

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: «Технологічне забезпечення виготовлення
валу-шестерні редуктора кінчного»

КРБ.133ГМбд_31[2].16.00.00.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
«Машини та обладнання
сільськогосподарського виробництва»
спеціальності 133 *«Галузеве*
машинобудування»
ступеня вищої освіти *бакалавр*
групи 133ГМбд_31[2]
ОЛЕКСЕНКО Валерія

Керівник: канд. техн. наук, доцент
ПОПОВ Станіслав

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

Валерія ОЛЕКСЕНКО

1 Тема роботи: «*Технологічне забезпечення виготовлення валу-шестерні
редуктора конічного*»,

керівник роботи *канд. техн. наук, доцент Станіслав ПОПОВ*,
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: 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., 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;
складальний кресленник затискного пристосування.*

6 Консультанти розділів *кваліфікаційної роботи*

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

7 Дата видачі завдання 03 грудня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Здобувач вищої освіти _____ Валерія ОЛЕКСЕНКО
(підпис)

Керівник роботи _____ Станіслав ПОПОВ
(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 4 розділи, 5 рисунків, 8 таблиць, 50 використаних джерел, 40 сторінок.

Об'єкт розробки – редуктор конічний.

Предмет розробки – конструкторсько-технологічні аспекти забезпечення процесів виготовлення валу-шестерні.

Постановка актуальної технічної задачі – розробка оптимального техніко-технологічного рішення стосовно виготовлення деталі, що забезпечить її відповідність експлуатаційним характеристикам при мінімальних витратах за умов визначеного типу виробництва.

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

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

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

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

У **конструкторському розділі** було запропоновано конструкцію затискного пристосування для фрезерування пазу на валу-шестерні, проведено розрахунок зусилля затиску, параметрів силового приводу та слабкої ланки на міцність.

У розділі **економіки, охорони праці та навколишнього середовища** здійснено техніко-економічне обґрунтування способу одержання заготовки деталі, наведено розрахунок загального освітлення цеху, а також зазначено екологічні аспекти штампування сталевих валів.

Практичні результати роботи – розроблено складальний кресленик редуктора конічного (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, 27,9; річна програма випуску, шт., 600), кресленик валу-шестерні, кресленик заготовки валу-шестерні, складальний кресленик затискного фрезерного пристосування.

Рекомендації щодо використання результатів роботи вал-шестерня входить до складу редуктора конічного одноступінчастого, що використовується для передачі обертового моменту між валами.

Сфера застосування результатів роботи – галузь машинобудування.

Графічна частина становить 3 арк. ф. А1.

Текст пояснювальної записки кваліфікаційної роботи пройшов перевірку на плагіат за допомогою відповідного сервісу і є оригінальним.

АНОТАЦІЯ

У кваліфікаційній роботі бакалавра розглядається конструкція валу-шестерні одноступінчастого конічного редуктора. Представлено службове призначення вузла. Здійснено аналіз параметрів точності деталі. Охарактеризовано конструкційний матеріал для виготовлення. Визначено тип виробництва. Проведено відпрацювання на технологічність. Проаналізовано діючий процес виготовлення. Розроблено маршрут обробки поверхонь валу-шестерні. Визначено припуски та операційні розміри. Розроблено конструкцію затискного пристосування, а також приділено увагу розрахункам зусилля затиску, параметрів силового приводу, слабкої ланки на міцність. Розраховано економічну ефективність заготівельного виробництва. Наведено розрахунки загального освітлення цеху. Визначено екологічні аспекти штампування сталевих валів.

РЕДУКТОР КОНІЧНИЙ, ВАЛ-ШЕСТЕРНЯ, АНАЛІЗ ТОЧНОСТІ, МАРШРУТ ОБРОБКИ, ПРИПУСК ПРИСТОСУВАННЯ ЗАТИСКНЕ, ЗАГОТОВКА, ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ, ЗАГАЛЬНЕ ОСВІТЛЕННЯ, ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ

ANNOTATION

The bachelor's qualification work considers the design of the shaft-gear of a single-stage bevel gearbox. The service purpose of the unit is presented. The analysis of the accuracy parameters of the part is carried out. The structural material for manufacturing is characterized. The type of production is determined. The testing for manufacturability is carried out. The current manufacturing process is analyzed. The route for processing the surfaces of the shaft-gear is developed. The allowances and operating dimensions are determined. The design of the clamping device is developed, and attention is paid to the calculations of the clamping force, the parameters of the power drive, the weak link for strength. The economic efficiency of the blanking production is calculated. Calculations of the general lighting of the workshop are given. The environmental aspects of stamping steel shafts are determined.

BEVEL GEAR, SHAFT-GEAR, ACCURACY ANALYSIS, MACHINING ROUTE, ALLOWANCE, CLAMPING DEVICE, WORKPIECE, ECONOMIC EFFICIENCY, GENERAL LIGHTING, ENVIRONMENTAL ASPECTS

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ	8
1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис	8
1.2 Аналіз параметрів точності	11
1.3 Характеристика матеріалу деталі, замінник	11
1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску	13
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ	14
2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі	14
2.2 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення	18
2.3 Обробка поверхонь	18
2.4 Розробка маршруту виготовлення деталі	21
2.5 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів	23
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ	27
3.1 Розрєска конструкції затискного пристосування	27
3.2 Розрахунок зусилля затиску	28
3.3 Розрахунок параметрів силового приводу	30
3.4 Розрахунок слабкої ланки на міцність	32
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА	34
НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	34
4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі	34
4.2 Розрахунок загального освітлення меху	36
4.3 Екологічні аспекти штампування сталевих валів	37
ВИСНОВКИ	40
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	41

						КРБ.1331.15д_31[2].16.00.00.000 ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Зміст			Літера	Аркуш	Аркушів
Виконав		Олексенко В.						н	5	40
Перевірив		Попов С.В.						ПДАУ, 2026 р.		
Керівник		Попов С.В.								
Н. контр.		Попов С.В.								
Затверд.		Попов С.В.								

ВСТУП

Застосування конічних редукторів у конструкціях приводів технологічних машин агропромислового комплексу має важливе значення завдяки їх специфічним конструктивним та експлуатаційним перевагам. Основні причини, чому конічні редуктори важливі наступні [32].

1. Зміна напрямку передачі обертання. Конічні редуктори дозволяють передавати обертальний рух між валами, розташованими під кутом (найчастіше під 90°). Це особливо важливо в машинах, де особливості компоновання не дозволяють використовувати паралельне розташування валів.

2. Компактність та зручність компоновання. За рахунок зміни напрямку руху та можливості більш гнучкого компоновання, конічні редуктори забезпечують компактнішу конструкцію приводів. Це критично для технологічного обладнання з обмеженим простором або мобільних установок.

3. Ефективна передача потужності. Конічні редуктори забезпечують високу ефективність передачі, плавність роботи та стійкість до високих навантажень. Вони застосовуються там, де важлива точність та надійність.

4. Міцність та довговічність. Конструкція конічних редукторів розрахована працювати у важких умовах - при великих навантаженнях, ударах і вібраціях. Це робить їх незмінними у промисловості.

5. Універсальність застосування. Їх можна використовувати як у простих приводах, так і багатоступінчастих редукторних системах. Часто використовуються разом із циліндричними чи планетарними редукторами задля досягнення потрібного передатного відношення.

Отже, застосування конічних редукторів у приводах технологічних машин виправдане їх здатністю ефективно, надійно та компактно передавати потужність між валами, розташованими під кутом. Це критично для сучасного машинобудування, де важливими є і продуктивність, і ергономічність конструкції.

									Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_31[2].16.00.00.000 ПЗ				6

Мета роботи полягає у розробленні базових положень для підготовки виробництва із забезпечення потреб ринку. **Об'єктом** розробки є редуктор конічний, а **предметом** – конструкторсько-технологічні аспекти забезпечення процесів виготовлення валу-шестерні.

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 затискове пристосування для реалізації процесу механічної обробки, а також визначити зусилля затиску, параметри силового приводу, здійснити розрахунок слабкої ланки;

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

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

					КРБ.133ГМбд_31[2].16.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис

На розгляд вноситься редуктор конічний одноступінчастий (рисунок 1.1, таблиця 1.1).

Рисунок 1.1 – Редуктор конічний: 1 – корпус; 2 – вал; 3 – шестерня; 4 – кришка; 5 – прокладка; 6 – кришка; 7 – прокладка; 8 – корпус; 9 – втулка дистанційна; 10 – вал-шестерня; 11 – кришка; 12, 13 – прокладка; 14 – сапун; 15 – кришка; 16 – прокладка; 17 – оливопоказчик; 18, 19 – болт; 20 – гвинт; 21 – гайка; 22, 27 – кільце; 23 – манжета; 24 – підшипник; 25, 26 – шайба; 28, 29 – шпонка; 30 – штифт

					КРБ.133ГМбд_31[2].16.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Таблиця 1.1- Технічна характеристика редуктора

Назва параметра	Величина
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, мм	382×240×320
Маса, кг	27,6

Редуктор передає обертовий момент під кутом 90° від електродвигуна безпосередньо до робочого органу. Являє собою корпус із конічними прямозубими зубчастими колесами. Ведучий вал встановлений на радіально-упорних підшипниках. Ведений вал-шестерня також встановлений на радіально-упорних роликів підшипниках. Вони сприймають радіальне та осьове навантаження, виникаюче під час обертання валів.

Принцип дії редуктора наступний. Вхідний (ведучий) вал передає обертовий момент на конічну шестерню. Вона взаємодіє з конічним колесом на вихідному валу. Напрямок обертання змінюється, найчастіше, під кутом 90° . В одному ступені досягається передача обертання з мінімальними втратами та високою надійністю.

Переваги: компактність; висока надійність та довговічність; простота конструкції; високий коефіцієнт корисної дії; можливість передачі суттєвих обертових моментів.

Сфера застосування: приводи технологічних машин, зокрема, сільського господарства; стрічкові конвеєри, змішувальні машини; різноманітні редукторні приводи машинобудування.

Деталлю, що виноситься на детальний розгляд, є вал-шестерня (рисунок 1.2).

						КРБ.133ГМбд_31[2].16.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			9

Рисунок 1.2 – Вал-шестерня

Вал, що проектується, виготовлений з матеріалу сталь 40Х за ДСТУ 7806-2015. Він має сумарну довжину 258 мм, підлягає сесізязковій термообробці струмами високої частоти, так як працює в складних умовах скручування та зсуву. На обох кінцях валу виконані центрові отвори для базування під час механічної обробки. Вал має на одному із кінців шпонковий паз. З протилежного боку – конічний зубчастий вінець, що виконаний як єдине ціле із валом. Також на валу є різьбова ділянка, що призначена для фіксації навісних елементів. Цапфи, що сполучаються із підшипниковими опорами, зазнають додаткової обробки та мають підвищені вимоги до точності та якості обробки.

					КРБ.133ГМбд_31[2].16.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

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
Циліндрична	$\varnothing 125_{-0,1}$	h9	—	—	6,3
Циліндрична	$\varnothing 25^{+0,018}$	k6	◎ 0,02	↗ 0,05 B	2,5
Циліндрична	$\varnothing 28_{-0,021}$	h7	—	↗ 0,05 B	2,5
Лінійний	$38_{-0,062}$	h9	—	—	6,3
Лінійний	$24_{-0,084}$	h10	—	—	6,3
Лінійний	$8_{-0,015}$	h9	—	—	6,3
Різьба метрична	M33×1,5	7h	—	—	6,3

Провівши аналіз якості виконання поверхонь деталі, маємо, що найточніший розмір у поверхонь $\varnothing 28h7$ мм і шорсткість $R_a=2,5$ мкм. Деталь може бути виготовлена у заводських умовах.

1.3 Характеристика матеріалу деталі, замінник

Матеріалом валу-шестерні є сталь 40X за ДСТУ 7806-2015 [24, 37]. Якість матеріалу та його термічна та хіміко-термічна обробка мають великий вплив на довговічність деталей.

Ця сталь набуває високих механічних властивостей після термічного поліпшення: гартування та високого відпускання (500–600°C) на структуру сорбіту. Поліпшення цієї сталі на відміну від нормалізації забезпечує підвищену межу текучості у поєднанні з покращеною пластичністю та в'язкістю, високим опором розвитку тріщин. Окрім цього поліпшення значно знижує поріг холодноламкості, який у цих сталей, на відміну від маловуглецевих, лежить при більш високих температурах.

Кремиста сталь 40Х відноситься до дешевих конструкційних матеріалів. Вона схильна до відпускнуї крихкості, усунення якої потребує швидкого охолодження від температури високого відпускання. Сталь прогартується на глибину 15-20 мм і застосовується для деталей невеликого перерізу.

Хімічний склад і механічні властивості сталі 40Х, а також можливі варіанти її заміни наведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Хімічний склад та механічні властивості матеріалу деталі

Марка матеріалу	Хімічний склад %				Механічні властивості			
	<i>Cr</i>	<i>C</i>	<i>Mn</i>	<i>Si</i>	σ_b , МПа	σ_s , МПа	δ , %	НВ
Сталь 40Х (основна)	0,8-1,1	0,36-0,44	0,5-0,8	0,17-0,37	1000	785-885	9-14	207-255
Сталь 45 (заміна)	-	0,42-0,5	0,5-0,8	0,17-0,37	900	355	16	197-241

Залишаємо матеріал, призначений конструктором без змін.

1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску

Маркетингове дослідження показало попит ринку в деталях валу-шестерні редуктора конічного 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 – середньосерійне.

					КРБ.133ГМбд_31[2].16.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

Надійність та довговічність машини в значній мірі залежать від якості складання – процесу, доля якого у загальній трудомісткості виготовлення машини досягає 20...50 %. Складання поділяють на вузлове та загальне. Об'єктом вузлового складання являються складальні елементи машини, об'єктом загального складання – сама машина. Одним з факторів, суттєво впливаючим на характер технологічних процесів, є технологічність конструкції виробу і його складових частин. При конструюванні виробів необхідно забезпечити не тільки експлуатаційні вимоги, а й вимоги до їх найбільш економічного виготовлення. Конструкція машини, вузла, деталі є технологічною коли вона відповідає усім технічним та експлуатаційним вимогам і коли на неї витрачається мінімальна кількість суспільної праці [23].

В автоматизованому виробництві вимоги до технологічності базуються на таких самих вимогах, що і вимоги до виготовлення на універсальному обладнанні. При використанні верстатів з ЧПК конструктор може створити деталі зі складною поверхнею, а не спрощувати її. Це має значення для міцності, а багатопрограмна обробка та велика концентрація переходів вимагають більш точних базових поверхонь, а також досяжності інструменту до більшості поверхонь.

Оцінка технологічності складальної одиниці за коефіцієнтами стандартизації та уніфікації проводиться з метою поліпшити технологічні властивості деталі, зменшити кількість не стандартизованих деталей, унікальних трудомістких деталей. Коефіцієнт стандартизації обчислюється за формулою:

$$K_n = \frac{E_{cm}}{E}, \quad (2.1)$$

де E_{cm} - кількість стандартизованих одиниць, E - загальна кількість.

					КРБ.133ГМбд_31[2].16.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

$$K_{cm} = \frac{44}{64} = 0,69.$$

Обчислення коефіцієнта уніфікації відбувається за формулою:

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

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

$$K_{yn} = \frac{14}{64} = 0,22.$$

В таблиці 2.1 наведено аналіз технологічності деталі.

Таблиця 2.1 – Аналіз на технологічність деталі

№ п.п.	Показники вимоги до технологічності	Висновки по показникам 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 незначну довжину при досить невеликих діаметрах, заготовка – штамповка, технологічною базою для закріплення є циліндричні поверхні валу.	-

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
2	Конструкція деталі повинна забезпечувати її установку за допомогою простих затискних пристроїв та пристосувань.	Так як деталь має циліндричну форму і закріплюється в патроні або центрах верстата без особливих проблем.	-
3	Для можливості автоматизації обробки в корпусі деталі не бажано застосовувати різьбові отвори діаметром менше 6 мм.	У корпусі деталі різьбові отвори менше 6 мм не застосовуються.	-
4	В конструкції деталі необхідно передбачати можливість захвату її роботом.	Захват деталі може проводитись роботом за циліндричну поверхню.	-
5	При наявності великих довжин деталі, бажано розбивати обробку таким чином, щоб відділити необроблювані поверхні.	У даній деталі не має поверхонь котрі не оброблюються.	-

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
6	Ступінчаті вали повинні мати невеликі перепади по діаметру, а їх довжини однаковими, 300 кратними.	Дана деталь не має великих перепадів діаметрів.	-
7	Для обробці валів із зубцями надавати перевагу конструкції яка оброблюється дисковими та черв'ячними фрезами	Конструкція валу дозволяє використовувати дискові або черв'ячні фрези при нарізанні зубців.	-
8	В конструкції деталі повинно бути якнайменше внутрішніх торців для обробки	Дана деталь має внутрішній торець, що обробляється, але він знаходиться на незначній глибині.	-
9	Вали повинні мати центральні отвори	Дана вимога виконується.	-
10	Для можливості автоматизованого складання необхідно передбачати на установчих поверхнях лиски та фаски.	Дана деталь має фаски, що полегшує процес складання.	-

Отже, деталь є цілком технологічною з точки зору автоматизованого виробництва.

					КРБ.133ГМбд_31[2].16.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

2.2 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення

При аналізі діючого технологічного процесу ми зробили висновок про те, що він розроблений достатньо правильно. До нього важко висунути які-небудь особливі зауваження чи доповнення. Але достатньо суттєвий недолік полягає в тому, що технологічний процес розроблений під обладнання, яке вже було на підприємстві, а це значить, що можливо значно поліпшити його, підібравши більш ефективні верстати.

У базовому технологічному процесі використовується багато універсальних верстатів. Це потребує більш висококваліфікованих кадрів, більше часу на налагодження верстата, дає меншу точність обробки. Тому при проектуванні цього технологічного процесу буде за доцільне замінити більшу частину універсальних верстатів на верстати із ЧПК. З одного боку верстати із ЧПК дещо дорожчі, але вони потребують менш кваліфікованих кадрів, меншої кількості робітників-верстатників. До того ж один верстат з ЧПК може виконувати функції декількох універсальних верстатів.

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 2.3.

$$\varepsilon = \frac{T_3}{T_D} = \frac{T_3}{T} \cdot \frac{T_3}{T_2} \dots \frac{T_{i-1}}{T_i} \dots \frac{T_{n-1}}{T_D} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \dots \varepsilon_n = \prod_i^n \varepsilon_i \quad (2.3)$$

де ε – загальне значення;

ε_i – окремі ступені уточнення;

n – число ступенів обробки;

						КРБ.133ГМбд_31[2].16.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			18

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 $\epsilon < 6$; для проміжних ступенів напівчистої обробки $\epsilon = 3 \dots 4$; для ступенів чистої обробки $\epsilon = 1,5 \dots 2$.

Для найбільш спрямованого вибору числа ступенів обробки необхідно застосувати формулу

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

Пропонуємо наступні обробки поверхонь деталі (таблиця 2.2).

Таблиця 2.2 – Методи обробки поверхонь деталі

Позначення поверхонь	Квалітет точності	Допуск за кресленням	Шорсткість по поверхні,	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
Ø28 h7	7	0,021	2,5	1,3	16	61,9	1	Точіння чорн.	12	0,21	6,2	61,9
								Точіння н/ч	9	0,052	4,04	
								Точіння чист.	7	0,021	2,47	
							2	Точіння чорн.	12	0,21	6,2	
								Точіння н/ч	9	0,052	4,04	
								Шліфування	7	0,021	2,47	

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

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ø35 k6	6	0,016	2,5	1,6	16	100	1	Точіння чорн.	13	0,39	4,1	100
								Точіння н/ч	10	0,1	3,9	
								Точіння чист.	8	0,039	2,56	
								Точіння тонке	6	0,016	2,43	
Ø125 h9	9	0,1	6,3	2,5	16	25	1	Точіння чорн.	13	0,39	4,1	100
								Точіння н/ч	10	0,1	3,9	
								Точіння лист.	8	0,039	2,56	
								Шліфування	6	0,016	2,43	
8 p9	9	0,036	6,3	0,9	16	25	1	Точіння чорн.	12	0,4	6,25	25
								Точіння н/ч	9	0,1	4	
							2	Точіння чорн.	12	0,4	6,25	25
								Шліфування чорнове	9	0,1	4	
							1	Фрезерування чорнове	9	0,036	25	25
							2	Фрезерування чорнове	12	0,15	6	
	Фрезерування напівчистове	9	0,036	4,16								

Приклад, для обробки поверхні Ø35k6. Допуск за креслеником 0,016 мм, допуск заготовки – 2,0 мм. Загальне уточнення складає:

$$\epsilon = \frac{2,0}{0,016} = 125.$$

Орієнтовна кількість ступенів обробки:

						КРБ.133ГМбд_31[2].16.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			20

$$n_p = \frac{\lg 125}{0,46} \approx 4,6.$$

Отже, необхідно передбачити не менше 4 етапів обробки для даної поверхні.

Як видно із таблиці, для досягнення однієї і тієї ж кінцевої мети можливі кілька варіантів МОП. При цьому число переходів при обробці кожної поверхні в різних варіантах виявляється різним. Перевагу відаємо тому МОП, який забезпечує менше число переходів. При створенні технологічного процесу виготовлення деталі питання обробки кількох однотипних поверхонь будемо вирішувати спільно, що внесе певні корективи у раніше намічені варіанти обробки окремих поверхонь. Орієнтуючись на маршрут обробки деталі в цілому, для конкретних поверхонь приймаємо маршрути, що зменшують номенклатуру різального інструменту та обладнання. Таким чином, для всіх поверхонь обираємо 1 номер маршруту.

2.4 Розробка маршруту виготовлення деталі

Маршрут обробки деталі будемо 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 Заготівельна	Заготівельна	Штампувати заготовку на ГKM. Гісковка T4-C2-M1.

Продовження таблиці 2.3

1	2	3
010	Термічна	Нормалізувати заготовку при температурі 860...880°C.
015	Фрезерно-центрувальний напівавтомат МР-71	1. Фрезерувати торці у розмір 258 мм. 2. Центрувати.
020	Токарно-гвинторізний з ЧПК мод. 16К20Ф3	1. Точити поверхню шестерні на глибину 6 мм, витримуючи кут 96°. 2. Центрувати поверхню шестерні. 3. Точити зовнішню поверхню шестерні начорно до Ø126 мм і начисто у розмір Ø125h9 мм. 4. Точити зовнішню конічну поверхню шестерні у розмір 38h9 мм на довжину 26 мм.
025	Токарно-гвинторізний з ЧПК мод. 16К20Ф3.	1. Точити начорно: пов. Ø28h7 мм, Ø30 мм, М33 до Ø32,5 мм, пов. Ø35k6 мм, Ø34 мм; Ø35k6 мм до Ø35,7 мм та пов. Ø46 мм; Ø70 мм; Ø125h9 мм. 2. Точити напівчисто: пов. Ø28h7 мм до Ø28,5 мм і зняти фаску 1,6 × 45°, Ø30 мм і зняти фаску 1 × 45°, пов. М33 до Ø32,95 мм і зняти фаску 1 × 45°, пов. Ø35k6 мм до Ø35,22 мм і зняти фаску 1 × 45°; пов. Ø34 мм; пов. Ø35k6 мм до Ø35,22 мм і зняти 2 фаски 1,6 × 45°. 3. Точити начисто: пов. Ø28h7 мм та пов. Ø35k6 мм і Ø35k6 мм до Ø35,07 мм. 4. Точити точно пов. Ø35k6 мм. 5. Нарізати різьбу на пов. М33 × 1,5-Н.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.133ГМбд_31[2].16.00.00.000 ПЗ

Аркуш

22

Продовження таблиці 2.3

1	2	3
030 Фрезерна	Вертикально-фрезерний 6P80	1. Фрезерувати паз шпонковий 8P9 мм. 2. Фрезерувати паз 5 мм.
035 Зубонарізна	Зубоостругальний 5236П	Фрезерувати 24 зубів (m=5).
040 Слюсарна	Верстак слюсарний	Притупити гострі крайки та зняти заусениці.
045 Термічна	Установка СВЧ	Загартувати вказані поверхні цапф на глибину h 0,6...0,8 мм до твердості HRC 40.....47.
050 Мийна	Мийна машина MM-100	Промити деталь.
055 Контрольна	Стіл РТК	Контролювати згідно з креслеником.

2.5 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів

Як відомо, застосовуються два методи для визначення припусків на обробку: розрахунково-аналітичний та табличний [29, 40, 48]. Визначення припусків на механічну обробку розрахунково-аналітичним методом проводимо для однієї найбільш точної поверхні. У нашому випадку це розмір $\varnothing 35k6\left(\begin{smallmatrix} -0,018 \\ +0,02 \end{smallmatrix}\right)$ мм.

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

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

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, 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:

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

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 $\varnothing 35k6^{(+0,018/+0,02)}$ мм

Технол. перехід	Елемент припуску				Розрах. припуск $2Z_{\min}$, мкм	Розрах. розмір d_p , мм	Діаметр, мкм	Граничний розмір, мм		Граничний припуск, мм	
	R_z , мкм	T, мкм	ρ , мкм	ε , мкм				d_{\min}	d_{\max}	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Загот.	160	200	590,2	-	-	37,349	2000	37,37	39,37	-	-
Точіння чорн.	50	50	35,41	140	1933	35,416	250	35,43	35,68	1,94	3,69
Точіння н/ч	25	25	29,51	-	270,8	35,145	62	35,16	35,222	0,27	0,458
Точіння чистове	5	5	11,6	-	123,2	35,022	30	35,04	35,07	0,12	0,152
Точіння тонке	5	5	-	-	20	35,002	16	35,002	35,018	0,038	0,052

Проводимо перевірку правильності розрахунку:

										Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_31[2].16.00.00.000 ПЗ					24

$$2 \cdot z_{\max} - 2 \cdot z_{\min} = \delta_3 - \delta_d; \quad (2.7)$$

$$(3,69 + 0,458 + 0,152 + 0,052) - (1,94 + 0,27 + 0,12 + 0,038) = 2,0 - 0,016;$$

$$1,984 = 1,984.$$

Для наочності результати розрахунків зручно зобразити графічно (рисунок 2.1).

Рисунок 2.1 – Графічна схема розгашування припусків на обробку

ступені валу $\varnothing 35_{-0,02}^{+0,018}$ мм

					КРБ.133ГМбд_31[2].16.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

На решту поверхонь деталі 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	Ø28h7	Точіння чорнове	5,7	12	120
		Точіння напівчистове	4,5	9	40
		Точіння чистове	3,5	7	10
2	38h9	Точіння чорнове	2,2	12	120
		Точіння напівчистове	1	9	10

На таких функціональних поверхнях деталі припуск знімається за один прохід.

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1) Розробка конструкції затискного пристосування

Для операції механічної обробки деталі (030 фрезерна) розробляємо конструкцію затискного пристосування, керуючись рекомендаціями [12, 36, 38, 39].

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

Рисунок 3.1 – Пристосування затискне

					КРБ.133ГМбд_31[2].16.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Пристосування складається із наступних елементів: 1 – плита; 2 – корпус; 3 – призма; 4 – поршень; 5 – притискач; 6 – кришка; 7 – пружина; 8 – кронштейн; 9, 10, 11 – палець; 12 – шестерня; 13 – кільце; 14 – гвинт; 15 – болт; 16, 17 – гвинт; 18, 19 – кільце; 20 – шплінт; 21 – шпонка.

3.2 Розрахунок зусилля затиску

Враховуючи те, що в затискному пристосуванні застосовується пневматичний затиск заготовки, визначимо силу затиску заготовки. Деталь вал-шестерня базується циліндричною поверхнею на призму і затискається притискачами. Базування заготовки здійснюється зовнішньою циліндричною поверхнею, площиною і для закріплення заготовки силами P_1 та P_2 одночасно (рисунок 3.2) [7, 28, 12, 36, 38, 39].

Рисунок 3.2 – Розрахункова схема

При фрезеруванні шпонкового пазу, найсуттєвішою силою, котра впливатиме на заготовку буде сила подачі P_n . Відношення цієї сили до сили різання P_z становить 10:8.

Для надійної роботи пристосування повинна бути витримана наступна умова:

					КРБ.133ГМбд_31[2].16.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

$$F_{mp} \geq P_h, \quad (3.1)$$

де $F_{тр}$ – сила тертя, Н.

Так як даний пристосування затискає деталь по двох площинах перетину, то на одному перетині діє половинчасте значення цієї сили. Розраховуємо силу різання P_z при фрезеруванні шпонкового пазу.

Інструментом слугуватиме фреза шпонкова з матеріалу Р6М5. Глибина різання у даному випадку буде $t = 4$ мм, ширина фрезерування $B = 8$ мм, подача $S = 0,12$ мм/зуб.

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot B^u \cdot z}{D^w \cdot n^q} \cdot K_p, \quad (3.2)$$

де значення коефіцієнтів і показників ступеня:

$C_p=36,4$; $x=0,86$; $y=0,72$; $u=1,0$; $q=0,86$; $w=0$;

$t=2$ – глибина фрезерування, мм;

$S_z=0,022$ – подача на один зуб, мм/зуб;

$B = 8$ – ширина фрезерування, мм;

$z=4$ – число зубців фрези;

$D = 8$ – діаметр фрези, мм;

$n=180$ – частота обертання фрези, об/хв;

$K_{mp}=0,97$ – поправочний коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу.

Тоді

$$P_z = \frac{10 \cdot 36,4 \cdot 2^{0,86} \cdot 0,1^{0,72} \cdot 8^1 \cdot 4}{8^{0,86} \cdot 180^0} \cdot 0,97 = 653,98 \text{ (Н)}.$$

Звідки

$$P_h = 1,26 P_z. \quad (3.3)$$

						КРБ.133ГМбд_31[2].16.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			29

Підставивши значення отримаємо:

$$P_h = 1,25 \cdot 653,98 = 817,48 \text{ (Н)}.$$

Сила тертя буде дорівнювати половині значення, тобто $F_{тр} = 408,74 \text{ Н}$.

Визначимо силу затиску пристосування:

$$F_{mp} = 2 \cdot f \cdot Q, \quad (3.4)$$

звідки

$$Q = \frac{F_{mp}}{2 \cdot f}, \quad (3.5)$$

де Q – сила затискання заготовки;

f – коефіцієнти тертя ($f = 0,15$).

$$Q = \frac{408,74}{2 \cdot 0,15} = 1362,48 \text{ (Н)}.$$

3.3 Розрахунок параметрів силового приводу

За силою затиску, кількості місць її прикладання та типу затискного механізму розраховуємо його конструктивні параметри. Приймаємо пневмоциліндр однобічної дії.

Діаметр поршня виразимо за формулою:

$$W = \frac{\pi D^2 \cdot p \cdot \eta}{4}. \quad (3.6)$$

Звідки маємо, що

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot W}{\pi \cdot p \cdot \eta}}, \quad (3.7)$$

де W – зусилля, що створюється силовим приводом, Н;

p – тиск у пневмосистемі, МПа (приймаємо $p=0,8$ МПа);

η – ККД пневмоциліндра ($\eta=0,9$);

Зусилля силового приводу визначаємо за формулою:

$$W = \frac{Q}{2 \cdot i} + Q_1, \quad (3.8)$$

де Q – сила затискання заготовки;

i – передаточне відношення механізму затиску ($98/83=1,2$);

Q_1 – сила пружин повернення затискного пристрою у вихідне положення ($Q_1=125$ Н).

Тоді

$$W = \frac{1362,48}{2 \cdot 1,2} + 125 = 692,7 \text{ (Н)}$$

Визначаємо діаметр поршня:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 692,7}{\pi \cdot 0,8 \cdot 10^6 \cdot 0,9}} = 0,035 \text{ (м)}$$

Для остаточного прийняття діаметру пневмоциліндрів необхідно урахувати коефіцієнт запасу K , котрий являє собою добуток ряду коефіцієнтів:

$$K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5; \quad (3.9)$$

$K_1=1,2$ – коефіцієнт гарантованого запасу;

$K_2=1,2$ – коефіцієнт, який враховує затуплення P_1 ;

						КРБ.133ГМбд_31[2].16.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			31

$K_3=1,0$ – коефіцієнт, який враховує збільшення сил різання при перервному різанні;

$K_4=1,0$ – коефіцієнт, який враховує постійність сил затискання;

$K_5=1,0$ – коефіцієнт, який враховує ергономіку затискних пристосувань;

Підставивши значення одержимо:

$$K=1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0=1,44.$$

Тоді розрахунковий діаметр циліндра дорівнює:

$$D_p = 0,035 \cdot 1,44 = 0,05 \text{ (мм)}.$$

Враховавши конструкцію пристосування, остаточно приймаємо діаметр циліндра 50 мм.

3.4 Розрахунок слабкої ланки на міцність

Найслабшою ланкою затискного пристосування буде палець, що з'єднує притискач і шток циліндра. Таким чином, розрахуємо його на зріз знаючи діюче зусилля. При цьому використовуємо формулу:

$$\tau_3 = \frac{F}{\pi \cdot d^2 / 4} \leq [\tau_3]; \quad (3.10)$$

де $[\tau_3]$ – допустиме напруження на зріз. Виходячи з діаметра пальця та матеріалу з якого він зроблений приймаємо $[\tau_3] = 140$ МПа;

F - діюче зусилля; враховуючи, що даний палець несе навантаження в двох місцях діюче зусилля при зрізанні пальця буде в два рази меншим від зусилля на штоці, тобто $F = 1413$ Н (визначено із формули (3.7) для діаметра 50 мм);

									Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					32

d – діаметр пальця; d = 8 мм.

Підставимо значення в формулу і одержимо:

$$\tau_3 = \frac{1413}{\tau \cdot 0,008^2 / 4} = 28,1 \cdot 10^6 \text{ (МПа)} < 140 \text{ (МПа)}.$$

Як бачимо умова міцності виконується.

					КРБ.133ГМбд_31[2].16.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Для валу-шестерні, що виготовляється зі сталі 40Х (ДСТУ 7806:2015), способи отримання заготовки для порівняння наступні: виготовлення куванням та штампування на ГKM [1, 4, 5, 30, 34, 49].

Ціну кованки визначаємо:

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

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

$G_{\text{Д}}$ – маса деталі, кг, $G_{\text{Д}} = 5,29$ кг.;

$G_{\text{К}}$ – маса кованки, кг,

$$G_{\text{К (кув-я)}} = \frac{5,29}{0,6} = 8,82 \text{ (кг)};$$

$$G_{\text{К (штам-я)}} = \frac{5,29}{0,7} = 6,6 \text{ (кг)}.$$

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

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

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

Знаходимо для заготовки деталі:

- ступінь складності С2;

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

- група сталі М1;

- клас точності Г4

- група серійності 2.

Знаходимо значення коефіцієнтів:

$$K_{TK}=1,0; K_{СК}=1,24; K_{ВК}=1,1; K_{ПК}=1,27; K_{МК}=1,14;$$

$$K_{TK}=1,0; K_{СК}=1,43; K_{ВК}=1,04; K_{ПК}=1,27; K_{МК}=1,14.$$

Визначаємо оптову ціну однієї тони сталі 40Х – 85000 грн. за тону, оптову ціну відходів сталі 40Х – 10000 грн.

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

$$C_{В.Кув} = 0,001(85000 \cdot 8,82 \cdot 1,0 \cdot 1,24 \cdot 1,1 \cdot 1,27 \cdot 1,14 - (8,82 - 5,29) \cdot 10000) = 1445,2 \text{ грн.};$$

$$C_{ШТ} = 0,001(85000 \cdot 6,6 \cdot 1,0 \cdot 1,43 \cdot 1,04 \cdot 1,27 \cdot 1,14 - (6,6 - 5,29) \cdot 10000) = 1194,8 \text{ грн.}$$

Визначимо економічний ефект з урахуванням ринної програми випуску:

$$E = (1445 - 1194,8) \cdot 600 = 150120 \text{ (грн.)}$$

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

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

4.2 Розрахунок загального освітлення цеху

Загальне освітлення розраховується методом світлового потоку [2, 8, 10, 14-17, 19, 20, 22, 26, 27, 31, 33, 41-46, 50].

Необхідний світловий потік однієї лампи розраховується за формулою:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot k \cdot S \cdot z}{\eta \cdot N} \quad (4.2)$$

звідки визначимо необхідну кількість ламп:

$$N = \frac{E_n \cdot k \cdot S \cdot z}{\eta \cdot \Phi} \quad (4.3)$$

де $E_n = 400 \text{ лк}$ – значення нормативного освітлення цехів;

$k = 1,3$ – коефіцієнт запасу (для ламп ДРЛ);

$S = 1152 \text{ м}^2$ – площа приміщення (цеху), що освітлюється;

$z = 1,15$ – коефіцієнт номінального освітлення.

Коефіцієнт використання η знаходять, попередньо визначивши індекс приміщення i за формулою:

$$i = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)} \quad (4.4)$$

де a, b – довжина та ширина цеху відповідно 24 м і 48 м;

h – розрахункова висота;

$$h = H - h_1 \quad (4.5)$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

де $H=8$ м – висота від підлоги до ферми;

$h_1=1,2$ м – висота від підлоги до робочого місця.

Тоді маємо, що

$$h = 8 - 1,2 = 6,8 \text{ м.}$$

Індекс приміщення:

$$i = \frac{24 \cdot 48}{6,8 \cdot (24 + 48)} = 2,35.$$

За довідником знаходимо коефіцієнт використання $\eta = 0,68$.

Світловий потік ламп ДРЛ-400 становить $\Phi = 19000$ лк.

Знаходимо необхідну кількість ламп, виведивши формулу (4.3):

$$N = \frac{400 \cdot 1,3 \cdot 1152 \cdot 1,15}{0,68 \cdot 19000} = 54 \text{ шт.}$$

Приймаємо для освітлення цеху 27 світильників по 2 лампи ДРЛ-400, які розташовуємо по сітці на всій території цеху.

4.3 Екологічні аспекти штампування сталевих валів

Екологічні аспекти штампування сталевих валів охоплюють декілька ключових напрямів, пов'язаних із впливом цього виробничого процесу на довкілля. Розглянемо основні екологічні аспекти, які слід враховувати.

1. Енергоспоживання. Штампування – це енергоємний процес, особливо при гарячому штампуванні, що вимагає нагрівання заготовок до високих температур. Високе енергоспоживання веде до збільшення викидів CO_2 , особливо, якщо

					КРБ.133ГМбд_31[2].16.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

використовується енергія від невідновлюваних джерел. Пропонується використання енергонефективного обладнання, рекуперація тепла, перехід на зелену енергію.

2. Викиди у повітря. Процес нагрівання сталі та роботи обладнання може супроводжуватися викидами шкідливих речовин (наприклад, оксидів азоту, вуглецю, пилу). Це призводить до забруднення повітря, шкоди здоров'ю працівників та довкілля. Для мінімізації необхідна установка фільтрів, систем витяжки та очищення повітря, закриті комплекси штампування.

3. Відходи виробництва. При штампуванні утворюються металеві відходи: облой, обрізки та невдалі вироби. Це призводить до неефективного використання сировини, утворення твердих відходів. Необхідне повторне використання відходів, замкнуті цикли переробки металу, оптимізація технології мінімізації облою.

4. Шумове забруднення. Процес супроводжується значним рівнем шуму, особливо під час роботи механічних пресів. Це має значний вплив на здоров'я працівників та довкілля. Для мінімізації потрібна шумоізоляція, огороження, використання гідравлічних або сервопресів.

5. Використання мастильних матеріалів. Для полегшення процесу штампування застосовуються оливи та мастила. У результаті цього виникає можливість забруднення ґрунту та води при неправильній утилізації або витоках. Необхідне використання екологічно безпечних мастил, організація систем збирання та очищення.

6. Водоспоживання та стічні води. У деяких технологіях використовується вода у якості охолоджувача. Це може призвести до забруднення стічних вод, ризиків витоку. Необхідні замкнуті системи водообігу, фільтрація та очищення стічних вод.

7. Вуглецевий слід та кліматичний вплив. Виробництво сталі та її подальша обробка, включаючи штампування, роблять внесок у зміну клімату. Необхідне впровадження низьковуглецевих технологій, використання вторинної сталі, перехід до екологічно орієнтованого виробництва.

Отже, штампування сталевих валів, незважаючи на свою ефективність і широке поширення у машинобудуванні, помітно впливає на навколишнє середовище.

										Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_31[2].16.00.00.000 ПЗ					38

Основні екологічні проблеми пов'язані з високим енергоспоживанням, викидами шкідливих речовин, утворенням відходів та шумом. Однак завдяки сучасним технологіям та екологічно орієнтованому підходу негативний вплив можна суттєво скоротити.

Застосування енергоефективного обладнання, замкнутих циклів переробки, фільтрації викидів та стічних вод, а також екологічних мастильних матеріалів дозволяє зробити процес більш стійким та безпечним для навколишнього середовища. Перехід на екологічно чисте виробництво – не лише вимога часу, а й шлях до підвищення конкурентоспроможності та соціальної відповідальності підприємств.

					КРБ.133ГМбд_31[2].16.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

ВИСНОВКИ

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

1. Визначено службове призначення редуктора конічного одноступінчастого. Проведено аналіз деталі, що є складовою частиною, а саме валу-шестерні. 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. Розроблено маршрут обробки поверхонь валу-шестерні. Здійснено визначення припусків на обробку та операційних розмірів поверхні $\varnothing 35k6$ мм розрахунково-аналітичним методом, на решту поверхонь було використано табличний спосіб визначення припусків.

3. Запропоновано конструкцію затискного пристосування, що може бути використано під час фрезерування деталі. Визначено зусилля затиску, параметри двигуна приводу. Проведено розрахунок слабкої ланки на міцність.

4. Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки. Річний економічний ефект під час порівняння між двома заготівельними технологіями для програми випуску 600 шт. склав 150120 грн. Окрім того, запропоновано розрахунок загального освітлення приміщення цеху. Приділено увагу екологічним аспектам заготівельного виробництва.

5. У графічній частині роботи наведено складальний креслення редуктора одноступінчастого, креслення валу-шестерні, креслення заготовки валу-шестерні, складальний креслення затискного пристосування для фрезерування шпонкового пазу.

					КРБ.133ГМбд_31[2].16.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

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

									Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					41

КРБ.133ГМбд_31[2].16.00.00.000 ПЗ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

										Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						42

КРБ.133ГМбд_31[2].16.00.00.000 ПЗ

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. 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.

										Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						43

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

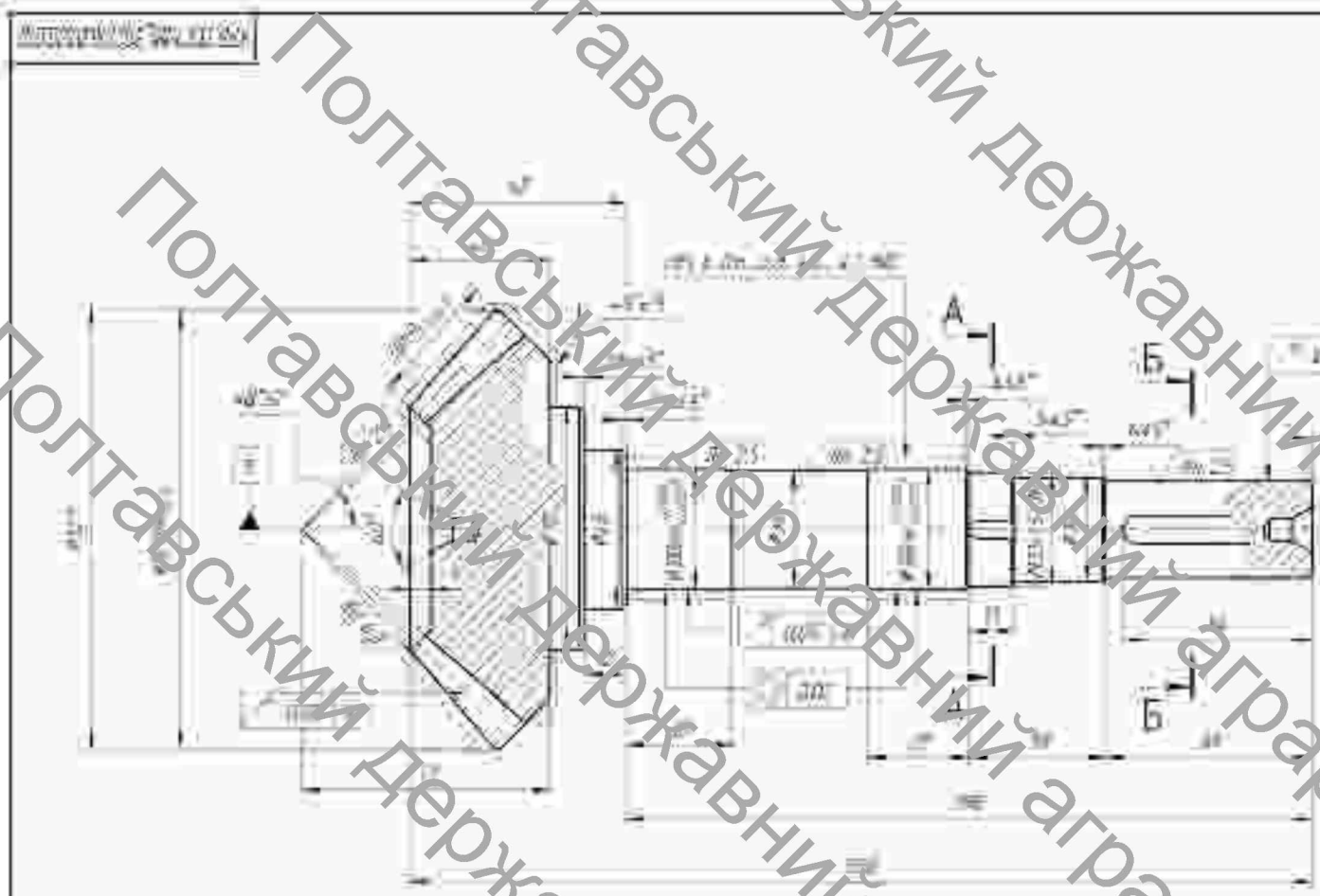
49. Шваб Л.І. Економіка підприємства: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Київ: Каравела, 2005. 568 с.

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

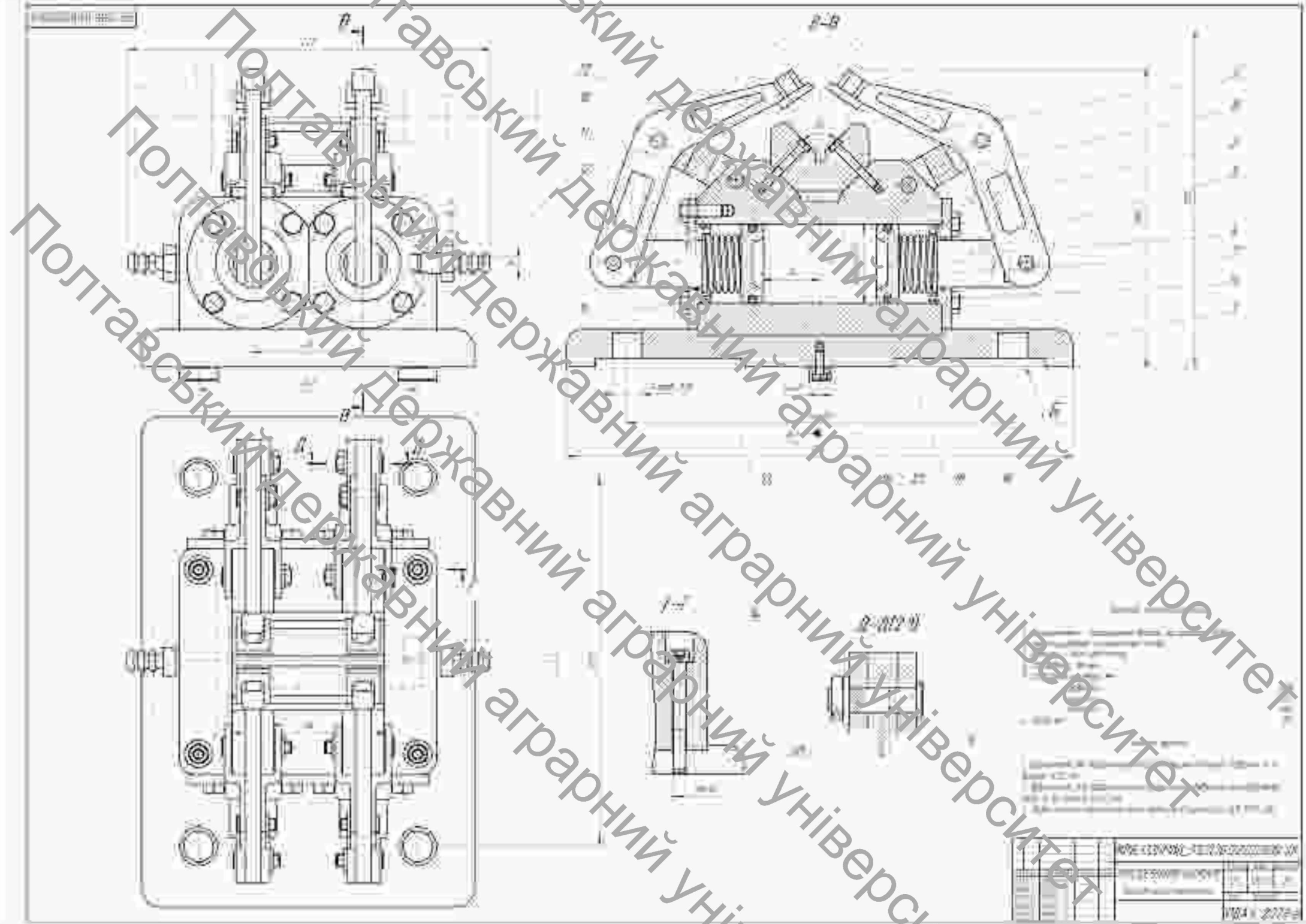
					КРБ.133ГМбд_31[2].16.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

№ 10.12.5 (1/1)

№ п/п	Наименование	Единица измерения	Количество
1	Сталь листовая	кг	1200
2	Сталь трубная	кг	1500
3	Сталь конструкционная	кг	1800
4	Сталь углеродистая	кг	2000
5	Сталь легированная	кг	2500
6	Сталь высокоуглеродистая	кг	3000
7	Сталь быстрорежущая	кг	3500
8	Сталь жаропрочная	кг	4000
9	Сталь нержавеющая	кг	4500
10	Сталь высокопрочная	кг	5000



№ п/п	Наименование	Единица измерения	Количество
1	Сталь листовая	кг	1200
2	Сталь трубная	кг	1500
3	Сталь конструкционная	кг	1800
4	Сталь углеродистая	кг	2000
5	Сталь легированная	кг	2500
6	Сталь высокоуглеродистая	кг	3000
7	Сталь быстрорежущая	кг	3500
8	Сталь жаропрочная	кг	4000
9	Сталь нержавеющая	кг	4500
10	Сталь высокопрочная	кг	5000



Полтавський державний аграрний університет

Полтавський державний аграрний університет	
Факультет інженерно-технічний	
Кафедра механіки	
Дисципліна: Механізмів	
Тема: Конструювання механізмів	
Викладач: [Name]	
Студент: [Name]	
Дата: [Date]	
Місце: [Location]	
Мітка: [Grade]	
Підпис: [Signature]	
[Date]	