

**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: «Організація серійного виробництва валу насоса плунжерного»

КРБ.133ГМбд\_31[2].01.00.00.000 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]  
БУТЕНКО Леонід

Керівник: старша викладачка  
СКОРЯК Юлія

**Полтава – 2026 року**

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет інженерно-технологічний  
Кафедра механічної та електричної інженерії

Освітньо-професійна програма «*Машини та обладнання  
сільськогосподарського виробництва*»

Спеціальність 133 «*Галузеве машинобудування*»  
Ступінь вищої освіти *бакалавр*

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Завідувач кафедри  
механічної та електричної  
інженерії,  
канд. техн. наук, доцент,  
\_\_\_\_\_ Станіслав ПОПОВ  
03 грудня 2025 р.

**З А В Д А Н Н Я**

**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ**

1 Тема роботи: «*Організація серійного виробництва валу насоса  
плунжерного*»,

керівник роботи **старша викладачка СКОРЯК Юлія**,  
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 плунжерний): *робоче середовище – Т-1, Тс-1; робочий об'єм, см<sup>3</sup>, 15; номінальний тиск, МПа, 24; номінальна частота обертання, об/хв. 4000; габаритні розміри, мм, 126×207; маса, кг, 8; річна програма випуску, шт., 750.*

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 \_\_\_\_\_ Леонід БУТЕНКО  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Юлія СКОРЯК  
(підпис)

## РЕФЕРАТ

**Пояснювальна записка:** 4 розділи, 3 рисунки, 9 таблиць, 50 використаних джерел, 46 сторінок.

**Об'єкт розробки** – насос плунжерний.

**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 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. Розраховано розмірний ланцюг. Запропоновано маршрути обробки поверхонь валу. Визначено припуски та операційні розміри на обробку розрахунково-аналітичним та табличним методами.

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 заходи із охорони праці під час роботи на шліфувальних верстатах, а також екологічні аспекти машинобудівного виробництва.

**Практичні результати роботи** – розроблено складальний кресленик насосу плунжерного (робоче середовище – Т-1, Тс-1; робочий об'єм, см<sup>3</sup>, 15; номінальний тиск, МПа, 24; номінальна частота обертання, об/хв, 4000; габаритні розміри, мм, 126×207; маса, кг, 8; річна програма випуску, шт., 150), кресленик валу, кресленик заготовки валу, складальний кресленик затискного пристосування.

**Рекомендації щодо використання результатів роботи** вал входить до складу насоса плунжерного, що використовується для забезпечення робочою рідиною високого тиску системи регулювання двигуна.

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

Графічна частина становить 3 арк. ф. А1.

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

## АНОТАЦІЯ

У кваліфікаційній роботі бакалавра розглядається конструкція плунжерного насосу. Представлено службове призначення вузла. Здійснено аналіз параметрів точності валу. Охарактеризовано конструкційний матеріал для виготовлення. Визначено тип виробництва. Проведено відпрацювання 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 заготовельного виробництва. Наведено основні заходи безпеки при роботі на шліфувальних верстатах. Зазначено екологічні аспекти машинобудівного виробництва.

НАСОС, ВАЛ, АНАЛІЗ ТОЧНОСТІ, МАРШРУТ ОБРОБКИ, ПРИПУСК, ПРИСТОСУВАННЯ ЗАТИСКНЕ, ЗАГОТОВКА, ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ, ОХОРОНА ПРАЦІ, ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ

## ANNOTATION

The bachelor's qualification thesis considers the design of a plunger pump. The functional purpose of the unit is presented. An analysis of the shaft accuracy parameters is carried out. The structural material used 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, and attention is given to the calculation of clamping force, power drive parameters, and the strength of the weakest link. The economic efficiency of blank production is calculated. The main safety measures for working on grinding machines are presented. Environmental aspects of mechanical engineering production are outlined.

PUMP, SHAFT, ACCURACY ANALYSIS, MACHINING ROUTE, ALLOWANCE, CLAMPING FIXTURE, BLANK, ECONOMIC EFFICIENCY, OCCUPATIONAL SAFETY, ENVIRONMENTAL ASPECTS

## 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 .....	11
1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску .....	12
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ .....	14
2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі .....	14
2.2 Розрахунок розмірного ланцюга .....	18
2.3 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення .....	21
2.4 Обробка поверхонь .....	22
2.5 Розробка маршруту виготовлення деталі .....	26
2.6 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів .....	28
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ .....	33
3.1 Розробка конструкції затискного пристосування .....	35
3.2 Розрахунок зусиль затиску .....	34
3.3 Розрахунок параметрів силового приводу .....	36
3.4 Розрахунок слабкої ланки на міцність .....	37
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА .....	39
НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА .....	39
4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі .....	39
4.2 Заходи із охорони праці на шліфувальних верстатах .....	41
4.3 Екологічні аспекти виготовлення валу .....	43
ВИСНОВКИ .....	46
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ .....	47

						КРБ.13ЗУ.16д_31[2].01.00.00.000 ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Зміст			Літера	Аркуш	Аркушів
Виконав	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				н	5	46
Перевірив	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				ПДАУ, 2026 р.		
Керівник	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Н. контр.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Затверд.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

## ВСТУП

Сучасне сільськогосподарське виробництво характеризується зростанням вимог до продуктивності, надійності та енергоефективності машин та обладнання. Однією з важливих складових технологічних процесів у сільському господарстві є транспортування та дозування рідин під високим тиском, зокрема під час захисту рослин, зрошення, внесення рідких добрив, а також у тваринництві та переробній галузі. У цих умовах значного поширення набули плунжерні насоси, які відзначаються високим коефіцієнтом корисної дії, стабільністю подачі та здатністю працювати за значних тисків.

Плунжерні насоси є об'ємними гідравлічними машинами, принцип дії яких ґрунтується на зворотньо-поступальному русі плунжера, що забезпечує переміщення робочої рідини. Завдяки своїм конструктивним особливостям вони широко застосовуються в машинах та обладнанні сільськогосподарського призначення, де необхідна точність подачі, надійність і довговічність за умов інтенсивної експлуатації. Особливу роль плунжерні насоси відіграють у складі обприскувачів, насосних установок та гідравлічних систем, що працюють у складних умовах задириності, змінних навантажень і впливу агресивних середовищ.

Актуальність дослідження плунжерних насосів зумовлена необхідністю підвищення їх ресурсу, зменшення зносу основних деталей, удосконалення конструкцій та підвищення експлуатаційних показників. Особливої уваги потребують питання міцності та точності виготовлення таких відповідальних елементів, як вал, плунжер, корпус і ущільнювальні вузли, оскільки саме вони значною мірою визначають надійність роботи насоса в цілому [32].

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

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

					КРБ.133ГМбд_31[2].01.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

- 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 різними методами;

- 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].01.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

## РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

### 1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис

На розгляд вноситься насос плунжерний (див. графічну частину). Він призначений для забезпечення робочою рідиною високого тиску системи регулювання двигуна. Насос перетворює енергію руху ведучої ланки в енергію потоку масла за рахунок зміни робочих камер, герметично розташованих одна від одної. Матеріали і захисні покриття дозволяють експлуатувати його в різних кліматичних умовах.

Основними складальними одиницями і деталями насосу є: корпус 4, гоюдаючого вузла 2 з плунжерами, похила шайба 1, вал 6, сервомеханізм та кришка 5, в якій розміщений регулятор тиску.

Опорно-розподільний диск і похила шайба 1 насосу розташовані нерухомо, а ротор 2 приводить до обертання від двигуна через вал 6. В роторі виконані робочі камери, в яких переміщуються поршні. Вони мають сферичні головки з завальцьованими на них під'ятниками. Поршні виготовлені зі спеціальної сталі з необхідною термообробкою. Кожна з камер має вісьовий отвір, який почергово з'єднується з напівкільцевими пазами диску, пов'язаних з напірною і всмоктувальною лінією гідросистеми.

Ротор до диску і поршні до похилої шайби притискаються пружиною 12 і тиском масла.

Робота насосу базується на тому, що при обертанні ротора поршні взаємодіють з похилою шайбою, здійснюють зворотно-поступальний рух з величаною ходом, що визначає кут нахилу шайби і забезпечують всмоктування і нагнітання масла.

Робоча рідина – паливо Т-1, ТС-1 та їх суміш в будь-яких співвідношеннях з додаванням етилцелозольва марки А при від'ємних температурах навколишнього середовища і палива, у відсотках за масою: до  $-15^{\circ}\text{C}$  – 0,1%; до  $-25^{\circ}\text{C}$  – 0,2%; нижче  $-25^{\circ}\text{C}$  – 0,3%.

						КРБ.133ГМбд_31[2].01.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			8

Насос працює в завантаженому режимі при температурі від  $-50^{\circ}\text{C}$  до  $+100^{\circ}\text{C}$ , забезпечуючи максимальний тиск нагнітання 24 МПа.

Для автоматичного регулювання подачі насосу служить регулятор подачі. Він складається з регулятора тиску і сервомеханізму. Регулятор тиску в системі автоматичного регулювання подачі – чуттєвий елемент, а сервомеханізм виконує функцію виконавця команд регулятора тиску.

Деталлю, що виводиться на детальний розгляд, є вал (див. графічну частину). Він призначений для подачі крутного моменту від двигуна до блоку циліндрів, які забезпечують створення тиску робочої рідини і необхідну продуктивність 20 л/хв. Розташовується привідний вал в радіальних роликотидишниках.

Зображена деталь є ступінчастим валом складної конфігурації, призначеним для передавання крутного моменту та одночасного базування і закріплення елементів вузла. Вал належить до деталей типу тіл обертання і має поєднання циліндричних, шліцьових та зубчастих поверхонь, що вказує на його використання у приводному або трансмісійному механізмі.

На правій частині валу виконані зовнішні шліци, які забезпечують передавання крутного моменту на з'єднувану деталь і допускають об'ємне переміщення або жорстку фіксацію залежно від умов роботи вузла. Ліва частина валу містить внутрішні шліци, що свідчить про з'єднання з іншим валом або хвостовиком і вимагає підвищеної точності виготовлення та контролю співвісності. У середній частині валу розташована зубчаста ділянка, виконана заєдно з валом, що дозволяє безпосередньо передавати обертальний рух у зубчастому зачепленні без застосування окремої шестерні.

Вал має кілька посадочних шийок з різними діаметрами та квалітетами точності, що вказує на встановлення підшипників, втулок або ущільнювальних елементів. Наявність фасок, радіусних переходів і каналок зменшує концентрацію напружень, полегшує складання та підвищує довговічність деталі під час експлуатації. У кресленні задані вимоги до співвісності та шорсткості поверхонь,



					КРБ.133ГМбд_31[2].01.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

що характерно для деталей, які працюють на кручення і згин у відповідальних механізмах.

## 1.2 Аналіз параметрів точності

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

Таблиця 1.1 – Аналіз основних параметрів точності деталі

Номер поверхні деталі	Назва поверхні	Розміри з відхиленнями	Квалітет точності	Точність форми	Точність відносного положення	Шорсткість Ra
1	2	3	4	5	6	7
1,3	Торець	160 <sup>+0,6</sup>	$\pm \frac{IT}{2} 12$	–	–	3,2
2	Циліндрична	$\varnothing 5^{+0,3}$	H14	–	–	6,3
5	Циліндрична	$\varnothing 15^{+0,012}_{+0,001}$	k6	–		0,8
6	Циліндрична	$\varnothing 23,8^{-0,052}$	h9	–	–	3,2
7	Циліндрична	$\varnothing 24,6_{-0,21}$	h12	–		3,2
8	Циліндрична	$\varnothing 24_{-0,21}$	h12	–	–	3,2
9	Циліндрична	$\varnothing 28,5_{-0,21}$	h12	–	–	6,3
10	Циліндрична	$\varnothing 20,5_{-0,21}$	h12	–	–	3,2
11	Циліндрична	$\varnothing 23,8_{-0,21}$	h12	–	–	3,2
14	Циліндрична	$\varnothing 21$	h12	–	–	3,2
15	Циліндрична	$\varnothing 14,3_{-0,18}$	h12	–	–	3,2
16	Циліндрична	$\varnothing 8^{+0,36}$	H14	–	–	6,3

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6	7
17	Циліндрична	$\varnothing 17^{+0,43}$	H14	–	–	3,2
18	Циліндрична	$\varnothing 18,4^{+0,14}$	H14	–	 0,05	1,6
19	Циліндрична	$\varnothing 13,75^{+0,07}$	H10	–	–	3,2
20	Циліндрична	$\varnothing 17,5^{+0,18}$	H12	–	–	6,3
21	Циліндрична	$\varnothing 17,2^{+0,11}$	H11	–	–	1,6
22	Циліндрична	$\varnothing 25_{-0,21}$	h12	–	–	1,6
23	Циліндрична	$\varnothing 22_{-0,016}^{-0,007}$	g5	–	 0,02 Г	0,8
24	Циліндрична	$\varnothing 25_{+0,002}^{+0,01}$	k5	–	 0,02 Г	0,8
27	Циліндрична	$\varnothing 25,2_{+0,016}^{+0,07}$	g5	 0,003	–	3,2
28	Циліндрична	$\varnothing 25_{+0,002}^{+0,011}$	h12	–	–	3,2

Проаналізувавши точність параметрів деталі, можна зробити висновок, що вимоги до точності розмірів і шорсткості завищені. Максимальний квалітет точності 5-ий, а мінімальна шорсткість  $R_a=0,8$  мкм, що досягається за умов машинобудівного підприємства.

### 1.3 Характеристика матеріалу деталі, замінник

Сталь, яка використовується для виготовлення деталей машин повинна мати високі механічні властивості. При цьому має характеризуватися високим комплексом механічних властивостей, а не високим значенням якої-небудь властивості. Матеріали з яких виготовляється деталі машин, що працюють з великим навантаженням, повинні гарно опиратися таким навантаженням і, отже, поряд з високою міцністю повинні мати і пластичність, щоб витримувати динамічні та ударні навантаження. Тому головним критерієм при виборі матеріалу з якого виготовляють деталь є задовільні механічні властивості матеріалу та його вартість.

При виготовленні деталі даного вузла в якості матеріалу застосовується легювана конструкційна сталь марки 30X3BA [24, 37], оскільки вал навантажений і працює на кручення. Сталь добре піддається термічній обробці і має достатньо високу міцність.

В таблиці 1.2 подаємо інформацію про хімічний склад та властивості матеріалу валу, а також його замітника.

Таблиця 1.2 – Хімічний склад та властивості матеріалу деталі

Сталь	$\sigma_{в,}$ МПа	$\sigma_{т,}$ МПа	HB·10 <sup>-1</sup> МПа	Масова частка хімічних елементів, %					
				C	Si	Mn	Cr	Ni	W
30X3BA	980	835	211 - 311	0,27- 0,35	0,17- 0,37	0,3-0,6	2,8-3,2	≤0,5	0,8-1,2
20X2H4BA	835	785	262-311	0,16- 0,22	0,17- 0,37	0,25- 0,55	1,4-1,7	≤0,5	0,8-1,2

Як бачимо з таблиці сталі мають приблизно однаковий хімічний склад та механічні властивості тобто вони можуть замінюватись одна одною. Для забезпечення своєї функції вал піддається термообробці – гартуванню. З метою зниження внутрішніх напружень – відпусканню.

#### 1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску

Маркетингове дослідження показало попит ринку в деталях валу насосу у кількості 750 штук на рік. Визначимо річну програму запуску виробів за формулою:

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

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

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

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

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

$$N_{зч} = (750 + 0,04 \cdot 750) \cdot (1 + 0,025) = 800 \text{ (шт.)}$$

Максимальна маса оброблених заготовок деталей вузла не перевищує 300 кг, тому за [34] визначаємо тип виробництва – середньосерійне.

					КРБ.133ГМбд_31[2].01.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

## РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

### 2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

Вузол і деталі повинні характеризуватися високою технологічністю, що забезпечить простоту виготовлення та складання. Конструкція повинна передбачати використання стандартних елементів і типових технологічних операцій. Це зменшить трудомісткість, собівартість. Форма та матеріали деталей повинні бути обрані з урахуванням надійності й зручності подальшої експлуатації [23].

Конструкція плунжерного насосу є доволі складною, деякі деталі вимагають виготовлення високої точності. Використовуються стандартні вироби (кільця, шайби, гвинти та ін.), але основна частина деталей виготовляється безпосередньо для даного вузла. При проведенні поточних технічних оглядів та ремонтів насосу проявляється складність при розбиранні, але при наявності спеціальних пристосувань така робота полегшується.

Точність виконання основних функціональних поверхонь забезпечує нормальне функціонування вузла.

Базові поверхні складальних одиниць, якими вони будуть встановлюватися у вузол, оброблені достатньо точно, з точки зору точності та визначеності базування. Будова плунжерного насосу дає змогу проводити його складання по вузлову. Складові частини мають конструкцію, що забезпечує задану точність розташування.

Підвід робочої рідини здійснюється через штуцер під тиском. Вказані зазори необхідні для забезпечення нормальної роботи. Вузол має достатню кількість ущільнень, що відповідають призначенню і забезпечують надійну роботу виробу без втрат мастила і його витікання в навколишнє середовище.

У загальному конструкцію плунжерного насосу можна вважати технологічною і придатною для виготовлення й експлуатації відповідно до технічних вимог.

						КРБ.133ГМбд_31[2].01.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			14

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:

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

де  $E_{cm}$  – кількість стандартизованих одиниць;

$E$  – загальна кількість.

$$K_{cm} = \frac{35}{50} = 0,7.$$

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.

$$K_{yn} = \frac{8}{50} = 0,16.$$

У процесі аналізу креслення деталі було виявлено, що деталь є технологічною, оскільки в більшості складається з циліндричних поверхонь, що допускають використання високопродуктивних методів обробки, таких як токарна.

Для зменшення маси валу і покращення охолодження вал має глухий отвір, на кінці валу є шліцьовий отвір для з'єднання з ресорою. За виключенням глухого

						КРБ.133ГМбд_31[2].01.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			15

отвору деталь не має важкодоступних для інструменту поверхонь і нетехнологічних елементів, що затрудняють його виготовлення.

Штапування деталі на горизонтально-кувальних машинах дає змогу зменшити припуск на обробку і коефіцієнт використання матеріалу. В таблиці 2.1 наводимо аналіз технологічності деталі.

Таблиця 2.1 – Аналіз на технологічність деталі

№ п/п	Назва деталі	Показники технологічності	Висновки по показниках технологічності	Дії по поліпшенню технологічності
1	2	3	4	5
1		Наявність зручних баз, що забезпечують необхідну орієнтацію та надійне закріплення заготовки	Так, технологічно. При обробці зовнішніх поверхонь – закріплення в центрах	
2	Бал	Вали повинні мати центруючі отвори для базування при обробці і контролі	Центрувальні отвори є, отже, дана умова виконується	
3		Наявність глухих отворів	Так, нетехнологічно	Бажано уникати глухих отворів, але в даному випадку це неможливо

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5
		Ступінчасті вали повинні мати невеликі перепади, а довжини ступенів повинні бути однаковими або кратними для можливості обробки на багаторізцевих верстатах	Умова частково виконується, вал має невеликі перепади, а оброблюється на верстаті з ЧПК	
5	Вал	Наявність отворів глибиною більше 8d	Так, нетехнологічно	Зменшити довжину отвору
6		Чи є скоси чи пази під кутом відмінним від 45°?	Вал таких скосів не має, технологічно	
7		Чи наявні отвори не перпендикулярні поверхні?	Ні, технологічно	
8		Чи від однієї бази розставлені розміри?	Ні, нетехнологічно	Необхідний перерахунок розмірів, враховуючи методи обробки

Отже, вузол та деталь є цілком технологічними з точки зору автоматизованого виробництва.

## 2.2 Розрахунок розмірного ланцюга

Складальний лінійний розмірний ланцюг для розрахунку наведено на рисунку 2.1. Визначимо допуски складових розмірів методом повної взаємозамінності.

Рисунок 2.1 – Схематичне зображення розмірного ланцюга

Кількість ланок  $m=5$ :  $A_1=29$  мм;  $A_2=15$  мм;  $A_3=2$  мм;  $A_4=48$  мм;  $A_5=2$  мм.

Кількість ланок з відомими допусками  $k=1$  (допуск підшипника). Кількість збільшувачих ланок  $n=1$  ( $A_4$ ). Кількість зменшувачих ланок  $p=3$  ( $A_1, A_2, A_3$ ). Замикаюча ланка  $A_5$ . Допуск замикаючої ланки  $T_5=0,050$  мм.

Оскільки допуск замикаючої ланки дорівнює сумі допусків складових ланок, основне рівняння розмірного ланцюга відповідно до способу допусків одного квалітету (метода  $\min, \max$ ) має вигляд:

$$T_{\Sigma} = a_j \cdot \sum_{j=1}^{m-1} i_j, \quad (2.3)$$

звідки враховуючи ланки з невідомими допусками середнє число одиниць допуску:

					КРБ.133ГМбд_31[2].01.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

$$a_j = \frac{T_{\Sigma} - \sum_{j=1}^k T_j}{\sum_{j=1}^{n+p-k} i_j}; \quad (2.4)$$

Виходячи з розміру підшипника та його класу точності, за довідником визначаємо у шостому класі точності для розміру  $b=15$  мм допуск розміру 120 мкм; відхилення верхнє 0; нижнє – 120 мкм.

Заносимо значення одиниць допуску до таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Значення одиниць допуску

Ланка	A <sub>1</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>
Номінальний розмір	29	2	48
Одиниці допуску	1,31	0,55	1,56

Підставив значення величин, що входять у формулу, визначимо:

$$a_m = \frac{550 - 120}{1,56 + 1,31 + 0,55} = 125,4; \quad (2.5)$$

Отримане число одиниць допуску розташоване між 11 і 12 квалітетом точності ( $a_{11}=100$ ;  $a_{12}=160$ ). Призначимо на всь ланцюг, окрім ланцюга A<sub>1</sub>, допуски за 11-им квалітетом точності. Ланка A<sub>1</sub> вибрана ув'язувальною з тієї причини, що її конструкція, дозволяє виконати розмір за більш точним квалітетом. Тоді знаходимо допуски на розміри ланок: T<sub>1</sub> токи не визначений; T<sub>2</sub>=120; T<sub>3</sub>=60; T<sub>4</sub>=160; T<sub>Σ</sub>=550 мкм.

Допуск ув'язувального ланцюга A<sub>1</sub> знайдемо за основним рівнянням розмірного ланцюга:

$$T_1 = T_{\Sigma} - (T_2 + T_3 + T_4); \quad (2.6)$$

Підставимо значення:

$$T_1 = 550 - (160 - 130 - 120 - 60) = 80 \text{ мкм},$$

що приблизно відповідає 9-ому квалітету, точніше  $T_1(9) = 43 \text{ мкм}$ .

Знаходимо граничні відхилення для всіх ланок у мікрометрах. Для складових ланок приймаємо поля допусків: на збільшуючі – як на основні отвори; на зменшуючі – як на основні вали:

$$A_1 = 29_{-0,13} \text{ мм}, A_2 = 15_{0,12} \text{ мм}, A_3 = 2_{-0,06} \text{ мм}, A_4 = 48^{+0,16} \text{ мм}.$$

Остаточно визначимо граничне відхилення, замикаючої ланки, опираючись на формулювання: верхнє відхилення замикаючої ланки дорівнює сумі верхніх відхилень збільшуючих ланок та нижніх відхилень зменшуючих; нижнє відхилення замикаючої ланки дорівнює різниці сум нижніх відхилень збільшуючих ланок і верхніх відхилень зменшуючих (2.7), тобто:

$$ES(L\Sigma) = \sum_{j=1}^n ES(\vec{i}_j) - \sum_{j=1}^p es(\overleftarrow{i}_j) \quad (2.7)$$

$$ES(L\Sigma) = 160 - (-130 - 120 - 60) = 470 \text{ мкм}$$

$$EI(L\Sigma) = \sum_{j=1}^n EI(\vec{i}_j) - \sum_{j=1}^p ei(\overleftarrow{i}_j) = 0 - 0 = 0 \quad (2.8)$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 23.

					КРБ.133ГМбд_31[2].01.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Таблиця 2.5 - Результати розрахунку розмірного ланцюга

Ланка	Номинальний розмір, мм	Прийнятий квалітет точності	Допуск, мкм	Розмір на кресленні
1	2	3	4	5
$\Sigma$	2	-	470	$2^{+0,47}$
A <sub>1</sub>	29	9	130	$29_{-0,13}$
A <sub>2</sub>	15	-	120	$15_{-0,12}$
A <sub>3</sub>	2	11	60	$2_{-0,06}$
A <sub>4</sub>	48	11	160	$48^{+0,16}$

Отже, розрахунок дає змогу досягнути потрібної точності замикаючої ланки розмірного ланцюга шляхом включення в неї складових ланок без вибору, підбору або зміни їх значень. При цьому виготовлення по принципу повної взаємозамінності може бути використане при складанні без підгонки або підбору при збереженні потрібних експлуатаційних властивостей виробу.

### 2.3 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення

Заготовку валу отримують штампуванням, оскільки виготовлення з прокату вимагає значних припусків, хоча даний метод і дешевший, але наступна механічна обробка вимагає значних витрат на зняття припуску. Оскільки вал виготовляється в умовах одиничного виробництва, то при його виготовленні на підприємстві використовують стандартні універсальні пристрої, універсальні верстати, різальний інструмент. В умовах серійного виробництва я пропоную використовувати верстати з ЧПК та пристрої спеціальної конструкції, що призведе до збільшення продуктивності праці, збільшення точності, виключить ручні розміточні роботи, можлива обробка без кондукторів, шаблонів, швидка переналадка на випуск нових деталей.

У діючому технологічному процесі для контролю застосовують універсальні прилади, що збільшують час вимірювання, а разом з тим і штучний час. Зменшення штучного часу виготовлення деталі, а відповідно і витрат енергії, інструменту дає змогу зменшити собівартість деталі.

## 2.4 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:

$$\varepsilon = \frac{T_3}{T_D} = \frac{T_3}{T_1} \cdot \frac{T_3}{T_2} \dots \frac{T_{n-1}}{T_i} \dots \frac{T_{n-1}}{T_D} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \dots \varepsilon_n = \prod_{i=1}^n \varepsilon_i, \quad (2.9)$$

де  $\varepsilon$  – загальне значення;

$\varepsilon_i$  – окремі ступені уточнення;

$n$  – число ступенів обробки;

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

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

Для найбільш спрямованого вибору числа ступенів обробки необхідно застосувати формулу:

$$n_i = \lg(\varepsilon) / 0,46. \quad (2.10)$$

Пропонуємо наступні обробки поверхонь деталі (таблиця 2.4).

						КРБ.133ГМбд_31[2].01.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			22

Таблиця 2.4 – Методи обробки поверхонь деталі

№ поверхні	Розмір поверхні	Допуск заготовки, T <sub>3</sub>	Допуск деталі, T <sub>де</sub>	Уточнення	Кількість переходів	Варіанти методів обробки	
						1	2
1	2	3	4	5	6	7	8
1,3	160±0,1	500	200	2,5	1	1.Фрезерування торця	1.Підрізка торця
5	∅15 <sup>+0,01</sup> <sub>+0,001</sub>	430	11	39	4	1.Точіння чорнове 2. Точіння чистове 3. Шліфування чорнове 4. Шліфування чистове	1.Точіння чорнове 2. Точіння чистове 3. Точіння тонке 4. Шліфування чистове
20	∅18,4 <sup>+0,13</sup>	520	130	4	2	1.Свердління 2. Розточування	1.Свердління 2. Розточування
22	∅25 <sup>+0,012</sup> <sub>+0,002</sub>	520	10	52	4	1.Точіння чорнове 2. Точіння чистове 3. Шліфування чорнове 4. Шліфування чистове	1.Точіння чорнове 2. Точіння чистове 3. Точіння тонке 4. Шліфування чистове

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

КРБ.133ГМбд\_31[2].01.09.00.000 ПЗ

Аркуш

23

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8
23	$\varnothing 22^{+0,034}_{+0,015}$	520	19	27,4	4	1.Точіння чорнове 2. Точіння чистове 3. Шліфування чорнове 4. Шліфування чистове	1.Точіння чорнове 2. Точіння чистове 3. Точіння тонке 4. Шліфування чистове

Приклад, для обробки поверхні  $\varnothing 22^{+0,034}_{+0,015}$ . Допуск за креслеником 19 мкм, допуск заготовки – 520 мкм. Загальне уточнення складає:

$$\varepsilon = \frac{0,520}{0,019} = 27,4.$$

Орієнтовна кількість ступенів обробки:

$$n_p = \frac{\lg 27,4}{0,46} \approx 3,1.$$

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

Приклад, для обробки поверхні  $\varnothing 15^{+0,012}_{+0,001}$ . Допуск за креслеником 11 мкм, допуск заготовки – 1600 мкм. Загальне уточнення складає:

$$\varepsilon = \frac{1,6}{0,011} = 145,5.$$

Орієнтовна кількість ступенів обробки:

$$n_p = \frac{\lg 145,5}{0,46} \approx 4,7.$$

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

Приклад, для обробки поверхні  $158,5 \pm 0,1$  мм. Допуск за креслеником 0,2 мм, допуск заготовки – 2,2 мм. Загальне уточнення складає:

$$e = \frac{2,2}{0,2} = 11.$$

Орієнтовна кількість ступенів обробки:

$$n_p = \frac{\lg 11}{0,46} \approx 2,3.$$

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

Орієнтуючись на маршрут обробки деталі в цілому, для конкретних поверхонь приймаємо маршрути, що зменшують номенклатуру різального інструменту та обладнання. Обираємо перший варіант обробки.

					КРБ.133ГМбд_31[2].01.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

## 2.5 Розробка маршруту виготовлення деталі

Маршрут обробки деталі будуємо на підставі обраних маршрутів обробки окремих поверхонь з урахуванням типу виробництва (таблиця 2.5).

Таблиця 2.5 – Маршрут обробки деталі

№ операції	Обладнання	Зміст операції
1	2	3
005	Штамп	Штампувати заготовку.
010		Загартувати з 840 <sup>0</sup> ...850 <sup>0</sup> С на масло або розчин емульсії. Відпуск 520 <sup>0</sup> ..540 <sup>0</sup> С протягом 2,5 годин.
015	Фрезерно-центрувальний моделі 2Г942	Установити, зняти. Фрезерувати торці 1 і 3, виконати центрові отвори.
020	Токарний верстат поздовжнього точіння з ЧПК моделі 1П25ВФ4	Установити, зняти. Чорнове точіння поверхонь 5, 6, 7, 9, 10. Чистове точіння поверхонь 13, 5, 10, 6, 7, 9. Точити канавки 3, 11, 14, 15.
025	Токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі 1В340Ф30	Установити, зняти. Свердлити отвір $\varnothing 12,5$ на глибину 35 мм. Свердлити $16 \varnothing 8$ на глибину 130 мм. Розточити отвір $\varnothing 14,3$ на глибину 9,3 мм.

Продовження таблиці 2.5

1	2	3
025	Токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі 1Б340Ф30	Розточити поверхні 17 до $\varnothing 16,6$ і зняти фаску $\varnothing 17$ Розточити поверхню 18 до $\varnothing 16,6$ Розточити отвір 19 начисто. Розточити канавку 20 і зняти фаску. Розточити канавку 18 і зняти фаску. Зняти фаску на $\varnothing 17,6$ , точити поверхні 21, 17 начисто
030	Токарний верстат поздовжнього точіння з ЧПК моделі 11Б25ВФ4	Установити, зняти Точити начорно поверхні 23, 22, 24, 30. Точити начисто поверхні 25, 22, 26, 22, 24, 27. Проточити канавку поверхні 28.
035	Вертикальний зубодовбальний напівавтомат моделі 5В12	Установити, зняти. Довбати внутрішні шліци пов. 19
040	Вертикально-фрезерний моделі 6Р12	Установити, зняти Фрезерувати лиску пов.30. Повернути пристосування на $180^{\circ}$ . Фрезерувати лиску пов. 31.

Продовження таблиці 2.5

1	2	3
045	Вертикальний зубофрезерний	Установити, зняти. Фрезерувати зовнішні шліци
055	Центро-шліфувальний МВ119	Установити, зняти. Центрувати фаску.
060	Кругло-шліфувальний верстат моделі 3М144	Установити, зняти. Шліфувати начорно пов. 5. Шліфувати начисто пов.5.
065	Кругло-шліфувальний верстат моделі 3М144	Установити, зняти. Шліфувати начорно пов. 22, 23, 27. Шліфувати начисто пов.22, 23, 27.
070	Мийна	Миття готової деталі
075	Контрольна	Контролювання точності виготовлення.

## 2.6 Визначення припусків на збробку 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  $\varnothing 15k6 \begin{matrix} +0,012 \\ +0,001 \end{matrix}$  мм.

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

$$2z_{i \min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (2.11)$$

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

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

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

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

Правильність розрахунку перевіряється за формулою:

$$Z_{0 \max} - Z_{0 \min} = \delta_{\text{заг.}} - \delta_{\text{дет.}}, \quad (2.12)$$

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 2.6.

Таблиця 2.6 – Розрахункова карта припусків і граничних розмірів за технологічними переходами при обробці  $\varnothing 15k6^{(+0,012/+0,001)}$  мм

Технологічний перехід	Елемент припуску, мкм				Розрах. припуск $2Z_{\min}$ , мкм	Рорак. розмір $d_p$ , мм	Доп. $\delta$ , мкм	Граничні розміри, мм		Граничний припуск, мкм	
	$Rz$	$T$	$\rho$	$\varepsilon_y$				$D_{\min}$	$D_{\max}$	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Заготовка	200	300	768	-	-	18,33	1600	18,33	19,93	-	-
Точіння чорнове:	50	50	46	380	2664	15,67	180	15,67	15,85	2,66	4,08
чистове:	30	30	38	-	292	15,377	70	15,377	15,47	0,293	0,403

Продовження таблиці 2.6

Технологічний перехід	Елемент припуску, мкм				Розрах. припуск $2Z_{min}$ , мкм	Рорак. розм. $d_p$ , мм	Доп. $\delta$ , мкм	Граничні розміри, мм		Граничний припуск, мкм	
	$R_z$	T	$\rho$	$\epsilon_y$				$D_{min}$	$D_{max}$	$2Z_{min}$	$2Z_{max}$
Шліфування попереднє:	10	20	31	55	254	15,123	27	15,123	15,15	0,254	0,297
остаточнє:	5	15	23	-	122	15,001	11	15,001	15,012	0,122	0,138
										3,329	4,918

Проводимо перевірку правильності розрахунку:

$$2 \cdot Z_{max} - 2 \cdot Z_{min} = \delta_z - \delta_d; \quad (2.13)$$

$$4,918 - 3,329 = 1,6 - 0,011;$$

$$1,589 = 1,589.$$

Отже, умова виконується. Для наочності результати розрахунків зручно зобразити графічно (рисунок 2.2).

Полтавський державний аграрний університет

Рисунок 2.2 – Графічна схема розташування припусків на обробку

ступені валу  $\varnothing 15k5 \begin{matrix} +0,012 \\ +0,001 \end{matrix}$  мм

На решту поверхонь деталі припуски визначаються за довідниковими таблицями і заносимо до таблиці 2.7.

					КРБ.133ГМбд_31[2].01.09.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Таблиця 2.7 – Припуски та допуски на поверхні

№ пов	Найменування поверхні	Найменування переходу	Припуск	Квалітет	Технологічний допуск
1,3	Горці, l=160	Підривка торців	2,2	IT14/2	0,25
5*	-	-	-	-	-
6	Циліндрична Ø23,8	Чорнове точіння	2,5	14	0,25
		Чистове точіння	1	12	0,12
7	Циліндрична Ø24,6	Чорнове точіння	2,8	14	0,25
		Чистове точіння	0,5	12	0,12
22	Циліндрична Ø25	Чорнове точіння	2,2	12	0,12
		Чистове точіння		9	0,025
		Чорнове шліфування		8	0,014
		Чистове шліфування		6	0,006
		Чистове шліфування		6	0,006
23	Циліндрична Ø22	Чорнове точіння	2,2	12	0,12
		Чистове точіння		9	0,025
		Чорнове шліфування		8	0,014
		Чистове шліфування		6	0,006
		Чистове шліфування		6	0,006

\* Припуски на поверхню 5 визначені розрахунково-аналітичним методом і занесені до таблиці 2.4.

## РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

### 3.1 Розробка конструкції затискного пристосування

Пристосування проєктоване для фрезерування валу (див. графічну частину) на вертикально-фрезерному верстаті 6Р12. Поверхні обробки – дві лиски, розташовані під кутом  $180^\circ$ , виконані за 12 квалітетом. З аналізу кресленника бачимо, що для встановлення заготовки необхідно використати центрувальні отвори. У якості установочних елементів – центра [12, 36, 38, 39].

Пристосування складається з таких основних елементів:

- плита 1 для закріплення на столі верстату;
- задня та передня бабки 5 і 6;
- центра 27 і 28 для закріплення валу для обробки.

У якості привода використовується пневмоциліндр двохсторонньої дії, керування яким здійснюється за допомогою розподільного крана.

Принцип роботи пристосування наступний:

Закріплення шліфувального валу виконується центрами 27 і 28, передній центр рухається під дією пневмоциліндра, а задній з рифленою боковою поверхнею закріплений нерухомо. При поданні за допомогою розподільного крана повітря в ліву робочу порожнину пневмоциліндра 33, шток переміщує повзун 3 і здійснюється затиск валу. Хід штовхача обмежується двома болтами 21. Остаточне закріплення деталі виконується за допомогою рукояток 15 на задній та передній бабках і сухарів 17. Після фрезерування рукояткою 16 фіксатор 12 відводиться вліво і рукояткою диск 9 прокручується на  $180^\circ$  разом з валом, потім під дією пружини 26 фіксатор займає місце в отворі фіксуєвої втулки 8 і виконується фрезерування іншої лиски.

Після обробки для розтиску деталі розподільчим краном подаємо повітря в праву робочу порожнину пневмоциліндра.

					КРБ.133ГМбд_31[2].01.09.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

### 3.2 Розрахунок зусиль затиску

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

Рисунок 3.1 – Схема затиску

На даній операції максимальна сила різання  $P_z$  при фрезеруванні деталі, що визначимо за формулою:

$$P_z = \frac{C_p^{k_x} \cdot S^y \cdot B^u \cdot z}{T^v \cdot n^o}, \quad (3.1)$$

де  $t$  – глибина різання, мм;

$S$  – подача, мм/зуб;

$B$  – ширина фрезерування, мм;

$z$  – кількість зубів фрези;

$D$  – діаметр фрези,

$n$  – частота обертання фрези;

$K_p$  – загальний поправковий коефіцієнт.

$C_p, x, z, u, v, o$  – коефіцієнт та показники ступеня, обираємо з таблиць довідників.

Визначаємо силу різання:

					КРБ.133ГМбд_31[2].01.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

$$P_z = \frac{10 \cdot 12,5 \cdot 1,2^{0,85} \cdot 0,08^{0,75} \cdot 8^{0,005} \cdot 6}{0,03^{0,73} \cdot 90^{-0,3}} = 1003 \text{ (Н)}.$$

Максимальний крутний момент, який намагається повернути заготовку визначаємо за формулою:

$$M_{кр} = P_z \cdot D/2 \quad (3.2)$$

Рівняння рівноваги має вигляд:

$$F_{тр} - K \cdot M_{кр} = 0; \quad (3.3)$$

$F_{тр} = W \cdot f \cdot r$ , де  $f$  – коефіцієнт тертя;

$r$  – коефіцієнт тертя для центру з рифленнями.

Тоді:

$$W = K \cdot M_{кр} / f \cdot r = K \cdot P_z \cdot D/2 \cdot f \cdot r, \quad (3.4)$$

де  $K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6$  – коефіцієнт запасу. (3.5)

$K_0 = 1,5$  – коефіцієнт гарантованого запасу;

$K_1 = 1,2$  – коефіцієнт, який враховує стан поверхні деталі;

$K_2 = 1,4$  – коефіцієнт, що враховує затуплення ріжучого інструменту;

$K_3 = 1,2$  – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання при черв'ячному різанні;

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

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

$K_6 = 1,0$ .

Тоді  $K$  дорівнює:

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,4 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 3,024.$$

						КРБ.133ГМбд_31[2].01.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			35

Визначимо силу, необхідну для закріплення:

$$W=3 \cdot 1003 \cdot 0,02 / 2 \cdot 0,035 \cdot 0,85=840 \text{ (Н)}.$$

### 3.3 Розрахунок параметрів силового приводу

Розрахунок силового приводу зводиться до визначення зусилля на ведучій ланці механізму по відомій силі затиску, а потім, по визначеному зусиллю на ведучій ланці знаходиться діаметр пневмоциліндра.

Для даного пристосування можна записати:

$$Q = \frac{W}{i}, \quad (3.6)$$

де  $i$  – передатльне відношення сил, що характеризує конструктивні параметри механізму. Для даного пристосування  $i=1$ .

З урахуванням цього зусилля  $Q=W=840 \text{ (Н)}$ .

Знайдемо діаметр поршня пневмоциліндра:

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot p \cdot \eta}{4}, \quad (3.7)$$

з цієї формули визначимо значення діаметра:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot p \cdot \eta}}. \quad (3.8)$$

де  $D$  – діаметр поршня;

$\eta=0,9$  – ККД пневмоциліндра;

					КРБ.133ГМбд_31[2].01.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

$p=0,5$  МПа – тиск, що подається у пневмоциліндр.

Обчислимо:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 840}{3,14 \cdot 0,5 \cdot 0,9}} = 48 \text{ (мм)}.$$

Приймаємо стандартний діаметр  $D=50$  мм.

### 3.4 Розрахунок слабкої ланки на міцність

На наш погляд слабкою ланкою в цьому пристрої є болти, що обмежують переміщення втулки разом з центрами. Перевірку виконуємо по допустимому напруженні на зминання  $[\sigma_{зм}]$ .

Для розрахунку необхідне виконання умови:

$$\frac{P}{d \cdot h \cdot n} \leq [\sigma_{зм}], \quad (3.9)$$

де  $P=840$  – сила, що діє впоперек болта, Н;

$h=4$  – висота ділянки зминання, мм;

$d=8$  – діаметр болта, мм;

$n=2$  – кількість болтів;

$[\sigma_{зм}]=120$  – допустиме напруження на зминання, МПа.

Розрахуємо:

$$\sigma = 840 / 0,008 \cdot 0,004 \cdot 2 = 13,125 \text{ (МПа)}.$$

Перевірка:

					КРБ.133ГМбд_31[2].01.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

$$\sigma \leq [\sigma_{зм}] = 13,13 \leq [120] \text{ МПа.}$$

Виконаємо перевірку болтів ну умову можливого зрізу:

$$\tau = \frac{AP}{\pi \cdot d^2 \cdot n} \cdot K \leq [\tau_{зр}] \quad (3.10)$$

де  $d=9$  – діаметр болта (різби);

$K=3,5$  – коефіцієнт запасу

$[\tau_{зр}] = (0,2 \div 0,3) \cdot [\sigma_T]$  – допустиме напруження на зріз.

Проведемо розрахунок:

$$\tau = (840 \cdot 4/3,14 \cdot 0,006^2 \cdot 2) \cdot 3,5 = 52 \text{ (МПа);}$$

$$[\tau_{зр}] = 0,25 \cdot 360 = 90 \text{ (МПа);}$$

$$\tau \leq [\tau_{зр}] = 52 < 90 \text{ МПа.}$$

Проведені розрахунки дають можливість зробити висновок про придатність болтів під дією даної сили і виконання ними своїх функцій.

					КРБ.133ГМбд_31[2].01.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

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

### 4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Для валу насосу плунжерного, що виготовляється зі сталі 30ХВ3А, способи отримання заготовки для порівняння наступні: прокат і кування [1, 4, 5, 30, 34, 49].

При отриманні деталі з прокату маса заготовки буде становити:

$$m_3 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot l \cdot \rho, \quad (4.1)$$

де  $D$  – діаметр прокату, мм;

$l$  – довжина заготовки, мм.

Маємо:

$$m_3 = \frac{3,14 \cdot 3,2^2 \cdot 16 \cdot 7,8}{4 \cdot 1000} = 1 \text{ кг}$$

Маса заготовки кованими становить:

$$m_3 = \frac{q}{k_u} = \frac{0,37}{0,67} = 0,56 \text{ кг}, \quad (4.2)$$

де  $q$  – маса деталі ( $q = 0,37$  кг),

$k_u$  – коефіцієнт використання матеріалу.

Вартість заготовки з прокату визначається за формулою:

$$C = Q \cdot S - (Q - a) \frac{S_{\text{вiox}}}{1000}, \quad (4.3)$$

					КРБ.133ГМбд_31[2].01.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

де Q – маса заготовки, кг;

S – вартість 1 т матеріалу заготовки, 52000 грн;

S<sub>відх.</sub> – вартість 1 т відходів, 9000 грн.

$$C = 1 \cdot \frac{52000}{1000} \cdot (1 - 0,37) \cdot \frac{9000}{1000} = 46,3 \text{ грн.}$$

Об'єкт вартість виготовлення поковки:

$$C = \left( \frac{S_{заг}}{1000} \cdot Q \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_g \cdot k_{мз} \cdot k_n \right) - (m_{заг} - m_o) \frac{S_{відх}}{1000}, \quad (4.4)$$

де S<sub>заг</sub> – базова вартість однієї тони матеріалу, 52000 грн.;

S<sub>відх.</sub> – вартість однієї тони стружки, 9000 грн;

k<sub>T</sub> – коефіцієнт, що залежить від класу точності, k<sub>T</sub>=1;

k<sub>c</sub> – коефіцієнт, що залежить від групи складності, k<sub>c</sub>=0,77;

k<sub>g</sub> – коефіцієнт, що залежить від маси кованки, k<sub>g</sub>=1,29;

k<sub>мз</sub> – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу, k<sub>мз</sub>=113;

k<sub>n</sub> – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва, k<sub>n</sub>=1,27.

Маємо:

$$C = \frac{52000}{1000} \cdot 0,56 \cdot 1 \cdot 0,77 \cdot 1,29 \cdot 1,13 \cdot 1,27 + (0,56 - 0,37) \cdot \frac{9000}{1000} = 43,2 \text{ (грн).}$$

Обираємо за основу – кування на горизонтально-кувальних машинах (ГКМ).  
Особливістю ГКМ є використання в їх конструкціях кривошипно-шатунних механізмів і наявність двох площин розімання штампу: однією в самій матриці, другою – між матрицею і пуансоном. У рознімній матриці можна затискати вихідні

					КРБ.133ГМбд_31[2].01.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

заготовки різної форми, що дає змогу відмовитися від штампувальних нахилів та облою.

Економічний ефект у цьому випадку буде становити:

$$E = (46,5 - 43,2) \cdot 750 = 2325 \text{ (грн.)}$$

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

#### 4.2 Заходи із охорони праці на шліфувальних верстатах

Шліфувальні верстати широко застосовуються в машинобудуванні та металообробці для забезпечення високої точності й якості поверхні деталей [2, 8, 10, 14-17, 19, 20, 22, 26, 27, 31, 33, 41-46, 50]. Разом з тим процес шліфування характеризується підвищеною небезпечкою для працівників, оскільки пов'язаний із використанням абразивних кругів, що обертаються з великою швидкістю, утворенням іскор, пилу та підвищеним рівнем шуму і вібрації. У зв'язку з цим питання охорони праці під час експлуатації шліфувальних верстатів мають особливе значення та потребують комплексного підходу.

Безпечна робота на шліфувальних верстатах починається з належної організації трудового процесу та підготовки персоналу. До виконання шліфувальних робіт допускаються лише працівники, які досягли встановленого віку, пройшли медичний огляд, вступний і первинний інструктаж з охорони праці, а також навчання безпечним методам роботи. Оператор повинен знати конструкцію верстата, принцип його дії, можливі небезпечні та шкідливі виробничі фактори, а також порядок дій у разі виникнення аварійних ситуацій.

Перед початком роботи необхідно здійснити ретельний огляд шліфувального верстата. Перевіряється справність електрообладнання, пускових і зупинних

					КРБ.133ГМбд_31[2].01.09.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

пристроїв, заземлення, а також наявність і надійність захисних кожухів та огорожень. Особливу увагу приділяють стану шліфувального круга, оскільки його руйнування під час роботи може призвести до тяжких травм. Круг повинен відповідати типу верстата та режимам обробки, не мати тріщин, сколів або інших дефектів. Установлення круга здійснюється з дотриманням вимог технологічної документації, із застосуванням прокладок та правильним затягуванням кріпильних елементів.

Важливим аспектом охорони праці є застосування засобів колективного захисту. Шліфувальні верстати повинні бути обладнані захисними кожухами, які обмежують доступ до небезпечної зони та запобігають розльоту уламків абразивного круга. Для зменшення впливу шкідливих факторів виробничого середовища використовуються місцеві відсмоктувальні пристрої та загальнообмінна вентиляція, що забезпечують видалення абразивного пилу, аерозолів охолоджувальних рідин та продуктів зносу. Належна вентиляція сприяє зниженню концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони та покращує санітарно-гігієнічні умови праці.

Під час роботи на шліфувальних верстатах працівник зобов'язаний користуватися засобами індивідуального захисту. Захисні окуляри або лицьові щитки запобігають потрапінню іскор та частинок абразиву в очі, спеціальний робочий одяг захищає тіло від механічних ушкоджень і не повинен мати зачіпок елементів, які можуть бути захоплені рухомими частинами верстата. У разі підвищеного рівня шуму застосовуються навушники або беруші, а при значному пиловиділенні – засоби захисту органів дихання. Використання справних і сертифікованих засобів індивідуального захисту є обов'язковою умовою безпечної праці.

У процесі виконання шліфувальних операцій необхідно суворо дотримуватися встановлених режимів обробки та вимог технологічного процесу. Забороняється перевищувати допустиму частоту обертання круга, працювати без захисних огорожень, торкатися обертових частин верстата або виконувати налагоджувальні

					КРБ.133ГМбд_31[2].01.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

роботи при ввімкненому обладнанні. Подача заготовки до круга повинна здійснюватися плавно, без різких ударів, що можуть спричинити руйнування абразивного інструмента. Робоче місце оператора має бути добре освітленим, чистим і впорядкованим, а проходи – вільними від сторонніх предметів.

Окрему увагу в системі охорони праці слід приділяти електробезпеці та пожежній безпеці. Шліфувальні верстати, як електроустановки, повинні мати справне заземлення та захист від короткого замикання. Забороняється експлуатація обладнання з пошкодженою ізоляцією кабелів або несправними пусковими пристроями. У робочій зоні необхідно дотримуватися вимог пожежної безпеки, оскільки іскри, що утворюються під час шліфування, можуть стати джерелом займання горючих матеріалів.

Ефективність заходів з охорони праці значною мірою залежить від своєчасного технічного обслуговування та ремонту шліфувальних верстатів. Планові огляди, контроль стану механічних вузлів, систем змащення та охолодження, а також регулярна перевірка захисних пристроїв дозволяють попередити аварійні ситуації та знизити рівень виробничого травматизму. Дотримання вимог нормативно-правових актів з охорони праці, інструкцій з безпечної експлуатації обладнання та виробничої дисципліни є необхідною умовою забезпечення безпечних і здорових умов праці при роботі на шліфувальних верстатах.

#### 4.3 Екологічні аспекти виготовлення валу

Виготовлення валів як елементів машини будівної продукції супроводжується впливом на навколишнє середовище на всіх етапах технологічного процесу – від заготівельних операцій до механічної обробки та завершального контролю. У сучасних умовах особливої актуальності набуває впровадження екологічно безпечних технологій, спрямованих на зменшення негативного впливу виробництва на довкілля та раціональне використання природних ресурсів.

					КРБ.133ГМбд_31[2].01.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

На етапі отримання заготовки для валу основним екологічним чинником є споживання металу та енергії. Використання прокату або поковок супроводжується утворенням відходів у вигляді окалини, обрізків та браку. Раціональний вибір способу отримання заготовки, наближеного за формою та розмірами до готового виробу, дозволяє зменшити обсяг механічної обробки і, відповідно, кількість металевих відходів. Значну екологічну ефективність має застосування вторинної металевої сировини та організація замкнених циклів переробки металобрухту на підприємстві.

Під час механічної обробки валу основний вплив на довкілля пов'язаний з утворенням металевої стружки, використанням мастильно-охолоджувальних рідин та споживанням електроенергії. Металева стружка є цінним вторинним ресурсом і за умови належного сортування та зберігання підлягає повторній переробці, що зменшує навантаження на природні ресурси. Використання сучасних різальних інструментів та оптимальних режимів різання сприяє зниженню обсягу стружки і підвищенню енергоефективності процесу.

Мастильно-охолоджувальні рідини є одним з основних джерел потенційного забруднення навколишнього середовища при виготовленні валів. У процесі експлуатації вони можуть втрачати свої властивості та потребують своєчасної заміни. З метою зменшення негативного впливу доцільно застосовувати малотоксичні або біорозкладні охолоджувальні рідини, а також системи їх фільтрації, очищення та повторного використання. Це дозволяє знизити обсяги небезпечних відходів і запобігти потраплянню шкідливих речовин у ґрунт та водні ресурси.

Теплові процеси, зокрема термічна обробка валів, супроводжуються викидами продуктів згоряння та значним енергоспоживанням. Застосування енергоощадних печей, автоматизованих систем керування температурними режимами та сучасних ізоляційних матеріалів сприяє зменшенню викидів шкідливих газів і зниженню витрат палива. Додатково позитивний екологічний ефект досягається завдяки використанню електropечей з високим коефіцієнтом корисної дії.

					КРБ.133ГМбд_31[2].01.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Окрему увагу в екологічних аспектах виготовлення валів слід приділяти рівню шуму та вібрації, що виникають під час роботи металорізальних верстатів. Надмірний шум негативно впливає не лише на умови праці, але й на стан навколишнього середовища виробничих приміщень. Застосування сучасного обладнання, віброгасних основ, шумопоглинальних матеріалів та раціональна організація виробничого простору сприяють зниженню цього негативного впливу.

Завершальним елементом екологічної відповідальності підприємства є система управління відходами та екологічного контролю. Організація роздільного збору відходів, контроль викидів і скидів, а також дотримання вимог екологічного законодавства забезпечують мінімізацію негативного впливу виготовлення валів на довкілля.

Упровадження принципів екологічного менеджменту дозволяє поєднати техніко-економічну ефективність виробництва з вимогами охорони навколишнього середовища.

					КРБ.133ГМбд_31[2].01.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

## ВИСНОВКИ

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

1. Визначено службове призначення плунжерного насосу. Проведено аналіз деталі, що є складовою частиною, а саме валу. 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. Здійснено визначення допусків на обробку та операційних розмірів поверхні  $\varnothing 15k_6^{+0,012}_{-0,001}$  мм розрахунково-аналітичним методом, на решту поверхонь – табличним способом.

3. Запропоновано конструкцію затискного пристосування, що може бути використано під час обробки валу. Визначено зусилля затиску, розраховані параметри силового приводу. Проведено розрахунок слабкої ланки на міцність.

4. Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки. Річний економічний ефект під час порівняння між двома заготівельними технологіями для програми випуску 700 шт. склав 2325 грн. Окрім того запропоновано заходи із охорони праці під час роботи на шліфувальних верстатах. Приділено увагу екологічним аспектам виготовлення валу насосу плунжерного.

5. У графічній частині роботи наведено складальний кресленник насосу плунжерного, кресленник валу, кресленник заготовки валу, складальний кресленник затискного пристосування для реалізації процесу механічної обробки.

					КРБ.133ГМбд_31[2].01.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

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

						КРБ.133ГМбд_31[2].01.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			47

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

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

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

					КРБ.133ГМбд_31[2].01.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

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.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].01.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							49

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

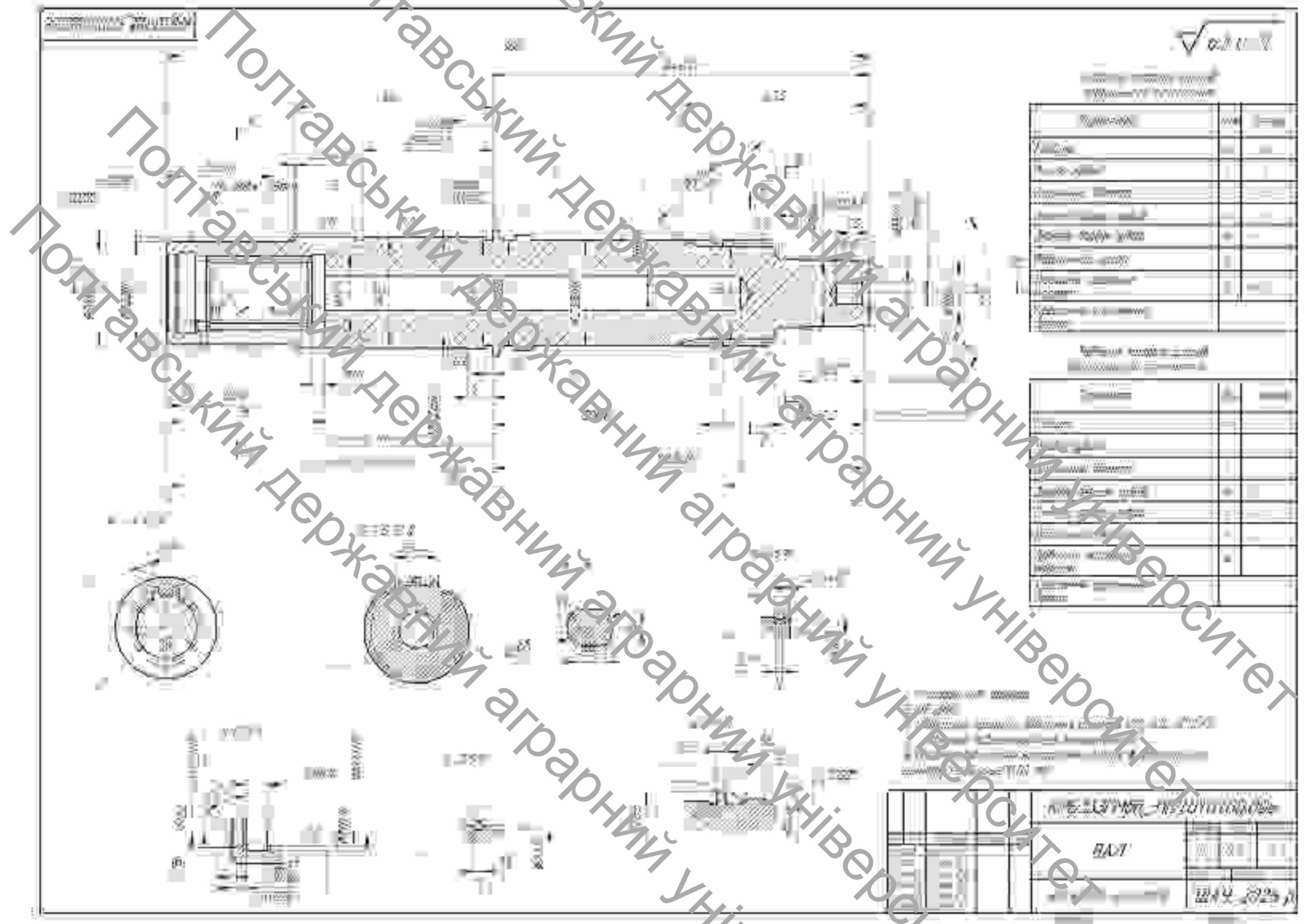
					КРБ.133ГМбд_31[2].01.09.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

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].01.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

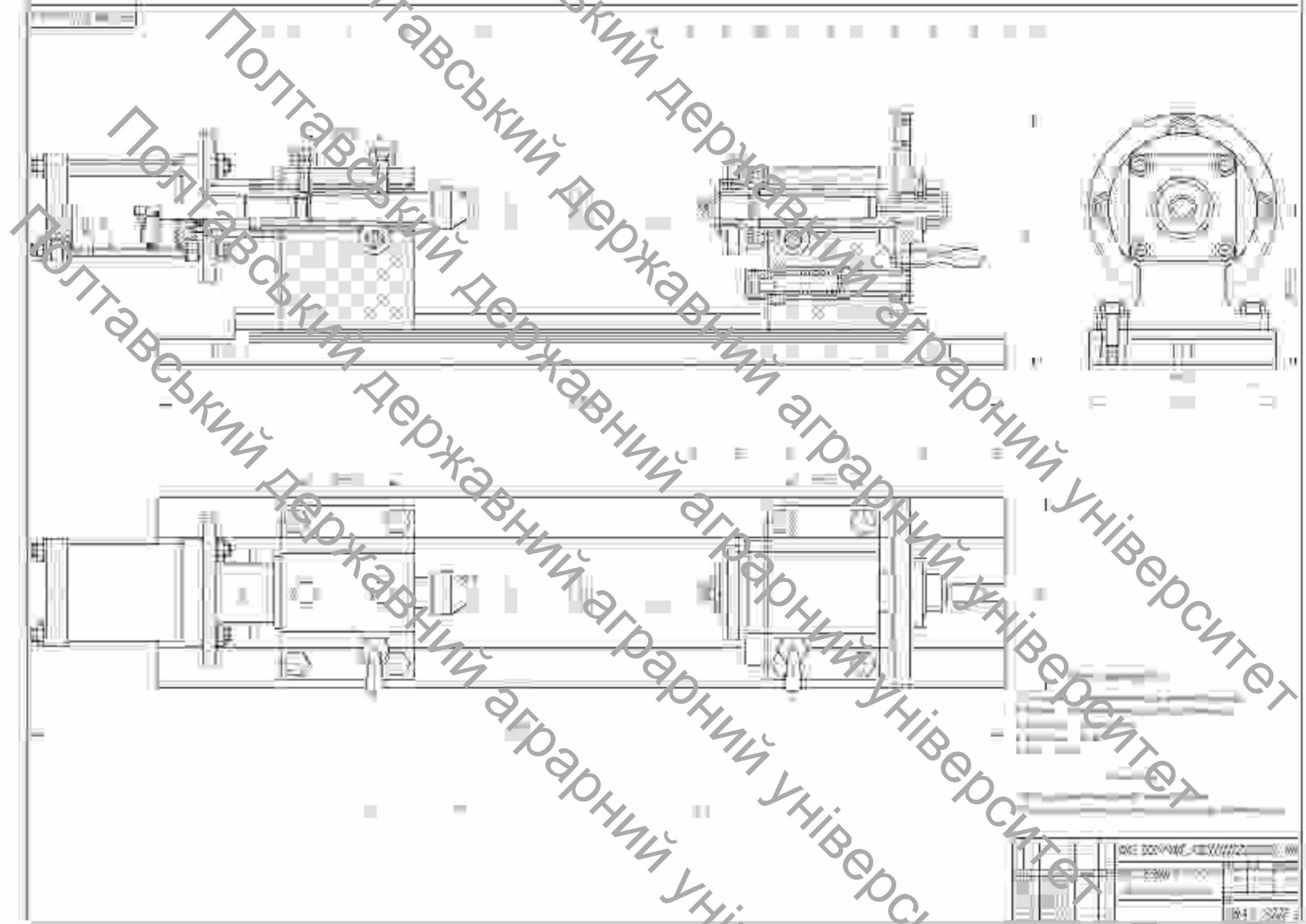


№	Назва приміщення	Площа, кв. м	Висота, м
1	Головний вхід	120	3,5
2	Коридор	80	3,5
3	Клас	150	3,5
4	Лабораторія	200	3,5
5	Бібліотека	180	3,5
6	Кафедра	100	3,5
7	Конференц-зал	120	3,5
8	Ресторан	150	3,5
9	Спальня	100	3,5
10	Ванна кімната	50	3,5
11	Туалет	30	3,5
12	Кухня	80	3,5
13	Склад	100	3,5
14	Гараж	150	3,5
15	Тераса	50	3,5
16	Парковка	200	3,5

№	Назва приміщення	Площа, кв. м	Висота, м
17	Коридор	80	3,5
18	Клас	150	3,5
19	Лабораторія	200	3,5
20	Бібліотека	180	3,5
21	Кафедра	100	3,5
22	Конференц-зал	120	3,5
23	Ресторан	150	3,5
24	Спальня	100	3,5
25	Ванна кімната	50	3,5
26	Туалет	30	3,5
27	Кухня	80	3,5
28	Склад	100	3,5
29	Гараж	150	3,5
30	Тераса	50	3,5
31	Парковка	200	3,5

№	Назва приміщення	Площа, кв. м	Висота, м
32	Коридор	80	3,5
33	Клас	150	3,5
34	Лабораторія	200	3,5
35	Бібліотека	180	3,5
36	Кафедра	100	3,5
37	Конференц-зал	120	3,5
38	Ресторан	150	3,5
39	Спальня	100	3,5
40	Ванна кімната	50	3,5
41	Туалет	30	3,5
42	Кухня	80	3,5
43	Склад	100	3,5
44	Гараж	150	3,5
45	Тераса	50	3,5
46	Парковка	200	3,5





№	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