

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: «Конструкторсько-технологічні аспекти виготовлення корпусу
редуктора конічного одноступеневого»

КРБ.133ГМбд_41.10.00.00.000 ПЗ

Виконала: здобувачка вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
«*Машини та обладнання*
сільськогосподарського виробництва»
спеціальності 133 «Галузеве
машинобудування»
ступеня вищої освіти *бакалавр*
групи 133ГМбд_41
КІРІЧУК Ірина

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.

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧЦІ ВИЩОЇ ОСВІТИ

КІРІЧУК Ірина

1 Тема роботи: «*Конструкторсько-технологічні аспекти виготовлення корпусу редуктора конічного одноступеневого*»,
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 – *редуктор одноступеневий (передатне число, 1; потужність на вихідному валі, кВт, 8,36; частота обертання вихідного валу, об/хв., 535; кутова швидкість вихідного валу, рад/с, 56; габаритні розміри $L \times B \times H$, мм, 382×240×320; маса, кг, 27,6); річна програма випуску, шт., 500.*

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 різального інструмента.*

6 Консультанти розділів *кваліфікаційної роботи*

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

7 Дата видачі завдання 03 грудня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Здобувачка вищої освіти _____ Ірина КІРІЧУК
(підпис)

Керівник роботи _____ Володимир ДІДУР
(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 4 розділи, 3 рисунки, 8 таблиць, 50 використаних джерел, 41 сторінка.

Об'єкт розробки – редуктор конічний одноступеневий.

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 редуктора конічного одноступеневого 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 надано опис конічного одноступеневого редуктора, розглянуто його конструктивні особливості та функціональне призначення. Проведено аналіз вимог до точності корпусу, обгрунтовано вибір матеріалу, а також визначено тип виробництва і річну програму випуску виробу.

У технологічному розділі здійснено оцінку технологічності вузла та корпусної деталі, розроблено раціональний технологічний маршрут її виготовлення. Сформовано маршрути механічної обробки поверхонь, визначено припуски й операційні розміри, а також обгрунтовано застосування сучасного обладнання з числовим програмним керуванням.

У конструкторському розділі наведено результати розрахунку та проектування спеціального різального інструмента – бенкера для обробки відповідального отвору корпусу. Описано конструкцію інструмента, його основні геометричні параметри та аргументовано вибір матеріалів ріжучих елементів.

У розділі економіки, охорони праці та навколишнього середовища проаналізовано способи отримання заготовки корпусу, за результатами якого обгрунтовано доцільність застосування литва у піщано-глиняні форми. Крім того, розглянуто питання охорони праці у ливарному виробництві та проаналізовано екологічні аспекти чавунного литва.

Практичні результати роботи – розроблено складальний кресленик редуктора конічного одноступеневого (передатне число, 1; потужність на вихідному валі, кВт, 8,36; частота обертання вихідного валу, об/хв., 535; кутова швидкість вихідного валу, рад/с, 56; габаритні розміри L×B×H, мм, 382×240×320; маса, кг, 27,6); річна програма випуску, шт., 500); кресленик

корпусу; кресленик заготовки корпусу; кресленик спеціального різального інструмента.

Рекомендації щодо використання результатів роботи корпус входить до складу редуктора конічного одноступеневого, що застосовується під час передавання потужності (обертового моменту).

Сфера застосування результатів роботи – галузеве машинобудування.

Графічна частина становить 3,5 арк. ф. А1.

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

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота бакалавра присвячена розробці конструкторсько-технологічних рішень виготовлення корпусу конічного одноступеневого редуктора, що застосовується у сільськогосподарському машинобудуванні. У роботі проаналізовано службове призначення та конструкцію редуктора, виконано аналіз параметрів точності корпусної деталі, обгрунтовано вибір матеріалу та визначено тип виробництва і річну програму випуску. Розроблено раціональний технологічний процес механічної обробки корпусу з визначенням маршрутів обробки, припусків і операційних розмірів. Спроектовано спеціальний різальний інструмент – зенкер. Проведено техніко-економічне обгрунтування способу отримання заготовки, а також розглянуто питання охорони праці й екологічні аспекти чавунного литва. Отримані результати можуть бути використані у серійному виробництві корпусних деталей редукторів.

РЕДУКТОР, КОРПУС, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, МЕХАНІЧНА ОБРОБКА, ЗЕНКЕР, ЛИТВО.

ANNOTATION

The bachelor's qualification thesis is devoted to the development of design and technological solutions for manufacturing the housing of a single-stage bevel gearbox used in agricultural machinery. The functional purpose and design of the gearbox are analyzed, the accuracy parameters of the housing are evaluated, and the material selection, production type, and annual output are justified. A rational technological process for machining the housing is developed, including machining routes, allowances, and operational dimensions. A special cutting tool – a countersink for machining. A technical and economic justification of the method for obtaining the casting blank is carried out, and occupational safety measures as well as environmental aspects of cast iron casting are considered. The obtained results can be applied in serial production of gearbox housing components.

GEARBOX, HOUSING, TECHNOLOGICAL PROCESS, MACHINING, COUNTERSINK, CASTING

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	13
1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску	14
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ	16
2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі	16
2.2 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення	21
2.3 Обробка поверхонь	21
2.4 Розробка маршруту виготовлення деталі	24
2.5 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів	26
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ	29
3.1 Розрахунок параметрів спеціального зенкера	29
3.2 Опис конструкції	30
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА	32
НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	32
4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі	32
4.2 Заходи з охорони праці під час ливарного виробництва	34
4.3 Екологічні аспекти чавунного литва	37
ВИСНОВКИ	41
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	42

					КРБ.133ГМбд_41.10.00.00.000 ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Виконала	Кірічук І. Г.				Зміст				
Перевірив	Зубко В.М.								
Керівник	Зубко В.М.								
Н. контр.	Зубко В.М.								
Затверд.	Попов С.В.								
					Літера	Аркуш	Аркушів		
					н	5	41		
					ПДАУ, 2026 р.				

ВСТУП

Сучасне сільськогосподарське виробництво характеризується широким застосуванням механізованих та автоматизованих машин, ефективна робота яких значною мірою залежить від надійності та довговічності їх приводів. Одним із ключових елементів механічних приводів є редуктори. Вони забезпечують зміну частоти обертання та крутного моменту відповідно до технологічних вимог робочих органів машин [32].

Серед різноманіття зубчастих передач особливе місце посідають конічні одноступеневі редуктори. Вони застосовуються у випадках, коли необхідно передати обертальний рух між валами, осі яких перетинаються, найчастіше під прямим кутом. Такі редуктори широко використовуються в конструкціях сільськогосподарських машин і обладнання, зокрема в приводах ґрунтообробних агрегатів, кормозаготівельної техніки, транспортерів, змішувачів та інших механізмів.

Перевагами конічних одноступеневих редукторів є компактність конструкції, високий коефіцієнт корисної дії, простота компоновки та можливість роботи за значних навантажень. Водночас під час їх проєктування необхідно враховувати особливості умов експлуатації в аграрному середовищі, такі як запиленість, підвищена вологість, змінні та ударні навантаження. Усе це висуває підвищені вимоги до розрахунку, вибору матеріалів, конструктивних рішень.

У зв'язку з цим актуальним є завдання дослідження та проєктування конічних одноступеневих редукторів з метою підвищення їх надійності, довговічності та ефективності використання у машинах та обладнанні сільськогосподарського виробництва. Розв'язання цих питань сприяє підвищенню продуктивності аграрної техніки, зменшенню енергетичних витрат та покращенню економічних показників виробництва.

Мета роботи полягає у розробленні базових положень для підготовки виробництва із забезпечення потреб ринку. **Об'єктом** розробки є редуктор конічний

					КРБ.133ГМбд_41.10.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

одноступеневий, а предметом – конструкторсько-технологічні аспекти забезпечення процесів виготовлення корпусу.

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;
- сконструювати спеціальний різальний інструмент для реалізації процесу механічної обробки;
- 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_41.10.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис

Одноступеневий редуктор призначений для зменшення частоти обертання та збільшення крутного моменту на вихідному валу за рахунок однієї зубчастої передачі. Конструкція редуктора забезпечує надійність роботи, точність зачеплення та ефективне змащування рухомих елементів (рисунок 1.1, таблиця 1.1).

Основними несучими деталями редуктора є корпуси 1 та 8, які утворюють жорстку роз'ємну конструкцію. У корпусах виконані посадочні місця для підшипників 24, валів 2 і 10, а також передбачені отвори для кріплення кришок та встановлення допоміжних елементів.

Рисунок 1.1 – Редуктор конічний одноступеневий

Закриття корпусу та фіксація підшипникових вузлів здійснюється кришками 4, 6, 11 та 15. Герметичність з'єднань між корпусами і кришками забезпечується прокладками 5, 7, 12, 13 та 16.

					КРБ.133ГМбд_41.10.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

У редукторі застосовано два вали: ведений вал 2 та вал-шестерня 10. На валу 2 закріплена шестерня 3, яка входить у зачеплення з відповідним зубчастим колесом, забезпечуючи передачу крутного моменту.

З'єднання зубчастих коліс і валів виконано за допомогою шпонок 28 та 29, що забезпечує надійну передачу крутного моменту без проковзування. Для точного взаємного розташування елементів застосовано штифт 30.

Вали 2 та 10 спираються на підшипники кочення 24, які встановлені в корпусах 1 і 8. Осове положення підшипників та валів фіксується за допомогою дистанційної втулки 9, кілець 22 і 27, а також шайб 25 і 26. Така конструкція забезпечує правильне базування валів і сприйняття робочих навантажень.

Для запобігання витіканню мастила та захисту внутрішніх порожнин редуктора від пилу і бруду на виходах валів встановлені манжети 23. Герметичність додатково підвищується за рахунок точності посадок і прокладок у місцях роз'ємів корпусу.

Змащування зубчастої передачі та підшипників здійснюється оливою, що знаходиться в корпусі редуктора. Контроль рівня оливи забезпечується оливопоказчиком 17. Для вирівнювання тиску всередині корпусу та запобігання витіканню оливи через ущільнення передбачений сапун 14.

З'єднання корпусних деталей та кришок здійснюється болтами 18 і 19, гвинтами 20 та гайками 21. Для забезпечення надійності кріплення використовуються шайби 25 і 26, що запобігають самовідгвинчуванню в процесі роботи редуктора.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика редуктора

Назва параметра	Величина
1	2
Передатне число	1
Потужність на вихідному валі, кВт	8,36
Частота обертання вихідного валу, об/хв	535

Продовження таблиці 1.1

1	2
Кутова швидкість вихідного валу, рад/с	56
Габаритні розміри, мм	382×240×320
Маса, кг	27,6

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

Рисунок 1.2 – Корпус

Корпус виготовлено із сірого чавуну марки СЧ18 за ДСТУ 8833:2019, що забезпечує: достатню міцність і жорсткість; добрі ливарні властивості; здатність гасити вібрації під час роботи редуктора.

Заготовка отримується литвом, після чого піддається механічній обробці.

Корпус є основною несучою деталлю редуктора і призначений для розміщення та взаємного базування елементів зубчастої передачі, валів, підшипників і ущільнень, а також для утримання оливи та захисту внутрішніх вузлів від зовнішніх впливів.

Корпус забезпечує: жорстке та точне взаємне розташування валів редуктора; сприйняття сил від зубчастого зачеплення та передавання їх на основу; герметизацію внутрішньої порожнини редуктора; можливість монтажу, демонтажу та обслуговування вузлів.

Корпус виконаний у вигляді литої порожнистої деталі складної просторової форми з розвиненою системою внутрішніх порожнин і ребер жорсткості. Конструкція має: циліндричні розточки для встановлення підшипників валів; площини роз'єму та посадочні поверхні для кришок; лапи для встановлення редуктора на фундамент; отвори під кріпальні болти, штифти та різьбові з'єднання; отвори для зливання, заливання та контролю рівня оливи.

Для забезпечення точності складання в корпусі передбачені базові поверхні та отвори, відносно яких задається взаємне положення підшипникових гнізд.

Найбільш відповідальними поверхнями корпусу є: посадочні циліндричні поверхні під підшипники, виконані з підвищеною точністю; торцеві площини під кришки, що забезпечують герметичність і співвісність; отвори під штифти, які гарантують точне взаємне позиціонування деталей.

Для окремих поверхонь на кресленні задані вимоги до шорсткості ($Ra\ 6,3\ \mu\text{м}$; $Ra\ 3,2\ \mu\text{м}$) та геометричної точності (допуски співвісності, паралельності та перпендикулярності).

					КРБ.133ГМбд_41.10.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

1.2 Аналіз параметрів точності

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

Таблиця 1.2 – Аналіз параметрів точності

Тип поверхні	Розмір і допуск	Квалітет	Відхилення		Шорсткість Ra, мкм
			Форми	Положення	
1	2	3	4	5	6
Циліндричний отвір	$\varnothing 80^{+0,03}$	H7	◎ 0,02 Г	—	2,5
Циліндрична	$\varnothing 15$	H14	—	—	12,5
Циліндрична	$\varnothing 10^{+0,015}$	H7	—	—	3,2
Міжвісьова відстань	$202 \pm 0,23$	js12	—	—	—
Міжвісьова відстань	$200 \pm 0,092$	Js10	—	—	—
Міжвісьова відстань	$136 \pm 0,08$	Js10	—	—	—
Міжвісьова відстань	$124 \pm 0,2$	Js12	—	—	—
Лінійний	$90^{+0,123}$	F9	—	—	6,3
Різьбовий отвір	M10	7H	—	—	6,3
Різьбовий отвір	M8	7H	—	—	6,3
Різьбовий отвір	M27×1,5	7H	—	—	6,3
Площина	—	—	—	// 0,03 В	—
Площина	—	—	—	⊥ 0,05 В	—

Провівши аналіз якості виконання поверхонь деталі, маємо, що найточніший розмір $\varnothing 80H7$ мм і шорсткість $R_a=2,5$ мкм. Деталь може бути виготовлена у заводських умовах.

1.3 Характеристика матеріалу деталі, замінник

Марка матеріалу для виготовлення корпусу визначається службовим призначенням і умовами роботи редуктора. При цьому необхідно врахувати вплив властивостей матеріалу на такі конструктивні параметри, як міцність і жорсткість конструкції, віб्रोустійкість, зносоустійкість окремих поверхонь, габарити і масу деталі. Корпус виготовляється із чавуну сірого марки СЧ18 за ДСТУ 8833:2019 [24, 37].

Чавун є одним з основних конструкційних матеріалів. Основною особливістю мікроструктури сірого чавуну, яка визначає фізико-механічні й службові властивості, є наявність пластинчатого графіту. Пластинчатий графіт порушує суцільність металічної основи, і тому сірий чавун має порівняно невисокі значення тимчасового опору розриву при розтягненні і дуже низьку пластичність. Але завдяки пластинчатому графіту в сірому чавуні унікально сплелися хороші антифрикційні якості, висока зносоустійкість, мала чутливість до концентраторів напружень. Сірий чавун має високу демпфуючу здатність і добре гасить вібрації.

Сірий чавун – технологічний матеріал. Його розплав має хорошу рідкоплинність, малу схильність до утворення усадкових дефектів порівняно до других типів чавунів. З нього можливо виготовляти відливки складної конфігурації. Оброблюваність і режими обробки сірого чавуну суттєво залежать від мікроструктури: кількості, розмірів, розподілення включень графіту, кількості ферриту (перліта) у матриці.

Для чавунних корпусних деталей як метод одержання заготовки найбільше широко використовується литво в піщану форму.

					КРБ.133ГМбд_41.10.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Хімічний склад і властивості матеріалу приведені нижче в таблиці 1.3. Також в цій таблиці приведено марку, хімічний склад і властивості матеріалу, яким можна замінити базовий матеріал.

Таблиця 1.3 – Хімічний склад та механічні властивості матеріалу деталі

Чавун	σ_B , МПа	Твердість HB·10 ⁻¹ , МПа	Масова частка хімічних елементів, %				
			C	Si	Mn	Не більше	
						P	S
СЧ 18	300	165	3,4-3,6	1,9-2,2	0,5-0,7	0,2	0,15
СЧ 20	300	170	3,3-3,5	1,4-2,4	0,7-1,0	0,2	0,15

Для зняття внутрішніх напружень, підвищення в'язкості і стабільності розмірів деталей необхідна операція низькотемпературного відпалювання (нагрівання до 500...600°C зі швидкістю 30...150°C/год, витримка протягом 2,5...5 год. і охолодження до 250...300°C зі швидкістю 30...50°C/год).

Залишаємо матеріал, призначений конструктором без змін.

1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску

Маркетингове дослідження показало попит ринку в деталях корпусу редуктора кінцевого одноступеневого у кількості 500 штук на рік. Визначимо річну програму запуску виробів за формулою:

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

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

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

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

$$N_{\text{зан}} = (500 + 0,04 \cdot 500) \cdot (1 + 0,025) = 533 \text{ (шт.)}.$$

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

					КРБ.133ГМбд_41.10.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

Технологічність вузла характеризується сукупністю конструктивних рішень, що забезпечують мінімальні витрати праці, матеріалів і часу на виготовлення, складання, регулювання та експлуатацію за умови виконання заданих технічних вимог [23].

Розглянутий вузол є одноступеневим редуктором із циліндричною зубчастою передачею, виконаним у роз'ємному корпусі. Конструкція редуктора характеризується достатньо високим рівнем технологічності, що зумовлено застосуванням стандартних і уніфікованих елементів, а також раціональним компонованням складальних одиниць. Корпус редуктора виконаний роз'ємним у горизонтальній площині, що значно спрощує монтаж і демонтаж валів, зубчастих коліс, підшипників і ущільнень. Таке конструктивне рішення зменшує трудомісткість складання та полегшує технічне обслуговування вузла в процесі експлуатації.

Основні деталі вузла – корпус, вали, зубчасте колесо (шестерня), підшипники та кришки.

Корпус виготовляється литвом з сірого чавуну. Це забезпечує хороші ливарні властивості та знижує собівартість заготовки. Конструкція корпусу має рівномірну товщину стінок і заокруглені переходи, що сприяє зменшенню внутрішніх напружень і покращує умови лиття. Посадочні місця під підшипники виконані у вигляді циліндричних розточувань, доступних для обробки стандартним різальним інструментом.

Вали мають ступінчасту форму з типовими посадками під підшипники, шестерню та ущільнення. Така форма є технологічною, оскільки забезпечує можливість обробки валів на токарних і шліфувальних верстатах за один-два

встановлення. З'єднання зубчастого колеса з валом здійснюється за допомогою шпонки, що є простим і надійним рішенням з точки зору виготовлення та складання.

Зубчасте колесо виготовлене з можливістю стандартної механічної обробки: токарної обробки заготовки, нарізання зубів та термічної обробки для підвищення зносостійкості. Конструкція шестерні забезпечує зручність базування під час нарізання зубів.

Складання редуктора здійснюється поетапно, не потребує спеціального нестандартного оснащення. Послідовність складання є логічною: спочатку монтуються підшипники на вали, далі вали встановлюються у корпус, після чого виконується закриття корпусу кришками з прокладками.

Застосування стандартних підшипників кочення, манжетних ущільнень і кріпильних елементів (болтів, гайок, гайб) значно зменшує трудомісткість складальних робіт і підвищує ремонтпридатність вузла. Регулювання осьових зазорів валів здійснюється за допомогою прокладок і дистанційних елементів, що дозволяє виконувати налаштування без механічного доопрацювання деталей.

Конструкція редуктора забезпечує зручний доступ до основних вузлів під час технічного обслуговування. Наявність роз'ємного корпусу дозволяє виконувати заміну підшипників, зубчастих коліс і ущільнень без повного демонтажу редуктора з місця встановлення.

Система змащування реалізована за принципом масляної ванни, що не потребує складних допоміжних пристроїв і є технологічно простою в експлуатації. Контроль рівня мастила та його заміна можуть здійснюватися без розбирання вузла.

Узагальнюючи викладене, можна зробити висновок, що конструкція одноступеневого редуктора є технологічною у виготовленні, складанні та експлуатації. Застосування стандартних деталей, простих форм основних елементів і раціонального компоновання вузла забезпечує зниження трудомісткості виробництва, підвищення надійності та ремонтпридатності редуктора.

Оцінка технологічності складальної одиниці за коефіцієнтами стандартизації та уніфікації. Коефіцієнт стандартизації обчислюється за формулою:

$$K_{ст} = \frac{E_{ст}}{E}, \quad (2.1)$$

де $E_{ст}$ – кількість стандартизованих одиниць,
 E – загальна кількість.

$$K_{ст} = \frac{44}{64} = 0,7.$$

Обчислення коефіцієнта уніфікації відбувається за формулою:

$$K_{ун} = \frac{E_y}{E}, \quad (2.2)$$

де: E_y – кількість уніфікованих одиниць,
 E – загальна кількість одиниць.

$$K_{ун} = \frac{14}{64} = 0,2.$$

У таблиці 2.1 наводимо аналіз технологічності деталі.

Таблиця 2.1 – Аналіз на технологічність деталі

№ з. п.	Показники і вимоги до технологічності	Висновки по показниках технологічності	Заходи з покращення технологічності
1	2	3	4
1	Наявність зручних технологічних баз, які забезпечують жорстке і надійне закріплення заготовки, вільний підхід інструмента до оброблюваної поверхні.	Так як дана деталь має досить просту форму, базування її на верстаті відбувається без ускладнень.	-
2	Нежорсткі корпусні деталі повинні мати ребра жорсткості.	Дана деталь є досить жорсткою.	
3	Конструкція деталі повинна забезпечувати її установку за допомогою простих затискних пристроїв та пристосувань.	Так як деталь має складну конфігурацію використання стандартних затискних пристроїв неможливе.	Для затискання і базування деталі на верстаті потрібно застосовувати спеціальне оснащення.
4	Отвори повинні бути такими, щоб їх можна було обробляти на прохід.	Дана деталь не має глухих отворів крім різбових. Тому при розточуванні і свердлінні операції виконуються на прохід.	

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
5	Для можливості автоматизації обробки в корпусі деталі не бажано застосовувати різьбові отвори менше 6 мм.	У корпусі деталі різьбові отвори менше 6 мм не застосовуються.	-
6	В конструкції деталі необхідно передбачати можливість захвату її роботом.	Конструкція деталі дозволяє можливість захвату роботом.	-
7	Конструкція деталі не повинна мати отвори не перпендикулярні до площини.	Дана деталь не має таких отворів.	-
8	В конструкції деталі повинно бути якнайменше внутрішніх торців котрі потрібно обробляти.	Дана деталь немає таких торців.	-
9	Конструкція деталі повинна забезпечувати багатошпindelну і багаторізцеву обробку.	Конструкція деталі дозволяє можливість використання багатошпindelної і багаторізцевої обробки.	-
10	Для можливості автоматизованої збірки необхідно передбачати фаски та лиски.	Дана деталь має фаски та лиски на установчих поверхнях.	-

Розглянувши таблицю, можна зробити висновок, що деталь за більшістю показників є технологічною для умов автоматизованого виробництва.

2.2 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення

У результаті аналізу чинного технологічного процесу встановлено, що загалом він спроектований коректно та не потребує суттєвих зауважень або доповнень. Водночас виявлено істотний недолік, який полягає в тому, що процес було адаптовано до наявного на підприємстві обладнання. Це свідчить про наявність потенціалу для його подальшого вдосконалення шляхом добору більш продуктивних і сучасних верстатів.

Базовий технологічний процес передбачає використання значної кількості універсальних верстатів, що зумовлює потребу у висококваліфікованому персоналі, збільшенні часу на налагодження обладнання та зниження точності обробки. У зв'язку з цим під час проектування вдосконаленого технологічного процесу доцільно замінити більшість універсальних верстатів на верстати з числовим програмним керуванням. Незважаючи на їх вищу вартість, верстати з ЧПК дозволяють зменшити вимоги до кваліфікації персоналу, скоротити чисельність робітників-верстатників і забезпечують виконання кількох операцій на одному обладнанні, що підвищує загальну ефективність виробництва.

2.3 Обробка поверхонь

Різні поверхні деталей 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:

$$\varepsilon = \frac{T_3}{T_d} = \frac{T_3}{T_1} \cdot \frac{T_3}{T_2} \dots \frac{T_{i-1}}{T_i} \dots \frac{T_{n-1}}{T_n} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \dots \varepsilon_n = \prod_{i=1}^n \varepsilon_i \quad (2.3)$$

					КРБ.133ГМбд_41.10.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

де ε – загальне значення;

ε_i – окремі ступені уточнення;

P – число ступенів обробки;

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 напізчистої обробки $\varepsilon = 3 \dots 4$; для ступенів чистої обробки $\varepsilon = 1,5 \dots 2$.

Для найбільш спрямованого вибору числа ступенів обробки необхідно застосувати формулу:

$$n_p = \lg(\varepsilon / 0,46). \quad (2.4)$$

Пропонуємо наступні обробки поверхонь деталі (таблиця 2.2).

Приклад, для обробки поверхні $\varnothing 90F9$. Допуск за кресленням 0,087 мм, допуск заготовки – 2,2 мм. Загальне уточнення складе:

$$\varepsilon = \frac{2,2}{0,937} = 25,3$$

Орієнтовна кількість ступенів обробки:

$$n_p = \frac{\lg 25,3}{0,46} \approx 3,1.$$

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

Згідно з даними таблиці 2.2, однаковий кінцевий результат може бути досягнутий за допомогою кількох варіантів МОП, при цьому кількість переходів під час обробки кожної поверхні в цих варіантах є різною. Перевагу надаємо тому варіанту МОП, який передбачає мінімальну кількість переходів. Під час розроблення технологічного процесу виготовлення деталі обробку кількох однотипних поверхонь доцільно розглядати комплексно, що зумовлює внесення певних змін до попередньо визначених маршрутів обробки окремих поверхонь.

					КРБ.133ГМбд_41.10.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Таблиця 2.2 – Методи обробки поверхонь деталі

Позначення поверхонь	Квалітет точності	Допуск за кресленням	Шорсткість по поверхні, мм	Допуск на заготовку по поверхні	Квалітет заготовки	Загальне уточнення,	Можливі технологічні маршрути обробки поверхонь		Квалітет після обробки	Досягнений допуск	Коефіцієнт уточнення	Загальне уточнення
							№ маршруту	Зміст маршруту				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ø80 H7	7	0,03	2,5	1,9	6	73,3	1	Розточ. чорн.	12	0,3	6,33	73,3
								Зенкерування	9	0,074	4,05	
								Розгортання	7	0,03	2,46	
							2	Розточ. чорн.	12	0,3	6,33	73,3
								Розточ. н/ч	9	0,074	4,05	
								Розточ. чист.	7	0,03	2,46	
Ø10 H7	7	0,015	3,2	0,9	16	60	1	Свердління	10	0,058	15,5	60
								Розгортання	7	0,015	3,86	
							2	Свердління	12	0,15	6	60
								Зенкерування	9	0,036	4,2	
								Розгортання	7	0,015	2,4	
90 F9	9	0,087	6,3	2,2	16	25,3	1	Фрезерування чорнове	9	0,087	25,3	25,3
							2	Фрезерування чорнове	12	0,35	6,28	25,3
								Фрезерування н/ч	9	0,087	4,02	

Виходячи з загального маршруту обробки деталі, для конкретних поверхонь обираємо такі маршрути, які дозволяють скоротити номенклатуру ріжучого інструменту та використовуюваного обладнання. У результаті для всіх поверхонь приймаємо маршрут № 1.

2.4 Розробка маршруту виготовлення деталі

Маршрут обробки деталі будуємо на підставі обраних маршрутів обробки окремих поверхонь з урахуванням типу виробництва (таблиця 2.3).

Таблиця 2.3 – Маршрут обробки деталі

Номер і назва операції	Найменування і модель верстата	Номери і зміст переходів та установів
1	2	3
005 Зіготівельна		1. Відлити заготовку в підано-глиняній формі. 2. Обрубати приливи, задирки
010 Термічна	Піч	Відпалити заготовку: нагрівання до 500...600 С і витримка протягом 2,5...5 год.
015 Фрезерно-свердлильно-різбно-нарізно-розгортальна	Вертикально-свердлильно-фрезерно-розточувальний з ЧПК 6520Ф3-36	1. Фрезерувати технологічну базу. 2. Центрувати 14 отворів. 3. Свердлити 2 отвори Ø9,8 мм. 4. Свердлити 12 отворів Ø8,5 мм. 5. Нарізати різьбу в 12 отворах М10. 7. Розгорнути 2 отвори Ø10Н7 мм

Продовження таблиці 2.3

1	2	3
020 Фрезерно-розточна-свердлильно-різбно-нарізна	Багатопільовий із ЧПК спеціальний NP500ПМФ4-09	1, 2. Фрезерувати торці. 3. Розточити пов. Ø80H7 начорно, до Ø77,6 ^{+0,3} мм та зняти фаску 2×45°. 4. Зенкерувати пов. Ø80H7 до Ø79,5 ^{+0,3} мм. 5. Розгорнути пов. Ø80H7. 6. Центрувати 8 отв. Ø6,75 мм. 7. Свердлити 8 отв. Ø6,75 мм. 8. Нарізати різьбу в 4 отв. M8. 9. Фрезерувати торець. 10. Центрувати 6 отв. Ø12 мм. 11. Свердлити 6 отв. Ø6,75 мм. 12. Нарізати різьбу в 6 отв. M8. 13. Фрезерувати пов. торця у розмір 221 мм.
020 Фрезерно-розточна-свердлильно-різбно-нарізна	Багатопільовий із ЧПК спеціальний NP500ПМФ4-09	14. Зняти фаску 1,6×45°. 15. Центрувати 8 отв. Ø12 мм. 16. Свердлити 4 отв. Ø6,75 мм. 17. Нарізати різьбу в 4 отв. M8. 18. Фрезерувати торець у розмір 173 мм. 19. Центрувати отв. Ø12 мм. 20. Свердлити отв. Ø25,5 мм. 21. Нарізати різьбу в отв. M27.
025 Слюсарна	Верстак слюсарний	Притупити гострі крайки та зняти заусениці.
030 Мийна	Машина для миття	Промити деталь.
035 Контрольна	Стіл ВТК	Контролювати якість обробки відповідно до робочого креслення.

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 $\varnothing 80H7 (+0,03)$ мм.

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

$$2z_{i \min} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (2.5)$$

де Rz_{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, позиційні) 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:

$$Z_{0 \max} - Z_{0 \min} = \delta_{\text{заг.}} - \delta_{\text{дет.}}, \quad (2.6)$$

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 2.4.

Таблиця 2.4 - Розрахункова карта припусків і граничних розмірів за технологічними переходами при обробці Ø80H7 (+0,03) мм

Технологічний перехід	Елемент припуску			Розрах. припуск $2Z_{\text{min}}$, мкм	Розрах. розмір d_p , мм	Допуск, мкм	Граничний розмір, мм		Граничний припуск, мкм	
	R_z , мкм	T , мкм	ε , мкм				d_{min}	d_{max}	$2Z_{\text{min}}$	$2Z_{\text{max}}$
Заготовка	200	200	147	-	81,314	740	81,31	82,05	-	-
Розточування чорнозе	50	50	0	1094	80,22	300	80,22	80,52	1090	1530
Зенкерування	5	5	0	200	80,22	74	80,22	80,094	200	426
Розгортання	5	5	0	2	80	30	80	80,03	20	64
Σ									1310	2020

Проводимо перевірку правильності розрахунків:

$$2 \cdot Z_{\text{max}} - 2 \cdot Z_{\text{min}} = \delta_z - \delta_d; \quad (2.7)$$

$$(1530 + 426 + 64) - (1090 + 200 + 20) = 740 - 30;$$

$$710 = 710.$$

Також припуски визначаємо табличним способом із використанням довідників. Конкретні значення припусків заносимо до таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Припуски на механічно оброблювані поверхні деталі

№	Найменування поверхні	Найменування переходу	Припуск $Z_{\min}$, мм	Квалітет	Технол. допуск, мкм
1	Отвір $\varnothing 16H7$	Свердління	9,8	11	40
		Розгортання	0,2	7	10
2	Отвір $\varnothing 80H7$	Розточування чорнове	5,2	11	80
		Зенкерування	1,9	9	30
		Розгортання	0,5	7	10

На інших функціональних поверхнях деталі припуск знімається за один прохід.

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Розрахунок параметрів спеціального зенкера

Для підвищення продуктивності праці при обробці деталі (корпус) для 020 операції було вирішено застосувати нестандартний різальний інструмент, а саме, насадний зенкер з механічним кріпленням ріжучих пластин для отвору Ø80H7. Для обробки заготовки із СЧ 48 приймаємо матеріал ножів зенкера – твердий сплав ВК8.

Довжину зенкера приймаємо в залежності від довжини оброблюваних отворів деталі, котра становить $L = 241$ мм, враховуючи виліт пластин довжину зенкера приймаємо $L = 400$ мм.

Кількість зубців зенкера приймаємо рівним $z = 4$.

Довжину робочої частини визначаємо за формулою:

$$L_1 = 0,4 \cdot D, \quad (3.1)$$

де $L_1 = 0,4 \cdot 80 = 32$ мм, так як зенкер з механічним закріпленням пластин, приймаємо $L_1 = 45$ мм.

Розраховуємо діаметр зенкера для отвору на циліндричній частині, котрий напряму залежить від діаметра оброблюваного отвору Ø79,5H9. Допуск отвору 79,5H9 рівний $IT = 0,074$ мм. Тоді допуск на виготовлення зенкера буде становити:

$$IT_z = 0,25 \cdot IT \quad (3.2)$$

$$IT_z = 0,074 \cdot 0,25 = 0,02 \text{ (мм)}.$$

Ширину стрічки на циліндричній частині приймаємо $b = 0,3$ мм. Кут нахилу ножів відносно осі приймаємо $\omega = 15^\circ$. Кут в плані φ для зенкера приймаємо

					КРБ.133ГМбд_41.10.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

подвійним $\varphi_1 = 30^\circ$ та $\varphi_2 = 60^\circ$. Задній кут α приймаємо $\alpha = 15^\circ$.

3.2 Опис конструкції

Зенкер ступінчастий (рисунок 3.1) складається: з оправки 1, на яку насаджений корпус зенкера 2 із вставними ножами 4.

Рисунок 3.1 – Геометричні параметри зенкера

Закріплення корпусу відбувається за рахунок конуса, що становить 1:30. Пази корпусу, в котрі вставлені ріжучі пластини нахилені під кутом до осі зенкера на 3° . Такий конструктивний елемент потрібен для того, щоб переміщуючи ріжучі пластини вздовж осі зенкера, збільшувати діаметр зенкера для перезаточувань. Кут

					КРБ.133ГМбд_41.10.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

нахилу пазів $\omega = 15^\circ$ відносно осі дає змогу отримувати передній кут ножів котрий також дорівнює $\gamma = 15^\circ$. Затискання пластин в корпусі відбувається за рахунок клинців 5, котрі входять в пази під кутом 2° . Для кращого затискання пластини клинці мають зубці по всій довжині. Крутний момент від корпусу до оправки передається за рахунок торцевої шпонки, котра розташована на втулці 3, та призматичної шпонки 8. Для скидання корпусу з оправки існує гайка 6, котра обертаючись, рухається поступально і підтискаючи втулку, скидає корпус з оправки.

Зворотно конусність приймаємо 1:30. Складальний кресленик зенкера наводимо у графічній частині роботи із зазначенням технічної характеристики та вимог до нього.

Отже, було визначено основні геометричні та конструктивні параметри зенкера: довжину, кількість зубців, довжину робочої частини, допуски на виготовлення, а також кути різання. Обґрунтовано вибір матеріалу ріжучих пластин – твердого сплаву ВК8, який забезпечує необхідну зносостійкість під час обробки заготовки з сірого чавуну СЧ18.

Розроблена конструкція зенкера забезпечує можливість регулювання діаметра за рахунок осьового переміщення пластин, надійне їх закріплення клинцями та ефективну передачу крутного моменту від оправки до корпусу. Передбачене конструктивне рішення зі зворотною конусністю та механізмом скидання корпусу підвищує зручність експлуатації й обслуговування інструмента.

Таким чином, спроектований зенкер відповідає вимогам технологічності, точності та надійності, а його застосування є доцільним і економічно обґрунтованим для заданих умов виробництва.

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Для деталі «Корпус», що виготовляється із чавуну, способи отримання заготовок: виготовлення литвом у кокіль та піщано-глиняні форми при машинному формуванні [1, 4, 5, 30, 34, 49].

Точність розмірів при литві у піщані форми 15...19 квалітет, шорсткість поверхні за Rz до 80, коефіцієнт використання матеріалу заготовки 0,7.

Точність розмірів при литві у кокіль 14...17 кв, шорсткість поверхні за Rz 80...40, коефіцієнт використання матеріалу заготовки 0,85.

При отриманні деталі методом литва у піщані форми маса заготовки буде становити.

$$m_{\text{заг}} = \frac{m_{\text{д}}}{k_i}; \quad (4.1)$$

де $m_{\text{д}}$ – маса деталі,

k_i – коефіцієнт використання матеріалу.

$$m_{\text{заг}} = \frac{15,2}{0,7} = 21,7 \text{ кг.}$$

При литві у кокіль:

$$m_{\text{заг}} = \frac{15,2}{0,85} = 17,9 \text{ кг.}$$

Проведемо порівняння методів отримання заготовки за собівартістю виготовлення.

					КРБ.133ГМбд_41.10.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Собівартість виготовлення заготовки визначається за формулою:

$$C = \left(\frac{S_3 Q_3}{1000} K_T K_C K_B K_{M3} K_{B6} \right) - (Q_3 - q_d) \frac{S_{відх}}{1000}, \quad (4.2)$$

де S_3 – базова вартість 1 т заготовок,

$K_T, K_C, K_B, K_{M3}, K_{B6}$ – коефіцієнти, які залежать відповідно від класу точності, класу складності, маси заготовки, марки матеріалу, від обсягу виробництва;

q_d – маса деталі, кг;

$S_{відх}$ – вартість 1 т відходів, грн.

У піщані форми:

$$C = (140 \cdot 21,7 \cdot 1,0 \cdot 0,81 \cdot 0,94 \cdot 1,04 \cdot 1,0) - (21,7 - 15,2) \cdot 10 = 2340,7 \text{ грн.}$$

У кокіль:

$$C = (140 \cdot 17,9 \cdot 1,32 \cdot 0,81 \cdot 0,94 \cdot 1,04 \cdot 1,0) - (17,9 - 15,2) \cdot 10 = 2592,4 \text{ грн.}$$

Таким чином, порівнюючи отримані значення ціни заготовки, видно, що з економічної сторони, нам вигідно застосовувати литво у піщані форми. Економічний ефект у цьому випадку буде становити:

$$E = (2592,4 - 2340,7) \cdot 500 = 125850 \text{ (грн.)}$$

Основна перевага методу литва у піщані форми у нижчій собівартості (2340,7 грн. на одиниці) і потрібній мікроструктурі чавуну, в той час як при литті у кокіль чавунні виливки можуть відбілюватись. Це вимагатиме додаткового випалювання.

					КРБ.133ГМбд_41.10.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Висновок: проаналізувавши два методи виготовлення заготовки обираємо метод виготовлення заготовки гільзи циліндра – литво у піщані форми.

4.2 Заходи з охорони праці під час ливарного виробництва

Під час розробки заходів із охорони праці використовуємо профільні джерела інформації [2, 8, 10, 14-17, 19, 20, 22, 26, 27, 31, 33, 41-46, 50].

Ливарне виробництво належить до категорії виробництв з підвищеним рівнем професійного ризику, що обумовлено наявністю високих температур, розплавлених металів, значних теплових потоків, запиленості, загазованості, підвищеного рівня шуму та вібрації, а також використанням важкого механічного обладнання. Умови праці в ливарних цехах характеризуються комплексним впливом на працівників фізичних, хімічних і психофізіологічних небезпечних та шкідливих виробничих факторів.

Основними небезпеками для працівників є опіки від розплавленого металу і шлаку, теплове випромінювання, ураження електричним струмом, травмування рухомими частинами машин і механізмів, падіння важких предметів, а також негативний вплив токсичних газів і пилу. У зв'язку з цим система охорони праці на ливарному підприємстві повинна бути інтегрованою частиною загальної системи управління виробництвом і базуватися на принципах пріоритету життя та здоров'я працівників.

Організація охорони праці у ливарному виробництві здійснюється відповідно до вимог законодавства України у сфері безпеки праці. Основоположним документом є Закон України «Про охорону праці», який визначає основні принципи державної політики у цій сфері, права та обов'язки роботодавців і працівників.

Крім того, на підприємствах ливарної галузі повинні дотримуватися вимоги Кодексу законів про працю України, державних санітарних норм і правил, правил пожежної безпеки, а також галузевих нормативних актів, що регламентують

					КРБ.133ГМбд_41.10.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

безпечну експлуатацію плавильних печей, вантажопідіймальних механізмів, електроустановок та іншого технологічного обладнання.

Важливе значення має впровадження системи управління охороною праці (СУОП), яка передбачає планування, реалізацію, контроль та постійне вдосконалення заходів безпеки відповідно до міжнародних стандартів, зокрема ISO 45001.

У ливарних цехах діють різноманітні виробничі фактори, які можуть негативно впливати на стан здоров'я працівників. До фізичних факторів належать підвищена температура повітря, інтенсивне інфрачервоне випромінювання, шум, вібрація, недостатня або надмірна освітленість робочих місць.

Хімічні фактори представлені пилем формувальних матеріалів, який містить діоксид кремнію, оксидами вуглецю, азоту та сірки, а також легкими органічними сполуками, що виділяються під час заливання металу у форми. Тривалий вплив цих речовин може призводити до розвитку професійних захворювань органів дихання та серцево-судинної системи.

До небезпечних факторів належать можливості вибухів при контакті розплавленого металу з вологою, руйнування плавильних агрегатів, падіння вантажів під час транспортування, а також аварійні ситуації, пов'язані з порушенням технологічного режиму.

Технічні заходи є основою забезпечення безпечних умов праці у ливарному виробництві. Вони передбачають застосування конструктивних рішень, спрямованих на усунення або зменшення впливу небезпечних і шкідливих факторів безпосередньо на робочих місцях.

До таких заходів належать механізація та автоматизація процесів плавлення, транспортування і заливання металу, використання дистанційного керування обладнанням, теплоізоляція поверхонь печей і ковша, встановлення захисних огорожень і блокувальних пристроїв.

Особливу увагу слід приділяти системам вентиляції та аспірації, які забезпечують видалення пилу, газів і надлишкового тепла з робочої зони.

					КРБ.133ГМбд_41.10.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Ефективна робота газоочисних установок значно знижує ризик отруєння працівників і покращує мікроклімат у цеху.

Організаційні заходи з охорони праці спрямовані на формування безпечної поведінки працівників і чітке дотримання встановлених правил. Вони включають розроблення інструкцій з охорони праці для кожної професії та виду робіт, проведення вступного, первинного, повторного і позапланового інструктажів.

Працівники ливарного виробництва повинні проходити обов'язкове навчання та перевірку знань з питань охорони праці, пожежної безпеки та надання першої домедичної допомоги. До виконання робіт підвищеної небезпеки допускаються лише особи, які мають відповідну кваліфікацію та медичний допуск.

Важливим елементом організаційних заходів є раціональний режим праці та відпочинку, що передбачає регламентовані перерви для зниження теплового навантаження, а також забезпечення працівників питною водою та засобами для охолодження.

Забезпечення працівників засобами індивідуального захисту (ЗІЗ) є обов'язковою вимогою охорони праці у ливарному виробництві. До них належать спеціальний термостійкий одяг, взуття, захисні рукавиці, каски, щитки для обличчя, окуляри, респіратори та протишумні навушники.

Засоби колективного захисту включають вентиляційні системи, екрани від теплового випромінювання, шумопоглинаючі кожухи, сигнальні та попереджувальні пристрої. Їх використання дозволяє знизити рівень небезпечних факторів для групи працівників одночасно.

Ливарне виробництво характеризується підвищеною пожежною небезпекою, що зумовлено наявністю розплавленого металу, горючих матеріалів і електрообладнання. Для запобігання пожежам необхідно дотримуватися правил пожежної безпеки, утримувати в справному стані засоби пожежогасіння та системи сигналізації.

На підприємстві повинні бути розроблені плани локалізації та ліквідації аварійних ситуацій, а працівники мають бути ознайомлені з алгоритмом дій у разі

					КРБ.133ГМбд_41.10.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

виникнення пожежі, вибуху або розливу розплавленого металу. Регулярні тренування сприяють зменшенню наслідків можливих аварій.

З метою збереження здоров'я працівників у ливарному виробництві проводяться попередні та періодичні медичні огляди. Вони дозволяють своєчасно виявляти початкові ознаки професійних захворювань і запобігати їх подальшому розвитку.

Профілактичні заходи включають санітарно-гігієнічне виховання персоналу, вакцинацію за показаннями, забезпечення належних побутових умов, а також проведення оздоровчих заходів.

Отже, охорона праці у ливарному виробництві є комплексною системою технічних, організаційних, санітарно-гігієнічних і профілактичних заходів, спрямованих на запобігання виробничому травматизму та професійним захворюванням. Реалізація ефективної системи охорони праці дозволяє не лише зберегти життя та здоров'я працівників, але й підвищити продуктивність праці, знизити втрати від аварій і простоїв, а також забезпечити сталий розвиток ливарного підприємства.

4.3 Екологічні аспекти чавунного литва

Чавунне литво є одним із базових технологічних процесів металургійної та машинобудівної галузей, що забезпечує виготовлення широкого спектра деталей для промисловості, транспорту та енергетики. Водночас ливарне виробництво належить до екологічно навантажених видів промислової діяльності, оскільки супроводжується значними викидами забруднюючих речовин у атмосферу, утворенням великої кількості твердих відходів, а також споживанням значних обсягів енергетичних і сировинних ресурсів.

Екологічні аспекти чавунного литва охоплюють усі стадії технологічного циклу – від підготовки шихтових матеріалів і плавлення чавуну до формування, заливання, охолодження відливок та їх механічної обробки. На кожному з етапів

					КРБ.133ГМбд_41.10.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

виникають специфічні джерела негативного впливу на довкілля, що потребують системного аналізу та впровадження заходів з екологічної безпеки.

Найбільш суттєвим екологічним чинником чавунного литва є забруднення атмосферного повітря. Основними джерелами викидів є плавильні агрегати (вагранки, індукційні та дугові печі), ділянки приготування формувальних і стрижневих сумішей, а також процеси вибивання та очищення відливок.

У процесі плавлення чавуну в атмосфері надходять оксиди вуглецю (CO , CO_2), діоксид сірки (SO_2), оксиди азоту (NO_x), а також пил і аерозолі, що містять частинки металів і шлаків. Особливо небезпечними є дрібнодисперсні пилові фракції, здатні проникати у дихальні шляхи людини та спричиняти професійні захворювання.

Значні обсяги органічних шкідливих речовин виділяються під час заливання розплаву у форми, особливо при використанні піщано-глинистих або хімічно зв'язаних сумішей. Внаслідок термічного розкладу зв'язувальних матеріалів утворюються феноли, формальдегід, бензол та інші леткі органічні сполуки, які мають токсичний і канцерогенний характер.

Чавунне литво характеризується утворенням значної кількості твердих промислових відходів, основну частку яких становлять відпрацьовані формувальні та стрижневі суміші, шлаки, пил газоочисних установок і металевий брухт. За різними оцінками, маса відпрацьованих формувальних сумішей може у 5-10 разів перевищувати масу готових відливок.

Відпрацьовані суміші часто містять залишки хімічних зв'язувальних речовин, важкі метали та інші небезпечні компоненти, що ускладнює їх захоронення та вторинне використання. Неконтрольоване складування таких відходів призводить до забруднення ґрунтів і підземних вод.

Сучасні екологічні підходи передбачають максимальне повернення відходів у виробничий цикл. Регенерація формувальних пісків, повторне використання металевого брухту та утилізація шлаків у будівельній галузі є ефективними заходами зі зменшення екологічного навантаження ливарних підприємств.

					КРБ.133ГМбд_41.10.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

У процесах чавунного литва вода використовується переважно для охолодження обладнання, газоочисних систем, а також для гідротранспортування відходів. Забруднення стічних вод відбувається внаслідок потрапляння до них зважених частинок, олив, фенолів і солей важких металів.

Недостатньо очищені стічні води можуть завдавати значної шкоди водним екосистемам, порушуючи біологічну різноманітність та погіршуючи якість питної води. Тому на сучасних підприємствах впроваджуються замкнені системи водообігу, що дозволяють суттєво скоротити водоспоживання та обсяги скидів у навколишнє середовище.

Чавунне литво є енергоємним виробництвом, особливо на стадії плавлення металу. Використання традиційних загранок супроводжується значними витратами електрики та високими викидами CO₂. У цьому контексті важливого значення набуває перехід на більш енергоефективні технології, зокрема індукційні печі, які характеризуються вищим коефіцієнтом корисної дії та кращою керованістю процесу плавлення.

Зменшення вуглецевого сліду ливарного виробництва також досягається за рахунок оптимізації паливного складу, підвищення частки вторинного металу та впровадження систем рекуперації тепла відхідних газів.

Для мінімізації екологічних ризиків чавунного литва застосовується комплекс технічних, організаційних і технологічних заходів. До основних з них належать:

- використання сучасних систем очищення газових викидів (рукавні фільтри, електрофільтри, скрубери);
- впровадження малотоксичних або неорганічних зв'язувальних матеріалів для формувальних сумішей;
- регенерація та повторне використання формувальних пісків;
- перехід на енергоефективні плавильні агрегати;
- автоматизація та герметизація технологічних процесів;
- екологічний моніторинг і дотримання вимог природоохоронного законодавства.

					КРБ.133ГМбд_41.10.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Отже, чавунне литво, залишаючись важливою складовою сучасної промисловості, водночас створює значні екологічні виклики. Основними негативними чинниками є забруднення атмосферного повітря, утворення великої кількості відходів, значне енергоспоживання та вплив на водні ресурси. Сучасні тенденції розвитку ливарного виробництва спрямовані на зниження екологічного навантаження за рахунок упровадження ресурсозберігаючих і екологічно безпечних технологій. Реалізація таких підходів є необхідною умовою сталого розвитку підприємств чавунного литва та підвищення їх конкурентоспроможності в умовах посилення екологічних вимог

					КРБ.133ГМбд_41.10.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						40
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. Встановлено функціональне призначення одноступеневого конічного редуктора. Виконано аналіз складової деталі – корпусу. Описано конструкційний матеріал цієї деталі та надано рекомендації щодо можливого матеріалу-аналога. На основі результатів маркетингового дослідження визначено тип виробництва – середньосерійний.

2. Виконано опрацювання вузла та його деталі на технологічність. Проаналізовано чинний технологічний процес виготовлення. Розроблено маршрут обробки поверхонь корпусу. Розрахунково-аналітичним методом визначено припуски на обробку та операційні розміри для поверхні Ø80H7 мм, а також припуски встановлено за табличними даними.

3. Виконано розроблення спеціального різального інструмента – ступінчастого насадного зенкера з механічним кріпленням ріжучих пластин, призначеного для обробки отвору Ø80H7 у корпусній деталі. Застосування нестандартного інструмента обґрунтовано необхідністю підвищення продуктивності та стабільності якості обробки на 020 операції.

4. Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки. Річний економічний ефект під час порівняння між двома заготівельними технологіями для програми випуску 500 шт. склав 125830 грн. Окрім того, запропоновано заходи з охорони праці. Приділено увагу екологічним аспектам заготівельного виробництва.

5. У графічній частині роботи наведено складальний креслення редуктора одноступеневого, креслення корпусу, креслення заготовки корпусу, складальний креслення спеціального різального інструменту.

					КРБ.133ГМбд_41.10.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

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. Бойчик 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_41.10.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

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. Катренко 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. Коробко 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., Селдатова 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_41.10.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

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., Дятун 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., Показаньєва С.П. 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.П., 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. Руденко П.А. Проектирование и производство заготовок в машиностроении. Киев: Высшая школа, 1991. 247 с.

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

					КРБ.133ГМбд_41.10.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

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

37. Сологуб М.А., Рожнецький 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.В. Попов, А.О. Келемеш, 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: Інтерграфіка, 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: Інтерграфіка, 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: Інтерграфіка, 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.

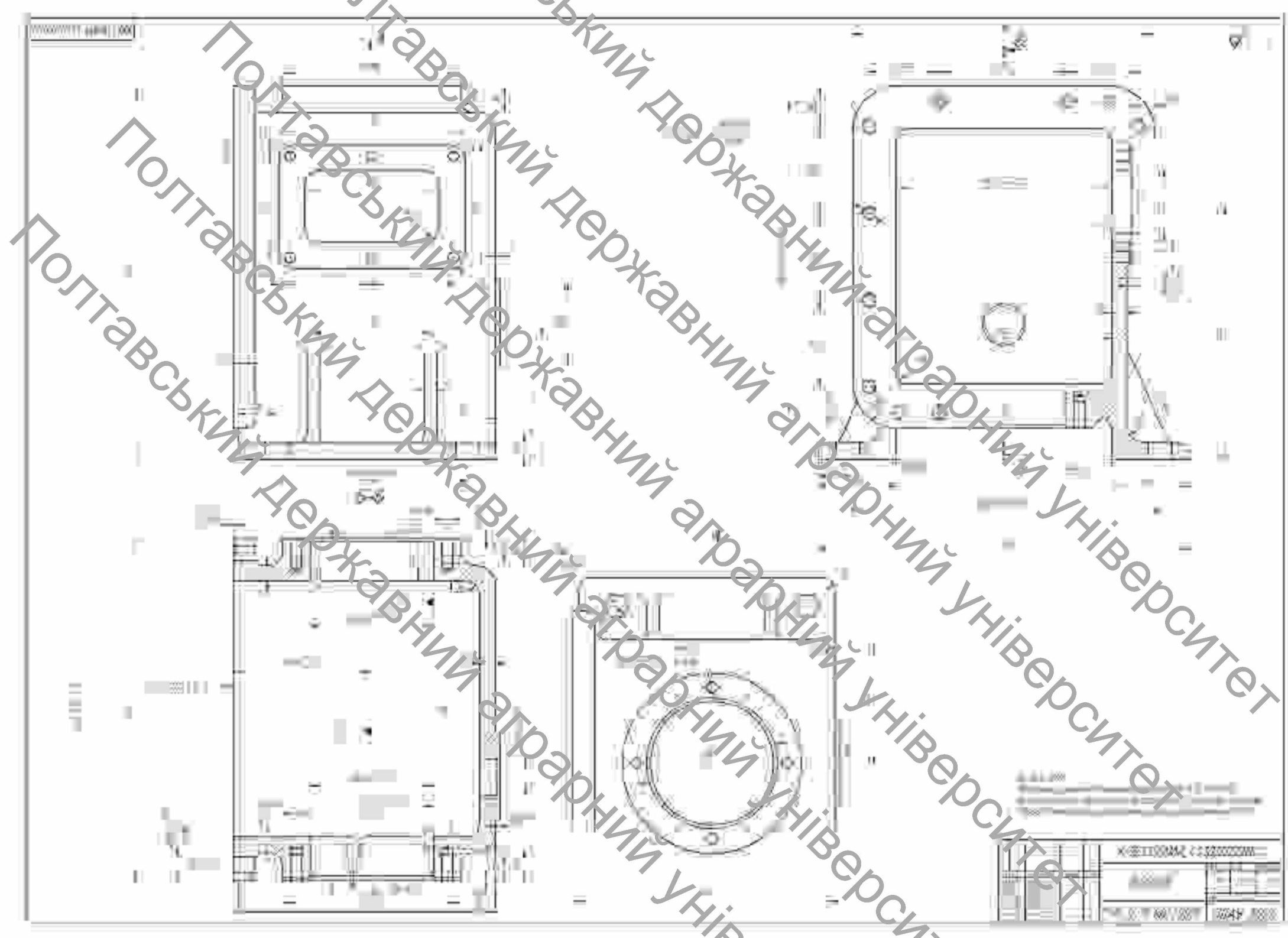
					КРБ.133ГМбд_41.10.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

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

					КРБ.133ГМбд_41.10.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

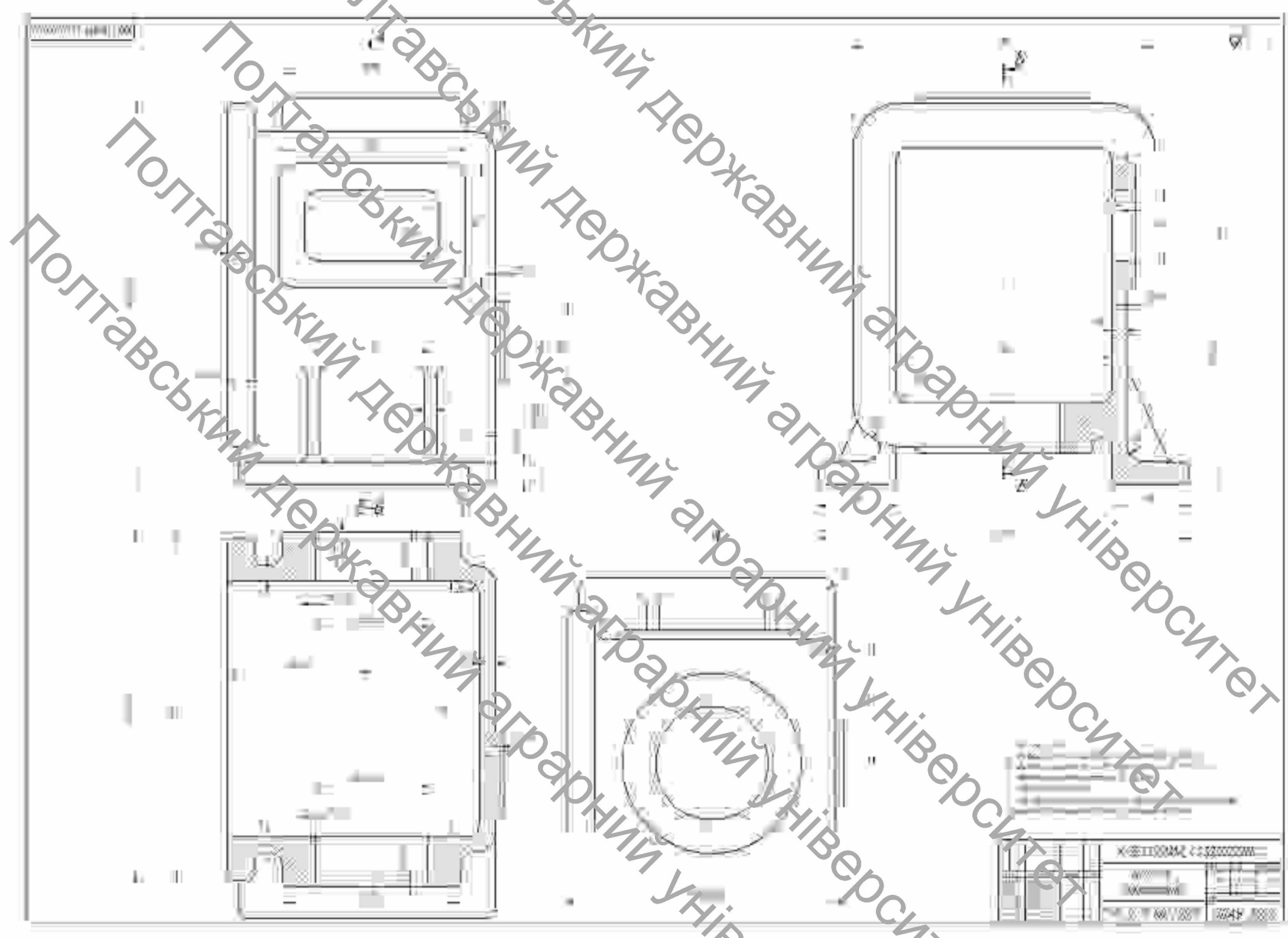


Полтавський державний аграрний університет

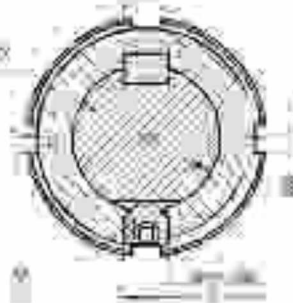
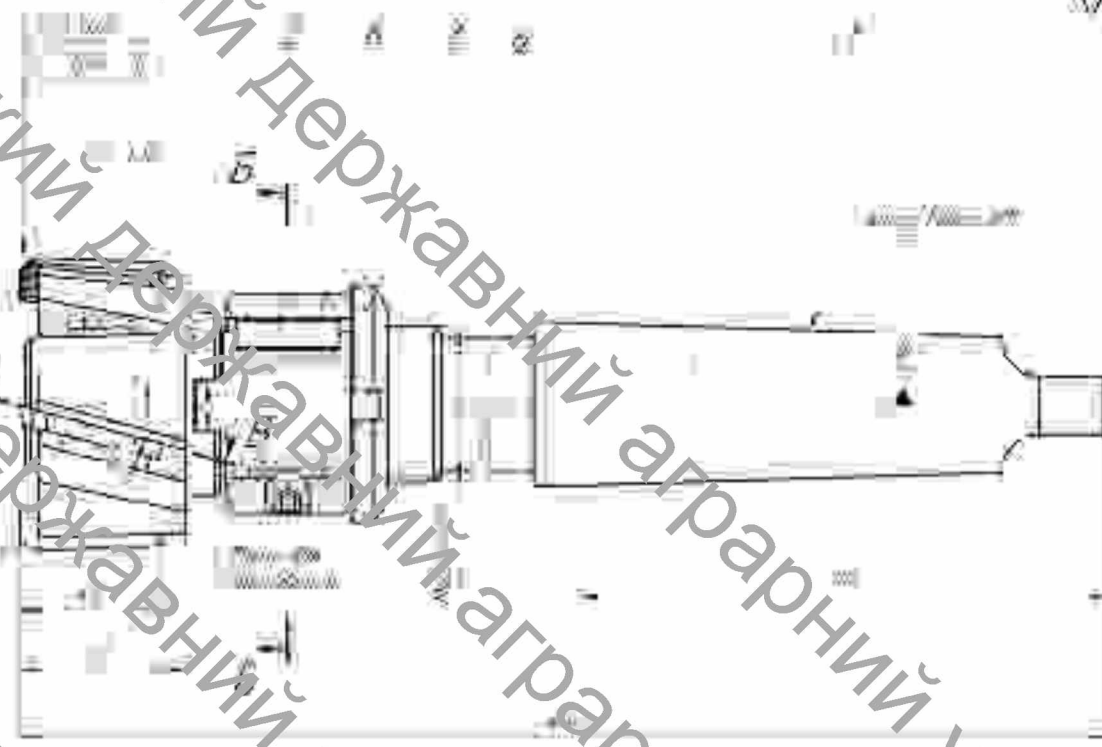
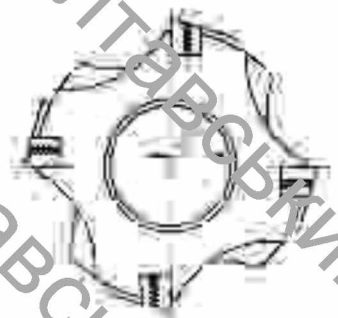
Полтавський державний аграрний університет

Полтавський державний аграрний університет

Полтавський державний аграрний університет



Полтавський державний аграрний університет



Курсовий проєкт		Тема: Конструювання механізму	
Ім'я: [Blank]		ПІБ: [Blank]	
Група: [Blank]		Дата: 2025	