

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 корпусу кульової головки тяги механізму керма трактора»

КРБ.133ГМбд_42.03.00.00.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
*«Машини та обладнання
сільськогосподарського виробництва»*
спеціальності 133 *«Галузеве
машинобудування»*
ступеня вищої освіти *бакалавр*
групи 133ГМбд_42
КИРПОТА Артем

Керівник: канд. с.-г. наук, доцентка
ОПАРА Надія

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

КИРПОТА Артем

1 Тема роботи: «*Техніко-технологічне обґрунтування виробництва корпусу кульової головки тяги механізму керма трактора*»,

керівник роботи **канд. с.-г. наук, доцентка ОПАРА Надія**,
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 – *кульова головка тяги механізму керма трактора: тип – шарнірний; діаметр різьб приєднання, мм, М20×1,5-6g, М30×1,5-6g; габаритні розміри, мм, 162×122×70; маса, кг, 5,45; річна програма випуску, шт., 600.*

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; кресленник спеціального комбінованого різального інструменту.*

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 _____ Артем КИРПОТА
(підпис)

Керівник роботи _____ Надія ОПАРА
(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 4 розділи, 4 рисунки, 8 таблиць, 50 використаних джерел, 38 сторінок.

Об'єкт розробки – кульова головка тяги механізму керма трактора.

Предмет розробки – конструкторсько-технологічні аспекти забезпечення процесів виготовлення корпусу.

Постановка актуальної технічної задачі – дослідити можливості машинобудівного виробництва стосовно виготовлення складової деталі для забезпечення роботоздатного стану кульової головки тяги механізму керма трактора 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 для визначеного типу виробництва.

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 корпусу. Визначено припуски та операційні розміри на обробку розрахунково-аналітичним методом.

У **конструкторському розділі** було запропоновано конструкцію спеціального комбінованого різального інструменту для обробки кількох отворів. Визначено режими обробки, підібрано хвостовик, призначено форму заточування, геометричні параметри.

У розділі **економіки, охорони праці та навколишнього середовища** здійснено техніко-економічне обґрунтування способу одержання заготовки корпусу, інженерні розрахунки захисного заземлення виробничого обладнання, а також приділено увагу екологічним аспектам машинобудівного виробництва.

Практичні результати роботи – розроблено складальний кресленик кульової головки тяги механізму керма трактора (тип – шарнірний; діаметр різьб приєднання, мм, M20×1,5-6g, M30×1,5-6g; габаритні розміри, мм, 162×122×70; маса, кг, 5,45; річна програма випуску, шт., 600); кресленик корпусу; кресленик заготовки корпусу; кресленик спеціального комбінованого різального інструмента.

Рекомендації щодо використання результатів роботи корпус входить до складу кульової головки тяги механізму керма трактора, що застосовується під час передавання зусилля від рульового механізму до коліс, забезпечує поворот транспортного засобу.

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 кульової головки тяги механізму керма трактора. Представлено службове призначення вузла. Здійснено аналіз параметрів точності деталі. Охарактеризовано конструкційний матеріал для виготовлення. Визначено тип виробництва. Проведено впровадження на технологічність. Проаналізовано діючий процес виготовлення. Розроблено маршрут обробки поверхонь корпусу. Визначено припуски та операційні розміри. Розроблено конструкцію спеціального комбінованого різального інструменту для обробки внутрішніх поверхонь. Розраховано економічну ефективність заготовчого виробництва. Проведено розрахунок захисного заземлення виробничого обладнання цеху. Приділено увагу екологічним аспектам машинобудівного виробництва обраної деталі.

КУЛЬОВА ГОЛОВКА, КОРПУС, АНАЛІЗ ТОЧНОСТІ, МАРШРУТ ОБРОБКИ, ПРИПУСК, РІЗАЛЬНИЙ ІНСТРУМЕНТ, ЗАГОТОВКА, ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ, ЗАЗЕМЛЕННЯ, ЕКОЛОГІЧНА СКЛАДОВА

ANNOTATION

In the bachelor's qualification work, the design of the ball head of the tractor steering linkage is considered. The functional purpose of the unit is presented. An analysis of the accuracy parameters of the part is carried out. The structural material for manufacturing is characterized. The type of production is determined. Manufacturability assessment has been performed. The current manufacturing process is analyzed. A machining route for the housing surfaces is developed. Allowances and operational dimensions are determined. A design of a special combined cutting tool for machining internal surfaces is developed. The economic efficiency of blank production is calculated. A calculation of protective grounding for the workshop equipment is carried out. Attention is given to the environmental aspects of mechanical engineering production of the selected part.

BALL HEAD, HOUSING, ACCURACY ANALYSIS, MACHINING ROUTE, ALLOWANCE, CUTTING TOOL, BLANK, ECONOMIC EFFICIENCY, GROUNDING, ENVIRONMENTAL ASPECT

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	16
2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі	16
2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення	20
2.3 Обробка поверхонь	20
2.4 Розробка маршруту виготовлення деталі	23
2.5 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів	25
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ	27
3.1 Розробка конструкції спеціального різального інструмента	27
3.2 Особливості розрахунку	28
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА	32
НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	32
4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі	32
4.2 Розрахунок заземлення електроприводу верстатів	34
4.3 Аналіз екологічної складової виробництва	36
ВИСНОВКИ	38
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	39

КРБ.133ГМбд_42.03.00.00.000 ПЗ

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Виконав		Кирпота А. О.			Зміст	Літера	Аркул	Аркушів
Перевірив		Опара Н. М.				н	5	38
Керівник		Опара Н. М.						
Н. контр.		Опара Н. М.						
Затверд.		Попов С. В.				ПДАУ, 2026 р.		

ВСТУП

Сучасний розвиток сільського господарства нерозривно пов'язаний із підвищенням ефективності машинно-тракторного парку. Виробники техніки постійно ідосконалюють конструкції тракторів, підвищуючи їх надійність, довговічність та безпеку експлуатації. Особливе місце в цьому займають системи керування, адже від їхньої роботоздатності залежить маневреність машини, зручність в управлінні та безпека виконання технологічних операцій.

Важливим елементом механізму керма трактора є тяга з кульовою головкою, корпус якої сприймає значні зміни навантаження та працює в умовах абразивного зношування, вібрацій і впливу зовнішнього середовища. Від якості виготовлення цього корпусу залежать не лише ресурс вузла в цілому, а й надійність експлуатації трактора. Тому техніко-технологічне обґрунтування виробництва даної деталі є актуальним завданням сучасного машинобудування.

Раціональний вибір матеріалу, методів отримання заготовки та технології механічної обробки корпусу кульової головки дає можливість знизити виробничі витрати, підвищити точність виготовлення та забезпечити необхідні експлуатаційні характеристики. Це відповідає сучасним вимогам до оптимізації технологічних процесів і впровадження прогресивних методів виробництва [32].

Мета роботи полягає у розробленні базових положень для підготовки машинобудівного виробництва для забезпечення потреб ринку. **Об'єктом** розробки є кульова головка тяги механізму керма трактора, а **предметом** – конструкторські та технологічні аспекти забезпечення процесів виготовлення корпусу.

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

- 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;

					КРБ.133ГМбд_42.03.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

- сконструювати спеціальний комбінований різальний інструмент для підвищення продуктивності механічної обробки свердлінням, зменшення похибок пов'язаних із повторними установками деталі, економії робочого простору на верстаті, кращої співісності оброблених поверхонь;

- 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_42.03.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис

На розгляд (див. графічну частину) виноситься кульова головка тяги механізму керма трактора (рисунок 1.1, таблиця 1.1).

Рисунок 1.1 – Кульова головка тяги механізму керма трактора

1 – корпус; 2 – чохол захисний; 3 – пружина чохла; 4 – палець; 5 – пружина тяги сошки; 6 – вкладиш; 7 – пробка тяги сошки; 8 – вкладиш; 9 – опора чохла; 10 – заклепка; 11 – шплінт; 12 – маслянка; 13 – ліній

					КРБ.133ГМбд_42.03.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика вузла

Назва параметра	Величина
Призначення	З'єднання тяги з важелями механізму керма, забезпечення просторової рухомості з'єднання при передачі навантаження.
Прієднувальні різьби кріплення, мм	M30×1,5-6g; M20×1,5-6g
Робоча поверхня пальця	Сферична
Змащення	Прес-маслянка, літол 24 ДСТУ ГОСТ 21150:2019
Габаритні розміри, мм	152×122×75
Маса, кг	3,45

Кульова головка тяги механізму керма трактора є важливим елементом рульової системи, що забезпечує надійне та плавне передавання зусилля від кермового механізму до коліс трактора. Вона складається з корпусу, в якому розташована сферична опора з пальцем, здатним вільно обертатися та змінювати кутове положення. Завдяки такій конструкції кульова головка компенсує зміни положення тяг під час руху трактора, забезпечуючи стійкість, точність керування і зменшення ударних навантажень. Робоча поверхня кульового пальця змащується для зниження тертя та зношування, а для захисту від пилу та вологи встановлюється гумовий пильник. Надійність і справність кульової головки має безпосередній вплив на безпеку руху, адже від неї залежить чутливість керування та здатність трактора зберігати заданий напрямок. Тому під час технічного обслуговування рульової системи особливу увагу приділяють перевірці стану кульових з'єднань, їхньому змащуванню та герметичності ущільнювальних елементів.

Наконечник рульової тяги призначений для з'єднання рульової тяги з важелями поворотного механізму трактора. Він забезпечує передачу зусилля від рульового

механізму до коліс та одночасно допускає відносні переміщення деталей під дією навантажень і при зміні положення коліс. Завдяки кульовому з'єднанню наконечник дозволяє вільно змінювати кут розташування тяги, що необхідно для роботи рульової системи у різних просторових положеннях. Під час обертання колеса керма зусилля через механізм передається на тягу, а далі – на кульовий палець наконечника. Сферична форма пальця дозволяє йому вільно обертатися у корпусі, сприймаючи осьові та радіальні навантаження без заїдань і перекосів. Завдяки попередньо стиснутому пружному елементу з'єднання працює без люфту, що забезпечує точність і чутливість керування. Смазування через прес-маслянку створює мастильну плівку між поверхнями, зменшуючи тертя та знос. Гумовий пильник запобігає попаданню пилу і вологи всередину, зберігаючи герметичність вузла. Таким чином забезпечується надійна і довговічна робота системи керма трактора в складних експлуатаційних умовах.

Деталлю, що виноситься на детальний розгляд, є корпус (рисунок 1.2).

Рисунок 1.2 – Корпус

					КРБ.133ГМбд_42.03.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Корпус кульової головки тяги є відповідальною деталлю механізму керма трактора, яка забезпечує надійне кріплення та роботу сферичного вкладиша під час передачі зусиль від кермового механізму до коліс. Деталь сприймає змінні навантаження, що виникають під час руху машини по нерівних поверхнях, а також працює в умовах вібрацій і підвищеного зношування.

Конструктивно корпус складається з трьох основних зон:

1) робоча (головна) частина має циліндричну форму зовнішнім діаметром $\varnothing 65$ мм. Усередині виконано ступінчастий отвір із точними посадковими місцями для встановлення сферичного елемента. Додатково передбачено конічні фаски під кутом 60° для полегшення монтажу. Товщина стінки корпусу варіюється від 3 до 5 мм, що забезпечує достатню міцність при мінімальній масі.

2) перехідна частина з'єднує корпус із хвостовиком. Для зниження концентрації напружень виконані плавні галтелі. Деякі поверхні виконані конічними, що спрощує виготовлення та зменшує масу деталі;

3) хвостовик (стрижень) має довжину 65 мм. На його кінці передбачено різьбове з'єднання $M30 \times 1,5 - 6g$, що забезпечує з'єднання корпусу з тягами механізму керма. Для зручності складання та запобігання задиркам передбачена фаска.

Внутрішні поверхні отворів мають підвищені вимоги до шорсткості, що обумовлює застосування операцій чистового розточування та розгортання. Висока точність посадкових місць забезпечує надійність з'єднання кульової головки з корпусом, а застосування фасок і галтелей підвищує довговічність деталі при експлуатації. Виготовлений зі сталі 35 за ДСТУ 7809:2015.

Таким чином, корпус кульової головки тяги механізму керма трактора є міцною та точною деталлю, виготовлення якої потребує обґрунтованого вибору матеріалу та оптимального технологічного процесу для забезпечення необхідних експлуатаційних характеристик.

						КРБ.133ГМбд_42.03.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			11

1.2 Аналіз параметрів точності

При проведенні аналізу параметрів точності деталі заповнюємо таблицю 1.2 (рисунок 1.3), у якій наведені дані про точність виготовлення та якість обробки [3, 9, 11, 13, 18, 21, 25, 29, 40, 47, 48].

Рисунок 1.3 – Аналіз параметрів точності деталі

					КРБ.133ГМбд_42.03.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Таблиця 1.2 - Аналіз параметрів точності

Номер поверхні деталі	Назва поверхні	Розміри з підсилення мм	Квалітет точності	Точність форми	Точність відносного положення	Шорсткість R_a
1	2	3	4	5	6	7
1	Торцева поверхня	48-0,62	H14	-	-	6,3
2	Внутрішня циліндрична різьба	M55×1,5	7H	-	-	3,2
3	Внутрішня циліндрична поверхня	$\varnothing 48^{+0,16}$	H9	-	-	3,2
4	Внутрішня циліндрична поверхня	$\varnothing 54,5^{+0,19}$	H11	-	-	3,2
5	Зовнішня циліндрична поверхня	$\varnothing 55,6-0,074$	h9	-	-	6,3
6	Зовнішня циліндрична різьба	M30×1,5	6g	-	-	3,2
7	Торцева поверхня	$9,5^{+0,36}$	H4	-	-	6,3
8	Внутрішня циліндрична різьба	M10×1	6g	-	-	3,2
9	Внутрішня циліндрична поверхня	$\varnothing 31,75^{+0,19}$	H11	-	-	3,2

Провівши аналіз якості виконання поверхонь деталі «Корпус», маємо, що найточніший розмір у поверхні № 5 – $\varnothing 55,6_{-0,074}$ мм. Найнижча шорсткість у декількох поверхнях ($Ra = 3,2$ мкм). Деталь може бути виготовлена у заводських умовах.

1.3 Характеристика матеріалу деталі, заміник

Корпус виготовляється із конструкційної сталі 35 [24, 37]. Альтернативою їй можуть бути сталь 45. Дані щодо механічного й хімічного складу основного матеріалу та аналога наведені у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Хімічний склад та механічні властивості сталей 35 та 45

Сталь	C	Mn	Si	σ_B , МПа	Твердість НВ	P	Cr	Ni	Cu	S
						не більше				
35	0,42- 0,5	0,5- 0,8	0,17- 0,37	470-620	143-229	0,035	0,25	0,25	0,25	0,04
45	0,36- 0,44	0,5- 0,8	0,17- 0,37	470-655	143-248	0,035	0,5-1,1	0,3	0,3	0,035

Технологічні властивості сталі 35: температура кування, °С: початок – 1250, кінець – 700, перегіз до 400 мм – охолоджувати на повітрі; зварювання – легко зварювана. Спосіб зварювання: РДС, КДС. Необхідне підігрівання і наступна термообробка; оброблюваність різанням – у гарячекатаному стані при НВ 170-179 та $\sigma_B=640$ Мпа, $K_{VTB.cпл.}=1$; $K_{л.б.г.}=1$; флокеночутливість – малочутлива; схильність до відпускнуї крихкості – не схильна.

Якщо деталь працює під підвищеним навантаженням і потребує більшої міцності та зносостійкості – доцільна заміна сталі 35 на сталь 45. Якщо ж пріоритетом є ударна в'язкість і пластичність, а також зварюваність – краще залишити сталь 35.

1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску

Маркетингове дослідження показало попит ринку в деталях корпусу кульової головки тяги механізму керма трактора у кількості 600 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.;

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

$k_{бр}$ – коефіцієнт, що враховує технологічні витрати, які неможливо уникнути. Приймаємо рівним 2-3% від сумарної кількості виробів, що формують програму випуску та йдуть на запчастини.

$$N_{зан} = (600 + 0,04 \cdot 600) \cdot (1 + 0,025) = 640 \text{ (шт.)}.$$

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

					КРБ.133ГМбд_42.03.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

Проведено аналіз кульової головки тяги механізму керма трактора на технологічність (таблиця 2.1). Аналіз охоплює основні критерії: конструктивні особливості, матеріали, заготовки, оброблюваність, складання, ремонтпридатність тощо. Для кожного критерію подано оцінку, параметри згідно креслення, потенційні ризики та рекомендації щодо вдосконалення [23].

Таблиця 2.1 – Аналіз технологічності вузла

Критерій	Стан / оцінка	Параметри з креслення / вимоги	Ризики / вузькі місця	Рекомендації
1	2	3	4	5
Призначення вузла	Відповідальний шарнір керма	Поворот / коливання під змінним навантаженням; захист від бруду; мастило через прес-маслянку	Високі контактні напруження, забруднення, знос пари тертя	Забезпечити правильну посадку сфери; регулярне змащення; контроль люфту
Кульова головка	Висока точність і твердість	Шліфувана сфера, посадки	Чутливість до абразиву, локальний знос	Потребує термічної обробки

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

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5
Втулки / вкладиші	Прості у виготовленні	Циліндричні, можливі масляні канавки	Задирки при нестачі мастила	Підібрати відповідний матеріал
Ущільнення	Стандартні манжети / пильники	Захист від пилу і води, посадочні раски	Знос крайки; підтікання мастила	Заміна при ТО; перевірка якості посадок
Стандартизація	Висока	Різьби метричні прес-масляні ка стандартна	Нестача типізації дріб- них деталей	Максимально використовувати ка галожні вироби
Точність та шорсткість	Підвищена для посадок і сфери	Отвори; шорсткість на посадках	Вартість чистої обробки; контроль співвісності	Розгортання / шліфування, контроль машиною або калібрами
Змащення	Через прес- маслянку	Штуцер МК10×1	Закосування каналу, відсутність ТО	Розширити канал; постави- ти ковпачок; рекламент мастила
Складання	Однознач- ний маршрут	Пресові посадки; шпінт / гайка для фіксації	Пошкодження ущільнень; перекоси при запресуванні	Використати напрямні оправки; контроль

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.133ГМбд_42.03.00.00.000 ПЗ

Аркуш

17

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5
Контроль якості	Комбінований	Калібри-пробки Н7, вимір сферометром; випробування на люфт	Суб'єктивність візуального контролю	Ввести контроль моменту повороту; ендоскопія каналу мастила
Ремонт-придатність	Висока	Робоча конструкція; змінні втулки/ущільнення	Закисання різьбових з'єднань	Консервація різьб; застосування стопорних пристроїв
Надійність / ресурс	Забезпечить від мастила і якості посадок	Захист пильниками	Втомні тріщини в зоні переходів	Шліфвані галтели
Собівартість	Середня	Чистові операції на корпусі й сфері	Багатоопераційність	Використати комбіновані інструменти; уніфікувати деталі; оптимізувати заготовку

Результати аналізу на технологічність деталі наведені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Аналіз на технологічність деталі

№ з/п	Показники вимог до технологічності	Висновки по показниках технологічності	Заходи по поліпшенню технологічності
1	2	3	4
1	Наявність зручних баз, що забезпечують необхідну орієнтацію та надійне закріплення заготовки	Цей показник технологічності є задовільним. Заготовка має зручні технологічні бази	-
2	Отвори повинні бути такими, щоб їх можна було обробляти на прохід	Деталь повністю відповідає даній вимозі	-
3	Конструкція деталі повинна забезпечувати її встановлення за допомогою простих пристосувань	Конструкція деталі вимагає складних пристосувань	-
4	У верстатах з ЧПК не рекомендується обробка кутів, відмінних від 45° та 90°	Деталь повністю відповідає цьому показнику	-
5	Конструкція деталі не повинна мати різьбові отвори менше М6 для можливості автоматизованої обробки	Дана деталь задовольняє цей показник	-

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

									Аркуш
									19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_42.03.00.00.000 ПЗ				

2.2 Аналіз дробочого технологічного процесу виготовлення

При виготовленні заготовки корпусу пропонується використовувати штампування. Цей метод виготовлення дозволяє отримувати досить точні заготовки із малою шерсткістю поверхні (12 квалітет, шерсткість $R_z = 20 \dots 10$ мкм). Це дає змогу зменшити обсяг очисних робіт. При використанні на підприємстві універсальних верстатів застосовувався стандартний різальний інструмент.

Використання прогресивного різального інструмента дозволить зменшити кількість переходів механічної обробки поверхонь, та шкідливий вплив на навколишнє середовище завдяки використанню екологічних мастил та мінімальному їх застосуванню при охолодженні зони різання. Також пропонується перейти до верстатного обладнання із числовим програмним керуванням, багатоперстатного обслуговування.

У дробочому технологічному процесі для контролю застосовуються універсальні прилади. Це збільшує суттєво загальний час. Нами запропоновано використовувати спеціальний вимірювальний та контрольний інструмент.

2.3 Обробка поверхонь

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

$$\varepsilon = \frac{T_3}{T_D} = \frac{T_3}{T} \cdot \frac{T_3}{T_2} \dots \frac{T_{i-1}}{T_i} \dots \frac{T_{n-1}}{T_D} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \dots \varepsilon_n = \prod_i^n \varepsilon_{i,j} \quad (2.1)$$

де ε – загальне значення;

ε_i – окремі ступені уточнення;

P – число ступенів обробки;

									Аркуш
									20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_42.03.00.00.000 ПЗ				

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

Розкладаючи загальне значення на співмножники, потрібно враховувати 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 $\varnothing 48H11$. Допуск за креслеником 0,16 мм, допуск заготовки – 2,1 мм. Загальне уточнення складає:

$$\varepsilon = \frac{2,1}{0,16} = 13,125.$$

Орієнтовна кількість ступенів обробки

$$n_p = \frac{\lg 13,125}{0,46} \approx 2,4$$

Отже, необхідно передбачити не менше 2 етапів обробки для даної поверхні.

Пропонуємо наступні обробки поверхонь деталі (таблиця 2.3).

					КРБ.133ГМбд_42.03.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.5 – Методи обробки поверхонь деталі

Позначення поверхні	Квалітет точності	Допуск за гребенням, δ_B , мм	Шорсткість R_a за кресленням	Допуск заготовки δ_B , мм	Припуск на квалітет	Загальне уточнення	Можливі маршрути обробки поверхонь		Квалітет після обробки	Досягнений допуск, мм	Проміжний ступінь уточнення	Загальне уточнення
							Номер маршруту	Перехід МОП				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	14	0,62	6,3	4,5	16	21,3	1	Точіння одноразове	14	0,62	6,2	21,3
3	11	0,16	3,2	3	16	25	1	Розточування попереднє	12	0,32	6,2	25
								Розточування чистове	9	0,16	1,8	
							2	Розточування попереднє	12	0,32	6,2	25
								Розточування тонке	9	0,16	1,8	
4	11	0,19	3,2	3	16	12,5	1	Розточування попереднє	12	0,32	7,4	12,5
								Розточування чистове	9	0,19	3,2	
							2	Розточування попереднє	12	0,32	7,4	12,5
								Розточування тонке	9	0,19	3,2	
5	9	0,072	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	0,074	2,6	
							2	Точіння попереднє	12	0,42	5,23	12,3
								Точіння чистове	11	0,23	3	
								Точіння тонке	9	0,074	2,6	
5	9	0,074	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	0,074	2,6	
							2	Точіння попереднє	12	0,42	5,23	12,3
								Точіння чистове	11	0,074	3	

Продовження таблиці 2.3

6	14	0,43	3,2	12,5	16	21,3	1	Точіння одноразове	14	0,43	6,2	21,3
9	11	0,19	3,2	3	16	12,5	1	Розточування попереднє	12	0,32	7,4	12,5
								Розточування чистове	9	0,19	3,2	
							2	Розточування попереднє	12	0,32	7,4	12,5
								Розточування тонке	9	0,19	3,2	

2.4 Розробка маршруту виготовлення деталі

Маршрут обробки деталі будемо на підставі скраних 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	Штампування заготовки.
010 Термічна	Піч електрична камерна	Термічна обробка заготовки до твердості НВ 229...269 (нагрівання 780...830°C)
015 Токарно-гвинторізна з ЧПК	Токарно-гвинторізний верстат з ЧПК моделі 16К20Т1-02	1.Розсвердлити Ø32, Ø48 мм. 2.Точити пов. попереду Ø 39 мм. 3.Розточити Ø54,43 мм остаточно. 4.Проточити фаску 1,5×45°.

Продовження таблиці 2.4

020 Токарно-гвинторізна з ЧПК	Токарно-гвинторізний верстат з ЧПК моделі 16K20T1-02	<ol style="list-style-type: none"> 1.Точити пов. 1 попередньо, витримуючи розмір $l=11$ мм та $\varnothing 55$ мм. 2.Точити остаточно 49,55 мм. 3.Точити $\varnothing 55_{-0,74}$ мм остаточно, витримуючи R1,5. 4.Проточити фаску 60°, витримуючи розмір $l=2\pm 0,125$ мм.
025 Вертикально-свердлильна	Вертикально-свердлильний верстат з ЧПК моделі 2P135Ф2-1	<ol style="list-style-type: none"> 1.Свердлити 3 отвори $\varnothing 3,2$ мм, витримуючи кут між ними 22°.
030 Вертикально-свердлильна	Вертикально-свердлильний верстат з ЧПК моделі 2P135Ф2-1	<ol style="list-style-type: none"> 1.Свердлити отвір $\varnothing 5,2$ мм 2.Розсвердлити фаску, витримуючи кут 90°.
035 Вертикально-свердлильна	Вертикально-свердлильний верстат з ЧПК моделі 2P135Ф2-1	<ol style="list-style-type: none"> 1.Свердлити отвір під різьбу, витримуючи кут розміщення отвору 30. 2.Розсвердлити фаску під різьбу. 3.Нарізати різьбу на $M10\times 1-6g$
040 Токарно-гвинторізна з ЧПК	Токарно-гвинторізний верстат з ЧПК моделі 16K20T1-02	<ol style="list-style-type: none"> 1.Точити пов. під різьбу, витримуючи розмір 65 мм. 2.Точити канавку, витримуючи розмір 6 мм. 3.Проточити фаску пов.3, витримуючи кут 20°. 4.Нарізати різьбу $M30\times 1,5-6g$.
045 Контрольна	Стіл ВТК	Перевірити розміри згідно з кресленням.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.133ГМбд_42.03.00.00.000 ПЗ

Аркуш

24

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 припусків на механічну обробку розрахунково-аналітичним методом проводимо для однієї найбільш точної поверхні. У нашому випадку це розмір $\varnothing 55,6h9_{(-0,074)}$ мм.

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

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

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

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

ρ_{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;

ϵ_i – похибка встановлення заготовки на переході, що виконується.

Правильність розрахунку перевіряється за формулою:

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

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.

									Аркуш
									25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_42.03.00.00.000 ПЗ				

Таблиця 2.5 - Розрахункова карта припусків і граничних розмірів за технологічними переходами при обробці $\varnothing 55,6h9_{(-0,074)}$ мм

Технологічний перехід	Елементи припуску, мкм			Розрахований припуск, $2Z_{min}$, мкм	Розр. розмір, d_p , мм	Допуск, δ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничний припуск, мкм	
	R_z	ρ	ϵ				D_{min}	D_{max}	$2Z_{min}$	$2Z_{max}$
Заготовка	160	200	71,65	-	56,6013	1900	56,6	58,5	-	-
Точіння попереднє	50	50	0	975,3	55,726	300	55,7	56	900	2500
Точіння остаточне	25	25	0	200	55,526	74	55,526	55,6	174	400
									1074	2900

Проводимо перевірку правильності розрахунку:

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

$$2900 - 1074 = 1900 = 74 \cdot$$

$$1826 = 1826.$$

Умова виконана, тобто припуски та міжопераційні розміри визначені правильно.

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.) Розробка конструкції спеціального різального інструмента

Інструменти для обробки заздилесідь оброблених отворів можна класифікувати [12, 36, 38, 39]:

- за профілем оброблюваних отворів
- за типом комбінування: однотипні і різностипні;
- за способом комбінування зубців: із профільними зубцями, із зубцями, розміщеними по окремих ступенях, із такими, що чергуються, змішаними зубцями;
- за конструктивними ознаками: цільні і рознімні;
- за характером роботи ступенів: з послідовною роботою, з одночасною роботою і частковим об'єднанням переходів обробки;
- за способом напрямку інструмента: за кондукторними втулками, за раніше обробленому отвору і т.д.

Конструкція інструмента буде залежати від форми і розмірів отвору, розташування необхідної точності, параметрів шорсткості обробленої поверхні, величини припуску на обробку.

Для підвищення точності взаємного розташування поверхонь, а також, для зменшення часу обробки, на свердлильній операції спроектуємо і розрахуємо спеціальний різальний інструмент – комбіноване свердло для обробки внутрішньої циліндричної поверхні і фаски одночасно.

Матеріал заготовки деталі – сталь 35. Оброблювана поверхня попередньо проточена, тобто не має дефектів, що притаманні заготовкам. Обробка ведеться із використанням охолодження (олива індустріальна). Аналізуючи вищесказане, можна оцінити умови експлуатації інструмента як задовільні. Матеріал різальної частини свердла – швидкорізальна сталь Р6М5. Хвостовик виготовляємо з конструкційної сталі 40Х.

						КРБ.133ГМбд_42.03.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			27

3.2 Особливості розрахунку

3.2.1 Визначаємо режими свердління: $V = 24$ м/хв., $S = 0,4$ мм/об.

3.2.2 Сьову силу різання та момент при свердлінні визначаємо за наступними формулами.

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (3.1)$$

$$M_k = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \quad (3.2)$$

де C_p, C_M, q, y – коефіцієнти, $K_p = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^{0,75}$;

D – діаметр отвору, мм.

У нашому випадку маємо, що

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 15^1 \cdot 0,4^{0,7} \cdot \left(\frac{700}{750} \right)^{0,75} = 5100 \text{ (Н)},$$

$$M_k = 10 \cdot 0,0345 \cdot 15^2 \cdot 0,4^{0,8} \cdot \left(\frac{700}{750} \right)^{0,75} = 35,4 \text{ (Н·м)}.$$

3.2.3 Визначимо момент тертя між конічним хвостовиком та шпинделем верстака (рисунок 3.1)

$$M_T = \frac{C_p \cdot (D_1 + d_2)}{4 \sin \theta} \cdot (1 - 0,04 \Delta \theta) \quad (3.3)$$

Рисунок 3.1 – Зовнішній конус Морзе

Прирівнюємо момент тертя до моменту сил різання при роботі затупленим свердлом (момент сил різання при обробці затупленим свердлом у 3 рази більший), маємо

$$3M_{\kappa} = M_T = \frac{\mu \cdot P_o \cdot (D_1 + d_2)}{4 \sin \theta} \cdot (1 - 0,04 \Delta \theta). \quad (3.4)$$

Прийmemo, що $\frac{(D_1 + d_2)}{2} = d_c$, тоді отримаємо наступне:

$$d_c = \frac{6M_{\kappa} \cdot \sin \theta}{\mu \cdot P_o \cdot (1 - 0,04 \Delta \theta)}, \quad (3.5)$$

де $M_{\kappa} = 35,4 \text{ Н} \cdot \text{м}$; $P_o = 5100 \text{ Н}$; $\mu = 0,1$; $\sin \theta = \sin 1^{\circ} 26' 46'' = 0,025$; $\Delta \theta = 5'$.

Підставивши дані у формулу (3.5) отримаємо наступне:

$$d_c = \frac{6 \cdot 35,4 + 0,025}{0,1 \cdot 5100 \cdot (1 - 0,04 \cdot 5)} = 13,01 \cdot 10^{-3} \text{ (м)}.$$

Вибираємо конус Морзе. Для даної задачі це конус Морзе №2.

3.2.4 Вибираємо довжину свердла L , та довжину робочої частини l відповідно 114 мм та 43 мм.

3.2.5 Вибираємо форму заточування подвійну (ДП). Визначаємо значення геометричних та конструктивних параметрів ріжучої частини свердел. Кут нахилу канавки $\omega = 30^{\circ}$. Кути між ріжучими кромками $2\varphi = 118^{\circ}$ та $2\varphi_0 = 70^{\circ}$ (див. графічну частину). Задній кут $\alpha = 11^{\circ}$. Кут нахилу поперечної кромки $\psi = 40^{\circ}$. Розміри підточування $a = 1,0 \text{ мм}$.

						КРБ.133ГМбд_42.03.00.00.000 ПЗ	Аркуш
							29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Розраховуємо крок гвинтової канавки за формулою:

$$H = \frac{\pi \cdot d}{\text{tg} \omega} = \frac{3,14 \cdot 15}{\text{tg} 30^\circ} = 81,6 \approx 82 \text{ (мм)}. \quad (3.6)$$

3.2.6 Товщину серцевини свердла ($d_{\text{срц}}$) приймаємо залежно від діаметра. При $d = 13 \dots 80$ мм $d_{\text{срц}} = (0,14 \dots 0,25) \cdot d$. У нашому випадку приймаємо, що $d_{\text{срц}} = 0,14 \cdot 15 = 2,5$ (мм). Потовщення серцевини до хвостовика приймаємо рівним 1,5 мм на 100 мм довжини.

3.2.7 Ширина стрічки $f = 1,0$ мм та висоту затилка $h = 0,4$ мм. Ширина пера B визначається за формулою:

$$B = 0,58 \cdot d. \quad (3.7)$$

У нашому випадку маємо

$$B = 0,58 \cdot 15 = 8,7 \text{ (мм)}$$

3.2.8 Визначаємо елементи профілю фрези для фрезерування канавки свердла аналітичним методом.

$$R = C_R \cdot C_r \cdot C_\phi \cdot d, \quad (3.8)$$

$$\text{де } C_R = \frac{0,026 \cdot 2\varphi \cdot (2\varphi)^2}{\omega} = \frac{0,026 \cdot 118 \cdot 118^3}{30} = 0,502;$$

$$C_r = \left(\frac{0,14 \cdot d}{d_{\text{срц}}} \right)^{0,044}, \text{ при } d_{\text{срц}} = 0,14 \cdot d \text{ маємо, що } C_r = 1;$$

$$C_\phi = \left(\frac{13\sqrt{d}}{D_\phi} \right)^{0,9}, \text{ при } D_\phi = 13\sqrt{d} \text{ маємо, що } C_\phi = 1.$$

Після підстановки в формулу (3,8) маємо, що

						КРБ.133ГМбд_42.03.00.00.000 ПЗ	Аркуш
							30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$R_0 = 0,502 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 15 = 7,53 \text{ (мм)}.$$

Менший радіус профілю

$$R_k = C_k \cdot d, \quad (3.9)$$

$$\text{де } C_k = 0,015 \cdot \omega^{0,75} = 0,015 \cdot 30^{0,75} = 0,192.$$

Після підстановки в формулу (3.9) маємо, що

$$R_k = 0,192 \cdot 15 = 2,88 \text{ (мм)}.$$

Ширина профілю ланавки $B_k = R_0 + R_k = 7,53 + 2,88 = 10,41 \text{ (мм)}$.

Відповідно до отриманих значень маємо профіль фрези.

3.2.9 Виконуємо робочий кресленик з технічними вимогами (див. графічну частину).

					КРБ.133ГМбд_42.03.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Для деталі «Корпус», що виготовляється зі сталі 35 найбільш доцільними буде два способи виготовлення заготовки: куванням та штампування. Проведемо економічну оцінку добору способу виготовлення заготовки, методом порівняння собівартості одержання заготовок за варіантами [1, 4, 5, 30, 34, 49].

Ціну кованки визначаємо:

$$C_{\text{К}} = 0,001 \cdot (C_{\text{БК}} \cdot G_{\text{К}} \cdot K_{\text{ТК}} \cdot K_{\text{СК}} \cdot K_{\text{МК}} \cdot K_{\text{ПК}} \cdot K_{\text{ВК}} - (G_{\text{К}} - G_{\text{Г}}) \cdot C_{\text{ВХ}}) \quad (4.1)$$

де $C_{\text{БК}}$ – базова ціна однієї тони матеріалу, грн.;

$G_{\text{Г}}$ – маса деталі, кг, $G_{\text{Г}} = 3,1$ кг

$G_{\text{К}}$ – маса кованки, кг,

$$G_{\text{К (кув-я)}} = \frac{3,1}{0,6} = 5,2 \text{ (кг)};$$

$$G_{\text{К (штам-я)}} = \frac{3,1}{0,8} = 3,9 \text{ (кг)}.$$

$K_{\text{ТК}}$, $K_{\text{СК}}$, $K_{\text{МК}}$, $K_{\text{ПК}}$, $K_{\text{ВК}}$ – коефіцієнти відповідно точності розмірів, конструктивності та технологічної складності, марки матеріалу, програми річного замовлення та виду кувального обладнання;

$C_{\text{ВХ}}$ – ціна відходу матеріалу, грн.

Основними ознаками класифікації штапованих кованок є: точність виготовлення, група сталі, конфігурація поверхні рознімання штампа, що використовується, ступінь складності.

Знаходимо для заготовки деталі:

					КРБ.133ГМбд_42.03.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- ступінь складності С3;

- група сталі М2;

- клас точності Т4;

- група серійності 2.

Знаходимо значення коефіцієнтів:

$$K_{Т4}=1,0; K_{Ск}=1,24; K_{Вк}=1,0; K_{Пк}=1,27; K_{Мк}=1,14;$$

$$K_{Тк}=1,0; K_{Ск}=1,43; K_{Вк}=1,04; K_{Пк}=1,27; K_{Мк}=1,14.$$

Визначаємо оптову ціну однієї тонни сталі 35 – 70000 грн. за тону, оптову ціну вхідних – 6600 грн.

Порівняймо ціни кованок для двох методів отримання заготовок: для вільного кування та штампування на молотах:

$$C_{В.Куб} = 0,001(70000 \cdot 5,2 \cdot 1,0 \cdot 1,24 \cdot 1,0 \cdot 1,27 \cdot 1,14 - (5,2 - 3,1) \cdot 6600) = 639,62 \text{ грн.},$$

$$C_{Шт} = 0,001(70000 \cdot 5,9 \cdot 1,0 \cdot 1,43 \cdot 1,04 \cdot 1,27 \cdot 1,14 - (3,9 - 3,1) \cdot 6600) = 582,5 \text{ грн.}$$

Визначимо економічний ефект з урахуванням річної програми випуску:

$$E = (639,62 - 582,5) \cdot 500 = 34272 \text{ (грн.)}.$$

Висновок: як видно із розрахунків ціна заготовок, отриманих штампуванням, нижча за ціну кованок.

					КРБ.133ГМбд_42.03.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2 Розрахунок заземлення електроприводу верстатів

Розрахуємо штучне заземлення для електроустановки напругою до 1000 В методом коефіцієнта використання електродів із використанням [2, 8, 10, 14-17, 19, 20, 22, 26, 27, 31, 33, 41-46, 50]. Схема розташування електродів – рядова. Вимірний питомий опір ґрунту $\rho_{\text{вим}} = 250 \text{ Ом}\cdot\text{м}$, вертикальні електроди – сталеві труби діаметром $d_{\text{в}} = 50\text{мм}$, довжиною $l_{\text{в}} = 1,5\text{м}$, горизонтальний електрод із штабової сталі шириною $b = 40\text{мм}$, відстань між вертикальними електродами $l_{\text{г}} = 2,6\text{м}$, траншея глибиною $G = 0,8\text{м}$, вертикальний електрод здійснюється над дном траншеї на $S = 0,2\text{м}$, ґрунт підвищеної вологості, кліматична зона – II.

1. Розрахунковий питомий опір ґрунту:

$$\rho_{\text{в}} = \rho_{\text{вим}} \cdot \psi \quad (4.2)$$

$$\rho_{\text{в}} = 250 \cdot 1,7 = 425 \text{ Ом}\cdot\text{м}$$

де ψ – розрахунковий коефіцієнт сезонності для вертикальних електродів $\psi = 1,7$

2) Глибина залягання середини вертикального електрода:

$$t_{\text{в}} = G - S + \frac{l_{\text{в}}}{2} \quad (4.3)$$

$$t_{\text{в}} = 0,8 - 0,2 + \frac{1,5}{2} = 1,35\text{м}$$

3. Опір розтіканню струму одиночного вертикального електрода:

$$R_{\text{в}} = \frac{\rho_{\text{в}}}{2 \cdot \pi \cdot l_{\text{в}}} \cdot \left(\text{Ln} \frac{2 \cdot l_{\text{в}}}{d_{\text{в}}} + 0,5 \cdot \text{Ln} \frac{4 \cdot t_{\text{в}} + l_{\text{в}}}{4 \cdot t_{\text{в}} \cdot l_{\text{г}}} \right); \quad (4.4)$$

Підставивши значення отримаємо:

					КРБ.133ГМбд_42.03.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_3 = \frac{425}{2 \cdot 3,14 \cdot 1,5} \cdot \left(\operatorname{Ln} \frac{2 \cdot 1,5}{0,05} + 0,5 \cdot \operatorname{Ln} \frac{4 \cdot 1,35 + 1,5}{4 \cdot 1,35 - 1,5} \right) = 207,53 \text{ Ом}$$

4. Потрібна кількість вертикальних електродів:

$$n = \frac{R_B}{R_3 \cdot \eta_B}; \quad (4.5)$$

де η_B - коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів;

R_3 - нормативний опір заземлення.

Підставивши значення отримаємо:

$$n = \frac{207,53}{10 \cdot 1,0} = 20,7 \approx 21 \text{ шт.}$$

5. Довжина горизонтального електрода при контурному заземленні:

$$l = l_r \cdot n = 2,6 \cdot 21 = 54,6 \text{ м} \quad (4.6)$$

$$l = 2,6 \cdot 21 = 54,6 \text{ м.}$$

6. Глибина залягання середини горизонтального електрода:

$$t_r = C - S \quad (4.7)$$

$$t_r = 0,8 - 0,2 = 0,6.$$

7. Розрахунковий питомий опір ґрунту для горизонтального електрода:

$$\rho_r = \rho_{\text{вим}} \cdot \psi_r \quad (4.8)$$

					КРБ.133ГМбд_42.03.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\rho_{\Gamma} = 250 \cdot 5,9 = 1475 \text{ Ом} \cdot \text{м},$$

де ψ_{Γ} – розрахунковий коефіцієнт сезонності для горизонтальних електродів $\psi_{\Gamma}=5,9$.

8. Опір розтіканню струму для горизонтальних електродів:

$$R_{\Gamma} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \text{Ln} \frac{l^2}{b \cdot t_{\Gamma}}; \quad (4.9)$$

$$R_{\Gamma} = \frac{1475}{2 \cdot 3,14 \cdot 54,6} \cdot \text{Ln} \frac{54,6^2}{0,05 \cdot 0,6} = 49,45 \text{ Ом}.$$

9. Загальний опір заземлюючого пристрою:

$$R_0 = \frac{R_B \cdot R_{\Gamma}}{R_B \cdot \eta_{\Gamma} + R_{\Gamma} \cdot \eta_B \cdot \Gamma}; \quad (4.10)$$

де η_{Γ} та η_B – відповідно коефіцієнти використання горизонтальних та вертикальних електродів: $\eta_{\Gamma} = 0,89$; $\eta_B = 0,83$.

Отже

$$R_0 = \frac{207,53 \cdot 49,45}{207,53 \cdot 0,89 + 49,45 \cdot 0,83 \cdot 21} = 9,8 \text{ Ом}.$$

R_0 не перевищує припустимого опору захисного заземлення: $7,6 < 10$.

4.3 Аналіз екологічної складової виробництва

Виробництво корпусу кульової головки тяги механізму керма трактора, так само і інший технологічний процес у машинобудуванні, має певний вплив на

					КРБ.133ГМбд_42.03.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

довкілля. Під час обробки металів утворюється стружка, а також шлам. Вони являють собою тверді відходи, але можуть бути зібрані та передані на переробку для повторного використання в металургії. Суттєвим екологічним фактором є мастильно-охолоджувальні рідини, що застосовуються під час точіння, свердління, фрезерування тощо. Під час експлуатації вони забруднюються, втрачають свої властивості та потребують утилізації. Саме тому сучасні технології передбачають їх очищення та повторне використання. Особливу увагу необхідно звернути викидам пилу та газів, що можуть виникати під час термічної обробки або зварюванні. Також необхідно контролювати рівень шуму та вібрації від роботи обладнання. Для зниження негативного впливу необхідно застосовувати системи вентиляції та аспірації, акустичні екрани, слідкувати за дотриманням нормативної концентрації шкідливих речовин у повітрі виробничих приміщень.

Важливим аспектом є раціональне використання енергетичних ресурсів за рахунок того, що машинобудівні підприємства характеризуються суттєвим рівнем споживання електричної енергії. Оптимізація технологічних режимів, впровадження енергозберігаючого обладнання та систем автоматизованого управління дозволяє зменшити витрати енергії і, відповідно, зменшити вуглецевий слід виробництва.

Отже, екологічна безпека виготовлення корпусу кульової головки забезпечується за рахунок правильної організації збирання та переробки відходів, очищення шкідливих викидів та впровадження сучасних технологій, спрямованих на збереження довкілля.

					КРБ.133ГМбд_42.03.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						37
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 кульової головки тяги механізму керма трактора. Проведено аналіз деталі, що є складовою частиною, а саме корпусу. Охарактеризовано конструкційний матеріал цієї деталі, надано рекомендації стосовно замітника-аналогу. Здійснено визначення типу виробництва на підставі маркетингового дослідження – середньосерійний.

2. Відпрацьовано на технологічність вузол та його деталь. Проаналізовано діючий технологічний процес виготовлення, запропоновано способи удосконалення з урахуванням визначеного типу виробництва. Розроблено маршрут обробки поверхонь корпусу. Здійснено визначення припусків на обробку та операційних розмірів поверхні $\varnothing 55,6h9(0,04)$ мм розрахунково-аналітичним методом.

3. Розроблено конструкцію спеціального різального інструменту. Це комбіноване свердло для обробки кількох поверхонь. Для нього визначено режими обробки, підібрано штовик, призначено форму заточування та геометричні параметри. Окрім того, визначено елементи профілю інструмента для фрезерування канавки свердла аналітичним методом.

4. Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки. Річний економічний ефект під час порівняння між двома заготівельними технологіями для програми випуску 600 шт. склав 34272 грн. Окрім того, проведено інженерні розрахунки заземлення виробничого обладнання. Проаналізовано екологічну складову машинобудівного виробництва деталі.

5. У графічній частині роботи наведено складальний кресленик кульової головки тяги механізму керма трактора, кресленик корпусу, кресленик заготовки корпусу, кресленик спеціального різального інструменту.

					КРБ.133ГМбд_42.03.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						38
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. Бойчук 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_42.03.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						39
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., Трудько 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_42.03.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						40
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_42.03.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

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. Келіш, 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.

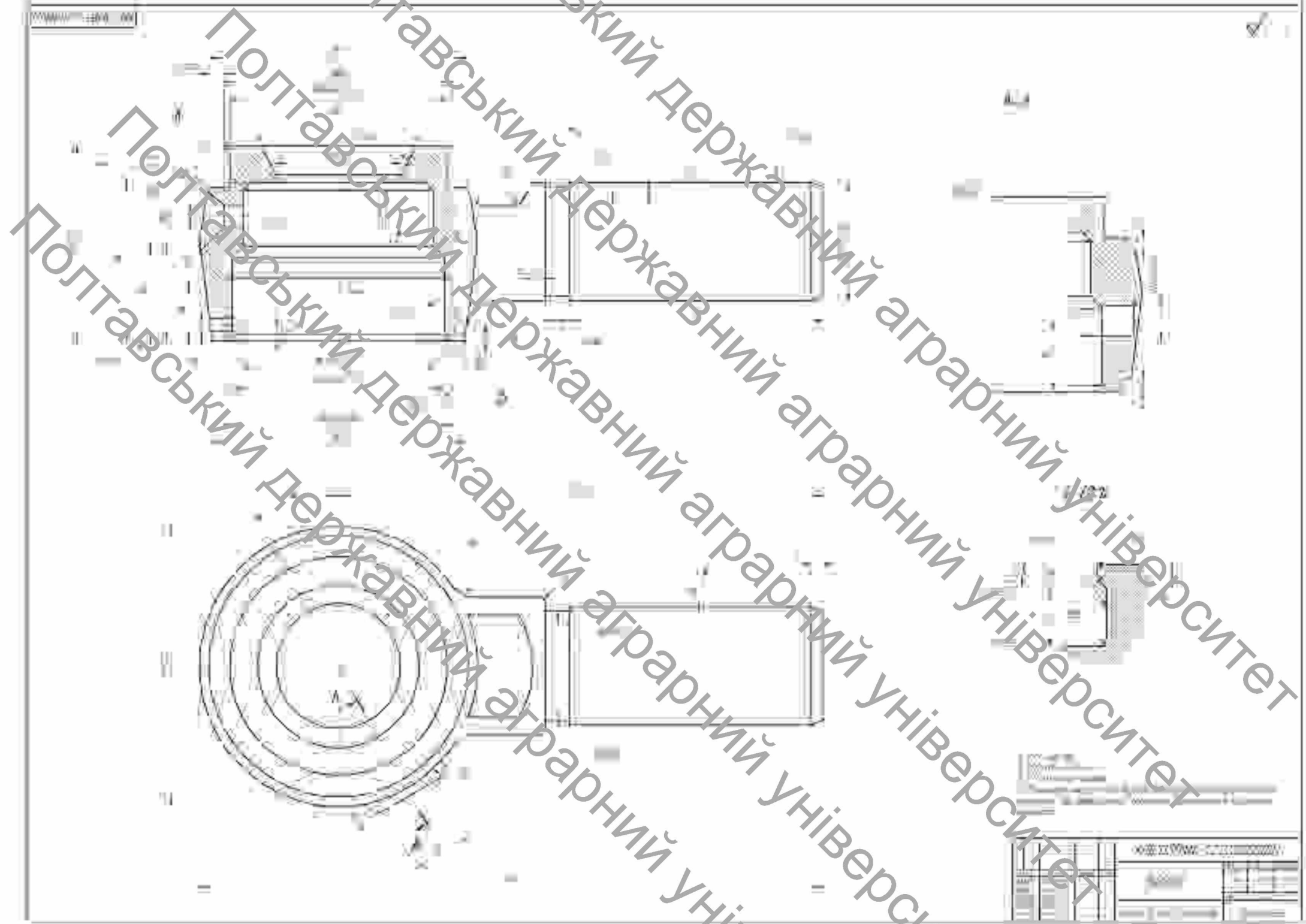
47. Фролов Є.А., Кравченко С.І., Попов С.В., Гнітко С.М. Технологічне забезпечення якості продукції машинобудування: монографія. Полтава: Технологічний Центр, 2019. 204 с.

										КРБ.133ГМбд_42.03.00.00.000 ПЗ	Аркуш
											42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

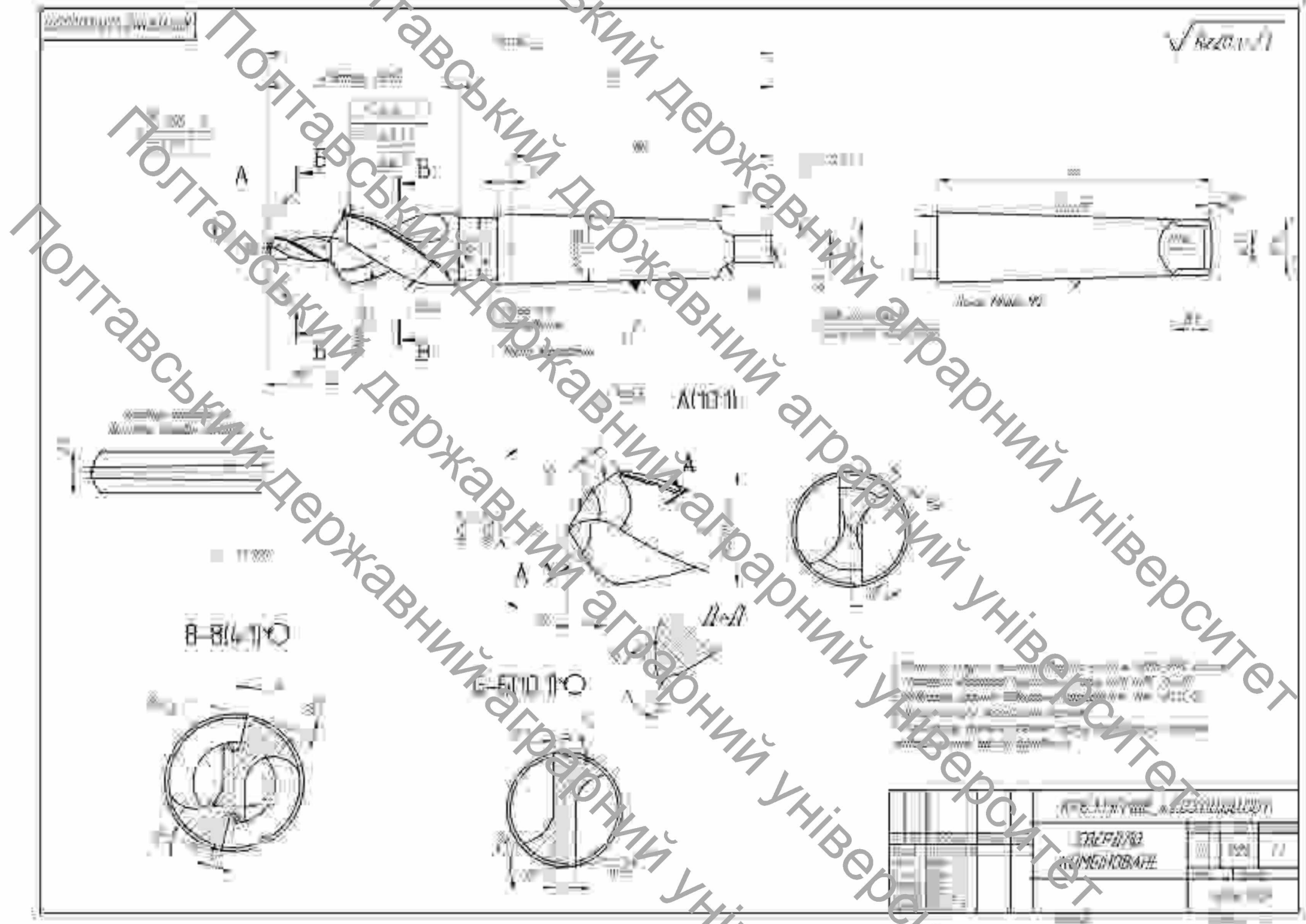
48. Черевко О.І., Михайлов В.М., Бабкіна І.В. Технологічні основи машинобудування. Харків: ХДУХТ, 2005. 82с.

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.



Полтавський державний аграрний університет



Полтавський державний аграрний університет	
КАТЕДРА МЕХАНІКИ	1020 11
МЕТОДИЧНА КАРТКА	