

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: «Виготовлення валу насоса-мотора за умов
середньосерійної річної програми випуску»

КРБ.133ГМбд_42.02.00.00.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
«Машини та обладнання
сільськогосподарського виробництва»
спеціальності 133 *«Галузеве*
машинобудування»
ступеня вищої освіти *бакалавр*
групи 133ГМбд_42
ГУДЗЬ Олександр

Керівник: докт. техн. наук, професор
ЗУБКО Владислав

Полтава – 2026 року

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

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

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

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

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

ГУДЗЬ Олександр

1 Тема роботи: «*Виготовлення валу насоса-мотора за умов
середньосерійної річної програми випуску*»,

керівник роботи *докт. техн. наук, доцент ВЕТОХІН Володимир*,
затверджено засіданням кафедри, протокол №9 від 03 грудня 2025 р.

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

3 Вихідні дані до роботи – *насос-мотор: робочий об'єм, м³, 11,6·10⁶; тиск на виході максимальний (насос), МПа, 20; тиск на вході максимальний (насос), МПа, 1,6; тиск на виході максимальний (мотор), МПа, 1,6; тиск на вході максимальний (мотор), МПа, 32; номінальна потужність, кВт, 10; маса, кг, 12,7; річна програма випуску, шт., 2000.*

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; 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 _____ Олександр ГУДЗЬ
(підпис)

Керівник роботи _____ Володимир ВЕТОХІН
(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 4 розділи, 2 рисунки, 5 таблиць, 50 використаних джерел, 40 сторінок.

Об'єкт розробки – насос-мотор.

Предмет розробки – конструкторсько-технологічні рішення, що забезпечують раціональну організацію та реалізацію процесу виготовлення валу.

Постановка актуальної технічної задачі – дослідити можливості машинобудівного виробництва стосовно виготовлення складової деталі для забезпечення роботоздатного стану насос-мотору 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** наведено загальні положення щодо вузла, винесеного на розгляд.

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

У **конструкторському розділі** було запропоновано конструкцію затискного пристосування, розраховано зусилля затиску, визначено параметри силового приводу, розраховано слабку ланку на міцність.

У розділі **економіки, охорони праці та навколишнього середовища** здійснено техніко-економічне обґрунтування способу одержання заготовки валу, наведено заходи із охорони праці та збереження довкілля при машинобудівному виробництві.

Практичні результати роботи – розроблено складальний кресленик насос-мотору (робочий об'єм, м³, $11,6 \cdot 10^6$; тиск на виході максимальний (насос), МПа, 20; тиск на вході максимальний (насос), МПа, 1,6; тиск на виході максимальний (мотор), МПа, 1,6; тиск на вході максимальний (мотор), МПа, 32; номінальна потужність, кВт, 10; маса, кг, 12,7; річна програма випуску, шт., 2000); кресленик валу; кресленик заготовки валу; кресленик затискного пристосування.

Рекомендації щодо використання результатів роботи вал входить до складу насос-мотору, що застосовується для перетворення механічної енергії у

гідравлічну (у режимі насоса) та, навпаки, гідравлічної в механічну (у режимі мотора).

Сфера застосування результатів роботи – галузеве машинобудування.

Графічна частина становить 2 арк. ф. А1, 1 арк. ф. А2, 1 арк. ф. А3.

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

АНОТАЦІЯ

У кваліфікаційній роботі бакалавра розглядається конструкція насос-мотора. Представлено службове призначення вузла. Здійснено аналіз параметрів точності валу. Охарактеризовано конструкційний матеріал для виготовлення. Визначено тип виробництва. Проведено відпрацювання на технологічність. Проаналізовано діючий процес виготовлення. Розроблено маршрут обробки поверхонь валу. Визначено припуски та операційні розміри. Розроблено конструкцію затискного технологічного пристосування. Розраховано економічну ефективність заготівельного виробництва. Запропоновано перелік заходів із охорони праці на виробництві. Придільно увагу збереженню довкілля.

НАСОС-МОТОР, ВАЛ, АНАЛІЗ ТОЧНОСТІ, МАРШРУТ ОБРОБКИ, ПРИПУСК, ПРИСТОСУВАННЯ, ЗАГОТОВКА, ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ, ОХОРОНА ПРАЦІ, ДОВКІЛЛЯ

ANNOTATION

The bachelor's qualification work examines the design of a pump-motor unit. The functional purpose of the assembly is presented. An analysis of shaft accuracy parameters is carried out. The structural material for manufacturing is characterized. The type of production is determined. Manufacturability analysis is performed. The existing manufacturing process is analyzed. A machining route for the shaft surfaces is developed. Machining allowances and operational dimensions are determined. The design of a clamping fixture is developed. The economic efficiency of blank production is calculated. A set of occupational safety measures for production is proposed. Attention is given to environmental protection.

PUMP-MOTOR, SHAFT, ACCURACY ANALYSIS, MACHINING ROUTE, ALLOWANCE, FIXTURE, BLANK, ECONOMIC EFFICIENCY, OCCUPATIONAL SAFETY, ENVIRONMENT

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ	8
1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис	8
1.2 Аналіз параметрів точності	11
1.3 Характеристика матеріалу деталі, замінник	14
1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску	15
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ	17
2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі	17
2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення	20
2.3 Обробка поверхонь	21
2.4 Розробка маршруту виготовлення деталі	22
2.5 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів	25
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ	28
3.1 Розрєска конструкції затискного пристосування	28
3.2 Розрахунок зусилля затиску	29
3.3 Розрахунок параметрів силового приводу	31
3.4 Розрахунок слабкої ланки на міцність	33
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА	34
НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	34
4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва зготовки деталі	34
4.2 Заходи із охорони праці у механічному цеху	36
4.3 Виготовлення валу та мінімізація шкоди довкіллю	38
ВИСНОВКИ	40
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	41

					КРБ.1531 Мбд_42.02.00.00.500 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Зміст	Літера	Аркул	Аркушів
Виконав		Гудзь О.				н	5	40
Перевірив		Зубко В.						
Керівник		Зубко В.						
Н. контр.		Зубко В.						
Затверд.		Попов С.						
						ПДАУ, 2026 р.		

ВСТУП

Сучасний розвиток агропромислового комплексу безпосередньо пов'язаний із підвищенням рівня механізації та автоматизації виробничих процесів. Ефективність функціонування сільськогосподарських підприємств значною мірою залежить від надійності та продуктивності машин і обладнання, що використовуються у технологічних лініях. Важливу роль у забезпеченні безперебійної роботи таких систем відіграють насосні агрегати, які застосовуються для транспортування рідин, подачі палива, зрошення та інших технологічних операцій.

Одним із ключових елементів насосно-моторних агрегатів є вал, який забезпечує передачу крутного моменту, сприймає навантаження та визначає довговічність і надійність роботи всього вузла. В умовах сучасного машинобудівного виробництва особливого значення набуває раціональна організація технологічного процесу виготовлення таких деталей.

Актуальність теми роботи полягає у необхідності підвищення якості виготовлення валів насосів-моторів, зниження собівартості продукції та забезпечення стабільності технологічних процесів у умовах визначеного типу виробництва. Раціонально спроектований технологічний процес дозволяє забезпечити необхідну точність, шорсткість поверхонь, експлуатаційні характеристики деталі, а також оптимізувати витрати матеріалів, часу та енергоресурсів [12].

Мета роботи полягає у розробленні базових положень для підготовки машинобудівного виробництва для забезпечення потреб ринку. **Об'єктом** розробки є насос-мотор, а **предметом** – конструкторсько-технологічні рішення, що забезпечують раціональну організацію та реалізацію процесу виготовлення валу.

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

- виконати аналіз службового призначення вузла, оцінити його характеристики точності, надати характеристику конструкційного матеріалу деталі та, з урахуванням річної програми випуску, визначити тип виробництва,

- провести випрацювання вузла і деталі на технологічність, розробити раціональний маршрут обробки поверхонь, а також встановити припуски та операційні розміри;
- спроектувати затискне пристосування для здійснення механічної обробки та виконати його інженерний розрахунок;
- оцінити економічну доцільність обраного способу отримання заготовки й обґрунтувати заходи з охорони праці та захисту навколишнього середовища;
- розробити комплекс технічної документації, необхідної для підприємств галузевого машинобудування

					КРБ.133ГМбд_42.02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

Продовження таблиці 1.1

1	2
Максимальний тиск дренажу, МПа	0,1
Номінальна подача мастила, м ³ /хв	26,4 · 10 ⁻³
Крутний момент підсилювача, Н · м:	
номінальний;	36,5
строгування	30,3
Номінальна потужність, кВт	10
Маса, кг	12,7

Гідромашина в режимі насоса працює наступним чином (див. графічну частину). При обертанні валу 1 шатуни 7 через внутрішні конічні розточки поршнів передають тангенційну складову сили, що необхідна для приведення блоку циліндрів 3 до обертального руху. Фіксація блоку циліндрів у просторі здійснюється за допомогою центрального шипа 5, сферична головка якого закріплена у фланці валу 1, а хвостовик опирається на втулку 14, що запресована в центральний отвір нерухомого сферичного розподільвача 6. За рахунок нахилоного розміщення блоку циліндрів відносно осі валу при обертанні блока поршні здійснюють складний рух: обертальний разом з блоком циліндрів і зворотно-поступальний відносно стінок блоку циліндрів. За один оберт валу кожен поршень у відносному русі здійснює один подвійний хід, що відповідає послідовному збільшенню і зменшенню об'ємів робочих камер циліндрів. При цьому за першу половину оберту валу розподільвач забезпечує комутацію робочих камер зі всмоктувальною, а в другій – з напірною лінією гідросистеми, що підключені до отворів у задній кришці 2 корпусу 4 насоса.

При експлуатації машини в режимі гідромотора робоча рідина із напірної лінії гідросистеми через отвір у кришці 2 і вікно розподільвача 6 надходить до циліндрів блоку 3, створюючи при цьому сили гідростатичного тиску на поршні. Ці сили

шатунами 7 передаються на опорний фланець і створюють обертальний момент на валу 1 гідромотору. Основним вузлом гідромашини являється качаючий вузол, що знаходиться всередині корпусу. Його конструкція містить наступні деталі: 1 – вал; 2 – кришка задня; 3 – блок циліндрів; 4 – корпус; 5 – шип центральний; 6 – розподілювач; 7 – шатун; 8 – кришка передня; 9 – поршень; 10-14 – втулки; 15 – втулка спеціальна; 16 – кільце спеціальне; 17-19 – кільця стопорні; 20,21 – кільця ущільнюючі; 22 – пластина; 23, 24 – пружини тарілчасті; 25 – шайба спеціальна; 26 – болт; 27 – гайка; 28 – мажета; 29, 30 – підшипники; 31 – шайба; 32 – шпилька; 33 – шпилька; 34, 35 – штифти.

Деталі, що виносяться на детальний розгляд, є вал (рисунок 1.1).

Рисунок 1.1 – Вал

					КРБ.133ГМбд_42.02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Деталь являє собою ступінчастий вал складної конфігурації, призначений для передачі крутного моменту в мотор-насосному агрегаті та забезпечення встановлення робочих органів (наприклад, робочих коліс, підшипників, ущільнень). Вал виготовлено зі сталі 45 – конструкційної вуглецевої якісної сталі, що характеризується: високою міцністю та твердістю після термообробки; доброю зносостійкістю; доброю оброблюваністю різанням.

Вал має кілька ступенів різного діаметра, що забезпечують монтаж: підшипників кочення; ущільнень; робочих елементів насоса; кріпильних деталей.

Передбачені: шпонковий паз для передачі крутного моменту; різьба для фіксації елементів; фаски для полегшення монтажу; галтелі для зниження концентрації напружень. Є внутрішні різьбочки та отвори.

Вал забезпечує: передачу обертального руху від двигуна до насосної частини; точне взаємне розташування елементів агрегату; сприйняття крутного моменту та радіальних і осьових навантажень.

1.2 Аналіз параметрів точності

При проведенні аналізу параметрів точності деталі заповнюємо таблицю 1.2 (рисунк 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

№ пов.	Назва пов.	Розміри з відхил.	Квалітет точності	Точність форми	Точність відносного положення	R _a , мкм
1	2	3	4	5	6	7
1	Торцева площина	204,5±0,5	±IT14/2	-	-	2,5
2	Торцева площина	204,5±0,5	±IT14/2	-	-	2,5

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4	5	6	7
3	Циліндрична	$\phi 30^{+0,007}$	H5	-	-	0,63
4	Циліндрична	$\phi 40_{-0,032}$	h9	-	-	0,32
5	Циліндрична	$\phi 42,5_{-0,25}$	h12	-	-	6,3
6	Циліндрична	$\phi 45^{-0,002}_{-0,003}$	-	-	-	0,63
7	Циліндрична	$\phi 63$	-	-	-	6,3
8	Циліндрична	$\phi 87 \pm 0,3$	$\pm js13$	-	-	6,3
9	Торець $\phi 40h9$	$146,5 \pm 0,3$	$\pm js13$	-	-	2,5
10	Торець $\phi 42,5_{-0,25}$	$124,5 \pm 0,2$	$\pm js12$	-	-	2,5
11	Торець канавки	118	-	-	-	6,3
12	Торець канавки	$2,2 \pm 0,1$	$\pm js13$	-	-	6,3
13	Торець $\phi 63$	$21^{+0,05}$	r7	-	-	1,25
14	Торець $\phi 87 \pm 0,3$	19,5	$\pm js13$	-	-	6,3
15	Торець кріпильного отвору	8,5	H14	-	-	12,5
16	Торець під кріпильну пластину кривошипів	$4,5^{+0,2}$	H12	-	-	12,5
17	Різьба	M12-7H	7H	-	-	12,5
18	Різьба	M4-7H	7H	-	-	12,5
19	Отвір	$\phi 12^{+0,3}$	H12	-	-	12,5

Продовження таблиці 1.2

20	Отвір	∅5	H12	-	-	12,5
21	Галтель	R11	H8	-	-	6,3
22	Отвір	∅2,5	-	-	-	6,3
23	Шпунтовий паз	8×7×50	P9	-	-	3,2

Рисунок 1.2 – Аналіз параметрів точності

Виконавши аналіз параметрів точності деталі робимо висновок про те, що шорсткість поверхонь відповідає вимогам точності. Найточніший розмір – $\phi 30H5^{(+0,007)}$ мм. Найнижча шорсткість $R_a = 0,32$ мкм. Конструкційні особливості деталі дозволяють застосувати пристосування для закріплення та механізації обробки. Деталь може легко виготовлятися за умов машинобудівного виробництва.

					КРБ.133ГМбд_42.02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

1.3 Характеристика матеріалу деталі, замінник

Вал виготовляється із конструкційної сталі 45 за ДСТУ 7809:2015 [24, 37]. Сталь 45 – одна з найстійкіших конструкційних вуглецевих якісних сталей, оскільки вона забезпечує нормалізацію, поліпшення і можливість поверхневої термічної обробки виробу. У виробництві шестерень, бандажів, вал, колінчастих валів, розподільних валів, шпинделів, фрикційних дисків, зубчатих рейок, прокатних валків, і багатьох інших деталей сталь 45 вважається за кращий матеріал.

Відомо, що при маркуванні сталей в назві використовуються цифри 10, 20, 30, що позначають відсоток вуглецю. Для сталі 45 це означає вміст вуглецю на рівні 0,45%.

Підвищена міцність сталі 45 досягається за допомогою різних прийомів термічної обробки. Наприклад, застосовують подвійну термообробку з відпусканням, внаслідок чого забезпечується її стійкість. Якщо сталь 45 обробляють термічним методом за один цикл, то вона має зернисту структуру а при багаторазовій (в основному двічі) обробці, так званому гарту із високим відпусканням, то сталь 45 має рівноважну структуру із зерен, величина яких не перевищує 10 мкм.

Для покращення міцності сталі 45 широко застосовується нормалізація. Сутність процесу полягає у нагріванні деталі до температури вище критичної точки (для цієї сталі приблизно 840...870°C), витримці при цій температурі для повного прогріву перерізу та подальшому охолодженні на повітрі. На відміну від відпалювання, охолодження відбувається швидше, тому структура виходить дрібнозернистою.

Після нормалізації у сталі формується структура типу дрібнодисперсного перліту з феритом, що забезпечує підвищення міцності та твердості порівняно з відпаленим станом. Типова твердість становить приблизно 170...210 НВ. Також покращуються оброблюваність різанням і рівномірність властивостей за перерізом деталі.

					КРБ.133ГМбд_42.02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Для валу, що розглядається, нормалізація є доцільною як попередня термообробка перед механічною обробкою або перед наступним гартуванням і відпусканням, оскільки вона забезпечує стабільність геометричних розмірів і зменшує ризик деформацій.

На сьогоднішній день розроблена безліч аналогів сталі 45, але її позиці як класичної добре відомої і перевіреної залишається непохитною, завдяки співвідношенню ціна-якість та експлуатаційні характеристики (таблиця 1.3).

Таблиця 1.3 – Хімічний склад сталі 45, та її аналогу (сталь 40X)

Марка сплаву	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	Домішки
Сталь 45	0,42-0,5	0,17-0,37	0,5-0,8	до 0,25	до 0,04	до 0,035	до 0,25	до 0,25	до 0,08
Сталь 40X	0,36-0,44	0,17-0,37	0,5-0,8	до 0,3	до 0,035	до 0,035	0,8-1,1	до 0,3	до 0,08

Залишаємо у якості базового матеріалу сталь 45, що призначена конструктором для валу.

1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску

Маркетингове дослідження показало попит ринку в деталях валу насоса-мотору у кількості 2000 штук на рік. Визначимо річну програму запуску виробів за формулою:

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

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

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

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

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

$$N_{зан} = (2000 + 0,04 \cdot 2000) \cdot (1 + 0,025) = 2082 \text{ (шт.)}$$

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

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

Проведено аналіз насос-мотору на технологічність. Аналіз буде охоплювати основні критерії, а саме конструктивні особливості, використані матеріали, складання, ремонтотривалість та інше [25].

Аналіз технологічності насос-мотора за складальним креслеником і специфікацією (див. графічну частину) показує, що конструкція загалом орієнтована на серійне виготовлення, однак має як вдачі рішення, так і окремі вузли, що ускладнюють виробництво й складання.

Конструктивна схема виробу є типовою для аксіально-поршневих гідромашин: вал передає обертання через центральний шип і розподільчий вузол до блоку циліндрів із поршнями, а змінна кута нахилу здійснюється похилим диском. Така уніфікована кінематична схема є позитивною з точки зору технологічності, оскільки дозволяє використовувати напрацьовані технології обробки, стандартні методи контролю та часткову уніфікацію деталей.

Корпус, кришки (передня і задня) та блок циліндрів мають відносно прості геометричні форми з переважанням тіл обертання та площин, що добре піддаються токарній і фрезерній обробці. Наявність базових поверхонь (посадочні створи під підшипники, напрямні для блоку циліндрів) забезпечує можливість чіткого базування при механічній обробці, що позитивно впливає на точність і повторюваність. Водночас корпус має внутрішні порожнини складної форми під розміщення механізму нахилу та гідравлічних каналів, що потребує або литва з точними стрижнями, або додаткових операцій свердління та розточування під кутом, що знижує технологічність.

Блок циліндрів і поршні виготовляються з високими вимогами до точності та шорсткості, що характерно для гідравлічних машин. Наявність семи поршнів (згідно специфікації) є компромісом між рівномірністю навантаження та складністю виготовлення.

					КРБ.133ГМбд_42.02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Отвори під поршні потребують точної координатної обробки і хонінгування, що ускладнює технологію, але є типовим і технологічно освоєним процесом. Повторюваність однакових деталей (7 поршнів, кілька однакових втулок) є позитивним фактором, оскільки сприяє серійності та зниженню собівартості.

Вузол розподільника і центрального шипа має складні спряження, включаючи сферичні контакти. Такі поверхні складніші у виготовленні та контролі, потребують спеціального інструменту і високої культури виробництва. Це дещо знижує технологічність, але виправдано функціональною необхідністю забезпечення герметичності та рівномірного розподілу робочої рідини.

Механізм регулювання (похилий диск із опором та гідравлічним циліндром керування) має досить складну просторову компоновку. Наявність шарнірних з'єднань, пальців, штифтів і пружин створює додаткові складально-монтажні операції. Разом із тим використання стандартних кріпильних елементів (болти, гайки, шайби, штифти) значно підвищує технологічність, оскільки не потребує виготовлення спеціальних кріплень.

Підшипникові вузли реалізовані застосуванням стандартних підшипників (типу 309, 36309), що є безумовною перевагою. Це спрощує закупівлю, складання та ремонт, а також зменшує вимоги до виготовлення посадочних місць, оскільки вони стандартизовані.

Ущільнення представлені як спеціальними кільцями, так і стандартними елементами. Наявність значної кількості ущільнюючих кільць, стопорних елементів ускладнює складання, підвищує ризик помилок при монтажі, але забезпечує герметичність, що критично для гідравлічних систем. З технологічної точки зору бажано зменшувати кількість різнотипних ущільнень або уніфікувати їх.

Із точки зору складання конструкція є помірно технологічною: вона має осьове компонування. Воно дозволяє послідовне складання вузлів уздовж однієї осі. Це полегшує організацію складального процесу. Водночас наявність внутрішніх вузлів, доступ до яких обмежений після встановлення корпусу, вимагає чіткої послідовності складання та використання спеціального інструменту.

					КРБ.133ГМбд_42.02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Загалом виріб характеризується середнім рівнем технологічності: більшість деталей придатні до виготовлення стандартними методами, широко застосовані уніфіковані та стандартні елементи, забезпечена повторюваність деталей. Основні складнощі пов'язані з високими вимогами до точності гідравлічних пар, складною формою корпусу та наявністю багатокomпонентного механізму регулювання. Це типово для насосів такого класу і свідчить про баланс між функціональністю та технологічними можливостями виробництва.

Аналізуючи деталь (див. графічну частину), можна зробити висновок, що вал загалом має задовільну технологічність. Окремі конструктивні рішення дещо ускладнюють його виготовлення. Деталь є ступінчастою з переважанням тіл обертання, що позитивно впливає на можливість обробки на токарних верстатах і забезпечує високу продуктивність при черновій та чистовій обробці. Більшість поверхонь мають стандартні геометричні форми та доступні для різання різцями, що також сприяє технологічності.

Разом із тим наявність значної кількості переходів між діаметрами, фасок під різними кутами (зокрема 15° та 45°), а також радіусних переходів вимагає використання додаткового інструменту або переналадження. Це підвищує трудомісткість. Внутрішні порожнини та складні фасонні елементи у лівій частині валу ускладнюють обробку, оскільки потребують застосування розточувальних операцій і спеціального різального інструменту. Наявність різьбової ділянки (M12) є технологічно прийнятною, однак вимагає окремої операції нарізання різьби.

Підвищені вимоги до шорсткості окремих поверхонь, наявність допусків на співвісність та биття зумовлюють необхідність застосування полірувальних або доводочних операцій. Це знижує загальну технологічність, підвищує собівартість виготовлення. Крім того, отвори та елементи у фланцевій частині з рівномірним розташуванням по колу потребують координатного або спеціального оснащення для забезпечення точності їх взаємного розташування.

Конструкція валу передбачає достатню жорсткість за рахунок плавних переходів, відсутності різких концентраторів напружень. Це є позитивним як з

					КРБ.133ГМбд_42.02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

точки зору експлуатації, так і обробки. Водночас наявність великого фланця зі складною системою отворів ускладнює балансування та може вимагати додаткових операцій контролю.

У цілому вал можна вважати технологічним для умов серійного виробництва, однак для підвищення технологічності доцільно було б уніфікувати кути фасок, зменшити кількість переходів діаметрів та за можливості знизити вимоги до шорсткості окремих поверхонь без втрати функціональності.

2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення

Виконуємо аналіз діючого технологічного процесу виготовлення деталі «вал», що реалізувався на підприємстві. При аналізі видно, що він розроблений грамотно і до нього важко зробити які-небудь значні доповнення. Єдине, що не задовольняє – це те, що даний технологічний процес написаний для масового типу виробництва, а при сьогоденній економічній ситуації недоцільно налагоджувати виробництво на масовий тип, так як асортимент продукції постійно змінюється, а тому основною задачею нашої роботи є перехід на серійний тип виробництва. Це означає, що обов'язково необхідно зробити зміни у структурі технологічного процесу. В базовому технологічному процесі використовуються переважно агрегатні верстати, які мають чималу вартість, більшу собівартість налагодження та дуже велику складність переналагодження на іншу продукцію (практично неможливе). Тому при проектуванні даного технологічного процесу необхідно замінити всі агрегатні верстати на верстати із числовим програмним керуванням. З одного боку це дещо збільшить час на обробку деталей, але у порівнянні з витратами на підготовку виробництва дасть значний економічний ефект. Крім того, при сьогоденній нестабільності в економіці, виробництві, при зміні асортименту продукції, що випускається, переналагодження верстатів не буде викликати особливих витрат.

					КРБ.133ГМбд_42.02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

2.3 Обробка поверхонь

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

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

де ε – загальне значення;

ε_i – окремі ступені уточнення;

n – число ступенів обробки;

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

Розкладаючи загальне значення на співмножники, потрібно врахувати типові рекомендації: для першого ступеня чоргової 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:

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

Приклад, для обробки поверхні – $\varnothing 40_{-0,062}^{+0,062}$ мм. Допуск за креслеником 0,062 мм, допуск заготовки – 1,6 мм. Загальне уточнення складає:

$$\varepsilon = \frac{1,6}{0,062} = 25,81.$$

Орієнтовна кількість ступенів обробки:

$$n_p = \frac{\lg 25,81}{0,46} \approx 3,07.$$

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

2.4 Розробка маршруту виготовлення деталі

Маршрут обробки деталі будуємо на підставі обраних маршрутів обробки окремих поверхонь з урахуванням типу виробництва (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 – Маршрут обробки деталі

Номер та назва операції	Зміст операції (за переходами)	Обладнання
1	2	3
005 Загостівельна	Отримання заготовки залу	Горизонтально-кувальна машина або прес.
010 Термічна	Нормалізація (нагрівання до температури 800...950 градусів, короткочасна витримка із охолодженням на повітрі).	Піч камерна.
015 Фрезерно-центрувальна	1. Фрезерувати торці у розмір $204,5 \pm 0,5$ мм. 2. Центрувати отвори із дотриманням розмірів $\varnothing 2^{+0,1}$ мм, $\varnothing 4,25^{+0,12}$ мм, 60° , $1,95 \pm 0,5$ мм, $2,5 \pm 0,5$ мм.	Фрезерно-центрувальний верстат моделі МР-1М.

Продовження таблиці 2.1

1	2	3
030 Свердлильна	1. Свердлити отвір у розміри Ø5 мм, 117 мм. 2. Зенкувати фаску 1,5×45°. 3. Зенкувати отвір у розміри Ø8 мм, 15,5 мм, 60°.	Токарний 16К20.
035 Свердлильна	1. Зенкувати фаску у розміри 5 мм, 60°. 2. Свердлити отвір у розміри Ø11,43 мм, Ø12 мм, 8,5 мм, 38 мм. 3. Нарізати різьбу у розміри M12-7H, 25 мм, 4,7 мм.	Токарний 16К20.
040 Фрезерно-свердлильна із ЧПК	1. Фрезерувати шпонковий вал, витримавши розміри 228,5 мм, 178,5 мм, R4 мм, 8P9 мм, 6,7 мм. 2. Свердлити отвір Ø2,5 мм. 3. Зенкерувати отвір у розміри Ø5 мм, 94,5 мм, 4 мм.	Фрезерний із ЧПК 6P13Ф3.
045 Фрезерно-свердлильна із ЧПК	1. Зенкерувати 8 отв. у розміри Ø24,3H11 мм, 4,5 мм, Ø58,8 мм, 51°25'. 2. Фрезерувати 8 сферичних отворів у розміри Ø22H8 мм, Ø21,3H11 мм, 15,5 мм, Ø58,8 мм, 51°25'. 3. Свердлити 7 конічних отв. у розміри 15,5 мм, Ø58,8 мм, 51°25', 17,5 мм, 60°, Ø8 мм.	Фрезерний із ЧПК 6904BMФ2.
050 Кругло-шліфувальна	Полірувати шийку під сальник, витримавши розміри 80±0,2 мм, 61 мм, Ø40h9 мм.	Круглошліфувальний напівавтомат 3M150.

Продовження таблиці 2.1

1	2	3
055 Притиральна	Притерти 8 поверхонь у розміри Ø22Н8 мм, Ø24,3Н10 мм, Ø21,3Н11, 15,5 мм, Ø22Н8 мм, Ø58,8 мм, 51°25'.	Вертикально-свердлильний 2Н125.
060 Мийна	Промити деталь.	Машина для миття.
065 Контрольна	Контролювати деталь відповідно до кресленика.	Стіл ВТК.

2.5 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів

Як відомо, застосовується 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 Ø30Н5^(+0,007) мм.

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

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

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, переміну 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 2.2.

Таблиця 2.2 – Розрахункова карта припусків і граничних розмірів за технологічними переходами при обробці $\varnothing 30H5^{(+0,007)}$ мм.

Техно-логічний перехід	Елемент припуску, мкм			Розр. при-пуск $2Z_{\min}$, мкм	Розр. роз-мір d_p , мм	До-пуск δ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничний припуск, мкм	
	R_z	T	ϵ				D_{\min}	D_{\max}	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Заготовка	750	750	615	-	34,88	2100	34,9	37	-	-
Точіння чорнове	125	120	0	4230	30,65	210	30,6	30,81	4300	6190
Точіння чистове	40	40	0	490	30,16	84	30,2	30,284	400	526
Точіння тонке	5	5	0	160	30,00	7	30,0	30,007	200	277
								Σ	4900	6993

Проводимо перевірку правильності розрахунку:

$$2 \cdot Z_{\max} - 2 \cdot Z_{\min} = 0 - \delta_{\text{заг.}} \quad (2.5)$$

$$6993 - 4900 = 2100 - 7;$$

$$2093 = 2093.$$

Умова виконана, тобто припуски та міжопераційні розміри визначені правильно.

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Розробка конструкції затискного пристосування

У графічній частині роботи даної роботи надаємо конструкцію затискного пристосування, що може бути використано під час механічної обробки валу насоса-мотора на операції 043 (фрезерування шпонкового пазу) [12, 36, 38, 39].

Пристосування призначене для надійної фіксації циліндричного валу під час фрезерування шпонкового пазу, причому конструкція забезпечує одночасно точне базування і достатньо жорстке притискання.

В основі пристосування лежить плита, яка встановлюється на стіл верстата і служить базою для всіх інших елементів. На ній закріплений корпус, у якому змонтовані як установчі, так і затискні вузли. Вал, що обробляється, укладається на дві призми. Саме вони виконують ключову роль у базуванні: завдяки своїй геометрії призми автоматично центрують вал по осі і запобігають його зміщенню вбік під час обробки.

Над валом розташований притискний механізм, виконаний у вигляді системи важелів. Притискні важелі через пластини контактують із поверхнею валу, причому пластини забезпечують більш рівномірний розподіл зусилля і зменшують локальні напруження. Самі важелі шарнірно закріплені у корпусі та з'єднані з упорними важелями, які передають зусилля від приводу. Усі рухомі з'єднання виконані через осі, що забезпечує надійність і повторюваність роботи механізму.

Привід у пристосуванні пневматичний. Робочий тиск подається через штуцер у порожнину циліндра, де знаходиться поршень. Під дією тиску поршень переміщується і через шток (вал приводу) передає рух на систему важелів. У результаті важелі повертаються і притискні пластини слухаються на вал, щільно фіксуючи його в призмах. Завдяки важільній схемі досягається підсилення зусилля, тобто відносно невеликий тиск у системі створює значне притискання.

						КРБ.133ГМбд_42.02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			28

Після завершення обробки тиск у пневмосистемі зменшується або знімається, поршень повертається у вихідне положення, важелі відходять назад. Притискні пластини піднімаються, звільняючи вал, що дозволяє швидко його зняти або замінити на наступну заготовку.

Таким чином, пристосування поєднує точне базування валу за допомогою призми і ефективний швидкодіючий пневматичний затиск через систему важелів, що робить його зручним для серійного фрезерування шпонкових пазів.

3.2 Розрахунок зусилля затиску

Для розрахунку затискного пристосування використано положення, наведені у джерелах [7, 28, 12, 35, 38, 39].

При фрезеруванні шпонкового пазу, найсуттєвішою силою, котра впливатиме на загострку буде сила подачі P_z .

Для надійної роботи пристосування повинна бути витримана наступна умова:

$$F_{тр} \leq P_z \quad (3.1)$$

де $F_{тр}$ – сила тертя, Н.

Розраховуємо силу різання P_z при фрезеруванні шпонкового пазу.

Інструментом слугуватиме фреза шпонкова з матеріалу Р6М5. Глибина різання у даному випадку буде $t = 3,0$ мм, ширина фрезерування $B = 8$ мм, подачі $S = 0,03$ мм/зуб.

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

де значення коефіцієнтів і показників ступеня:

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

$t=3,0$ – глибина фрезерування, мм;

					КРБ.133ГМбд_42.02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$B = 8$ – ширина фрезерування, мм;

$z=2$ – число зубців фрези;

$D = 8$ – діаметр фрези, мм;

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

$K_{mp}=0,97$ – поправочний коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу.

Тоді

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 3,0^{0,86} \cdot 0,03^{0,72} \cdot 8^1 \cdot 2}{8^{0,86} \cdot 1300^0} \cdot 0,97 = 364,65 \text{ (Н)}.$$

Звідки

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

Підставивши значення отримаємо:

$$F_H = 1,25 \cdot 364,65 = 455,8 \text{ (Н)}.$$

Сила тертя буде доірнювати $F_{тр} = 455,8 \text{ Н}$

Визначимо силу затиску пристосування:

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

звідки

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

де Q – сила затискання заготовки;

f – коефіцієнти тертя ($f = 0,1$).

$$Q = \frac{455,8}{2 \cdot 0,1} = 2279 \text{ (Н)}.$$

3.3 Розрахунок параметрів силового приводу

За силою затиску, кількості місць її прикладання та типу затискного механізму розраховуємо його конструктивні параметри.

Діаметр поршня виразимо за формулою:

$$W = \frac{\pi D^2 \cdot p \cdot \eta}{4} \quad (3.6)$$

Звідки маємо, що

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot W}{\pi \cdot p \cdot \eta}} \quad (3.7)$$

де W – зусилля, що створюється силовим приводом, Н;

p – тиск у пневмосистемі, МПа (приймаємо $p=0,6$ МПа);

η – ККД гідроциліндра ($\eta=0,9$).

Зусилля силового приводу визначаємо за формулою:

$$W = \frac{Q}{i}, \quad (3.8)$$

де Q – сила затискання заготовки;

i – передаточне відношення механізму затиску, 1,5;

Тоді

$$W = \frac{2279}{2 \cdot 1,5} = 1519,3 \text{ (Н)}.$$

Визначаємо діаметр поршня:

						КРБ.133ГМбд_42.02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
							31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1519,3}{\pi \cdot 0,6 \cdot 10^6 \cdot 0,9}} = 0,060 \text{ (м)}.$$

Для остаточного прийняття діаметру пневмоциліндрів необхідно урахувати коефіцієнт запасу K , котрий являє собою добуток ряду коефіцієнтів:

$$K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5; \quad (3.9)$$

$K_1 = 1,2$ – коефіцієнт гарантованого запасу;

$K_2 = 1,1$ – коефіцієнт, який враховує затуплення R_1 ;

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

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

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

Підставивши значення одержимо:

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

Тоді розрахунковий діаметр циліндра дорівнює:

$$D_p = 0,06 \cdot 1,3 = 0,078 \text{ (мм)}.$$

Врахувавши конструкцію пристосування, остаточно приймаємо діаметр циліндра 80 мм.

						КРБ.133ГМбд_42.02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
							32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

3.4 Розрахунок слабкої ланки на міцність

Найслабшою ланкою затискного пристосування буде палець, що з'єднує притискач і шток циліндра. Розрахуємо його на зріз, знаючи діюче зусилля. При цьому використовуємо формулу:

$$\tau_3 = \frac{F}{\pi \cdot d^2 / 4} \leq [\tau_3]; \quad (3.10)$$

де $[\tau_3]$ – допустиме напруження на зріз. Виходячи з діаметра пальця та матеріалу з якого він зроблений приймаємо $[\tau_3] = 100$ МПа;

F - діюче зусилля; враховуючи, що даний палець несе навантаження в двох місцях діюче зусилля при зрізанні пальця буде у два рази меншим від зусилля на штоці, тобто $F = 2713/2 = 1357$ Н (визначено із формули (3.6) для діаметра 80 мм);

d – діаметр пальця, мм, 20.

Підставимо значення в формулу і одержимо:

$$\tau_3 = \frac{1357}{\pi \cdot 0,02^2 / 4} = 4,3 \cdot 10^6 \text{ (МПа)} < 4,3 \text{ (МПа)}.$$

Як бачимо умова міцності виконується.

					КРБ.133ГМбд_42.02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Для деталі «Вал», що виготовляється зі сталі 45 найбільш доцільними буде два способи виготовлення заготовки: кування на ГKM та виготовлення штампуванням. Проведемо економічну спілку добору способу виготовлення заготовки, методом порівняння собівартості одержання заготовок за варіантами [1, 4, 5, 30, 34, 49].

Ціну кованки визначаємо:

$$C_K = 0,001 \cdot (C_{BK} \cdot G_K \cdot K_{TK} \cdot K_{СК} \cdot K_{MK} \cdot K_{ПК} \cdot K_{BK} - (G_K - G_g) \cdot C_{BX}) \quad (4.1)$$

де C_{BK} – базова ціна однієї тони матеріалу, грн.;

G_g – маса деталі, кг, $G_g = 1,85$ кг.;

G_K – маса кованки, кг,

$$G_{K(кув-я)} = \frac{1,85}{0,6} = 3,08 \text{ (кг)};$$

$$G_{K(ш-м-я)} = \frac{1,85}{0,8} = 2,3 \text{ (кг)}.$$

K_{TK} , $K_{СК}$, K_{MK} , $K_{ПК}$, K_{BK} – коефіцієнти відповідно точності розмірів, конструктивної та технологічної складності, марки матеріалу, програми річного замовлення та виду кувального обладнання;

C_{BX} – ціна відходу матеріалу, грн.

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

Знаходимо для заготовки деталі:

					КРБ.133ГМбд_42.02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- ступінь складності С3;

- група сталі М2;

- клас точності Т3;

- група серійності 2.

Знаходимо значення коефіцієнтів:

$$K_{ГТ}=1,4; K_{СК}=1,2; K_{ВК}=1,0; K_{ПК}=1,1; K_{МК}=1,1;$$

$$K_{ТК}=1,2; K_{Ск}=1,2; K_{Вк}=1,0; K_{Пк}=1,1; K_{Мк}=1,05.$$

Визначаємо оптову ціну однієї тонни сталі 45 – 50000 грн. за тону, оптову ціну вхідних – 6000 грн. за тону.

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

$$C_{В.К.В.} = 0,001(50000 \cdot 3,08 \cdot 1,4 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1,1 - (3,08 - 1,85) \cdot 6000) = 305,7 \text{ грн.}$$

$$C_{ШТ} = 0,001(50000 \cdot 2,3 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1,05 - (2,3 - 1,85) \cdot 6000) = 188,6 \text{ грн.}$$

Визначимо економічний ефект з урахуванням річної програми випуску:

$$E = (305,7 - 188,6) \cdot 2000 = 234200 \text{ (грн.)}$$

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

					КРБ.133ГМбд_42.02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2 Заходи із охорони праці у механічному цеху

Виготовлення валу насоса-мотора за умов середньосерійного виробництва здійснюється у механічному цеху із застосуванням металорізального обладнання, що зумовлює наявність комплексу небезпечних і шкідливих виробничих факторів. До них належать рухомі частини верстатів, обертові заготовки та інструмент, підвищений рівень шуму і вібрації, утворення металевої стружки, а також вплив мастильно-охолоджувальних рідин. Додаткову небезпеку становлять вантажно-транспортні операції, пов'язані з переміщенням заготовок і готових деталей [2, 8, 10, 14-17, 19, 20, 22, 26, 27, 31, 33, 41-46, 50].

Безпечні умови праці забезпечуються шляхом комплексного підходу, що включає технічні, організаційні та санітарно-гігієнічні заходи. Конструкція та експлуатація металорізальних верстатів повинні відповідати вимогам нормативної документації, передбачати наявність захисних огорожень рухомих частин, блокувальних пристроїв і аварійних вимикачів. Особлива увага приділяється токарним верстатам, на яких обробляється вал, оскільки обертання заготовки створює підвищений ризик травмування. Для запобігання цьому застосовуються патрони із захисними кожухами, пристрої для безпечного відведення стружки та інструменти з надійним кріпленням.

Організація робочих місць повинна відповідати ергономічним вимогам. Робоча зона оператора має бути достатньо освітленою, при цьому освітленість повинна забезпечувати чітке сприйняття оброблюваної поверхні без утворення різких тіней і відблисків. Проходи між обладнанням необхідно підтримувати вільними, без сторонніх предметів, що зменшує ризик травмування та полегшує евакуацію у разі аварійної ситуації. Зберігання інструменту і пристосувань організовується у спеціально відведених місцях.

Важливим чинником є забезпечення допустимих параметрів мікроклімату. У механічному цеху повинна функціонувати система загальнообмінної вентиляції, а в місцях інтенсивного виділення аерозолів мастильно-охолоджувальних рідин –

					КРБ.133ГМбд_42.02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

місцева витяжна вентиляція. Температура, вологість та швидкість руху повітря мають відповідати санітарним нормам, що забезпечує комфортні умови праці та знижує втому працівників.

Для зменшення впливу шуму та вібрації застосовуються технічні заходи, такі як використання справного обладнання, балансування обертових частин, встановлення верстатів на віброгасячі основи. За необхідності працівники забезпечуються засобами індивідуального захисту органів слуху. Також обов'язковим є використання захисних окулярів або щитків для запобігання потраплянню стружки та частинок абразиву в очі, а при роботі з мастильно-охолоджувальними рідинами – захисного одягу та рукавиць.

Особливу увагу слід приділяти електробезпеці, оскільки більшість обладнання працює від електричної мережі. Усі верстати повинні бути заземлені, а їх електрообладнання – справним та періодично перевірятися. Забороняється експлуатація обладнання з пошкодженою ізоляцією або несправними пусковими пристроями. Персонал повинен проходити інструктажі та навчання з електробезпеки.

Пожежна безпека у механічному цеху забезпечується дотриманням правил зберігання горючих матеріалів, своєчасним очищенням робочих місць від стружки та мастильних матеріалів, а також наявністю переносних засобів пожежогашіння. Евакуаційні виходи повинні бути позначені та постійно доступні.

Організаційні заходи включають проведення вступного, первинного та періодичного інструктажів з охорони праці, контроль за дотриманням технологічної дисципліни, а також медичні огляди працівників. Важливим є формування культури безпечної праці, що передбачає відповідальне ставлення персоналу до виконання виробничих завдань.

Таким чином, забезпечення безпечних умов праці при виготовленні валу насоса-мотора досягається через впровадження комплексу взаємопов'язаних заходів, спрямованих на усунення або мінімізацію виробничих ризиків. Це дозволяє зберегти здоров'я працівників та підвищити ефективність виробництва.

					КРБ.133ГМбд_42.02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.3 Виготовлення валу та мінімізація шкоди довкіллю

Виготовлення валу насоса-мотора в умовах механічного цеху супроводжується впливом на навколишнє середовище, що проявляється у вигляді утворення виробничих відходів, викидів у повітря та споживання енергетичних і матеріальних ресурсів. Основними джерелами негативного впливу є процеси механічної обробки, використання мастильно-охолоджувальних рідин, утворення металевої стружки, а також допоміжні операції очищення і транспортування.

Одним із ключових напрямів зменшення екологічного навантаження є раціональне використання матеріалів. При виготовленні валу зі сталі 45 важливим показником є коефіцієнт використання металу. Його підвищення досягається шляхом вибору оптимального способу стримання заготовки, зокрема застосування штампування замість вільного кування або механічної обробки з великого припуску. Це дозволяє суттєво зменшити обсяг відходів у вигляді стружки та знизити витрати металу.

Металева стружка, що утворюється під час токарної, фрезерної та шліфувальної обробки, підлягає обов'язковому збору та подальшій переробці. Організація роздільного збору відходів за видами матеріалів забезпечує можливість їх повторного використання у металургійному виробництві. Таким чином зменшується потреба у первинній сировині та скорочується загальний екологічний слід виробництва.

Важливим аспектом є зменшення ризиків викидів у повітря. Під час механічної обробки утворюються аерозолі мастильно-охолоджувальних рідин та пилові частинки. Для їх уловлювання застосовуються системи місцевої витяжної вентиляції з фільтрами, які забезпечують очищення повітря перед викидом у атмосферу. Використання сучасних екологічно безпечних мастильно-охолоджувальних рідин із пониженим змістом шкідливих речовин також сприяє зменшенню негативного впливу.

					КРБ.133ГМбд_42.02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рациональне використання енергоресурсів є ще одним важливим напрямом екологізації виробництва. Використання енергоефективного обладнання, оптимізація режимів різання та скорочення холостих ходів верстатів дозволяють знизити споживання електроенергії. Крім того, впровадження автоматизованих систем керування сприяє підвищенню точності обробки та зменшенню кількості браку, що також позитивно впливає на довкілля.

Особливу увагу необхідно приділяти поводженню з мастильно-охолоджувальними рідинами. Відпрацьовані рідини не допускається скидати у каналізацію без попереднього очищення. Вони підлягають збору, регенерації або утилізації спеціалізованими підприємствами. Використання замкнених систем циркуляції дозволяє значно зменшити їх витрати та запобігти забрудненню ґрунтів і водних ресурсів.

Зменшення шумового впливу на навколишнє середовище досягається застосуванням сучасного обладнання з пониженим рівнем шуму, а також встановленням звукоізоляційних кожухів і раціональним плануванням виробничих приміщень. Це важливо не лише для умов праці, але й для зниження впливу на прилеглі території.

Таким чином, мінімізація шкоди довкіллю при виготовленні валу насосомотора базується на комплексному підході, що включає раціональне використання матеріалів, ефективне управління відходами, зниження викидів та оптимізацію енергоспоживання. Реалізація цих заходів дозволяє забезпечити екологічну безпеку виробництва та відповідність сучасним вимогам сталого розвитку.

					КРБ.133ГМбд_42.02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

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

1. Визначено службове призначення насосу-мотора. Проведено аналіз деталі, що є складовою частиною, а саме валу. Охарактеризовано конструкційний матеріал цієї деталі, надано рекомендації стосовно замітника-аналогу. Здійснено визначення типу виробництва на підставі маркетингового дослідження – середньосерійний.

2. Відпрацьовано на технологічність вузол та його деталей. Проаналізовано діючий технологічний процес виготовлення, запропоновано способи удосконалення з урахуванням визначеного типу виробництва. Розроблено маршрут обробки поверхонь валу. Здійснено визначення допусків на обробку та операційних розмірів поверхні $\varnothing 30H5$ мм розрахунково-аналітичним методом.

3. Розроблено конструкцію затискного пристосування, призначеного для використання під час фрезерування шпонкового пазу на поверхні валу. Звикано розрахунок необхідного зусилля закріплення деталі, визначено параметри силового приводу. Проведено перевірочний розрахунок найменш міцного елемента пристосування на міцність.

4. Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки. Річний економічний ефект під час порівняння між двома заготівельними технологіями для програми випуску 2000 шт. склав 234200 грн. Окрім того, запропоновано перелік заходів із охорони праці на виробництві. Приділено увагу збереженню довкілля під час машинобудівного виробництва.

5. У графічній частині роботи наведено складальний кресленик насос-мотору, кресленик валу, кресленик заготовки валу, кресленик затискного пристосування.

					КРБ.133ГМбд_42.02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

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

					КРБ.133ГМбд_42.02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

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

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

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

									Аркуш
									42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_42.02.00.00.000 ПЗ				

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. Поліщук В.А. Проектування заготовок у машинобудуванні: навчальний посібник. Миколаїв: НУК, 2017. 274 с.

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

					КРБ.133ГМбд_42.02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

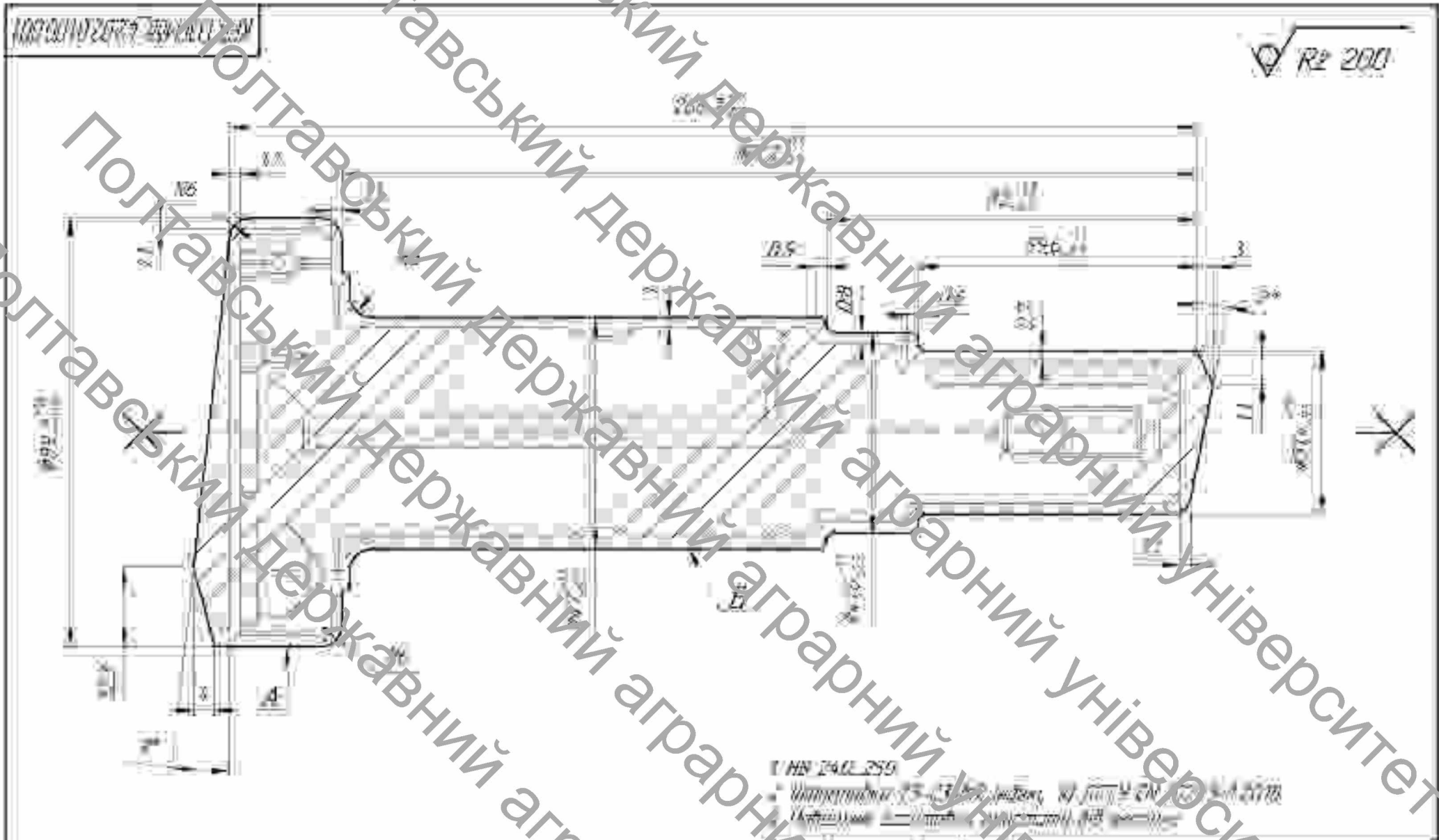
					КРБ.133ГМбд_42.02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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.

R2 200



Титульний аркуш
Знак масштабу R25:30 mm
Вартість папір. < математика папір. в. № 100000 (15) мм
Висота папір. < математика папір. в. № 100000 (15) мм
Висота папір. < математика папір. в. № 100000 (15) мм
Висота папір. < математика папір. в. № 100000 (15) мм

Т/НВ 2402_259

№ 1331 МБД_4.2.02.01.00.001

№	21	11
Дата	15.04.2025	

