

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: «Підготовка машинобудівного виробництва для виготовлення штока
компресора поршневого крейцкопфного»

КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000 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
КОВАЛЕНКО Дмитро

Керівник: старша викладачка
КОЛЕСНІЧЕНКО Ірина

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 ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

КОВАЛЕНКО Дмитро

1 Тема роботи: «*Підготовка машинобудівного виробництва для виготовлення штока компресора поршневого крейцкопфного*», керівник роботи **старша викладачка КОЛЕСНІЧЕНКО Ірина**, 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 – *компресор поршневий крейцкопфний (число ступенів стискування 1; число циліндрів 2; діаметр циліндра 90 мм; хід поршня 98 мм; діаметр штока 26 мм; частота обертання 16,3 с⁻¹; початковий тиск 0,15...1,1 МПа; кінцевий тиск 0,45...1,6 МПа; перепад тисків 0,5 МПа; продуктивність 0,016 куб.м/с; тиск змащення 0,17...0,3 МПа; кількість оливи у картері 0,0035 куб.м; потужність на валу компресора 11 кВт; габаритні розміри 1060×720×500 мм; маса 197 кг); річна програма випуску 200 шт.*

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 _____ Дмитро КОВАЛЕНКО
(підпис)

Керівник роботи _____ Ірина КОЛЕСНІЧЕНКО
(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 4 розділи, 10 рисунків, 8 таблиць, 50 використаних джерел, 43 сторінки.

Об'єкт розробки – компресор поршневий крейцкопфний.

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

Постановка актуальної технічної задачі – дослідити можливості машинобудівного виробництва стосовно виготовлення складової деталі для забезпечення роботоздатного стану компресора поршневого крейцкопфного 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 поршневого крейцкопфного компресора, розглянуто його конструктивні особливості та функціональне призначення. Проведено аналіз вимог до точності штока, обґрунтовано вибір матеріалу, а також визначено тип виробництва і річну програму випуску виробу.

У **технологічному розділі** здійснено оцінку технологічності вузла та штока, 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 технологічного оснащення патрона поводкового для обробки відповідального поверхонь штока. Наведено принцип дії запропонованої конструкції, визначено зусилля затиску деталі.

У розділі **економіки, охорони праці та навколишнього середовища** проаналізовано способи отримання заготовки штока, за результатами якого обґрунтовано доцільність застосування виготовлення із сортового прокату. Крім того, наведено розрахунки загального освітлення цеху та проаналізовано екологічні аспекти машинобудівного виробництва.

Практичні результати роботи – розроблено складальний кресленик компресора поршневого крейцкопфного (число ступенів стискання 1; число циліндрів 2; діаметр циліндра 90 мм; хід поршня 98 мм; діаметр штока 26 мм; частота обертання 16,3 с⁻¹; початковий тиск 0,15...1,1 МПа; кінцевий тиск 0,45...1,6 МПа; перепад тисків 0,5 МПа; продуктивність 0,016 куб.м/с; тиск

змащення 0,17...0,3 МПа; кількість оливи у картері 0,0035 куб.м; потужність на валу компресора 11 кВт; габаритні розміри 1060×720×500 мм; маса 197 кг; річна програма випуску 200 шт.) кресленик штока; кресленик заготовки штока; складальний кресленик технологічного оснащення.

Рекомендації щодо використання результатів роботи шток входить до складу поршневого крейцкопфного компресора, що застосовується для стискування повітря або інших газів і подавання їх з підвищеним тиском.

Сфера застосування результатів роботи – галузеве машинобудування.

Графічна частина становить 4 арк. ф. А1.

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

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота бакалавра присвячена розробці конструкторсько-технологічних рішень виготовлення поршневого компресора. У роботі проаналізовано службові призначення та конструкцію вузла, виконано аналіз параметрів точності штока, обґрунтовано вибір матеріалу та визначено тип виробництва і річну програму випуску. Розроблено раціональний технологічний процес механічної обробки штока з визначенням маршрутів обробки, припусків і операційних розмірів. Спроектовано технологічне оснащення – патрон поводковий. Проведено техніко-економічне обґрунтування способу отримання заготовки, а також розглянуто питання охорони праці в контексті загального освітлення, екологічні аспекти виробництва.

КОМПРЕСОР, ШТОК, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, МЕХАНІЧНА ОБРОБКА, ПАТРОН, ПРОКАТ, ЕФЕКТИВНІСТЬ, ОСВІТЛЕННЯ, ЕКОЛОГІЯ.

ANNOTATION

The bachelor's qualification thesis is devoted to the development of design and technological solutions for the manufacture of a piston compressor. The work analyzes the functional purpose and design of the unit, examines the accuracy parameters of the rod, substantiates the choice of material, and determines the type of production and the annual output program. A rational technological process for the machining of the rod has been developed, including the definition of machining routes, allowances, and operational dimensions. Technological tooling—a driving chuck—has been designed. A technical and economic justification of the method for obtaining the blank has been carried out, and occupational safety issues in the context of general lighting, as well as environmental aspects of production, have been considered.

COMPRESSOR, ROD, TECHNOLOGICAL PROCESS, MACHINING, CHUCK, ROLLED STOCK, EFFICIENCY, LIGHTING, ECOLOGY.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ	8
1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис	8
1.2 Аналіз параметрів точності	12
1.3 Характеристика матеріалу деталі, замінник	13
1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску	15
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ	17
2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі	17
2.2 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення	22
2.3 Обробка поверхонь	24
2.4 Розробка маршруту виготовлення деталі	27
2.5 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів	30
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ	33
3.1 Розрєска конструкції затискного пристосування	33
3.2 Розрахунок зусилля затиску	35
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА	37
ПРАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	37
4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі	37
4.2 Заходи з охорони праці	38
4.3 Екологічні аспекти під час виготовлення штока	40
ВИСНОВКИ	43
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	44

					КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Зміст	Літера	Аркуш	Аркушів
Виконав		Коваленко Д.				н	5	43
Перевір.		Колесніченко І.						
Керівник		Колесніченко І.						
Н. контр.		Колесніченко І.						
Затверд.		Попов С.						
						ПДАУ, 2026 р.		

ВСТУП

Сучасне сільськогосподарське виробництво характеризується високим рівнем механізації та широким використанням машин і обладнання, робота яких потребує надійних джерел стисненого повітря та газів. Компресорні установки є невід'ємною складовою технологічних процесів у тваринництві, переробці сільськогосподарської продукції, системах пневматичного транспорту, вентиляції, автоматизації та енергозабезпечення. Ефективність і безперебійність роботи таких систем значною мірою визначається конструктивною досконалістю та надійністю компресорів [32].

Серед різних типів компресорного обладнання важливе місце займають поршневі крейцкопфні компресори, які відзначаються високою надійністю, довговічністю та можливістю роботи при значних тисках і навантаженнях. Завдяки наявності крейцкопфного механізму в таких компресорах забезпечується зменшення бічних зусиль на поршень і циліндр, що позитивно впливає на зносостійкість деталей та стабільність роботи агрегату. Це робить поршневі крейцкопфні компресори доцільними для застосування в умовах тривалої експлуатації, характерній для підприємств агропромислового комплексу.

Однією з ключових деталей поршневого крейцкопфного компресора є шток, який передає зусилля від крейцкопфа до поршня та працює в умовах змінних навантажень, тертя і впливу робочого середовища. Надійність штока значною мірою визначає ресурс компресора в цілому, тому до його конструкції, матеріалу та технології виготовлення висувуються підвищені вимоги. Раціональна підготовка машинобудівного виробництва для виготовлення цієї деталі дозволяє забезпечити необхідні експлуатаційні характеристики, зменшити витрати матеріалів та підвищити економічну ефективність виробництва.

У зв'язку з цим актуальним є дослідження та обґрунтування технологічних рішень, пов'язаних із виготовленням штока поршневого крейцкопфного компресора. У роботі особлива увага приділяється аналізу конструктивних

особливостей компресора, вибору матеріалу штока, розробці технологічного процесу його виготовлення та підготовці машинобудівного виробництва з урахуванням вимог надійності, економічності та екологічної безпеки.

Отже, **мета** роботи полягає у розробленні базових положень для підготовки виробництва із забезпечення потреб ринку. **Об'єктом** розробки є компресор поршневий крейцкопфний, а **предметом** – конструкторсько-технологічні аспекти забезпечення процесів виготовлення штока.

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

- проаналізувати службове призначення вузла, здійснити аналіз точності, охарактеризувати конструкційний матеріал, що застосовуються для виготовлення деталі, а також визначити тип виробництва на підставі річної програми запуску виробу;
- здійснити відпрацювання на технологічність вузла та деталі запропонувати маршрут обробки поверхонь деталі, а також визначити припуски та операційні розміри;
- запропонувати технологічне оснащення та здійснити його основний розрахунок;
- 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_41.11.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис

Поршневий компресор призначений для стискання повітря або інших газів і подавання їх з підвищеним тиском. Він перетворює механічну енергію двигуна на енергію стисненого газу, забезпечуючи роботу пневматичних систем, інструментів і різного обладнання. Такий компресор застосовують там, де необхідно створити та підтримувати заданий тиск газу для виконання механічної або технологічної роботи.

Компресор, винесений на розгляд, поршневий, крейцкопфний, V-подібний, дворядний (рис.нок 1.1, таблиця 1.1). Має один ступінь стиснення. Поршні отримують зворотно-поступальний рух від колінчастого валу компресора. При русі поршня вниз у циліндрі створюється розрідження. Всмоктувальний клапан відкриває отвір у диску, і суміш газу надходить у камеру циліндра. При русі поршня вгору дана суміш стискається. Під дією стиснутого газу відкривається нагнітальний клапан, і суміш пропан-бутану через отвори диска і отвір в головці циліндра надходить у систему.

Зворотно-поступальний рух поршень стримує від колінчастого валу через шатун, до якого пальцем кріпиться крейцкопф, котрий з'єднаний різьбою із штоком, на який одітий поршень, і який, у свою чергу, кріпиться гайкою, стопориться шпонковим з'єднанням. Циліндр, головка та напрямна циліндра мають ребра для покращення тепловіддачі та підвищення жорсткості. Колінчастий вал компресора встановлено в кулькових підшипниках, які змонтовано у корпусі. В кришці є отвори для сполучення із атмосферою. В нижній частині корпусу з обох боків знаходяться отвори, які закриваються пробками для зливання оливи. Рівень оливи перевіряється щупом. В основі корпусу є чотири отвори $D=20$ мм для кріплення компресора до станини машин.

					КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Рисунок 1.1. Компресор поршневий крейцкопфний

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика компресора

Назва параметра	Величина
1	2
1. Робоче середовище	газ (пропан, бутан)
2. Тип компресора	поршневий, крейцкопфний, V- подібний, дворядний
3. Число ступенів стисання	1
4. Число циліндрів	2
5. Діаметр циліндра, мм	90
6. Хід поршня, мм	98

Продовження таблиці 1.1

1	2
7. Діаметр штока, мм	26
8. Частота обертання, 1/с	16,3
9. Початковий тиск газу, МПа	
мінімальний	0,15
максимальний	1,1
10. Кінцевий тиск газу, МПа	
мінімальний	0,45
максимальний	1,6
11. Максимальний перепад тисків, МПа, не більше	0,5
12. Об'ємна продуктивність, м ³ /с	0,016
13. Тип змащення механізму руху	комбіноване під тиском розбризкуванням
14. Тиск у системі змащення, МПа	0,17...0,30
15. Об'єм оливи у картері, м ³	$2,5 \cdot 10^{-3}$
16. Максимальна потужність на валу компресора, кВт, не більше	11,0
17. Габаритні розміри, мм	1060 × 720 × 500
18. Маса, кг	197

Деталлю, що вноситься на детальний розгляд, є шток компресора (рисунок 1.2).

Рисунок 1.2 - Шток компресора

Шток компресора є вісесиметричною циліндричною деталлю типу ступінчастого валу, що виготовляється з круглого прокату легованої конструкційної сталі 40Х. Призначений для передачі зусилля від кривошипно-шатунного механізму до поршня компресора. Загальна довжина штока становить 363 мм, конструкція включає центральну робочу частину та два кінцеві ступені з різьбовими з'єднаннями, що забезпечують монтаж і фіксацію деталі у вузлі.

					КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Середня частина штока являє собою циліндричну поверхню діаметром $\varnothing 26h6$ мм. Вона працює у парі ковзання з напрямними та ущільнювальними елементами, у зв'язку з чим до неї висувуються підвищені вимоги щодо точності та якості поверхні. Для забезпечення надійної роботи задано малу шорсткість Ra 0,1, а також жорсткі допуски на співвісність і биття відносно базової осі. Перехідні ділянки виконані з плавними галтелями, що зменшують концентрацію напружень під час циклічного навантаження.

На лівому кінці штока розташована різьба M16 \times 1,5-6g, а також посадкова шийка діаметром $\varnothing 17g6$ мм. Вони призначені для з'єднання з елементами механізму компресора. На правому кінці виконано різьбу M20 \times 1,5-6g та центрові отвори, що використовуються для базування деталі під час механічної обробки. Обидва кінці мають фаски під кутом 45° для полегшення складання та запобігання пошкодженню різьбових і посадкових поверхонь.

У конструкції штока передбачені кільцеві канавки спеціального профілю для розміщення ущільнювальних елементів, при цьому їх форма та радіуси заокруглень забезпечують герметичність і зносостійкість під час роботи. Для цих поверхонь встановлено шорсткість Ra 0,8, що є оптимальною для контакту з ущільненнями.

Після механічної обробки шток піддається загартуванню з наступним відпусканням до твердості НРС 45...46. Це підвищує його міцність, зносостійкість та опір втомі. Завдяки застосуванню сталі 40X, термічній обробці та високій точності виготовлення деталь забезпечує надійну та довготривалу роботу компресора в умовах змінних навантажень і тертя.

1.2 Аналіз параметрів точності

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

					КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Таблиця 1.2 - Аналіз параметрів точності

Тип поверхні	Розмір і допуски	Квалітет	Відхилення		Шорсткість Ra, мкм
			Форми	Розташування	
1	2	3	4	5	6
Циліндрична	$\phi 26_{(-0,013)}$	h6	$\sqrt{\text{0,02}}$	—	0,1
Канавка	$\phi 17,7$	h12	—	—	3,2
Канавка	$\phi 13$	h12	—	—	3,2
Циліндрична	$\phi 17_{\begin{matrix} (-0,00) \\ (-0,017) \end{matrix}}$	g6	—	$\odot 0,06$	0,8
Канавка	$\phi 12$	h12	—	—	3,2
Площинна	$22_{(-0,33)}$	h13	—	—	3,2
Різьба метрична	M20×1,5-6g	h7	—	—	1,6
Різьба метрична	M16×1,5-6g	h7	—	—	1,6
Торець	363	h14	—	—	6,3
Торець	17	$\pm IT14/2$	—	$\sqrt{0,02}$	0,8
Торець	30	$\pm IT14/2$	—	$\perp 0,04/100$	0,8
Паз	42	$\pm IT14/2$	—	—	3,2

Провівши аналіз якості виконання поверхонь деталі, маємо, що найточніший розмір $\phi 26_{h6(-0,013)}$ мм і шорсткість $R_a=0,1$ мкм. Деталь може бути виготовлена у заводських умовах.

1.3 Характеристика матеріалу деталі, замінник

Марка матеріалу для виготовлення штоку компресора визначається службовим призначенням і умовами роботи компресора. При цьому необхідно врахувати вплив

					КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

властивостей матеріалу на міцність і жорсткість конструкції, вібростійкість, зносостійкість окремих поверхонь, габарити і масу деталі. Шток виготовляється із сталі марки 40X за ДСТУ 7806:2015 [24, 37].

Сталь 40X – це легована конструкційна хромиста сталь середнього вмісту вуглецю, яка широко застосовується для виготовлення відповідальних машинобудівних деталей, що працюють під значними статичними та змінними навантаженнями. Вона містить близько 0,40% вуглецю та легується хромом у кількості приблизно 0,8...1,1%. Це забезпечує підвищену програтовуваність, міцність і зносостійкість порівняно з вуглецевими сталями.

Сталь 40X добре піддається термічній обробці, зокрема загартуванню з наступним відпусканням. У результаті чого може досягтися поєднання високої міцності, твердості та достатньої в'язкості. Після поліпшення її твердість зазвичай становить 28...35 HRC, а після загартування з низьким або середнім відпуском може досягати 45...50 HRC. Це робить цю сталь придатною для деталей, що працюють на знос та в умовах циклічних навантажень.

Матеріал характеризується задовільною оброблюваністю різанням у відпущеному стані та допускає шліфування до високої якості поверхні. Зварюваність сталі 40X обмежена через підвищений вміст вуглецю та хрому, тому при зварюванні зазвичай потрібні підігрів та подальша термічна обробка для запобігання утворенню тріщин.

Завдяки поєднанню міцності, зносостійкості та технологічності сталь 40X широко застосовується для виготовлення валів, штоків, осей, зубчастих коліс, шпинделів та інших деталей машин, де необхідна надійна робота в умовах підвищених механічних навантажень і тертя.

Хімічний склад і властивості матеріалу приведені нижче в таблиці 13. Також в цій таблиці приведено марку, хімічний склад і властивості матеріалу, яким можна замінити базовий матеріал.

					КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Таблиця 1.5 – Хімічний склад та механічні властивості матеріалу деталі

Марки матеріалів	Хімічний склад, %									Механічні властивості		
	C	Si	Mn	Cr	S	P	Ti	Cu	Ni	σ_B , МПа	δ , %	НВ, МПа
40X	0,36-0,44	0,17-0,37	0,5-0,8	0,8-1,1	$\leq 0,025$	$\leq 0,035$	$\leq 0,2$	$\leq 0,3$	$\leq 0,6$	1000	10	217
45X	0,49-0,55	$\leq 0,8$	$\leq 0,8$	12-14	0,025	$\leq 0,03$	$\leq 0,2$	$\leq 0,3$	$\leq 0,6$	1050	9	229

Остаточного залишаємо матеріал, призначений конструктором без змін.

1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску

Маркетингове дослідження показало попит ринку в деталях компресора поршневого крейцкопфного у кількості 200 штук на рік. Визначимо річну програму запуску виробів за формулою:

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

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

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

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

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

$$N_{зан} = (200 + 0,04 \cdot 200) \cdot (1 + 0,025) = 213 \text{ (шт.)}$$

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

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

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

Конструкція машини, вузла, деталі є технологічною коли вона відповідає усім технічним та експлуатаційним вимогам і коли на неї витрачається мінімальна кількість суспільної праці.

Компресор, зображений на кресленні, має V-подібну двоциліндрову конструкцію з кривошипно-шатунним механізмом, що є типовим і добре відпрацьованим технічним рішенням, позитивним з точки зору технологічності. Конструкція чітко розчленована на окремі складальні вузли, такі як картер, циліндрові блоки, поршнева група та механізм приводу, що дає змогу виготовляти і обробляти їх незалежно один від одного, а також спрощує складання і подальше технічне обслуговування виробу.

Форма більшості деталей є простою та раціональною для виготовлення. Картер доцільно виготовляти методом литва, оскільки він має складну просторову форму та внутрішні порожнини, при цьому наявність базових поверхонь і кріпильних отворів забезпечує зручність подальшої механічної обробки. Циліндри та кришки мають переважно осьову симетрію, що підвищує технологічність їх обробки на токарних і розточувальних верстатах, а також сприяє отриманню необхідної точності посадок. Високоточні поверхні з малими допусками застосовані лише в тих місцях, де це обумовлено умовами роботи, зокрема для сполучень поршня з циліндром і підшипників колінчастого валу, що дозволяє уникнути зайвого ускладнення та здорожчання виробництва.

									Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000 ПЗ				17

Важливою перевагою конструкції є значний рівень уніфікації та стандартизації. Обидва циліндри є однаковими, що дозволяє використовувати спільні деталі поршневої групи та кріплення, а застосування стандартних болтів, гайок, шпильок і підшипників зменшує номенклатуру деталей і спрощує постачання комплектуючих. Болтові з'єднання забезпечують роз'ємність основних вузлів, що позитивно впливає на ремонтпридатність компресора та полегшує доступ до елементів під час технічного обслуговування.

Разом з тим, певні технологічні труднощі пов'язані з необхідністю точного взаємного розташування циліндрів і колінчастого валу, а також із підвищеними вимогами до якості обробки внутрішніх поверхонь циліндрів. Додаткову складність може викликати виготовлення та монтаж трубопроводів складної форми, що частково потребує ручних операцій.

У цілому конструкція компресора є технологічно доцільною, добре пристосованою до серійного виробництва та експлуатації, а застосовані конструктивні рішення забезпечують раціональне поєднання функціональності, надійності та відносної простоти виготовлення.

Шток компресора як деталь машинобудування загалом належить до класу обергань і характеризується відносно високою технологічністю, оскільки основні його поверхні можуть бути отримані токарською обробкою з використанням стандартних технологічних баз. Зазвичай такі деталі виготовляють із каліброваного прокату або поковки, що дає змогу зменшити припуски на обробку й скоротити кількість переходів. Конструкція штока, як правило, передбачає поєднання циліндричних посадочних поверхонь, різьбових ділянок, канавок і фасок, які добре освоєні у виробництві та не потребують спеціального оснащення. Високі вимоги до точності та шорсткості встановлюються лише для робочих поверхонь, що контактують з ущільненнями та підшипниками, тоді як допоміжні елементи можуть мати грубіші допуски, що позитивно впливає на собівартість виготовлення. Разом із тим, технологічність штока значною мірою залежить від правильного вибору базування, забезпечення співвісності всіх циліндричних поверхонь і мінімізації

									КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						18

різких переходів перерізів, які можуть ускладнювати обробку та знижувати міцність.

Якщо розглядати технологічність штока компресора безпосередньо за наданим кресленням, то видно, що деталь має витягнуту вісесиметричну форму з переважанням циліндричних поверхонь різних діаметрів, що є сприятливим для токарної обробки в установці між центрами. Основна робоча поверхня штока з діаметром, виконаним за посадкою типу H5, має підвищені вимоги до точності та шорсткості, що обґрунтовано умовами роботи в ущільнювальному вузлі компресора. Наявність вимоги до твердості поверхневого шару свідчить про застосування термічної або хіміко-термічної обробки, після якої передбачена чистова або шліфувальна операція, це є типовим і технологічно обґрунтованим рішенням.

Різьбові кінці штока з метричною різьбою стандартних розмірів забезпечують можливість використання уніфікованого інструменту та не ускладнюють виготовлення деталі. Канавки, фаски та заокруглення, показані на кресленні, мають стандартні розміри й радіуси, що полегшує їх виконання та зменшує концентрацію напружень. Разом з тим, наявність кількох ділянок із жорсткими допусками на співвідношення і радіальне свіття вимагає ретельного дотримання єдиної технологічної бази протягом усього процесу обробки, а також застосування точного обладнання.

У цілому шток компресора за поданим кресленням можна вважати технологічно доцільною деталлю, придатною для серійного виробництва. Його конструкція дозволяє застосовувати типові технологічні процеси токарної, термічної та шліфувальної обробки без використання складного спеціального оснащення, а встановлені вимоги до точності та якості поверхонь є обґрунтованими й відповідають функціональному призначенню деталі в складі компресора.

У таблиці 2.1 наводимо аналіз технологічності деталі

					КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Таблиця 2.1 – Аналіз на технологічність деталі

№ з. п.	Показники і вимоги до технологічності	Висновки по показниках технологічності	Заходи з покращення технологічності
1	2	3	4
1	Наявність зручних баз, що забезпечують надійне закріплення заготовки	Так, технологічно	Закріплення у самоцентруючому патроні
2	Можливість установки за допомогою простих настановних і затискних елементів	Так, технологічно	Можливе встановлення в центрах
3	Чи допускає жорсткість валу отримання високої точності обробки?	Чи, не технологічно	Конструкція деталі не досить жорстка.
4	Можливість обробки поверхонь прохідними різцями	Так, технологічно	-
5	Чи можливо зменшити діаметри великих фланців або виключити їх взагалі?	Так, технологічно	Фланці відсутні
6	Чи можливо замінити закриті шпонкові канавки відкритими?	Так, технологічно	Канавка виконується дисковою фрезою

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000 ПЗ

Аркуш

20

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
7	Чи мають поперечні канавки форму і розміри, що придатні для обробки на гідрокопіювальних верстатах?	Так, технологічно	Наявність металорізального обладнання забезпечує даний показник технологічності
8	Наявність довгих точних оброблених поверхонь	Так, не технологічно	Метод обробки забезпечує даний показник технологічності
9	Наявність кутів, відрізняються від 45°	Так, технологічно	-
10	Чи є великі перепади діаметрів?	Ні, технологічно	-
11	Величина припусків на заготовку	Технологічно	Заготовка з прокату
12	Чи є поверхні, які неможливо виміряти стандартними вимірювальними інструментами?	Ні, технологічно	-

Розглянувши таблицю, можна зробити висновок, що деталь за більшістю показників є технологічною для умов автоматизованого виробництва.

2.2 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення

При проектуванні за програмою необхідне детальне розроблення технологічних процесів виготовлення кожної деталі зі складанням детальних технологічних карт та нормування часу обробки по операціях. Ця робота має дуже великий обсяг і потребує багато часу.

Діючий технологічний процес містить значну кількість розрізних операцій механічної обробки. При чому дані операції в основній своїй масі виконуються на універсальному обладнанні, що відбивається на величині штучного часу обробки деталі. Ця обставина також вимагає значної кількості проміжних контрольних операцій, що також збільшує час обробки.

Тому, при розробці технологічного процесу, для механічної обробки використаємо складні верстати з ЧПК, що дасть можливість зменшити машинний час в порівнянні з копінвальними верстатами, а також підвищити точність виготовлення деталі та зменшити номенклатуру різального та вимірального інструментів.

У технологічному процесі використовуються спеціальні різальні інструменти, що надходять разом з верстатами, а також розроблені у даній магістерській роботі. Важливо відмітити, що особливістю маршруту обробки на верстатах з ЧПК є те, що на кожному установі де виконується обробка цих розмірів, потрібно обирати початок відліку, тобто нуль деталі.

Таким чином, нам потрібно переробити початковий кресленик деталі (рисунок 2.1), проставивши розміри від початку відліку, тобто від нуля деталі. Перероблений кресленик зображено на рисунках 2.2 та 2.3.

Нуль деталі при першому установі буде розташований на торці деталі з M6×1,5–6g на осьовій лінії. Нуль деталі при другому установі буде розташований на торці деталі з M20×1,5-6g на осьовій лінії.

					КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Рисунок 2.1 – Кресленик деталі (базовий)

Рисунок 2.2 – Кресленик деталі для операції 020 (перероблений)

					КРБ.133ГМбд_41.14.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Рисунок 2.3 – Кресленик деталі для омегації 025 (перероблений)

Таким чином, отримуємо перероблений кресленик деталі, котрий можна використовувати у подальшій роботі.

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:

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

де ε – загальне значення;

ε_i – окремі ступені уточнення;

n – число ступенів обробки;

					КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

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

Розкладаючи загальне значення на співмножники, потрібно враховувати типові рекомендації: для першого ступеня чорнової обробки досяжними є величини уточнення $\varepsilon < 6$; для проміжних ступенів напівчистої обробки $\varepsilon = 3 \dots 4$; для ступенів чистої обробки $\varepsilon = 1,5 \dots 2$.

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 $\varnothing 17_{\pm 0,06}$. Допуск за кресляником $0,011$ мм, допуск заготовки – $1,4$ мм. Загальне уточнення складає:

$$\varepsilon = \frac{1,4}{0,011} = 127,27$$

Орієнтовна кількість ступенів обробки

$$n_p = \frac{\lg 127,27}{0,46} \approx 4,3$$

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

Згідно з даними таблиці 2.2, однаковий кінцевий результат може бути досягнутий за допомогою кількох варіантів МОП, при цьому кількість переходів під час обробки кожної поверхні в цих варіантах є різною. Перевагу надаємо тому варіанту МОП, який передбачає мінімальну кількість переходів. Під час розроблення технологічного процесу виготовлення деталі обробку кількох однотипних поверхонь доцільно розглядати комплексно, що зумовлює внесення певних змін до попередньо визначених маршрутів обробки окремих поверхонь.

									Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000 ПЗ				25

Таблиця 2.2 – Методи обробки поверхонь деталі (рисунок 2.4)

Позначення поверхні	Квалітет точності	Допуск за фаслеником	Шорсткість	Допуск заготовки	Квалітет заготовки	Загальне уточнення	Номер маршруту	Можливі маршрути обробки поверхонь	Квалітет після обр	Досягнений допуск	Коеф. уточнень	Загальне уточнення
								Перехід МОП				
1,2	14	0,25	6,3	1,4	15	5,6	1	Фрезерування торця	12	0,25	5,6	5,6
							2	Підрізка торця	12	0,25	5,6	5,6
3	6	0,011	0,8	1,4	15	108	1	Точіння чорнове	14	0,73	1,9	108
								Точіння напівчистове	12	0,3	2,43	
								Точіння чистове	8	0,1	3	
								Шліфування	3	0,011	7,7	
							2	Точіння чорнове	12	0,8	1,75	108
								Точіння напівчистове	9	0,4	2	
								Точіння чистове	7	0,2	2	
								Точіння тонке	6	0,011	15,4	
							3	Точіння чорнове	12	0,8	1,75	108
								Точіння напівчистове	10	0,5	1,8	
								Шліфування чистове	7	0,09	5,6	
								Шліфування тонке	6	0,011	6,9	
8	6	0,013	0,1	1,4	15	108	1	Точіння чорнове	14	0,73	1,9	108
								Точіння напівчистове	12	0,3	2,43	
								Точіння чистове	8	0,1	3	
								Полірування	6	0,013	7,7	
							2	Точіння чорнове	12	0,8	1,75	108
								Точіння напівчистове	9	0,4	2	
								Точіння чистове	7	0,2	2	
								Точіння тонке	6	0,013	15,4	
							3	Точіння чорнове	12	0,8	1,75	108
								Точіння напівчистове	10	0,5	1,8	
								Шліфування чистове	7	0,09	5,6	
								Шліфування тонке	6	0,013	6,9	

Рисунок 2.4 – Нумерація оброблюваних поверхонь деталі

Виходячи з загального маршруту обробки деталі, для конкретних поверхонь обираємо такі маршрути, які дозволяють скоротити номенклатуру ріжучого інструменту та використовуваного обладнання.

2.4 Розробка маршруту виготовлення деталі

Розробка маршруту виготовлення деталі є одним із ключових етапів проектування технологічного процесу, оскільки саме на цьому етапі визначається послідовність виконання технологічних операцій, вибір обладнання, способів базування та контролю. Маршрут виготовлення формується з урахуванням конструктивних особливостей деталі, вимог до точності та шорсткості поверхонь, матеріалу заготовки, а також типу й обсягу виробництва.

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

					КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Таблиця 2.5 - Маршрут обробки деталі

Номер і назва операції	Найменування і модель верстата	Номери і зміст переходів та установів
1	2	3
005 Заготівельна	Верстат ножовочний 872А	Відрізати заготовку з прутка, витримуючи розмір $360_{-0,8}^{+1,6}$.
010 Термічна	-	Гартування з відпуском.
015 Фрезерно-центрувальна	Фрезерно-центрувальний напівавтомат моделі МР-11М	Фрезерувати торці 1,2, витримуючи розмір $363_{-0,5}$ мм. Центрувати 2 отвори А3,15 на поверхнях 1, 2.
020 Токарна	Токарний верстат з ЧПК моделі 16Б16Ф3-05	Точити пов.3 начорно, витримуючи розмір $\phi 19,6_{-0,5}$ мм. Точити канавку 4. Точити канавку 5. Точити фаску 7. Точити пов.2 напівчисто, витримуючи r-р $\phi 17,6_{-0,45}$ мм. Точити начисто пов.3. Точити начисто пов.6. На пов.6 нарізати різьбу М16×1,5-6g.
025 Токарна	Токарний верстат з ЧПК моделі 16Б16Ф3-05	Точити пов.8 начорно, витримуючи розмір $\phi 27,5_{-0,5}$ мм. Точити канавку 9. Точити фаску 11. Точити фаску 12. Точити пов.10 начорно, витримуючи розмір $\phi 22,3_{-0,5}$ мм. Точити начисто пов.8. Точити пов.10 напівчисто, витримуючи r-р $\phi 20,6_{-0,1}$ мм. Точити начисто пов.10. На пов.10 нарізати різьбу М20×1,5-6g.

Продовження таблиці 2.3

1	2	3
030 Фрезерна	Горизонтально-фрезерний моделі 6M83Г	Фрезерувати дві лиски пов. 13, витримуючи р-р 22-0,33 мм.
035 Термічна	установка високочастотна ЛЗ-43	Гартувати поверхню 8 до твердості HRC 450..46.
040 Фрезерна	Вертикально-фрезерний моделі 692P	Фрезерувати па? 14.
045 Шліфу-вальна	Круглошліфувальний 3Б161	Шліфувати пов.8.
050 Шліфу-вальна	Круглошліфувальний 3Б161	Шліфувати пов.3.
055 Поліру-вальна	Токарний гвинторізний 16K20	Полірувати пов.8.
060 Слюсарна	Верстак слюсарний	Притупити гострі краї, розмагнітити шток.
065 Мийна	Машина для миття	Промити деталь.
070 Контрольна		Технічний контроль ВТК, маркувати деталь.

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 $\phi 26h6(-0,013)$ мм.

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

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

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.

					КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Таблиця 2.4 – Розрахункова карта припусків і граничних розмірів за технологічними переходами при обробці $\phi 26h6(-0,013)$ мм

Технол. перехід	Елемент припуску				Розрах. припуск $2Z_{\text{прип}}$, мкм	Розрах. розмір d_p , мм	Допуск, мкм	Граничний розмір		Граничн. припуск	
	R_z	T	ρ	ε				d_{min}	d_{max}	$2Z_{\text{min}}$	$2Z_{\text{max}}$
Заготовка	160	200	85,4	-	-	29,186	1400	29,186	30,586	-	-
Точіння чорнове	50	50	51,2	140	2428	26,759	321	26,77	27,097	2416	3489
Точіння чистове	25	25	42,7	-	498,16	26,26	81	26,263	26,344	507	753
Шліфування	5	5	34,2	-	185,4	26,075	32	26,075	26,107	188	237
Полірування	5	5	26	-	88,32	25,987	13	25,987	26,000	88	107

Проводимо перевірку правильності розрахунку:

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

$$(3489 + 753 + 237 + 107) - (2416 + 507 + 188 + 88) = 1400 - 13;$$

$$1387 = 1387.$$

Також припуски визначаємо графічним способом із використанням дорідників. Конкретні значення припусків заносимо до таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Припуски на механічно оброблені поверхні деталі

№	Найменування поверхні	Найменування переходу	Припуск Z_{min} , мм	Квалітет	Технол. допуск, мкм
1,2,	Торці 1=363	Фрезерування	2,9	IT12/2	-0,5
3	Циліндрична $\phi 17g6_{-0,017}^{-0,006}$	Чорнове точіння	6,47	14	+0,4
		Напівчистове точіння			
		Чистове точіння	1,0	11	-0,5
		Шліфування	0,3	7	-0,05
			0,006	6	0,011
		Напівчистове точіння			
			7,2	14	$\pm 0,3$
		Чорнове точіння	6,47	14	$\pm 0,4$
	Канавка	Напівчистове точіння			
4,5,	Циліндрична	Чистове точіння	1,0	11	-0,5
9,	$\phi 16_{-0,017}$		0,5	9	-0,57
6,	Циліндрична	Чорнове точіння	4,7	14	$\pm 0,15$
10	$\phi 20$	Напівчистове точіння			
		Чистове точіння	1,0	11	$\pm 0,13$
			0,3	9	-0,15
13	Площинна 22h13	Фрезерування чорнове	2,0	14	-0,33
14	Площинна 13-0,1	Фрезерування чорнове	3,0	14	-0,1

Припуски на поверхню 8 визначені розрахунково аналітичним методом і занесені до таблиці 2.5.

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1) Розробка конструкції затискного пристосування

Розроблений затискний пристрій використовується для базування заготовки реальною поверхнею і віссю. Він застосовується при обточуванні циліндричних поверхонь на операціях 020 (рисунок 3.1) та 025 (рисунок 3.2). Базування заготовки шток здійснюється зовнішньою циліндричною поверхнею $\phi 26h6$, площиною торця заготовки та центрувальними отворами.

При такій схемі базування виключається переміщення заготовки в трьох взаємно перпендикулярних напрямках, а також – обертання в двох взаємно перпендикулярних напрямках.

Рисунок 3.1 – Схема базування заготовки на операції 020

Рисунок 3.2 – Схема базування заготовки на операції 025

Затискне пристосування (рисунок 3.3) використовується на токарній операції 020 та 025 [12, 36, 38, 39]. Патрон поводковий використовується для закріплення

					КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

деталей по зовнішній необробленій поверхні з одночасним centruванням підведеним центром 13. Тиском деталі центр утопає і забезпечує досилання її торця до упору в базову поверхню гайки 9.

Центр при затисканні запирається автоматично кулачками 21, які надають сухарям 6 і повзунам 8 обертання (відносно осі патрона). Завдяки похилим пазам повзунам передається поступальний рух вздовж осі пазів. При цьому сухарі переміщуються по похилих пазах і досилають кулачки до упору в гайку 9.

Перевага даного патрону у нашому випадку полягає у скороченні часу на установку та закріплення заготовки за рахунок автоматичного затискання під дією крутного моменту.

Рисунок 3.3 – Пристосування затискне (патрон поводковий)

Пристосування складається із наступних елементів: 1 – передній диск; 2 – губка; 3 – болт; 4 – гайка фіксуюча; 5 – внутрішній диск; 6 – сухар; 7 – пружина; 8 – повзун; 9 – гайка; 10 – упор; 11 – стакан; 12 – задній центр; 13 – центр; 14 – контршайба; 15 – корпус; 16 – шпилька; 17 – гвинт; 18 – пружина притискна; 19 – повзун; 20 – гвинт; 21 – кулачок; 22 – болт; 23 – шайба; 24 – болт фіксуючий; 25 – пружина

					КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

3.2 Розрахунок зусилля затиску

Складемо схему діючих сил і визначимо з неї силу (рисунок 3.4), яка необхідна для затиску [7, 28, 12, 36, 38, 39].

Рисунок 3.4 – Розрахункова схема затиску

Сумарна сила затиску розраховується за формулою:

$$W_{\Sigma} = \frac{k \cdot M}{f \cdot R} = \frac{k \cdot P_z \cdot r}{f \cdot R}. \quad (3.1)$$

Визначимо складову сили різання P_z за формулою:

$$P_z = 10 C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (3.2)$$

де C_p , x , y , k_p коефіцієнти, які ми вибираємо із довідника.

Маємо

$$P_z = 10 \cdot 320 \cdot 2,5^1 \cdot 1^{0,75} \cdot 46,7^{0,15} \cdot 1,364 = 6130,654 \text{ (Н)}.$$

					КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Крутний момент, що буде діяти на заготовку:

$$M_{KP} = r \cdot P_z, \quad (3.3)$$

$$M_{KP} = 0,013 \cdot 6130,654 = 79,7 \text{ (Н}\cdot\text{м)}.$$

f – коефіцієнти тертя ($f=0,15$).

Тоді за формулою (3.1) знаходимо:

$$W_{\Sigma} = \frac{1,5 \cdot 79,7}{0,15 \cdot 26} = 30,65 \text{ (Н)}.$$

Тоді на один кулачок патрона припадає сила:

$$W = \frac{30,65}{2} = 15,325 \text{ (Н)}.$$

Отже, за розрахунками видно, що необхідна сила затиску заготовки не перевищує допустимої величини для даного затискного пристрою 110 Н.

					КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Для деталі «Шток», що виготовляється із сталі 40Х, способи отримання заготовок: виготовлення з прокату; штампування [1, 4, 5, 30, 34, 49].

Об'єктом дослідження є виготовлення заготовки, що виготовлена з прокату:

$$C = Q \cdot S - (Q - q) \cdot S_{\text{відх}} \quad (4.1)$$

де Q – маса заготовки з каліброваного прутка, $Q=2,283$ кг;

q – маса готової деталі, $q=1,3$ кг;

S та $S_{\text{відх}}$ – відповідно вартість матеріалу прутка та відходів, $S=55$ грн/кг;
 $S_{\text{відх}}=6$ грн/кг.

$$C = 2,283 \cdot 55 - (2,283 - 1,3) \cdot 6 = 119,7 \text{ грн}$$

Ціну заготовки виготовленої куванням чи штампуванням, визначаємо за формулою

$$C_{\text{к.ш}} = [C_{\text{бк.ш}} \cdot G_{\text{к.ш}} \cdot K_{\text{т}} \cdot K_{\text{с}} \cdot K_{\text{м}} \cdot K_{\text{п}} \cdot K_{\text{в}} - (G_{\text{к.ш}} - G_{\text{д}}) \cdot C_{\text{відх}}], \quad (4.2)$$

де $C_{\text{бк.ш}}$ – базова ціна одного кілограму кованок (штамповок), виготовлених з базового матеріалу, з базовою точністю та складністю, 140 грн/кг;

$C_{\text{відх}}$ – ціна одного кілограму відходів, грн. $C_{\text{відх}}=6,5$ грн/кг;

$G_{\text{д}}$, $G_{\text{к.ш}}$ – маса відповідно готової деталі та кованки, кг, $G_{\text{к.ш}}=2,1$ кг;

$K_{\text{т}}$, $K_{\text{с}}$, $K_{\text{м}}$, $K_{\text{п}}$, $K_{\text{в}}$ – коефіцієнти відповідно точності розмірів, конструктивної та технологічної складності заготовки, марки матеріалу, програми річного замовлення та маси кованки (штамповки): $K_{\text{т}}=1,23$; $K_{\text{с}}=1,14$; $K_{\text{м}}=1$; $K_{\text{п}}=1,09$; $K_{\text{в}}=1,04$.

					КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Підставивши отримані значення, маємо:

$$C_{к,ш} = [140 \cdot 2,1 \cdot 1,22 \cdot 1,14 \cdot 1,09 \cdot 1,04 - (2,1 - 1,3) \cdot 6,5] = 462,1 \text{ (грн.)}$$

Порівнюючи ці методи, можна відмітити, що метод виготовлення заготовки із прутка дешевший, тому обираємо його. Хоча за рахунок більшої кількості матеріалу, що знімається (відповідно і більшої кількості затрачуваної енергії), доцільно було б обрати метод виготовлення заготовки куванням на ГKM, але це не виправдовується економічно у нашому випадку, оскільки досить мала програма випуску виробів.

Економічний ефект у цьому випадку буде становити:

$$E = (462,1 - 119,7) \cdot 200 = 68480 \text{ (грн.)}$$

Висновок: проаналізувавши два методи виготовлення заготовки обираємо метод виготовлення заготовки – з прокату.

4.2 Заходи з охорони праці

Для розрахунку штучного освітлення використовують, в основному три методи: світлового потоку (коефіцієнт використання), точковий та лінійної потужності. Для розрахунку освітленості цеху використаємо два методи: світлового потоку та точковий [2, 8, 10, 14-17, 19, 20, 22, 26, 27, 31, 33, 41, 46, 50].

Метод світлового потоку призначений для розрахунку загального освітлення горизонтальних поверхонь. Цей метод дозволяє врахувати як прямий світловий потік, так і відбитий від стін та стелі.

Розрахуємо загальне освітлення механічного цеху.

1. Визначимо висоту підвісу h світильника.

Висота приміщення механічного цеху була прийнята 10,0 м, звідси за наступною формулою визначаємо висоту підвісу h світильника

					КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

$$h = H - h_p - h_c = 10 - 1 - 1 = 8 \text{ м}, \quad (4.3)$$

де H – загальна висота приміщення;

h_p – висота до робочої поверхні;

h_c – висота світильника.

2. Визначаємо відстань L між світильниками при багаторядному розташуванні.

$$L = 1,5 \cdot h = 1,5 \cdot 8 = 12 \text{ (м)}. \quad (4.4)$$

3. Обчислимо кількість світильників

$$n = \frac{A \cdot B}{L^2} = \frac{36 \cdot 54}{12^2} = 13,5 \quad (4.5)$$

де A – довжина приміщення, приймаємо $A=36$ м;

B – довжина приміщення, $B=54$ м.

Приймаємо $n=14$ шт.

4. Для обчислення світлового потоку необхідно визначити індекс приміщення.

$$i = \frac{A \cdot B}{[h \cdot (A + B)]} = \frac{36 \cdot 54}{[8 \cdot (36 + 54)]} = 2,7 \quad (4.6)$$

Визначаємо коефіцієнт використання світлового потоку $\eta=64\%$.

5. Світловий потік лампи $\Phi_{\text{л}}$ визначають за формулою:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E_n \cdot S \cdot k_z \cdot z}{n \cdot \eta}, \quad (4.7)$$

де E_n – нормована освітленість, $E_n=200$ лк;

S – площа освітлюваного приміщення, $S=1944 \text{ м}^2$;

					КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

k_3 – коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в результаті забрудненості та старіння ламп, $k_3=1,5$;

z – коефіцієнт нерівномірності освітлення, $z=1,15$;

n – кількість світильників, $n=14$;

η – коефіцієнт використання світлового потоку, $\eta =64\%$.

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{200 \cdot 1944 \cdot 1,5 \cdot 1,15}{14 \cdot 0,64} = 74852,68 \text{ (лм)}.$$

Вибираємо лампи типу ДРЛ потужністю 400 Вт, світловий потік лампи $\Phi_{\text{л}}=19\,000$ лм і уточнюємо загальну кількість ламп n в цеху:

$$n = \frac{200 \cdot 1944 \cdot 1,5 \cdot 1,15}{19000 \cdot 0,64} = 54,15. \quad (4.8)$$

Приймаємо $n=54$ для рівномірного розміщення ламп

4.3 Екологічні аспекти під час виготовлення штока

Виготовлення штока поршневого крейцкопфного компресора належить до машинобудівних виробництв, що супроводжуються утворенням промислових відходів та впливом на навколишнє середовище. Тому на етапі підготовки виробництва необхідно передбачити технологічні та організаційні заходи, спрямовані на зменшення негативного екологічного впливу та забезпечення екологічної безпеки.

Основними джерелами впливу на довкілля при виготовленні штока зі сталі 40Х є механічна обробка заготовок, термічна обробка, використання мастильно-охолоджувальних рідин та допоміжні операції. У процесі токарної, фрезерної та шліфувальної обробки утворюється значна кількість металевої стружки, яка є

					КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

відходом чорних металів. За умови правильного збирання та сортування стружка не становить екологічної небезпеки, оскільки підлягає вторинній переробці та поверненню у металургійне виробництво. Використання кованих заготовок для виготовлення штока дозволяє зменшити об'єм знятого металу і, відповідно, кількість відходів, що позитивно впливає на екологічні показники виробництва.

Під час механічної обробки застосовуються мастильно-охолоджувальні рідини, які за умови неправильного поводження можуть бути джерелом забруднення ґрунтів і водних ресурсів. З метою зниження екологічного ризику в виробництві передбачається використання замкнених систем подачі МОР із фільтрацією та регенерацією, що дозволяє багаторазово використовувати рідину та зменшити кількість відпрацьованих матеріалів. Відпрацьовані МОР підлягають збору в спеціальні ємності та передаються на утилізацію відповідно до чинних екологічних вимог.

Термічна обробка штоків, яка застосовується для забезпечення необхідних механічних властивостей сталі 40Х, супроводжується споживанням енергії та можливими викидами продуктів згоряння. Для зменшення впливу на атмосферне повітря доцільно використовувати сучасні термічні печі з підвищеним коефіцієнтом корисної дії та системами очищення газів. Раціональний вибір режимів термообробки дозволяє скоротити тривалість процесу та знизити енергоспоживання.

Додатковими шкідливими факторами машинобудівного виробництва є шум, вібрація та утворення абразивного пилу під час шліфування. Для зменшення їх впливу на навколишнє середовище та персонал застосовуються звукоізолюючі кожухи, локальні системи аспірації та регулярне технічне обслуговування обладнання. Це дозволяє підтримувати параметри виробничого середовища в межах допустимих норм.

Таким чином, екологічна безпека при виготовленні штока компресора забезпечується за рахунок раціонального вибору заготовок, зменшення обсягів відходів, впровадження замкнених циклів використання технологічних рідин та

					КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

енергоощадних технологій. Реалізація зазначених заходів на етапі підготовки машинобудівного виробництва дозволяє мінімізувати негативний вплив на довкілля та забезпечити відповідність процесу виготовлення штока вимогам сучасних екологічних стандартів.

Полтавський державний аграрний університет

					КРБ.133ГМбд_41.14.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

ВИСНОВКИ

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

1. Встановлено функціональне призначення компресора поршневого крейцкопфного. Виконано аналіз складової деталі – штока. 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 чинний технологічний процес виготовлення. Розроблено маршрут обробки поверхонь штока. Розрахунково-аналітичним методом визначено припуски на срібку та операційні розміри для поверхні $\varnothing 26h6$ мм, а також припуски встановлено за табличними даними.

3. Запропоновано конструкцію затискного пристосування, що застосовується під час механічної обробки штока на металорізальному верстаті. Розраховано зусилля затиску.

4. Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки. Річний економічний ефект під час порівняння між двома заготівельними технологіями для програми випуску 200 шт. склав 68480 грн. Окрім того, запропоновано розрахунки освітлення машинобудівного цеху. Увагу приділено економічним аспектам під час виготовлення деталі.

5. У графічній частині роботи наведено складальний кресленик компресора поршневого крейцкопфного, кресленик штока, кресленик заготовки штока, складальний кресленик затискного пристосування (настрон поводковий).

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

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

					КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

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.

					КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

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_41.11.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

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. Келіш, Ю.О. Попова. Полтава: ПП «Астроя», 2022. 130 с.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

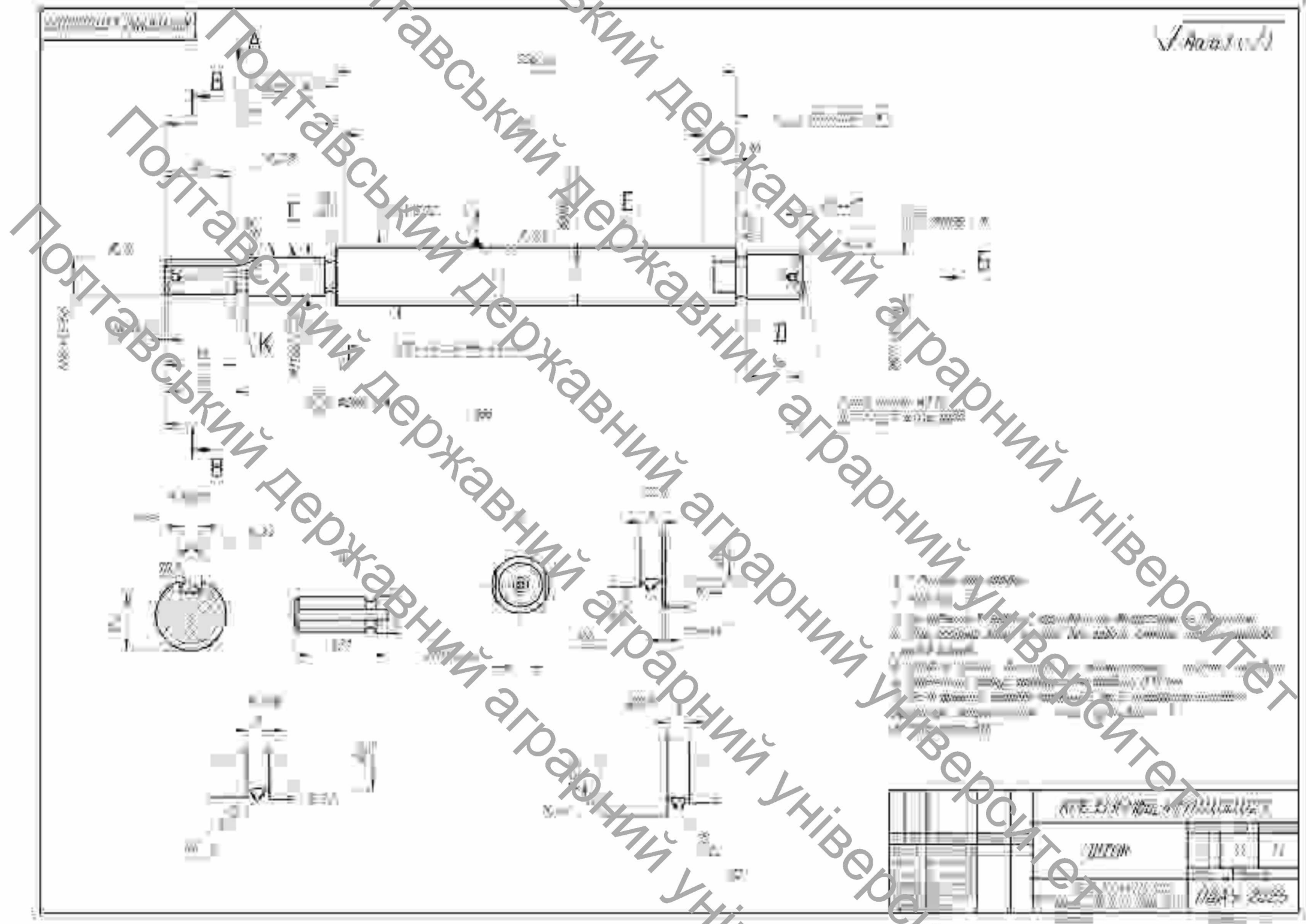
					КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

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.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

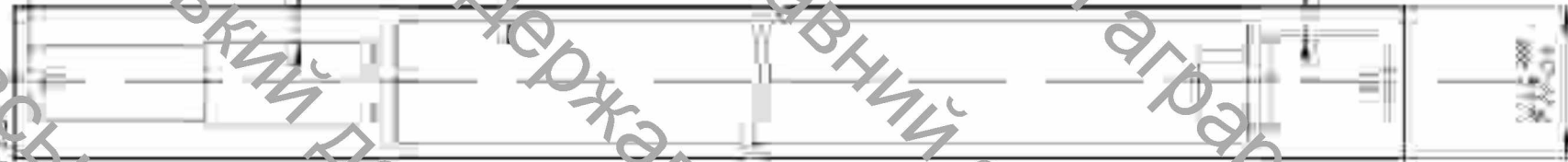


Полтавський державний аграрний університет	№ 38	11
2024		



Полтавський державний аграрний університет

29



Університетський музей
Полтавський державний аграрний університет

КРЕДИТНО-МЕТОДИЧЕСЬКА		КАРТА	
Курс		1	
Семестр		1	
Назва		МЕТОДИЧЕСЬКА КАРТА	
Дата		2025	

2025

