвим впливом у даному виробництві є утворення металевої стружки та використання МОР. За неправильного поводження з ними можливе забруднення ґрунту, води та повітря. Шумове навантаження під час роботи верстатів може перевищувати допустимі норми, встановлені ДСН 3.3.6.037-99.

Розглянемо основні джерела екологічного впливу (таблиця 4.1).

Таблиця 4.1 – Основні джерела екологічного впливу

№ з.п.	Джерело	Характер впливу	Можливі наслідки
1	Стружка та шлам	Забруднення металами	Зниження якості ґрунтів, потрапляння у водойми
2	Мастильно-охолоджувальні речовини	Хімічне забруднення	Токсичний вплив на біоту, людину
3	Викиди при нагріванні	Атмосферне забруднення	Погіршення якості повітря
4	Шум та вібрація	Фізичний вплив	Погіршення здоров'я персоналу

Для мінімізації негативного впливу на довкілля передбачаються такі заходи: використання замкнених систем оборотного водопостачання та регенерації МОР; збір і сортування металевої стружки з подальшою передачею на переробку; застосування пиловловлювачів і фільтрів на верстатах; використання енергоощадного обладнання та сучасних термічних установок із низьким рівнем викидів; обмеження шумового впливу шляхом використання шумоізолюючих

кожухів і віброопор; утилізація пакувальних матеріалів та використання вторинної тари.

Процес виготовлення деталі має відповідає вимогам Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища», ДСТУ ISO 14001:2015, а також санітарним нормам ДСН 3.3.6.037-99 щодо шуму та вібрації. Впровадження запропонованих заходів дозволить знизити екологічне навантаження та забезпечити безпечні умови праці.

Отже, виробництво пильця наконечника гувової тяги має певний вплив на навколишнє середовище, однак завдяки впровадженню екологічно безпечних технологій, ефективній утилізації відходів та дотриманню чинних нормативів цей вплив може бути зведений до мінімуму. Це сприяє не лише збереженню довкілля, а й підвищенню репутатії підприємства як соціально відповідального виробника.

					КРБ.133ГМбд_41.08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

Відповідно до отриманого завдання на кваліфікаційну роботу здобувача вищої освіти та за результатами її виконання зроблено наступні висновки.

1. Визначено службове призначення наконечника рульової тяги трактора МТЗ-82. Проведено аналіз деталі, що є складовою частиною, а саме пальця. Охарактеризовано конструкційний матеріал цієї деталі, надано рекомендації стосовно замітника-аналогу. Здійснено визначення типу виробництва на підставі маркетингового дослідження – середньосерійний.

2. Відградувано на технологічність вузол та його деталь. Проаналізовано діючий технологічний процес виготовлення, запропоновано способи удосконалення з урахуванням визначеного типу виробництва. Розроблено маршрут обробки поверхонь пальця. Здійснено визначення припусків на обробку та операційних розмірів поверхні  $\varnothing 25,75_{-0,052}^{+0}$  мм розрахунково-аналітичним, а на решту поверхонь – табличним методами.

3. Запропоновано конструкцію затискного пристосування, що може бути використано під час свердління отвору в деталі. Визначено зусилля затиску. Розраховано параметри силового приводу. Проведено розрахунок слабкої ланки на міцність.

4. Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки. Річний економічний ефект під час порівняння між двома заготівельними технологіями для програми випуску 1000 шт. склав 17800 грн. Окрім того, проведено інженерні розрахунки загального освітлення виробничого приміщення. Дієділено увагу екологічним аспектам машинобудівного виробництва деталі.

5. У графічній частині роботи наведено складальний кресленик наконечника рульової тяги, кресленик пальця, кресленик заготовки пальця, складальний кресленик затискного пристосування для виконання свердлильної операції механічної обробки.

					КРБ.133ГМбд_41.08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Акімов І.В., Плескач В.М. Прейскурант для техніко-економічного обґрунтування вибору оптимальної технології виробництва заготовок при виконанні розрахунково-графічних та контрольних завдань з дисциплін з технологічних методів виробництва заготовок для студентів спеціальностей: 131 Прикладна механіка, 132 Матеріалознавство, 133 Галузеве машинобудування, 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка, денної та заочної форми навчання. Запоріжжя: ЗНТУ. 2019. 18 с.
2. Березуцький В.В. Основи охорони праці: навч. посіб. Харків: Факт, 2005. 480 с.
3. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Львів: Світ, 2001. 456 с.
4. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок. Львів: Світ, 1996. 368 с.
5. Бейчик І.М. Економіка підприємства. Київ: Каравела, Львів: «Новий світ-2001», 2001. 298 с.
6. Бочков В.М., Сілін Р.І., Гаврильченко О.В. Розрахунок та конструювання металорізальних верстатів. Львів: Видавництво «Бескид Біт», 2008. 448 с.
7. Буц Б.Д., Приходько В.Є., Ткачов Ю.В. Розрахунок режимів різання металів. Дніпропетровськ: РВБ ДНУ, 2005. 76 с.
8. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці: навч. посіб. Київ: Каравела, 2003. 408 с.
9. Гевко Б.М., Гевко І.Б., Радик Д.П. Технологія сільськогосподарського машинобудування: Підручник. Київ: Кондор, 2006. 496 с.
10. Гогіташвілі Г.Г., Карчевські Є.Т., Лапін В.М. Управління охороною праці та ризиком за міжнародними стандартами. Київ: Знання, 2007. 367 с.
11. Горбатюк Є.О., Мазур М.П., Зенкін А.С., Каразей В.Д. Технологія машинобудування. Львів: Новий Світ – 2000, 2012. 358 с.

КРБ.133ГМбд\_41.08.00.00.000 ПЗ

Аркуш

44

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

12. Дичковський М.Г. Технологічна оснастка. Курс лекцій. Навчальний посібник. Херсон: Олді-плюс, 2008. 328с.

13. Добрянський С.С., Малафеев Ю.М. Технологічні основи машинобудування: підручник Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 379 с.

14. Жидецький В.Ц. Засоби індивідуального захисту та електрозахисні засоби. Київ: Основа, 2003. 133 с.

15. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці: навч. посіб. Львів: Укр. академія друкарства, 2006. 324 с.

16. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці: навч. посіб. Львів: Афіша, 2002. 311 с.

17. Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Мельников С.Б. Основи охорони праці. Львів: Афіша, 2000. 343 с.

18. Захаркін О.У. Технологічні основи машинобудування. Суми: СумДУ, 2004. 98 с.

19. Кащенко Л.А., Кіт Ю.Б., Пістун І.П. Охорона праці: навч. посіб. Суми: Університетська книга, 2004. 205 с.

20. Керб Л.П.. Основи охорони праці: навч.-метод. посіб. Київ: КНЕУ, 2001. 252 с.

21. Коборко Б.О., Фролов Є.А., Попов С.В., Ясько С.Г. Прогресивні технології у машинобудуванні. Навчальний посібник для студентів механічних спеціальностей закладів вищої освіти. Полтава: Національний університет імені Юрія Кондратюка, 2020. 168 с.

22. Купчик М.П., Галдзюк М.П. Основи охорони праці: навч. посіб. Київ: Основа, 2000. 416 с.

23. Лапковський С.В., Солдатова М.О., Труцько І.С. Відпрацювання конструкції виробу на технологічність – один із найважливіших етапів технологічної підготовки виробництва. Вісник Національного технічного університету «КПІ». 2011. С. 203-207.

					КРБ.133ГМбд_41.08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

24. Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів: підручник/ Опалчук А.С. та ін. Ніжин: ПП Лисенко М.М., 2013. 751 с.

25. Мельничук П.П., Боровик А.І., Лінчевський П.П. Технологія машинобудування: Підручник. Житомир: ЖДТУ, 2005. 876 с.

26. Москальова В.М. Основи охорони праці: підручник. Київ: Професіонал, 2005. 672 с.

27. Основи проектування технологічних процесів / Гречкосій В.Д. та ін. Ніжин: MILANIK, 2009. 411 с.

28. Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки: навчально-методичний посібник. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 240 с.

29. Пасько М.М., Показаньева С.Д. Технологія машинобудування. Краматорськ: ВСП МК ДДМА, 2019. 289 с.

30. Петрозич Й.М., Кіт А.Ф., Семенів О.М. Економіка підприємства. Львів: «Новий Світ-2000», 2004. 680 с.

31. Пістун І.І., Кіт Ю.В. Основи охорони праці: практикум. Суми: Університетська книга, 2000. 207 с.

32. Попов С., Скрипник В. Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня бакалавра здобувачами вищої освіти зі спеціальності 133 Галузеве машинобудування за освітньо-професійною програмою Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва галузі знань 13 Механічна інженерія. Полтава: ПДАУ, 2022. 32 с.

33. Рогач Ю.П. Пожежна безпека. Мелітополь: ТДАА, 2001. 121 с.

34. Поліщук В.А. Проектування заготовок у машинобудуванні: навчальний посібник. Миколаїв: НУК, 2017. 274 с.

35. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. Навчальний посібник. Київ: Вища школа, 1992. 414 с.

					КРБ.133ГМбд_41.08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

36. Сапон С.П. Проектування технологічного оснащення. Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2022. 47 с.

37. Сологуб М.А., Божнецький І.О., Некоз О.І. Технологія конструкційних матеріалів: Підручник. Київ. Вища школа, 2002. 374 с.

38. Технологічне забезпечення оснащенням гнучких виробничих систем механообробного виробництва: навчальний посібник / Є. А. Фролов, О.І. Біловод, С.Б. Попов, А.О. Келітеш, Ю.О. Попова. Полтава: ПП «Астроя», 2022. 130 с.

39. Технологічне оснащення. Конспект лекцій для студентів денної та заочної форми навчання спеціальності 131 Прикладна механіка. Дніпро: Національний технічний університет «Дніпровська політехніка». 2020. 403 с.

40. Токаренко В.М. Технологія автодорожнього машинобудування: курсове проектування. Київ. Вища школа, 1992. 127 с.

41. Трахтенберг І.М. Гігієна праці та виробнича санітарія: підручник. Київ, 1998. 254 с.

42. Федоров М.І. Охорона праці в галузі: навч. посіб. Полтава: ПДАА, 2012. 136 с.

43. Федоров М.І., Костенко О.М., Дрожжана О.У. Збірник законодавчих та нормативних актів з охорони праці: навч. посіб. Том 1. Полтава: інтеграфіка, 2004. 336 с.

44. Федоров М.І., Костенко О.М., Дрожжана О.У. Нормативні акти і документація з охорони праці, що діє у межах підприємства: навч. посіб. Том 2. Полтава: інтеграфіка, 2004. 296 с.

45. Федоров М.І., Лапенко Т. Г., Дрожжана О.У. Охорона праці в галузі (збірник схем, термінів...): навч. посіб. Полтава: ПДАА, 2005. 118 с.

46. Федоров М.І., Лапенко Т.Г., Дрожжана О.У. Охорона праці в галузі АПК: навч. посіб. Полтава: інтеграфіка, 2005. 297 с.

47. Фролов Є.А., Кравченко С.І., Попов С.В., Гнітас С.М. Технологічне забезпечення якості продукції машинобудування: монографія. Полтава: Технологічний Центр, 2019. 204 с.

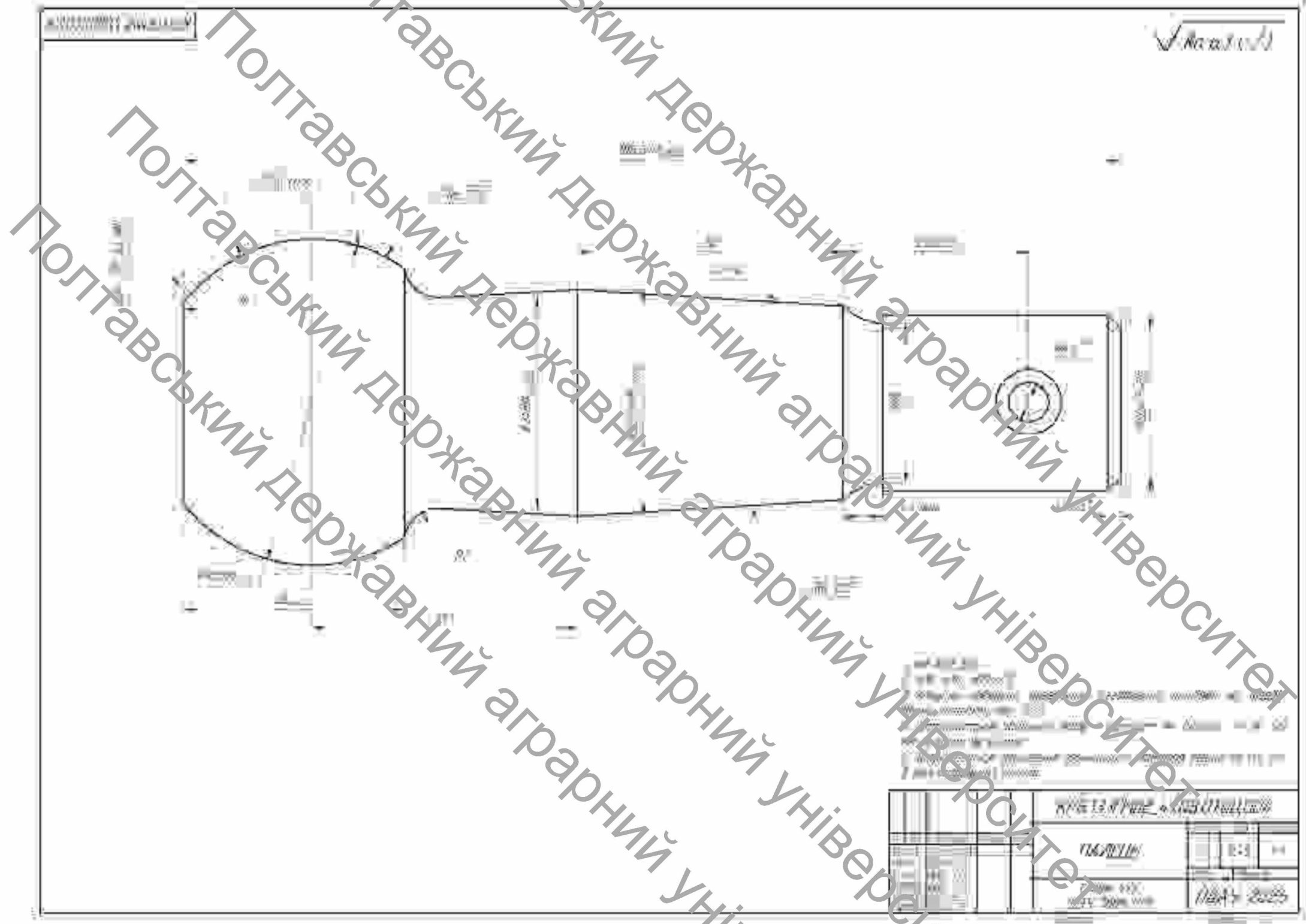
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

48. Черевко О.І., Михайлов В.М., Бабкіна І.В. Технологічні основи машинобудування. Харків: ХДУХТ, 2005. 82с.

49. Шваб Л.І. Економіка підприємства: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Київ: Каравела, 2005. 568 с.

50. Ярецька В.М. Охорона праці в галузі: навч. посіб. Київ: Професіонал, 2004. 288 с.

					КРБ.133ГМбд_41.08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Handwritten text: <i>Полтавський державний аграрний університет</i>	
Handwritten text: <i>1/20</i>	Handwritten text: <i>1/20</i>
Handwritten text: <i>1/20</i>	Handwritten text: <i>1/20</i>



