

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: «Технологічні особливості виготовлення валу насоса масляного
в автоматизованому виробництві»

КРБ.133ГМбд_31[2].26.00.00.000 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]
ЧЕРНИШЕНКО Віталій

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

ЧЕРНИШЕНКО Віталій

1 Тема роботи: «*Технологічні особливості виготовлення валу насоса
маляного в автоматизованому виробництві*»,

керівник роботи **канд. техн. наук, доцент ПОПОВ Станіслав,**
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 (насос): *тип насосу – шестеренчастий;
продуктивність, л/хв., 82; тиск робочий, МПа, 0,5...0,6; частота обертання,
об/хв., 1400; габаритні розміри L×B×H, мм, 374×380×410; маса, кг, 46; річна
програма випуску, шт., 1500.*

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; кресленники деталей вузла; кресленник заготовки;
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 _____ Віталій ЧЕРНИШЕНКО
(підпис)

Керівник роботи _____ Станіслав ПОПОВ
(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 4 розділи, 4 рисунки, 9 таблиць, 50 використаних джерел, 41 сторінка.

Об'єкт розробки – насос масляний.

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

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 виготовлення 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 деталей. Запропоновано маршрути обробки поверхонь валу. Визначено припуски та операційні розміри на обробку розрахунково-аналітичним методом.

У **конструкторському розділі** було запропоновано конструкцію затискного пристосування для верстатної обробки валу, 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 освітлення виробничого цеху, а також зазначено особливості впливу машинобудівного виробництва на довкілля.

Практичні результати роботи – розроблено складальний кресленик насоса масляного (продуктивність, л/хв., 82; швидк. робочий, МПа, 0,5...0,6; частота обертання, об/хв., 1400; габаритні розміри L×B×H, мм, 374×380×410; маса, кг, 46; річна програма випуску, шт., 1500), кресленик валу, кресленик корпусу, кресленик заготовки, складальний кресленик затискного пристосування.

Рекомендації щодо використання результатів роботи вал входить до складу насоса масляного циркуляційного нагнітального шестеренчастого, що використовується в системах мащення дизельних двигунів.

Сфера застосування результатів роботи – галузеве машинобудування.

Графічна частина становить 3 арк. ф. А1, 1 арк. ф. А3.

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

АНОТАЦІЯ

У кваліфікаційній роботі бакалавра розглядається конструкція насоса масляного шестеренчастого циркуляційного. Представлено службове призначення вузла. Здійснено аналіз параметрів точності деталей. Охарактеризовано конструкційний матеріал для виготовлення. Визначено тип виробництва. Проведено аналіз на виготовлення на технологічність. Проаналізовано діючий процес виготовлення. Розроблено маршрут обробки поверхонь деталі. 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 освітлення машинобудівного цеху. Зазначено вплив виробництва на довкілля.

НАСОС, ВАЛ, КОРПУС, АНАЛІЗ ТОЧНОСТІ, МАРШРУТ ОБРОБКИ, ПРИПУСК, ПРИСТОСУВАННЯ ЗАТИСКНЕ, ЗАГОТОВКА, ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ, ОСВІТЛЕННЯ, ЕКОЛОГІЯ

ANNOTATION

The bachelor's qualification work examines the design of a gear type oil circulation pump. The functional purpose of the unit is presented. An analysis of the accuracy parameters of the parts is carried out. The structural material for manufacturing is characterized. The type of production is determined. Manufacturability analysis is performed. The existing manufacturing process is analyzed. A machining route for the part surfaces is developed. Machining allowances and operational dimensions are determined. The design of a clamping fixture is developed, with attention also given to calculations of clamping force, power drive parameters, and the strength of the weakest link. The economic efficiency of blank production is calculated. Lighting calculations for a mechanical engineering workshop are provided. The environmental impact of production is indicated.

PUMP, SHAFT, HOUSING, ACCURACY ANALYSIS, MACHINING ROUTE, ALLOWANCE, CLAMPING FIXTURE, BLANK, ECONOMIC EFFICIENCY, LIGHTING, ECOLOGY

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ	8
1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис	8
1.2 Аналіз параметрів точності	10
1.3 Характеристика матеріалу деталі, замінник	13
1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску	15
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ	16
2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі	16
2.2 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення	19
2.3 Обробка поверхонь	21
2.4 Розробка маршруту виготовлення деталі	23
2.5 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів	24
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	33
НАВКОЛИДНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	33
4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва зготовки деталі	33
4.2 Розрахунок загального освітлення	35
4.3 Екологічні аспекти виробництва валу	36
ВИСНОВКИ	41
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	42

						КРБ.1334 Мбд_31[2].26.00.00_000 ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Зміст			Літера	Аркуш	Аркушів
Виконав	Чернищенко В.О.							н	5	41
Перевірив	Попов С.В.							ПДАУ, 2026 р.		
Керівник	Попов С.В.									
Н. контр.	Попов С.В.									
Затверд.	Попов С.В.									

ВСТУП

Сільськогосподарське виробництво на сучасному етапі розвитку характеризується широким впровадженням високопродуктивної техніки, автоматизованих та механізованих технологічних процесів. Ефективність функціонування аграрного сектору значною мірою залежить від технічного стану машин і обладнання, їх надійності, довговічності та економічності. У зв'язку з цим особливого значення набуває вдосконалення конструкцій вузлів і агрегатів, що забезпечують безперебійну роботу техніки в складних умовах експлуатації.

Одним із ключових факторів, що визначають ресурс і надійність машин, є ефективна робота систем мащення. У процесі експлуатації машин виникають значні навантаження, підвищені температури та інтенсивні процеси тертя. Вони призводять до зношування деталей і зниження їх працездатності. Для мінімізації цих негативних явищ застосовуються мастильні матеріали, що подаються до вузлів тертя під тиском або шляхом розбризкування. Центральним елементом таких систем є масляний насос, який забезпечує безперервну циркуляцію мастила та підтримання необхідного тиску в системі.

Масляні насоси широко використовуються в двигунах внутрішнього згорання, коробках передач, гідравлічних системах та інших агрегатах сільськогосподарських машин. Від їх конструктивних особливостей, точності виготовлення та умов експлуатації залежить ефективність мащення, рівень втрат енергії, а також загальна надійність техніки. Недостатня подача мастила або нестабільний тиск можуть призвести до аварійних ситуацій, передчасного зносу деталей і значних економічних втрат.

Особливості експлуатації сільськогосподарської техніки – це змінні режими навантаження, запиленість, вплив температурних коливань та вібрацій. Усі вони висувають підвищені вимоги до конструкції масляних насосів, що повинні забезпечувати стабільну роботу в широкому діапазоні режимів, мати високий

						КРБ.133ГМбд_31[2].26.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			6

коефіцієнт корисної дії, бути технологічними у виготовленні та зручними в обслуговуванні.

Актуальність теми роботи зумовлена необхідністю підвищення ефективності та надійності машин і обладнання сільськогосподарського виробництва за рахунок удосконалення технологій виготовлення деталей масляних насосів, оптимізації їх робочих параметрів і технологічних характеристик. Важливим напрямом є також зниження енергетичних витрат на привід насосів та підвищення ресурсу їх роботи [32].

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

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

- проаналізувати службове призначення вузла, здійснити аналіз точності, охарактеризувати конструкційний матеріал, що застосовуються для виготовлення деталей, а також визначити тип виробництва на підставі річної програми запуску виробу;
- здійснити відпрацювання на технологічність вузла та деталей, запропонувати маршрут обробки поверхонь валу, а також визначити припуски та операційні розміри розрахунково-аналітичним способом;
- сконструювати затискне 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].26.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			7

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис

На рзгляд виноситься насос масляний циркуляційний нагнітальний шестеренчастий (див. графічну частину, таблиця 1.1).

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика насосу масляного

Назва параметра	Величина
Тип насосу	шестеренчастий
Продуктивність, л/хв.	82
Тиск робочий, МПа	0,5...0,6
Частота обертання, об/хв	1400
Габаритні розміри, мм	374×380×410
Маса, кг	46

Як відомо, шестеренчастий масляний насос належить до об'ємних насосів і широко застосовується в системах мащення дизельних двигунів завдяки простоті конструкції, надійності та здатності створювати необхідний тиск мастила. Конструктивно насос складається з корпусу, двох зачеплених між собою шестерень (ведучої та веденої), валу приводу, кришки, а також ущільнювальних і допоміжних елементів. Ведуча шестерня отримує обертання від колінчастого валу двигуна, а ведена – обертається за рахунок зачеплення. Принцип роботи насосу базується на зміні об'єму робочих порожнин між зубцями шестерень та стінками корпусу. Під час обертання шестерень у зоні всмоктування відбувається розходження зубців, унаслідок чого об'єм між ними збільшується. Це призводить до зниження тиску (створення розрідження), завдяки чому мастило із картера двигуна надходить у насос через всмоктувальний канал. Далі мастило захоплюється загинами між

					КРБ.133ГМбд_31[2].26.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

зубцями шестерень і транспортується вздовж внутрішніх стінок корпусу від зони всмоктування до зони нагнітання. Важливо, що перенесення мастила відбувається по периферії, а не через центральну частину, де зубці перебувають у зачепленні. У зоні нагнітання зубці шестерень входять у зачеплення, що призводить до зменшення об'єму між ними. Унаслідок цього мастило витісняється з міжзубцевого простору під тиском у нагнітальний канал і далі подається в систему мащення двигуна.

Таким чином, насос забезпечує безперервну циркуляцію мастила: забір із картера, подачу під тиском до вузлів тертя та повернення мастила після виконання ним своїх функцій.

Для запобігання надмірному підвищенню тиску в системі в конструкції передбачають редуційний клапан, який автоматично відкривається при перевищенні допустимого тиску і частину мастила перепускає назад у картер або на вхід насоса.

Ефективність роботи шестеренчастого насоса значною мірою залежить від точності виготовлення деталей, величини зазорів між шестернями та корпусом, в'язкості мастила і частоти обертання. Зі збільшенням зростає затори зростають, що призводить до зменшення подачі та тиску.

Привід насоса, винесеного на розгляд (див. графічну частину), здійснюється від редуктора на шестерню 4, а шестерня 2 з'єднується з тахогенератором, на якому показується диск масла. Система змащення закрита, масло після насоса поступає в фільтр масляний. Ресурс вузла зв'язаний з ресурсом дизеля. подача мастила здійснюється через фланець з нагнітаючою трубкою, котрий насаджується на шпильки 65 і фіксується гайками 48. За допомогою обертання гаю 12 шестерні зубцями захоплюють масло із всмоктувальної частини, подають його до нагнітальної, а потім до вихідної, де кріпиться фланець з нагнітаючою трубкою. При підвищенні тиску масла в нагнітальній частині вище 0,6 МПа відкривається редуційний клапан 5 і масло частково перепускається з нагнітаючої частини до всмоктувальної.

						КРБ.133ГМбд_31[2].26.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			9

Даний масляний насос складається з таких деталей: шестерні, клапан, вали, фланець, пружина, гвинти, прокладки, втулки, кришки передня та задня, корпус. На деталі не розроблення вноситься вал і частково корпус (див. графічну частину).

Вал призначений для здійснення обертового руху закріпленої на ньому шестерні, ще бере участь у нагнітанні масла. Він виготовлений зі сталі 40Х.

Корпус є основною одиницею, до якої кріпляться всі інші деталі. Саме у його порожнині відбувається нагнітання масла. До нього також кріпляться фланці. Матеріалом є сірий чавун марки СЧ 20.

1.2 Аналіз параметрів точності

При проведенні аналізу параметрів точності деталі заповнюємо таблицю 1.2, 1.3 (рисунок 1.1, 1.2). У таблиці наводимо основні дані про точність виготовлення та якість обробки деталі [3, 9, 11, 13, 18, 21, 25, 29, 40, 47, 48].

Рисунок 1.1 – Аналіз параметрів точності валу

					КРБ.133ГМбд_31[2].26.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Рисунок 1.2 – Аналіз параметрів точності корпусу

Таблиця 1.2 – Аналіз основних параметрів точності валу

Номер поверхні деталі	Назва поверхні	Розміри з відхиленнями	Квалітет точності	Точність форми	Точність відносного положення	Шорсткість, R_a
1	2	3	4	5	6	7
1,2	торець	$305 \pm 0,1$	$\pm IT14/2$	–	–	6,3
3	циліндрична	$\varnothing 40$	d8		$\varnothing 0,01$ Г	1,25
4	циліндрична	$\varnothing 25 \pm 0,23$	d10	–	–	2,5
5,6	фаска	2×45	d8	–	–	1,25
7	фаска	$1,5 \times 45$	d8	–	–	1,25
8,9	проточка	$\varnothing 39$	h12	–	–	2,5

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4	5	6	7
10	циліндрична	Ø18	h10	–	–	3,2
11,12	фаска	1×45	h12	–	–	2,5
13	циліндрична	Ø15	h12	–	–	2,5
14	циліндрична	Ø3	h12	–	–	6,3
15	різьба	M18	h9	–	–	6,3
16	паз шпонковий	36	h9	–	/// 0,02 Г	2,5
17	паз шпонковий	21	h9	–	/// 0,02 Г	2,5

Таблиця 1.3 – Аналіз основних параметрів точності корпусу

Номер поверхні деталі	Назва поверхні	Розміри з відхиленнями	Квалітет точності	Точність форми	Точність відносного положення	Шорсткість, R _a
1	2	3	4	5	6	7
1,10	плоска	145 ^{+0.052} _{-.0.02}	H9	–	–	0,8
2,11	плоска	220±0,5	H9	–	–	0,8
3,12	плоска	84±0,4	H10	–	–	3,2
4	циліндрична	Ø104±1,6	H10	–	–	0,8
5	циліндрична	Ø104±1,6	H10	–	–	0,8
6	циліндрична	Ø14±0,2	H12	–	–	3,2
7	циліндрична	Ø10,1±0,1	H12	–	–	3,2
8	фаска	1*45	H12	–	–	3,2
9	різьба	M12*1,5	H7	–	–	3,2

Проаналізувавши точність параметрів деталей, можна зробити висновок – вимоги до точності розмірів і шорсткості не завищені, що без будь-яких ускладнень досягається в умовах машинобудівного підприємства:

- максимальний квалітет точності для валу 8-ий, а мінімальна шорсткість $R_a=1,25$ мкм;
- максимальний квалітет точності для корпусу 7-ий, а мінімальна шорсткість $R_a=0,8$ мкм.

1.3 Характеристика матеріалу деталі, замінник

Матеріалом валу є сталь 40Х за ДСТУ 7806-2015, а корпусу – сірий чавун СЧ 20 за ДСТУ 8833:2019 [24, 37]. Хімічний склад і механічні властивості матеріалу, а також можливі варіанти її заміни наведені в таблицях 1.4, 1.5.

Сталь 40Х широко застосовується у машинобудуванні для деталей, що працюють в умовах змінних і динамічних навантажень. Даний матеріал характеризується високою міцністю, достатньою в'язкістю та зносостійкістю після проведення термічної обробки (гартування та відпуску). Завдяки вмісту хрому сталь 40Х має підвищену прогартуваність. Це забезпечує отримання однорідної структури по всьому перерізу деталі та стабільні механічні властивості. Це особливо важливо для валів, що передають крутний момент і одночасно піддаються дії контактних напружень у зонах взаємодії з підшипниками та ущільненнями. Крім того, сталь добре піддається механічній обробці різанням у нормалізованому стані та забезпечує високу точність і якість поверхні після обробки, що є необхідним для забезпечення надійної роботи вузла.

Сірий чавун марки СЧ 20 є одним із найбільш поширених матеріалів для литих корпусних деталей. Його застосування обумовлене поєднанням добрих ливарних властивостей, достатньої міцності та високої здатності до гасіння вібрацій. Наявність пластинчастого графіту в структурі сірого чавуну забезпечує зниження чутливості до концентрації напружень, що позитивно впливає на експлуатаційну

					КРБ.133ГМбд_31[2].26.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

надійність корпусу. СЧ 20 добре обробляється різанням, що дозволяє отримувати необхідну точність посадкових поверхонь і каналів для руху мастила. Крім того, цей матеріал має достатню зносостійкість і корозійну стійкість у середовищі мастильних матеріалів, що є важливим для тривалої експлуатації насосу. Використання сірого чавуну також є економічно доцільним завдяки відносно низькій вартості та можливості отримання складних за формою виливків без значних додаткових витрат на механічну обробку.

Таблиця 1.4 – Хімічний склад та механічні властивості валу

Марка матеріалу	Хімічний склад, %	Механічні властивості
Сталь 40X	0,4 C, 0,65 Mn, 0,8-1,1Cr	$\sigma_B=1000$ МПа, HB 1870 $\delta=10\%$, $\sigma_{0,2}=800$ МПа, $\psi=45\%$, KCU=0,60МДж/м ²
Сталь 40	0,37...0,45 C, 0,17...0,37 Si, 0,5...0,8 Mn	$\sigma_B=1580$ МПа, HB 1870 $\delta=19\%$ $\sigma_{0,1}=400-600$ МПа,

Таблиця 1.5 – Хімічний склад та механічні властивості корпусу

Марка матеріалу	Хімічний склад, %	Механічні властивості
СЧ 20	3,3...3,5 C, 1,4...2,2 Si, 0,7...1,0 Mn, 0,2 P, 0,15S	$\sigma_B=196$ МПа, HB 170...241
СЧ 18	3,4...3,6 C, 1,9...2,3 Si, 0,5...0,7 Mn, 0,2 P, 0,15S	$\sigma_B=196$ МПа, HB170...241

Остаточню залишаємо початковий матеріал, призначений конструктором.

1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску

Маркетингове дослідження показало попит ринку в деталях насоса масляного циркуляційного у кількості 1500 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.

$$N_{зан} = (1500 + 0,04 \cdot 1500) \cdot (1 + 0,025) = 1600 \text{ (шт.)}.$$

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

					КРБ.133ГМбд_31[2].26.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

Аналіз конструкції вузлів і деталей на технологічність є одним із ключових етапів проектування та підготовки виробництва машинобудівної продукції. Його основна мета полягає у забезпеченні раціонального поєднання конструктивних рішень із можливостями сучасних технологічних процесів виготовлення, складання та контролю якості. Від рівня технологічності безпосередньо залежать трудомісткість виготовлення, собівартість виробу, витрати матеріалів, а також стабільність якості та надійність роботи машини в експлуатації.

Під технологічністю конструкції розуміють сукупність властивостей виробу, які визначають його придатність до виготовлення з мінімальними витратами праці, часу і ресурсів за умови забезпечення необхідних експлуатаційних характеристик. При цьому важливим є не лише вибір раціональної форми та розмірів деталей, але й обґрунтування матеріалів, допусків, шорсткості поверхонь, способів отримання заготовок і методів обробки.

Особливого значення аналіз на технологічність набуває для вузлів, що працюють в умовах підвищених навантажень і відповідальних режимів експлуатації, зокрема таких, як масляні насоси. У цьому випадку конструкція повинна забезпечувати не лише функціональність, але й зручність виготовлення, складання, обслуговування та ремонту. Раціональна конструкція дозволяє зменшити кількість складних технологічних операцій, підвищити рівень уніфікації та стандартизації елементів, а також забезпечити взаємозамінність деталей.

У процесі аналізу технологічності розглядаються такі аспекти, як відповідність конструкції обраному типу виробництва, можливість застосування прогресивних методів обробки, доцільність використання стандартного інструменту та оснащення, а також умови складання та контролю. Важливо також враховувати можливість механізації та автоматизації виробничих процесів.

						КРБ.133ГМбд_31[2].26.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			16

Таким чином, проведення аналізу на технологічність є необхідною умовою створення конкурентоспроможної техніки, що відповідає сучасним вимогам ефективності, надійності та економічності, а також забезпечує оптимальні умови її виготовлення і подальшої експлуатації [23].

Конструкція масляного насоса дизеля є не досить складною, незважаючи на велику кількість складальних одиниць. У даному виробі застосовується велика кількість стандартних виробів (болти, гайки, шайби), але основна маса деталей виготовлена безпосередньо для даного насоса. Конструкція дозволяє проводити складання без особливих зусиль, деякі підвузли потрібно складати поза корпусом. Точність деталей практично виключає підгінні операції. При проведенні поточних технічних оглядів та ремонтів насос легко розбирається та збирається.

Точність виконання основних функціональних поверхонь забезпечує нормальне функціонування вузла.

Базові поверхні складальних одиниць, якими вони будуть установлюватися у вузол, оброблені достатньо точно, з точки зору точності та визначеності базування. Регулювання та контроль роботи проводиться без розбирання. Складові частини мають таку конструкцію, що забезпечує задану точність розгалування їх у вузлі.

Змащування здійснюється разом при виконанні свого функціонального призначення.

Загалом конструкцію масляного насоса можна вважати технологічною і придатною для виготовлення та експлуатації відповідно до технічних вимог.

Конструкція валу масляного насоса загалом відповідає вимогам технологічності для умов середньосерійного виробництва. Деталь має переважно циліндричну ступінчасту форму, що є раціональною з точки зору механічної обробки, оскільки основні поверхні можуть бути отримані на токарних верстатах за мінімальну кількість установок. Наявність співвісних шийок із нормованими посадками типу h7 свідчить про забезпечення взаємозамінності та можливість використання стандартного вимірювального інструменту. Воднітис довжина валу

									КРБ.133ГМбд_31[2].26.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						17

та співвідношення його діаметрів створюють сприятливі умови для обробки без значних деформацій, що важливо для забезпечення точності.

Разом з тим у конструкції передбачені окремі елементи, що дещо ускладнюють технологічний процес. Зокрема, наявність шпонкових пазів і поперечних отворів потребує додаткових фрезерних та свердлильних операцій із повторним базуванням деталі. Різьбова ділянка на кінці валу також вимагає окремої операції нарізання різьби, однак її виконання є типовим і добре освоєним у виробництві. Концентрація переходів діаметрів із малими радіусами може спричинити підвищені напруження та ускладнювати обробку, тому доцільним є застосування стандартних радіусів заокруглення, що вже частково реалізовано в конструкції.

З точки зору отримання заготовки, вал є технологічним для виготовлення із прокату (круглої сталі). Це економічно доцільно для середньосерійного виробництва. Подальша механічна обробка може бути організована із застосуванням універсальних та спеціалізованих верстатів, а також частковою автоматизацією. Конструкція забезпечує можливість ефективного базування, що знижує похибки обробки та підвищує продуктивність. У цілому вал можна вважати технологічним, хоча окремі конструктивні елементи дещо підвищують трудомісткість виготовлення.

Корпус насоса, як деталь литва складної форми, також загалом відповідає вимогам технологічності для середньосерійного виробництва. Його конструкція передбачає наявність плавних переходів, радіусів заокруглення та відсутність різких змін перерізів, що є позитивним з точки зору ливарного виробництва і сприяє зменшенню внутрішніх напружень та дефектів литва. Використання симетричних елементів і повторюваних отворів забезпечує уніфікацію та спрощує виготовлення оснащення.

Водночас корпус має досить складну конфігурацію внутрішніх порожнин, що потребує застосування стрижнів при литві, а це ускладнює технологію виготовлення заготовки та підвищує вимоги до точності ливарних форм. Значна кількість оброблюваних поверхонь, зокрема площин під кришки, посадкових отворів та

									Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_31[2].26.00.00.000 ПЗ				18

різьбових отворів, зумовлює необхідність виконання ряду механічних операцій після литва. При цьому забезпечення взаємного розташування отворів і площин вимагає точного базування, що може потребувати використання спеціальних пристроїв.

Слід відзначити, що більшість отворів у корпусі є стандартними, зокрема різьбові отвори типу М12. Це позитивно впливає на технологічність, оскільки дозволяє використовувати стандартний інструмент. Обробка площин і отворів може бути ефективно реалізована на фрезерних і свердлильних верстатах, у тому числі з використанням багатоінструментальних наладок, що є характерним для середньосерійного виробництва.

Загалом конструкція корпусу є достатньо технологічною, хоча складність форми та наявність внутрішніх порожнин дещо підвищують трудомісткість виготовлення. При цьому вибір литва як способу отримання заготовки є обґрунтованим і забезпечує можливість отримання деталі складної форми з мінімальними витратами матеріалу.

Таким чином, обидві деталі (вал і корпус) у цілому відповідають вимогам технологічності для середньосерійного виробництва. Вал характеризується простотою форми та зручністю механічної обробки, тоді як корпус – раціональністю литої конструкції, хоча й потребує більш складної технології виготовлення.

2.2 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення

Аналіз базових технологічних процесів виготовлення валу і корпусу масляного насосу в умовах дрібносерійного виробництва (базове виробництво) свідчить, що організація технології повинна бути гнучкою, універсальною та економічно доцільною при відносно невеликих обсягах випуску.

Виготовлення валу доцільно здійснювати із заготовки у вигляді круглого прокату зі сталі 40Х. У дрібносерійному виробництві вибір саме прокату є обґрунтованим, оскільки він не потребує виготовлення спеціальної оснастки, як у

						КРБ.133ГМбд_31[2].26.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			19

випадку штампування, і дозволяє швидко організувати виробництво. Технологічний процес передбачає виконання основних операцій на універсальних токарних верстатах, де здійснюється чорнова та чистова обробка ступінчастих поверхонь із формуванням посадкових шийок. Для забезпечення необхідної точності застосовується багатостановлювальна обробка із використанням центрів або патронів.

Після токарної обробки виконуються додаткові операції, зокрема фрезерування шпорових пазів та свердління поперечних створів. Ці операції виконуються на універсальних фрезерних і свердлильних верстатах із застосуванням стандартних пристроїв, що характерно для дрібносерійного виробництва. Нарізання різьби на кінці валу здійснюється різьбонарізним інструментом або на токарному верстаті. З метою підвищення жорсткості та міцності деталі після механічної обробки проводиться термічна обробка (гартування та відпускання), після якої можливе додаткове шліфування посадкових поверхонь для досягнення необхідної точності та шорсткості. Загалом технологічний процес виготовлення валу є послідовним, із використанням універсального обладнання та відносно невеликою спеціалізацією операцій.

Виготовлення корпусу насосу у дрібносерійному виробництві базується на отриманні заготовки методом литва, найчастіше в піщані форми. Такий спосіб дозволяє виготовляти деталі складної конфігурації без значних витрат на спеціальну оснастку, що є важливим при малих обсягах виробництва. Ливарна заготовка після очищення та видалення ливникової системи надходить на механічну обробку.

Механічна обробка корпусу включає фрезерування базових площин, обробку посадкових поверхонь і розточування отворів. Особливу увагу приділяють забезпеченню точності взаємного розташування отворів і площин, що досягається шляхом послідовного базування деталі. У дрібносерійному виробництві ці операції виконуються на універсальних фрезерних, свердлильних і розточувальних верстатах, часто з використанням переналагоджуваних пристроїв. Різьбові отвори обробляються стандартними мітчиками. Через складність форми корпусу та

										Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_31[2].26.00.00.000 ПЗ					20

необхідність обробки з різних сторін технологічний процес включає декілька установок, що підвищує трудомісткість, але забезпечує необхідну точність.

Загалом для дрібносерійного виробництва характерним є використання універсального обладнання, мінімальна кількість спеціального оснащення, підвищена частка ручної праці та більша тривалість виготовлення деталей порівняно з масовим або середньосерійним виробництвом.

Перехід до середньосерійного типу виробництва супроводжуватиметься підвищенням рівня спеціалізації та механізації технологічних процесів.

Для виготовлення валу це може означати застосування більш продуктивних методів отримання заготовок, наприклад, гаряче штампування, а також використання спеціалізованих або автоматизованих верстатів і пристроїв, що дозволяють зменшити кількість установок і підвищити точність обробки.

Для корпусу характерним є вдосконалення ливарної технології, зокрема застосування точнішого литва та спеціальної оснастки, а також використання спеціальних пристроїв для обробки, що забезпечують одночасну обробку кількох поверхонь. У результаті знизиться трудомісткість виготовлення, підвищиться стабільність якості та економічна ефективність виробництва.

2.3 Обробка поверхонь

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

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

де ε – загальне значення;

ε_i – окремі ступені уточнення;

					КРБ.133ГМбд_31[2].26.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

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 $\epsilon = 0$; 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:

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

Приклад, для обробки поверхні валу $\phi 40h7 (-0,025)$ мм. Допуск за креслеником $0,025$ мм, допуск заготовки $1,6$ мм. Загальне уточнення складає:

$$\epsilon = \frac{1,6}{0,025} = 64.$$

Орієнтовна кількість ступенів обробки:

$$n_p = \frac{\lg 64}{0,46} \approx 3,9.$$

Отже, необхідно передбачити не менше 4 етапів обробки для даної поверхні, а саме точіння чорнове, напівчистове, чистове, шліфування.

Приклад, для обробки поверхні корпусу $M12/7h$ мм. Допуск за креслеником $0,06$ мм, допуск свердління $0,36$ мм. Загальне уточнення складає:

$$\epsilon = \frac{0,36}{0,06} = 6,0.$$

					КРБ.133ГМбд_31[2].26.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Орієнтовна кількість ступенів обробки:

$$n_p = \frac{\lg 6,0}{0,46} \approx 1,7.$$

Отже, необхідно передбачити не менше 2 етапів обробки для даної поверхні, а саме свердління отвору та нарізання різьби.

2.4 Розробка маршруту виготовлення деталі

Маршрут обробки деталі будемо на підставі основних маршрутів обробки окремих поверхонь з урахуванням типу виробництва.

Таблиця 2.1 – Маршрут обробки валу

№ операції	Найменування операції	Зміст операції
1	2	3
005	Заготівельна	Виготовлення заготовки штампуванням.
010	Фрезерно-центрувальна	1. Фрезерувати торці поверхонь валу у розмір $305 \pm 0,7$ мм. 2. Центрувати торці одночасно у розміри $\varnothing 8$ мм, $\varnothing 16$ мм, 6 мм, 14 мм.
015	Токарна	1. Точити попереду всю поверхню заготовки у розмір $\varnothing 40 \pm 0,28$ мм. 2. Точити поверхні валу у розміри 10,05 мм, 3 мм, 115 мм, 2 мм, 260 мм, $\varnothing 39$ мм, $\varnothing 15$ мм. 3. Точити поверхні валу у розміри $2 \times 45^\circ$ мм, $1,5 \times 45^\circ$ мм. 4. Точити поверхні валу у розміри $2 \times 45^\circ$ мм, $\varnothing 39$ мм.

					КРБ.133ГМбд_31[2].26.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Продовження таблиці 2.3

№ операції	Найменування операції	Зміст операції
1	2	3
015	Токарна (продовження)	5. Точити поверхні валу у розміри Ø25 мм, 60 мм, Ø18 мм, 20 мм. 6. Точити начисто зовнішні діаметральні поверхні валу.
020	Різьбонарізна	Нарізати різьбу М18×2,5 мм.
025	Свердлильна	Свердлити отвір Ø3 мм наскрізно на відстані 7 мм.
030	Шпонково-фрезерна	Фрезерувати шпонковий паз у розміри 25 мм, бjs9 мм, 21 мм, 18 мм.
035	Шпонково-фрезерна	Фрезерувати шпонковий паз у розміри 65 мм, бjs9 мм, 35 мм, 24 мм.
040	Термічна	Гартування для надання необхідної твердості.
045	Круглошліфувальна	Шліфувати зовнішні поверхні валу одночасно, витримуючи кінцеві розміри за своїм квалітетом.
050	Контрольна	Контролювати розміри відповідно до кресленика.

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 проводиться для однієї найбільш точної поверхні. У нашому випадку це розмір Ø40h7 (-0.025) мм.

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

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

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 $\varnothing 40h7 (-0.025)$ мм

Технологічний перехід	Елемент припуску, мкм			Розр. припуск Z_{\min} , мкм	Розр. розмір, d_p , мм	Допуск δ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничний припуск, мкм	
	Rz	ρ	ϵ				d_{\max}	d_{\min}	Z_{\max}	Z_{\min}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Штампуння	160	200	915	-	43,225	1600	44,8	43,2	-	-
Точіння чорнове	100	100	-	2550	40,675	620	41,32	40,7	3480	2500

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Точіння проміжне	50	50	0	400	40,275	250	40,55	40,3	770	400
Точіння чистове	25	25	0	200	40,075	100	40,2	40,1	350	200
Шліфування	5	15	0	100	39,975	25	40	39,975	200	125
								Сума	4800	3225

Проводимо перевірку правильності розрахунку:

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

$$4800 - 3225 = 1500 - 25;$$

$$1575 = 1575.$$

Отже, умова виконується. Для наочності результати розрахунків зручно зобразити графічно (рисунок 2.1).

Рисунок 2.1 – Графічна схема розташування припусків на обробку ступені валу $\varnothing 40H7/k6$ (0.025)

						КРБ.133ГМбд_31[2].26.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			26

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Розробка конструкції затискного пристосування

Для операції механічної обробки валу насоса масляного на операції (030) шпонково-фрезерна розробляємо конструкцію затискного пристосування, керуючись рекомендаціями [12, 36, 38, 39]. Складальний кресленик пристосування представлено у графічній частині роботи.

Затискне пристосування являє собою стаціонарний механізм, змонтований на масивній плиті, яка слугує базою для всіх інших елементів і забезпечує жорстке встановлення на столі верстата. На плиті закріплений корпус, у якому розміщені основні робочі вузли. Для базування валу застосовано прями, що формують двоточкову опору і забезпечують точне позионування за віссю. У зоні призм розташовані притискачі, змонтовані на шарнірних важелях, які через пальці з'єднані з приводним механізмом.

Привод виконаний у вигляді пневматичного вузла з штоком-поршнем, що переміщується всередині корпусу. При цьому рух штока передається на систему важелів і кронштейнів, які синхронно повертають притискачі. Пружини, встановлені в конструкції, виконують роль зворотного елемента та забезпечують розтискання при відсутності тиску. Кришки та кільця герметизують внутрішній об'єм і утримують елементи в робочому положенні, а також обмежують хід рухомих частин.

Принцип дії полягає в тому, що після укладання валу на призми подається робоче стиснуте повітря в порожнину циліндра. Поршень переміщується, передаючи зусилля через систему важелів на притискачі, які опускаються і притискають вал до базових поверхонь призм. Завдяки симетричному розташуванню механізмів затиск відбувається рівномірно з двох боків, що підвищує точність обробки та запобігає перекосу деталі. Після завершення обробки тиск

									Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_31[2].26.00.00.000 ПЗ				27

знімається, пружини повертають притискачі у вихідне положення, і вал можна легко зняти або замінити наступною заготовкою.

3.2 Розрахунок зусилля затиску

Деталь вал базується циліндричною поверхнею на призму і затискається притискачами. Базування заготовки здійснюється зовнішньою циліндричною поверхнею, площиною S для закріплення заготовки силами P_1 та P_2 одночасно (рисунок 3.1) [7, 28, 12, 36, 58, 39].

Рисунок 3.1 – Розрахункова схема

При фрезеруванні шпонкового цапу, найсуттєвішою силою, котра впливатиме на заготовку буде сила подачі P_h .

Для надійної роботи пристосування повинна бути витримана наступна умова:

$$F_{тр} \geq P_h, \quad (3.1)$$

де $F_{тр}$ – сила тертя, Н.

					КРБ.133ГМбд_31[2].26.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Так як 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 $t = 2,5$ мм, ширина фрезерування $B = 6$ мм, подача $S = 0,03$ мм/зуб.

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

де значення коефіцієнтів і показників ступеня:

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

$t=2,5$ – глибина фрезерування, мм;

$S=0,03$ – подача на один зуб, мм/зуб;

$B=6$ – ширина фрезерування, мм;

$z=2$ – число зубців фрези;

$D=6$ – діаметр фрези, мм;

$n=1300$ – частота обертання фрези, об/хв;

$K_p=0,97$ – поправочний коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу.

Тоді

$$P_z = \frac{10 \cdot 36,4 \cdot 2,5^{0,86} \cdot 0,03^{0,72} \cdot 6^1 \cdot 2}{6^{0,86} \cdot 1300^0} \cdot 0,97 = 159,8 \text{ (Н)}.$$

Звідки

$$P_h = 1,25 \cdot P_z. \quad (3.3)$$

Підставивши значення отримаємо:

$$P_h = 1,25 \cdot 159,8 = 200 \text{ (Н)}.$$

						КРБ.133ГМбд_31[2].26.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			29

Сила тертя буде дорівнювати половині значення, тобто $F_{тр} = 100 \text{ Н}$.

Визначимо силу затиску пристосування:

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

звідки

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

де Q – сила затискування заготовки;

f – коефіцієнти тертя ($f = 0,15$).

$$Q = \frac{100}{2 \cdot 0,15} = 333,3 \text{ (Н)}.$$

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 $p = 0,6 \text{ МПа}$);

					КРБ.133ГМбд_31[2].26.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

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

$$W = \frac{303,3}{2 \cdot 1,2} + 125 = 264 \text{ (Н)}.$$

Визначаємо діаметр горшня:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 264}{\pi \cdot 0,6 \cdot 10^9 \cdot 0,9}} = 0,025 \text{ (м)}$$

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 PI ;

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

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

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

Підставивши значення одержимо:

					КРБ.133ГМбд_31[2].26.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

$$K=1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0=1,4.$$

Тоді розрахунковий діаметр циліндра дорівнює:

$$D_p = 0,025 \cdot 1,4 = 0,035 \text{ (мм)}.$$

Враховавши конструкцію пристосування, остаточно приймаємо діаметр циліндра 40 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 $[\tau_3] = 140 \text{ МПа}$;

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 $F = 678,24 \text{ Н}$ (визначено із формули (3.6) для діаметра 40 мм);

d – діаметр пальця; $d = 8 \text{ мм}$

Підставимо значення в формулу і одержимо:

$$\tau_3 = \frac{678,24}{\pi \cdot 0,008^2 / 4} = 13,5 \cdot 10^6 \text{ (МПа)} < 140 \text{ (МПа)}.$$

Як бачимо умова міцності виконується.

						КРБ.133ГМбд_31[2].26.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			32

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Для деталі, що виготовляється зі сталі 40Х, способи отримання заготовок для порівняння наступні: виготовлення куванням та штампування на ГKM [1, 4, 5, 30, 34, 49].

Ціну кованки визначаємо:

$$C_k = 0,001 \cdot (C_{бк} \cdot G_k \cdot K_{Тк} \cdot K_{ск} \cdot K_{МК} \cdot K_{Лк} \cdot K_{Вк} - (G_k - G_g) \cdot C_{ВХ}) \quad (4.1)$$

де $C_{бк}$ – базова ціна однієї тони матеріалу, грн;

G_g – маса деталі, кг, $G_g = 2,17$ кг.;

G_k – маса кованки, кг,

$$G_{k(кув-я)} = \frac{2,17}{0,6} = 3,62 \text{ (кг)};$$

$$G_{k(штам-я)} = \frac{2,17}{0,8} = 2,71 \text{ (кг)}.$$

$K_{Тк}$, $K_{ск}$, $K_{МК}$, $K_{Лк}$, $K_{Вк}$ – коефіцієнти відповідно точності розмірів, конструктивної та технологічної складності, марки матеріалу, програми річного замовлення та виду кувального обладнання;

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

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

Знаходимо для заготовки деталі:

- ступінь складності С2;

					КРБ.133ГМбд_31[2].26.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

- група сталі М3;

- клас точності Г4;

- група серійності 2.

Знаходимо значення коефіцієнтів:

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

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

Визначаємо оптову ціну однієї тони сталі 40Х – 100000 грн. за тону, оптову ціну відходів – 6000 грн. за тону.

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

$$C_{В.КВВ} = 0,001(100000 \cdot 3,62 \cdot 1,0 \cdot 1,24 \cdot 1,0 \cdot 1,27 \cdot 1,14 - (3,62 - 2,17) \cdot 6000) = 641,2 \text{ грн.};$$

$$C_{ШТ} = 0,001(100000 \cdot 2,71 \cdot 1,0 \cdot 1,43 \cdot 1,04 \cdot 1,27 \cdot 1,14 - (2,71 - 2,17) \cdot 6000) = 580,3 \text{ грн.}$$

Визначимо економічний ефект з урахуванням ринної програми випуску:

$$E = (641,2 - 580,3) \cdot 1500 = 91350 \text{ (грн.)}.$$

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

					КРБ.133ГМбд_31[2].26.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

4.2 Розрахунок загального освітлення

Проведемо розрахунок загального освітлення цеху лампами LED High Bay 100W. Даний розрахунок має на меті визначення кількості світильників, що забезпечують необхідне значення освітленості [2, 8, 10, 14-17, 19, 20, 22, 26, 27, 31, 33, 41-46, 50].

Розраховуємо загальне рівномірне освітлення приміщення площею 200 м² з освітленістю 300 лк. Коефіцієнти відбиття: підлоги – 30%, стін – 50%, стелі – 70%.

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 світильників:

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

де $E_n = 300$ лк – значення нормативного освітлення цехів;

$k = 1,4$ – коефіцієнт запасу (для ламп ДРЛ);

$S = 200$ м² – площа приміщення, що освітлюється (механічне відділення);

$z = 1,1$ – 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: $a = 10$ м, $b = 20$ м;

					КРБ.133ГМбд_31[2].26.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

h – розрахункова висота:

$$h = H - h_r, \quad (4.5)$$

де $H = 12,6 \text{ м}$ – висота від підлоги до ферми;

$h_r = 1,2 \text{ м}$ – висота від підлоги до робочого місця.

Тоді маємо, що

$$h = 12,6 - 1,2 = 11,4 \text{ (м)}.$$

Індекс приміщення дорівнює

$$i = \frac{10 \cdot 20}{11,4 \cdot (10 + 20)} = 0,58.$$

Знаходимо коефіцієнт використання $\eta = 0,4$.

Світловий потік обраного світильника становить $\Phi = 10000 \text{ (лм)}$.

Тоді знаходимо необхідну кількість світильників:

$$N = \frac{10000 \cdot 1,4 \cdot 200 \cdot 1,1}{0,4 \cdot 10000} = 23,1.$$

Приймаємо для освітлення цеху 24 світильники типу LED High Bay 100W, які розташовуємо по сітці на всій території цеху.

4.3 Екологічні аспекти виробництва валу

Сучасне машинобудівне виробництво нерозривно пов'язане з впливом на навколишнє середовище. Це обумовлює необхідність врахування екологічних аспектів на всіх етапах виготовлення продукції. Виготовлення валів зі сталі 40X при

					КРБ.133ГМбд_31[2].26.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

річній програмі випуску 1500 штук належить до серійного типу виробництва. Це передбачає використання широкого спектру технологічних операцій, включаючи механічну обробку, термічну обробку, застосування мастильно-охолоджувальних рідин та доломіжних матеріалів. Кожен із цих етапів супроводжується утворенням відходів, викидів у атмосферу та скидів у водне середовище. Усе це потребує впровадження відповідних природоохоронних заходів.

Основним матеріалом для виготовлення валу є легована конструкційна сталь 40Х. Вона містить хром як легуючий елемент. Процес отримання та підготовки заготовки як правило, включає гаряче штампування або кування. Це супроводжується значними енерговитратами та викидами продуктів згоряння палива до атмосфери. До основних забруднювачів на цьому етапі належать оксиди вуглецю, оксиди азоту, пил металевих скалин. Зменшення негативного впливу можливе за рахунок використання сучасних енергоефективних печей, систем очищення газів (циклонів, електрофільтрів) та оптимізації режимів нагріву.

Механічна обробка валу, яка включає токарні, фрезерні, шліфувальні операції, є одним із ключових джерел утворення відходів у вигляді металевої стружки. При річній програмі 1500 штук обсяг стружки є значним. Це зумовлює необхідність її раціонального збору, сортування та повторного використання. Металева стружка є цінною вторинною сировиною і підлягає поверненню у металургійне виробництво. Однак вона часто забруднена мастильно-охолоджувальними рідинами. Це ускладнює її утилізацію. Тому важливим екологічним заходом є впровадження систем віджимання та очищення стружки від мастил.

Особливу увагу слід приділити використанню мастильно-охолоджувальних рідин (МОР). Вони застосовуються для зниження температури у зоні різання та зменшення зношування інструменту. МОР можуть містити нафтові компоненти, емульгатори, антикорозійні добавки. Вони є потенційно небезпечними для довкілля. При їх використанні утворюються аерозолі. Останні забруднюють повітря робочої зони, а також відпрацьовані рідини, що потребують спеціальної утилізації. Для мінімізації впливу необхідно застосовувати замкнуті системи циркуляції МОР,

						КРБ.133ГМбд_31[2].26.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			37

своєчасну їх регенерацію, а також використовувати біорозкладні або менш токсичні аналоги.

Процеси шліфування супроводжуються утворенням дрібнодисперсного пилу та аерозолів. Вони можуть містити частинки металу та абразиву. Це створює небезпеку як для довкілля, так і для здоров'я працівників. Ефективним заходом є встановлення локальних систем аспірації з багатоступеневим очищенням повітря, а також використання герметизованого обладнання.

Термічна обробка сталей зі сталі 40Х є важливим етапом, який забезпечує необхідні механічні властивості виробу. Проте вона супроводжується викидами продуктів згоряння палива, вигаровуванням мастил при гартуванні, а також утворенням окалин. Використання сучасних електропечей із програмним керуванням, а також застосування безпечіших гартувальних середовищ дозволяє значно знизити екологічне навантаження. Крім того, доцільно впроваджувати системи рекуперації тепла, що сприяє зменшенню енергоспоживання.

Важливим аспектом є вплив виробництва на водні ресурси. Вода використовується для охолодження обладнання, приготування МОР, миття деталей. Внаслідок цього утворюються стічні води. Вони можуть містити нафтопродукти, металеві частинки, хімічні реагенти. Без належного очищення такі сток становлять серйозну загрозу для довкілля. Тому на підприємстві повинні бути передбачені локальні очисні споруди, що включають механічне, фізико-хімічне та, за необхідності, біологічне очищення. Ефективним рішенням є впровадження замкнених систем водопостачання, що дозволяє значно скоротити споживання води.

Не менш важливим є питання утворення твердих відходів. Окрім металевої стружки, до них належать відпрацьовані абразивні круги, фільтри, шлами від очищення МОР та стічних вод, упаковка матеріалів. Частина цих відходів є небезпечною і потребує спеціального поводження відповідно до чинного законодавства. Організація роздільного збору відходів, їх маркування та передача ліцензованим організаціям для утилізації або переробки є обов'язковою умовою екологічно відповідального виробництва.

									Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_31[2].26.00.00.000 ПЗ				38

Акустичне забруднення також є характерним для машинобудівних підприємств. Робота металорізальних верстатів, компресорного обладнання, транспортних механізмів супроводжується підвищеним рівнем шуму. Це впливає як на персонал, так і на навколишнє середовище. Для зниження шумового навантаження використовуються звукоізоляційні кожухи, вібропоглинаючі матеріали, а також раціональне планування виробничих приміщень.

Енергоспоживання є ще одним важливим фактором екологічного впливу. Виробництво валів включає енергоємні процеси, такі як механічна обробка та термообробка. Зниження енергоспоживання досягається за рахунок використання енергоефективного обладнання, оптимізації технологічних режимів, автоматизації процесів, а також впровадження систем енергоменеджменту.

Сучасні підходи до екологізації виробництва передбачають впровадження принципів «чистого виробництва», які спрямовані не лише на ліквідацію наслідків забруднення, а й на запобігання його виникненню. Це включає оптимізацію конструкції виробу з метою зменшення матеріаломісткості, використання більш екологічних матеріалів, скорочення кількості технологічних операцій, підвищення точності обробки для зменшення відходів.

Важливу роль відіграє система екологічного менеджменту на підприємстві, яка забезпечує контроль за дотриманням нормативів, моніторинг впливу на довкілля, планування природоохоронних заходів. Впровадження міжнародних стандартів, таких як ISO 14001, сприяє підвищенню екологічної відповідальності підприємства та його конкурентоспроможності.

З урахуванням річної програми випуску 1500 валів можна зробити висновок, що виробництво має помірний, але стабільний вплив на довкілля. Це означає, що навіть незначні вдосконалення технологічних процесів можуть мати суттєвий сумарний ефект. Наприклад, зменшення витрат МОР або підвищення коефіцієнта використання матеріалу дозволяє не лише знизити витрати, а й скоротити обсяги відходів.

						КРБ.133ГМбд_31[2].26.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			39

Таким чином, екологічні аспекти виробництва валу зі сталі 40Х є комплексною проблемою, що охоплює усі стадії технологічного процесу. Їх ефективне вирішення можливе лише за умови системного підходу, який поєднує технічні, організаційні та управлінські заходи. Реалізація таких заходів дозволяє знизити негативний вплив на довкілля, підвищити ефективність виробництва та забезпечити відповідність сучасним екологічним вимогам.

					КРБ.133ГМбд_31[2].26.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

ВИСНОВКИ

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

1. Визначено службове призначення насосу масляного циркуляційного нагнітального шестеренчастого. Проведено аналіз деталей, що входять до його складу, а саме валу та корпусу. Охарактеризовано конструкційний матеріал деталей, надано рекомендації стосовно замітника-аналогу. Здійснено визначення типу виробництва на підставі маркетингового дослідження – середньосерійний.

2. Відпрацьовано на технологічність вузол та його деталі. Проаналізовано діючий технологічний процес виготовлення. Розроблено маршрут обробки поверхонь валу. Здійснено визначення допусків на обробку та операційних розмірів поверхні $\varnothing 40h7$ мм розрахунково-аналітичним методом.

3. Запропоновано конструкцію затискного пристосування, що може бути використано під час обробки валу на операції 030. Визначено зусилля затиску, розраховані параметри силового приєдну. 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 1500 шт. склав 91350 грн. Окрім того, запропоновано розрахунок освітлення виробничого цеху. Придлено увагу впливу виробництву валу на довкілля.

5. У графічній частині роботи наведено складальний кресленик насосу масляного, кресленик валу, кресленик корпусу, кресленик заготовки корпусу, складальний кресленик затискного пристосування для реалізації процесу механічної обробки – фрезерування шпонкового пазу.

					КРБ.133ГМбд_31[2].26.00.00.000 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 С.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	КРБ.133ГМбд_31[2].26.00.00.000 ПЗ				42

12. Дичковський М.Г. Технологічна оснастка. Курс лекцій. Навчальний посібник. Херсон: Слді-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. Капленко 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., Солдатова М.О., Трудько І.С. Відпрацювання конструкції виробу на технологічність – один із найважливіших етапів технологічної підготовки виробництва. Вісник Національного технічного університету «КПІ». 2011. С. 203-207.

									Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_31[2].26.00.00.000 ПЗ				43

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

25. Мельничук І.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.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.Л., 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_31[2].26.00.00.000 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.Б. Попов, А.О. Келіменш, 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., Гнітас С.М. Технологічне забезпечення якості продукції машинобудування: монографія. Полтава: Технологічний Центр, 2019. 204 с.

									КРБ.133ГМбд_31[2].26.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						45

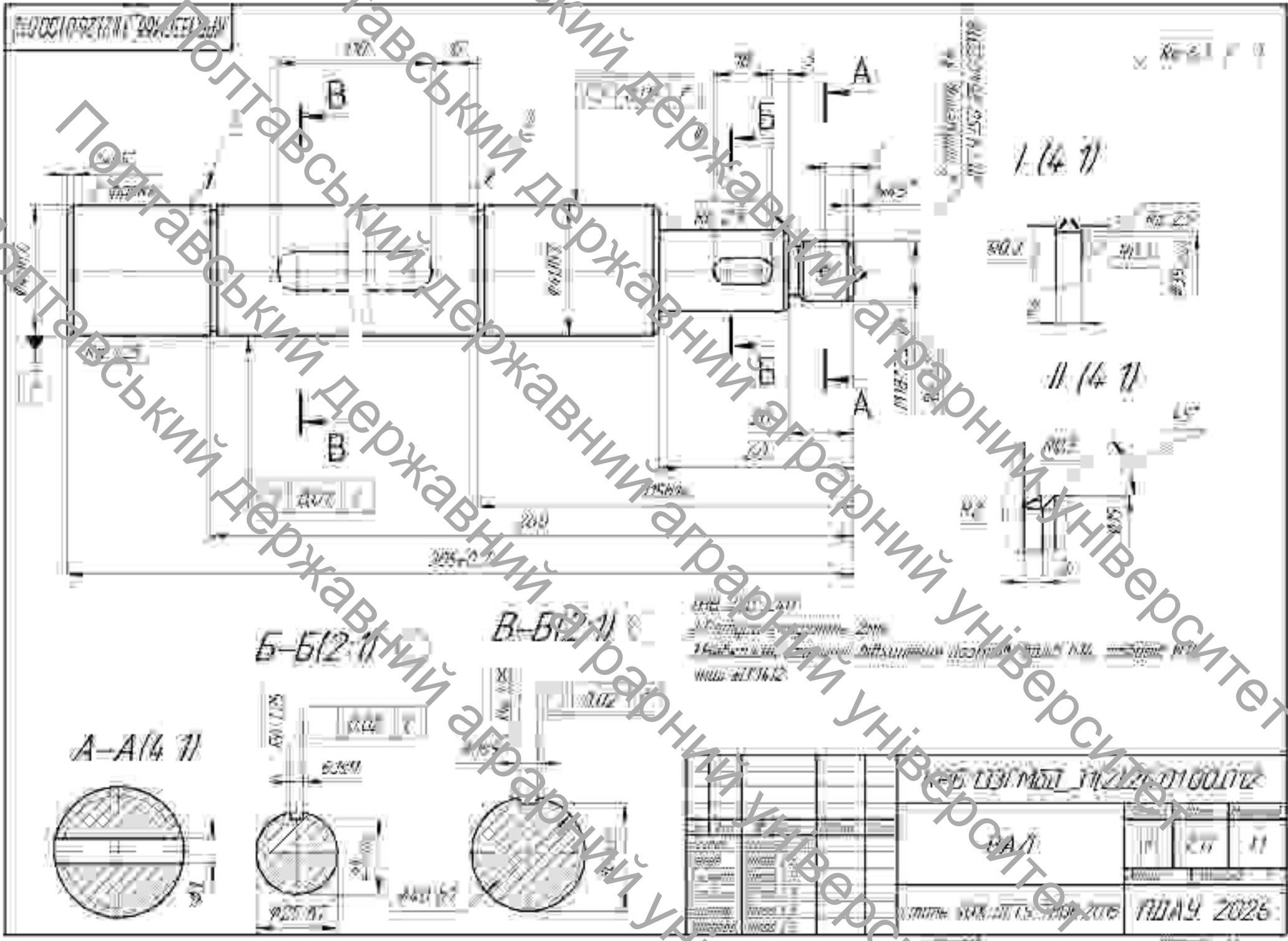
48. Черевко О.І., Михайлов В.М., Бабкіна І.В. Технологічні основи машинобудування. Харків: ХДУХТ, 2005. 82с.

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

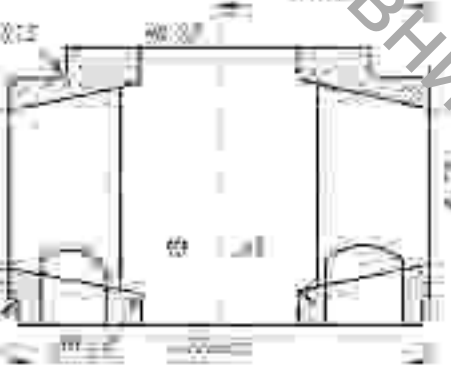
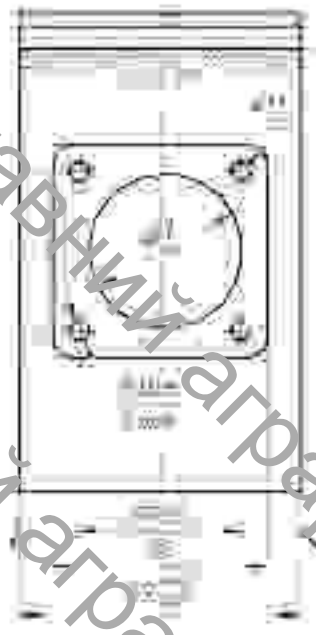
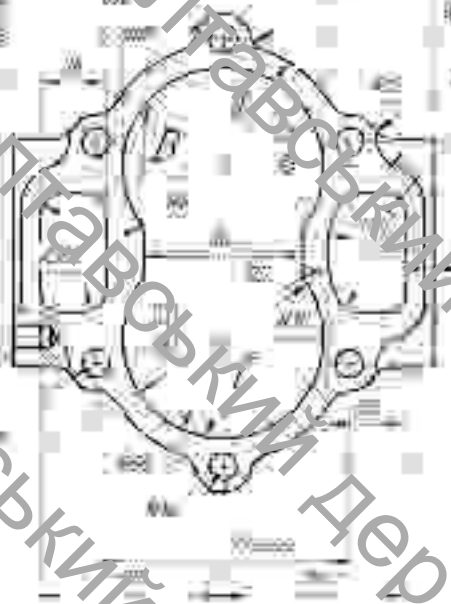
50. Ярешівська В.М. Охорона праці в галузі: навч. посіб. Київ: Професіонал, 2004. 288 с.

					КРБ.133ГМбд_31[2].26.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Полтавський державний аграрний університет

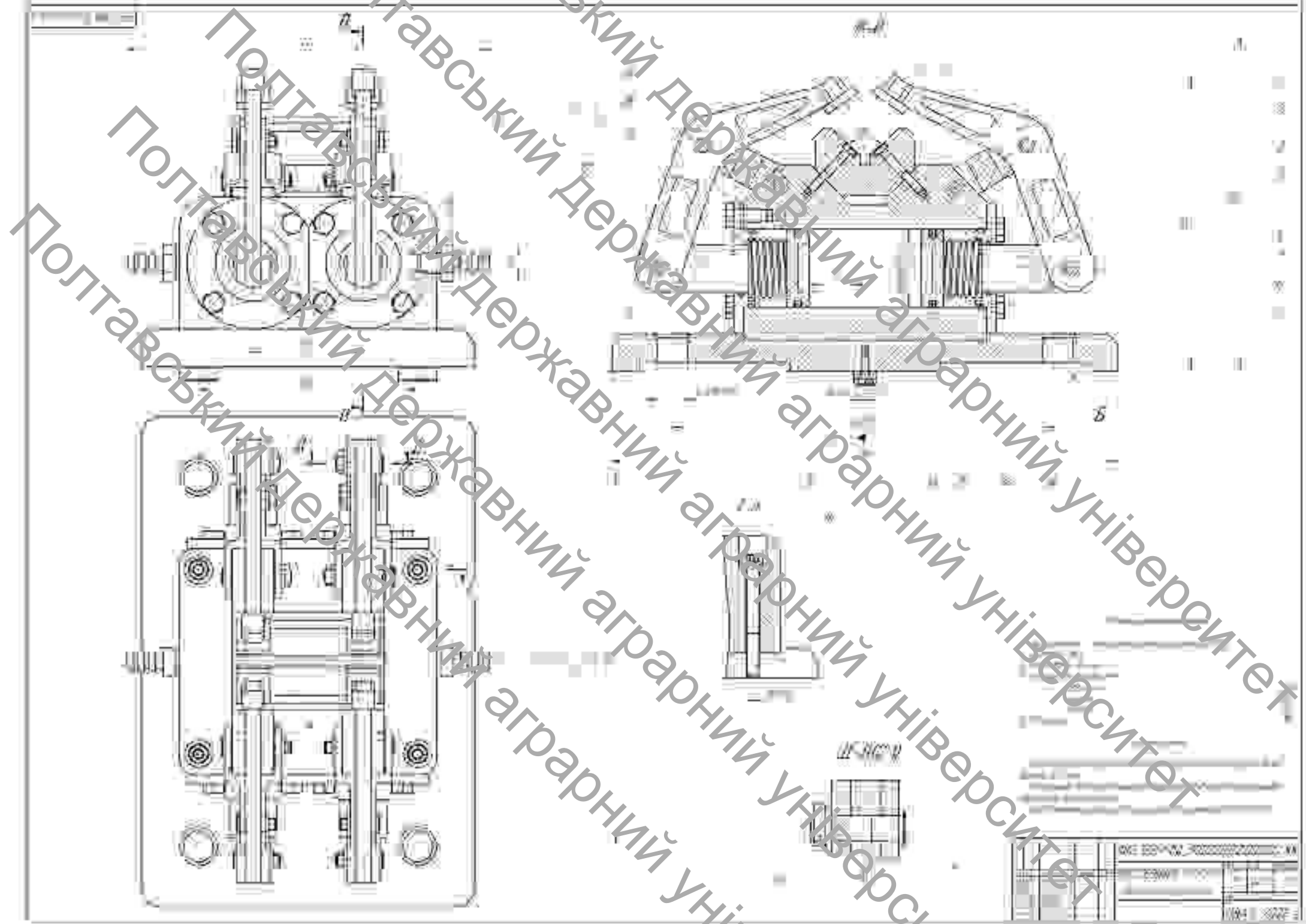


Полтавський державний аграрний університет
15.05.2025



Лист 1
Курсовий проєкт
на тему: Конструювання механізму
напрямок: Аграрний інженеринг
спеціальність: Аграрний інженеринг
назва: Конструювання механізму
автор: [Name]
керівник: [Name]

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100



№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100