

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

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти

бакалавр

на тему: «Конструкторсько-технологічні аспекти виготовлення валу станції приводної скребкового конвеєра»

КРБ.133ГМбд_41.22.00.00.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
«Машини та обладнання
сільськогосподарського виробництва»
спеціальності 133 *«Галузеве*
машинобудування»
ступеня вищої освіти *бакалавр*
групи 133ГМбд_41
ШЕРЕМЕТ Максим

Керівник: докт. техн. наук, доцент
ХАРЧЕНКО Сергій

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 ЗДОБУВАЧЕВІ ВИЩОЇ ОСВІТИ

ШЕРЕМЕТ Максим

1 Тема роботи: «*Конструкторсько-технологічні аспекти виготовлення валу станції приводної скребкового конвеєра*»,
керівник роботи **докт. техн. наук, доцент ХАРЧЕНКО Сергій**,
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 – *станція привідна скребкового конвеєра (потужність приводу, кВт, 45; швидкість переміщення транспортеру, м/с, 3,2; продуктивність, т/год, 350; габаритні розміри L×B×H, мм, 645×915×435; маса, кг, 90); річна програма випуску, шт., 300.*

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 технологічного оснащення.*

6 Консультанти розділів *кваліфікаційної роботи*

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

7 Дата видачі завдання 03 грудня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Здобувач вищої освіти _____ Максим ШЕРЕМЕТ
(підпис)

Керівник роботи _____ Сергій ХАРЧЕНКО
(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка. 4 розділи, 8 таблиць, 50 використаних джерел, 44 сторінки.

Об'єкт розробки – станція привідна скребкового конвеєра.

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

Постановка актуальної технічної задачі – дослідити можливості машинобудівного виробництва стосовно виготовлення складової деталі для забезпечення роботоздатного стану станції привідної скребкового конвеєра за умов визначеного типу виробництва.

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

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

У загальному розділі подано опис станції привідної скребкового конвеєра, розглянуто її конструктивні особливості та функціональне призначення. Проведено аналіз вимог до точності валу, обґрунтовано вибір матеріалу, а також визначено тип виробництва та річну програму випуску виробу.

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

У конструкторському розділі наведено результати розрахунку та проектування затискного пристосування для фрезерування шпонкового пазу на валу. Описано його будову, принцип дії. Розраховано зусилля затиску, параметри силового приводу та слабку ланку на міцність.

У розділі економіки, охорони праці та навколишнього середовища проаналізовано способи отримання заготовки валу, за результатами якого обґрунтовано доцільність застосування штампування на пресі. Крім того, наведено розрахунки штучного заземлення технологічного обладнання, проаналізовано екологічні аспекти виготовлення деталі.

Практичні результати роботи – розроблено складальний кресленик станції привідної скребкового конвеєра (потужність приводу, кВт, 45; швидкість переміщення транспортеру, м/с, 3,2; продуктивність, т/год, 350; габаритні розміри L×B×H, мм, 645×915×435; маса, кг, 90); річна програма випуску, шт., 300); кресленик валу; кресленик заготовки валу; кресленик технологічного оснащення

Рекомендації щодо використання результатів роботи вал входить до складу станції привідної скребкового конвеєра, що застосовується для забезпечення безперервного руху тягового органу конвеєра та ефективного транспортування матеріалу вздовж його траси.

Сфера застосування результатів роботи – галузеве машинобудування.

Графічна частина становить 3 арк. ф. А1.

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

АНотація

Кваліфікаційна робота бакалавра присвячена розробці конструкторсько-технологічних рішень виготовлення валу станції приводної скребкового конвеєра. У роботі проаналізовано службові призначення та конструкцію станції, виконано аналіз параметрів точності валу, обґрунтовано вибір матеріалу та визначено тип виробництва та річну програму випуску. Розроблено раціональний технологічний процес механічної обробки валу з визначенням маршрутів обробки, припусків і операційних розмірів. Спроектовано затискне пристосування для фрезерування шпоночного пазу валу із необхідними розрахунками. Проведено техніко-економічне обґрунтування способу отримання заготовки, а також розраховано штучне заземлення. Проаналізовано екологічні аспекти виробництва валу. Отримані результати можуть бути використані у машинобудівному виробництві.

СТАНЦІЯ ПРИВІДНА, КОНВЕЄР СКРЕБКОВИЙ, ВАЛ, МЕХАНІЧНА ОБРОБКА, ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОШНАЩЕННЯ, ШТАМПУВАННЯ, ЗАЗЕМЛЕННЯ, ДОВКІЛЛЯ.

ANNOTATION

The bachelor's qualification work is devoted to the development of design and technological solutions for manufacturing the shaft of the drive station of a scraper conveyor. The work analyzes the functional purpose and design of the station, examines the accuracy parameters of the shaft, substantiates the choice of material, and determines the type of production and the annual production volume. A rational technological process for the mechanical machining of the shaft has been developed, including the determination of machining routes, allowances, and operational dimensions. A clamping fixture for milling the keyway of the shaft has been designed with the necessary calculations. A technical and economic justification of the method for obtaining the blank has been carried out, and artificial grounding has been calculated. Environmental aspects of shaft production have been analyzed. The obtained results can be used in mechanical engineering production.

DRIVE STATION, SCRAPER CONVEYOR, SHAFT, MECHANICAL MACHINING, TECHNOLOGICAL TOOLING, STAMPING, GROUNDING, ENVIRONMENT.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ	8
1.1 Службово 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	14
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ	15
2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі	15
2.2 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення	20
2.3 Обробка поверхонь	20
2.4 Розробка маршруту виготовлення деталі	23
2.5 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів	26
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ	29
3.1 Розробка конструкції затискного пристосування	29
3.2 Розрахунок зусиль затиску	30
3.3 Розрахунок параметрів силового приводу	32
3.4 Розрахунок слабкої ланки на міцність	33
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА	35
НАВКОЛИПНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	35
4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі	35
4.2 Розрахунок штучних пристроїв заземлення	37
4.3 Екологічні аспекти виготовлення валу	42
ВИСНОВКИ	44
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	45

						КРБ.133ГМБл.41.22.00.00.000 ІЗ										
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Зміст						Літера	Аркуш	Аркушів			
Виконала	Шеремет М.										н	5	44			
Перевірив	Харченко С.										ЛДАУ, 2026 р.					
Керівник	Харченко С.															
Н. контр.	Харченко С.															
Затверд.	Попов С.В.															

ВСТУП

Сучасний розвиток агропромислового комплексу характеризується широким впровадженням механізованих та автоматизованих технологій, що забезпечують підвищення продуктивності праці та ефективності виробництва. Важливе місце у транспортно-технологічних процесах сільськогосподарського виробництва займають конвеєрні системи, зокрема скребкові конвеєри, які використовуються для переміщення сипких матеріалів, зерна, кормів та інших вантажів [32].

Надійність і довговічність роботи скребкового конвеєра значною мірою визначається технічним станом його приводної станції, ключовим елементом якої є вал. Вал виконує функцію передачі крутного моменту від приводу до робочих органів машини та сприймає значні механічні навантаження, що обумовлює підвищені вимоги до його конструкції, матеріалу та технології виготовлення.

У зв'язку з цим особливої актуальності набуває комплексне дослідження конструкторсько-технологічних аспектів виготовлення валів, спрямоване на забезпечення їх міцності, жорсткості, зносостійкості та технологічності у виробництві. Рациональне поєднання конструктивних рішень і технологічних процесів дозволяє знизити собівартість виготовлення, підвищити якість виробу та забезпечити ефективність його експлуатації.

Мета роботи полягає у розробленні базових методень для підготовки виробництва із забезпечення потреб ринку. **Об'єктом** розробки є станція приводної скребкового конвеєра, а **предметом** – конструкторсько-технологічні аспекти забезпечення процесів виготовлення валу.

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

- проаналізувати службове призначення вузла, здійснити аналіз точності, охарактеризувати конструкційний матеріал, що застосовується 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 технологічне оснащення для реалізації процесу механічної обробки деталі, розрахувати зусилля записку, параметри силового приводу, а також слабку ланку на міцність;

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

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

					КРБ.133ГМбд_41.22.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис

Станція приводна скребкового конвеєра (див. графічну частину) призначена для забезпечення безперервного руху тягового органу конвеєра та ефективного транспортування матеріалу вздовж його траєкторії. Вона є основним силовим вузлом установки, який виконує перетворення електричної енергії в механічну та передає її на робочі елементи конвеєра, забезпечуючи їх узгоджену і стабільну роботу в різних експлуатаційних умовах.

Конструктивно приводна станція (таблиця 1.1) включає електродвигун, редуктор, з'єднувальні муфти, ведучий вал із зірочкою, а також доломіжні елементи, що забезпечують надійність передачі руху. Електродвигун створює обертальний момент, який через редуктор зменшується до необхідної частоти обертання та одночасно збільшується за величиною. Далі цей момент передається на ведучий вал, де встановлено зірочку, що входить у зачеплення зі скребковим ланцюгом. У результаті ланцюг разом зі скребками починає рухатися, переміщуючи матеріал уздовж жолоба конвеєра.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика

Назва параметра	Величина
Потужність приводу, кВт	45
Швидкість переміщення транспортеру, м/с	3,2
Продуктивність, т/год	350
Габаритні розміри, мм	645×915×435
Маса, кг	90

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.133ГМбд_41.22.00.00.000 ПЗ

Аркуш

8

Окрім основної функції приводу, станція виконує важливу роль у створенні необхідного тягового зусилля. Це зусилля повинно бути достатнім для подолання сил тертя між ланцюгом і жолобом, ваги матеріалу, що транспортується, опору при його пересуванні, а також додаткових навантажень, що виникають при пуску, зупинці або нерівномірній подачі вантажу. Від правильного підбору та роботи приводної станції залежить продуктивність конвеєра, його економічність і надійність.

Станція також забезпечує пуск і зупинку конвеєра, причому ці процеси можуть бути як прямими, так і плавними - залежно від застосованих систем керування. У сучасних установках часто використовуються пристрої плавного пуску або частотні перетворювачі, що дозволяє зменшити динамічні навантаження на вузли конвеєра, підвищити ресурс обладнання та знизити енергоспоживання. Крім того, приводна станція може забезпечувати регулювання швидкості руху ланцюга, що важливо для адаптації роботи конвеєра до змінних виробничих умов.

Важливою функцією є також захист обладнання від аварійних режимів роботи. У приводній станції передбачаються запобіжні муфти, гальмівні пристрої, датчики перенавантаження та системи контролю, які запобігають пошкодженню механізмів у разі заклинювання ланцюга, перевищення допустимого навантаження або інших небезпечних ситуацій. Наявність систем мастила та охолодження сприяє зменшенню зношування деталей і забезпечує тривалу та безвідмовну роботу всіх елементів станції.

Таким чином, приводна станція скребкового конвеєра є не просто джерелом руху, а комплексним технічним вузлом, що об'єднує функції передачі енергії, керування, захисту та забезпечення стабільної роботи всієї транспортної системи. Від її конструкції, технічного стану та режимів експлуатації безпосередньо залежить ефективність, безпека і довговічність роботи конвеєра в цілому.

Деталлю, що виноситься на детальний розгляд, є вал (див. графічну частину).

Це ступінчастий вал, призначений для передавання крутного моменту та встановлення на ньому елементів приводу, зокрема зірочки, підшипників і

					КРБ.133ГМбд_41.22.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

допоміжних деталей. За своєю конструкцією вал має кілька циліндричних ділянок різного діаметра, що забезпечує можливість точного базування та фіксації вузлів у заданих положеннях, а також сприйняття навантажень різного характеру.

Загальна довжина валу становить 430 мм, що вказує на його використання у у приводній частині конвеєра. Геометрія валу є ступінчастою: центральна частина має більший діаметр (близько 70 мм), що забезпечує підвищену жорсткість і здатність передавати значний крутний момент без небезпечних деформацій. На цій ділянці передбачено шпонковий паз для встановлення приводної зірочки.

Лівий кінець валу має діаметр 60 мм. Це цапфа під підшипник. Аналогічна цапфа передбачена і з протилежного боку. Для відповідальних ділянок задані точні посадки (типу h8, h9, N9). Це свідчить про необхідність забезпечення відповідної точності з'єднання – як із натягом, так і з зазором, залежно від функціонального призначення конкретної поверхні. Наявність шпонкових пазів вказує на передачу крутного моменту через шпонкові з'єднання/

На кресленні також показані різні конструктивні елементи, такі як фаски (наприклад, $2 \times 45^\circ$), радіуси заокруглень ($R0,3$; $R0,5$; $R1,0$), які виконують як технологічну, так і експлуатаційну функцію. Вони зменшують концентрацію напружень, полегшують складання і підвищують довговічність деталі. Передбачено центрові отвори (типу F8, ДСТУ EN ISO 6411:2018), що необхідні для обробки валу на токарних верстатах і забезпечення співвісності всіх поверхонь.

Шорсткість більшості робочих поверхонь задана на рівні Ra 3,2 або Ra 6,3, що відповідає вимогам до поверхонь, які взаємодіють із підшипниками та іншими деталями. Окремі поверхні мають жорсткіші вимоги до точності форми та взаємного розташування, зокрема вказано допуски на співвісність (не більше 0,05 мм), що є критичним для обертових деталей, аби уникнути вібрацій і передчасного зношування.

Матеріалом деталі є сталь 45 за стандартом ДСТУ 7809:2015, яка широко застосовується для виготовлення валів завдяки хорошему поєднанню міцності, зносостійкості та технологічності. У примітках зазначено необхідність термічної

					КРБ.133ГМбд_41.22.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

обробки окремих поверхонь (наприклад, до твердості 42...47 HRC), що підвищує їх зносостійкість у місцях контакту з іншими деталями.

Таким чином, вал являє собою відповідальну деталь машинобудівної конструкції. Вона поєднує функції передачі крутного моменту, базування та кріплення елементів приводу, і виготовляється з урахуванням високих вимог до точності, міцності та довговічності.

1.2 Аналіз параметрів точності

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

Таблиця 1.2 – Аналіз параметрів точності

Номер пов. деталі	Назва поверхні (елемента)	Розміри	Квалітет точності	Точність форми	Точність положення			Шорсткість, R_a
1	2	3	4	5	6			7
1	Циліндрична	Ø66	js6	-		0,03	B	0,8
2	Циліндрична	Ø68	h7	-	-	-	-	3,2
3	Циліндрична	Ø70	H8	-	-	-	-	1,6
4	Циліндрична	Ø68	h7	-		0,02	B	3,2
5	Циліндрична	Ø50	js6	-		0,03	B	0,8
6	Циліндрична	Ø66	h7	-	-	-	-	3,2
7	Отвір	Ø8	6g	-	-	-	-	3,2
8, 9	Торець	430	$\pm \frac{IT 12}{2}$	-	-	-	-	6,3
10	Торець	70	$\pm \frac{IT 12}{2}$	-	-	-	-	12,5
11	Торець	81	$\pm \frac{IT 12}{2}$	-	-	-	-	12,5

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4	5	6	7
12	Торець	248	$\pm \frac{IT 12}{2}$	-	-	12,5
13	Торець	90	$\pm \frac{IT 12}{2}$	-	-	12,5
14	Торець	79	$\pm \frac{IT 12}{2}$	-	-	12,5

Провівши аналіз якості виконання поверхонь деталі, маємо, що найточніший розмір $\varnothing 60_{js5}$ мм і шорсткість $R_a=0,8$ мкм. Деталь може бути виготовлена у заводських умовах.

1.3 Характеристика матеріалу деталі, замінник

Деталі сучасних машин і конструкторській працюють за умов високих динамічних навантажень, підвищених концентрацій напружень та низьких або високих температур. Отже, вимоги до вибору матеріалу ставляться дуже високі.

При виготовленні валу даного вузла в якості матеріалів застосовується сталь 45. Отже, охарактеризуємо даний матеріал [24, 37].

Сталь 45 відноситься до ряду конструкційних сталей, які використовуються для виготовлення деталей машин, конструкцій і споруд. Хімічний склад і властивості матеріалу, а також марку, хімічний склад та властивості матеріалу та замінника наведено нижче в таблиці 1.3.

Термічна обробка сталі 45 для валу спрямована на отримання поєднання високої міцності, зносостійкості та достатньої в'язкості серцевини, оскільки такі деталі працюють під дією крутного моменту, згину та змінних навантажень. Сталь 45 належить до середньовуглецевих конструкційних сталей, тому добре піддається гартуванню з подальшим відпусканням.

Зазвичай для валів із цієї сталі застосовують поліпшення – тобто гартування з наступним високим відпусканням. Перед основною обробкою іноді проводять

нормалізацію, щоб вирівняти структуру після кування або прокатки, зменшити внутрішні напруження та покращити оброблюваність різанням. Після цього вал нагрівають до температури гартування (приблизно 820...860°C), витримують для рівномірного прогріву всього перерізу і швидко охолоджують, зазвичай у воді. У результаті формується тверда, але крихка мартенситна структура.

Таблиця 1.3 – Хімічний склад та властивості матеріалу та замітника

Параметр	Сталь 45	Сталь 40
Вуглець (C), %	0.42–0.50	0.37–0.44
Кремній (Si), %	0.17–0.37	0.14–0.37
Марганець (Mn), %	0.50–0.80	0.50–0.80
Сірка (S), %	≤0.035	≤0.035
Фосфор (P), %	≤0.035	≤0.035
Межа міцності, МПа	600–750	550–700
Твердість (HВ)	170–220	160–210
Застосування	Вали, шестерні, осі	Вали, втулки, деталі середньої міцності

Щоб зменшити крихкість і надати деталі необхідних експлуатаційних властивостей, одразу після гартування виконують високе відпускання при температурі близько 500...600°C. Під час відпускання структура перетворюється на відпущений сорбіт, що забезпечує хороше поєднання міцності та пластичності. Саме така структура є оптимальною для валів, оскільки дозволяє їм витримувати динамічні навантаження без руйнування.

У випадках, коли від поверхні валу вимагається підвищена зносостійкість, після поліпшення можуть застосовувати поверхневе гартування, наприклад індукційне. При цьому нагрівається лише зовнішній шар деталі з подальшим швидким охолодженням, у результаті чого утворюється твердий зносостійкий шар,

тоді як серцевина залишається в'язкою. Такий підхід особливо доцільний для валів, що працюють у підшипниках або мають посадочні поверхні.

Отже, термічна обробка сталі 45 для валу підбирається так, щоб забезпечити баланс між твердістю поверхні та міцністю серцевини, що є критично важливим для довговічної роботи деталі в умовах експлуатації.

Остаточного залишку матеріалу, призначений конструктором.

1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску

Маркетингові дослідження показали попит ринку на деталі валу станції приводної скребкового конвеєра у кількості 300 штук на рік. Визначимо річну програму запуску виробів за формулою:

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

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

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

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

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

$$N_{зан} = (300 + 0,04 \cdot 300) \cdot (1 + 0,025) = 320 \text{ (шт.)}$$

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

					КРБ.133ГМбд_41.22.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

Аналіз технологічності вузла є одним із ключових моментів, так як саме цей пункт визначає, наскільки змінено буде процес складання та пригонки частин вузла. Крім того, аналіз технологічності є одним з найважливіших моментів у поліпшенні ергономічних, економічних та технічних якостей вузла [23].

Аналізуючи приводну стандарту з точки зору технологічності, можна відзначити, що конструкція в цілому орієнтована на достатньо раціональне виготовлення та складання. Має як вдалі рішення, так і певні ускладнення. Основні корпусні елементи (ліва, права та нижня частини корпусу) виконані у вигляді простих зварних або деталей з переважно плоскими базовими поверхнями, що позитивно впливає на оброблюваність і дозволяє застосовувати стандартні операції фрезерування та свердління без складних пристосувань. Наявність чітко визначених баз (площини та отвори під підшипники) свідчить про правильну орієнтацію на забезпечення співвісності валу, зменшення розхвону при складанні.

Вал із підшипниковими вузлами та зірочкою є типовим вузлом, що також підвищує технологічність за рахунок використання стандартних підшипників та кріпильних елементів. Це спрощує як виготовлення, так і ремонт. Більшість комплектуючих є уніфікованими. Разом з тим, наявність декількох кришок (у тому числі наскрізних), ущільнень і прокладок дещо ускладнює складання та підвищує трудомісткість через необхідність точного дотримання герметичності та послідовності монтажу.

Конструкція передбачає болтові з'єднання у відповідальних місцях, що є позитивним з точки зору ремонтпридатності. Водночас це збільшує кількість кріпильних елементів, а й відповідно, час складання. При цьому використання стандартного кріплення (болти, шайби, гайки та ін.) є раціональним рішенням, що знижує витрати на виготовлення та спрощує логістику.

					КРБ.133ГМбд_41.22.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Форма окремих деталей, таких як кришки та втулки, є достатньо простою та симетричною. Це добре підходить для токарної обробки. Водночас деякі елементи корпусу мають складні внутрішні порожнини або місця під підшипники. Вони потребують точної механічної обробки після заготівельних операцій. Це підвищує вимоги до обладнання та може впливати на собівартість.

З технологічної точки зору позитивним є також розділення конструкції на окремі складальні одиниці, що дозволяє проводити попереднє складання вузлів (наприклад, валу з підшипниками) окремо від загального корпусу. Це зменшує складність кінцевого монтажу, підвищує якість складання.

Отже, конструкція приводної станції загалом є технологічною. Вона базується на стандартних елементах, має прості геометричні форми більшості деталей, передбачає розбірність. Поряд із тим, певна надмірна кількість дрібних деталей та кріплень, складність окремих корпусних елементів можуть дещо збільшувати трудомісткість виготовлення і складання, що залишає резерв для подальшої оптимізації.

У таблиці 2.1 наведено аналіз технологічності деталі.

Таблиця 2.1 – Аналіз на технологічність деталі

№ з.п.	Показники і вимоги до технологічності	Висновки по показниках технологічності	Заходи по покращенню технологічності
1	2	3	4
1.	Наявність зручних технологічних баз, які забезпечують жорстке і надійне закріплення заготовки, вільний підхід інструмента до оброблюваної поверхні.	Деталь має зручні технологічні бази. Таким чином забезпечується необхідна орієнтація і закріплення заготовки.	-

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.133ГМбд_41.22.00.00.000 ПЗ

Аркуш

16

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
2.	Конструкція деталі повинна забезпечувати її установку за допомогою простих затискових пристроїв та пристосувань.	Деталь має циліндричну форму, закріплюється в патроні або центрах верстата без проблем.	-
3.	Отвори повинні бути такими, щоб їх можна було обробляти на прохід.	Дана деталь має один отвір – М8 мм. Тому при свердлінні операція виконується не на прохід, вал затискається у патроні та жорстких центрах.	Дана вимога не може бути виконана за конструктивними особливостями.
4.	Розміри і розташування отворів деталі повинні дозволяти багатопиндельну обробку.	Дана вимога виконується.	-
5.	Для можливості автоматизації обробки не бажано застосовувати різьбові отвори < Ø 6 мм.	В деталі застосовується різьбовий отвір Ø8 мм.	-
6.	В конструкції деталі необхідно передбачати можливість захвату її роботом.	Захват деталі може проводитися роботом за циліндричну поверхню деталі.	-
7.	Не бажана наявність глухих шліфованих поверхонь.	Деталь не має глухих шліфованих поверхонь.	-

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

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
8.	При аналізі кресленика необхідно перевірка співвідношення між полями допусків та шорсткістю.	При проведенні аналізу кресленика виявлено, що співвідношення між полями допусків та шорсткістю є задовільними.	-
9.	При обробці валів зі шпонковими канавками, надавати перевагу обробці дисковими фрезами.	Вал має дві шпонкові канавки.	Дискову фрезу неможливо повноцінно використати.
10.	Вали повинні мати центрові отвори.	Дана вимога виконується.	
11.	Для можливості автоматизованого складання необхідно передбачати на установчих поверхнях лиски, конуси тощо.	Дана деталь має лиски, що полегшує її встановлення.	

Аналізуючи даний вал із точки зору технологічності, можна сказати, що його конструкція у цілому добре пристосована до виготовлення серійними методами, проте містить окремі елементи, що ускладнюють обробку.

Основна форма валу є ступінчастою із переважанням циліндричних поверхонь. Це є безумовною перевагою. Такі поверхні легко обробляються на токарних верстатах за один або декілька установок із забезпеченням співвісності. Наявність чітко заданих посадок (наприклад, під підшипники та інші елементи) свідчить про правильний вибір базування. Більшість розмірів прив'язані до осі. Це спрощує технологічний процес і контроль.

На валу присутні глухі шпонкові канавки. Вони є менш технологічними у порівнянні з наскрізними їх обробка потребує використання кінцевих фрез. Це збільшує трудомісткість, знижує продуктивність у порівнянні з дисковим фрезеруванням. Крім того, у таких канавках складніше забезпечити точну геометрію дна, радіусів. Це може вимагати додаткових операцій або підвищених вимог до інструменту.

Наявність поперечних отворів також дещо ускладнює технологію, оскільки вимагає додаткового переустановка деталі чи використання координатного оснащення. Ці отвори мають стандартну форму, тому можуть бути виконані свердлінням без значних труднощів.

Конструкція передбачає фаски, галтели та радіуси переходів. Це є позитивним з точки зору як міцності, так і технологічності. Вони зменшують концентрацію напружень і полегшують обробку різанням. Водночас наявність малих радіусів може вимагати використання спеціального інструменту.

Використання матеріалу типу сталь 45 є технологічно обґрунтованим. Вона добре обробляється різанням і допускає термічну обробку. Однак зазначена вимога до твердості окремих поверхонь ускладнює процес, оскільки додає операції термообробки із подальшим циліндуванням.

З точки зору базування, вал є технологічним. Можливе використання центрів. Це забезпечує високу точність обробки та співвісність усіх ступенів і є важливою перевагою для деталі такого типу.

Отже, вал можна вважати достатньо технологічним. Він має просту базову геометрію, раціонально вибраний матеріал, стандартні відхилення розмірів. Основними факторами, що знижують технологічність є глухі шпонкові канавки, додаткові поперечні отвори, підвищені вимоги до окремих поверхонь. Конструкція придатна для серійного виробництва.

					КРБ.133ГМбд_41.22.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

2.2 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення

При аналізі діючого технологічного процесу видно, що він розроблений правильно. Де нього важко зробити які-небудь значні доповнення. Єдине, що не задовольняє – це те, що даний технологічний процес написаний для масового типу виробництва. При сьогоденній економічній ситуації недоцільно налагоджувати виробництво на масовий тип. Асортимент продукції постійно змінюється, а тому основною задачею є перехід на серійний тип виробництва. У базовому технологічному процесі використовуються переважно агрегатні верстати. Вони мають велику вартість, більшу собівартість налагодження, чималу складність переналагодження на іншу продукцію. Тому у нашому випадку для дрібносерійного типу виробництва необхідно замінити усі агрегатні верстати на універсальні верстати та верстати із ЧПК. З одного боку це дещо збільшить час на обробку деталей, але у порівнянні з витратами на підготовку виробництва в цілому дасть значний економічний ефект. Крім того, при сьогоденній нестабільності у економіці та виробництві, при зміні асортименту продукції, що випускається, переналагодження верстатів не буде викликати особливих витрат.

Щодо виготовлення заготовки валу, то пропонується виготовляти його не з прокату, як вказано в базовому технологічному процесі, а методом штампування чи кування. Виготовлення валу з прокату вимагає значних припусків на механічну обробку. Хоча даний метод дешевий, але подальша механічна обробка вимагає значних витрат на зняття припуску. У пропонуваному способі припуск, що знімається суттєво зменшиться, тому відразу відпаде необхідність у деяких операціях механічної обробки. Це автоматично призведе до зменшення кількості верстатів, необхідних для виготовлення валу.

2.3 Обробка поверхонь

Різні поверхні деталі виконують різні функції. Вимоги до них

					КРБ.133ГМбд_41.22.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

найрізноманітніші: за точністю, шорсткістю та іншими критеріями [3, 6, 9, 11, 13, 18, 21]. Кількість ступенів обробки визначається за формулою:

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

де ε – загальне значення,

ε_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 чорншої обробки досяжними є величини уточнення $\varepsilon < 6$; для проміжних ступенів напівчистої обробки $\varepsilon = 3 \dots 4$; для ступенів чистої обробки $\varepsilon = 1,5 \dots 2$. Для найбільш спрямованого вибору числа ступенів обробки необхідно застосувати формулу:

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

Пропонуємо наступні обробки поверхонь деталі (таблиця 2.2).

Приклад, для обробки поверхні $\varnothing 60js6$. Допуск за креслеником 0,019 мм, допуск заготовки – 2,0 мм. Загальне уточнення складає:

$$\varepsilon = \frac{2,0}{0,019} = 105,3$$

Орієнтовна кількість ступенів обробки:

$$n_p = \frac{\lg 105,3}{0,46} \approx 4,4$$

					КРБ.133ГМбд_41.22.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

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

Таблиця 2.2 – Методи обробки поверхонь деталі

1	2	3	4	5	6	7	Можливі методи обробки поверхонь		10	11	12	13
							8	9				
Позначення поверхні	Квалітет за кресленням	Допуск за кресленням, мкм	Шорсткість R _a за	Допуск заготовки, мкм	Квалітет заготовки	Загальне уточнення	Номер маршруту	Перехід МОП	Квалітет після обробки	Досягнутий допуск, мкм	Коефіцієнт уточнень	Загальне уточнення
1	12	460	6,3	1300	14	2,5	1.	Фрезерування	12	460	2,5	2,5
2	12	460	6,3	1300	14	2,5	1.	Фрезерування	12	460	2,5	2,5
3	6	74	3,2	430	14	39,09	1.	Точіння чорнове	11	110	3,9	39,09
								Точіння н/ч	9	43	2,56	
								Точіння чистове	7	18	2,38	
								Шліфування	6	11	1,64	
4	6	16	0,63	620	14	38,75	1.	Точіння чорнове	11	160	3,88	38,75
								Точіння н/ч	9	62	2,58	
								Точіння чистове	7	25	2,48	
								Шліфування	6	16	1,56	

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
5	6	13	0,8	520	14	40	1.	Точіння чорнове	11	160	3,25	40
								Точіння напівчистове	9	62	2,58	
								Точіння чистове	7	21	2,95	
								Шліфування	6	13	1,62	
6	6	13	0,63	520	14	40	1.	Точіння чорнове	11	130	4	40
								Точіння напівчистове	9	52	2,5	
								Точіння чистове	7	21	1,48	
								Шліфування	6	13	1,6	
7	9	43	1,6	-	-	-	1.	Фрезерування	9	43	-	-
8	9	52	1,6	-	-	-	1.	Фрезерування	9	52	-	-

При виборі методів обробки кожної поверхні деталі, будемо керуватися показниками собівартості обробки та збільшенням якості оброблюваних поверхонь.

2.4 Розробка маршруту виготовлення деталі

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

Таблиця 2.3 – Маршрут обробки деталі

Полтавський державний аграрний університет

					КРБ.133ГМбд_41.22.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Продовження таблиці 2.3

Полтавський державний аграрний університет

					КРБ.133ГМбд_41.22.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

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 $\text{Ø}60\text{js}6 (\pm 0.0095)$ мм.

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

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

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

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

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

ε_i – похибка встановлення заготовки на переході, що виконується.

Правильність розрахунку перевіряється за формулою:

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

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

Карта розрахунку припусків на обробку та граничні розміри по технологічних переходах наведені у таблиці 2.4.

									Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_41.22.00.00.000 ПЗ				26

Таблиця 2.4 – Розрахункова карта припусків і граничних розмірів за технологічними переходами при обробці $\varnothing 60js6 (\pm 0,0095)$ мм

Технологічний перехід	Елемент припуску			Розрах. припуск $2Z_{\min}$, мкм	Розрах. розмір d_p , мм	Допуск, мкм	Граничний розмір, мм		Граничний припуск, мкм	
	K, мкм	T, мкм	ε , мкм				d_{\min}	d_{\max}	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Заготовка	200	250	360	-	63,3105	1900	63,3	65,2	-	-
Точіння чорнове	100	100	0	2620	60,6905	740	60,7	61,44	2600	3760
Точіння напівчистове	50	50	0	400	60,2905	300	60,3	60,6	400	840
Точіння чистове	25	25	0	200	60,0905	120	60,1	60,22	200	380
Шліфування	5	15	0	100	59,9905	19	59,9905	60,0095	199,5	210,5
Σ									3309,5	5190,5

Проводимо перевірку правильності розрахунку:

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

$$5190,5 - 3309,5 = 1900 - 19;$$

$$1881 = 1881$$

Також припуски визначаємо табличним способом із використанням довідників. Конкретні значення припусків заносимо до таблиці 2.5 (на інших функціональних поверхнях деталі припуск знімається за один прохід).

Таблиця 2.5 – Припуски на механічно оброблювані поверхні деталі

№ поверхні	Найменування поверхні	Найменування переходу	Припуск Z_{min} , мм
1, 2	Торець	Фрезерування одноразове	3,8
3	Циліндрична	Точіння чорнове	2,2
		Точіння напівчистове	0,5
		Точіння чистове	0,2
		Шліфування чистове	0,1
4	Циліндрична	Точіння чорнове	2,5
		Точіння напівчистове	0,5
		Точіння чистове	0,2
		Шліфування чистове	0,1
5	Циліндрична	Точіння чорнове	2,2
		Точіння напівчистове	0,5
		Точіння чистове	0,2
		Шліфування чистове	0,1
6	Циліндрична	Точіння чорнове	2,5
		Точіння напівчистове	0,5
		Точіння чистове	0,2
		Шліфування чистове	0,1
7	Циліндрична	Точіння чорнове	3
		Точіння напівчистове	0,5
		Точіння чистове	0,2
		Шліфування чистове	0,1
8	Циліндрична	Точіння чорнове	2,5
		Точіння напівчистове	0,5
		Точіння чистове	0,2
		Шліфування чистове	0,1

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Розробка конструкції затискного пристосування

Для операції механічної обробки валу, пов'язаної із фрезеруванням глухого шпонкового пазу розробляємо конструкцію затискного пристосування, керуючись рекомендаціями [12, 36, 38, 39]. Складальний кресленик пристосування представлено у графічній частині роботи.

Пристосування являє собою пневмомеханічний затискний вузол. Воно вмонтовано на жорсткій плиті-основі. На цій же плиті розташовані опорні та напрямні елементи. Вони забезпечують правильне базування заготовки. Вал укладається у призматичну опору. Остання центрує його по осі, запобігає зміщенню під час обробки. Додаткові елементи фіксації обмежують поздовжнє переміщення валу, забезпечують його стабільне положення відносно фрези.

Основним робочим органом є пневматична камера. Вона з'єднана із системою подачі стисненого повітря через трубку та кран керування. У середині пневматичної камери розташований рухомий шток. Він передає зусилля на притискний механізм. Цей механізм включає притискну планку. Остання безпосередньо діє на вал зверху. При подачі повітря до пневматичної камери тиск переміщує шток. Через систему контактних поверхонь створюється зусилля притискання. Воно надійно фіксує вал у призмі.

Кріплення усіх елементів здійснюється стандартними різьбовими з'єднаннями (болтами, гайками, шайбами). Це забезпечує жорсткість конструкції, можливість регулювання. Наявність прокладок і манжет гарантує герметичність пневматичної системи, стабільність роботи.

Принцип дії пристосування полягає в тому. Після встановлення валу оператор відкриває кран подачі повітря. Стиснуте повітря надходить до пневматичної камери. Шток висувається і через притискний вузол притискає вал до призматичної опори. У такому зафіксованому стані вал витримує сили різання під час фрезерування

					КРБ.133ГМбд_41.22.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

шпонкового пазу без зміщення або вібрацій. Після завершення обробки подача повітря припиняється, складається тиск. Шток повертається у початкове положення. Притиск послаблюється. Це дозволяє легко зняти оброблену деталь.

3.2 Розрахунок зусиль затиску

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

На даній операції виникає максимальна сила різання P_z . Вона намагається виштовхнути заготовку паралельно площині закріплення. Складемо рівняння рівноваги у вигляді $\sum F_i = 0$:

$$F_{TP} - K \cdot P_z = 0, \quad (3.1)$$

де F_{TP} – сила тертя

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

f – коефіцієнт тертя, що дорівнює 0,15.

Остаточно рівняння (3.1) виглядає так:

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

З виразу (3.3) маємо, що

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

де K – коефіцієнт запасу

					КРБ.133ГМбд_41.22.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (3.5)$$

$K_0 = 1,3$ – коефіцієнт гарантованого запасу;

$K_1 = 1,25$ – коефіцієнт, який враховує стан поверхні деталі;

$K_2 = 1,2$ – коефіцієнт, який враховує заглиблення РІ;

$K_3 = 1,15$ – коефіцієнт, який враховує збільшення сил різання при перервному різанні;

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

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

$K_6 = 1,0$.

$$K = 1,3 \cdot 1,25 \cdot 1,2 \cdot 1,15 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,0 = 2,71.$$

Розрахунок сили різання P_z проводимо за формулою [7, 28]:

$$P_z = \frac{C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot B^u \cdot z \cdot K_p}{D^q \cdot n^w} \cdot K, \quad (3.6)$$

де $t = 2,0$ мм – глибина різання;

$S = 0,05$ мм/зуб – подача;

$B = 14$ мм – ширина фрезерування;

$z = 2$ – кількість зубів фрези;

$D = 14$ мм – діаметр фрези;

$n = 300$ хв⁻¹ – частота обертання фрези;

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

$C_p = 82,5$; $x = 0,95$; $y = 0,8$; $u = 1,1$; $q = 1,1$; $w = 0$ – коефіцієнти та показники степені.

$$P_z = \frac{82,5 \cdot 2,0^{0,95} \cdot 0,05^{0,8} \cdot 14^{1,1} \cdot 2 \cdot 1,1}{14^{1,1} \cdot 300^0} = 31,92 \text{ (Н)}.$$

									Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_41.22.00.00.000 ПЗ				31

Зусилля затискання заготовки:

$$W = \frac{31,92 \cdot 2,71}{0,15} = 576,7 \text{ (Н)}.$$

3.3 Розрахунок параметрів силового приводу

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

Для даного механізму можна записати:

$$Q = \frac{W}{i}; \quad (3.7)$$

де i – передаточне відношення сил, що характеризує конструктивні параметри механізму. Для даного пристосування $i=1,3$.

З урахуванням цього зусилля $Q = 576,7/1,3 = 443,62 \text{ (Н)}$.

Знайдемо діаметр поршня пневмоциліндра:

$$Q = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} p \eta. \quad (3.8)$$

З цієї формули виразимо значення діаметра:

$$D = \sqrt{\frac{2Q}{\pi p \eta} + d^2}. \quad (3.9)$$

де D – діаметр поршня;

					КРБ.133ГМбд_41.22.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

d – діаметр штока;

η – ККД пневмоциліндра;

p – тиск повітря, що подається у пневмоциліндр.

Маємо: $\eta = 0,8$; $p = 0,6$ МПа; $d = 14$ мм.

Обчислимо:

$$D = \sqrt{\frac{2 \cdot 443,62}{3,14 \cdot 0,8 \cdot 0,6} + 14^2} = 28 \text{ (мм)}.$$

Приймаємо стандартний діаметр $D = 32$ мм.

3.4 Розрахунок слабкої ланки на міцність

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

Розрахунок виконуємо на зріз за формулами опору матеріалів:

$$\tau = \frac{P_{\max}}{F_{\min}} \leq [\tau] \quad (3.10)$$

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

$$F_{\max} = Q_{\max} = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} p \eta, \quad (3.11)$$

$$P_{\max} = \frac{3,14 \cdot (32^2 - 14^2)}{4} \cdot 0,6 \cdot 0,8 = 312 \text{ (Н)},$$

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

F_{\min} – площа поперечного перерізу вісі, мм²;

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

$$F_{\min} = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \quad (3.12)$$

$$F_{\min} = \frac{3,14 \cdot 14^2}{4} = 153,86 \text{ (мм)}.$$

Тоді, за формулою (2.10) маємо

$$\sigma = \frac{312}{153,86} = 2,03 \text{ (МПа)},$$

$$2,03 < 70$$

Отже робимо висновок, що міцність вісі достатня.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

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 штампуванням на пресі [1, 4, 5, 30, 34, 49].

Визначимо коефіцієнти використання матеріалу при прокаті й при штампуванні 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 $m_0 = 8,4$ кг, маса заготовки із прокату $m_3 = 15,6$ кг, орієнтовна маса проєктованого штампування $m_3 = 13,6$ кг.

Прокат:

$$K_{в.м} = \frac{8,4}{15,6} = 0,54.$$

Штампування:

$$K_{в.м} = \frac{8,4}{13,6} = 0,62.$$

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

Визначимо вартість заготовки із прокату:

					КРБ.133ГМбд_41.22.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

$$S_{заг} = m_3 \cdot \frac{S_{np}}{1000} - (m_3 - m_d) \frac{S_{одх}}{1000}, \quad (4.2)$$

де S_{np} – вартість 1 тони прокату ($S_{np} = 55000$ грн/т),

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

$$S_{заг} = 15,6 \cdot \frac{55000}{1000} - (15,6 - 8,4) \frac{6000}{1000} = 814,8 \text{ грн.}$$

Вартість штампування:

$$S_{заг} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot m_3 \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_M \cdot k_{mat} \cdot k_o \right) - (m_3 - m_d) \frac{S_{одх}}{1000}, \quad (4.3)$$

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:

$$S_{заг} = \left(\frac{45000}{1000} \cdot 13,6 \cdot 1,1 \cdot 1,04 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 0,93 \right) - (13,6 - 8,4) \frac{6000}{1000} = 685,03 \text{ грн.}$$

Економічний ефект у цьому випадку буде становити:

$$E = (814,8 - 685,03) \cdot 300 = 38931 \text{ (грн.)}$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

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 Розрахунок штучних пристроїв заземлення

Розрахунок заземлюючого пристрою полягає у визначенні кількості вертикальних і горизонтальних електродів згідно з вимогами ПУЕ за опором заземлення, питомим опором ґрунту, прийнятими розмірами електродів і конфігурацією заземлення та в порівнянні розрахункового опору заземлення з нормативним значенням [2, 8, 10, 14-17, 19, 20, 22, 26, 27, 31, 33, 41-46, 50].

Розглянемо детальніше алгоритм даного розрахунку.

1. Визначаємо нормативний опір заземлення R_z (згідно з вимогами ПУЕ) – 10 Ом або 4 Ом.

2. Обчислюємо розрахунковий питомий опір ґрунту, Ом·м, для вертикальних електродів:

$$\rho_s = \rho_{\text{вим}} \psi_B \quad (4.4)$$

де ψ_B – розрахунковий коефіцієнт сезонності для вертикальних електродів;

$\rho_{\text{вим}}$ – питомий опір ґрунту, виміряний у лабораторних умовах, Ом·м.

3. Визначаємо опір розтіканню, Ом, вертикальних електродів із круглої та кутикової сталі:

$$R_B = \frac{\rho_B}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + 0,5 \ln \frac{4t_1 + l}{4t_1 - l} \right), \quad (4.5)$$

де d – зовнішній діаметр електрода, м, (для вертикальних електродів із кутикової сталі $d=0,95b$, де b – ширина полиці кута).

4. Попередньо встановлюємо необхідну кількість паралельно з'єднаних заземлювачів, шт.:

					КРБ.133ГМбд_41.22.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

$$n = \frac{R_B}{R_3 \cdot \eta_B}, \quad (4.6)$$

де η_B – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів, для орієнтовного розрахунку приймається рівним 1. Визначається за інтерполяцією.

5. Обчислюємо довжину горизонтального електроду:

- при контурному влаштуванні $l_T = a \times n$;

- при рядовому влаштуванні $l_T = a \times (n-1)$;

де a – відстань між вертикальними електродами, м;

n – прийнята кількість вертикальних електродів, шт.

6. Визначаємо розрахунковий питомий опір ґрунту для горизонтального електроду, Ом·м:

$$\rho_{\Gamma} = \rho_{\text{в.г.}} \psi_{\Gamma}, \quad (4.7)$$

де ψ_{Γ} – розрахунковий коефіцієнт сезонності для горизонтальних електродів.

7. Встановлюємо опір розтіканню струму, Ом, для горизонтального електроду:

$$R_{\Gamma} = \frac{\rho_{\Gamma}}{2 \pi l_{\Gamma}} \ln \frac{l_{\Gamma}^2}{b_1 t_0}, \quad (4.8)$$

де b_1 – ширина штаби, м (для круглої сталі $b_1 = 2\varnothing$, де \varnothing – діаметр, м).

8. Загальний опір, Ом, заземлюючого пристрою:

$$R_0 = \frac{R_B R_{\Gamma}}{R_B \eta_{\Gamma} + R_{\Gamma} \eta_B n} \leq R_3, \quad (4.9)$$

де η_{Γ} – коефіцієнт використання горизонтальних електродів з урахуванням вертикальних електродів. Визначається за інтерполяцією.

									Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_41.22.00.00.000 ПЗ				38

9. Уточнюємо вибрані параметри заземлення. Якщо знайдені значення R_0 та R_3 значно відрізняються одне від одного, то необхідно змінити кількість електродів (їх довжину, діаметр, товщину тощо), після чого повторити розрахунок, починаючи з п.5 до виконання умови

$$\begin{cases} R_0 \leq R_3 \\ R_0 \approx R_3 \end{cases} \quad (4.10)$$

При збільшенні кількості вертикальних електродів значення R_0 зменшується. Розрахунки заземлюючих пристроїв є приблизними, тому треба округляти проміжні й кінцеві наслідки з запасом.

У якості штучного заземлення застосовуємо сталеві прутки діаметром 50 мм і довжиною 5 м. Для зв'язку вертикальних електродів та у якості самостійного горизонтального електроду, використовуємо смугу сталі перерізом 4 × 12 мм.

Визначаємо опір розтіканню струму одиночного вертикального заземлення по формулі:

$$R_3 = \rho / (2 \cdot \pi \cdot l) \cdot (\ln(2 \cdot l / d) + 0,5 \ln((4 \cdot t + 1) / (4 \cdot t - 1))) \text{ Ом}; \quad (4.11)$$

де l – довжина заземлення, м;

d – діаметр прутка, мм 12;

t – глибина закладення половини заземлення, м;

ρ – розрахунковий питомий опір ґрунту, Ом·м:

$$\rho = \rho_{\text{вим}} \cdot \psi, \quad (4.12)$$

де $\rho_{\text{вим}}$ – питомий опір ґрунту, Ом, 500,

ψ – коефіцієнт сезонності, 1,3.

Підставляючи відомі величини у формулу (4.12), одержимо:

					КРБ.133ГМбд_41.22.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

$$\rho = 500 \cdot 1,3 = 650 \text{ (Ом}\cdot\text{м)}.$$

Визначимо глибину закладення половини заземлення, м:

$$t = 0,5 \cdot l + t_0, \quad (4.13)$$

де t_0 – відстань від поверхні землі до верхнього кінця заземлювача, 0,5 м.

Підставляючи відомі величини до формули (4.11), одержимо:

$$R_{\text{в}} = 650 / (2 \cdot \pi \cdot 5) \cdot (\ln(10/0,012) + 0,5 \ln(17/7)) = 179,95 \text{ (Ом)}.$$

Визначимо число заземлень, шт.:

$$n = R_{\text{в}} / (R_3 \cdot \eta), \quad (4.14)$$

де R_3 – найбільший припустимий опір пристрою, що заземлює, Ом;

η – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів без обліку впливу сполучної смуги = 0.63 (електроди розміщені по контурі).

Підставляючи відомі величини до формули (4.14) одержимо:

$$n = 179,75 / (4 \cdot 0,63) = 71,32 \text{ шт.}$$

Приймаємо $n = 72$ шт.

Визначимо опір розтіканню струму горизонтальної сполучної смуги, Ом:

$$R_n = \rho / (2 \cdot \pi \cdot l) \cdot \ln(2 \cdot l^2 / (b \cdot t_1)), \quad (4.15)$$

де t_1 – глибина закладення смуги, м;

b – ширина смуги, м;

					КРБ.133ГМбд_41.22.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

l_1 – довжина смуги, м, визначається як:

$$l_1 = 1,05 \cdot a \cdot n, \quad (4.16)$$

де a – відстань між вертикальними заземленнями, м:

$$a = 3 \cdot 5 = 15 \text{ (м)}$$

Підставляючи відомі величини у формулу (4.16), одержимо:

$$l_1 = 1,05 \cdot 15 \cdot 72 = 1134 \text{ (м)}.$$

Підставляючи відомі величини у формулу (4.15), одержимо:

$$R_1 = 650 / (2 \cdot \pi \cdot 1134) \cdot \ln(2 \cdot 1134^2 / (0,012 \cdot 3)) = 1,7 \text{ (Ом)}.$$

Визначимо опір розтіканню струму, Ом, пристрою, що заземлює:

$$R_0 = R_B \cdot R_n / (R_B \cdot R_n + R_n \cdot \eta \cdot l) \quad (4.17)$$

де η – коефіцієнт використання горизонтального смугового заземлювача, що з'єднує вертикальні заземлювачі, м.

Підставляючи відомі величини до формули (4.17), одержимо:

$$R_0 = 179,95 \cdot 1,7 / (179,95 \cdot 3,75 + 1,7 \cdot 0,71 \cdot 72) = 2,64 \text{ (Ом)}.$$

R_0 не перевищує допустимого опору захисного заземлення: $2,64 < 4 \text{ Ом}$.

					КРБ.133ГМбд_41.22.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

4.3 Екологічні аспекти виготовлення валу

За сучасних умов розвитку машинобудування особлива увага приділяється екологічній безпеці виробничих процесів. Виготовлення валу станції приводної скребкового конвеєра супроводжується рядом технологічних операцій. Вони можуть мати негативний вплив на навколишнє середовище та здоров'я працівників. Тому важливим є аналіз екологічних факторів, включаючи розробку заходів щодо їх мінімізації.

Основними технологічними процесами виготовлення валу є механічна обробка (точіння, фрезерування, шліфування), термічна обробка та допоміжні операції. На кожному з цих етапів виникають певні екологічні ризики.

Під час механічної обробки утворюється металева стружка. Вона є основним видом твердих відходів. Підлягає збиранню, подальшій утилізації або повторному використанню як вторинна сировина. Крім того, у процесі обробки застосовуються мастильно-охолоджувальні рідини (МОР). Вони можуть забруднювати ґрунти та водні ресурси при неправильному поводженні. Важливим заходом є організація замкнених систем циркуляції МОР із подальшою їх фільтрацією, регенерацією.

При шліфуванні деталей утворюється абразивний пил. Він може потрапляти до повітря робочої зони. Для запобігання цьому використовуються місцеві витяжні вентиляційні системи, пиловловлюючі установки. Це дозволяє знизити концентрацію шкідливих речовин у повітрі до допустимих норм.

Термічна обробка валу супроводжується викидами продуктів згоряння палива та оксидів металів. Для зменшення негативного впливу застосовуються сучасні печі з високим коефіцієнтом корисної дії, системи очищення газів. Допільним є використання електричних печей, що дозволяє знизити рівень шкідливих викидів.

Суттєвим джерелом впливу на навколишнє середовище є шум та вібрації під роботи металорізальних верстатів. Для їх зниження застосовуються віброізолюючі основи, шумоізоляційні кожухи, раціональне планування виробничих приміщень.

					КРБ.133ГМбд_41.22.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Важливим аспектом є енергоспоживання технологічного обладнання. З метою підвищення енергоефективності рекомендується використовувати сучасні верстати з числовим програмним керуванням, оптимізувати режими різання та впроваджувати енергозберігаючі технології.

Окрему увагу слід приділити поводженню з відходами виробництва. Відходи поділяються на: металеву стружку; відпрацьовані мастильно-охолоджувальні рідини; абразивні матеріали; побутові відходи.

Усі види відходів повинні збиратися окремо та передаватися спеціалізованим організаціям для утилізації або переробки відповідно до чинного законодавства.

Для забезпечення екологічної безпеки виробництва необхідно впроваджувати систему екологічного менеджменту відповідно до міжнародних стандартів, зокрема ISO 14001. Це дозволить систематизувати заходи щодо зменшення негативного впливу на довкілля, підвищити екологічну відповідальність підприємства.

Таким чином, при виготовленні валу станції прядної скребкової конвеєра необхідно враховувати комплекс екологічних факторів, впроваджувати відповідні технічні та організаційні заходи. Це забезпечить зменшення шкідливого впливу на довкілля, раціональне використання ресурсів, підвищення рівня екологічної безпеки виробництва.

					КРБ.133ГМбд_41.22.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

ВИСНОВКИ

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

1. Встановлено функціональне призначення станції приводної скребкового конвеєра. Виконано аналіз складової деталі – валу. Описано конструкційний матеріал цієї деталі та надано рекомендації щодо можливого матеріалу-аналога. На основі результатів маркетингового дослідження визначено тип виробництва – дрібносерійний.

2. Виконано опрацювання вузла та його деталі на технологічність. Проаналізовано базовий технологічний процес виготовлення. Розроблено маршрут обробки поверхонь валу. Розрахунково-аналітичним методом визначено припуски на обробку та операційні розміри для поверхні $\varnothing 60js6$ мм, а також припуски встановлено за табличними даними.

3. Сконструйовано технологічне оснащення для реалізації процесу механічної обробки деталі, а саме фрезерування шпонкового пазу. Розраховано зусилля затиску, параметри силового приводу, а також слабку ланку на міцність.

4. Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки. Річний економічний ефект під час порівняння між двома заготівельними технологіями для програми випуску 300 шт. склав 38931 грн. Окрім того, розраховано параметри штучного заземлення. Приділено увагу екологічним аспектам виробництва валу.

5. У графічній частині роботи наведено складальний кресленик станції приводної, кресленик валу, кресленик заготовки валу, складальний кресленик затискного пневмомеханічного пристосування.

					КРБ.133ГМбд_41.22.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

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. Березульський В.В. Основи охорони праці: навч. посіб. Харків: Факт, 2005. 180 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. 363 с.
5. Бойчик І.М. Економіка підприємства. Київ: Каравела, Львів: «Новий Світ-2001», 2001. 298 с.
6. Бочков В.М., Сігін Р.І., Гаврильченко О.В. Розрахунок та конструювання металорежущих верстатів. Львів: Видавництво «Бескид Біт», 2008. 448 с.
7. Буц Б.Д., Приходько В.С., Ткачов Ю.В. Розрахунок режимів різання металів. Дніпропетровськ: РВВ 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.Л. 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., Зедкін А.С., Каразей В.Д. Технологія машинобудування. Львів: Новий Світ – 2000, 2012. 358 с.

					КРБ.133ГМбд_41.22.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

12. Дичковський М.Г. Технологічна оснастка. Курс лекцій. Навчальний посібник. Херсон: Олді-прес, 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 О.В. Основи охорони праці. Львів. Афіша, 2000. 348 с.

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

19. Катренко Л.А., Кіт Ю.В., Івстун 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. Корсєко 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., Гандзюк М.П. Основи охорони праці: навч. посіб. Київ: Основа, 2000. 416 с.

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

					КРБ.133ГМбд_41.22.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

24. Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів: підручник/ Опальчук А.С. та ін. Ніжин: ЦП 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: МП АНІК, 2009. 111 с.

28. Паливода Ю.Є., Дячук 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.Л. Технологія машинобудування. Краматорськ: ФСП МК ДДМА, 2019. 289 с.

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

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

32. Полиць С., Скрипник В. Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня бакалавра здобувачами вищої освіти зі спеціальності 133 І алузеве 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: ГДАА, 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, 1993. 414 с.

					КРБ.133ГМбд_41.22.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

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. Голов, А.О. Келемеш, Ю.О. Попова. Полтава: ПП «Астроя», 2022. 130 с.

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

40. Токаренко В.М. Технологія автотранспортного машинобудування: курсове проєктування. 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. 135 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., Гнітько С.М. Технологічне забезпечення якості продукції машинобудування: монографія. Полтава: Технологічний Центр, 2019. 204 с.

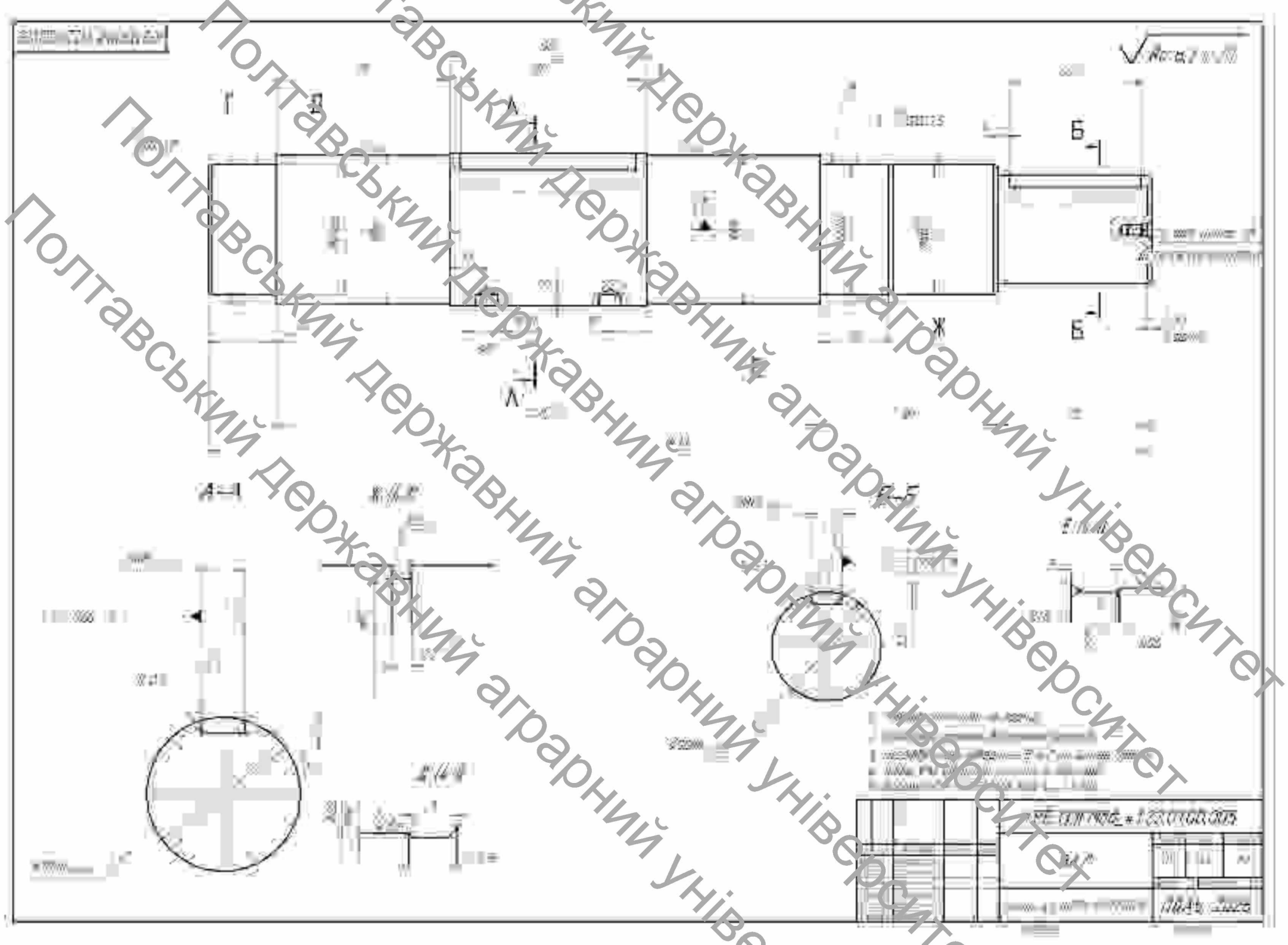
					КРБ.133ГМбд_41.22.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

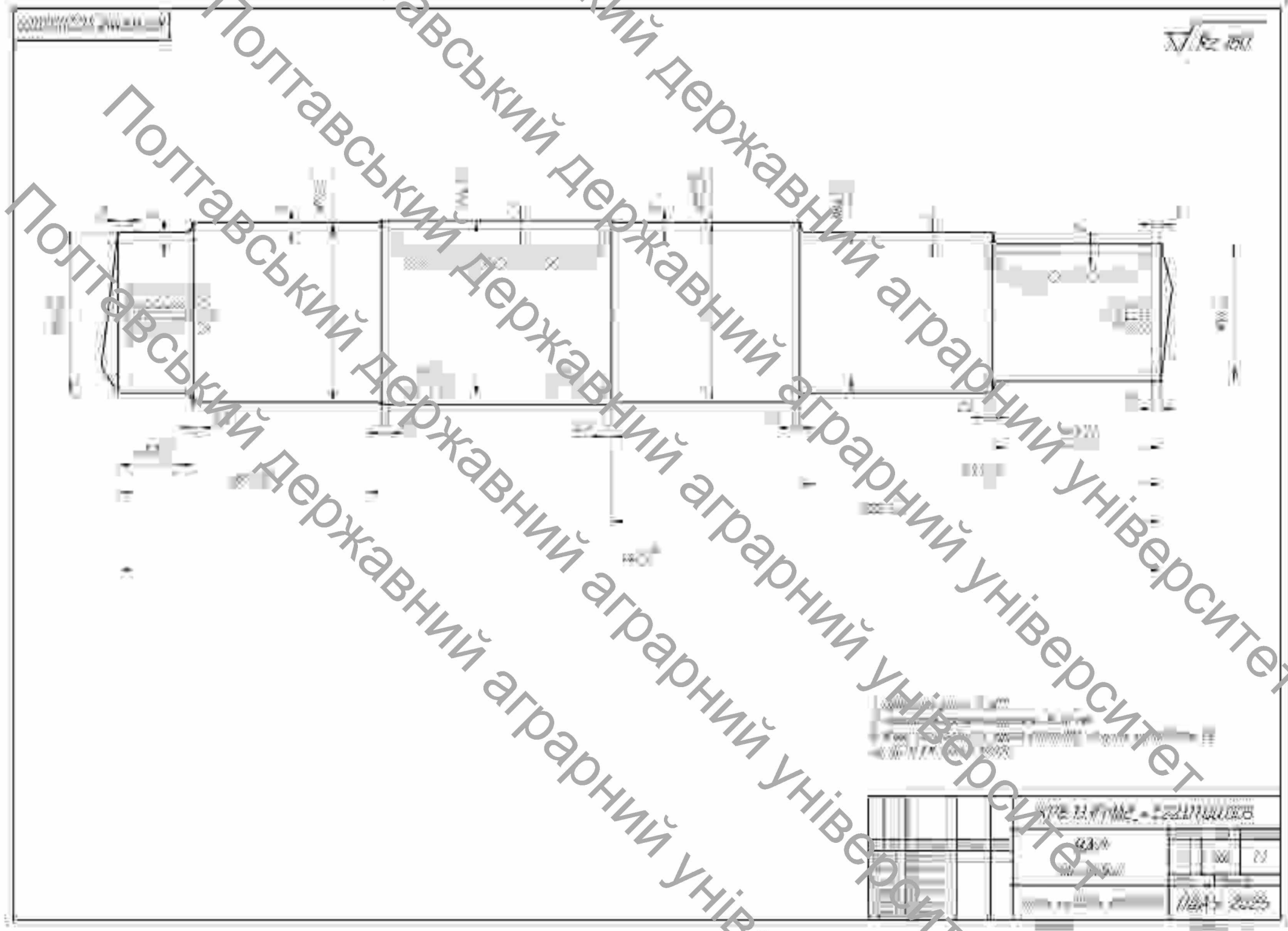
48. Черевко С.І., Михайлов В.М., Бабкіна І.В. Технологічні основи машинобудування. Харків: ХДУХТ, 2005. 82с.

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

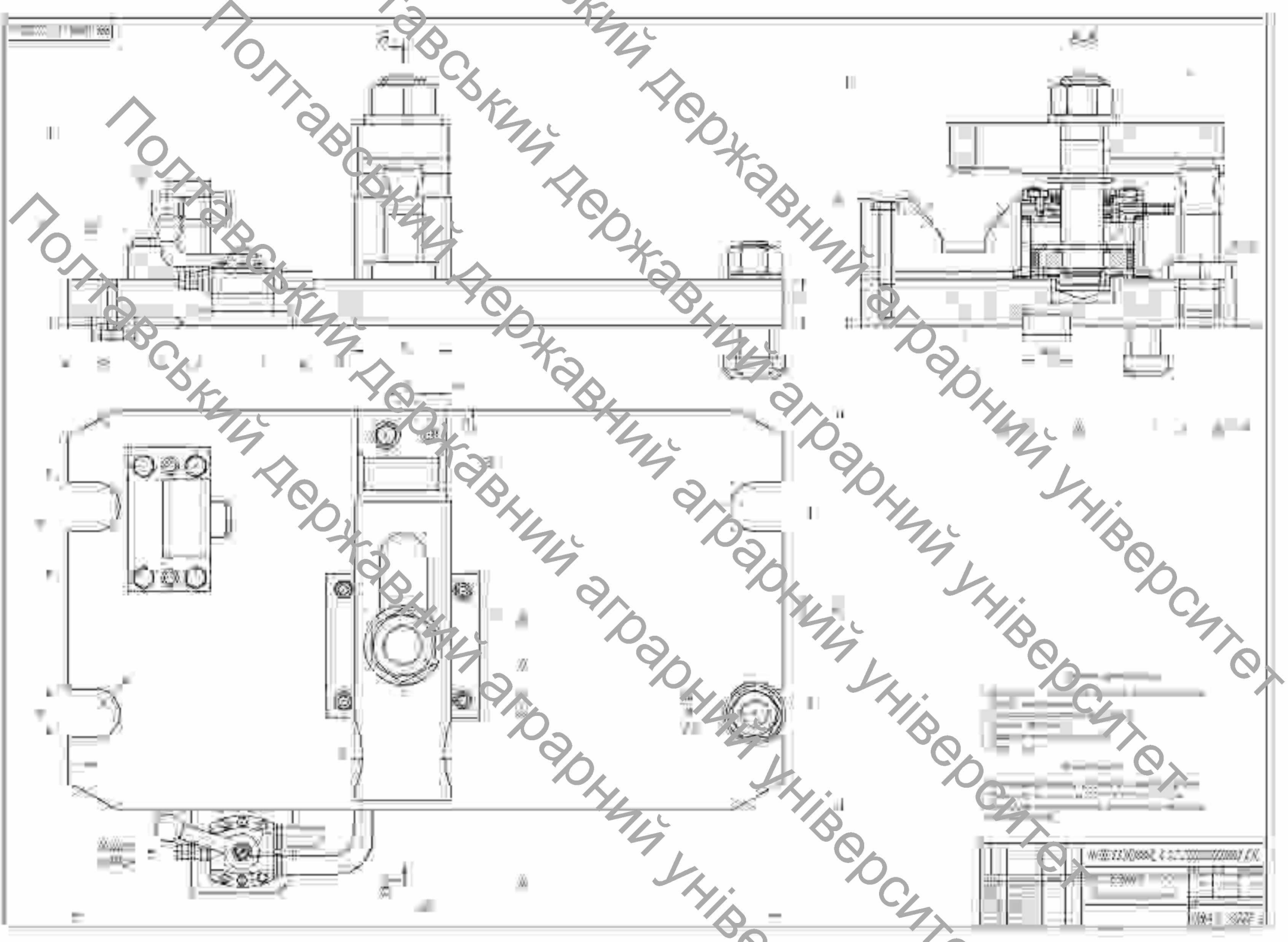
50. Ярошевська В.М. Охорона праці в галузі: навч. посіб. Київ: Професіонал, 2004. 288 с.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата





ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ		
№ 1/2 150	150	25
1984-2025		



Полтавський державний аграрний університет	
Факультет інженерно-технічний	
Кафедра механіки	
Дисципліна: Механізмів	
Тема: Конструювання механізмів	
Викладач: [Name]	
Студент: [Name]	
Група: [Group]	
Дата: [Date]	
Лист № [Page Number]	