

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

Пояснювальна записка

*до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти*

*бакалавр*

на тему: «Техніко-технологічне забезпечення виготовлення валу  
приводного гвинтового конвеєра»

КРБ.133ГМбд\_31[2].13.00.00.000 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]  
ЛЕВЦУН Вадим

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

**Полтава – 2026 року**

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

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

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

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

**ЗАВДАННЯ**

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

*ЛЕВЦУН Вадим*

1 Тема роботи: «*Техніко-технологічне забезпечення виготовлення валу  
приводного гвинтового конвеєра*»,

керівник роботи *канд. с.-г. наук, доцент ОПАРА Надія*,  
затверджено засіданням кафедри, протокол №9 від 03 грудня 2025 р.

2 Строк подання здобувачем вищої освіти роботи – до 31 травня 2026 р.

3 Вихідні дані до роботи – *конвеєр гвинтовий (секція приводна):  
продуктивність, куб. м/год., 30; частота обертання робочого органу, об/хв.,  
120; діаметр гвинта, мм, 240; потужність, кВт, 1,1; габаритні розміри  
 $L \times B \times H$ , мм, 2660×360×460; маса, кг, 100; річна програма випуску, шт., 420.*

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 \_\_\_\_\_ Вадим ЛЕВЦУН  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Надія ОПАРА  
(підпис)

## РЕФЕРАТ

**Пояснювальна записка:** 4 розділи, 2 рисунки, 6 таблиць, 50 використаних джерел, 38 сторінок.

**Об'єкт розробки** – гвинтовий конвеєр.

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

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

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

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

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

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

У **конструкторському розділі** було запропоновано конструкцію затискного пристосування для верстатної обробки валу (фрезрування шпонкового пазу), проведено розрахунок зусилля зтиску, параметрів силового приводу, а також слабкої ланки на міцність.

У розділі **економіки, охорони праці та навколишнього середовища** здійснено техніко-економічне обґрунтування способу одержання заготовки деталі, висвітлено заходи із охорони праці під час експлуатації гвинтового конвеєра, а також окреслено основні екологічні ризики під час виготовлення деталі.

**Практичні результати роботи** – розроблено складальний кресленик гвинтового конвеєра (продуктивність, куб. м/год., 30; частота обертання робочого органу, об/хв., 120; діаметр гвинта, мм, 240; потужність, кВт, 1,1; габаритні розміри L×B×H, мм, 2660×360×460; маса, кг, 100; річна програма випуску, шт., 420), кресленик валу, кресленик заготовки валу, складальний кресленик затискного пристосування.

**Рекомендації щодо використання результатів роботи** вал приводний входить до складу гвинтового конвеєра, що використовується для транспортування сипучих зернових матеріалів, продуктів їх переробки вологістю не більше 15% в горизонтальному та нахиленому стані.

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

Графічна частина становить 3 арк. ф. А1.

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

#### АНОТАЦІЯ

У кваліфікаційній роботі бакалавра розглядається конструкція гвинтового конвеєра. Представлено службове призначення вузла. Здійснено аналіз параметрів точності валу приводного. Характеризовано конструкційний матеріал для виготовлення. Визначено тип виробництва. Проведено відпрацювання на технологічність. Проаналізовано діючий процес виготовлення. Розроблено маршрут обробки поверхонь валу приводного. Визначено припуски та операційні розміри. Розроблено конструкцію затискного пристосування для фрезерування пазу, визначено зусилля затиску валу та параметрів силевого приводу. Розраховано слабку ланку на міцність. Визначено економічну ефективність заготовчого виробництва. Висвітлено заходи із охорони праці. Окреслено основні екологічні ризики під час виготовлення деталі.

КОНВЕЄР ГВИНТОВИЙ, ВАЛ ПРИВОДНИЙ, АНАЛІЗ ТОЧНОСТІ, МАРШРУТ ОБРОБКИ, ПРИПУСК ПРИСТОСУВАННЯ ЗАТИСКНИЙ, ЗАГОТОВКА, ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ, ОХОРОНА ПРАЦІ, ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ

#### ANNOTATION

In the bachelor's qualification thesis, the design of a screw conveyor is considered. The functional purpose of the unit is presented. An analysis of the accuracy parameters of the drive shaft is carried out. The construction 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 surfaces of the drive shaft is developed. Allowances and operational dimensions are determined. The design of a clamping fixture for milling a keyway is developed; the clamping force of the shaft and the parameters of the power drive are determined. The weakest link is calculated for strength. The economic efficiency of the blank production is determined. Occupational safety measures are outlined. The main environmental risks during the manufacturing of the part are identified.

SCREW CONVEYOR, DRIVE SHAFT, ACCURACY ANALYSIS, MACHINING ROUTE, ALLOWANCE, CLAMPING FIXTURE, BLANK, ECONOMIC EFFICIENCY, OCCUPATIONAL SAFETY, ENVIRONMENTAL RISKS

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	6
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ .....	8
1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис .....	8
1.2 Аналіз параметрів точності .....	11
1.3 Характеристика матеріалу деталі, замінник .....	12
1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску .....	13
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ .....	15
2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі .....	15
2.2 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення .....	18
2.3 Обробка поверхонь .....	19
2.4 Розробка маршруту виготовлення деталі .....	21
2.5 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів .....	23
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ .....	26
3.1 Розрешка конструкції затискового пристосування .....	26
3.2 Розрахунок зусиль затиску .....	27
3.3 Розрахунок параметрів силового приводу .....	29
3.4 Розрахунок слабкої ланки на міцність .....	30
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА	32
НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА .....	32
4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва зготовки деталі .....	32
4.2 Заходи із охорони праці при експлуатації гвинтового конвеєра .....	34
4.3 Екологічні ризики при виготовленні валу .....	35
ВИСНОВКИ .....	38
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ .....	39

						КРБ.1331 Мбд_31[2].13.00.00_000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Зміст	Літера	Аркуш	Аркушів
Виконав		Левцун В.М.				н	5	38
Перевірив		Опара Н. М.						
Керівник		Опара Н. М.						
Н. контр.		Опара Н. М.						
Затверд.		Попов С.В.						ПДАУ, 2026 р.

## ВСТУП

Сучасний розвиток агропромислового комплексу України характеризується підвищеними вимогами до ефективності, надійності та довговічності машин і обладнання. Важливе місце у технологічних процесах сільськогосподарського виробництва займають транспортуючі машини, зокрема гвинтові (шнекові) конвеєри. Вони широко застосовуються для переміщення зерна, комбікормів, мінеральних добрив та інших сипких матеріалів. Одним із ключових елементів приводної частини такого обладнання є вал приводного гвинтового конвеєра, який сприймає значні крутні та згинальні навантаження. Саме він визначає надійність роботи всієї машини.

Умови експлуатації валів у сільськогосподарських машинах характеризуються змінними навантаженнями, впливом абразивного середовища та можливими перевантаженнями, що обумовлює необхідність забезпечення високої міцності, жорсткості та зносостійкості цих деталей. Це, у свою чергу, висуває підвищені вимоги до їх конструкції, матеріалу та технології виготовлення.

Актуальність теми кваліфікаційної роботи полягає у необхідності вдосконалення техніко-технологічного забезпечення виготовлення валів приводних гвинтових конвеєрів з метою підвищення їх експлуатаційних характеристик, зниження собівартості виробництва та забезпечення стабільної якості продукції. Рациональний вибір конструктивних параметрів, матеріалів, способів обробки та технологічного оснащення дозволяє підвищити ефективність виробництва та конкурентоспроможність машинобудівної продукції [32].

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

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

						КРБ.133ГМбд_31[2].13.00.00.000 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;

- 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, розглянути екологічні ризики машинобудівного виробництва;

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

						КРБ.133ГМбд_31[2].13.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			7

## РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

### 1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис

Конвеєри гвинтові призначені для транспортування сипучих зернових матеріалів, продуктів їх переробки вологістю не більше 15% в горизонтальному та нахиленому стані. Дані машини здатні переміщувати продукт як в одному, так і в іншому напрямі, залежно від того в який бік обертається двигун.

Конвеєр, винесений на розгляд (див. графічну частину, таблиця 1.1), приводиться в рух за допомогою електродвигуна через редуктор та муфту.

При обертанні електродвигуна передається зусилля на редуктор, а потім через муфту та привідний вал на шнек. Останній який має форму гвинта, тим самим починає переміщувати продукт по коробу. Продуктивність конвеєра визначається в залежності від діаметра шнека та потужності електродвигуна.

Таблиця 1.1 - Технічна характеристика (конвеєр гвинтовий, секція пригодна)

Назва параметра	Величина
1	2
Продуктивність, м <sup>3</sup> /год.	30
Частота обертання робочого органу, об/хв.	120
Діаметр гвинта, мм	240
Потужність, кВт	1,1
Габаритні розміри	2660×350×460
Маса, кг	100

Для передавання крутного моменту, а також плавності пуску використовується муфта з гумою на пальцях.

При збільшенні довжини конвеєра використовують підвісні підшипники ковзання для підтримки шнеку та запобігання його прогину, тим самим не допускаючи тертя шнеку по коробові, швидкого спрацювання.

Завдяки простоті монтажу та обслуговування, запобігання змішування продуктів, що транспортуються, дані конвеєри завоювали авторитет на ринку.

Деталлю, що вноситься на детальний розгляд, є вал приводний (рисунок 1.1).

Рисунок 1.1 – Вал приводний

Вал приводний має циліндричну форму. Він є деталлю обертання і складається з ряду послідовно виконаних ділянок різного діаметра, довжини. Конструкція валу симетрично не є рівномірною, оскільки його ліва, центральна та права частини мають різну геометрію та виконують різні функції в механізмі. Вісь деталі є основною базовою лінією, відносно якої задані всі розміри, допуски та геометричні відхилення.

Ліва частина валу має відносно великий діаметр. Вона являє собою циліндричну поверхню з поздовжнім пазом, який проходить уздовж майже всієї довжини цієї ділянки. Паз має чітко визначену ширину та глибину, а його торці плавно переходять у основну поверхню завдяки невеликим радіусам заокруглення, що зменшує концентрацію напружень і покращує технологічність обробки. Шпонковий паз призначений для фіксації деталі від провертання відносно іншого

						КРБ.133ГМбд_31[2].13.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			9

елемента. Поверхня цієї частини має нормовану шорсткість. Це вказує на необхідність точної обробки (шліфування або чистове точіння).

Після цієї ділянки вал переходить у менший за діаметром уступ, який утворює перехідну сходинокку. Такий уступ зазвичай використовується як опорна поверхня або для обмеження осевого переміщення деталей, встановлених на валу. Далі починається центральна частина, яка є найбільш складною за геометрією. Вона складається з кількох послідовних циліндричних сегментів різного діаметра, що чергуються між собою і утворюють посадочні місця та бурти. Кожен із цих сегментів має свої допуски посадки, що свідчить про їх використання для встановлення підшипників, втулок, зубчастих коліс або інших деталей із певною точністю з'єднання.

У центральній зоні також виділяється ділянка більшого діаметра. Вона обмежена з обох боків уступами. Може виконувати функцію опорного бурта або місця для фіксації елемента, що сприймає осеві навантаження. Поверхні цієї частини мають підвищені вимоги до шорсткості, що додатково підтверджує їхню роль як робочих або посадочних поверхонь. Крім того, на кресленні присутні позначення геометричних допусків, зокрема циліндричності, биття відносно бази. Це вказує на необхідність забезпечення високої точності взаємного розташування всіх циліндричних поверхонь.

Права частина валу є більш довгою. Вона має відносно сталий діаметр. На цій ділянці виконано поперечний отвір, розташований перпендикулярно до осі валу. Такий отвір використовується для встановлення штифта, що забезпечує фіксацію деталей або передачу крутного моменту. Поверхня цієї ділянки має іншу норму шорсткості.

Ближче до правого кінця валу передбачена ще одна функціональна зона, де виконано два отвори, розташовані симетрично відносно осі. Також тут наявні фаски під кутом. Вони полегшують складання, усувають гострі кромки, знижують ризик пошкодження при монтажі. Кінцева частина валу оформлена як базова поверхня. Це

									Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_31[2].13.00.00.000 ПЗ				10

підтверджується спеціальним позначенням бази, відносно якої задані геометричні допуски інших елементів деталі.

По всій довжині валу на кресленні вказані лінійні розміри, діаметри, довжини окремих ступенів, а також допуски та посадки. Вони визначають точність виготовлення. Окремо задані параметри шорсткості для різних поверхонь. Це свідчить про різні умови їх роботи – від допоміжних до високонавантажених посадочних. Наявність позначень геометричних допусків, таких як співвісність або радіальне биття, вказує на те, що вал призначений для роботи із високими вимогами до точності обертання. Загалом конструкція деталі є обґрунтованою. Вона передбачає п'ятиетапну механічну обробку, забезпечує надійне встановлення та фіксацію суміжних елементів.

## 1.2 Аналіз параметрів точності

При проведенні аналізу параметрів точності деталі заповнюємо таблицю 1.2 (рисунок 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].

Таблиця 1.2 – Аналіз основних параметрів точності деталі

Номер поверхні деталі	Назва поверхні	Розміри з відхиленнями	Квалітет точності	Точність форми	Точність відносного положення	Шорсткість, Ra, мкм
1	2	3	4	5	6	7
1	Циліндрична поверхня	Ø45h7 <sub>-0,025</sub>	7	–	–	3,2
2, 6	Циліндрична поверхня	Ø50h7 <sub>-0,025</sub>	7	–	–	0,8

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4	5	6	7
3,5	Циліндрична поверхня	$\varnothing 55h7_{-0,030}$	7	0,01	0,02	1,6
4	Циліндрична поверхня	$\varnothing 65h14_{-0,74}$	14	-	-	12,5
7	Циліндрична поверхня	$\varnothing 50h11_{-0,74}$	11	-	-	6,3
8	Паз гіпюкковий	$14JS9_{\pm 0,0215}$	9	-	-	6,3

Проаналізувавши точність параметрів деталі, можна зробити висновок, що виміри до точності розмірів і шорсткості не завищені. Максимальний квалітет точності 7-ий, а мінімальна шорсткість  $R_a = 0,8$  мкм, що без будь-яких ускладнень досягається в умовах машинобудівного підприємства.

### 1.3 Характеристика матеріалу деталі, заміник

Матеріалом валу є вуглецева сталь 45 за ДСТУ 7809-2015 [24, 37]. Усі вуглецеві сталі класифікують за деякими ознаками, основними з яких є: хімічний склад, склад та призначення. За хімічним складом сталі розрізняють на мало вуглецеві (до 0,3%С), середньо вуглецеві (0,3...0,65%С) та високо вуглецеві (більше 0,65%С). За якістю розрізняють сталі звичайної якості ( $S \leq 0,06\%$  та  $P \leq 0,04\%$ ), якісні ( $S \leq 0,04\%$  та  $P \leq 0,04\%$ ), та високоякісні ( $S \leq 0,03\%$  та  $P \leq 0,03\%$ ). При цьому враховується спосіб виготовлення сталі. За призначенням сталі поділяють на конструкційні та інструментальні. В конструкційних сталях розрізняють будівельні (переважно мало вуглецеві) та машинобудівні (мало вуглецеві та середньо вуглецеві). Інструментальні сталі передбачені для виготовлення ріжучого, вимірного та штампового інструменту.

Вуглецеві ясні конструкційні сталі, що виготовляються відповідно до ДСТУ 7809-2015 за видами обробки розподіляються на гаряче катання, калібрування, кування, круглі зі спеціальним обробітком поверхні. Дані сталі виплавляють в кисневих конвертерах, мартенівських та електричних печах, та використовують для виготовлення відповідальних деталей. Їх розподіляють на дві групи: 1 – сталі з нормальним вмістом марганцю; 2 – з підвищеним вмістом марганцю.

Хімічний склад, властивості матеріалу деталі наведені нижче у таблиці 1.2. Також у цій таблиці приведено марку, хімічний склад та властивості матеріалу, яким можна замінити базовий матеріал.

Таблиця 1.2 - Хімічний склад та механічні властивості матеріалу деталі

Сталь	$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_s$ , МПа	Твердість НВ·10 <sup>-1</sup> МПа	Масова частка хімічних елементів	
				С	Mn
45	598	363	193	0,45%	0,25...0,8%
40	568	321	183	0,4%	0,25...0,8%

Остаточню залишаємо базовий матеріал, що був призначений конструктором, тобто сталь 45.

#### 1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску

Маркетингове дослідження показало попит ринку в деталях валу приводного у кількості 420 штук на рік. Визначимо річну програму запуску виробів за формулою:

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

де  $N_{\text{вип}}$  – річна програма випуску виробів, шт.;

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

$k_{\text{оп}}$  – коефіцієнт, що враховує технологічні витрати, які неможливо уникнути.

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

$$N_{\text{зан}} = (420 + 0,04 \cdot 420) \cdot (1 + 0,025) = 448 \text{ (шт.)}$$

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

					КРБ.133ГМбд_31[2].13.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

## РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

### 2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

Технологічність вузла та деталі є важливою характеристикою, що визначає ефективність їх виготовлення, складання та експлуатації. Вона відображає, наскільки конструкція пристосована до сучасних методів виробництва, забезпечує мінімальні витрати матеріалів, часу та трудових ресурсів при збереженні необхідної якості й надійності.

Під технологічністю розуміють сукупність властивостей конструкції, які дозволяють виготовляти деталі з використанням раціональних технологічних процесів, стандартного обладнання та інструментів. Для вузлів важливою складовою є також зручність складання, взаємозамінність елементів і можливість автоматизації виробництва.

Забезпечення високої технологічності досягається шляхом оптимального вибору матеріалів, спрощення форми деталей, зменшення кількості оброблюваних поверхонь, уніфікації елементів та застосування стандартних виробів. Це сприяє зниженню собівартості продукції, підвищенню продуктивності праці та поліпшенню експлуатаційних характеристик виробу.

Отже, технологічність вузла та деталі є одним із ключових чинників, що впливають на економічну доцільність і конкурентоспроможність продукції в сучасному машинобудуванні [23].

Конструкція гвинтового конвеєра в цілому є достатньо технологічною, однак окремі рішення можуть бути вдосконалені з точки зору виготовлення та складання.

Корпус виконаний у вигляді прямолінійного кожуха з плоскими стінками. Це є позитивним рішенням, оскільки такі елементи легко виготовляються з листового прокату за допомогою різання та гнуття. Наявність знімної верхньої кришки також підвищує технологічність, оскільки забезпечує доступ до шнека при складанні, ремонті та обслуговуванні. Разом з тим велика кількість кріпильних отворів по

									Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_31[2].13.00.00.000 ПЗ				15

периметру кришки збільшує трудомісткість виготовлення та складання. Доцільним було б оптимізувати їх кількість або застосувати типові уніфіковані кроки розташування.

Шнек має повторювану геометрію витків. Це є суттєвою перевагою, адже дозволяє використовувати серійні заготовки або штамповані елементи з подальшим навиванням чи зварюванням. Однак зварне з'єднання витків із валом потребує точного центрування. За відсутності базових поверхонь це може ускладнювати виготовлення. Доцільно передбачити технологічні бази або фаски для полегшення складання та забезпечення співвісності.

Використання стандартних підшипникових вузлів, кріпильних елементів позитивно впливає на технологічність, оскільки зменшує потребу у виготовленні спеціальних деталей.

Приводна частина виглядає дещо ускладненою через наявність додаткових перехідних елементів, кронштейнів. Це може збільшувати трудомісткість складання та вимоги до точності взаємного розташування деталей. Спрощення конструкції приводу або уніфікація вузлів дозволили б знизити витрати на виготовлення.

Опорні елементи та кріплення мають просту форму, можуть виготовлятися стандартними методами, що є перевагою. Проте бажано забезпечити зручність доступу до всіх різьбових з'єднань, оскільки на кресленику окремі з них розташовані в обмеженому просторі. Це може ускладнювати монтаж.

Загалом конструкція відповідає основним вимогам технологічності: використані прості форми, стандартні елементи та повторювані деталі. Основні напрямки вдосконалення полягають у зменшенні кількості кріпильних з'єднань, покращенні базування при складанні шнека та спрощенні окремих вузлів приводу.

В таблиці 2.1 наводимо аналіз технологічності деталі.

									КРБ.133ГМбд_31[2].13.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						16

Таблиця 2.1 – Аналіз на технологічність деталі

№ з.п.	Вимоги технологічності	Висновки по показникам технологічності	Заходи з покращення технологічності
1	2	3	4
1	Необхідна наявність зручних технологічних баз, які забезпечують необхідну орієнтацію і надійне закріплення заготовки.	Деталь має зручні технологічні бази. Таким чином забезпечується необхідна орієнтація і надійне закріплення заготовки.	Не потрібні
2	В деталях необхідно уникати отворів $L > 8 \cdot 10D$ .	У даному випадку такі отвори відсутні.	Не потрібні
3	Конструкція деталі повинна дозволяти установку і закріплення її простими пристроями.	Конструкція деталі дозволяє установку і закріплення її простими пристроями – лещата.	Не потрібні
4	Отвори в деталі повинні бути такими, щоб їх можна було обробити на прохід.	Деталь має глухі отвори, але вони потрібні для забезпечення працездатності деталі.	Не потрібні
5	При аналізі креслення необхідна перевірка співвідношення між полями допусків і шорсткістю.	При проведенні аналізу креслення виявлено, що співвідношення між полями допусків і шорсткістю є задовільними.	Не потрібні

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.133ГМбд\_31[2].13.00.00.000 ПЗ

Аркуш

17

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
6	Не бажана наявність глухих шліфованих поверхонь.	Деталь не має глухих шліфованих поверхонь.	Не потрібні
7	Розміри розташування отворів повинні допускати багатошпindelну обробку, для цього відстань між осями повинна бути не менше 30...40 мм.	Розміри розташування отворів допускають багатошпindelну обробку	Не потрібні
8	Не потрібно застосовувати дрібні різбові отвори	У конструкції деталі відсутні дрібні різбові отвори.	Не потрібні

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

## 2.2 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення

Вал виготовляли з прокату. Такий спосіб отримання заготовки вимагає значних припусків на механічну збірку. Хоча даний метод дешевий, але наступна механічна обробка вимагає значних затрат на зняття припуску. Коефіцієнт використання металу низький, тому нами пропонується отримувати заготовку штампуванням.

Оскільки припуск зменшиться, то відпаде необхідність у деяких операціях механічної обробки. Це дозволить зменшити кількість верстатів, необхідних для виготовлення валу.

Оскільки вал виготовляється в умовах одиничного виробництва, то при його виготовленні на підприємстві використовувалися стандартні універсальні пристрої, універсальні верстати, різальний інструмент. В умовах дрібносерійного виробництва пропонується використовувати верстати з ЧПК та пристрої спеціальної конструкції. Застосування прогресивного різального інструменту дозволить підвищити швидкість різання. Це значно зменшить штучний час виготовлення деталі, а відповідно і витрати енергії, інструменту тощо. Це також зменшить собівартість виготовлення деталі.

### 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:

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

де  $\varepsilon$  – загальне значення;

$\varepsilon_i$  – окремі ступені уточнення;

$P$  – число ступенів обробки;

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

Розкладаючи загальне значення на співмножники, потрібно враховувати типові рекомендації: для першого ступеня чергової обробки досяжними є величини уточнення  $\varepsilon < 6$ ; для проміжних ступенів напівчистої обробки  $\varepsilon = 1 \dots 4$ ; для ступенів чистої обробки  $\varepsilon = 1,5 \dots 2$ .

									Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_31[2].13.00.00.000 ПЗ				19

Для найбільш спрямованого вибору числа ступенів обробки необхідно застосувати формулу:

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

Пропонуємо наступні обробки поверхонь деталі (таблиця 2.2).

Таблиця 2.2 – Методи обробки поверхонь деталі

Позначення поверхні	Квалітет за кресленням	Допуск за кресленням, мкм	Шорсткість $R_a$ за кресленням, мкм	Допуск заготовки, мкм	Квалітет заготовки	Загальне уточнення	Можливі маршрути обробки поверхонь		Квалітет після обробки	Додатковий допуск, мкм	Коефіцієнт уточнень	Загальне уточнення
							Номер маршруту	Перехід МОП				
1	11	110	6,3	1850	15	16,09	1.	Свердління	11	100	6,38	16,09
2	11	110	6,3	1850	15	16,09	1.	Зенкерування	11	100	6,38	16,09
3	11	75	6,3	1850	15	16,09	1.	Свердління	11	70	6,38	16,09
4	11	80	6,3	1850	15	6,38	1.	Зенкування	11	75	6,38	6,38
5	11	130	6,3	1850	15	6,39	1.	Фрезерування одноразове	11	100	6,39	6,39
6	9	70	6,3	1850	15	40	1.	Шліфування	9	65	6,36	6,36

Приклад, для обробки поверхні  $\varnothing 50h7$ . Допуск за креслеником 0,025 мм, допуск заготовки – 2,0 мм. Загальне уточнення складає:

$$\varepsilon = \frac{2,0}{0,025} = 80.$$

Орієнтовна кількість ступенів обробки:

$$n_p = \frac{\lg 80}{0,46} \approx 4.$$

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

При виборі маршруту обробки поверхонь стрижня керуємося застосуванням прогресивних та найекономічніших методів обробки.

#### 2.4 Розробка маршруту виготовлення деталі

Маршрути обробки є важливою складовою технологічної підготовки виробництва. Вони визначають послідовність виконання операцій під час виготовлення деталі.

Правильно розроблений маршрут обробки забезпечує раціональне використання обладнання, інструменту та трудових ресурсів, а також мінімізує витрати часу на виготовлення. При його формуванні враховують конструктивні особливості деталі, матеріал, тип виробництва та необхідні технологічні бази. Особливу увагу приділяють вибору послідовності чорнових і чистових операцій, що дозволяє досягти заданих параметрів точності та шорсткості.

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

						КРБ.133ГМбд_31[2].13.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			21

Таблиця 2.5 – Маршрут обробки деталі

Полтавський державний аграрний університет

					КРБ.133ГМбд_31[2].13.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Продовження таблиці 2.3

### 2.5 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів

Як відомо, застосовуються два методи для визначення припусків на обробку: розрахунково-аналітичний та табличний [29, 40, 48]. Визначення припусків на механічну обробку розрахунково-аналітичним методом проводимо для однієї найбільш точної поверхні. У нашому випадку це розмір  $\text{Ø}50\text{h}7_{(-0,025)}$  мм.

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

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

					КРБ.133ГМбд_31[2].13.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

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, пряmolінійності) на попередньому переході;

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

Правильність розрахунку перевіряється за формулою:

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

де  $\delta_{\text{заг.}}$ ,  $\delta_{\text{дет.}}$  – допуск заготовки та деталі відп. відно.

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  $\varnothing 50H7/(k_{0.025})$  мм

Технологічний перехід	Елемент припуску, мкм				Розр. припуск $2Z_{\min}$ , мкм	Розр. розмір, $\varnothing_p$ , мм	Допуск $\delta$ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничний припуск, мкм	
	Rz	T	$\rho$	$\varepsilon$				$d_{\max}$	$d_{\min}$	$Z_{\max}$	$Z_{\min}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Штампув.	200	250	-	130	-	54,179	160	55,8	54,2	-	-
Точіння чорнове	100	100	0	0	350	50,675	620	51,3	50,7	4480	350
Точіння напівчист.	50	50	0	0	400	50,275	250	50,55	50,5	770	400

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Точіння чистове	25	25	0	0	200	50,075	100	50,2	50,1	350	200
Шліфування	5	15	0	0	100	49,975	25	50	49,975	200	125
Сума										5800	4225

Проводимо перевірку правильності розрахунку:

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

$$5800 - 4225 = 1600 - 25;$$

$$1575 = 1575.$$

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

Рисунок 2.1 – Графічна схема розташування припусків на обробку ступені валу  $\varnothing 50h7(-0,25)$  мм

						КРБ.133ГМбд_31[2].13.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			25

## РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

### 3.1 Розробка конструкції затискного пристосування

Для операції механічної обробки валу приводного гвинтового конвеєра на операції 030 Шпонково-фрезерна розробляємо конструкцію затискного пристосування, керуючись рекомендаціями [12, 36, 38, 39]. Складальний кресленник пристосування представлено у графічній частині даної роботи.

Пристосування складається з таких основних елементів: 1 – камера пневматична; 2 – кран; 4 – плита упорна; 5 – шток; 6 – упор; 7 – призма; 8 – шпонка; 9 – планка затиску; 10 – трубка; 11, 12 – гайка; 13-15 – болт; 16 – кільце упорне; 17 – шайба; 18 – штифт. У якості приводу використовується пневмоциліндр двосторонньої дії.

Принцип роботи пристосування базується на фіксації валу в призматичних опорах і його подальшому затисканні за допомогою пневматичного приводу. Оброблюваний вал укладають у призму. Вона забезпечує його точне базування по зовнішній циліндричній поверхні. Додатковий упор обмежує осьове переміщення деталі, фіксуючи її положення вздовж осі. Таким чином задається стабільна й повторювана база для фрезерування шпонкового газу.

Після встановлення деталі подається стиснене повітря через кран у пневматичну камеру. Під дією тиску переміщується шток, який передає зусилля на планку затиску. Планка притискає вал до призми, створюючи надійне силове замикання. Усі різьбові з'єднання (болти, гайки, шайби) забезпечують регулювання положення елементів і жорсткість конструкції, а штифти – точне взаємне розташування деталей пристосування.

При зміні напрямку подачі повітря шток рухається у зворотному напрямку, знімаючи зусилля затиску. Планка відходить, і вал можна легко зняти або замінити новою заготовкою. Така схема забезпечує швидке закріплення й розкріплення деталі, що особливо важливо для серійного виробництва.

									Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_31[2].13.00.00.000 ПЗ				26

### 3.2 Розрахунок зусиль затиску

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

Сила  $F_z$  намагається виштовхнути заготовку паралельно площині закріплення.

Складемо рівняння рівноваги у вигляді  $\sum F_{iy} = 0$ :

$$F_{TP} - K \cdot F_z = 0; \quad (3.1)$$

$$F_{TP} = W \cdot f, \quad (3.2)$$

де  $f$  – коефіцієнт тертя

Тоді рівняння (3.1) прийме вигляд:

$$W \cdot f - K \cdot P_z = 0. \quad (3.3)$$

Звідки

$$W = \frac{K \cdot P_z}{f}, \quad (3.4)$$

де  $K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6$  – коефіцієнт запасу:

$K_0 = 1,2$  – коефіцієнт гарантованого запасу;

$K_1 = 1,2$  – коефіцієнт, який враховує стан поверхні деталі;  $K_2 = 1,3$  – коефіцієнт, який враховує затуплення ПІ;

$K_3 = 1,2$  – коефіцієнт, який враховує збільшення сил різання при перервному різанні;  $K_4 = 1,0$  – коефіцієнт, який враховує постійність сили затискання;

$K_5 = 1,2$  – коефіцієнт, який враховує ергономіку затиснених пристосувань;

$K_6 = 1,0$ .

Тоді  $K$  дорівнює:

					КРБ.133ГМбд_31[2].13.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

$$K = 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 2,7.$$

$f = 0,15$  – коефіцієнт тертя.

Силу різання  $P_z$  визначимо за формулою:

$$P_z = \frac{10C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot B^u \cdot z}{D^v \cdot n^\omega} \cdot K_p, \quad (3.5)$$

де  $t = 2,0$  мм – глибина різання;

$S = 0,024$  мм/зуб – подача;

$B = 14$  мм ширина фрезерування;

$z = 2$  – кількість зубів фрези;

$D = 14$  мм – діаметр фрези;

$n = 800$  хв<sup>-1</sup> – частота обертання фрези;

$K_p = 1,1$  – загальний поправочний коефіцієнт;

$C_p = 68,2$ ;  $x = 0,86$ ;  $y = 0,72$ ;  $u = 1,0$ ;  $v = 0,86$ ;  $\omega = 0$  – коефіцієнти і показники ступенів, які вибираються із довідника.

Визначимо силу різання.

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 2,0^{0,86} \cdot 0,024^{0,72} \cdot 14^{1,0} \cdot 2}{14^{0,86} \cdot 800^0} \cdot 1,1 = 268,7 \text{ (Н)}.$$

Визначимо силу, необхідну для закріплення:

$$W = \frac{268,7 \cdot 2,7}{0,15} = 4836,6 \text{ (Н)}.$$

						КРБ.133ГМбд_31[2].13.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			28

### 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 пневмоциліндру.

Для даного механізму можна записати:

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

де  $i$  – передаточне відношення сил, що характеризує конструктивні параметри механізму. Для даного пристосування  $i = 0,5$ , бо дві деталі затискаються одночасно.

З урахуванням цього зусилля  $Q = W = 9373,2$  (Н).

Знайдемо діаметр поршня пневмоциліндру

$$Q = \frac{\pi (D^2 - d^2)}{4} p \eta. \quad (3.7)$$

З цієї формули виразимо значення діаметра.

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi p \eta} + d^2}, \quad (3.8)$$

де  $D$  – діаметр поршня;

$d$  – діаметр штока, 15 мм;

$\eta$  – ККД пневмоциліндру, 0,8;

$p$  – тиск повітря, що подається у пневмоциліндр, 0,6 МПа.

Обчислимо:

					КРБ.133ГМбд_31[2].13.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 9673,2}{3,14 \cdot 0,6 \cdot 10^6 \cdot 0,8} + 0,015^2} = 0,160 \text{ (м)}.$$

Приймаємо стандартний діаметр  $D = 160 \text{ мм}$ .

### 3.4 Розрахунок слабкої ланки на міцність

Розрахунок проведемо для вісі, що з'єднує шток пневмоциліндру та важелі.

Розрахунок виконуємо на зріз за формулами опору матеріалів:

$$\tau = \frac{P_{\max}}{F_{\min}} \leq [\tau], \quad (3.9)$$

де  $P_{\max}$  – максимальне зусилля зрізу, Н

$$P_{\max} = Q_{\max} = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} p \eta, \quad (3.10)$$

$$P_{\max} = \frac{3,14 \cdot (160^2 - 15^2)}{4} \cdot 0,6 \cdot 0,8 = 9561,3 \text{ (Н)};$$

$[\tau] = 70 \text{ МПа}$  – допустиме напруження на зріз;

$F_{\min}$  – площа поперечного перерізу вісі, мм<sup>2</sup>;

$$F_{\min} = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \quad (3.11)$$

$$F_{\min} = \frac{3,14 \cdot 15^2}{4} = 176,63 \text{ (мм)}.$$

						КРБ.133ГМбд_31[2].13.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			30

Тоді, за формулою (3.10) маємо

$$\tau = \frac{9561,3}{176,63} = 54,1 \text{ (МПа)},$$

$$54,1 < 70.$$

Отже робимо висновок, що міцність рісі достатня.

					КРБ.133ГМбд_31[2].13.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

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

### 4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Для деталі «Вал», що виготовляється зі сталі 45, способи отримання заготовок: виготовлення з прокату та кування на ГХМ [1, 4, 5, 30, 34, 49].

Визначимо коефіцієнти використання матеріалу при прокаті й при куванні за формулою:

$$K_{в.м} = \frac{m_0}{m_3}, \quad (4.1)$$

де  $m_0$ ,  $m_3$  – маси деталі й заготовки відповідно.

Маса готової деталі  $m_0 = 7,0$  кг, маса заготовки із прокату  $m_3 = 11,5$  кг, орієнтовна маса проєктованого штампування  $m_3 = 9,5$  кг.

Прокат:

$$K_{в.м} = \frac{7,0}{11,5} = 0,61.$$

Штампування:

$$K_{в.м} = \frac{7,0}{9,5} = 0,74.$$

Як видно за коефіцієнтами використання матеріалу, кування має менші втрати металу, ніж заготовка із прокату. Вибираємо для одержання валу кування з наступними параметрами: ступінь складності С2, клас точності Т5, група сталі М2.

Визначимо вартість заготовки із прокату:

$$S_{заг} = m_3 \cdot \frac{S_{пр}}{1000} - (m_3 - m_0) \cdot \frac{S_{вдх}}{1000}, \quad (4.2)$$

					КРБ.133ГМбд_31[2].13.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

де  $S_{np}$  – вартість 1 тони прокату ( $S_{np} = 50000$  грн/т),

$S_{вдх}$  – вартість 1 тони відходів ( $S_{вдх} = 6000$  грн/т).

$$S_{заг} = 11,5 \cdot \frac{50000}{1000} - (11,5 - 7,0) \frac{6000}{1000} = 548 \text{ грн.}$$

Вартість штампування:

$$S_{заг} = \left( \frac{C_i}{1000} \cdot m_s \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_M \cdot k_{mat} \cdot k_o \right) \cdot (m_i + m_d) \frac{S_{вдх}}{1000}, \quad (4.3)$$

де  $C_i$  – вартість 1 тони заготовок отриманих штампуванням ( $C_i = 45000$  грн/т),

$k_m, k_c, k_M, k_{mat}, k_o$  – коефіцієнти, що залежать від класу точності, групи складності, маси, марки матеріалу й обсягу виробництва ( $k_m = 1,1$ ;  $k_c = 1,04$ ;  $k_M = 1,0$ ;  $k_{mat} = 1,1$ ;  $k_o = 0,93$ ).

Вартість штампування складе:

$$S_{заг} = \left( \frac{45000}{1000} \cdot 9,5 \cdot 1,1 \cdot 1,04 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 0,93 \right) - (9,5 - 7,0) \frac{6000}{1000} = 485,3 \text{ грн.}$$

Економічний ефект у цьому випадку буде становити:

$$E = (548 - 485,3) \cdot 420 = 26334 \text{ (грн.)}$$

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

					КРБ.133ГМбд_31[2].13.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

## 4.2 Заходи із охорони праці при експлуатації гвинтового конвеєра

Експлуатація гвинтового конвеєра пов'язана з дією низки небезпечних і шкідливих виробничих факторів. До них належать рухомі частини механізму, можливість затягування одягу або частин тіла в зону обертання шнека, підвищений рівень шуму та вібрації, запиленість повітря робочої зони, а також ризик ураження електричним струмом. У зв'язку з цим забезпечення належного рівня охорони праці під час його експлуатації є обов'язковою умовою безпечної роботи обслуговуючого персоналу та безперебійного функціонування обладнання [2, 8, 10, 14-17, 19, 20, 22, 26, 27, 31, 33, 41-46, 50].

Конструкція гвинтового конвеєра повинна передбачати наявність суцільних або знімних захисних кожухів. Вони унеможливають доступ до обертового гвинта, приводних елементів під час роботи. Усі рухомі частини, включаючи муфти, редуктори та пасові передачі, мають бути надійно огорожені. Забороняється експлуатація обладнання при знятих або пошкоджених захисних огороженнях. Особлива увага приділяється герметизації жолоба конвеєра. Це дозволяє зменшити заділення пилу, запобігти потраплянню сторонніх предметів у робочу зону.

Перед пуском конвеєра оператор зобов'язаний перевірити технічний стан обладнання, справність електрообладнання, надійність кріплень, відсутність сторонніх предметів у зоні транспортування матеріалу. Пуск повинен здійснюватися тільки після подачі попереджувального сигналу, якщо конвеєр обслуговується кількома працівниками. Забороняється перебування людей у небезпечній зоні під час запуску та роботи механізму.

Під час експлуатації не допускається виконання будь-яких ремонтних чи регулювальних робіт без повної зупинки конвеєра, а також відключення його від джерела живлення. Для цього повинні використовуватися пристрої блокування. Вони виключають можливість випадкового увімкнення обладнання. Усі роботи з технічного обслуговування слід виконувати відповідно до встановленого

						КРБ.133ГМбд_31[2].13.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			34

регламенту із використанням справного інструменту, засобів індивідуального захисту.

Електробезпека забезпечується правильним заземленням обладнання, застосуванням захисних автоматичних вимикачів, регулярною перевіркою ізоляції електричних ланцюгів. Обслуговування електрообладнання повинно здійснюватися лише кваліфікованим персоналом, який має відповідну групу допуску з електробезпеки.

З метою зниження негативного впливу шуму, вібрації необхідно передбачати встановлення амортизуючих опор, балансування обертових елементів, а також своєчасне змащування вузлів тертя. У разі перевищення допустимих рівнів шуму працівники повинні використовувати індивідуальні засоби захисту органів слуху.

Важливим аспектом є організація робочого місця оператора. Місце повинно бути добре освітленим, не захираченим сторонніми предметами, а також обладнаним засобами пожежогасіння. У випадку транспортування вибухо- або пожежонебезпечних матеріалів необхідно додатково передбачати заходи із запобігання іскроутворенню, накопиченню статичної електрики.

Таким чином, дотримання вимог охорони праці під час експлуатації гвинтового конвеєра базується на прийнятті конструктивних рішень, організаційних заходів та дисципліни персоналу. Комплексне впровадження зазначених заходів дозволяє мінімізувати виробничі ризики, забезпечити безпечні умови праці та підвищити надійність роботи обладнання.

#### **4.3 Екологічні ризики при виготовленні валу**

Виготовлення валу приводного гвинтового конвеєра супроводжується впливом на довкілля. Це обумовлено застосуванням механічної обробки, термічних процесів, мастильно-охолоджувальних рідин, а також енергетичних ресурсів. Екологічні ризики виникають на всіх етапах технологічного процесу, а саме, від отримання заготовки до остаточної обробки та контролю якості.

									Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_31[2].13.00.00.000 ПЗ				35

На стадії отримання заготовки, зокрема при куванні, основними джерелами негативного впливу є викиди продуктів згоряння палива, оксидів вуглецю та азоту, а також значні витрати енергії. При цьому утворюються окалина та металеві відходи. Усі вони за відсутності належної системи збору можуть потрапляти у ґрунт або водні об'єкти. Використання неефективного або застарілого обладнання підвищує рівень викидів та енергоспоживання.

Механічна обробка валу (точіння, фрезерування, шліфування) супроводжується утворенням металевої стружки, пилу та аерозолів мастильно-охолоджувальних рідин. Стружка при неправильному зберіганні може окислюватися, виділяючи шкідливі речовини, а також забруднювати виробничі приміщення. Особливу небезпеку становлять емульсії та масла. Вони при потраплянні до каналізації або ґрунту призводять до тривалого забруднення водних ресурсів. Аерозолі мастильно-охолоджувальних рідин погіршують якість повітря робочої зони та можуть виноситися за межі виробництва.

Термічна обробка валу (гартування, нормалізація, відпускання) супроводжується викидами тепла, газів, продуктів згоряння, а також використанням охолоджувальних середовищ (мастил, води, полімерних розчинів). У разі витоків або неправильного поводження ці середовища можуть забруднювати навколишнє середовище. Додатковим фактором є утворення окалини та відпрацьованих матеріалів, які потребують утилізації.

Шліфувальні операції створюють дрібнодисперсний пил, відходи абразивних матеріалів. Вони можуть потрапляти до атмосфери або накопичуватися у виробничих приміщеннях. Без ефективних систем аспірації це призводить до забруднення повітря, підвищення ризику для здоров'я працівників, довкілля.

Суттєвим екологічним аспектом є утворення відходів різного класу небезпеки: металевої стружки, відпрацьованих мастил, емульсій, фільтрів, абразивів. Неналежне поводження з цими відходами може спричинити забруднення ґрунту, поверхневих, підземних вод, вторинне забруднення повітря. Крім того, витрати

									Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_31[2].13.00.00.000 ПЗ				36

електроенергії на всіх етапах виробництва формують непрямий вплив через збільшення викидів парникових газів у енергетичному секторі.

Зменшення екологічних ризиків досягається шляхом впровадження маловідходних та енергоефективних технологій, використання сучасних мастильно-охолоджувальних рідин із підвищеним ступенем біорозкладання, організації систем збору і переробки стружки, очищення повітря та стічних вод. Важливу роль відіграє герметизація обладнання, застосування локальних витяжних систем і фільтрів, також суворе дотримання вимог екологічної безпеки, виробничої дисципліни.

Отже, екологічні ризики при виготовленні валу приводного гвинтового конвеєра мають комплексний характер і пов'язані з усіма етапами виробництва. Їх мінімізація потребує системного підходу, що поєднує технологічні, організаційні та природоохоронні заходи.

					КРБ.133ГМбд_31[2].13.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

## ВИСНОВКИ

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

1. Визначено службове призначення гвинтового конвеєра. 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 – дрібносерійний.

2. Відкрито на технологічність вузол та його деталь. Проаналізовано діючий технологічний процес виготовлення. Розроблено маршрут обробки поверхонь валу. Здійснено визначення припусків на обробку та операційних розмірів поверхні  $\varnothing 50h7(k_{25})$  мм розрахунком аналітичним методом.

3. Запропоновано конструкцію затискного пристосування, що може бути використано під час обробки деталі на операції 030 (фрезерування шпонкового пазу). 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 420 шт. склав 26334 грн. Окрім того, висвітлено заходи з охорони праці під час експлуатації гвинтового конвеєра. Окреслено основні екологічні ризики під час виготовлення деталі.

5. У графічній частині роботи наведено складальний кресленик гвинтового конвеєра, кресленик валу, кресленик заготовки валу, складальний кресленик затискного пристосування для реалізації процесу механічної обробки фрезерування шпонкового пазу.

						КРБ.133ГМбд_31[2].13.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			38

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

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

					КРБ.133ГМбд_31[2].13.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

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

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

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

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

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

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

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

19. 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. 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.

										Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_31[2].13.00.00.000 ПЗ					40

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

25. Мельничук П.П., Боровик А.І., Лінчевський П.П. Технологія машинобудування: Підручник. Житомир: ЖДТУ, 2005. 876 с.

26. Москальова В.М. Основи охорони праці: підручник. Київ: Професіонал, 2005. 672 с.

27. Основи проектування технологічних процесів / Гречкосій В.Д. та ін. Ніжин: MILANIK, 2009. 411 с.

28. Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки: навчально-методичний посібник. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 240 с.

29. Пасько М.М., Показаньева С.Д. Технологія машинобудування. Краматорськ: ВСП МК ДДМА, 2019. 289 с.

30. Петрозич Й.М., Кіт А.Ф., Семенів О.М. Економіка підприємства. Львів: «Новий Світ-2000», 2004. 680 с.

31. Пістун І.І., Кіт Ю.В. Основи охорони праці: практикум. Суми: Університетська книга, 2000. 207 с.

32. Попов С., Скрипник В. Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня бакалавра здобувачами вищої освіти зі спеціальності 133 Галузеве машинобудування за освітньо-професійною програмою Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва галузі знань 13 Механічна інженерія. Полтава: ПДАУ, 2022. 32 с.

33. Рогач Ю.П. Пожежна безпека. Мелітополь: ТДАА, 2001. 121 с.

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

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

						КРБ.133ГМбд_31[2].13.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			41

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

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

38. Технологічне забезпечення оснащенням гнучких виробничих систем механообробного виробництва: навчальний посібник / Є. А. Фролов, О.І. Біловод, С.Б. Попов, А.О. 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].13.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						42

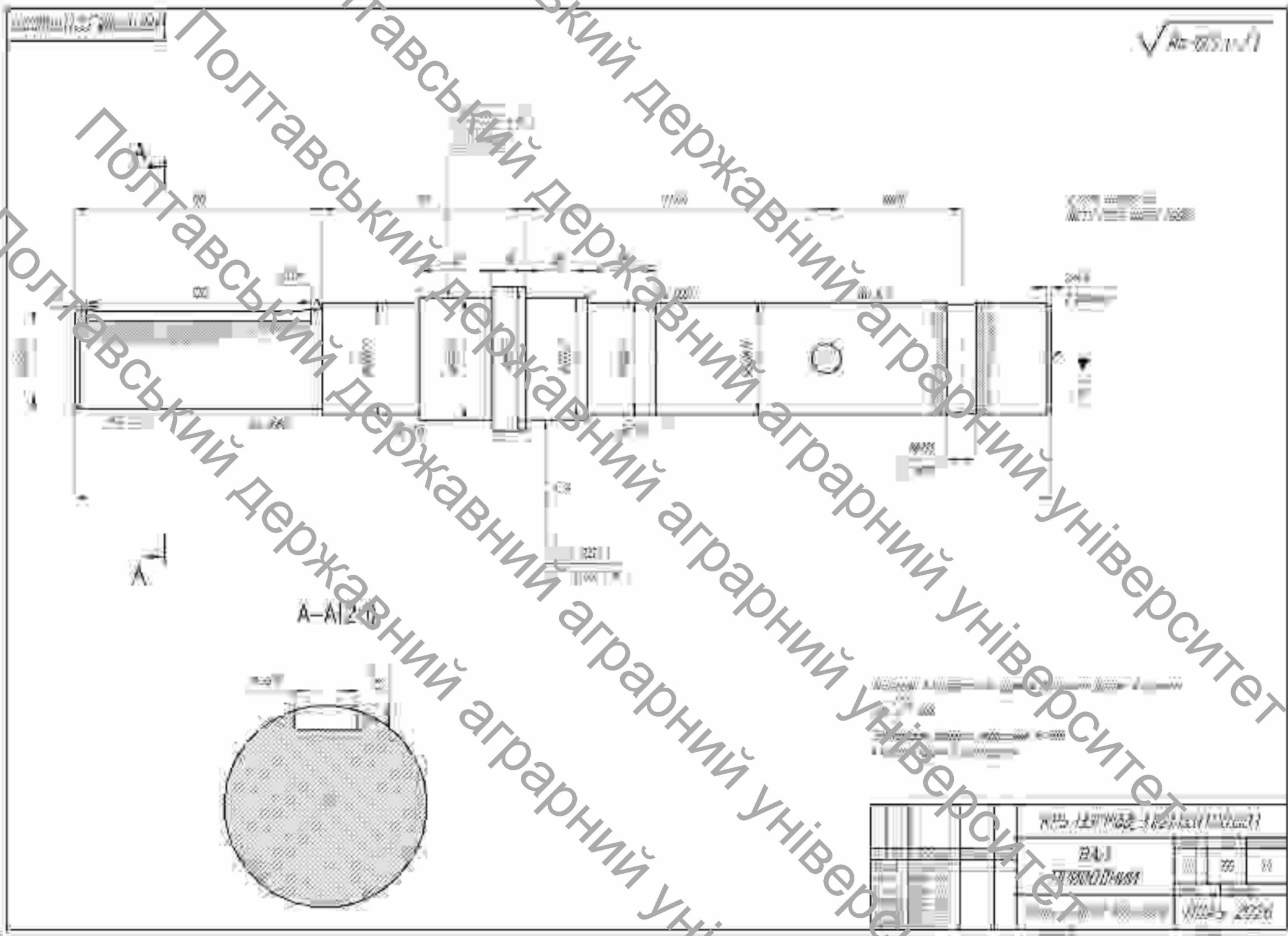
48. Черевко О.І., Михайлов В.М., Бабкіна І.В. Технологічні основи машинобудування. Харків: ХДУХТ, 2005. 82с.

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.

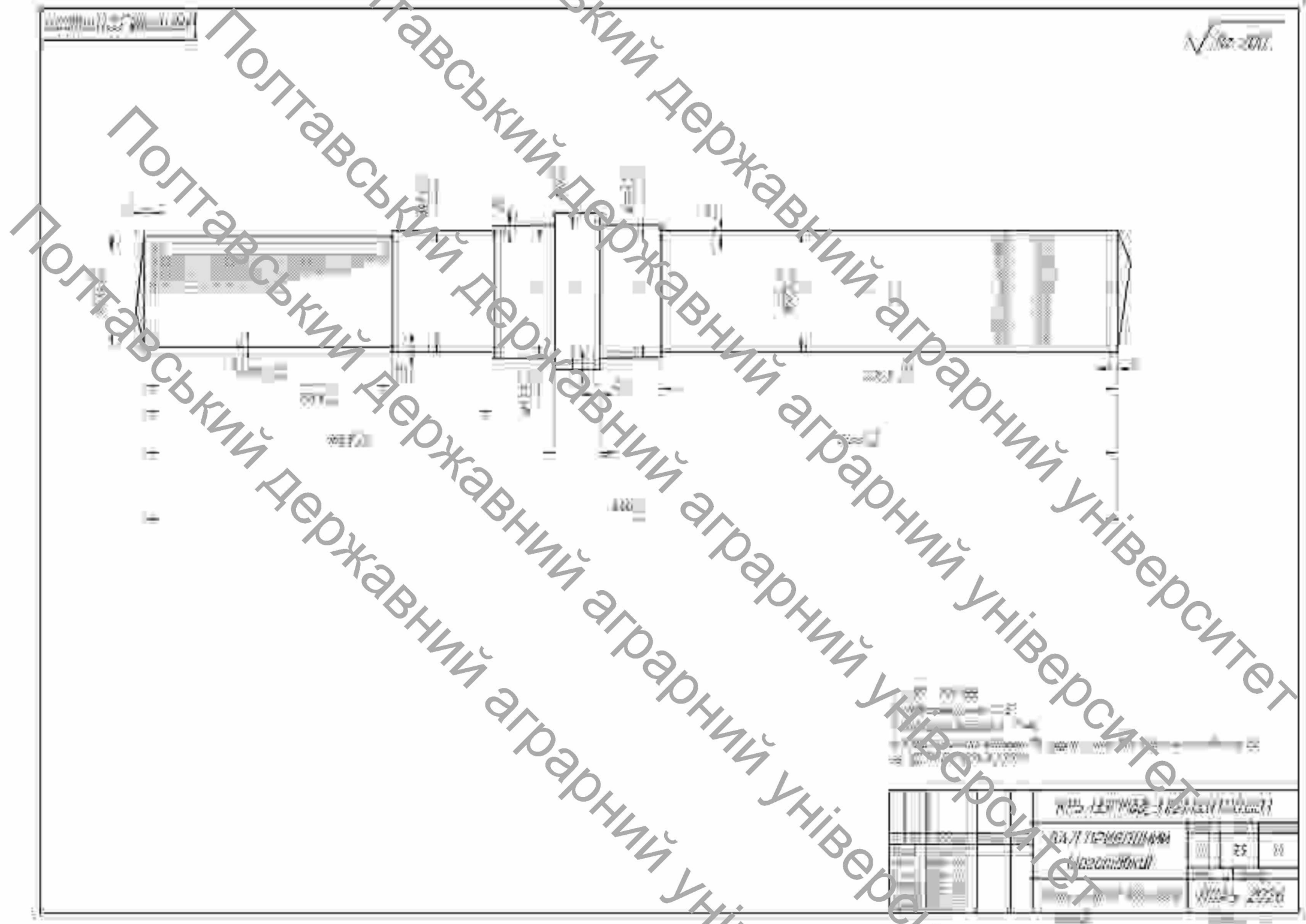
					КРБ.133ГМбд_31[2].13.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

√ R=0.05:1/1



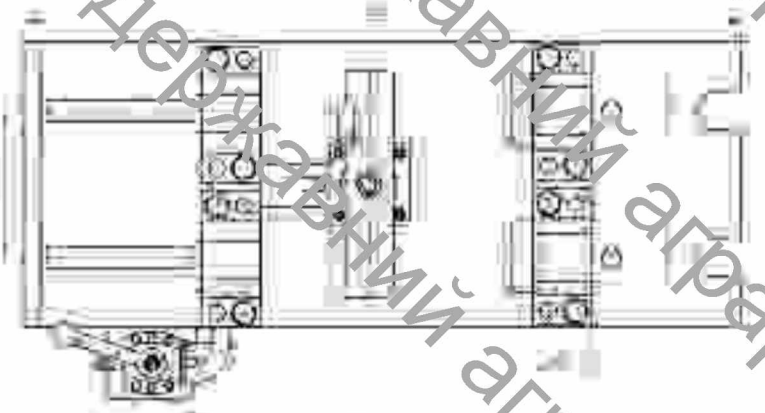
Полтавський державний аграрний університет

Полтавський державний аграрний університет			
РД-1	75	8	
2020/2021			
Полтава, 2020			



Полтавський державний аграрний університет		№ 18/2018	
НАЧ. ПЕРШОЇ НАСІДКА	№ 25	88	
М. П. (signature)			
Полтава, 2020			

Полтавський державний аграрний університет



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