

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії та енергетики
Кафедра механічної інженерії та технології машинобудування

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

ЗУБРИЦЬКИЙ МИХАЙЛО ПЕТРОВИЧ

УДК 621.9

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**РОЗРОБЛЕННЯ ГІДРАВЛІЧНОГО ПРЕСУ ДЛЯ ВИПРЕСОВКИ
ПОРШНЕВИХ ПАЛЬЦІВ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ**

133 «Галузеве машинобудування»
Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр

Кваліфікаційна робота містить результати власних розробок. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

_____ Зубрицький М.П.

Керівник роботи
Забродський П.М.
кандидат технічних наук, доцент

Житомир - 2025

АНОТАЦІЯ

Зубрицький М.П. Розроблення гідравлічного пресу для випресовки поршневих пальців двигунів внутрішнього згоряння. - Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття першого освітнього ступеня бакалавр зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування». – Поліський національний університет, Житомир, 2025 р.

У першому (загальнотехнічному) розділі проаналізовано конструкційні особливості поршневих пальців, умови їх експлуатації, основні причини демонтажу, а також розглянуто характерні дефекти, що виникають у процесі роботи. Проведено порівняльний аналіз існуючих методів випресовки пальців і типових конструкцій гідравлічних пресів, що дозволило виявити недоліки та сформулювати вимоги до вдосконаленого варіанту конструкції.

У другому (конструкторському) розділі здійснено вибір оптимальної компоновки пресу, обґрунтовано значення зусилля, необхідного для технологічного процесу, та виконано розрахунки основних силових елементів конструкції з урахуванням напружень і навантажень. Застосування системи автоматизованого проєктування (САПР) дозволило провести інженерний аналіз напруженого стану вузлів та гарантувати конструктивну надійність розробленого пристрою. Завершальним етапом конструювання стало створення повноцінної тривимірної моделі у середовищі SolidWorks.

У третьому (технологічному) розділі обґрунтовано вибір матеріалів для виготовлення основних складових пресу, підібрано необхідне обладнання для обробки, а також визначено основні заходи безпеки, яких необхідно дотримуватись при роботі з гідравлічними пристроями. Ретельна увага до питань охорони праці сприяє зниженню виробничих ризиків і підвищенню безпеки персоналу.

Ключові слова: поршневий палець, гідравлічний прес, ДВЗ, технологічний процес, спеціальний пристрій.

ANNOTATION

Zubrytskyi M.P. Development of a hydraulic press for pressing out piston pins of internal combustion engines. - *Qualification work in the form of a manuscript.*

Qualification work for obtaining the first bachelor's degree in specialty 133 "Industrial mechanical engineering". - Polissia National University, Zhytomyr, 2025.

The first (general technical) section analyzes the structural features of piston pins, their operating conditions, the main reasons for dismantling, and also considers characteristic defects that arise during operation. A comparative analysis of existing methods for pressing out fingers and typical designs of hydraulic presses was carried out, which allowed identifying shortcomings and forming requirements for an improved design option.

In the second (design) section, the optimal layout of the press was selected, the value of the effort required for the technological process was justified, and calculations of the main power elements of the structure were performed taking into account stresses and loads. The use of a computer-aided design (CAD) system allowed for an engineering analysis of the stressed state of the components and to guarantee the structural reliability of the developed device. The final stage of the design was the creation of a full-fledged three-dimensional model in the SolidWorks environment.

The third (technological) section justifies the choice of materials for the manufacture of the main components of the press, selects the necessary equipment for processing, and also identifies the main safety measures that must be observed when working with hydraulic devices. Careful attention to occupational health and safety issues helps reduce production risks and increase personnel safety.

Keywords: piston pin, hydraulic press, internal combustion engine, technological process, special device.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ	5
1.1. Загальна характеристика поршневих пальців ДВЗ	5
1.2. Причини демонтажу та типові дефекти поршневих пальців	8
1.3. Аналіз існуючих методів випресовки	10
1.4. Огляд конструкцій і типів гідравлічних пресів	12
Висновки до першого розділу	15
2. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	17
2.1. Вибір загальної конструкції гідравлічного пресу	17
2.2. Розрахунок зусилля для випресовки поршневих пальців	16
2.3. Розрахунок основних елементів конструкції пресу.....	20
2.4. Інженерний аналіз напружень за допомогою САПР	22
2.5. Створення 3D-моделі гідравлічного пресу в SolidWorks	24
Висновки до другого розділу	28
3. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	29
3.1. Вибір матеріалів і способів виготовлення основних деталей	29
3.2. Вибір обладнання для механічної обробки вузлів пресу	31
3.3. Техніка безпеки при роботі з гідравлічними пристроями	34
Висновки до третього розділу	36
ВИСНОВКИ.....	37
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	38

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розроблення гідравлічного пресу для випресовки поршневих пальців двигунів внутрішнього згоряння		
Розроб.		Зубрицький М.П.					
Перевір.		Забродський П.М.					
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.		Медведський О.В.			Літ. Арк. Акрушів ПНУ, група ГМ-21+23ск		

ВСТУП

У сучасному машинобудуванні важливою складовою надійності та довговічності двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) є якісне технічне обслуговування та ремонт поршневої групи, зокрема операції випресовки поршневих пальців. Поршковий палець забезпечує шарнірне з'єднання поршня з шатуном і працює в умовах значних навантажень, тертя та високих температур. Через це він підлягає періодичному демонтажу під час ремонту. Випресовка цих деталей вручну або з використанням морально застарілого обладнання часто призводить до пошкоджень, неточностей або значних витрат часу.

Гідравлічні преси, на відміну від механічних чи пневматичних, забезпечують високу точність, плавність зусилля та надійність при виконанні операцій монтажу й демонтажу. Водночас існуючі моделі пресів мають обмеження щодо гнучкості та універсальності в умовах СТО або малих виробництв. Тому створення сучасного, надійного та ергономічного гідравлічного пресу для випресовки поршневих пальців є актуальним завданням, що відповідає потребам ринку обслуговування автомобільної техніки та промислових ДВЗ.

Мета роботи. Розробити конструкцію універсального гідравлічного пресу, призначеного для ефективної, безпечної та точної випресовки поршневих пальців двигунів внутрішнього згоряння, із врахуванням вимог до габаритів, зусиль, ергономіки та технологічності виготовлення.

Завдання роботи:

1. Провести аналіз конструктивних особливостей поршневих пальців ДВЗ та умов їх експлуатації.
2. Оцінити типові методи демонтажу поршневих пальців і порівняти конструкції пресів (механічних, пневматичних, гідравлічних).
3. Визначити основні технічні вимоги до конструкції гідравлічного пресу.

						Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Виконати розрахунок зусилля, необхідного для випресовки пальця, з урахуванням натягу та сили тертя.

5. Спроекувати конструкцію гідравлічного пресу, включаючи основну раму, гідроциліндр, пресову платформу та утримуючі елементи.

6. Створити 3D-модель конструкції в середовищі CAD (SolidWorks).

7. Провести аналіз напружень та міцності основних елементів конструкції.

8. Розробити рекомендації щодо матеріалів і способу виготовлення вузлів пресу.

9. Надати технічні умови експлуатації та рекомендації з техніки безпеки.

Структура та обсяг кваліфікаційної роботи. Робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел. Основний обсяг роботи викладений на 40 сторінках, включаючи 18 рисунок та 8 таблиць. Список використаних джерел нараховує 15 найменувань.

						Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Загальна характеристика поршневих пальців ДВЗ

Поршневий палець є одним із ключових елементів кривошипно-шатунного механізму двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ). Його основне призначення - з'єднання поршня з шатуном та передача зусиль, які виникають при згорянні паливної суміші, від поршня до шатуна.

Конструкція та форма

Поршневі пальці зазвичай мають трубчасту циліндричну форму, що забезпечує оптимальне співвідношення міцності та ваги. Виготовляються зі сталі або спеціальних сплавів з високими експлуатаційними характеристиками, зокрема:

- Висока механічна міцність.
- Зносостійкість та термостійкість.
- Мала питомна вага (для зниження інерції).

Функціональні вимоги

Таблиця 1.1. Вимоги до поршневих пальців

Вимога	Опис
Механічна міцність	Має витримувати високі циклічні навантаження від вибухів паливної суміші
Зносостійкість	Працює в умовах тертя в парі з втулкою шатуна або поршня
Низька маса	Зменшення маси знижує інерційні сили та покращує балансування
Жорсткість форми	Не допускається деформація навіть за тривалого навантаження

Типи поршневих пальців:

1. Плаваючий палець – вільно обертається як у поршні, так і в головці шатуна; зазвичай фіксується стопорними кільцями.
2. Затиснутий у поршні – палець жорстко фіксується в поршні, а обертання відбувається у втулці шатуна.
3. Затиснутий у шатуні – обертання відбувається у вушках поршня.

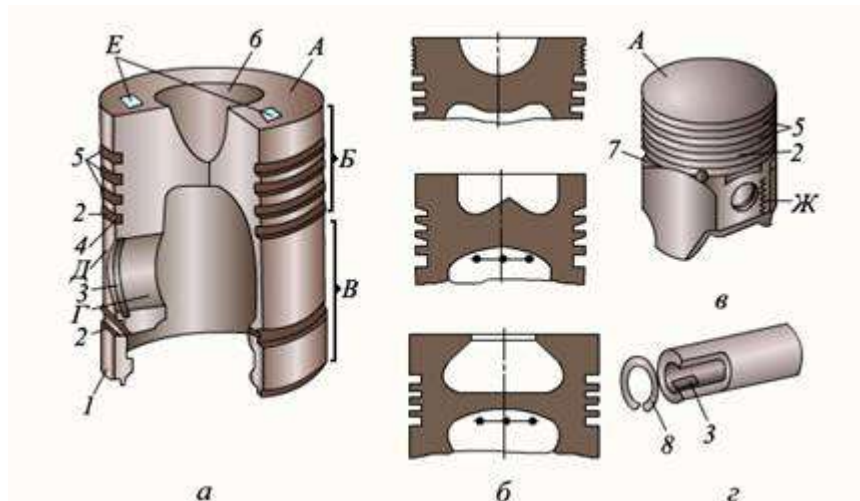


Рис. 1.1. Поршень і його складові частини:

а - поршень тракторного дизельного двигуна; б - перетини тракторних поршнів; в — поршень автомобільного карбюраторного двигуна;
г - поршневий палець

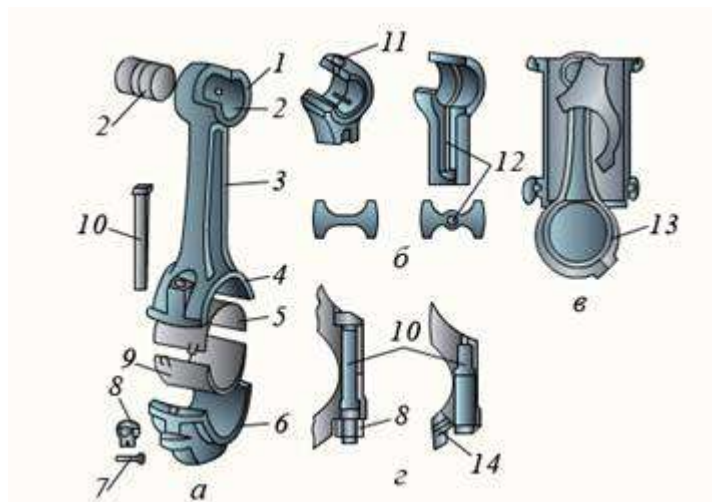


Рис. 1.2. Шатуни:

а - деталі шатуна; б - перетин стрижня шатунів і підведення мастила до поршневого пальця; в - косий рознім нижньої головки шатуна; г - способи фіксації кришки нижньої головки шатунів

					Арк.
					6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

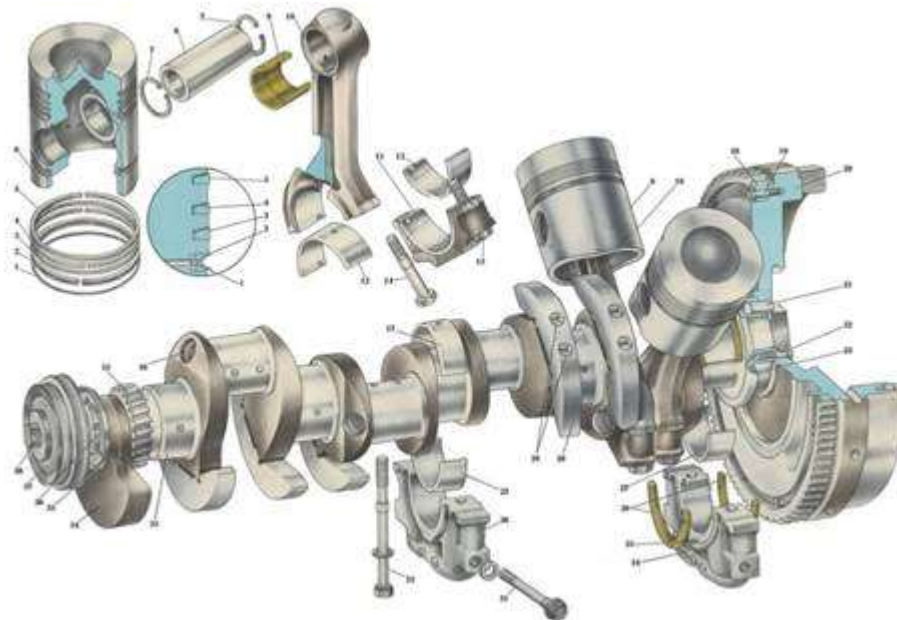


Рис.1.3. Корбово-гонковий механізм двигуна ЯМЗ-238 (поз. 8 – поршневий палець)

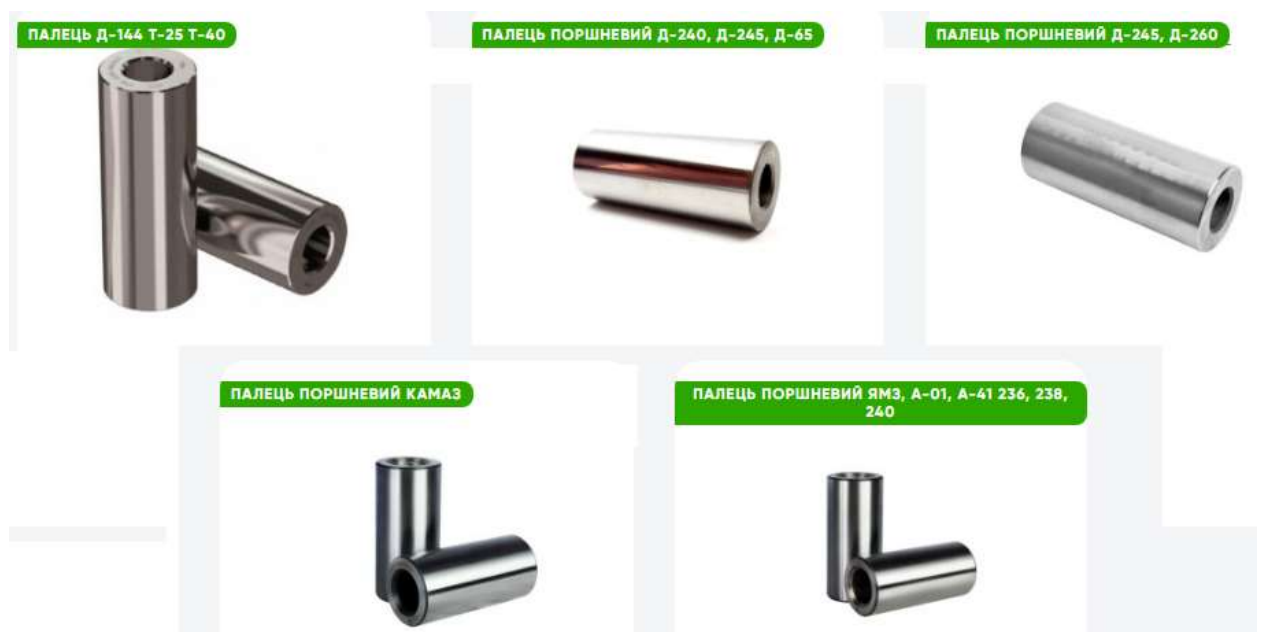


Рис.1.4. Поршневі пальці

Для виготовлення пальців використовують:

- 1) Леговану конструкційну сталь (наприклад, 40Х, 38ХГНМ, 15ХМ).
- 2) Іноді - титанові сплави (у спорткарів та авіації).

						Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2. Причини демонтажу та типові дефекти поршневих пальців

Поршневий палець - відповідальна деталь двигуна внутрішнього згоряння, яка піддається постійним динамічним та тепловим навантаженням. З плином часу або за порушення умов експлуатації можуть виникати дефекти, що потребують демонтажу пальця для перевірки або заміни.

Таблиця 1.2. Основні причини демонтажу поршневого пальця

№	Причина демонтажу	Пояснення
1	Знос пальця або втулок	Утворення зазорів призводить до люфту, шуму та ударних навантажень.
2	Механічні пошкодження	Тріщини, задирки, вм'ятини або овалізація через перевантаження.
3	Перегрів	Виникає при порушенні мастила або перевантаженні двигуна.
4	Деформація пальця	Втрата геометрії через тривале термічне або механічне навантаження.
5	Ремонт двигуна	Під час капітального ремонту ДВЗ поршневі пальці демонтують для огляду.
6	Недотримання техобслуговування	Відсутність регламентної заміни масла або перевірок технічного стану.
7	Вихід з ладу стопорних кілець	Палець може зміститися і пошкодити циліндр або інші елементи.

Таблиця 1.3. Типові дефекти поршневих пальців

№	Тип дефекту	Причина виникнення	Наслідки
1	Знос робочих поверхонь	Фрикційне тертя без достатнього змащення	Люфт, шум, втрата точності
2	Овалізація	Нерівномірний знос або ударні навантаження	Порушення центрування, вібрації
3	Тріщини та мікротріщини	Утомне руйнування при багатоциклових навантаженнях	Ризик повного руйнування
4	Корозія	Вплив вологи та агресивних середовищ у разі довгого зберігання	Зниження міцності
5	Задири та пригар	Перегрів, відсутність мастила, тертя метал об метал	Заклинювання пальця в отворі
6	Поломка стопорних кілець	Перевищення швидкості, неправильне встановлення	Вихід пальця за межі поршня
7	Втомне руйнування	Постійні чергування навантаження-розвантаження	Часткове або повне руйнування

Поршневі пальці, хоч і мають просту форму, зазнають інтенсивних навантажень і часто є причиною відмови ДВЗ при зносі або поломці. Їхній демонтаж є стандартною процедурою в межах капітального або середнього ремонту двигуна. Регулярна діагностика, змащення та дотримання режимів експлуатації дозволяють суттєво продовжити термін їхньої служби.

1.3. Аналіз існуючих методів випресовки

Випресовка поршневого пальця - це технологічна операція вилучення пальця з отвору в поршні (або шатуна) для його демонтажу, ремонту або заміни. Залежно від конструкції двигуна, типу посадки (з натягом чи вільної), умов ремонту та наявного обладнання, застосовують різні методи випресовки.

Таблиця 1.4. Існуючі методи випресовки поршневих пальців

Ознака	Види методів
За джерелом зусилля	Механічні, гідравлічні, пневматичні, комбіновані
За характером з'єднання	Для жорсткої посадки (натяг), для вільної посадки (плаваючий палець)
За умовами застосування	Стаціонарні (на СТО або заводі), мобільні (в польових умовах)
За способом передачі зусилля	Пряме (шток на палець), через упорні втулки або адаптери

Найпоширеніші методи випресовки

1. Механічна випресовка (гвинтові та важільні прес-форми)

- Суть: Використання ручного або електромеханічного преса з гвинтовим приводом.
- Переваги: Проста конструкція, дешевизна.
- Недоліки: Обмежене зусилля, не підходить для сильно запресованих пальців.

Застосовується при ремонтах малопотужних двигунів.

						Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Гідравлічна випресовка

- Суть: Вплив на палець за допомогою гідроциліндра або гідравлічного домкрата.
- Переваги: Високе зусилля, плавне регулювання, універсальність.
- Недоліки: Висока вартість обладнання, потреба в техобслуговуванні гідравліки.

Широко застосовується на СТО, у ремонтних цехах та на заводах.

3. Термомеханічна випресовка (з підігрівом поршня)

- Суть: Підігрів поршня (наприклад, до 80–150 °С) перед демонтажем пальця.
- Механізм: Підігрів викликає розширення поршня → зменшення натягу → легша випресовка.
- Переваги: Зменшує ймовірність пошкодження поршня.
- Недоліки: Потрібне контрольоване нагрівання, може призвести до деформацій.

Ефективний при щільній посадці і відсутності гідравліки.

4. Пневматична випресовка

- Суть: Застосування стиснутого повітря для створення зусилля.
- Переваги: Швидкодія, чистота процесу.
- Недоліки: Менше зусилля в порівнянні з гідравлікою, залежність від компресора.

Застосовується рідше, зазвичай на лініях автоматизованого обслуговування.

						Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.5. Порівняльна таблиця методів

Метод	Зусилля	Обладнання	Безпечність	Вартість	Область застосування
Механічна	Низьке	Прес, гвинт	Середня	Низька	Побутовий, невеликий ремонт
Гідравлічна	Високе	Гідропрес	Висока	Середня	Заводи, СТО, дизелі, трактори
Термомеханічна	Середнє	Нагрівач + прес	Висока	Низька	Мотори з натягом
Пневматична	Середнє	Компресор	Середня	Середня	Автоматизовані лінії
Комбінована	Високе	Прес + нагрівач	Висока	Висока	Промисловий ремонт

1.4. Огляд конструкцій і типів гідравлічних пресів

Гідравлічні преси є найбільш ефективними і широко застосовуваними машинами для випресовки поршневих пальців у ремонтній практиці. Завдяки високій потужності, точності й контролюваності зусиль, вони дозволяють безпечно й швидко виконати демонтаж деталей, що встановлені з натягом.

Таблиця 1.6. Основні типи гідравлічних пресів

Тип преса	Конструктивні особливості	Сфера застосування
Вертикальний стаціонарний	Рама у вигляді «П» або «С», встановлення деталі горизонтально	Ремонтні цехи, СТО
Горизонтальний гідропрес	Поршень переміщується горизонтально, що зручно для подовжених вузлів	Великогабаритні вузли, двигуни вантажівок

Портальний прес	Має рухому балку, дозволяє позиціонувати деталь по осі	Багатофункціональний ремонт
Мобільний (пересувний)	Компактний, з гідродомкратом, можливість транспортування	Польові ремонти, невеликі цехи
Автоматизований	Привід із ПЛК-керуванням, сенсори зусилля, система безпеки	Заводи, масове виробництво



Рис.1.5. Пристрій для випресовки поршневих пальців ДВЗ



Рис.1.6. Універсальний пристрій випресовування/запресовування



Рис.1.7. Прес гідравлічний настільний марки Profline 97350ES

						Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.7. Вимоги до гідравлічного преса для випресовки поршневих пальців

Критерій	Вимога
Зусилля преса	Не менше 10–15 тонн для середніх пальців, до 30–50 тонн - для важких
Хід поршня	Має забезпечувати повне витискання пальця (не менше 100–150 мм)
Регулювання тиску	Плавне регулювання через манометр або клапан
Універсальність	Змінні адаптери/вставки для різних діаметрів і конструкцій поршнів
Безпека роботи	Захист від перевантаження, фіксатори, можливість дворукового керування

Висновки до першого розділу

У першому розділі було досліджено конструкцію, призначення та особливості експлуатації поршневих пальців ДВЗ. Встановлено, що ці деталі передають зусилля від поршня до шатуна, працюють в умовах високих температур і навантажень, тому потребують високої міцності та зносостійкості.

Проаналізовано основні причини демонтажу пальців, серед яких — знос, задири, тріщини, овалізація, поломка стопорних елементів і перегрів. Виявлено, що своєчасне виявлення дефектів запобігає серйозним пошкодженням двигуна.

Розглянуто методи випресовки поршневих пальців: механічні, гідравлічні, термомеханічні, пневматичні та комбіновані. Найбільш

ефективним для жорстких посадок визнано гідравлічний метод завдяки високому зусиллю та точності.

Наведено огляд конструкцій гідравлічних пресів. З'ясовано, що для умов СТО найкращим є вертикальний стаціонарний прес потужністю 10–30 тонн з ручним або електрогідравлічним приводом і змінними адаптерами для різних типів пальців.

Отримані результати будуть використані для розробки власної конструкції гідравлічного преса в наступних розділах.

						Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1. Вибір загальної конструкції гідравлічного пресу

Спроектоване нами спеціальне пристосування (рис. 2.1) має розбірно-збірну конструкцію, адаптовану до виконання операцій випресовки та запресовки поршневих пальців. Його універсальність забезпечується можливістю оперативної заміни штока та оправки відповідно до розміру пальця чи поршня, що дозволяє працювати з деталями різних діаметрів.

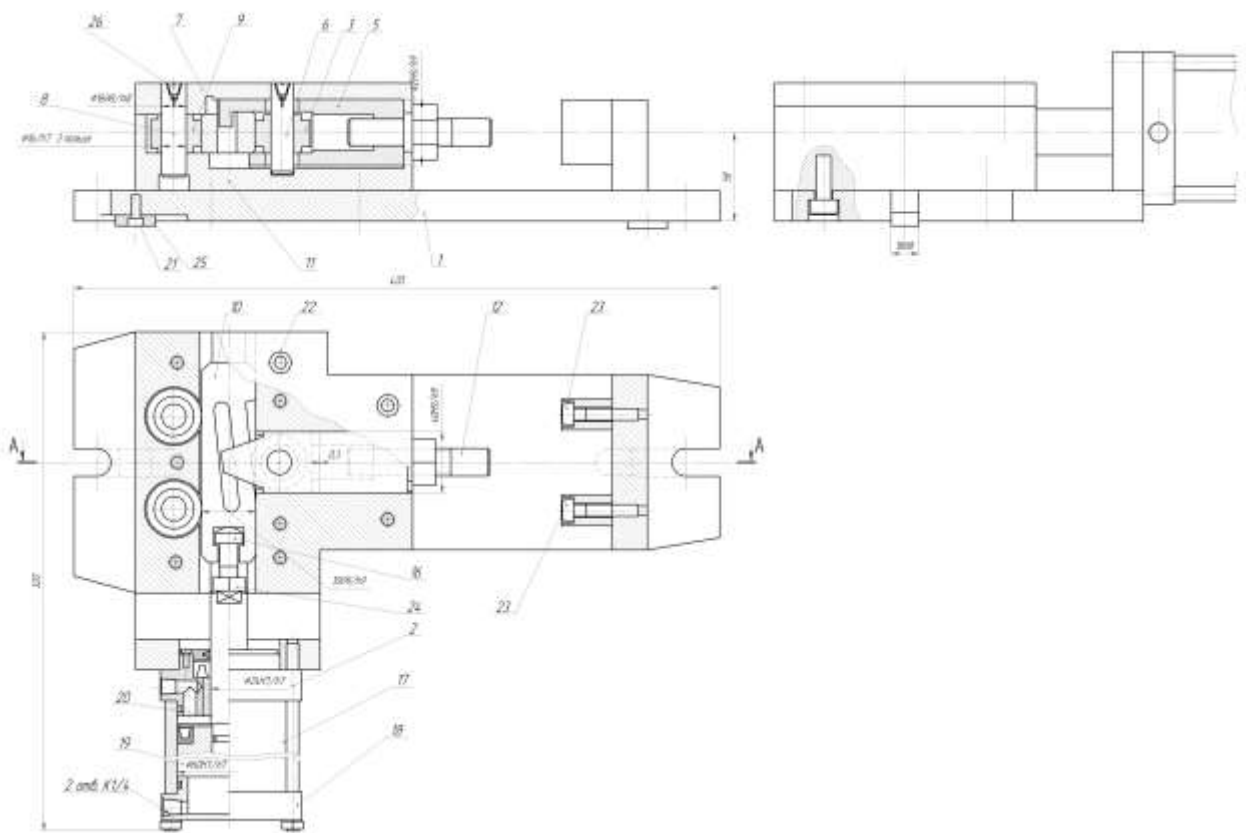


Рис.2.1. Гідравлічний прес для випресовки поршневих пальців

Запропонований пристрій дозволяє підвищити ступінь механізації процесів демонтажу та монтажу елементів циліндро-поршневої групи, значно скоротити тривалість технологічних операцій і забезпечити точне встановлення поршневих пальців. Це, у свою чергу, сприятиме зростанню надійності їх роботи під час експлуатації двигуна.

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	17

Конструкція пристрою (рис. 2.1) включає такі основні вузли:

1. Опорна база – стаціонарна платформа, на яку монтуються всі функціональні елементи конструкції.
2. Привідний механізм натискання – елемент, який створює необхідне зусилля для здійснення випресовки або запресовки пальця.
3. Утримуючі компоненти – механізми, що фіксують палець і поршень у стабільному положенні під час виконання технологічної операції.

Процес встановлення та експлуатації пристосування для випресовки та запресовки поршневих пальців

Роботу з пристосуванням розпочинають з його надійного монтажу на поверхню верстака, де фіксацію здійснюють за допомогою болтів. Для повноцінного функціонування необхідно, щоб робоче місце було розташоване поблизу джерела стисненого повітря - компресора або відповідної пневмомагістралі.

Для здійснення запресовки поршневого пальця поршень попередньо нагрівають до температури приблизно 85 °С, після чого встановлюють на опори пристрою. Далі центруючу оправку (поз. 6), яка використовується для запресування, вводять з боку, протилежного до пневмоциліндра, через отвори в стійці, бобишках поршня та у верхній головці шатуна, що розташовується між ними. Оправка повинна вийти із протилежного отвору стійки - з боку пневмоциліндра. Поршневий палець надягають на виступ оправки з одного боку, а з іншого - оправка стикується з штоком (поз. 7), забезпечуючи точне позиціонування.

Шланг від компресора під'єднують до штуцера пневмокрана, попередньо переконавшись, що сам кран перебуває у закритому положенні. При відкриванні крана стиснене повітря подається у пневмоциліндр, змушуючи поршень рухатися. Оскільки поршень жорстко з'єднаний із штоком, разом із ним переміщуються палець та оправка. У результаті палець

						Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

під дією зусилля входить у нагрітий поршень і займає посадкове місце. Після завершення операції ручку крана переводять у зворотнє положення, і шток із прикріпленою оправкою повертається у вихідну позицію.

Процедура випресовування виконується у зворотному порядку. Спершу з поршня знімають стопорні кільця, після чого його знову нагрівають до 85 °С і фіксують на опорах пристрою. В отвір стійки з боку, протилежного до пневмоциліндра, встановлюють оправку для випресовування — до контакту з пальцем. З боку циліндра вводять другу оправку з плунжером і пружиною, при цьому пружину стискають вручну: один її кінець впирається у шток циліндра, а інший - у стійку. Це забезпечує початкове зусилля притискання оправки до пальця.

2.2. Розрахунок зусилля для випресовки поршневих пальців

При виконанні операцій запресовування та випресовування поршневих пальців необхідне зусилля в межах 70–150 кгс (686–1471 Н).

Вибраний пневмоциліндр має:

- Діаметр поршня ($D_{\text{ц}}$) = 120 мм
- Тип ущільнення: одне гумове кільце (стандартне ущільнення для нормальних умов)
- Робочий тиск стисненого повітря: приймемо 0,6 МПа (6 кгс/см²) як стандартне значення для пневмосистем.

$$Q = (\pi D_{\text{ц}}^2/4) \cdot P - (T_{\text{к}} \cdot \pi \cdot D_{\text{ц}} + g),$$

де $D_{\text{ц}}$ – діаметр робочої частини циліндра, мм;

P – тиск повітря, подаваного на циліндр, приймаємо 3 кгс/см² ;

$T_{\text{к}}$ – сила тертя, що залежить від твердості кільця, що ущільнює, $T_{\text{к}}=0,2$ кгс;

g – твердість пружини, що повертає поршень:

						Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$g = T_k \cdot \pi \cdot D_{\text{ц}} \cdot k$$

де k – коефіцієнт твердості пружини, $k = 1,2$;

$$g = 0,2 \cdot 3,14 \cdot 10 \cdot 1,2 = 7,5.$$

Тоді:

$$Q = (3,14 \cdot 120^2 / 4) \cdot 3 - (0,2 \cdot 3,14 \cdot 120 + 7,5) = 285 \text{ кгс}.$$

Вихідне зусилля на штоку пневмоциліндра відповідає технічним вимогам для пристосування.

Пневмоциліндр з діаметром 120 мм і тиском 0,6 МПа забезпечує зусилля на штоку близько 2750 Н (≈ 285 кгс), що значно перевищує мінімально необхідне значення в 150 кгс для випресовування та запресовування поршневих пальців. Це дає достатній запас міцності та дозволяє працювати навіть з пальцями, встановленими з підвищеним натягом.

2.3. Розрахунок основних елементів конструкції пресу

На основі креслення (рис.2.1) пристрою «Гідравлічний прес для запресовки поршневих пальців», виконаємо аналіз і розрахунок основних навантажених елементів, з урахуванням переданого зусилля від пневмоциліндра (~ 285 кгс або 2750 Н).

1. Платформа (деталь 1)

- Матеріал: Сталь Ст3 або 09Г2С
- Розміри: Довжина – 420 мм; Товщина – ~ 16 –18 мм
- Функція: Несуча основа для монтажу всіх складових

Напруження від сили пресування:

$$\sigma = F/A = 4710/b \cdot h$$

Підставимо:

$$F = 2850 \text{ Н}.$$

						Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sigma = 2850 / 9,6 \cdot 10^{-4} = 4906250 \text{ Па} = 4.9 \text{ МПа}$$

2. Пневмоциліндр (деталі 3, 5, 6, 7, 9).

- Діаметр поршня: 120 мм.
- Тиск: 0.6 МПа.
- Вихідне зусилля: ~2850 Н (як розраховано раніше)
- Шток (дет. 7) – діаметр ~20–25 мм (візуально), витримує навантаження

з великим запасом

Шток перевіряється на стиснення/вигин, але завдяки короткому вильоту і напрямним втулкам - вигин практично виключений.

3. Напрямна (деталі 12, 23, 24)

- Втулки спрямування та кріплення поршневого пальця.
- Важливою є жорсткість напрямних, особливо у деталі 23 (втулки з отвором 35H9) - вони приймають навантаження від поршня і повинні бути з загартованої сталі (45, 40X, HRC $\geq$ 45).

4. Кріплення пристрою до верстака (деталі 21, 25, 11)

- Використано болтове з'єднання із гвинтами М8–М12.
- При зусиллі 2850 Н достатньо 2–4 болтів М10 класу міцності 8.8, адже:

$$F_{\text{розр}} = 2 \cdot \sigma_{\text{доп}} \cdot A_{\text{болта}} \quad (\sigma_{\text{доп}} = 320 \text{ МПа});$$

$$A = \pi \cdot d^2 / 4 = 3,14 \cdot 10^2 / 4 = 78,5 \text{ мм}^2;$$

$$F_{1\text{болта}} \approx 320 \cdot 78,5 \approx 25 \text{ кН.}$$

Отже, один болт витримує ~25 кН - при 2 болтах запас міцності > 10.

5. Елемент оправки і фіксатора (деталі 22, 10)

- Включають центрування поршневого пальця.
- Необхідно витримати точність обробки: 0.03 мм на ділянці контакту з отвором поршня, 7–8 квалітет.

						Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1. Загальні вимоги

Елемент	Розрахункова напруга / зусилля	Стан безпеки
Платформа базова	~4.9 МПа	Запас міцності > 30
Шток пневмоциліндра	2850 Н	Перетин > 300 мм ² достатній
Кріплення до верстака	2850 Н	2×М10 витримують легко
Втулки напрямні (35Н9/9)	Локальні навантаження	За умови використання сталі 45
Оправка + центрування	Необхідна точність до 0.03 мм	При точній обробці

2.4. Інженерний аналіз напружень за допомогою САПР

Інженерний аналіз напружень гідравлічного преса: покроково у SolidWorks Simulation.

1. Мета аналізу:

Оцінити, чи витримує конструкція зусилля, що виникає під час заpresовування поршневого пальця (до 150 кгс $\approx$ 1500 N), та визначити зони максимальних напружень, деформацій і фактор безпеки.

2. Підготовка до аналізу

А. Переконайтесь, що увімкнений SolidWorks Simulation:

- Tools → Add-Ins → SolidWorks Simulation → поставте галочку.

В. Призначення матеріалів:

- Наприклад:

- Основа: Сталь 45 → Plain Carbon Steel.
- Циліндр: Alloy Steel.
- Шток: Chrome Steel.

Якщо використовуєте індивідуальний матеріал - задаємо: модуль Юнга, межу плинності, коефіцієнт Пуассона тощо.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

3. Створення нового аналізу:

- Simulation → New Study → Static.
- Назва: Прес_Napругу.
- Тип: Static.

4. Фіксація вузлів (Boundary Conditions):

- Виділіть нижню площину основи → Fixed Geometry (не зрушується).
- Або закріпіть отвори кріплення (імітація болтів у столі).

5. Задання навантаження:

- Виділіть робочий кінець штока → External Force → напрям осі Z → 1500 N (зусилля запресовування).
- Альтернатива: Pressure на площу поршня, якщо хочете реалістично імітувати гідроциліндр.

6. Сітка (Mesh):

- Create Mesh → Чутливість: *fine* або *custom* (1-2 mm елементи).
- За потреби зробіть Mesh Control для отворів, згинів, контактів.

7. Розрахунок

- Натискаєте Run
- Отримаєте:
 - Von Mises Stress ($\sigma_{\text{ВМ}}$).
 - Displacement.
 - Factor of Safety (FOS).

Висновки:

- Основні навантаження припадають на: кріплення штока, опорні плити, кути.
- Якщо спостерігається перенапруження - посилити перетин або змінити матеріал.
- При деформаціях > 0.3 мм - можливе порушення точності запресовки.

						Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.5. Створення 3D-моделі гідравлічного пресу в SolidWorks

Мета - побудувати повноцінну асемблію гідравлічного пресу для запресовування поршневих пальців на основі креслень (які ти вже маєш), із подальшою можливістю для симуляції, аналізу напружень і створення технічної документації.

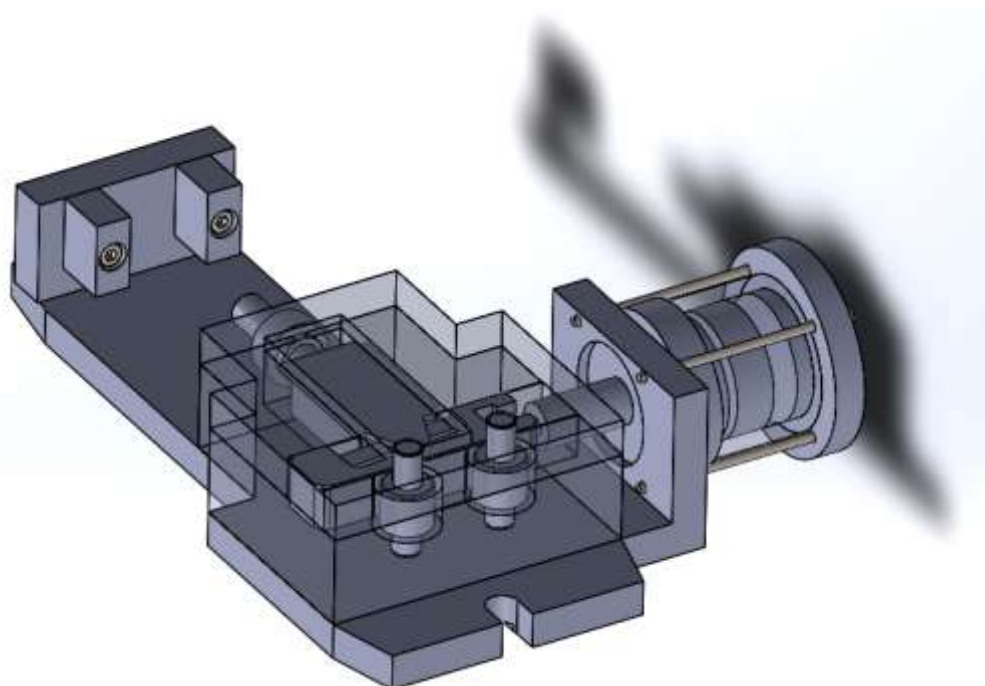
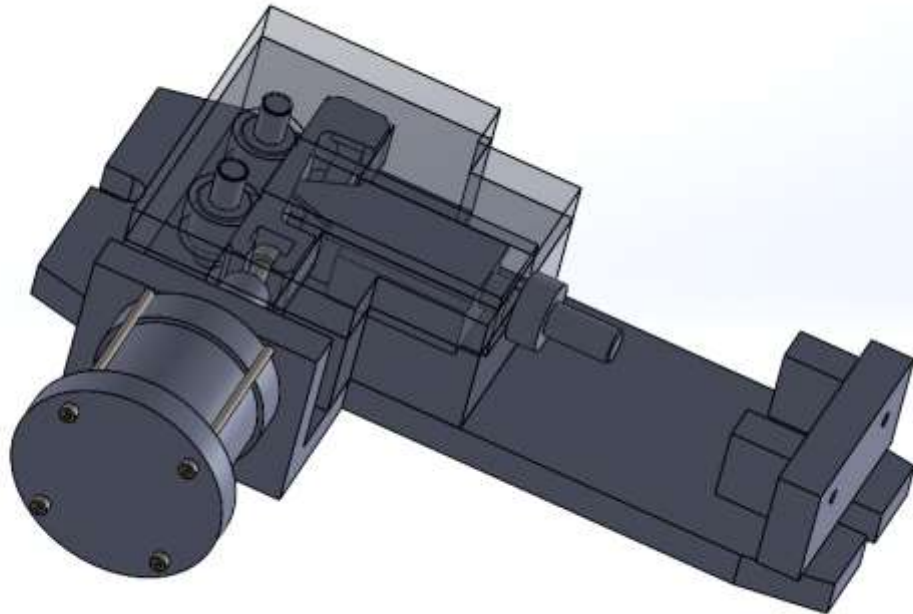


Рис.2.2. Гідравлічний прес для випресовки поршневих пальців

						Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основні деталі з яких складається гідравлічний прес

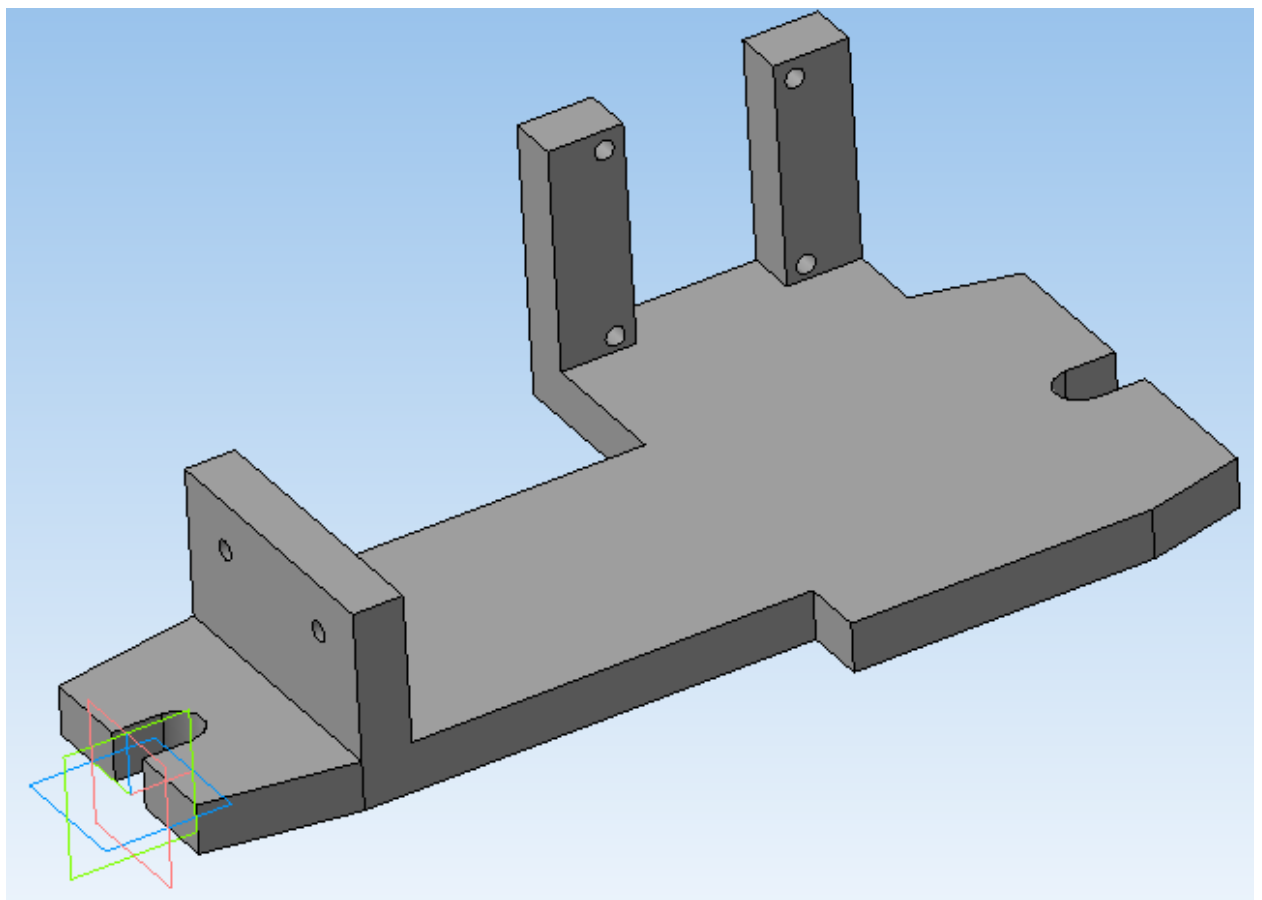


Рис.2.3. Підставка

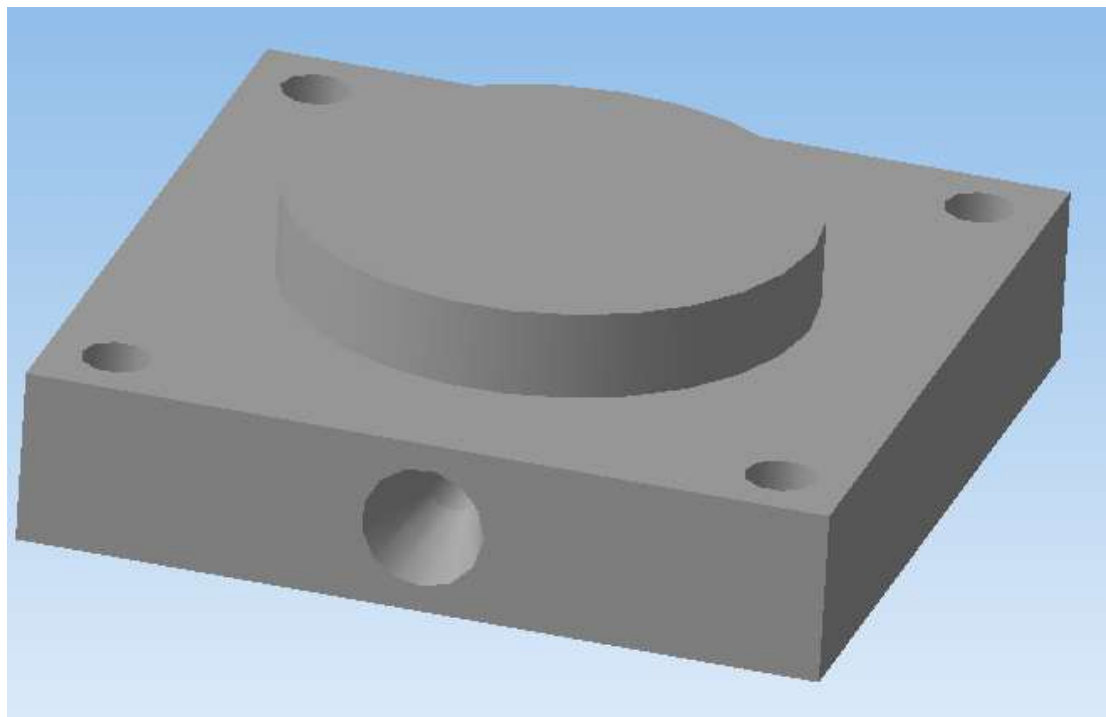


Рис.2.4. Кришка 1

						Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

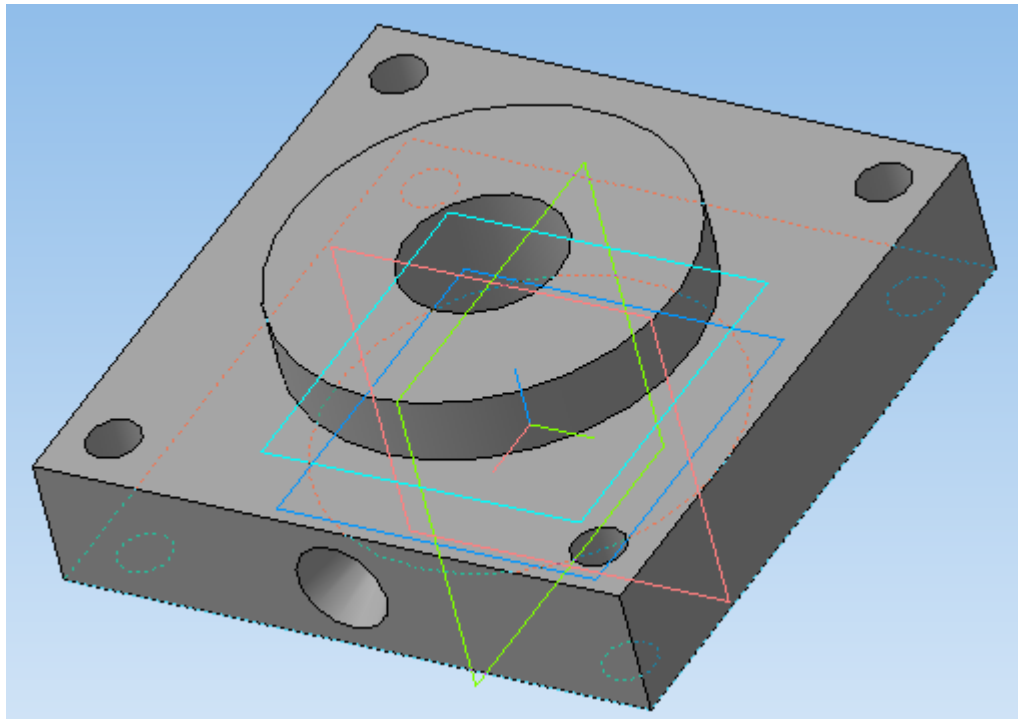


Рис.2.5. Кришка 2

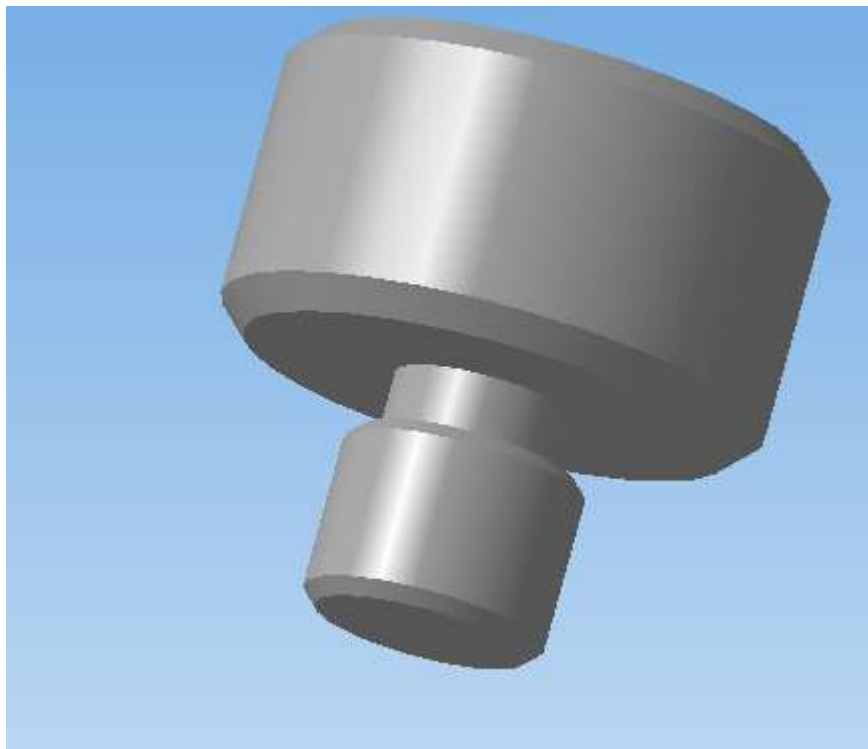


Рис.2.6. Опора

						Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

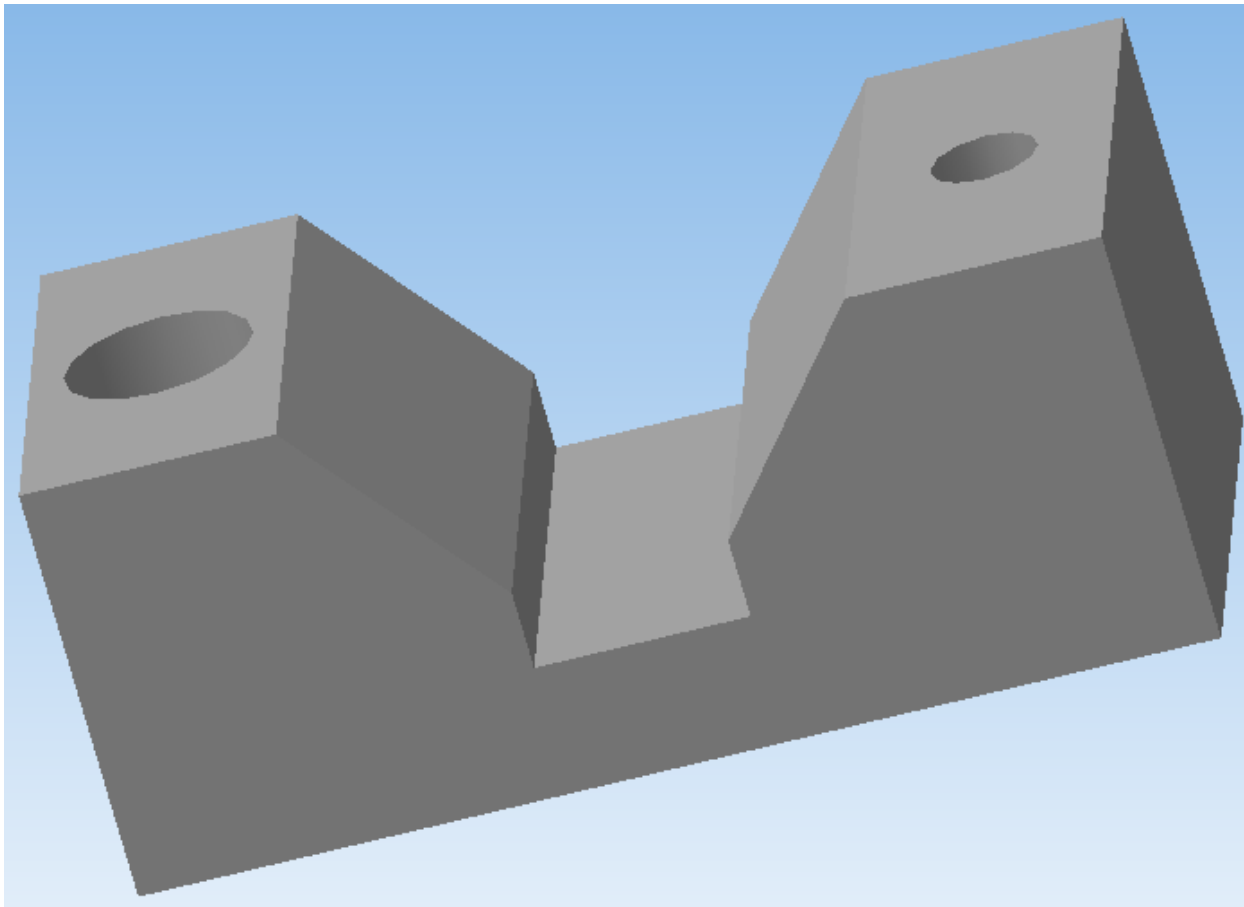


Рис.2.7. Упорна призма

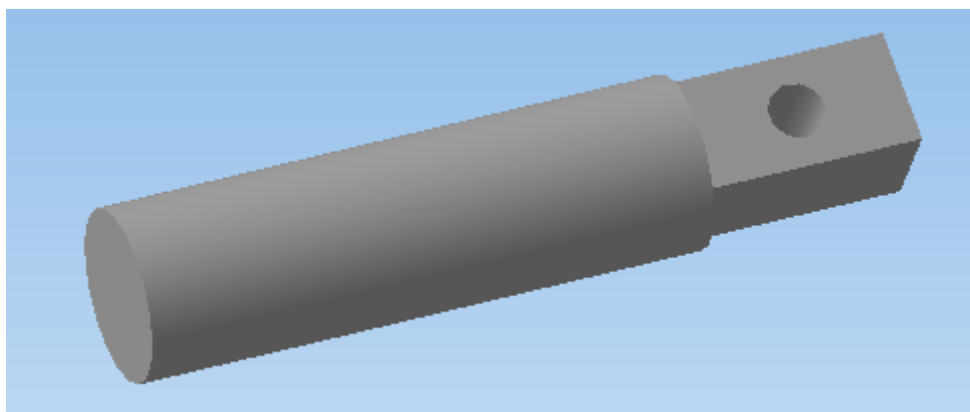


Рис.2.8. Вал

						Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

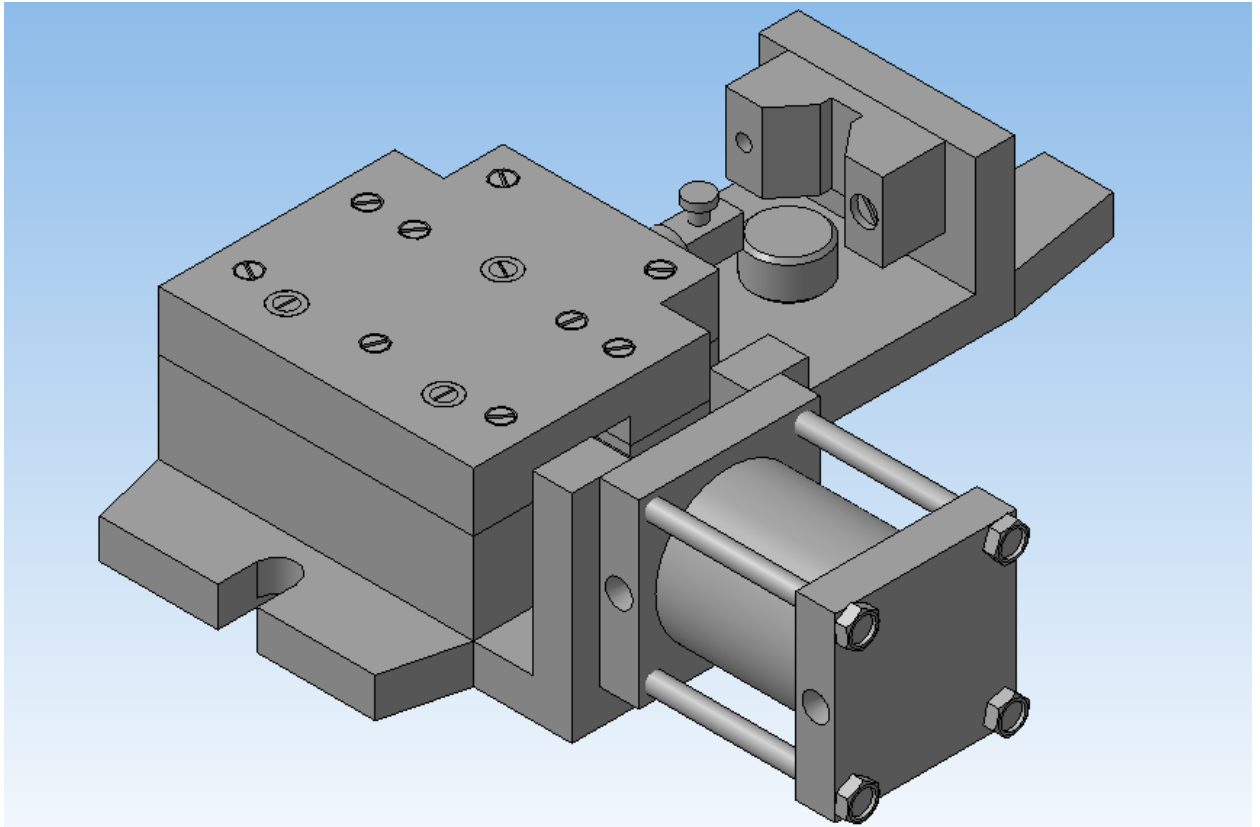


Рис.2.9. Загальний вигляд

Висновки до другого розділу

У результаті виконання конструкторського розділу було визначено раціональну загальну конструкцію гідравлічного пресу, яка забезпечує надійність і технологічність обладнання. Проведено розрахунок зусилля, необхідного для ефективного випресовування поршневих пальців, що дозволило правильно підібрати гідравлічні компоненти. Здійснено розрахунок основних елементів конструкції, включаючи раму та робочі органи, з урахуванням навантажень, що діють у процесі експлуатації.

За допомогою САПР проведено інженерний аналіз напружень, що дозволило перевірити міцність вузлів та підтвердити безпечність роботи обладнання. Завершальним етапом стало створення точної 3D-моделі гідравлічного пресу в середовищі SolidWorks, яка може бути використана для подальшого виготовлення або вдосконалення конструкції.

						Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для виготовлення деталі «Кришка» використовується чавун СЧ-20 ДСТУ 3925-99, що відноситься до сірих чавунів.

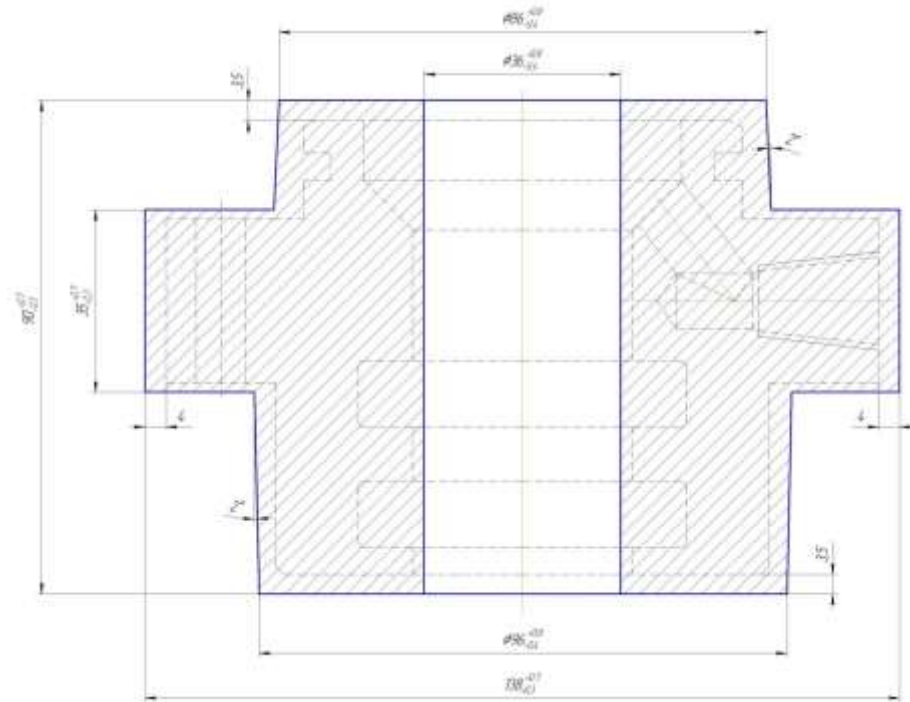


Рис.3.2. Заготовка

Таблиця 3.1. Технологічний процес виготовлення деталі

Операція	Зміст операції	Обладнання
005 Токарна з ЧПК	1.Підрізати торець $\varnothing 90$ мм. 2. Точити поверхню $\varnothing 90$ мм в розмір. 3.Точити фаску $2 \times 45^\circ$. 4.Розточити отвір $\varnothing 41$ мм в розмір на довжину 39мм. 5.Точити 2 канавки шириною 12мм $\varnothing 60$мм.	1В340Ф30
010 Токарна з ЧПК	1.Підрізати торець $\varnothing 80 \pm 0,09$. 2.Точити поверхню $\varnothing 80 \pm 0,09$ в розмір. 3.Точити фаску $2 \times 30^\circ$. 4.Точити канавку $7H12 / \varnothing 70,8h9$. 5.Розточити отвір $\varnothing 40H8$ з припуском під шліфувку. 6.Розточити отвір $\varnothing 58$. 7.Розточити фаску $9 \times 45^\circ$.	1В340Ф30
015 Багатоопераційна з ЧПК	1.Фрезерувати поверхню 130 мм за контуром. 2.Центрувати 4 отв. 3.Свердлити 4 отв. $\varnothing 18$ мм.	2С150ПМФ4

020 Свердлильна з ЧПК	1.Центрувати отвір Ø10мм. 2.Сведлити отвір Ø10мм в розмір. 3.Зенкерувати отвір К 3/8. 4.Нарізаємо різьбу.	2P135Ф2
025 Свердлильна з ЧПК	1.Свердлити отвір Ø10 під кутом 45°.	2P135Ф2
030 Слюсарна	Зачистити заусениці	Слюсарний верстак
035 Круглошліфувальна	1.Шліфувати поверхню Ø80e9.	3M151
040 Внутрішньошліфувальна	1.Шліфувати поверхню Ø40H8.	3A228
045 Мийна	Мийна	Мийна машина
050 Контрольна	Контрольна	Контрольна плита

3.2. Вибір обладнання для механічної обробки вузлів пресу

Токарно-револьверний верстат 1B340Ф30



Рис.3.3. Токарно-револьверний верстат 1B340Ф30



Рис.3.4. Вертикально-свердильний верстат 2C150ПМФ4

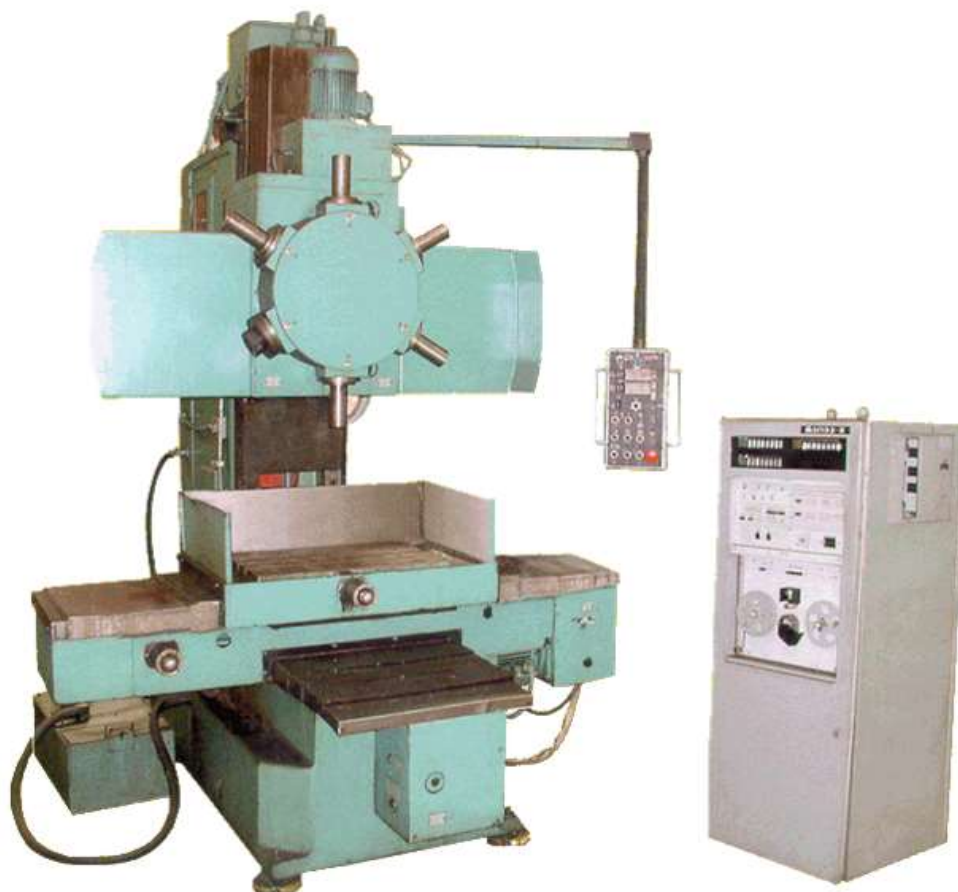


Рис.3.5. Вертикально-свердильний верстат мод.2P135Ф2

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32



Рис.3.6. Круглошліфувальний верстат 3М151



Рис.3.7. Внутрішньошліфувальний верстат 3А228

Вибір конструкції та проектування затискного механізму

Розроблений пристрій призначений для виконання операції вертикального свердління на верстаті моделі 2С150ПМФ4. Він забезпечує повну фіксацію заготовки, позбавляючи її шести ступенів свободи, що дозволяє досягти необхідної точності базування та надійного закріплення.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Пристрій є механізованим, що значно полегшує роботу оператора, прискорює встановлення деталі, зменшує трудомісткість операції та, відповідно, знижує її собівартість шляхом скорочення норми часу.

Конструктивно пристрій для обробки отворів складається з корпусу (1), виготовленого зі сталі, який виконує функцію базової несучої частини для всіх інших елементів. До корпусу приєднується палець (5), на якому розташовується цанга (7) для встановлення заготовки. Закріплення здійснюється за допомогою гвинта (15). Принцип дії затискача полягає в подачі стисненого повітря у штокову порожнину, в результаті чого мембрана разом із тягою переміщується вниз. Тяга тисне на стінки цанги, розтискаючи її та забезпечуючи надійне базування й фіксацію заготовки.

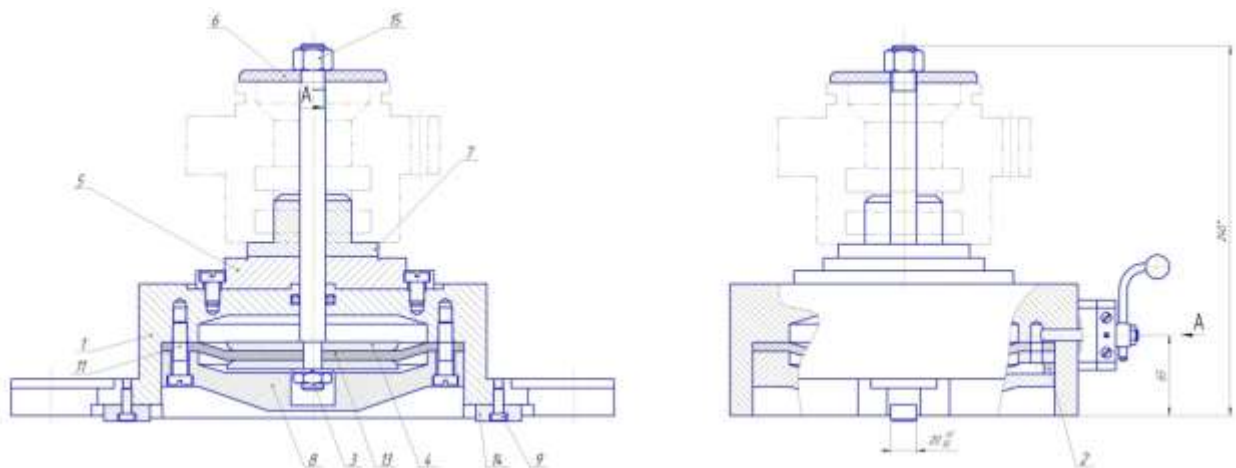


Рис.3.8. Конструкція пристрою

3.3. Техніка безпеки при роботі з гідравлічними пристроями

Робота з гідравлічними пристроями потребує суворого дотримання правил техніки безпеки, оскільки гідросистеми працюють під високим тиском, що створює потенційну загрозу для здоров'я працівників у разі порушень експлуатації чи несправностей. Основні вимоги техніки безпеки можна поділити на декілька груп:

						Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Загальні вимоги:

- До роботи з гідравлічними пристроями допускаються лише працівники, які пройшли відповідний інструктаж, навчання і мають допуск.
- Перед початком роботи обов'язково проводиться візуальний огляд пристрою: перевіряється цілісність шлангів, ущільнень, з'єднань, відсутність витоків масла.
- Забороняється працювати на несправному обладнанні або при виявленні сторонніх шумів, вібрацій, надмірного нагрівання тощо.

2. Робота під тиском:

- Заборонено проводити обслуговування чи ремонт гідравлічної системи під час її роботи або під тиском - спочатку необхідно повністю розвантажити систему.
- Всі з'єднання мають бути герметичними та відповідати тиску, на який розрахований пристрій.
- Під час роботи не можна стояти під навантаженим гідравлічним обладнанням (наприклад, під пресом або піднятим вантажем).

3. Індивідуальні засоби захисту (ЗІЗ):

- Працівники повинні використовувати захисні окуляри, рукавички, спецодяг, а у разі роботи з гідравлічним маслом – засоби захисту шкіри.
- У разі попадання масла на шкіру чи в очі – негайно промити уражене місце і звернутися до медпункту.

4. Електробезпека (для електрогідравлічних пристроїв):

- Підключення гідравлічних приводів до мережі повинно здійснюватися лише фахівцями-електриками.
- Кабелі живлення мають бути ізольовані, заземлені й захищені від механічних пошкоджень.

5. Під час обслуговування та ремонту:

- Усі роботи слід виконувати після зливу масла і скидання тиску.
- Вузли та деталі системи необхідно очищати від забруднень перед розбиранням, щоб запобігти потраплянню бруду до гідролінії.

						Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Перед запуском після ремонту обов'язково провести випробування вхолосту.

6. У разі аварійної ситуації:

- При виявленні витoku масла під тиском не можна закривати отвір руками або тілами – це може призвести до гідроінжекційної травми (попадання масла під шкіру).

- Необхідно негайно зупинити обладнання, повідомити відповідальну особу та викликати фахівців.

Висновок. Дотримання вимог техніки безпеки при роботі з гідравлічними пристроями - запорука не лише збереження здоров'я працівників, але й ефективності експлуатації обладнання. Всі дії мають бути чітко регламентовані посадовими інструкціями, а персонал - регулярно проходити навчання та перевірку знань із охорони праці.

Висновки до третього розділу

У третьому розділі обґрунтовано вибір матеріалів і раціональних способів виготовлення основних деталей гідравлічного пресу, що забезпечує їхню міцність, зносостійкість і технологічність. Проведено аналіз та добір верстатного обладнання для ефективної механічної обробки складових конструкції. Також розглянуто основні вимоги техніки безпеки при роботі з гідравлічними пристроями, що гарантує надійність експлуатації обладнання та захист персоналу.

						Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У межах виконаної роботи було комплексно вирішено завдання створення гідравлічного пресу, призначеного для ефективного і безпечного випресовування поршневих пальців двигунів внутрішнього згоряння. У першому (загальнотехнічному) розділі проаналізовано конструкційні особливості поршневих пальців, умови їх експлуатації, основні причини демонтажу, а також розглянуто характерні дефекти, що виникають у процесі роботи. Проведено порівняльний аналіз існуючих методів випресовки пальців і типових конструкцій гідравлічних пресів, що дозволило виявити недоліки та сформулювати вимоги до вдосконаленого варіанту конструкції.

У другому (конструкторському) розділі здійснено вибір оптимальної компоновки пресу, обґрунтовано значення зусилля, необхідного для технологічного процесу, та виконано розрахунки основних силових елементів конструкції з урахуванням напружень і навантажень. Застосування системи автоматизованого проєктування (САПР) дозволило провести інженерний аналіз напруженого стану вузлів та гарантувати конструктивну надійність розробленого пристрою. Завершальним етапом конструювання стало створення повноцінної тривимірної моделі у середовищі SolidWorks.

У третьому (технологічному) розділі обґрунтовано вибір матеріалів для виготовлення основних складових пресу, підібрано необхідне обладнання для обробки, а також визначено основні заходи безпеки, яких необхідно дотримуватись при роботі з гідравлічними пристроями. Ретельна увага до питань охорони праці сприяє зниженню виробничих ризиків і підвищенню безпеки персоналу.

Загалом, розроблений гідравлічний прес відповідає заданим технічним та експлуатаційним вимогам, є технологічно доцільним у виготовленні та має потенціал до практичного впровадження у ремонтних майстернях і виробничих підрозділах, які займаються обслуговуванням двигунів внутрішнього згоряння.

						Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автомобільні двигуни: підручник / І.П. Мещеряков, В.М. Ляхов, Ю.І. Жуков. - Харків: ХНАДУ, 2020. - 412 с.
2. Верлань А.Ф., Трифонов Є.О. Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні: підручник. - К.: Ліра-К, 2021. - 376 с.
3. Гідравлічні та пневматичні системи автоматизації: навч. посіб. / С.М. Козак, І.Я. Коваль. - Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2021. - 248 с.
4. Глушко А.С. Проектування машинобудівних конструкцій: навч. посібник. - К.: Ліра-К, 2020. - 376 с.
5. ДСТУ 2651:2005. Машини і механізми. Терміни та визначення понять. - [Чинний від 01.01.2006]. - К.: Держспоживстандарт України, 2005. - 24 с.
6. ДСТУ 3449-96. Гідроприводи об'ємні. Терміни та визначення. - [Чинний від 01.12.1996]. - К.: Держстандарт України, 1996. - 20 с.
7. Іванченко О.В. Деталі машин: підручник. - Харків: НТУ «ХП», 2020. - 420 с.
8. Козловський А.П. Технологія ремонту машин: навч. посібник. - Житомир: ЖДТУ, 2022. - 320 с.
9. Коваль В.П. Конструювання гідравлічного обладнання: навч. посібник. - К.: Вид-во НАУ, 2021. - 294 с.
10. Мартинов Е.П. Технологія ремонту автомобілів і тракторів: навч. посібник. - Тернопіль: ТНТУ, 2022. - 288 с.
11. Пат. UA 133566 U, МПК B23P 19/04. Пристрій для демонтажу поршневих пальців / Р.І. Демченко, І.В. Сидоренко; заявник та власник патенту: Нац. авіац. ун-т. - № u201809999; заявл. 14.09.2018; опубл. 25.01.2019, Бюл. № 2.
12. Савчук В.В. Механотроніка в машинобудуванні: навч. посібник. - Вінниця: ВНТУ, 2021. - 252 с.

						Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

13. Сидоренко І.В. Основи автоматизації виробництва: підручник. - Черкаси: ЧДТУ, 2021. - 310 с.
14. Шостак В.О. Системи автоматизації технологічного обладнання: підручник. - К.: КНУТД, 2020. - 304 с.
15. Ярошенко Р.В. Основи технічної експлуатації автомобілів: навч. посіб. - Харків: УкрДАЗТ, 2019. - 252 с.

						Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		