

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

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти

бакалавр

на тему: «Організація серійного типу виробництва
поршня компресора одинарної дії»

КРБ.133ГМбд_31[2].20.00.00.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
«Машини та обладнання
сільськогосподарського виробництва»
спеціальності 133 *«Галузеве*
машинобудування»
ступеня вищої освіти *бакалавр*
групи 133ГМбд_31[2]
ПОКУТНІЙ Максим

Керівник: старший викладач
НЕГРЕБЕЦЬКИЙ Ігор

Полтава – 2026 року

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

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

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

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

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

ПОКУТНИЙ Максим

1 Тема роботи: «*Організація серійного типу виробництва поршня компресора одинарної дії*»,

керівник роботи *старший викладач НЕГРЕБЕЦЬКИЙ Ігор*,
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: продуктивність, куб. л/хв, 300; частота обертання валу, об/хв., 2000; габаритні розміри L×B×H, мм, 182×132×236; маса, кг, 11,0; річна програма випуску, шт., 300.*

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Розділ 1. *Загальний*

Розділ 2. *Технологічний*

Розділ 3. *Конструкторський*

Розділ 4. *Економіка, охорона праці та навколишнього середовища*

5 Перелік графічного матеріалу: *складальний кресленник вузла, що вноситься на розгляд; кресленник деталі вузла; кресленник заготовки деталі вузла; складальний кресленник затискного пристосування.*

6 Консультанти розділів *кваліфікаційної роботи*

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

7 Дата видачі завдання 03 грудня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Здобувач вищої освіти _____ Максим ПОКУТНИЙ
(підпис)

Керівник роботи _____ Ігор НЕГРЕБЕЦЬКИЙ
(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 4 розділи, 2 рисунки, 6 таблиць, 50 використаних джерел, 39 сторінок.

Об'єкт розробки – компресор поршневий одинарної дії.

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

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

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

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

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

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

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

У розділі **економіки, охорони праці та навколишнього середовища** здійснено техніко-економічне обґрунтування способу одержання заготовки деталі, висвітлено заходи із охорони праці під час виконання ливарних технологічних операцій, а також окреслено основні екологічні ризики заготівельного виробництва.

Практичні результати роботи – розроблено складальний кресленик компресора поршневого одинарної дії (продуктивність, куб. л/хв, 300; частота обертання валу, об/хв., 2000; габаритні розміри L×B×H, мм, 182×132×236; маса, кг, 11,0; річна програма випуску, шт., 300), кресленик поршня, кресленик заготовки поршня, складальний кресленик затискного пристосування.

Рекомендації щодо використання результатів роботи поршень входить до складу поршневого компресора одинарної дії, що використовується для стиснення повітря у гальмівних системах.

Сфера застосування результатів роботи – галузеве машинобудування.

Графічна частина становить 3 арк. ф. А1.

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

АНОТАЦІЯ

У кваліфікаційній роботі бакалавра розглядається конструкція компресора поршневого одинарної дії. Представлено службове призначення вузла. Здійснено аналіз параметрів точності поршня. Охарактеризовано конструкційний матеріал для виготовлення. Визначено тип виробництва. Проведено впровадження на технологічність. Проаналізовано діючий процес виготовлення. Розроблено маршрут обробки поверхонь поршня. Визначено припуски та операційні розміри. Розроблено конструкцію затискного пристосування для точіння зовнішньої поверхні, визначено зусилля затиску валу, параметри силового приводу. Розраховано слабку ланку на міцність. Визначено економічну ефективність заготівельного виробництва. Бисвітлено заходи із охорони праці. Окреслено основні екологічні ризики під час заготівельного виробництва.

КОМПРЕССОР, ПОРШЕНЬ, АНАЛІЗ ТОЧНОСТІ, МАРШРУТ ОБРОБКИ, ПРИПУСК, ПРИСТРОСУВАННЯ ЗАТІСКНЕ, ЗАГОТОВКА, ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ, ОХОРОНА ПРАЦІ, ДОВКУЛЯ

ANNOTATION

In the bachelor's qualification thesis, the design of a single-acting reciprocating compressor is examined. The functional purpose of the assembly is presented. An analysis of the piston accuracy parameters is carried out. The structural material for manufacturing is characterized. The type of production is determined. Design for manufacturability is performed. The existing manufacturing process is analyzed. A machining route for the piston surfaces is developed. Allowances and operational dimensions are determined. The design of a clamping fixture for turning the outer surface is developed; the clamping force of the shaft and the parameters of the power drive are determined. The weakest link is calculated for strength. The economic efficiency of blank production is determined. Occupational safety measures are described. The main environmental risks during blank production are outlined.

COMPRESSOR, PISTON, ACCURACY ANALYSIS, MACHINING ROUTE, ALLOWANCE, CLAMPING 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	12
1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску	14
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ	16
2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі	16
2.2 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення	19
2.3 Обробка поверхонь	20
2.4 Розробка маршруту виготовлення деталі	22
2.5 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів	23
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ	27
3.1 Розрєска конструкції затискного пристосування	27
3.2 Розрахунок зусиль затиску	29
3.3 Розрахунок параметрів силового приводу	30
3.4 Розрахунок слабкої ланки на міцність	31
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА	33
НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	33
4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі	33
4.2 Заходи із охорони праці при відлизанні заготовки у кесль	35
4.3 Екологічні аспекти ливарного виробництва	36
ВИСНОВКИ	39
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	40

						КРБ.1337.Мбд_31[2].20.00.00.000 ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Зміст			Літера	Аркуш	Аркушів
Виконав	Покутній М.							н	5	39
Перевірив	Неребецький І.							ПДАУ, 2026 р.		
Керівник	Неребецький І.									
Н. контр.	Неребецький І.									
Затверд.	Пошов С.									

ВСТУП

В умовах сучасного розвитку агропромислового комплексу особливого значення набуває підвищення ефективності, надійності та економічності машин і обладнання, що використовуються у сільськогосподарському виробництві. Значна частина таких машин оснащується пневматичними та компресорними системами. Вони забезпечують роботу виконавчих механізмів, транспортування сипких матеріалів, очищення, сушіння та інші технологічні процеси. Ключовим елементом компресорів, зокрема компресорів одинарної дії, є поршень. Від його конструктивного виконання та якості виготовлення безпосередньо залежать робочі параметри, ресурс і надійність усього агрегату.

Сучасні вимоги до машинобудівної продукції передбачають не лише забезпечення високих експлуатаційних характеристик, а й досягнення економічної доцільності виробництва. У цьому контексті особливої актуальності набуває організація серійного типу виробництва, який дозволяє поєднати достатній обсяг випуску з гнучкістю технологічних процесів, раціональним використанням обладнання та оптимізацією трудових і матеріальних ресурсів. Серійне виробництво є типовим для підприємств галузевого машинобудування, орієнтованих на виготовлення вузлів і деталей для сільськогосподарської техніки.

Тема даної роботи присвячена організації виробництва поршня компресора одинарної дії. Він є складною відповідальною деталлю з високими вимогами до точності, шорсткості поверхонь та фізико-механічних властивостей матеріалу. Розробка ефективного технологічного процесу виготовлення такої деталі потребує комплексного підходу. Він включає аналіз конструкції, вибір раціонального матеріалу, обґрунтування способу отримання заготовки, визначення послідовності механічної обробки та інше [32].

Мета роботи полягає у розробленні базових положень для підготовки виробництва із забезпечення потреб ринку. **Об'єктом** розробки є компресор

						КРБ.133ГМбд_31[2].20.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			6

поршневий одинарної дії, а **предметом** – конструкторсько-технологічні аспекти забезпечення процесів виготовлення поршня.

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;

- сконструювати затискне пристосування для реалізації процесу механічної обробки, а також визначити зусилля затиску, параметри силового приводу, здійснити розрахунок слабкої ланки;

- визначити економічну ефективність методу отримання заготовки деталі, а також запропонувати заходи із точки зору охорони праці, розглянути екологічні ризики машинобудівного виробництва.

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

						КРБ.133ГМбд_31[2].20.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			7

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис

Компресор, винесений на розгляд у даній роботі, призначений для стиснення повітря. Використовується у гальмівних системах. Компресор є поршнеvim, одинарної дії (див. графічну частину, таблиця 1.1).

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика компресора

Назва параметра	Величина
Продуктивність, л/хв.	300
Частота обертання валу, об/хв.	2000
Габаритні розміри	182×132×236
Маса, кг	11,0

Працює за циклічним принципом зміни об'єму робочої камери циліндра. Внаслідок чого відбувається всмоктування та стискання газу лише з одного боку поршня. Коли колінчастий вал через шатуни приводить поршень у зворотно-поступальний рух, у циліндрі формується змінний об'єм.

Під час ходу поршня вниз (від головки циліндра) об'єм над поршнем збільшується. Тиск у камері падає нижче атмосферного. Відкривається всмоктувальний клапан. Через нього газ (повітря) заповнює робочий простір циліндра. У цей момент нагнітальний клапан залишається закритим через різницю тисків.

Коли поршень рухається у зворотному напрямку – вгору, об'єм камери зменшується, і газ починає стискатися. Як тільки тиск у циліндрі перевищує тиск у нагнітальній лінії, то відкривається нагнітальний клапан, стиснене повітря витісняється до системи. Після досягнення верхньої мертвої точки клапан закривається, цикл повторюється.

						КРБ.133ГМбд_31[2].20.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			8

Оскільки компресор є одинарної дії, робочий процес (всмоктування та стискування) відбувається лише в одній порожнині циліндра – над поршнем. Тоді як з іншого боку поршень не бере участі в стисканні. Це конструктивно спрощує вузол, але знижує продуктивність у порівнянні з компресорами подвійної дії, де обидві сторони поршня є робочими.

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

Рисунок 1.1 – Поршень

Вісесиметричний поршень має складний профіль. Характеризується розвиненою системою канавок, внутрішніх порожнин і допоміжних елементів,

					КРБ.133ГМбд_31[2].20.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

характерних для деталей. Вони працюють у вузлах з підвищеними вимогами до герметичності, змащування, точності спряження.

Зовнішній контур поршня ступінчастий. У верхній частині сформовано циліндричну поверхню з номінальним діаметром 40h6. Під нею послідовно розташовані ще кілька посадкових діаметрів, а саме 37h8, 35h8 та 33h6. Така градація діаметрів вказує на наявність декількох функціональних поясів: напрямного, ущільнювального та компенсаційного для теплових деформацій. Поверхні мають різну шорсткість, що прямо вказує на різні вимоги до контакту з циліндром і ущільненнями.

З боків верхньої частини виконані кільцеві канавки з чітко витриманими розмірами та геометричними допусками. Для цих поверхонь задано допуск перпендикулярності (0,05 відносно бази А). Це означає високі вимоги до взаємного розташування торців і напрямних поверхонь. Канавки мають велику висоту і призначені для встановлення ущільнювальних кілець, стопорних елементів. Їх геометрія доповнена фасками і переходами під кутами, що зменшує концентрацію напружень і полегшує монтаж.

Внутрішня частина поршня має розвинену порожнину. Центральний отвір діаметром 15 мм формує основний об'єм. Він полегшує конструкцію та слугує для розміщення шатуна. Кути внутрішніх переходів заокруглені радіусами R2,5. Це знижує концентрацію напружень, покращує умови литва та механічної обробки. Бічні стінки внутрішньої порожнини також нормовані за шорсткістю. Це свідчить про контакт із рухомими елементами.

У середній частині видно поперечний отвір діаметром 8h9. Він перетинає корпус поршня. З обох боків цей отвір переходить у видовжені пази овальної форми з радіусами заокруглення R1. Таке виконання характерне для зменшення концентрації напружень, забезпечення плавного розподілу навантаження. Цей вузол призначений для встановлення пальця, що передає зусилля.

Нижня частина поршня також має ступінчасту форму із внутрішнім розточенням до 28h8. Додатково виконано отвір під кутом (позначений як 5 отв. Ø3).

						КРБ.133ГМбд_31[2].20.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			10

Використовується для змащення. Геометрія цієї частини забезпечує як міцність, так і технологічність виготовлення.

Висота поршня складає близько 50 мм. Усі переходи між діаметрами виконані з радіусами або фасками. Це свідчить про орієнтацію конструкції на довговічність, відсутність різких концентраторів напружень.

У цілому конструкція поршня демонструє поєднання точних посадкових поверхонь, функціональних канавок, внутрішніх полегшувальних порожнин та елементів кріплення. Вимоги до шорсткості і геометричних допусків прямо вказують на роботу в умовах тертя та необхідність забезпечення герметичності й стабільної кінематики.

1.2 Аналіз параметрів точності

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

Таблиця 1.2 – Аналіз основних параметрів точності деталі

Номер поверхні деталі	Назва поверхні	Розміри з відхиленнями	Квалітет точності	Точність форми	Точність відносного положення, мм	Шорсткість, R_a , мкм
1	2	3	4	5	6	7
1	Торець	$50 \pm 0,1$	$\pm IT12/2$	-	-	6,3
2	Площина	48	h8	-	0,05	1,6

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4	5	6	7
3	Площина	44	h8	-	0,05	1,6
4	Цилін- дрична	Ø40	k6	-	-	0,8
5	Цилін- дрична	Ø37	h8	-	-	1,6
6	Цилін- дрична	Ø35	h8	-	-	1,6
7	Цилін- дрична	Ø33	h6	-	-	1,6
8	Цилін- дрична	Ø31	h6	-	-	1,6
9	Площина	3	h6	-	-	1,6
10	Отвір	Ø8	h6	-	-	1,6

Виконавши аналіз параметрів точності деталі робимо висновок – шорсткість поверхонь відповідає вимогам точності. Найточніший розмір має поверхня 4 - Ø40k6. Найнижча шорсткість Ra = 0,8 мкм. Деталь легко виготовляється в умовах машинобудівного виробництва.

1.3 Характеристика матеріалу деталі, заміник

Матеріалом поршня є алюмінієвий сплав марки АК7 за ДСТУ 2839-94 [24, 37]. Це ливарний сплав, що належить до системи Al-Si. Характеризується оптимальним поєднанням ливарних та експлуатаційних властивостей. За хімічним складом це доєвтектичний силумін із вмістом кремнію приблизно 6-8%. Це забезпечує високу рідкоплинність, малу схильність до утворення гарячих тріщин, добру заповнюваність складних ливарних форм. Саме ці властивості є критично

						КРБ.133ГМбд_31[2].20.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			12

важливими для деталі складної конфігурації з тонкими стінками, внутрішніми порожнинами та переходами радіусів, як у представленому поршні.

Мікроструктура сплаву АК7 після кристалізації складається з α -твердого розчину алюмінію та евтектики Al-Si. Кремній рівномірно розподілений у вигляді дрібнодисперсних включень. Це забезпечує достатній рівень міцності при збереженні пластичності, а також хорошу зносостійкість. Це важливо для поверхонь, які працюють у контакті з циліндром або ущільнювальними елементами. Типові механічні характеристики сплаву за термічної обробки (наприклад, штучного старіння) включають границю міцності порядку 150-220 МПа, відносне подовження до 2-5%, твердість у межах 80...100 НВ. Такий рівень властивостей є достатнім для деталей, що працюють під помірними механічними і термічними навантаженнями.

Важливою перевагою АК7 є його висока корозійна стійкість в атмосферних умовах і в середовищах із помірною агресивністю. Це пояснюється утворенням на поверхні стабільної оксидної плівки. Крім того, сплав добре піддається механічній обробці різанням. Це дозволяє забезпечити необхідну точність посадкових поверхонь (наприклад, із полями допусків h6, h8) та задану шорсткість Ra 0,8-1,0 мкм на відповідальних ділянках поршня. Його теплопровідність і мала густина (близько 2650-2750 кг/м³) сприяють зменшенню маси деталі та покращенню тепловідведення, що особливо актуально для поршневих елементів.

Разом із тим, слід враховувати, що сплав АК7 має відносно невисоку жароміцність і обмежену повзучість при підвищених температурах. Тому його застосування доцільне в умовах, де робоча температура не перевищує приблизно 200...250°C. Також він менш міцний порівняно з деформівними алюмінієвими сплавами. Це накладає обмеження на використання при високих ударних або циклічних навантаженнях.

Як заміник для АК7 можуть розглядатися інші алюмінієві ливарні сплави системи Al-Si з близькими характеристиками. Наприклад, АК9 або АК12. Вони містять більшу кількість кремнію. Відзначаються ще кращими ливарними

									Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_31[2].20.00.00.000 ПЗ				13

властивостями та зносостійкістю. АК9 має дещо вищу міцність, кращу герметичність литва. Це робить його придатним для більш навантажених вузлів. АК12 характеризується максимальною рідкотекучістю, застосовується для тонкостінних відливок складної форми. У міжнародній практиці аналогами АК7 є сплави типу А356 або AlSi7Mg. Вони додатково легуються магнієм. Можуть зміцнюватися термічною обробкою, забезпечуючи вищі механічні властивості.

Таким чином, вибір сплаву АК7 для даної деталі є технічно обґрунтованим. Він забезпечує необхідну технологічність виготовлення складної форми поршня, достатню міцність, зносостійкість у поєднанні з малою масою, доброю оброблюваністю. Наявність близьких за властивостями замінників дозволяє гнучко підходити до вибору матеріалу залежно від умов експлуатації та виробничих можливостей.

1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску

Маркетингове дослідження показало попит ринку в деталях поршня компресора у кількості 300 штук на рік. Визначимо річну програму запуску виробів за формулою:

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

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

$N_{зч}$ – кількість виробів, що йдуть на 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.

					КРБ.133ГМбд_31[2].20.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

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

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

					КРБ.133ГМбд_31[2].20.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

Аналіз виробу та його складових деталей на технологічність є невід'ємною частиною сучасного інженерного підходу до проектування, а також підготовки виробництва. Він дозволяє ще на ранніх етапах розробки оцінити, наскільки конструкція відповідає можливостям існуючих технологічних процесів, обладнання та виробничих ресурсів. Завдяки цьому забезпечується не лише раціональне використання матеріалів, зниження трудомісткості виготовлення, а й підвищується загальна ефективність виробництва [23].

Важливість такого аналізу полягає у тому, що він сприяє виявленню потенційних складнощів у виготовленні деталей, їх складанні та контролі якості ще до запуску виробу у серійне виробництво. Це дозволяє своєчасно вжити необхідні конструктивні зміни, уникнути зайвих витрат, скоротити терміни підготовки виробництва. Технологічність конструкції безпосередньо впливає на надійність і довговічність виробу. Оптимально спроектовані деталі легше піддаються обробці та забезпечують стабільність характеристик при експлуатації.

Таким чином, системний підхід до оцінки технологічності виробу і його елементів виступає ключовим фактором конкурентоспроможності продукції, оскільки поєднує технічну доцільність, економічну ефективність, а також якість кінцевого результату.

Аналізуючи поданий складальний креслення компресора одинарної дії (див. графічну частину) з позиції технологічності, можна сказати, що конструкція загалом орієнтована на класичні методи машинобудівного виробництва. Вона має як вдалі рішення, так і певні ускладнення.

Передусім наявна достатньо раціональна компоновка основних вузлів, а саме циліндр, кривошипно-шатунний механізм, клапанна частина. Вони розташовані компактно та логічно. Це спрощує загальне складання та обслуговування. Корпусні

									Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_31[2].20.00.00.000 ПЗ				16

деталі мають переважно прості геометричні форми з базовими поверхнями. Вони придатні для обробки на універсальному обладнанні фрезеруванням, свердлінням, а також розточуванням. Це позитивно впливає на технологічність, тому що не потребує складного оснащення.

Разом із тим, у конструкції наявна значна кількість різьбових з'єднань, дрібних кріпильних елементів. Це збільшує трудомісткість складання, підвищує ризик похибок під час монтажу. Різноманітність діаметрів отворів, різьб може ускладнювати інструментальне забезпечення виробництва.

Циліндр і поршнева група виконані достатньо традиційно. Це добре із точки зору відпрацьованості технології їх виготовлення. Однак внутрішні порожнини і канали, особливо в зоні клапанів і охолодження, можуть створювати певні складнощі під час лиття та подальшої механічної обробки. Є потреба у складних ливарних формах та додатових технологічних операціях (наприклад, свердління під кутом). Це знижує технологічність.

Клапанний вузол виглядає більш конструктивно складним. Наявність дрібних деталей, пружин, сідел і напрямних потребує високої точності виготовлення, ретельного підбору. Це підвищує вимоги до якості обробки і контролю, ускладнює процес складання та ремонту.

Позитивним моментом є те, що більшість деталей мають осьову симетрію або прості базові поверхні. Це дозволяє використовувати стандартні методи базування. Компресор можна розбирати за функціональними блоками. Це покращує ремонтпридатність, частково компенсує складність окремих вузлів.

Отже, конструкцію компресора поршневого одинарної дії можемо вважати середньо технологічною. Вона придатна для серійного виробництва без надмірно складного обладнання. Водночас потребує оптимізації у частині уніфікації кріплень, спрощення клапанного механізму.

Конструкція поршня на кресленику (див. графічну частину) в цілому виглядає достатньо технологічною для серійного виробництва. Наявні окремі елементи, що суттєво ускладнюють виробництво.

									Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_31[2].20.00.00.000 ПЗ				17

Форма деталі є близькою до тіла обертання. Це є суттєвою перевагою. Більшість зовнішніх і внутрішніх поверхонь можуть оброблятися на токарних верстатах за один або кілька установів із надійним базуванням. Наявність чітко визначеної бази також позитивно впливає на точність та повторюваність обробки. Посадки h8 і f6 для діаметрів свідчать про помірні вимоги до точності. Вони досяжні стандартними методами чистової токарної обробки або розточування без застосування надскладних технологій.

Разом із тим, внутрішня порожнина поршня має складну конфігурацію. Наявні переходи, радіуси та локальні потовщення. Це ускладнює як литва, так і механічну обробку. Для отримання такої геометрії під час литва знадобляться стрижні, причому з підвищеними вимогами до точності їх встановлення. Подальша механічна обробка внутрішніх поверхонь обмежена доступом інструменту. Це може вимагати спеціального різального інструменту, додаткових переходів.

Отвори під палець виконані досить раціонально. Вони симетричні та наскрізні. Це полегшує їх обробку (розсвердлювання і розгортання з двох сторін або за один прохід при жорсткому базуванні). Проте наявність поздовжніх пазів біля цих отворів і невеликих радіусів підвищує трудомісткість, оскільки потребує фрезерних операцій і точного позилювання.

Качатки під кільця виконані стандартно. Це є позитивним фактором. Вони легко обробляються на токарному верстаті спеціальним різцем. Проте одночасна наявність кількох ступенів діаметрів із жорсткими допусками потребує уважного дотримання співвідношень, мінімізації помилок переустановлення.

Похилені отвори та отвори малого діаметра знижують технологічність. Вони потребують спеціальних пристосувань чи багатокоординатної обробки. Це підвищує як час виготовлення, так і вимоги до оснащення.

З точки зору матеріалу (алюмінієвий сплав АК7), деталь є добре оброблюваною. Це компенсує частину конструктивної складності. Крім того, відносно невелика маса і габарити позитивно впливають на зручність виготовлення.

						КРБ.133ГМбд_31[2].20.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			18

Отже, поршень можна оцінити як технологічно доцільний для серійного виробництва. Водночас він не оптимальний. Основні труднощі створюють складна внутрішня форма, додаткові пази, похилі отвори. Спрощення внутрішньої геометрії та зменшення кількості допоміжних елементів дозволило б суттєво знизити трудомісткість виготовлення.

2.2 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення

Типовий поршень складної форми із внутрішньою порожниною, бобишками під палець і зовнішніми ступінчастими поверхнями з підвищеними вимогами до шорсткості та співвісності у базовому виробництві виготовлявся одинично. Головна логіка процесу за такого типу виробництва – не максимальна продуктивність, а гнучкість, мінімум спеціального оснащення та забезпечення точності через послідовне базування.

Заготовку для такого поршня отримували литвом у піщані форми з пралусками під механічну обробку. Вже на цьому етапі закладався важливий момент: припуски повинні бути достатні для усунення литвних дефектів, але не надмірні, щоб не ускладнювати подальшу обробку.

Далі заготовка проходить чорнову механічну обробку. Першою операцією є торцювання і формування базової площини, від якої надалі буде формуватися вся геометрія. Потім виконується чорнове точіння зовнішніх діаметрів. На кресленні видно кілька ступенів. В одиничному виробництві їх обробляють за один два установи на універсальному токарному верстаті, використовуючи стандартні різці.

Після формування зовнішніх баз переходили до внутрішньої порожнини. Вона має складний профіль із радіусами і циліндричною частиною. Тут послідовність така: розточування, чистове доведення профілю різцем. Важливий момент – забезпечення співвісності внутрішньої поверхні із зовнішніми діаметрами. Мому базування здійснювалося саме по вже обробленому зовнішньому циліндру.

									Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_31[2].20.00.00.000 ПЗ				19

Бобишки під поршневий палець – важлива зона. В одиничному виробництві їх обробляли після чорнового формування. Зазвичай у лещатах на фрезерному верстаті. Спочатку свердлили отвори з двох сторін, потім виконували розгортання до квалітету h8. Забезпечення співвісності отворів – це один із ключових параметрів працездатності поршня.

Пази, вибірки і бокові прорізи оброблялися фрезеруванням. Оскільки виробництво одиничне, використовувалися універсальні фрезерні верстати із простими пристосуваннями. Тут важливо не стільки швидкість, скільки точне позиціонування відносно баз.

Фаски, радіуси та переходи виконувалися на завершальних операціях. Шорсткість типу Ra 1,6 мкм і Ra 0,8 мкм означає, що після чорнової обробки обов'язково є чистізи проходи. Для найбільш відповідальних поверхонь можливе тонке розточування.

Окремо варто звернути увагу на базування. В одиничному виробництві немає спеціальних високоточних пристосувань. Технологія будується навколо логіки «від простої бази до складної». Спочатку зовнішній циліндр і горець, потім від них – внутрішні поверхні, а вже від осі внутрішніх – симетричні елементи. Це дозволяє втримати геометрію без дорогого оснащення.

Завершувався процес контролем: перевіряли діаметри (особливо посадки типу h8), співвісність отворів під палець, висотні розміри (44, 48, 50 мм) і шорсткість. Це виконувалося універсальними засобами (штангенциркулями, мікрометрами, нутромірами, індикаторами).

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:

					КРБ.133ГМбд_31[2].20.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

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

де ε – загальне значення;

ε_i – окремі ступені уточнення;

n – число ступенів обробки;

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:

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

Приклад, для обробки поверхні $\varnothing 40h6$. Допуск за кресленням 0,016 мм, допуск заготовки – 1,0 мм. Загальне уточнення складає:

$$\varepsilon = \frac{1,0}{0,016} = 62,5.$$

Орієнтовна кількість ступенів обробки:

$$n_p = \frac{\lg 62,5}{0,46} \approx 3,9.$$

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

						КРБ.133ГМбд_31[2].20.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			21

Пропонуємо наступні обробки поверхонь деталі (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 – Методи обробки поверхонь деталі

Позначення поверхні	Квалітет за кресленням	Шорсткість R_a , мкм	Допуск заготовки, мм	Квалітет заготовки	Загальне уточнення	Можливі маршрути обробки поверхонь		Квалітет після обробки	Досягнений допуск, мм (R_a)	Коефіцієнт уточнень	Загальне уточнення
						Номер маршруту	Перехід МОП				
1	11	6,3	1,5	15	12,5	1	Точіння чорнове	11	0,35	6,3	12,5
	8	3,2	1,0				Точіння чистове	7	0,54	2	
2	8	3,2	2,0	15	12,5	1	Точіння чистове	7	0,54	2	12,5
3	6	0,8	0,4	15	6,3	1	Шліфування	6	0,16	6,3	6,3
4	12	20	-	-	-	1	Свердління	12	20	-	-

При виборі маршруту обробки поверхонь перш за все керуємося застосуванням прогресивних та найекономічніших методів обробки.

2.4 Розробка маршруту виготовлення деталі

Маршрут обробки деталі будуємо на підставі обраних маршрутів обробки окремих поверхонь з урахуванням типу виробництва (таблиця 2.2).

Таблиця 2.2 – Маршрут обробки деталі

№ операції	Найменування операції	Зміст операції
1	2	3
005	Заготівельна	Кокільне литво.
010	Токарна ЧПК	1. Точити попередньо поверхню Ø40 мм, Ø37 мм. 2. Точити канавка у розміри.
015	Свердлильна	1. Свердлити отвір Ø6,5 мм. 2. Зенкерувати отвір. 3. Розгорнути отвір у розмір Ø8h8 мм. 4. Точити канавки в отворі наскрізному.
020	Круглошліфувальна	Шліфувати поверхню у розмір Ø40k6 мм/
025	Свердлильна	Свердлити 5 отворів Ø5 мм.
030	Слюсарна	Зачистити заусениці.
035	Мийна	Промити деталь.
040	Контрольна	Контролювати відповідно до креслика.

2.5 Визначення припусків на обробку та омегаційних 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 Ø40h6(-0,016) мм.

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

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

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

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

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

ε_i – похибка встановлення заготовки на переході, що виконується.

Правильність розрахунку перевіряється за формулою:

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

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

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

Таблиця 2.3 – Розрахункова карта припусків і граничних розмірів за технологічними переходами при обробці $\varnothing 40_{h6}(k_{0.016})$ мм

Технологічний перехід	Елемент припуску, мкм				Розр. припуск, $2Z_{\min}$, мкм	Розр. розмір, d_p , мм	До-пуск δ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничний припуск, мкм	
	R_z	T	ρ	ε				D_{\min}	D_{\max}	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Заготовка	150	250	1021	-		43,526	1000	43,526	44,526		-
Чорнове точіння	50	50	56	100	2852	40,674	250	40,674	40,924	2,852	3,602
Н/чистове	25	25	36	70	379	40,295	62	40,295	40,357	0,379	0,567

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Чист. точіння	5	15	15	50	223	40,072	25	40,072	40,097	0,223	0,26
Шліфу- вання	5	5	4	0	70	40,002	16	40,002	40,018	0,07	0,079

Проводимо перевірку правильності розрахунку:

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

$$(3,602 + 0,567 + 0,26 + 0,079) - (2,852 + 0,379 + 0,223 + 0,07) = 1,000 - 0,016;$$

$$0,984 = 0,984.$$

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

Рисунок 2.1 – Графічна схема розташування припусків на обробку ступені валу $\varnothing 40k6^{+0,016}$ мм

						КРБ.133ГМбд_31[2].20.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			25

Також припуски визначаємо табличним способом із використанням довідників.
Конкретні значення припусків заносимо до таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Припуски на механічно оброблювані поверхні деталі

№ пов.	Найменування поверхні	Найменування переходу	Припуск Z_{\min} , мм
1	2	3	4
1	Отвір під палець	Свердління	6,5
		Зенкерування	0,5
		Розвертання	1,0
		Точіння чорнове	1,0
2	Отвір	Свердління	3,0
3, 4, 5	Циліндрична	Точіння чорнове	3,602
		Точіння напівчистове	0,567
		Точіння чистове	0,26
		Шліфування	0,079

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Розробка конструкції затискного пристосування

Використання затискних пристосувань при обробці поршня – не просто допоміжний етап, а критично важливий фактор, що визначає точність, якість і безпеку всього процесу [12, 36, 38, 39].

По-перше, поршень має складну геометрію та високі вимоги до точності (особливо щодо діаметра, овальності та сферичності). Надійне закріплення забезпечує стабільне положення деталі відносно інструмента. Без цього навіть сучасні верстати не гарантують дотримання допусків.

По-друге, затискні пристрої мінімізують вібрації. Під час токарної або фрезерної обробки навіть незначні коливання можуть призвести до:

- появи хвилястості поверхні,
- погіршення шорсткості,
- зниження зносостійкості поршня в роботі.

Третій момент – повторюваність. У серійному виробництві важливо, щоб кожен поршень був однаковим. Спеціальні пристосування дозволяють швидко і точно встановлювати деталі в однакове положення, що значно підвищує продуктивність і стабільність якості.

Також важливий аспект – запобігання деформації. Поршні часто виготовляються з алюмінієвих сплавів, які є відносно м'якими. Неправильний або нерівномірний затиск може:

- змінити форму деталі під час обробки,
- викликати внутрішні напруження,
- призвести до браку після зняття затиску.

Не менш важлива й безпека. Надійно закріплений поршень виключає ризик його зміщення або вильоту під час обертання, що може спричинити аварійні ситуації та пошкодження обладнання.

									Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_31[2].20.00.00.000 ПЗ				27

У підсумку, правильне використання затискних пристосувань:

- забезпечує точність і якість обробки,
- підвищує продуктивність,
- зменшує кількість браку,
- гарантує безпечні умови праці.

Складальний кресленик пристосування представлено у графічній частині даної роботи. Пристосування складається з таких основних елементів: 1 – шток; 2 – шайба; 3 – болт; 4 – корпус; 5 – кришка; 6 – циліндр; 7 – шток; 8 – цанга; 9 – гайка; 10 – пружина; 11 – гвинт; 12 – корпус; 13 – палець; 14 – кільце; 15 – пружина; 16 – шток; 17 – шайба.

Принцип дії цього затискного пристосування базується на перетворенні осьового переміщення штока у радіальне затискання деталі за допомогою цанги. Перед початком роботи поршень (деталь) встановлюють у робочу зону пристосування, де його базують відносно корпусу (4, 12) і допоміжних елементів.

Далі відбувається затиск. При прикладанні зусилля (через привід) основний шток починає переміщуватись у осьовому напрямку. Це переміщення передається на цангу (8), яка має конічну поверхню. При осьовому переміщенні цанга входить у відповідну конічну частину корпусу або втулки, внаслідок чого її пелюстки розтискаються. Це створює рівномірне радіальне зусилля, яке надійно затискає деталь по внутрішній поверхні.

Допоміжні елементи виконують такі функції:

- гайка (9) та гвинт (11) забезпечують регулювання положення і сили затиску;
- пружини (10, 15) забезпечують повернення механізму у вихідне положення після зняття зусилля (розтиск);
- палець (13) фіксує або обмежує переміщення окремих елементів;
- шайби (2, 17) і кільце (14) забезпечують правильний розподіл навантаження та зменшують знос;
- корпус (4, 12) і кришка (5) формують жорстку основу та напрямні для рухомих частин.

						КРБ.133ГМбд_31[2].20.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			28

Після припинення дії зусилля: пружини розтискають систему, цанга повертається у початкове положення, деталь звільняється.

Таким чином, пристосування забезпечує: швидкий і рівномірний затиск, високу точність центрування, автоматичне розтискання після обробки.

3.2 Розрахунок зусиль затиску

По зусиллям різання і прийнятій схемі установки складаємо схему сил, діючих на заготовку [7, 28, 12, 36, 38, 39]: W – сила затискання, Н; $F_{тр}$ – сила тертя, Н; R – рівнодіюча сил P і N , Н; Q – зусилля пневмоприводу, Н; α – кут зносу клину, $\alpha=15^\circ$; φ – кут тертя; $\varphi=6^\circ40'$

Сумарна сила затискання W :

$$W = Q \frac{1}{(\operatorname{tg} \alpha + \varphi)} \quad (3.1)$$

Визначаємо Q :

$$Q = W \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi). \quad (3.2)$$

При обробці на заготовку діють момент $M_{різ}$ і складова сили різання. Під їх дією заготовка при недостатній силі затиску може повернутися відносно осі z або здвинутись вздовж неї. Тому для її рівноваги необхідно, щоб $\sum M_{ц} = 0$, $P_z - P_{тр} = 0$.

$$\sum F_{ц} = 0;$$

$$W_z \cdot R - K M_{різ} = 0$$

$$P_z = 10 C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot \varphi \cdot K_p,$$

						КРБ.133ГМбд_31[2].20.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			29

де $K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{\gamma p}$

При $\varphi = 45^\circ$ $K_{\varphi p} = 1,0$; $\gamma = 5^\circ$ $K_{\gamma p} = 1,0$; $\lambda = 10^\circ$, $K_{\lambda p} = 1,0$; $K_{\gamma p} = 1,0$.

$$K_p = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,15 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,2.$$

$C_p = 40$; $x = 1,0$; $n = 0$; $y = 0,75$; $t = 2,0$ мм; $S = 0,6$ мм/об., $V = 60$ м/хв.

$$P_z = 10 \cdot 40 \cdot 2 \cdot 0^{1,0} \cdot 0,6^{0,75} \cdot 60^0 \cdot 1,2 = 654,5 \text{ (Н)}$$

$$W = \frac{2,5 \cdot 654,5 \cdot 0,02}{6 \cdot 0,15 \cdot 0,02} = 1212,04 \text{ (Н)}$$

Потужкове зусилля, що створюється силовим приводом:

$$Q = 1212,04 \cdot \text{tg}(15 + 6^\circ 40') = 477,4 \text{ (Н)}$$

3.3 Розрахунок параметрів силового приводу

Знайдемо діаметр поршня пневмоциліндру:

$$Q = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} p \eta \quad (3.3)$$

З цієї формули виразимо значення діаметра:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi p \eta} + d^2} \quad (3.4)$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

де D – діаметр поршня;

d – діаметр штока, 6 мм;

η – ККД пневмоциліндру, 0,8;

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

Обчислимо:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 477,4}{3,14 \cdot 0,6 \cdot 10^6 \cdot 0,8} + 0,006^2} = 0,036 \text{ (м)}.$$

Приймаємо стандартний діаметр $D = 40$ мм.

3.4 Розрахунок слабкої ланки на міцність

Найбільш слабким елементом пристосування є шток, на який діють значні навантаження. Врахуємо, що при діаметрі поршня 40 мм зусилля затиску, визначене за формулою (3.3) становитиме 589,32 Н.

Проведемо розрахунок на зминачтя:

$$\tau_{зм} = \frac{Q}{F_{ш}} \leq [\tau_{зм}] \quad (3.5)$$

де $F_{ш}$ – площа штока в небезпечному перерізі:

$$F_{ш} = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$F_{ш} = \frac{3,14 \cdot 0,0033^2}{4} = 8,5 \cdot 10^{-6} \text{ (м}^2\text{)},$$

$[\tau_{зм}]$ – допустиме напруження зминачтя, 100...120 МПа;

					КРБ.133ГМбд_31[2].20.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

$$\tau_{зм} = \frac{589,32}{8,5 \cdot 10^{-6}} = 69,3 \text{ (МПа)}.$$

Умова міцності на зминання забезпечена.

					КРБ.133ГМбд_31[2].20.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Для деталі, що виготовляється зі сплаву АК7, способи отримання заготовок литво у піщано-глиняні форми, а також литво в кокіль: [1, 4, 5, 30, 34, 49].

Точність розмірів при литві у піщано-глиняні форми 15...19 квалітет. Шорсткість поверхні за R_z до 80 мкм, коефіцієнт використання матеріалу заготовки 0,7. Точність розмірів при литві у кокіль 14...17 кр, шорсткість поверхні за R_z становить 80...40 мкм, коефіцієнт використання матеріалу заготовки 0,85.

При отриманні деталі методом литва у піщано-глиняні форми маса заготовки буде становити:

$$m_{заг} = \frac{m_{\partial}}{k_i}, \quad (4.1)$$

де m_{∂} – маса деталі;

k_i – коефіцієнт використання матеріалу.

$$m_{заг} = \frac{0,32}{0,7} = 0,46 \text{ (кг)}.$$

При литві у кокіль:

$$m_{заг} = \frac{0,32}{0,85} = 0,38 \text{ (кг)}.$$

Проведемо порівняння методів отримання заготовки за собівартістю виготовлення.

					КРБ.133ГМбд_31[2].20.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Собівартість виготовлення заготовки визначається за формулою:

$$C = \left(\frac{S_3}{1000} \cdot K_T K_C K_B K_{M3} K_{B6} \right) - (Q_3 - q_d) \frac{S_{відх}}{1000}, \quad (4.2)$$

де S_3 – базова вартість 1 т заготовок, грн;

$K_T, K_C, K_B, K_{M3}, K_{B6}$ – коефіцієнти, що належать відповідно від класу точності, класу складності, маси заготовки, марки матеріалу, від обсягу виробництва;

q_d – маса деталі, кг;

$S_{відх}$ – вартість 1 т відходів, грн.

У піщано-глиняні форми:

$$C_{пг} = \left(\frac{150000}{1000} \cdot 0,46 \cdot 1,1 \cdot 0,9 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \right) - (0,46 - 0,32) \cdot 90 = 42,05 \text{ (грн)}$$

У кокіль:

$$C_{кр} = \left(\frac{150000}{1000} \cdot 0,38 \cdot 0,8 \cdot 1,05 \cdot 0,9 \cdot 0,75 \cdot 0,9 \right) - (0,38 - 0,32) \cdot 90 = 23,69 \text{ (грн)}$$

Економічний ефект у цьому випадку буде становити:

$$E = (42,05 - 23,69) \cdot 300 = 5508 \text{ (грн.)}$$

Загалом при литві сплаву АК7 у піщані форми процес є більш універсальним і дешевим у підготовці. Проте він супроводжується нижчою точністю, більшою шорсткістю поверхні та значними припусками на механічну обробку. Через повільніше охолодження у піску структура металу виходить грубішою. Це дещо знижує механічні властивості виливка. Такий спосіб доцільний переважно для

						КРБ.133ГМбд_31[2].20.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			34

одиночного або дрібносерійного виробництва, коли витрати на оснащення потрібно мінімізувати. Литво ж у кокіль для АК7 забезпечує швидше охолодження, формування більш щільної та дрібнозернистої структури і, відповідно, кращі механічні властивості. Вилітки мають вищу точність і чистішу поверхню. Це дозволяє значно зменшити припуски, обсяг подальшої обробки. Хоча саме виготовлення кокілю є дорожчим. Цей спосіб стає економічно виправданим за рахунок стабільності якості та зниження гнудомісткості.

Отже, проаналізувавши два методи виготовлення заготовки обираємо метод виготовлення заготовки – литво в кокіль.

4.2 Заходи із охорони праці при відливанні заготовки у кокіль

Розглянемо основні моменти безпеки праці, пов'язані із заготівельним виробництвом [2, 8, 10, 14-17, 19, 20, 22, 26, 27, 31, 33, 41-46, 50].

Під час гокільного литва горшня зі сплаву АК7 безпека визначається насамперед роботою з рідким алюмінієм, нагрітим металевим кокілем. Організація процесу повинна виключати будь-який контакт розплаву з вологою, неконтрольованими дсмішками або холодними поверхнями. Перед початком роботи кокіль обов'язково очищають. Перевіряють на відсутність тріщин, ретельно прогрівають до робочої температури. Потрапляння вологи або різкий тепловий удар може призвести до вибухоподібного викиду металу. Плівальне обладнання, возші та інструмент мають бути сухими й попередньо прогрітими, а зона литва організована так, щоб працівник не перебував на можливій траєкторії розбризкування розплаву.

Робітник повинен працювати у спеціальному термостійкому одязі. Він повинен закривати усі ділянки тіла. Використовувати захисний щиток або окуляри, рукавиці і взуття, що стійке до дії високих температур, бризок металу. Особливу увагу приділяють захисту обличчя та очей, оскільки алюмінієвий розплав має високу текучість і здатний утворювати дрібні бризки. При заливанні необхідно

					КРБ.133ГМбд_31[2].20.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

дотримуватися плазності рухів, уникати переповнення кокілю та різких змін положення ковша, щоб не створювати турбулентності і розбризкування.

Важливою умовою безпечної роботи є ефективна вентиляція. При плавленні та заливанні алюмінієвих сплавів виділяються пари та гази, зокрема продукти згоряння покриттів кокілю. Робоче місце повинно бути обладнане місцевими відсмоктувачами, а концентрація шкідливих речовин – контролюватися. Також необхідно виключити накопичення пилу та легкозаймистих матеріалів поблизу зони лиття. Висока температура створює ризик займання.

Окремо враховується небезпека механічних травм під час роботи з кокілем, який відкривається і закривається, часто із застосуванням механізмів або пресів. Усі рухомі частини повинні мати огороження, а керування бути організоване таким чином, щоб виключити випадкове замикання форми при знаходженні рук у робочій зоні. Перед вийманням вилівка необхідно переконатися у достатньому охолодженні, використовуючи інструмент, а не руками, навіть у рукавицях.

Таким чином, безпечне кокільне литво АК7 забезпечується послідовним підготовкою обладнання (сухість і прогрів), правильних прийомів роботи з розплавом, застосування індивідуальних засобів захисту та організації робочого простору з урахуванням теплових, газових і механічних ризиків.

4.3 Екологічні аспекти ливарного виробництва

Екологічні аспекти ливарного виробництва є важливою складовою сучасного машинобудування. Воно належить до енергємних і потенційно екологічно небезпечних через утворення викидів, відходів і значне споживання ресурсів. Особливо це стосується процесів плавлення та заливання металів, зокрема алюмінієвих сплавів типу АК7. Тут ведуться високі температури, використання допоміжних матеріалів, а також інтенсивний теплообмін.

Основний вплив на атмосферне повітря формується на стадіях плавлення, транспортування та заливання розплаву. У процесі роботи плавильних печей

						КРБ.133ГМбд_31[2].20.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			36

утворюються оксиди вуглецю, азоту, а також пил і дрібнодисперсні аерозолі металів. Додатковим джерелом забруднення є застосування флюсів і модифікаторів, які можуть виділяти газоподібні сполуки, включаючи фториди та хлориди. У разі використання піщаних форм із органічними зв'язувальними під час заливання відбувається термічний розклад цих речовин із виділенням шкідливих органічних сполук, включаючи феноли, формальдегіди та інші леткі компоненти. При кокільному литві таких викидів менше, проте виникають продукти розкладу покриттів і мастильних матеріалів, що також потребує контролю та очищення.

Зменшення негативного впливу на повітря досягається за рахунок впровадження ефективних систем газоочищення, таких як циклонні апарати, рукавні фільтри, електрофільтри та скрубери. Важливу роль відіграє локалізація джерел викидів – використання місцевих втяжних вентиляцій безпосередньо в зоні плавлення та заливання. Крім того, застосування екологічно безпечніших матеріалів, наприклад неорганічних зв'язувальних у формувальних сумішах або низькодимних покриттів кокілю, дозволяє суттєво знизити рівень забруднення.

Вплив на водні ресурси у ливарному виробництві пов'язаний переважно з використанням води для охолодження обладнання, а також очищення газів, допоміжних технологічних операцій. За відсутності належної системи очищення стічні води можуть містити завислі частинки, нафтопродукти, солі важких металів та інші шкідливі домішки. Сучасні екологічні вимоги передбачають впровадження замкнених систем водопостачання. В них вода після очищення повторно використовується у виробничому циклі. Це не лише зменшує споживання природних ресурсів, але й мінімізує скиди забруднених вод у довкілля.

Серйозною проблемою є утворення твердих відходів. У піщаному литві основну масу становлять відпрацьовані формувальні та стрижневі суміші. Вони можуть містити залишки зв'язувальних речовин та продуктів їх розкладу. Без належної обробки такі відходи можуть забруднювати ґрунт і підземні води. У кокільному литві обсяг твердих відходів значно менший. Не зважаючи на це, все ж утворюються шлаки, окалина та залишки покриттів. Перспективним напрямком є

									Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_31[2].20.00.00.000 ПЗ				37

регенерація формувальних матеріалів. Це дозволяє повторно використовувати до 80...90% піску, а також переробка металевих відходів і шлаків.

Енергоспоживання є одним із ключових факторів екологічного навантаження. Плавлення металів потребує значних витрат енергії. Це супроводжується непрямыми викидами парникових газів. Для алюмінієвих сплавів, таких як АК7, важливою перевагою є можливість широкого використання вторинної сировини. Переплавлення алюмінію потребує у декілька разів менше енергії порівняно з виробництвом первинного металу. Додатковими заходами підвищення енергоефективності є використання сучасних індукційних або газових печей із високим коефіцієнтом корисної дії, теплоутилізація, оптимізація режимів плавлення.

Окрему увагу слід приділити шумовому та тепловому забрудненню. Вони впливають на довкілля та умови праці. Робота ливарного обладнання супроводжується підвищеним рівнем шуму. Високі температури створюють значне теплове навантаження. Це потребує застосування звукоізоляційних заходів, теплоізоляції обладнання, раціональної організації виробничих приміщень.

Порівнюючи різні технології литва, можна зазначити, що кокільне литво є більш екологічно доцільним у серійному виробництві. Воно забезпечує меншу кількість відходів, вищу стабільність процесу, нижчий рівень браку. Це, у свою чергу, зменшує витрати матеріалів і енергії. Водночас піщане литво залишається більш гнучким. Проте потребує впровадження додаткових заходів для мінімізації впливу формувальних сумішей та відходів.

Таким чином, екологізація ливарного виробництва базується на комплексному підході. Він включає вдосконалення технологій, використання сучасного обладнання, повторне використання ресурсів та впровадження ефективних систем очищення. Реалізація цих заходів дозволяє не лише знизити негативний вплив на довкілля, підвищити економічну ефективність виробництва. Саме це є особливо важливим у сучасних умовах розвитку промисловості.

									Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_31[2].20.00.00.000 ПЗ				38

ВИСНОВКИ

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

1. Визначено службове призначення компресора поршневого одинарної дії. Проведено аналіз деталі, що є складовою частиною, а саме поршня. Охарактеризовано конструкційний матеріал цієї деталі, надано рекомендації стосовно замітника-аналогу. Здійснено визначення типу виробництва на підставі маркетингового дослідження – дрібносерійний.

2. Відпрацьовано на технологічність вузол та його деталь. Проаналізовано діючий технологічний процес виготовлення. Розроблено маршрут обробки поверхонь поршня. Здійснено визначення припусків на обробку та операційних розмірів поверхні $\varnothing 40h6 (g_{016})$ мм розрахунково-аналітичним методом, а на решту поверхонь – табличним способом.

3. Запропоновано конструкцію затискного пристосування, що може бути використано під час обробки деталі на операції 010 (токаря із ЧПК). Визначено зусилля затиску, розраховані параметри силового приводу. Проведено розрахунок слабкої ланки на міцність.

4. Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки. Річний економічний ефект під час порівняння між двома заготівельними технологіями для програми випуску 300 шт. склав 5508 грн. Окрім того, висвітлено заходи із охорони праці під час заготівельного виробництва. Окреслено основні екологічні аспекти впливу литва на довкілля.

5. У графічній частині роботи наведено складальний креслення поршневого компресора одинарної дії, креслення поршня, креслення заготовки поршня, складальний креслення затискного пристосування для реалізації процесу механічної обробки точіння зовнішньої циліндричної поверхні.

						КРБ.133ГМбд_31[2].20.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			39

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.С., Ткачов Ю.В. Розрахунок режимів різання металів. Дніпропетровськ: РВБ ДНУ, 2005. 76 с.
8. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці: навч. посіб. Київ: Каравела, 2003. 408 с.
9. Гевко Б.М., Гевко І.Б., Радик Д.П. Технологія сільськогосподарського машинобудування: Підручник. Київ: Кондор, 2006. 496 с.
10. Гогіташвілі Г.Г., Карчевські Є.Т., Лапін В.М. Управління охороною праці та ризиком за міжнародними стандартами. Київ: Знання, 2007. 367 с.
11. Горбатюк Є.О., Мазур М.П., Зенкін А.С., Каразей В.Д. Технологія машинобудування. Львів: Новий Світ – 2000, 2012. 358 с.

						КРБ.133ГМбд_31[2].20.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			40

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

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

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

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

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

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

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

19. Капленко Л.А., Кіт Ю.Б., Пістун І.П. Охорона праці: навч. посіб. Суми: Університетська книга, 2004. 205 с.

20. Керб Л.П.. Основи охорони праці: навч.-метод. посіб. Київ: КНЕУ, 2001. 252 с.

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

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

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

									Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_31[2].20.00.00.000 ПЗ				41

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

						КРБ.133ГМбд_31[2].20.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			42

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_31[2].20.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						43

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

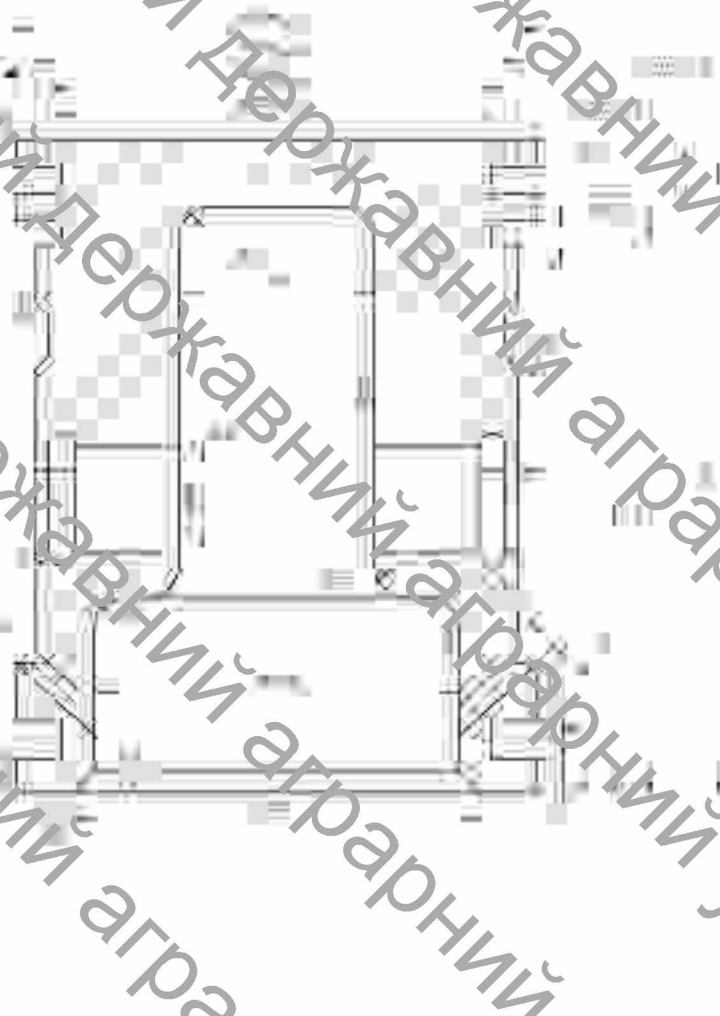
49. Шваб Л.І. Економіка підприємства: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Київ: Каравела, 2005. 568 с.

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

					КРБ.133ГМбд_31[2].20.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

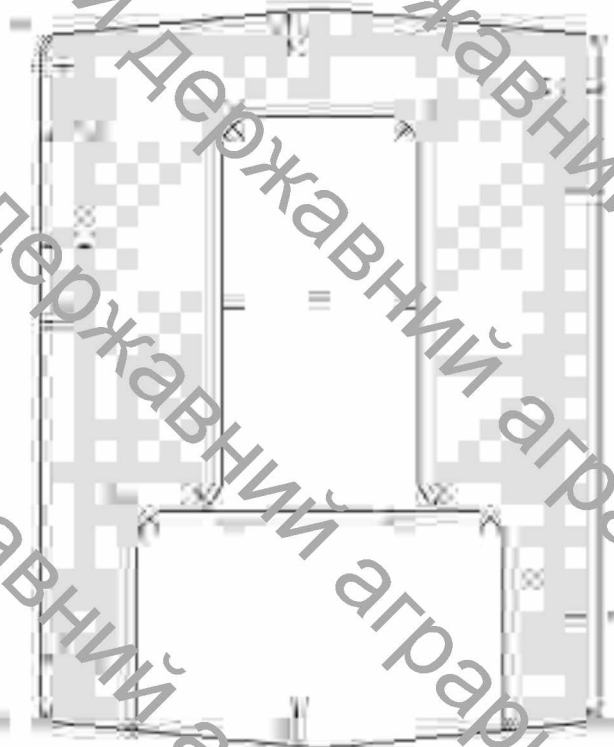
Львівський державний аграрний університет

№ 1/2024



№	Назва	Масштаб
1	Рамка	1:1
2	Центральне вікно	1:1
3	Внутрішня рама	1:1

Львівський державний аграрний університет



Львівський державний аграрний університет