

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

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти

бакалавр

на тему: «Підготовка виробництва для виготовлення корпусу поршня
проточного насосної колонки за умов дрібносерійності»

КРБ.133ГМбд_41.18.00.00.000 ПЗ

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

Керівник: старша викладачка
КОЛЕСНІЧЕНКО Ірина

Полтава – 2026 року

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

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

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

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

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

ПЕРЕПЕЛИЦЯ Олександр

1 Тема роботи: «*Підготовка виробництва для виготовлення корпусу поршня проточного насосної колонки за умов дрібносерійності*»,

керівник роботи *старша викладачка КОЛЕСНІЧЕНКО Ірина*,
затверджено засіданням кафедри, протокол №9 від 03 грудня 2025 р.

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

3 Вихідні дані до роботи – *насос гідравлічний: тип приводу – гідроприводний; дальність подачі – 160... 200 мм (по горизонталі), 35... 40 мм (по вертикалі); тиск максимальний – 5,0 МПа; потужність електродвигуна – 7,5 кВт; габаритні розміри наконечника – 1200×600×900 мм; маса – 250 кг; річна програма випуску – 300 шт.*

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

Розділ 1. *Загальний*

Розділ 2. *Технологічний*

Розділ 3. *Конструкторський*

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

5 Перелік графічного матеріалу: *складальний кресленник вузла, що вноситься на розгляд; кресленник деталі вузла; кресленник заготовки деталі вузла; складальний кресленник 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 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 ПЕРЕПЕЛИЦЯ
(підпис)

Керівник роботи _____ Ірина КОЛЕСНІЧЕНКО
(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 4 розділи, 6 рисунків, 7 таблиць, 50 використаних джерел, 43 сторінки.

Об'єкт розробки – проточна колонка насоса гідравлічного.

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

Постановка актуальної технічної задачі – дослідити можливості машинобудівного виробництва стосовно виготовлення складової деталі для забезпечення роботоздатного стану колонки насосної гідравлічного насоса 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 корпусу поршня. Визначено припуски та операційні розміри на обробку розрахунково-аналітичним та табличним методами.

У конструкторському розділі було запропоновано конструкцію затискного пристосування для механічної обробки корпусу поршня, а також проведено розрахунок зусилля затиску, параметрів силового приводу та слабкої ланки на міцність.

У розділі економіки, охорони праці та навколишнього середовища здійснено техніко-економічне обґрунтування способу одержання заготовки корпусу поршня, інженерні розрахунки штучного заземлення виробничого обладнання, а також приділено увагу екологічним аспектам машинобудівного виробництва обраної деталі.

Практичні результати роботи – розроблено складальний кресленик колонки насосної гідравлічного насоса (тип приводу – гідропровідний; дальність подачі – 160...200 мм (по горизонталі), 35...40 мм (по вертикалі); тиск максимальний – 5,0 МПа; потужність електродвигуна – 7,5 кВт; габаритні розміри наконечника – 1200×600×900 мм; маса – 250 кг; річна програма випуску – 300 шт.); кресленик корпусу поршня; кресленик заготовки корпусу поршня, складальний кресленик затискного пристосування для виконання операції механічної обробки.

Рекомендації щодо використання результатів роботи корпус поршня входить до складу насосної колонки гідравлічного насоса, що застосовується для транспортування рідких середовищ в агропромисловому виробництві.

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 запозичень і є оригінальним.

АНОТАЦІЯ

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання технологічної підготовки виробництва корпусу поршня проточно-насосної колонки гідروприводного насоса НГ-4. Проаналізовано службове призначення вузла, конструктивні особливості та умови роботи деталі. Виконано аналіз параметрів точності, вибір матеріалу та визначення типу виробництва з урахуванням річної програми випуску. Проведено відпрацювання конструкції корпусу поршня на технологічність, розроблено маршрут механічної обробки та визначено припуски і операційні розміри. Запропоновано конструкцію затискного пристосування для виконання механічної обробки, виконано розрахунок зусиль затиску, параметрів силового приводу та перевірку міцності слабкої ланки. Здійснено техніко-економічне обґрунтування вибору способу отримання заготовки, а також розглянуто питання охорони праці та екологічних аспектів машинобудівного виробництва.

КОРПУС ПОРШНЯ, ГІДРАВЛІЧНИЙ НАСОС, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, МЕХАНІЧНА ОБРОБКА, ЗАТИСКНЕ ПРИСТОСУВАННЯ, ДРІБНОСЕРІЙНЕ ВИРОБНИЦТВО

ANNOTATION

The qualification work is devoted to the technological preparation of production of the piston body of a flow-type pumping column of the NG-4 hydraulic drive pump. The functional purpose of the unit, design features, and operating conditions of the part are analyzed. An analysis of accuracy parameters, material selection, and determination of the production type based on the annual production program are carried out. The piston body design is analyzed for manufacturability, the machining route is developed, and machining allowances and operational dimensions are determined. A clamping fixture design for machining operations is proposed, including the calculation of clamping force, power drive parameters, and strength verification of the weakest element. A technical and economic justification for the selection of the blank manufacturing method is performed, as well as an analysis of occupational safety and environmental aspects of machine-building production.

PISTON BODY, HYDRAULIC PUMP, TECHNOLOGICAL PROCESS, MACHINING, CLAMPING FIXTURE, SMALL-BATCH PRODUCTION

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ВСТУП | 6 |
| РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ | 8 |
| 1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис | 8 |
| 1.2 Аналіз параметрів точності | 12 |
| 1.3 Характеристика матеріалу деталі, замінник | 14 |
| 1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску | 15 |
| РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ | 16 |
| 2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі | 16 |
| 2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення | 19 |
| 2.3 Обробка поверхонь | 19 |
| 2.4 Розробка маршруту виготовлення деталі | 22 |
| 2.5 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів | 24 |
| РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ | 29 |
| 3.1 Розробка конструкції затискного пристосування | 29 |
| 3.2 Розрахунок зусилля затиску та параметрів силового приводу | 31 |
| 3.3 Розрахунок складної ланки на міцність | 35 |
| РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА | 36 |
| НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА | 36 |
| 4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі | 36 |
| 4.2 Інженерний розрахунок заземлення | 39 |
| 4.3 Екологічні аспекти виробництва корпусу поршня | 41 |
| ВИСНОВКИ | 43 |
| ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ | 44 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|------|-------------------|--------|------|-------|--------------------------------|--|--|--|--|---------------|-------|---------|
| | | | | | | КРБ.133ГМбд_41.18.00.00.000 ПЗ | | | | | | | |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | Зміст | | | | | | | | |
| Виконав | | Перелелія О.В. | | | | | | | | | Літера | Аркул | Аркушів |
| Перевірив | | Колесніченко І.А. | | | | | | | | | н | 5 | 43 |
| Керівник | | Колесніченко І.А. | | | | | | | | | ПДАУ, 2026 р. | | |
| Н. контр. | | Колесніченко І.А. | | | | | | | | | | | |
| Затверд. | | Попов С.В. | | | | | | | | | | | |

ВСТУП

Сучасне машинобудування характеризується зростанням вимог до якості, надійності та конкурентоспроможності продукції за одночасного зменшення обсягів серійного виробництва. Особливого значення в цих умовах набуває підготовка виробництва, яка повинна забезпечувати ефективне виготовлення деталей складної форми з мінімальними витратами матеріальних, енергетичних і трудових ресурсів. Актуальним є впровадження раціональних технологічних процесів саме для умов дрібносерійного виробництва, що характерне для виготовлення елементів насосного обладнання [32].

Корпус поршня проточної насосної колонки є відповідальною деталлю, яка працює в умовах значних механічних навантажень, тиску робочого середовища та циклічних змін режимів роботи. Від точності виготовлення та якості обробки даної деталі значною мірою залежать надійність, довговічність і ефективність роботи насосної установки в цілому. Тому підготовка виробництва корпусу поршня потребує обґрунтованого вибору матеріалу, заготовки, методів механічної обробки, засобів контролю та організації технологічного процесу.

Умови дрібносерійного виробництва накладають додаткові обмеження на технологічну підготовку: необхідність використання універсального або гнучкого обладнання, мінімізацію спеціальної оснастки, скорочення термінів підготовки та зниження собівартості виготовлення деталі. У зв'язку з цим розробка ефективної підготовки виробництва для виготовлення корпусу поршня проточної насосної колонки є актуальним і практично значущим завданням.

Мета роботи полягає у розробленні комплексу заходів з підготовки виробництва для забезпечення потреб ринку з урахуванням вимог до якості, точності та економічної доцільності. **Об'єктом** розробки є проточна колонка насоса гідравлічного, а **предметом** – конструкторсько-технологічні аспекти забезпечення процесів виготовлення корпусу поршня.

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

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|-------|
| | | | | | КРБ.133ГМбд_41.18.00.00.000 ПЗ | Аркуш |
| | | | | | | 6 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

- 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 відомими методами;

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

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

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

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|-------|
| | | | | | КРБ.133ГМбд_41.18.00.00.000 ПЗ | Аркуш |
| | | | | | | 7 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис

На розгляд вноситься колізка гідроприводного насосу НГ-4 (рисунок 1.1 а, б, таблиця 1.1).

Рисунок 1.1 – Насос гідроприводний НГ-4:

а – вигляд загальний, б – конструктивна схема

Гідроприводний насос у сільськогосподарському виробництві призначений для перетворення механічної енергії двигуна в енергію потоку робочої рідини та створення необхідного тиску в гідросистемі. Саме завдяки насосу забезпечується передавання енергії до виконавчих механізмів машин і агрегатів, що дозволяє приводити в дію навісне й причіпне обладнання, керувати його рухом, швидкістю та зусиллям.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|-------|
| | | | | | КРБ.133ГМбд_41.18.00.00.000 ПЗ | Аркуш |
| | | | | | | 8 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Насос (рисунок 1.1, б) містить масляний бак 1, в якому герметично вварений усмоктувальний пагрубок 2 з теплообмінними пластинами 3. На кришці бака змонтований шестеренний маслонасос 4 марки НШ-32, електродвигун 5 із муфтою 6, запобіжний клапан 7 і насосна колонка 8 диференціального типу з проточним поршнем 9. Гідроциліндр 10 установлений на насосній колонці співвісно з нею. Штоки поршня насосної колонки й гідроциліндра з'єднані за допомогою рознімного хомута 11. Керування автоматичною роботою гідроциліндра виконує гідророзподільник 12, що має два диференціальні золотники – золотник керування 13 із хвостовиком 14 і основний золотник 15. На усмоктувальній та напірній лініях масла встановлені сітчасті фільтри 16. Для вимірювання тиску масла (а через масло й розчину) служить манометр 17. Штокова порожнина гідроциліндра постійно з'єднана з лінією напору, тому золотниковий гідророзподільник, що керує тільки поршневою порожниною, має досить просту конструкцію.

Під дією масла високого тиску поршень гідроциліндра, керований золотниками 13 і 15, буде автоматично виконувати зворотно-поступальний рух із постійною швидкістю, а насосна колонка – рівномірно подавати в пагрубок 19 середовище, що перекачується. Нагріте мастило в результаті роботи гідравлічного приводу зазнає інтенсивного охолодження. Це відбувається у баці внаслідок теплового обміну.

Диференціальний робочий орган утворює шток та проточний поршень. В результаті цього перекачуване середовище нагнітається під час ходу в дві сторони.

У корпусі поршня змонтовано дві манжети. Вони орієнтовані назустріч одна одній. Це дає змогу забезпечити стискання робочого середовища під час руху в обох напрямках. Манжети встановлюються з натягом на відповідні поверхні корпусу. Вони фіксуються спеціальною гайкою разом із напрямним кільцем і гніздом. Клапан розміщений у внутрішній порожнині корпусу поршня. Його запірним елементом слугує сталева кулька діаметром 50 мм.

На циліндричних поясах діаметром 60 мм корпусу перигія монтується гільза штока. Її зовнішня поверхня має бути співвісною з внутрішньою робочою поверхнею манжет. Саме тому під час виготовлення поршня до поверхонь

| | | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--|--------------------------------|-------|
| | | | | | | КРБ.133ГМбд_41.18.00.00.000 ПЗ | Аркуш |
| | | | | | | | 9 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | |

діаметрами 70,4 і 60 мм висуваються відповідні вимоги щодо співвісності. У хвостовій частині корпусу передбачено буртик діаметром 40 мм. Він забезпечує можливість встановлення хому́та для з'єднання корпусу поршня зі штоком гідроциліндра. Зовнішня гільза виконана у вигляді простого циліндра з внутрішньою робочою поверхнею. Відзначатися високою чистотою обробки та твердістю. Її зовнішня поверхня не є робочою. Товщина стінки гільзи визначається залежно від робочого тиску подачі розчину.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика насоса НГ-4

| Назва параметра | Величина |
|-------------------------------------|----------------|
| Продуктивність, м ³ /год | 1...4 |
| Тип приводу | гідроприводний |
| Дальність подачі горизонталлю, м | 160...200 |
| Дальність подачі вертикаллю, м | 35...40 |
| Тиск максимальний, МПа | 5,0 |
| Потужність електродвигуна, кВт | 1,5 |
| Габаритні розміри, мм | 1200×600×900 |
| Маса, кг | 250 |

Деталлю, що вноситься на детальний розгляд, є корпус поршня (рисунок 1.2)

Рисунок 1.2 – Корпус поршня

Корпус поршня є симетричною деталлю із розвиненою ступінчастою геометрією. Призначений для роботи в умовах навантаження тиском, а також сирійняття осьових і частково згинальних зусиль. Загальна довжина деталі становить 254 мм, базування і всі основні розміри виконані від єдиної осі центрів, що вказує на підвищені вимоги до співвісності функціональних поверхонь.

У лівій частині корпусу сформована зона приєднання. Тут присутня різьба M64×2, а також точна циліндрична поверхня Ø70H8, яка використовується як посадкова. Конструктивні радіуси малого значення (R0,1 та R0,3) і фаски під 45° зменшують концентрацію напружень і полегшують складання.

Центральна частина корпусу є найбільш масивною і функціонально важливою. Тут розташована порожнина складної форми з внутрішнім радіусом R19, яка формує робочий об'єм або зону розміщення елементів поршневої групи. Поперечний отвір із характерним хрестоподібним перерізом (Ø56 та Ø85) забезпечує підведення робочого середовища або взаємодію з іншими деталями механізму. Наявність фаски

під кутом 30° у цій зоні має як технологічне, так і конструктивне призначення – зменшення напружень і полегшення монтажу.

Права частина корпусу виконана у вигляді ступінчастого хвостовика з декількома діаметрами, що поступово зменшуються. Тут зосереджені напрямні поверхні з допусками $h10$ та $g7$, а також зона кріплення з чотирма різбовими отворами $M6$. Радіус $R2,5$ і фаски на торці вказують на те, що ця частина працює в умовах динамічних навантажень і повинна мати знижену концентрацію напружень.

За геометричними допусками видно, що для корпусу поршня критичною є співвісність і биття: значення $0,08$ і $0,12$ мм вказують на необхідність точної токарної обробки з подальшим шліфуванням скремих поверхонь. Загальна шорсткість $Ra 6,3$ характерна для корпусних деталей, при цьому посадочні та ущільнювальні поверхні, ймовірно, обробляються до меншої шорсткості, навіть якщо це не деталізовано на кресленні.

У технологічному плані деталь добре пристосована до виготовлення на токарних верстатах з подальшими фрезерними та свердлильними операціями. Найбільш складною є обробка внутрішньої порожнини та поперечного отвору, оскільки саме ці елементи визначають герметичність корпусу поршня в умовах тиску і циклічних навантажень.

1.2 Аналіз параметрів точності

Аналіз параметрів точності деталі потрібен для забезпечення правильної роботи корпусу поршня у вузлі, зокрема герметичності, співвісності рухомих елементів і рівномірного розподілу навантажень. Задані допуски на розміри, форму та взаємне розташування поверхонь гарантують сумісність з іншими деталями і зменшують знос під час роботи. Це безпосередньо впливає на надійність, довговічність і безпечність експлуатації виробу. При проведенні аналізу параметрів точності деталі заповнюємо таблицю 1.2 (рисунок 1.2), у якій наведені дані про точність виготовлення та якість обробки [3, 9, 10, 13, 18, 21, 25, 29, 46, 47, 48].

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|-------|
| | | | | | КРБ.133ГМбд_41.18.00.00.000 ПЗ | Аркуш |
| | | | | | | 12 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Таблиця 1.2 - Аналіз параметрів точності

| № поверхні | Розмір і допуск | Квалітет | Відхилення | | Шорсткість Ra, мкм |
|------------|-------------------------|----------|------------|--------------|--------------------|
| | | | Форми | Розташування | |
| 1 | Ø88 | ±IT14/2 | — | — | 6,3 |
| 2 | Ø70,4 _{-0.046} | h8 | — | — | 2,5 |
| 3 | Ø60 ^{+0.121} | H10 | ⊙ | ↗ | 6,3 |
| 4 | Ø50,5 ^{+0.121} | H10 | — | — | 6,3 |
| 5 | Ø51,4 | ±IT14/2 | — | — | 6,3 |
| 6 | Ø60 _{-0,12} | h10 | ↗ | ↗ | 6,3 |
| 7 | Ø70 | ±IT14/2 | — | — | 6,3 |
| 8 | Ø70 | ±IT14/2 | — | — | 6,3 |
| 9 | Ø50±0,019 | js8 | — | — | — |
| 10 | Ø40 _{-0,1} | h10 | — | — | 6,3 |
| 11 | 254 | ±IT14/2 | — | — | 6,3 |
| 12 | 25 _{-0,052} | h9 | — | — | 6,3 |
| 13 | 25 | ±IT14/2 | — | ↗ | 6,3 |
| 14 | 5 | ±IT14/2 | — | — | 6,3 |
| 15 | 7 | ±IT14/2 | — | — | 6,3 |
| 16 | 5 | ±IT14/2 | — | — | 6,3 |
| 17 | 20 | ±IT14/2 | ↗ | ↗ | 6,3 |
| 18 | 137,4 | h14 | — | — | 6,3 |
| 19 | 8 | ±IT14/2 | — | — | 6,3 |
| 20 | 37 | ±IT14/2 | — | — | 6,3 |
| 21 | 10 _{-0,058} | h10 | — | — | 6,3 |

Проаналізувавши точність параметрів поверхні, можна зробити висновок, що вимоги до точності розмірів і шорсткості не завищені. Максимальний квалітет

точності 8-ий, а мінімальна шорсткість $R_a=2,5$ мкм. Це досягається у виробничих умовах.

1.3 Характеристика матеріалу деталі, замінник

Властивості матеріалу, а також режими його термічної і хіміко-термічної обробки істотно впливають на довговічність деталей. Вибір матеріалу здійснюється з урахуванням величини та характеру навантажень, що діють на деталь. Також впливають умови експлуатації, а саме змащування, швидкість руху, температурний режим, корозія, особливості технології виготовлення [24, 37]. Дослідження показують, що зі зростанням твердості підвищується зносостійкість деталей із вуглецевих сталей, що працюють за одякових умов. Водночас твердість сталі збільшується зі зростанням вмісту вуглецю. Додавання легуючих елементів дозволяє досягти поєднання високої міцності, доброї прогартовуваності, а також корозійної стійкості матеріалу. Тому для виготовлення поршня збирають середньовуглецеву якісну конструкційну сталь марки 45. Її хімічний склад і механічні характеристики, параметри сталі-замінника наведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Хімічний склад та механічні властивості матеріалу деталі

| Марка матеріалу | Хімічний склад, % | | | Механічні властивості | | | |
|---------------------------------|-------------------|------|-------|-------------------------------|------------------|--------------|-----|
| | C | Mn | Si | σ_b , МПа | σ_T , МПа | δ , % | НВ |
| Сталь 45 (основний матеріал) | 0,42 | 0,5- | 0,17- | Нормалізація | | | |
| | 0,56 | 0,8 | 0,37 | 310 | 360 | 16 | 229 |
| Сталь 40X (замінник) | 0,36- | 0,6- | 0,17- | Загартування 840°C (мастило), | | | |
| | 0,45 | 0,8 | 0,37 | відпуск 550°C (вода) | | | |
| | | | | 780 | 550 | 12 | 288 |

Остаточню залишаємо матеріал, що був запропонований конструктором, а саме сталь марки 45.

1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску

Маркетингове дослідження показало попит ринку в деталях корпусу поршня колонки насоса гідроприводного 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.

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

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

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|-------|
| | | | | | КРБ.133ГМбд_41.18.00.00.000 ПЗ | Аркуш |
| | | | | | | 15 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

Оцінка технологічності вузла є одним із визначальних етапів. Саме вона впливає на можливі зміни в процесах складання та пригонки його елементів. Такий аналіз відіграє важливу роль у підвищенні ергономічних, економічних і технічних характеристик вузла [23].

Конструкція насосної колонки розчинонасоса НГ-4 не відзначається складністю. Вона включає відносно невелику кількість складових. У вузлі широко використовуються стандартні елементи (болти, гайки, прокладки тощо). Більшість деталей виготовляється спеціально для цього. Конструктивне виконання виробу забезпечує його зручне складання без суттєвих труднощів. Висока точність виготовлення деталей практично усуває потребу в операціях підгонки. Під час технічного обслуговування, ремонту вузол легко піддається розбиранню.

Корпус поршня загалом має достатньо високу технологічність. Його конструкція може виготовлятися на універсальних токарних та фрезерних верстатах без застосування спеціального оснащення. Основні зовнішні та внутрішні поверхні є співвісними, що спрощує базування за віссю центрів і дозволяє виконувати більшість операцій за одне-два встановлення, зменшуючи похибки взаємного розташування та трудомісткість переналадження.

Наявність кількох ступенів діаметрів, фасок і радіусів є конструктивно виправданою і не створює істотних технологічних ускладнень, однак велика кількість посадкових поверхонь та окремі поверхні з підвищеними вимогами до биття і співвісності потребують ретельного вибору режимів обробки та контролю. У дрібносерійному виробництві це може призвести до зростання часу на вимірювання, але не вимагає застосування спеціалізованих вимірювальних пристроїв, оскільки контроль можливий стандартним інструментом (мікрометри, нутроміри, індикатори).

Внутрішні перехідні складної форми, зокрема перехідні радіуси та сферичні елементи, знижують технологічність у порівнянні з простими циліндричними отворами, проте їх геометрія допускає виконання обробки розточуванням або фасонним інструментом. Для дрібної серії це прийнятно, оскільки не потребує виготовлення дорогих спеціальних різців або прес-форм, хоча й підвищує вимоги до кваліфікації верстатника.

Різьбові отвори малого діаметра виготовлені у доступних для інструмента зонах, що позитивно впливає на технологічність. Їх можна обробляти на свердлильному або фрезерному верстаті з використанням стандартних мітчиків і кінцевих фрез, без складного пристосування для орієнтації деталі. Разом з тим, наявність декількох локальних фасок потребує додаткових переходів, що дещо збільшує штучний час, але для дрібносерійного виробництва це не є критичним.

Результати аналізу на технологічність деталі (корпус поршня) наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Аналіз на технологічність деталі

| № з/п | Показники вплив до технологічності | Висновки за показниками | Зауваження з поліпшення технологічності |
|-------|--|-------------------------|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Наявність зручних баз | Технологічно | - |
| 2 | Можливість установки простими настановними затискними елементами | Технологічно | - |
| 3 | Чи потрібні додаткові ребра жорсткості? | Технологічно | - |

Продовження таблиці 2.1

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|----|---|----------------|-------------|
| 4 | Обробка отворів на прохід | Технологічно | - |
| 5 | Відсутність отворів довжиною більше 8. 10 діаметрів | Технологічно | - |
| 6 | Підрізання торців внутрішніх | Технологічно | - |
| 7 | Розточування канавок | Технологічно | - |
| 8 | Наявність оброблюваних поверхонь чималої довжини | Технологічно | - |
| 9 | Наявність кутів, що відрізняються від 45° | Нетехнологічно | - |
| 10 | Зменшення кількості різального інструмента | Технологічно | Стандартний |
| 11 | Наявність різьбових отворів менше М6 | Технологічно | - |
| 12 | Виліт інструмента для розточування менше 350 мм | Технологічно | - |
| 13 | Величина заготівельних припусків | Технологічно | - |
| 14 | Наявність шлицьових глухих отворів | Технологічно | - |

Загалом конструкція корпусу поршня є раціональною з точки зору технологічності. Вона не містить важкодоступних для обробки зон допускає використання універсального обладнання та стандартного інструменту і забезпечує необхідну точність без застосування спеціальних технологічних процесів. Основними факторами, що знижують технологічність у дрібній серії, є підвищені вимоги до точності окремих поверхонь і складна внутрішня форма, проте ці

недоліки компенсуються зручністю базування і відсутністю необхідності у спеціальній оснастці.

2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення

Розглянемо технологічний процес виготовлення корпусу поршня, що застосовувався на базовому підприємстві. Заготовку отримують із прокату. Це потребує значних припусків на механічну обробку. Попри відносну дешевизну такого підходу, подальша обробка супроводжується суттєвими витратами на видалення надлишкового матеріалу. Коефіцієнт використання металу при цьому є невисоким. Запропоновано альтернативний спосіб – виготовлення заготовки штампуванням у підкладному штампі.

Зменшення припусків дозволяє відмовитися від частини механічних операцій. Це скорочує кількість необхідного обладнання для виготовлення корпусу поршня.

На підприємстві деталь виготовляється в умовах одиничного виробництва. Застосовувалися універсальні верстати, стандартні пристрої, ріжучий інструмент. Для дрібносерійного виробництва доцільно використовувати верстати з числовим програмним керуванням, спеціалізовані пристрої. Застосування сучасного високопродуктивного інструменту дає змогу підвищити швидкість різання. Це зменшує штучний час виготовлення деталі, а також витрати енергії, інструменту, інших ресурсів. У результаті знижується собівартість.

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_41.18.00.00.000 ПЗ | Аркуш |
| | | | | | | 19 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

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

де ε – загальне значення;

ε_i – окремі ступені уточнення;

P – число ступенів обробки;

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

Розкладаючи загальне значення на співмножники, потрібно враховувати типові рекомендації: для першого ступеня чорнкової 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 вибору числа ступенів обробки застосовують формулу:

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

Приклад, для обробки поверхні – $\varnothing 70,4h8$. Допуск за креслеником 0,046 мм, допуск заготовки – 0,8 мм. Загальне уточнення складає:

$$\varepsilon = \frac{0,8}{0,046} = 17,4.$$

Орієнтовна кількість ступенів обробки:

$$n_p = \frac{\lg 17,4}{0,46} \approx 2,7.$$

Отже, необхідно передбачити не менше 3 етапів обробки для даної поверхні (таблиця 2.2).

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|-------|
| | | | | | КРБ.133ГМбд_41.18.00.00.000 ПЗ | Аркуш |
| | | | | | | 20 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Таблиця 2.2 – Етапи обробки поверхонь деталі

| № пов. | Можливі маршрути обробки поверхонь | | Квалітет | Шорсткість Ra, мкм |
|--------|------------------------------------|----------------------------|----------|-----------------------|
| | № маршр. | Перехід | | |
| 1 | 1 | Точіння н/ч | 12 | 12,5 |
| | | Точіння чистове | 9 | 3,2 |
| | | Точіння тонке | 7 | 1,6 |
| | 2 | Точіння н/ч | 12 | 12,5 |
| | | Точіння чистове | 9 | 3,2 |
| | | Шліфування | 7 | 1,6 |
| 2 | 1 | Розточування н/ч | 12 | 12,5 |
| | | Розточування чистове | 9 | 3,2 |
| | | Розточування тонке | 7 | 1,6 |
| | 2 | Розточування н/ч | 12 | 12,5 |
| | | Розточування чистове | 9 | 3,2 |
| | | Планетарне шліфування | 7 | 1,6 |
| 3 | 1 | Фрезерування чорнове | 12 | 12,5 |
| | | Фрезерування чистове | 10 | 6,3 |
| | | Шліфування | 8 | 1,6 |
| | 2 | Фрезерування чорнове | 12 | 12,5 |
| | | Шліфування чорнове | 10 | 6,3 |
| | | Шліфування чистове | 8 | 1,6 |
| 4 | 1 | Фрезерування чорнове | 12 | 12,5 |
| 5 | 1 | Свердління | 11 | 12,5 |
| | | Нарізка різьби мітчиком | 6 | 3,2 |
| | 2 | Свердління | 12 | 12,5 |
| | | Фрезерування різьби фрезою | 7 | 3,2 |
| 6 | 1 | Розточування | 12 | 12,5 |
| | 2 | Фрезерування | 12 | 12,5 |

2.4 Розробка маршруту виготовлення деталі

Маршрут обробки деталі – це встановлена послідовність технологічних операцій і переходів, за якою заготовка поетапно перетворюється на готову деталь із заданими розмірами, формою, точністю та шорсткістю поверхонь. По суті, це «шлях» деталі через виробництво, від отримання заготовки до остаточного контролю.

У маршруті обробки визначають, на яких верстатах і в якій черговості виконуються операції (токарна, фрезерна, свердлильна, шліфувальна тощо), які поверхні обробляються на кожному етапі, а також як деталь базується і закріплюється. Маршрут враховує необхідність чорнової, напівчистої та чистої обробки, термічних і контрольних операцій, щоб забезпечити потрібну точність і мінімізувати похибки.

Для виробництва маршрут обробки є основою технологічного процесу: він дозволяє раціонально організувати роботу, зменшити кількість переустановлень, уникнути зайвих операцій і забезпечити стабільну якість деталі при заданому типі виробництва (одиначному, дрібносерійному чи масовому).

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 | Обладнання | Зміст операції |
|------------|--|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 005 | Верстат рожковочний | Відрізати заготовку |
| 010 | Молот штамполочний | Штампувати заготовку у штампі, що підкладається |
| 015 | Верстат токарно-гвинторізний моделі 1K62 | З однієї сторони зацентрувати |

Продовження таблиці 2.2

| 1 | 2 | 3 |
|-----|---|---|
| 020 | Верстат токарно-гвинторізний моделі 1K62 | Точити поверхню у розмір $\varnothing 62$ мм |
| 025 | Верстат токарно-гвинторізний моделі 1K62 | Отвір свердлити у розмір $\varnothing 45$ мм |
| 030 | Верстат вертикально-свердлильний моделі 1A135 | Два наскрізних отвори свердлити у розмір $\varnothing 38$ мм |
| 035 | Верстат горизонтально-фрезерний моделі 6P82Г | Чотири пази фрезерувати |
| 040 | Верстат токарно-гвинторізний із ЧПК моделі 1A620Ф3С39 | <ol style="list-style-type: none"> 1. Виконати підрізання правого торця 2. Провести розточування отв. 54,5 мм 3. Обробити конічну пов. $10 \times 45^\circ$ 4. Розточити канавку діаметром 64 мм 5. Розточити пов. діаметром 60 мм 6. Розточити пов. діаметром 50,5 мм 7. Обробити конічну поверхню $2 \times 45^\circ$ 8. Виконати розточ. діаметру 64 мм 9. Нарізати різьбу M64\times2 10. Виконати точіння поверхні діаметром 72 мм |

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

$$Z_{0 \min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (2.3)$$

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 використовується.

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 2.3.

Таблиця 2.3 – Розрахункова карта припусків і граничних розмірів за технологічними переходами при обробці $\varnothing 70,4h8 (-0,046)$ мм

| Технол. перехід | Елемент припуску | | | | Розрах. припуск | Розрах. розмір d_p , мм | Допуск мкм | Граничний розмір | | Граничн. припуск | |
|-----------------|------------------|-----|--------|---------------|-------------------|---------------------------|------------|------------------|------------|------------------|-------------|
| | Rz | T | ρ | ε | $2Z_{\min}$, мкм | | | d_{\min} | d_{\max} | $2Z_{\min}$ | $2Z_{\max}$ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Заготовка | 800 | 800 | 390 | - | - | 75,043 | 800 | 74,243 | 75,043 | - | - |

Продовження таблиці 2.3

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|-------------------------|-----|-----|-------|---|------|--------|-----|--------|--------|------|------|
| Точіння чорн- ове | 125 | 120 | 19,55 | - | 3982 | 71,061 | 400 | 70,661 | 71,061 | 3582 | 3982 |
| Точіння н/ч | 32 | 30 | 1,955 | - | 530 | 70,531 | 100 | 70,431 | 70,531 | 230 | 530 |
| Точіння чистове | 3,2 | 3,2 | - | - | 131 | 70,4 | 46 | 70,354 | 70,4 | 77 | 131 |
| Усього | | | | | | | | | | 3889 | 4643 |

Проводимо перевірку правильності розрахунку:

$$2 \cdot z_{\max} - 2 \cdot z_{\min} = \delta_{\text{в}} \cdot \delta_{\text{д}}; \quad (2.5)$$

$$4643 - 3889 = 800 - 46;$$

$$754 = 754.$$

На рисунку 2.1 зображуємо графічне розташування припусків та допусків.

Рисунок 2.1 – Графічне розташування припусків та допусків $\varnothing 70,4h8(-0.046)$

На решту поверхонь деталі припуски визначаємо табличним способом.
Конкретні значення припусків занесемо до таблиці 2.4.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|-------|
| | | | | | КРБ.133ГМбд_41.18.00.00.000 ПЗ | Аркуш |
| | | | | | | 27 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Таблиця 2.4- Припуски на механічно оброблені поверхні деталі

| | Поверхня | Припуск, мм |
|----|-------------------------|-------------|
| 1 | Ø88 | 4,1 |
| 2 | Ø70,4 _{-0.046} | 3,6 |
| 3 | Ø60 ^{+0.121} | 5,1 |
| 4 | Ø50,5 ^{+0.121} | 2,1 |
| 5 | Ø51,4 | 2,1 |
| 6 | Ø60 _{-0,12} | 3,6 |
| 7 | Ø70 | 3,6 |
| 8 | Ø30 | 3,6 |
| 9 | Ø40 _{-0,1} | 3,6 |
| 10 | 254 | 6,2 |
| 11 | 26 _{-0,052} | 2,1 |
| 12 | 25 | 1,1 |
| 13 | 5 | 1 |
| 14 | 7 | 1 |
| 15 | 5 | 1 |
| 16 | 20 | 1,3 |
| 17 | 137 ₋₁ | 4,6 |
| 18 | 8 | 1 |
| 19 | 37 | 1,5 |
| 20 | 10 _{-0,058} | 1,1 |

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Розробка конструкції затискного пристосування

Затискне пристосування при механічній обробці призначене для надійного закріплення заготовки у визначеному положенні відносно ріжучого інструмента. Воно забезпечує стійкість заготовки під дією сил різання та запобігає її зміщенню або в'обраціям у процесі з'робки. Використання затискних пристосувань підвищує точність обробки та повторюваність розмірів деталей. Крім того, затискні пристосування сприяють підвищенню продуктивності праці та рівня безпеки під час виконання механічних операцій [12, 36, 38, 39].

Також затискні пристосування дозволяють зменшити вплив людського фактору під час встановлення заготовки. Вони забезпечують стабільність технологічного процесу та якість обробленої поверхні. Раціональна конструкція затискного пристосування сприяє зниженню допоміжного часу на обробку. Це особливо важливо при серійному та масовому виробництві деталей.

Затискне пристосування використовується на свердлильній, а також фрезерній операціях (рисунк 3.1). Змонтовано на опорній плиті 7, 4 отвори $\varnothing 18$ мм якої дозволяють міцно встановлювати його на будь-якому верстаті. Привід пристосування пневматичний. Пневмоциліндри односторонньої дії. У розвантаженому стані стиснуте повітря не подається в робочу порожнину пневмоциліндра, поршні якого під дією пружин 5 притиснуті один до одного і знаходяться у середньому положенні. При цьому шпоки поршнів 2 розташовані у граничному втягнутому положенні. За допомогою осей 10, 11 вони притягують у граничне положення важелі 1. Граничні положення затискних губок важелів забезпечені упорними крипками 3, які за допомогою шарнірного з'єднання забезпечують вільне завантаження зверху заготовки $\varnothing 80$ мм до базування з опорними призмами 4.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|-------|
| | | | | | КРБ.133ГМбд_41.18.00.00.000 ПЗ | Аркуш |
| | | | | | | 29 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Рисунок 3.1 – Затискне пристосування: 1 – важіль; 2 – поршень; 3 – кришка; 4 – призма; 5 – пружина; 6 – основа; 7 – плита; 8 – планка; 9 – шток, 10, 11 – вісь; 12 – важіль; 13 – ущільнення; 14 – корпус; 15 – штицер; 16 – палець; 17 – пружина; 18, 19, 20, 21, 22 – гвинт; 23 – шплінт

Після встановлення заготовки у пристосуванні її затиск здійснюється шляхом подачі стисненого повітря в робочу порожнину пневмоциліндрів. Тиск 0,6 МПа створює зусилля на штоках поршнів. Воно через важелі 1 забезпечує притискання заготовки до призми. Співвідношення плечей важелів 1:1 зумовлює передачу зусилля від штока до деталі без зміни – також у співвідношенні 1:1.

Розтискання відбувається у зворотній послідовності: стиснене повітря через керувальний клапан відводиться в атмосферу, а пружини 5 повертають важелі у вихідне положення.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|-------|
| | | | | | КРБ.133ГМбд_41.18.00.00.000 ПЗ | Аркуш |
| | | | | | | 30 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

3.2 Розрахунок зусилля затиску та параметрів силового приводу

Розроблений затискний пристрій призначений для базування заготовки за її реальними поверхнями та віссю симетрії. Його застосовують під час фрезерування отворів у поршні (операція 035). Базування заготовки корпусу поршня (рисунок 3.2) виконується по зовнішній циліндричній поверхні (як подвійній напрямній базі – точки 1, 2, 3, 4) та по площині (опорна база – точка 5), а закріплення забезпечується одночасною дією сил P_1 і P_2 .

Рисунок 3.2 – Схема базування деталі

У затискному пристосуванні заготовка встановлюється подвійною напрямною базою на дві призми (опорні точки 1, 2, 3, 4), впирається торцем у торцеву поверхню призми (опорна точка 5). Опорна база (точка 5) формується після закріплення заготовки.

Пристосування монтується на столі верстата з двох однакових вузлів. Кожен із яких включає корпус, установчі призми, спарений пневмоциліндр, два штоки та два важелі, що забезпечують затискання заготовки.

Складемо схему діючих сил і визначимо з неї силу, що буде необхідна для затиску [7, 28, 12, 36, 38, 39].

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|-------|
| | | | | | КРБ.133ГМбд_41.18.00.00.000 ПЗ | Аркуш |
| | | | | | | 31 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

На заготовку діє колова сила різання P_z (рисунок 3.3).

Рисунок 3.3 – Розрахункова схема

Для роботи пристосування повинна бути витримана умова:

$$F_{тр} \cdot r \geq \frac{P_z}{2} \cdot r \cdot k, \text{ або } F_{тр} \geq \frac{P_z}{2} \cdot k, \quad (3.1)$$

де $F_{тр}$ – сила тертя;

k – коефіцієнт запасу.

Дане пристосування затискає деталь по двох площинах перетину. На одному перетині діє колова сила $\frac{P_z}{2}$.

Колова сила різання P_z розраховується за формулою:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D \cdot n^w} \cdot K_{mp}, \quad (3.2)$$

де значення коефіцієнтів і показників ступеня: $C_p=82$, $x=0,75$, $y=0,6$, $u=1,0$, $q=0,86$, $w=0$.

t – глибина фрезерування, 19 мм

S_z – подача на один зуб, 0,022 мм/зуб;

B – ширина фрезерування, 38 мм;

z – число зубців фрези, 4;

D – діаметр фрези, 38 мм;

n – частота обертання фрези, 180 об/хв;

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

Тоді

$$P_z = \frac{10 \cdot 82 \cdot 19^{0,75} \cdot 0,022^{0,6} \cdot 38 \cdot 4}{38^{0,86} \cdot 180^0} = 5030 \text{ Н}.$$

Сила тертя буде дорівнювати:

$$F_{mp} = \frac{5030}{2} = 2515 \text{ Н}$$

Визначимо силу затискання затискного пристосування:

$$F_{mp} = Q \cdot 2 \cdot (f_1 + f_2), \quad (3.3)$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|-------|
| | | | | | КРБ.133ГМбд_41.18.00.00.000 ПЗ | Аркуш |
| | | | | | | 33 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Звідки

$$Q = \frac{F_{mp}}{2 \cdot (f_1 + f_2)}, \quad (3.4)$$

де Q – сила затискання заготовки,

f_1, f_2 – коефіцієнти тертя (деталь об призму $f_1=0,15$, деталь об затискачі $f_2=0,17$).

$$Q = \frac{2515}{2 \cdot (0,15 + 0,17)} = 3930 \text{ Н}.$$

Приймаємо пневмоциліндр саме одnobічної дії. Діаметр поршня тоді

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot W}{\pi \cdot p \cdot \eta}} \quad (3.5)$$

де W – зусилля силового приводу, Н,

p – тиск у пневмосистемі, МПа ($p=0,7$ МПа);

η – ККД пневмоциліндра ($\eta=0,9$).

Зусилля силового приводу:

$$W = \frac{Q}{2 \cdot i} + Q_1 \quad (3.6)$$

де Q – сила затиску;

i – передаточне відношення механізму ($i = \frac{l_1}{l_2} = \frac{65}{54} = 1,2$);

Q_1 – сила пружин повернення затискного пристрою у початкове положення ($Q_1=125$ Н).

Тоді:

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|-------|
| | | | | | КРБ.133ГМбд_41.18.00.00.000 ПЗ | Аркуш |
| | | | | | | 34 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$W = \frac{3930}{2 \cdot 1,2} + 125 = 1762 \text{ (Н)}.$$

Визначаємо діаметр поршня:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1762}{\pi \cdot 0,7 \cdot 0,9}} = 59,7 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр із ряду діаметрів – 60 мм.

3.3 Розрахунок слабкої ланки на міцність

Розрахунок проведемо для осі, що з'єднує шток пневмоциліндру та важелі.
Обчислення виконуватимемо на зріз за формулами опору матеріалів:

$$\tau = \frac{P_{\max}}{F_{\min}} \leq [\tau], \quad (3.7)$$

P_{\max} – максимальне значення зусилля тиску, Н;

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

F_{\min} – площа поперечного перерізу осі;

$$F_{\min} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 10^2}{4} = 78,5 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

Тоді:

$$\tau = \frac{1762}{78,5} = 22,4$$

$$22,4 \text{ МПа} < 70 \text{ МПа}.$$

Отже робимо висновок, що міцність осі достатня.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|-------|
| | | | | | КРБ.133ГМбд_41.18.00.00.000 ПЗ | Аркуш |
| | | | | | | 35 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Для деталі «Корпус поршня», що виготовляється із вуглецевої сталі 45 найбільш доцільними буде два способи виготовлення заготовки: з прокату; штампування. Проведемо економічну оцінку добору способу виготовлення заготовки, методом порівняння собівартості одержання заготовок по варіантах [1, 4, 5, 30, 34, 49].

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

$$K_{e.m} = \frac{m_o}{m_3}, \quad (4.1)$$

де m_o , m_3 – маса деталі й заготовки відповідно.

Маса готової деталі $m_o = 2,4$ кг, маса заготовки із прокату $m_3 = 14,7$ кг, орієнтовна маса проєктованого штампування $m_3 = 9,9$ кг.

Прокат:

$$K_{e.m} = \frac{2,4}{14,7} = 0,2.$$

Штампування:

$$K_{e.m} = \frac{2,4}{9,9} = 0,24.$$

Як видно за коефіцієнтами використання матеріалу, штампування має менші втрати металу, чим заготовка із прокату.

Визначимо вартість заготовки із прокату:

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|-------|
| | | | | | КРБ.133ГМбд_41.18.00.00.000 ПЗ | Аркуш |
| | | | | | | 36 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

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

де S_{np} – вартість 1 тони прескату ($S_{np} = 51000$ грн/т),

S_{omx} – вартість 1 тони відходів ($S_{omx} = 10000$ грн/т).

$$S_{заг} = 14,7 \cdot \frac{51000}{1000} - (14,7 - 2,4) \frac{10000}{1000} = 626,7 \text{ грн.}$$

Вартість штампуння:

$$S_{заг} = \left(\frac{C_i}{1000} m_3 \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_b \cdot k_M \cdot k_n \right) - (m_3 - m_0) \frac{S_{доп}}{1000}, \quad (4.3)$$

де C_i – вартість 1 тони заготовки отриманих штампунням ($C_i = 51000$ грн/т),

k_m, k_c, k_b, k_M, k_n – коефіцієнти, що залежать від класу точності, групи складності, маси, марки матеріалу й обсягу виробництва ($k_m = 1$; $k_c = 1,21$; $k_b = 0,75$; $k_M = 1,61$; $k_n = 0,8$).

Вартість штампуння складе:

$$S_{заг} = \left(\frac{51000}{1000} \cdot 9,9 \cdot 1 \cdot 1,21 \cdot 0,75 \cdot 1,61 \cdot 0,8 \right) - (9,9 - 2,4) \frac{10000}{1000} = 515,2 \text{ грн.}$$

Економічний ефект у цьому випадку буде становити:

$$E = (626,7 - 515,2) \cdot 300 = 33450 \text{ (грн.)}$$

| | | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--|--------------------------------|-------|
| | | | | | | КРБ.133ГМбд_41.18.00.00.000 ПЗ | Аркуш |
| | | | | | | | 37 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | |

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

4.2 Інженерний розрахунок заземлення

Проведемо розрахунок заземлення електричного обладнання [2, 8, 10, 14-17, 19, 20, 23, 26, 27, 31, 33, 41-46, 50]. Як штучне заземлення застосовуємо сталеві прутки діаметром 50 мм і довжиною 5 м. Для зв'язки вертикальних електродів та у якості самостійного горизонтального електрода, використовуємо смугову сталь перетином 4×12 мм. Визначаємо опір розтікання струму, Ом, одиночного вертикального заземлення по формулі:

$$R_e = \rho / (2 \cdot \pi \cdot l) \cdot (\ln(2 \cdot l / d) + 0,5 \ln((4 \cdot t + 1) / (4 \cdot t - 1))); \quad (4.4)$$

де l – довжина заземлення, м;

d – діаметр прутка = 12 мм;

t – глибина закладення половини заземлення, м;

ρ – розрахунковий питомий опір ґрунту, Ом·м

$$\rho = \rho_{\text{вим}} \cdot \psi, \quad (4.5)$$

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

ψ – коефіцієнт сезонності, 1,3

Підставляючи відомі величини у формулу (4.5), одержимо:

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

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|-------|
| | | | | | КРБ.133ГМбд_41.18.00.00.000 ПЗ | Аркуш |
| | | | | | | 38 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Визначимо глибину закладення половини заземлення, м, за формулою:

$$t = 0,5 \cdot l + t_0, \quad (4.6)$$

де t_0 – відстань від поверхні землі до верхнього кінця заземлювача, приймаємо 0.5 м.

Підставляючи відомі величини у формулу, одержимо:

$$R_6 = 650 / (2 \cdot \pi \cdot 5) \cdot (\ln(10/0,012) + 0,5 \ln(17/7)) = 179,95 \text{ (Ом)}.$$

Визначимо число, шт., заземлень по формулі:

$$n = R_6 / (R_3 \cdot \eta), \quad (4.7)$$

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

η – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів без врахування впливу сполучної смуги = 0,63 (електроди розміщені по контуру).

Підставляючи відомі величини у формулу, одержимо:

$$n = 179,95 / ((4 \cdot (0,63)) = 71,41 \text{ (шт.)}.$$

Приймаємо $n = 72$ шт.

Визначимо опір розіканню струму горизонтальної сполучної смуги, Ом:

$$R_7 = \rho / (2 \cdot \pi \cdot l_1) \cdot \ln(2 \cdot l_1 / (b \cdot t_1)), \quad (4.8)$$

де t_1 – глибина закладення смуги, м;

b – ширина смуги, м;

l_1 – довжина смуги

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|-------|
| | | | | | КРБ.133ГМбд_41.18.00.00.000 ПЗ | Аркуш |
| | | | | | | 39 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$l_1 = 1,05 \cdot a \cdot n \text{ м}, \quad (4.9)$$

де a – відстань між вертикальними заземленнями, м:

$$a = 3 \cdot l = 3 \cdot 5 = 15 \text{ (м)}.$$

Підставляючи відомі величини у формулу (4.9), одержимо:

$$l_1 = 1,05 \cdot 15 \cdot 64 = 1134 \text{ (м)}.$$

Підставляючи відомі величини у формулу, одержимо:

$$R_n = 650 / (2 \cdot \pi \cdot 1134) \cdot \ln(2 \cdot 1134^2 / (0,012 \cdot 3)) = 1,65 \text{ (Ом)}.$$

Визначимо опір розтіканню струму пристрою, Ом, що заземлює,

$$R_o = R_e \cdot R_n / (R_e \cdot R_n + R_n \cdot n \cdot \eta_e), \quad (4.10)$$

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

Підставляючи відомі величини, одержимо:

$$R_o = 179,95 \cdot 1,65 / (179,95 \cdot 0,35 + 1,65 \cdot 0,71 \cdot 72) = 2,01.$$

R_o не перевищує припустимого опору захисного заземлення: $2,01 < 4$.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|-------|
| | | | | | КРБ.133ГМбд_41.18.00.00.000 ПЗ | Аркуш |
| | | | | | | 40 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

4.3 Екологічний аспект виробництва корпусу поршня

Корпус поршня гідролічного насоса виготовляється зі сталі 45 згідно з ДСТУ 7809:2015 методом об'ємного штампування з подальшою механічною обробкою. Процеси, що застосовуються під час виготовлення деталі, супроводжуються утворенням викидів у атмосферу, відходів виробництва, шуму, а також споживанням енергетичних та матеріальних ресурсів. Тому оцінка екологічних аспектів виробництва є важливою складовою забезпечення екологічної безпеки та сталого розвитку машинобудівного підприємства.

Основними етапами виробництва деталі є: заготівельні операції (прокат, різання, штампування); термічна обробка; механічна обробка (токарна, фрезерна, свердлильна); контроль та фінішні операції. Кожен із зазначених етапів має певний вплив на навколишнє середовище.

Виготовлення заготовки корпусу поршня методом штампування дозволяє зменшити відходи металу порівняно з виготовленням із прокату шляхом суцільної механічної обробки. Основними екологічними чинниками на цьому етапі є: викиди продуктів згоряння палива або електроенергії при нагріві заготовки; утворення окалини; шум і вібрація від роботи штампувального обладнання.

Окалина, що утворюється під час нагріву сталі, відноситься до вторинних відходів і може бути зібрана та передана на повторну переробку, що знижує негативний вплив на навколишнє середовище.

Для досягнення необхідних механічних властивостей корпус поршня піддається термічній обробці (нормалізації або поліпшення). Даний процес характеризується: значним споживанням електроенергії або газу, можливими викидами оксидів вуглецю та азоту; тепловим забрудненням виробничого приміщення.

Зменшення негативного впливу досягається шляхом застосування сучасних печей із автоматичним регулюванням температури, теплоізоляції та рекуперації тепла відпрацьованих газів.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|-------|
| | | | | | КРБ.133ГМбд_41.18.00.00.000 ПЗ | Аркуш |
| | | | | | | 41 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Під час механічної обробки корпусу поршня утворюються: металева стружка; відпрацьовані мастильно-охолоджувальні рідини (МОР); шум та локальні вібрації.

Металева стружка зі сталі 45 є цінною вторинною сировиною та підлягає повному збиранню й подальшій переробці. Відпрацьовані МОР необхідно очищувати або утилізувати відповідно до екологічних норм, що запобігає забрудненню ґрунтів і водних ресурсів.

Застосування сучасних верстатів з ЧПК та оптимальних режимів різання дозволяє зменшити утворення відходів і знизити енергоспоживання.

Для мінімізації негативного впливу виробництва корпусу поршня на довкілля доцільно впроваджувати такі заходи: використання штампованих заготовок з мінімальними припусками; максимальна утилізація металевих відходів; застосування екологічно безпечних мастильно-охолоджувальних рідин; зниження шумового навантаження за рахунок шумоізоляції обладнання; раціональне використання енергоресурсів.

Таким чином, виробництво корпусу поршня гідравлічного насоса зі сталі 45 має помірний вплив на навколишнє середовище, характерний для машинобудівних підприємств. Використання прогресивних технологій штампування, сучасного обладнання та систем утилізації відходів дозволяє значно зменшити екологічне навантаження та забезпечити відповідність виробництва вимогам екологічної безпеки.

| | | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--|--------------------------------|-------|
| | | | | | | КРБ.133ГМбд_41.18.00.00.000 ПЗ | Аркуш |
| | | | | | | | 42 |
| 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 насоса гідравлічного НГ-4. Проведено аналіз деталі, що є складовою частиною, а саме корпусу поршня. Охарактеризовано конструкційний матеріал цієї деталі, надано рекомендації стосовно заміни аналогу. Здійснено визначення типу виробництва на підставі маркетингового дослідження – дрібносерійний.

2. Відбрацьовано на технологічність вузол та його деталь. Проаналізовано діючий технологічний процес виготовлення, запропоновано способи удосконалення з урахуванням визначеного типу виробництва. Розроблено маршрут обробки поверхонь корпусу поршня. Здійснено визначення припусків на обробку та операційних розмірів поверхні $\varnothing 70,4h8 (-0,046)$ мм розрахунково-аналітичним, а на решту поверхонь – табличним методами.

3. Запропоновано конструкцію затискного пристосування, що може бути використано під час механічної обробки корпусу поршня. Визначено зусилля затиску. Розраховано 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 33450 грн. Окрім того, проведено інженерні розрахунки штучного заземлення електричного обладнання. Дієділено увагу екологічним аспектам машинобудівного виробництва корпусу поршня.

5. У графічній частині роботи наведено складальний кресленик колонки насосної насоса гідравлічного, кресленик корпусу поршня, кресленик заготовки корпусу поршня, складальний кресленик затискного пристосування для виконання операції механічної обробки.

| | | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--|--------------------------------|-------|
| | | | | | | КРБ.133ГМбд_41.18.00.00.000 ПЗ | Аркуш |
| | | | | | | | 43 |
| 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_41.18.00.00.000 ПЗ

Аркуш

44

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

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.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|-------|
| | | | | | КРБ.133ГМбд_41.18.00.00.000 ПЗ | Аркуш |
| | | | | | | 45 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

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_41.18.00.00.000 ПЗ | Аркуш |
| | | | | | | 46 |
| 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: Інтерграфіка, 2004. 336 с.

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

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

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

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

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|-------|
| | | | | | КРБ.133ГМбд_41.18.00.00.000 ПЗ | Аркуш |
| | | | | | | 47 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

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

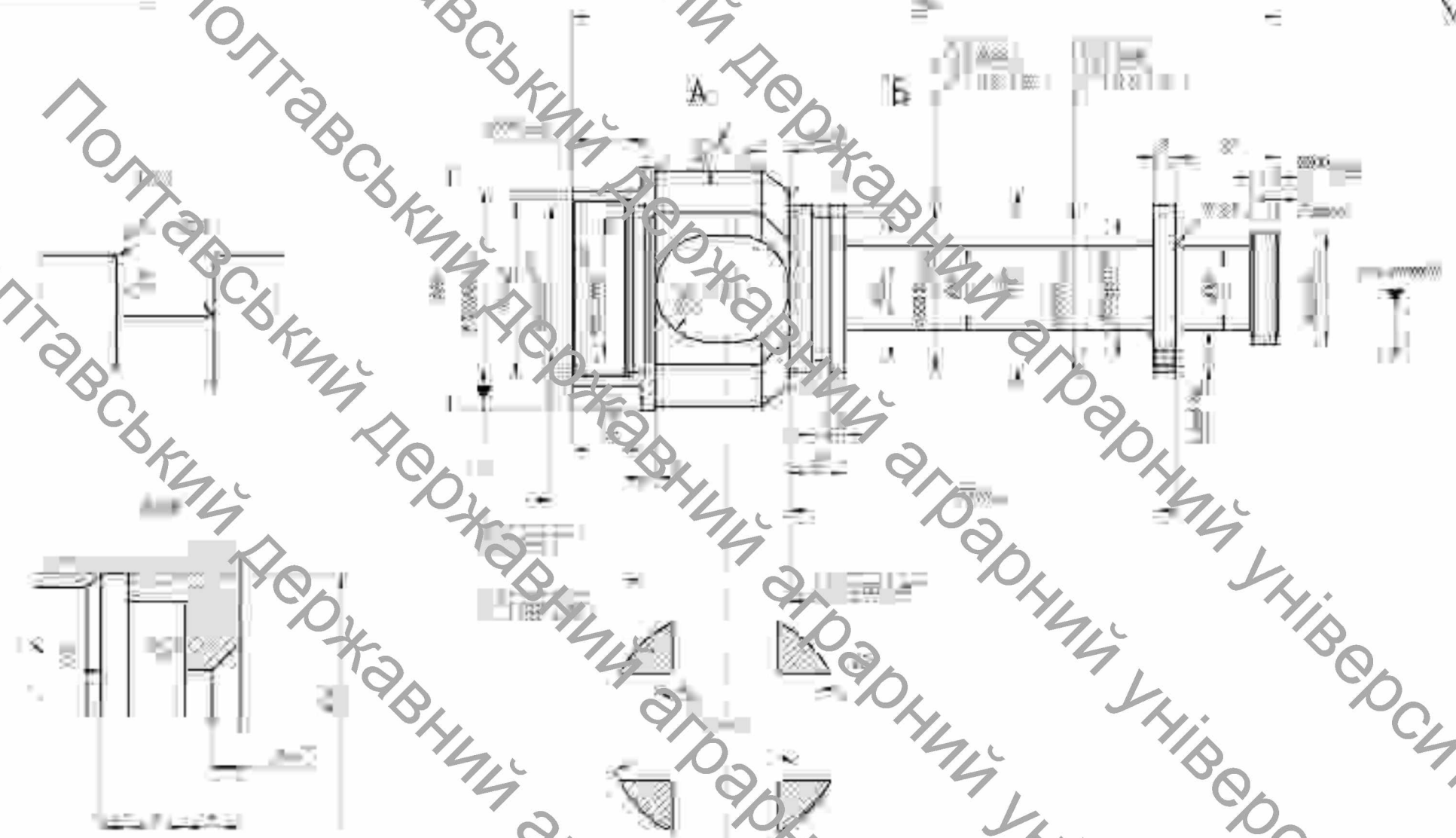
49. Шваб Л.І. Економіка підприємства: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Київ: Каравела, 2005. 568 с.

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

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|-------|
| | | | | | КРБ.133ГМбд_41.18.00.00.000 ПЗ | Аркуш |
| | | | | | | 48 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Полтавський державний аграрний університет

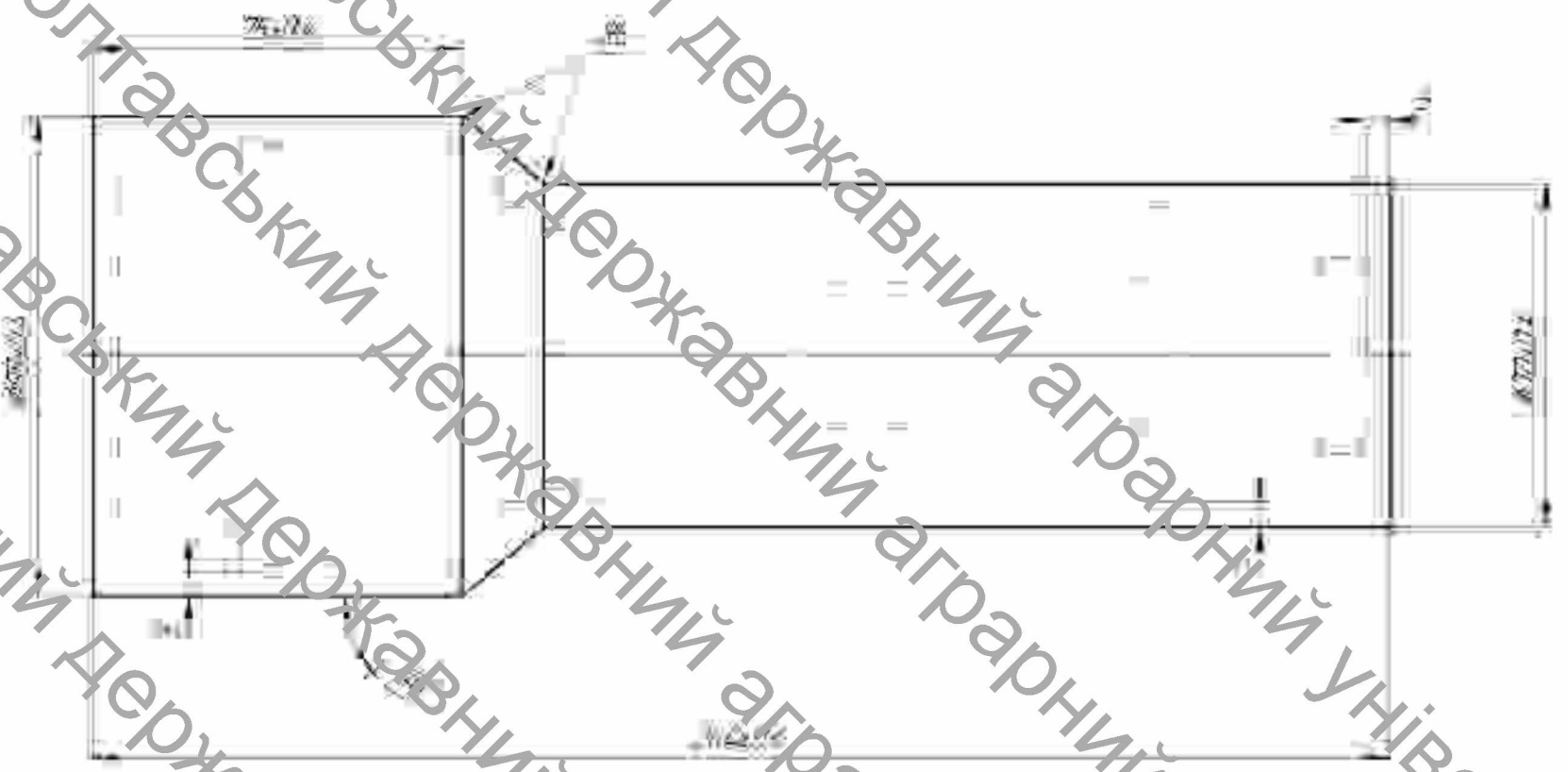
Лист 1



| | | | | | |
|--|--|-----------|--|--------|--|
| Полтавський державний аграрний університет | | Механізм | | Лист 1 | |
| Механізм | | Технічний | | 88 | |
| Лист 1 | | Лист 1 | | Лист 1 | |
| Лист 1 | | Лист 1 | | Лист 1 | |

Полтавський державний аграрний університет

Курсовий проєкт



Виконав: студент
З. Козак
Проєкт № 13.31.МБД.4.1.0000001

| | | | |
|--|--|--------------------------------|--|
| Курсовий проєкт | | № 13.31.МБД.4.1.0000001 | |
| Полтавський державний аграрний університет | | Полтава, 2024 р. | |
| Студент: З. Козак | | Проєкт № 13.31.МБД.4.1.0000001 | |
| Місце: Полтава | | Дата: 2024 р. | |

