

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЇ, ТРАНСПОРТУ ТА АРХІТЕКТУРИ  
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

## Пояснювальна записка

до дипломної роботи

*бакалавра*

Освітньо-кваліфікаційний рівень

Галузь знань **13 Механічна інженерія**

Шифр і назва галузі знань

Напрямок підготовки (спеціальність): **132 «Матеріалознавство.  
Відновлення та технічний сервіс автомобілів»**

Шифр і назва напрямку підготовки (спеціальності)

на тему: «Зміцнення поршневих кілець кривошипно-шатунного  
механізму легкового автомобіля»

Шифр **ДРМТВА 24.20219.000 ПЗ**

Виконав: студент 4-го курсу,  
група *МТВА-20-1*



Підпис

*Артем ЧЕРВАТЮК*  
Ім'я, прізвище

Керівник: *к.т.н., доц. каф ТАМ.*



Підпис

*Олександр РУДИК*  
Ім'я, прізвище

До захисту допускаю:  
зав. кафедри *ТАМ* *д.т.н., проф.*



Підпис

*Олександр ДИХА*  
Ім'я, прізвище

11 06 2024 р.

Хмельницький, 2024

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет інженерії, транспорту та архітектури  
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

Освітньо-кваліфікаційний рівень: спеціаліст

Галузь знань: 13 «Механічна інженерія»

Спеціальність: 132 «Матеріалознавство»

Спеціалізація: «Відновлення та технічний сервіс автомобілів»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Зав. кафедрою

ТАМ

Диха О.В.

" 04 " березня 2024 р.

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Черватюку Артему Олеговичу

**1. Тема проєкту (роботи):** «Зміцнення поршневих кілець кривошипно-шатунного механізму легкового автомобіля».

Керівник проєкту: Рудик Олександр Юхимович, к.т.н., доц. каф. ТАМ.

Затверджено наказом університету від 15 лютого 2024 р. № 8 (Д 16).

**2. Строк подання студентом проєкту (роботи) на кафедру:** 20.06.2024 р.

**3. Вихідні дані до проєкту (роботи):** *матеріали переддипломної практики.*

**4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):**

1). *Загальна інформація про двигуни та їх складові.*

2). *Розробка технології заміни поршневих кілець КШМ автомобіля Таврія Славута.*

3). *Зміцнення поршневих кілець КШМ легкового автомобіля Таврія Славута.*

4). *Організація робочих місць і ТБ на дільниці гальванічних покриттів.*

**5. Перелік графічного матеріалу (презентація):**

– *розробити презентацію у вигляді слайдів з розкриттям питань відповідно до мети роботи.*

## 6. Консультанти розділів проєкту (роботи).

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання: 4 березня 2024 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Загальна інформація про двигуни та їх складові.	15.04.2024	вик.
2	Розробка технології заміни поршневих кілець КШМ автомобіля Таврія Славута.	20.04.2024	вик.
3	Зміцнення поршневих кілець КШМ легкового автомобіля Таврія Славута	01.05.2024	вик.
4	Термічна обробка ковкого чавуну КЧ37-12	15.05.2024	вик.
5	Устаткування для гальванічного хромування	25.05.2024	вик.
6	Організація робочих місць і ТБ на дільниці гальванічних покриттів.	10.06.2024	вик.
7	Оформлення роботи	20.06.2024	вик.
8	Захист роботи	22.06.2024	

Студент

 Артем ЧЕРВАТЮК

Керівник роботи

 Олександр РУДИК

## РЕФЕРАТ

Обсяг пояснювальної записки – 85 сторінок, кількість рисунків – 23, таблиць – 3, додатків – 1, кількість джерел згідно із переліком посилань – 29.

Студент гр. МТВА-20-1 Черватюк Артем Олегович

Тема: «Зміцнення поршневих кілець кривошипно-шатунного механізму легкового автомобіля».

Дана бакалаврська дипломна робота присвячена розробці технологічного процесу зміцнення поршневих кілець кривошипно-шатунного механізму легкового автомобіля Таврія Славута. Для цього: наведена загальна інформація про двигуни та їх складові; розроблена технологія заміни поршневих кілець; спроектований технологічний процес їх зміцнення.





У дипломній роботі також вирішувались наступні задачі:

- вибрати матеріал поршневих кілець; охарактеризувати ковкий чавун КЧ37-12 та його переваги;
- навести інформацію про відпал та пористе хромування;
- організувати робочі місця і ТБ на ділянці гальванічних покриттів.

**Перелік ключових слів:** ТАВРІЯ СЛАВУТА, КШМ, ПОРШНЕВІ КІЛЬЦЯ, ЗМІЦНЕННЯ, ВІДПАЛ, ХРОМУВАННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ДІЛЬНИЦЯ, ТБ.

## Зміст

Анотація .....	6
Abstract .....	7
Перелік скорочень.....	8
Вступ .....	10
<b>1 Загальна інформація про двигуни та їх складові .....</b>	<b>11</b>
1.1 Призначення і види силових агрегатів автомобілів .....	11
1.1.1 Двигуни внутрішнього згоряння.....	11
1.2 Будова, призначення, принцип роботи і види КШМ автомобіля .....	12
1.2.1 Рухома (робоча) група КШМ .....	12
1.2.2 Нерухома група КШМ .....	16
1.2.3 Принцип роботи КШМ .....	18
1.3 Можливі несправності та технічне обслуговування двигуна .....	22
1.3.1 Стукіт у ДВЗ.....	23
1.3.2 Зниження потужності ДВЗ .....	23
1.3.3 Підвищена витрата мастила .....	23
1.3.4 Нагар .....	24
1.3.5 Білий дим з вихлопної труби.....	24
<b>2 Розробка технології заміни поршневих кілець КШМ</b>	
<b>автомобіля Таврія Славута .....</b>	<b>31</b>
2.1 Загальна інформація про поршневі та компресійні кільця КШМ .....	31
2.2 Поломка або знос кілець через навантаження у циліндрі .....	33
2.3 Розробка технологічного процесу заміни поршневих кілець КШМ	
автомобіля Таврія Славута.....	34

ДРМТВА 24.20219.000 ПЗ				
Зм.	Лист	№ докум.	Кідпис	Дата
Розроб.	Черватюк			
Перевір.	Рудик			
Н. Контр.	Маковкін			
Затверд.	Диха			
Змінення поршневих кілець кривошипно-шатунного механізму легкового автомобіля			Літ.	Арк.
			4	63
ХНУ, гр.МТВА-20-1				



## Зміст

<b>Анотація .....</b>	<b>6</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>7</b>
<b>Перелік скорочень.....</b>	<b>8</b>
<b>Вступ .....</b>	<b>10</b>
<b>1 Загальна інформація про двигуни та їх складові .....</b>	<b>11</b>
1.1 Призначення і види силових агрегатів автомобілів .....	11
1.1.1 Двигуни внутрішнього згорання.....	11
1.2 Будова, призначення, принцип роботи і види КШМ автомобіля .....	12
1.2.1 Рухома (робоча) група КШМ .....	12
1.2.2 Нерухома група КШМ .....	16
1.2.3 Принцип роботи КШМ .....	18
1.3 Можливі несправності та технічне обслуговування двигуна .....	22
1.3.1 Стукіт у ДВЗ.....	23
1.3.2 Зниження потужності ДВЗ .....	23
1.3.3 Підвищена витрата мастила .....	23
1.3.4 Нагар .....	24
1.3.5 Білий дим з вихлопної труби.....	24
<b>2 Розробка технології заміни поршневих кілець КШМ</b>	
<b>автомобіля Таврія Славута.....</b>	<b>31</b>
2.1 Загальна інформація про поршневі та компресійні кільця КШМ .....	31
2.2 Поломка або знос кілець через навантаження у циліндрі .....	33
2.3 Розробка технологічного процесу заміни поршневих кілець КШМ	
автомобіля Таврія Славута.....	34

					<b>ДРМТВА 24.20219.000 ПЗ</b>			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Черватюк				<b>Зміцнення поршневих кілець кривошипно-шатунного механізму легкового автомобіля</b>	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.	Рудик					4	63	
Н. Контр.	Маковкін					ХНУ, гр.МТВА-20-1		
Затверд.	Диха							

2.4 Технологія розбирання поршневої групи КШМ ..... 34

### **3 Зміцнення поршневих кілець КШМ легкового автомобіля**

**Таврія Славута ..... 39**

3.1 Матеріали поршневих кілець..... 39

3.2 Характеристика ковкого чавуну КЧ37-12 ..... 40

3.2.1 Переваги ковкого чавуну ..... 41

3.3 Термічна обробка ковкого чавуну КЧ37-12..... 41

3.3.1 Вплив окремих чинників на тип і величину пористості ..... 44

3.3.2 Технологічний процес пористого хромування поршневих кілець .45

3.4 Устаткування для гальванічного хромування..... 47

### **4 Організація робочих місць і ТБ на ділянці гальванічних покриттів.... 49**

**Висновки..... 51**

**Список використаних джерел ..... 53**

**Додатки ..... 56**

					ДРМТВА 24.20219.000 ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Анотація

Розроблена технологія заміни поршневих кілець КШМ автомобіля Таврія Славута і спроектований технологічний процес їх зміцнення. Термічна обробка поршневих кілець з ковкого чавуну КЧ37-12 складається з відпалу (5 етапів) та пористого хромування (анодне труєння; електролітичне хромування; розпушення зовнішньої поверхні покриття перехресними напрямками струму в кінці хромування для отримання пористості).

					ДРМТВА 24.20219.000 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Abstract

The technology for replacing the piston rings of the KShM car of Tavriy Slavut was developed and the technological process of their strengthening was designed. Heat treatment of piston rings made of ductile cast iron KCh37-12 consists of annealing (5 stages) and porous chrome plating (anodic poisoning; electrolytic chrome plating; loosening of the outer surface of the coating by cross current directions at the end of chrome plating to obtain porosity).

					ДРМТВА 24.20219.000 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Перелік скорочень

ДВЗ – двигун внутрішнього згорання.

КШМ – кривошипно-шатунний механізм.

БЦ – блок циліндрів.

ГБЦ – головка блоку циліндрів.

КВ – колінчастий вал.

РВ – розподільний вал.

ЦПГ – циліндро-поршнева група.

ГРМ – газорозподільний механізм або механізм газорозподілу.

ГБ – газобалонне обладнання.

ГЦ – гільза циліндра.

ПК – поршневе кільце.

КК – компресійне кільце.

ВМТ – верхня мертва точка.

НМТ – нижня мертва точка.

ТО – технічне обслуговування.

ЩО – щоденне обслуговування.

ТО-1 – перше технічне обслуговування.

ТО-2 – друге технічне обслуговування.

КЧ – ковкий чавун.

СЧ – сірий чавун.

БЧ – білий чавун.

Cr – хром.

Sn – олово.

S – сірка.

H<sub>2</sub> – водень.

O<sub>2</sub> – кисень.

Al – алюміній.

Pb – олово.

					ДРМТВА 24.20219.000 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Sb – сурма.

Mo – молібден.

H<sub>2</sub>O – вода.

$s_b$  – межа короткочасної міцності, [МПа].

$\delta_5$  – відносне подовження при розриві, [ % ].

HB – твердість за Брінеллем, [МПа].

HRC – твердість за Роквеллом, [МПа].

ТП – технологічний процес.

ТБ – техніка безпеки.

					ДРМТВА 24.20219.000 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Вступ

**Актуальність теми.** Кривошипно-шатунний механізм перетворює прямолінійний зворотно-поступальний рух поршнів в обертальний рух колінчастого валу. Він сприймає тиск газів, які виникають при згоранні паливно-повітряної суміші в циліндрах двигуна, перетворюючи його в механічну роботу з обертання колінчастого валу. Одні з його складових – поршневі кільця, які забезпечують нормальну роботу поршневої групи. Від їх стану залежить працездатність автомобіля.

**Новизна роботи.** Розроблена технологія заміни поршневих кілець КШМ автомобіля Таврія Славута і спроектований технологічний процес їх зміцнення. Термічна обробка поршневих кілець з ковкого чавуну КЧ37-12 складається з відпалу (5 етапів) та пористого хромування (анодне труєння; електролітичне хромування; розпушення зовнішньої поверхні покриття перехресними напрямками струму в кінці хромування для отримання пористості).

**Можливість використання висновків і рекомендацій у наукових дослідженнях та на практиці:** застосувати запропоновану технологію заміни поршневих кілець і технологічний процес їх зміцнення.

					ДРМТВА 24.20219.000 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 Загальна інформація про двигуни та їх складові

## 1.1 Призначення і види силових агрегатів автомобілів

Двигун є силовою установкою – джерелом енергії автомобіля. Його використовують для того, щоб авто міг виконувати свою основну функцію – перевезення пасажирів і вантажів. Але, крім цього, енергія, яку виробляє двигун, використовують, щоб забезпечити функціонування усіх допоміжних систем [1].

Але, допоміжні системи працюють від електрики, яку виробляє генератор, або забирається від акумуляторів. А генератор приводиться в дію двигуном, який передає йому механічну енергію обертання валу.

Щоб забезпечити рух автомобіля використовується також механічна енергія валу двигуна, яку передають від двигуна на колеса трансмісією. Тобто двигун потрібний, щоб перетворити будь-якої вид енергії у механічну енергію обертання валу, яка через механічні зв'язки передається на колеса, змушуючи автомобіль рухатися [2].

### 1.1.1 Двигуни внутрішнього згоряння

У ДВЗ енергія, яка виділяється при згорянні легкозаймистих речовин, перетворюється у механічну енергію. Конструкції ДВЗ наступні: поршневі, роторні і газотурбінні [3]. Але принцип їх роботи – незмінний. Енергія, яка виділяється при згорянні палива, перетворюється у механічну енергію обертання валу двигуна і через механічні зв'язки передається на колеса, обертаючи їх.

Основний недолік ДВЗ – їх не екологічність, так як спалювання палива виділяє багато шкідливих речовин. Виняток –  $H_2$ , продуктом горіння якого є  $H_2O$ , але проблема з його використанням на сьогодні полягає у дорожнечі, хоча в майбутньому це буде основний вид палива [4].

					ДРМТВА 24.20219.000 ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.2 Будова, призначення, принцип роботи і види КШМ автомобіля

КШМ становить основу конструкції більшості поршневих ДВЗ. Призначення КШМ – сприймати тиск газів, який виникає в циліндрі, і перетворювати прямолінійний зворотно-поступальний рух поршня в обертальний рух КВ. Ці 2 функції забезпечують вирішення складної проблеми, яка пов'язана з перетворенням теплової енергії палива у механічну роботу при його спалюванні у циліндрах ДВЗ [5].

КШМ автомобіля складається з кривошипа, шатунів і поршнів. Блок циліндрів – це початок всього руху у двигуні. Його складові – поршні, циліндри і гільзи циліндрів, у яких ці поршні рухаються.

Шатуни – це з'єднувальні елементи між поршнями і КВ. По суті, шатун є міцною металевою перемичкою, яка однією стороною за допомогою шатунного пальця кріпиться до поршня, а інший фіксується на шийці КВ. Завдяки цьому з'єднанню поршень рухається відносно циліндра в 1-й площині. Так само шатун охоплює посадочне місце КВ – шатунну шийку: кріплення дозволяє йому рухатися у тій самій площині, що і з'єднання з поршнем.

КВ – вал обертання; його вісь проходить через носок валам, корінні (опорні) шийки і фланець маховика. А шатунні шийки виходять за вісь валу і тому при його обертанні описують коло.

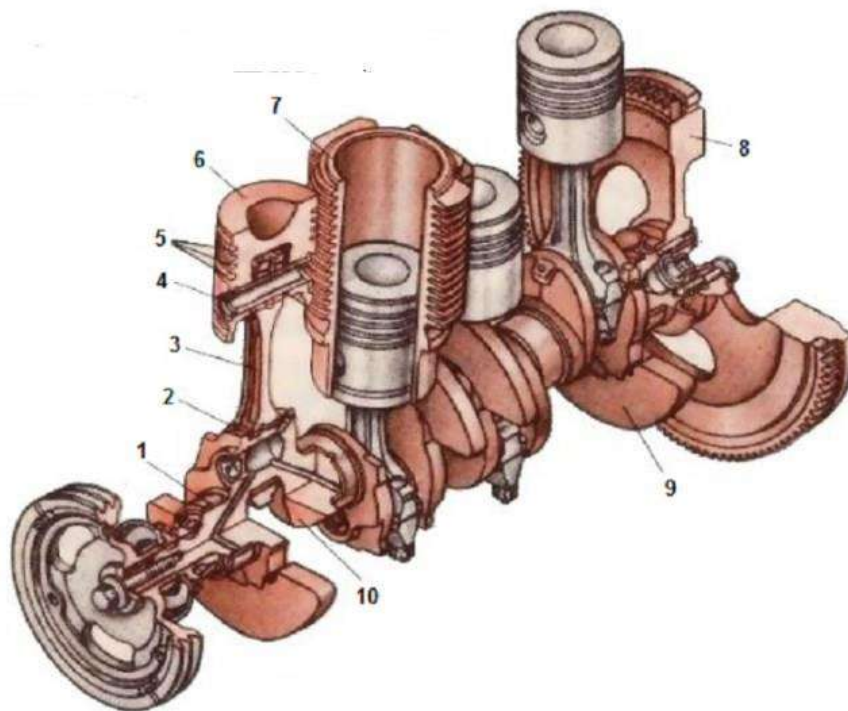
Маховик – елемент механізму, який накопичує інерцію обертання, Завдяки їй двигун працює рівномірно і не зупиняється у мертвій точці.

Ці та інші елементи КШМ умовно ділять на рухомі (виконують безпосередню роботу) і нерухомі – допоміжні елементи (рис. 1.1).

### 1.2.1 Рухома (робоча) група КШМ

До рухомої групи відносять елементи, які активно задіяні у роботі двигуна.

					ДРМТВА 24.20219.000 ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



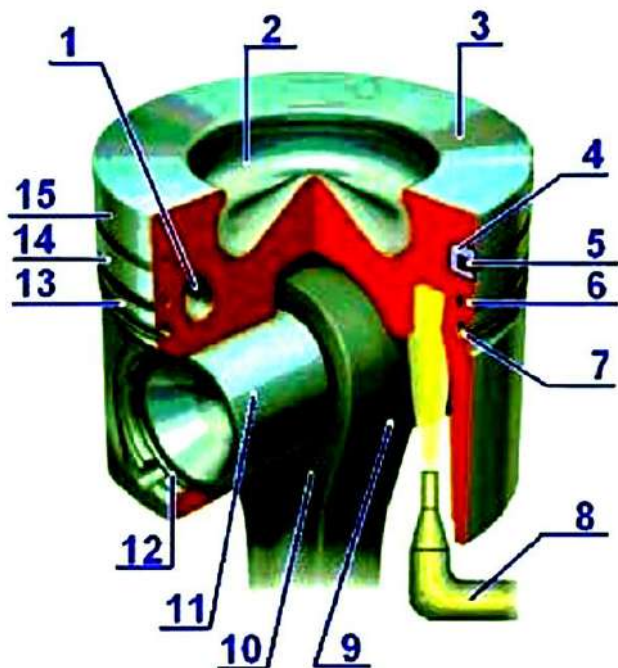
1 — корінний підшипник на корінній шийці; 2 — шатунний підшипник на шатунній шийці; 3 — шатун; 4 — палець поршневий; 5 — кільця поршневі; 6 — поршень; 7 — циліндр; 8 — маховик; 9 — противаги; 10—КВ

**Рисунок 1.1 – Будова КШМ**

*Поршень.* При роботі двигуна поршень переміщається у ГЦ під дією виштовхувальної сили при згорянні палива і поворотом КВ. Для ущільнення зазору між ним і циліндром на бічній поверхні поршня знаходяться ПК (компресійні і мастилознімні), якими герметизується проміжок і перешкоджається втрата потужності під час згоряння палива (рис. 1.2).

*Шатун* – це з'єднувальний елемент між поршнем і КВ. Верхньою головкою він кріпиться до поршня пальцем. Нижня головка має знімну частину, тому шатун можна надіти на шийку КВ. Для зменшення тертя між шийкою КВ і головкою шатуна ставлять шатунні вкладиші – це підшипники ковзання у вигляді 2-х пластин, вигнутих півколом (рис. 1.3).

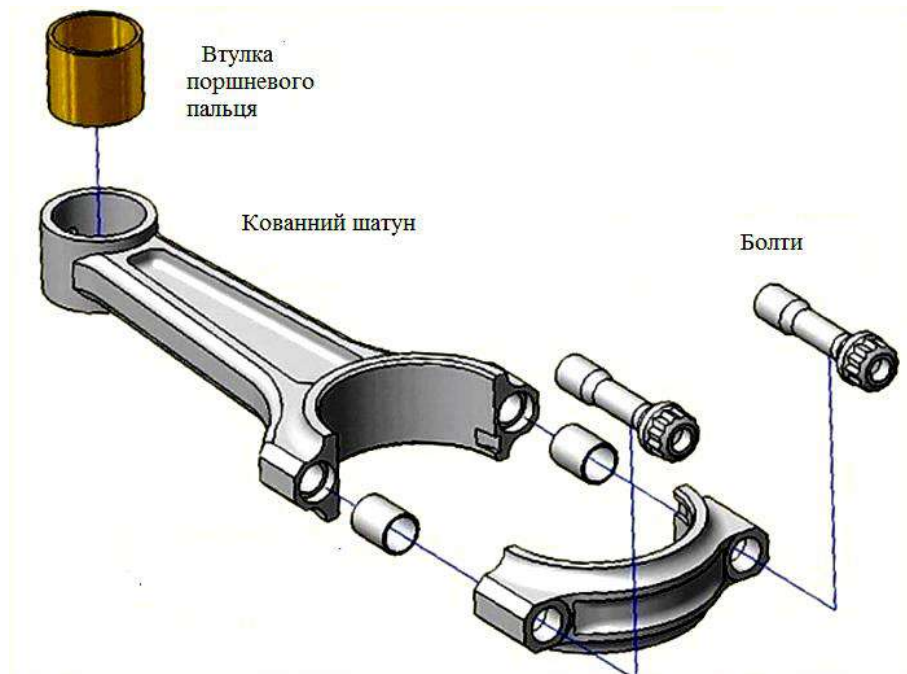
					ДРМТВА 24.20219.000 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



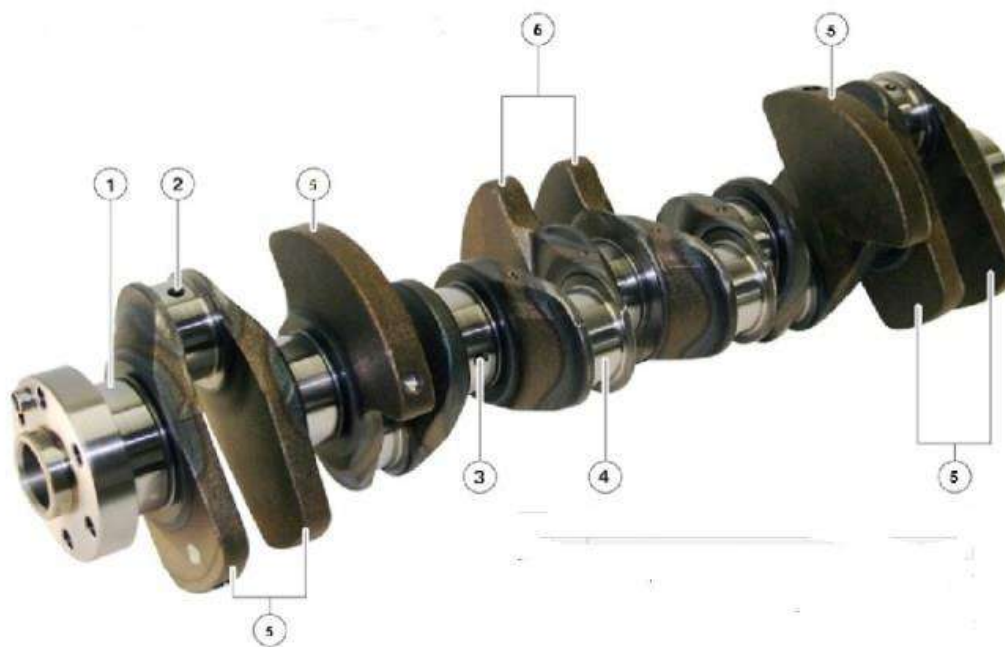
1 — канал мастило-охолоджуючий; 2 — камера згоряння; 3 — днище поршня; 4 — канавка 1-го компресійного кільця; 5 — 1-е (верхнє) компресійне кільце; 6 — 2-е (нижнє) компресійне кільце; 7 — мастилознімне кільце; 8 — форсунка масляна; 9 — отвір у головці шатуна для підведення мастила до пальця поршневого; 10 — шатун; 11 — палець поршневий; 12 — кільце стопорне пальця поршневого; 13 і 14 — перегородки ПК; 15 — пояс жаровий

**Рисунок 1.2 – Будова поршневої групи [26]**

*КВ* – це центральна частина ДВЗ, без якої неможливо уявити його принцип роботи. Основна його частина – вісь обертання, яка одночасно служить опорою для КВ у БЦ. Елементи, які виступають за вісь обертання, приєднуються до шатунів: коли шатун рухається вниз, КВ дозволяє йому описати нижньою частиною коло одночасно з рухом поршня. Аналогічно випадку з шатунами, опорні шийки КВ лежать на підшипниках ковзання – вкладишах (рис. 1.4).



**Рисунок 1.3 – Будова шатунa**

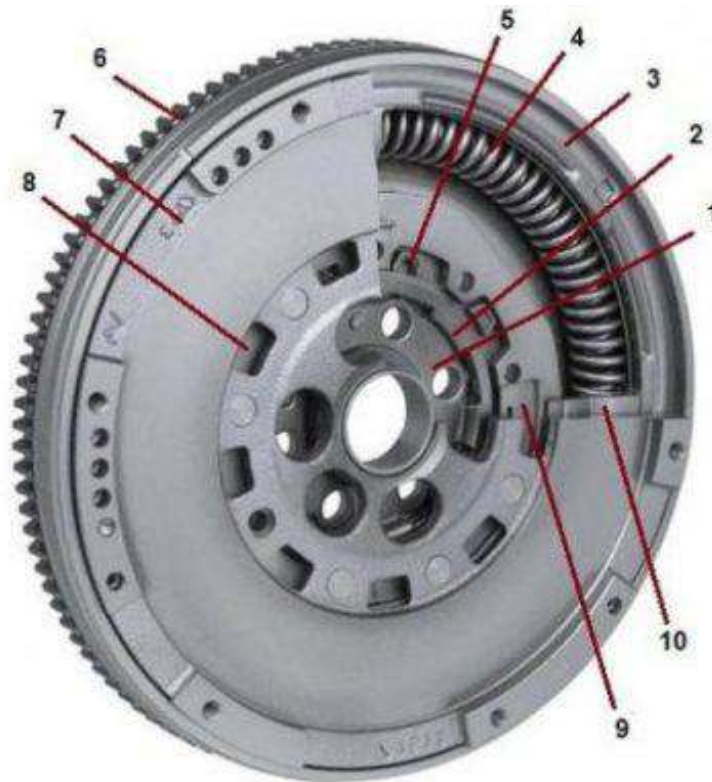


1 – шийка корінного підшипника, 2 – змащувальний отвір шатунного підшипника, 3 – змащувальний отвір корінного підшипника, 4 – шатунна шийка, 5 – противаги

**Рисунок 1.4 – Будова КВ**

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

*Маховик.* Його кріплять до фланця на торцевій частині КВ. Він обертається разом з валом ДВЗ і демпфує ривкові навантаження. Але головна задача маховика – розкручувати КВ (а з ним і ЦПГ), щоб поршні не завмерли у мертвій точці. Отже, частина потужності ДВЗ витрачається на підтримку обертання маховика (рис. 1.5).



1 – маточини; 2 – підшипник радіальний; 3 – диск первинний; 4 – пружина дугова; 5 – фланець; 6 – вінець зубчастий; 7 – диск вторинний; 8 – отвір вентиляційний; 9 – мембрана ущільнююча; 10 – камера кільцева

**Рисунок 1.5 – Маховик**

### **1.2.2 Нерухома група КШМ**

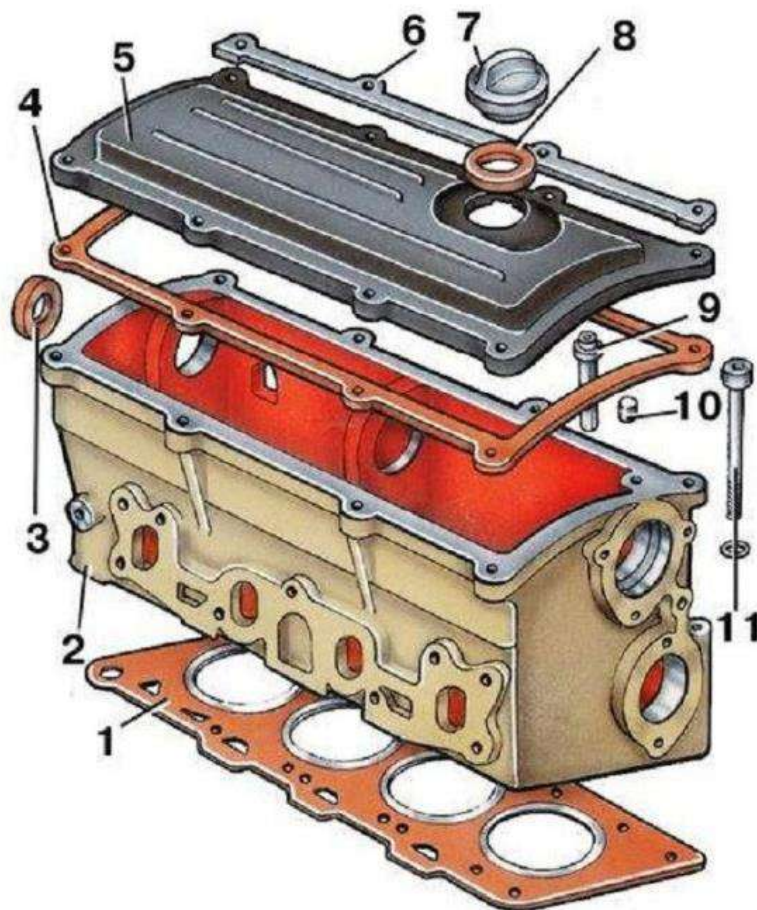
Нерухомою групою називають зовнішню частину ДВЗ, в якій знаходиться КШМ. БЦ – це корпус, в якому розташовуються циліндри, канали системи охолодження, посадкові місця РВ, КВ тощо. Його виготовляють з чавуну або АІ сплаву, (виробники все частіше використовують АІ, щоб полегшити конструкцію). Для цієї мети суцільне лиття замінюють ребрами жорсткості, які

										Арк.
										16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДРМТВА 24.20219.000 ПЗ					

полегшують конструкцію не втрачаючи міцність. На бічних сторонах БЦ знаходяться посадкові місця для допоміжних механізмів ДВЗ.

ГБЦ встановлюють на БЦ і вона закриває його зверху. У ГБЦ є: отвори для клапанів, впускного і випускного колекторів; кріплення РВ (1-го або більше); кріплення для інших елементів ДВЗ.

Знизу до ГБЦ кріплять прокладку (1) – це пластина, яка герметизує стик між БЦ і ГБЦ (рис. 1.6). У ній передбачені отвори для циліндрів і кріпильних болтів. А зверху – клапанна кришка (5): нею закривають ГБЦ зверху, коли ДВЗ зібраний і готовий до запуску. Прокладка клапанної кришки – це тонка пластина, яку укладають по периметру ГБЦ і герметизують стик.



1 – прокладка ГБЦ; 2 – ГБЦ; 3 – сальник; 4 – прокладка кришки ГБЦ; 5 – кришка клапанна; 6 – пластина притискна; 7 – пробка мастилозаливної горловини; 8 – прокладка пробки; 9 – втулка клапана напрямна ; 10 – втулка установча; 11–болт кріплення головки блоку

**Рисунок 1.6 – Будова ГБЦ**

					ДРМТВА 24.20219.000 ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 1.2.3 Принцип роботи КШМ

Робота КШМ ДВЗ заснована на енергії розширення при згорянні паливно-повітряної суміші. У циліндрах ДВЗ згорає розпорошене і змішане з повітрям паливо. Така дисперсія передбачає не повільне горіння, а миттєве, завдяки чому повітря в циліндрі різко розширюється.

Поршень, який в момент початку горіння палива знаходиться ВМТ, різко опускається вниз – це прямолінійний рух поршня в циліндрі.

Шатун з'єднаний з поршнем і КВ так, що може рухатися (відхилятися) в 1-й площині. Поршень штовхає шатун, який надітий на шийку КВ. Завдяки рухомому з'єднанню імпульс від поршня через шатун передається на КВ по дотичній, тобто вал повертається. Оскільки усі поршні по черзі штовхають КВ за тим самим принципом, їх зворотно-поступальний рух переходить в обертання КВ.

Маховик додає імпульс обертання, коли поршень знаходиться у мертвих точках. Для старту ДВЗ потрібно спочатку розкрутити маховик. Це робиться стартером, який зчіплюється із зубчастим вінцем маховика і розкручує його, доки мотор не заведеться.

Решта елементів двигуна: клапани, РВ, штовхачі, система охолодження, система мащення, ГРМ та інші – це усе необхідні деталі і вузли, щоб забезпечити роботу КШМ.

В існуючих поршневих двигунах застосовують 2 типи КШМ: тронкові і крейцкопфні. У тронкових механізмах шатун шарнірно з'єднаний безпосередньо з нижньою напрямною (тронковою) частиною поршня, а в крейцкопфних – поршень з'єднується з шатуном через шток і крейцкопф, які служать для поршня напрямною частиною. Крейцкопфні механізми складніші і громіздкіші. Вони збільшують габарити ДВЗ за висотою та ускладнюють його конструкцію [5].

У швидкохідних поршневих ДВЗ застосовують простіші і компактніші тронкові КШМ. Завдяки цим перевагам тронкові механізми широко застосовують і в ДВЗ стаціонарного типу. Але для ДВЗ подвійної дії крейцкопфні механізми

					ДРМТВА 24.20219.000 ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

залишаються єдино можливими. Такі ДВЗ будують двотактними, що дозволяє більше ніж у 3 рази збільшити потужність силових установок порівняно з аналогічними чотиритактними двигунами простої дії.

КШМ тронкових двигунів складається з рухомих і нерухомих деталей: циліндр, кришка (головка) циліндра і картер, які утворюють остов ДВЗ; рухомі: поршневий комплект (поршень з поршневим пальцем та ущільнювальними кільцями), шатун, КВ і маховик [6].

Деколи до КШМ відносять тільки групу рухомих деталей, але це не правильно, тим більше по відношенню до ДВЗ:

– це не узгоджується із визначенням механізму, немислимого без наявності напямної ланки–стійки;

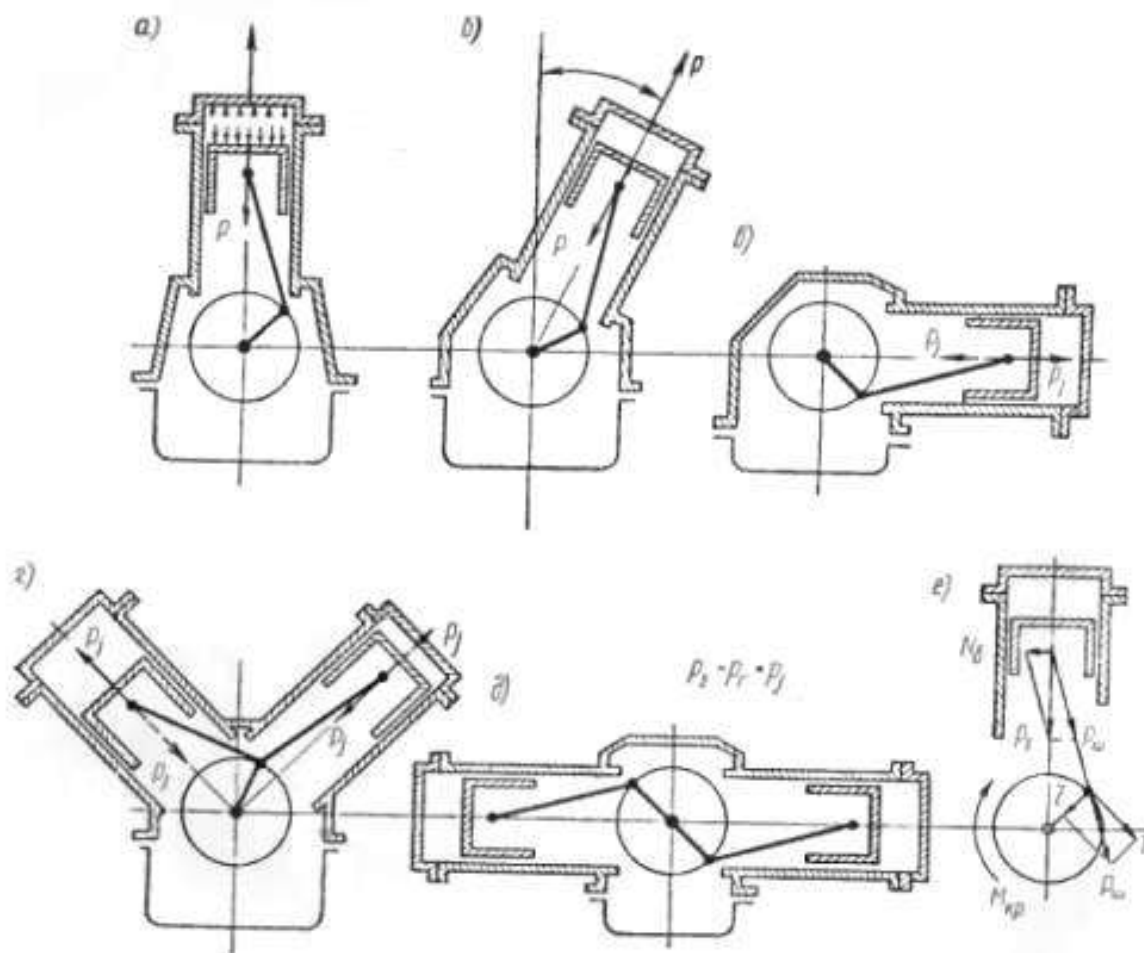
– крім того, що стінки циліндра служать напямними для поршня, циліндр і його головка утворюють замкнуту надпоршневу порожнину, а без неї в ДВЗ не можна створити потрібного тиску газів над поршнем, яке він сприймає і передає на КВ. Висновок: окремо від надпоршневої порожнини КШМ поршневого ДВЗ не виконував би одну з основних своїх функцій.

Найпоширеніші схеми компонування КШМ автомобільних ДВЗ наведені на рис. 1.7.

ДВЗ, побудовані за схемами а), б) і в), називають 1-рядними. Найчастіше у них застосовують схему з вертикальним розташуванням циліндрів. У ДВЗ, призначених для автобусів, застосовують схема в) з горизонтальним розташуванням циліндрів. Такі двигуни розміщують під підлогою кузова автобуса [7].

Порівняно новою є схема б) з похилим розташуванням циліндрів – під кутом (20-45)° до вертикальної осі. ДВЗ з таким компонуванням застосовують для сучасних легкових автомобілів. При цьому можна раціональніше розміщувати допоміжне обладнання та впускні трубопроводи.

					ДРМТВА 24.20219.000 ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



**Рисунок 1.7 – Види КШМ**

Двигуни, побудовані за схемами г) і д), називають 2-рядними. На сьогодні широко застосовують схему г) з V-подібним розташуванням циліндрів. 4-ох - і 8-циліндрові V-подібні ДВЗ за умовами їх врівноваженості будують з кутом між осями циліндрів  $90^\circ$ . Вони відрізняються за габаритами і вагою від відповідних 1-рядних і однаково успішно використовуються як на легкових автомобілях, так і на середніх і важких вантажівках, що потребують силові агрегати підвищеної потужності. Двигуни з КШМ, виконаним за схемою д), з кутом між осями циліндрів  $180^\circ$  називають опозитними. Такі двигуни з протилежним розташуванням циліндрів застосовують рідко, тому що їх розміщення та обслуговування менш зручне, ніж V-подібних або 1-рядних горизонтальних.

Автомобільні ДВЗ виготовляють багатоциліндровими. Вони мають 2; 3; 4; 6; 8 і рідко 12 або 16 циліндрів. 1-циліндрові ДВЗ на автомобілях не застосовують,

так як вони незадовільно працюють в якості автомобільних силових агрегатів без обважненого маховика і складного врівноважуючого пристрою.

Так, в 1-циліндровому 4-тактному двигуні з 2-х оборотів валу тільки півоберта доводиться на активний робочий хід поршня. Протягом інших 1,5 обертів швидкість обертання КВ безперервно сповільнюється, так як його рух в цей час здійснюється за рахунок запасу кінетичної енергії маховика, яка накопичується в момент прискореного руху при робочому ході поршня, коли він вибухом газів відкидається до НМТ. Тому за час 1-го робочого циклу КВ обертається з різною кутовою швидкістю, що недоцільно.

Вирівнювання кутової швидкості обертання КВ в 1-циліндровому ДВЗ можливо тільки підвищенням рівня акумулювання кінетичної енергії маховика на ділянці прискореного руху, тобто, за рахунок збільшення його інерції. При незмінних сталих оборотах КВ цього не можна досягти не збільшивши масу маховика: маховик з підвищеною масою обертатиметься рівномірніше, отже, зменшиться коливання кутової швидкості обертання валу. Але, такий шлях повністю не позбавить вал ДВЗ від нерівномірності обертання. До того ж, велика маса маховика вимагає більше часу на його розгін до заданої швидкості. Тому погіршується прийомистість ДВЗ і знижується динаміка авто, тобто зменшується швидкість розкрутки валу ДВЗ і розгону автомобіля.

Якщо КВ обертається рівномірно, то поршень в кінці кожного ходу змінює напрямок свого руху. У мертвих точках його швидкість рівна нулю, а потім наростає до  $\text{max}$ , що становить в ДВЗ (15-25) м/с при номінальному числі оборотів, а потім знову зменшується до нуля у суміжній мертвій точці.

Такий нерівномірний рух поршня і пов'язаного з ним деталей створює змінні за величиною і напрямком інерційні сили зворотно-рухомих мас, які діють по осі циліндра. Інерційні сили, які періодично змінюють величину і напрямок своєї дії (при умові неврівноваженості) розгойдують ДВЗ незалежно від прийнятої схеми КШМ (див. рис 1.7). Вібрація двигуна, яка виникає, передається на його кріплення і раму авто, руйнуючи вузли і збільшуючи інтенсивність їх зношування. Також

					ДРМТВА 24.20219.000 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вібрація підвищує рівень шуму і стомлюваність шофера, а це збільшує небезпеку руху.

Усунути цю вібрацію можна у разі, якщо створити сили, рівні за величиною і протилежно направлені силам, які викликали вібрацію. Для цього ДВЗ повинен мати декілька циліндрів із загальним КВ. Це створює організацію різноспрямованого руху поршнів в окремих циліндрах і дозволяє урівноважувати ДВЗ, тобто зменшити вплив на його остов зусиль, які створюють вібрацію. Але ці урівноважені інерційні сили навантажують деталі ДВЗ, викликаючи вигинання валу, збільшуючи навантаження на корінні опори, тобто створюють внутрішню неурівноваженість ДВЗ.

У багатоциліндрових ДВЗ інтервал між робочими ходами визначають числом циліндрів і для 4-тактних і 2-тактних ДВЗ ці інтервали при рівномірному чергуванні робочих ходів рівні  $720^\circ$  і  $360^\circ$ . Чим більше число циліндрів, тим менше інтервал між робочими ходами і вал ДВЗ починає обертатись більш рівномірно.

Порівняно гарну ступінь урівноваженості і рівномірність обертання валу має 1-рядний 6-циліндровий ДВЗ – його вважають повністю урівноваженим. При 2-рядному V-подібному розташуванні циліндрів з осями під кутом  $90^\circ$  гарну урівноваженість мають 8-циліндрові 1-рядні двигуни, але на сьогодні вони втратили практичне значення, так як лінійне розташування циліндрів веде до зайвого подовження КВ і знижує його жорсткість [5-7].

### 1.3 Можливі несправності та технічне обслуговування двигуна

КШМ схильний до різних проблем через механічні, хімічні і температурні навантаження. Уникнути їх з КШП (отже і з ДВЗ) допомагає вправне обслуговування [8, 9].

					ДРМТВА 24.20219.000 ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 1.3.1 Стукіт у ДВЗ

Найстрашніший звук – коли в ДВЗ з'являється стукіт та інші сторонні шуми. Це завжди ознака проблем, так як у ДВЗ елементи підігнані з великою точністю, стукіт говорить про зношування. Потрібно розбирати ДВЗ, визначити причину стукання і міняти зношену деталь.

Основною причиною зношування стає неякісне ТО ДВЗ: моторне мастило має визначений ресурс і його регулярна заміна дуже важлива. Це також відноситься до фільтрів: найдрібніші тверді частинки поступово зношують деталі ДВЗ, утворюючи задири і знос.

Стукіт може свідчити і про знос підшипників (вкладишів), які також страждають від нестачі масла, так як саме на вкладиші припадає найбільше навантаження [8, 9].

### 1.3.2 Зниження потужності ДВЗ

Втрата потужності ДВЗ може свідчити про залягання ПК. У цьому випадку кільця не виконують свою функцію – у камері згоряння залишається моторне мастило, а продукти згоряння (гази) прориваються у ДВЗ. Це свідчить про порожню втрату енергії, тобто про зниження динамічних характеристик. Тривала робота у такій ситуації погіршує стан ДВЗ – потрібний капітальний його ремонт [8, 9]. Перевірити стан ДВЗ можна, вимірявши компресію у циліндрах: якщо вона нижче нормативної, то має бути ремонт ДВЗ.

### 1.3.3 Підвищена витрата мастила

Якщо ДВЗ почав ненормовано витрачати мастило, це явна ознака залягання ПК або інших проблем з ЦПГ. Мастило згорає разом з паливом. Внаслідок цього з вихлопної труби йде чорний дим, а температура у камері згоряння перевищує

					ДРМТВА 24.20219.000 ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розрахункову. Деколи можливе очищення без демонтажу ДВЗ, але в більшості випадків потрібне його розбирання і дефектування.

### 1.3.4 Нагар

Відкладення на клапанах, поршнях і свічках запалювання свідчать про проблеми з ДВЗ. Якщо паливо не згорає повністю, шукають причину несправності для її усунення. В іншому випадку ДВЗ перегріється внаслідок погіршення теплопровідності поверхонь, покритих шаром нагару [8, 9].

### 1.3.5 Білий дим з вихлопної труби

Він з'являється, коли в камеру згоряння потрапляє антифриз. Причина – зношування прокладки ГБЦ або мікротріщини у сорочці охолодження ДВЗ: для усунення проблеми потрібно її замінити [8, 9], так як незначне протікання обернеться гідроударом. Камера згоряння наповнюється рідиною, поршень рухається вгору, але рідина не стискається – відбувається ефект удару по твердій поверхні.

При ЩО ДВЗ очищається від бруду, візуально перевіряється його стан і прослуховується робота у різних режимах.

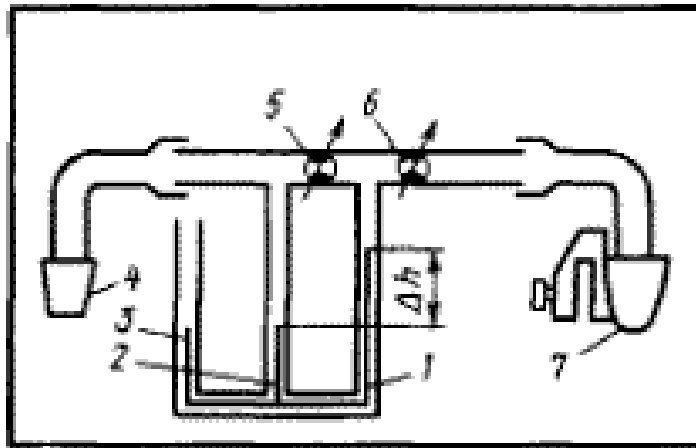
При ТО-1 перевіряється:

- кріплення опор ДВЗ;
- герметичність з'єднання ГБЦ, піддону картера, сальника КВ. При нещільному з'єднанні головки з БЦ видно течу мастила на його стінках. Також нещільне з'єднання піддону картера і сальника КВ призводить до течі мастила.

При ТО-2 підтягують гайки кріплення головок циліндрів: з АІ сплаву проводять на холодному ДВЗ динамометричним ключем (рис. А7) або простим без застосування насадок. Робочий момент повинен бути (7,5-7,8) кгс/м. Підтяжку потрібно проводити від центру, поступово переміщуючись до країв (потрібно йти хрест-на-хрест, без ривків). Підтягують кріплення піддону картера.

					ДРМТВА 24.20219.000 ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Два рази в рік перевіряють стан ЦПГ: сполучення поршень – ПК — ГЦ оцінюють за кількістю газів, які прориваються картер. Цей діагностичний параметр вимірюється витратоміром КІ-4887-11 (рис. 1.8), попередньо прогрівши ДВЗ до нормального теплового режиму [10].



1-3 – манометри, 4 – вхідний патрубок, 5, 6 – крани, 7 – ежектор

**Рисунок 1.8 – Схема приладу витрати газу КІ-4887-11**

Прилад має трубу з вхідними і вихідними шестигривельними кранами. Вхідний патрубок 4 приєднується до мастилозаливної горловини ДВЗ. Ежектор 7 для відсмоктування газів встановлюється всередині вихлопної труби або приєднується до вакуумної установки. При розрідженні в ежекторі картерні гази надходять у витратомір. Кранами 5 і 6 встановлюють рідину в стовпчиках манометрів 2 і 3 на одному рівні, так щоб тиск у порожнині картера дорівнював атмосферному. Перепад тиску (м/г) встановлюється по манометру 1 однаковим для усіх вимірів краном 5. За шкалою приладу визначається кількість газів, яка прорвалася у картер, і порівнюють її з номінальною (л/хв.).

Зовнішні прояви несправностей деталей ЦПГ (поршні, гільзи і ПК) наступні [8, 9]:

- збільшення витрати мастила на доливання;
- погіршення пускових якостей ДВЗ;
- пониження потужнісних та економічних показників;

										Арк.
										25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДРМТВА 24.20219.000 ПЗ					

- збільшення витрати картерних газів;
- погіршення стану картерного мастила.

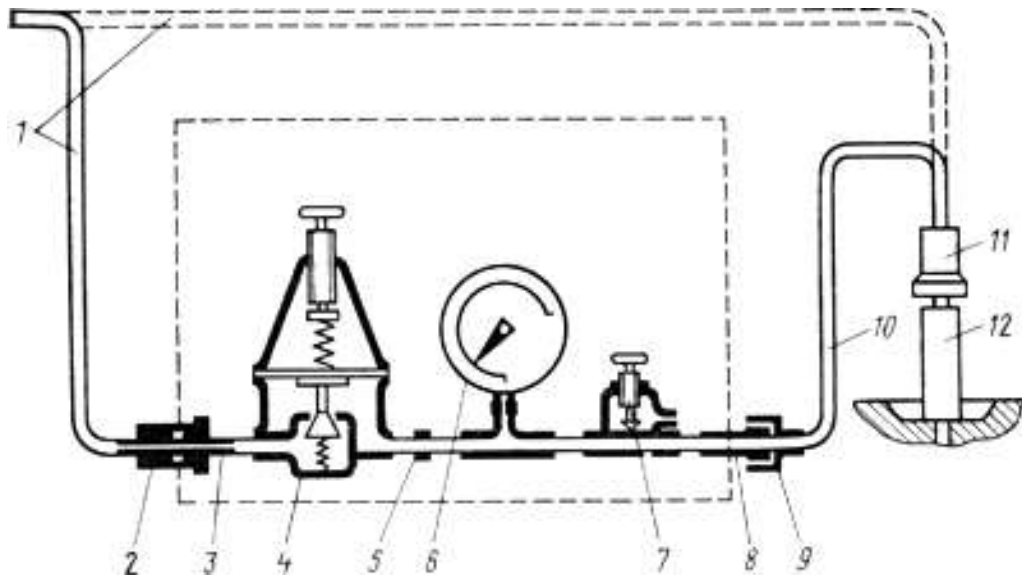
Діагностувати стан деталей ЦПГ за вказаними показниками затруднене, так як на них впливають несправності інших вузлів і систем ДВЗ. Наприклад, на пускові якості ДВЗ разом зі зношенням і дефектами деталей ЦПГ можуть впливати несправності системи електрообладнання (стартера, акумуляторних батарей, генератора) і розрегулювання паливної апаратури (збільшення кута випередження впорскування палива, зменшення пускової подачі, пониження продуктивності підкачувального насоса тощо). Тому для діагностування деталей ЦПГ переконуються у справності інших вузлів і систем ДВЗ, які впливають на працездатність розглянутих деталей. Так, при підвищеній витраті мастила на доливання (більше 1,5 %) переконуються у відсутності течі мастила з ДВЗ і розгерметизації впускного тракту. Для цього використовують прилад К-69М [11] для визначення зникнення стиснутого повітря з надпоршневого простору (рис. 1.9).

Приладом вимірюють виток повітря, яке подається під тиском у циліндр непрацюючого ДВЗ через отвір для форсунки.

Прилад складається з:

- редуктора;
- манометра зі шкалою, яка проградуєрована у % витоку повітря;
- регулювального гвинта;
- вхідного і вихідного штуцерів;
- шланга для з'єднання приладу з циліндром ДВЗ;
- швидкознімних муфт для приєднання шланга магістралі стисненого повітря до приладу і штуцера, який вкручений у різьбовий отвір для форсунки.

					ДРМТВА 24.20219.000 ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1 – шланг від магістралі стисненого повітря; 2 і 11 – муфти швидкознімні; 3 і 8 – штуцера; 4 – редуктор; 5 – отвір калібрований; 6 – манометр, 7 – гвинт регулювальний; 9 – гайка накидна; 10 – шланг для приєднання приладу до двигуна, 12 – штуцер, який вкручують в отвір для форсунки

**Рисунок 1.9 – Прилад К-69М для визначення технічного стану ЦПГ двигуна**

До приладу додають звуковий сигналізатор, щоб визначити кінець такту стиснення у циліндрі ДВЗ перед перевіркою. А щоб визначити початок і кінець такту стиснення у дизелях використовується щуп-індикатор. Якщо значення витoku повітря при положенні поршня у ВМТ  $>$  граничного, стетоскопом перевіряють витік повітря через клапани і переконуються у відсутності витoku повітря через прокладку ГБЦ ДВЗ. Якщо змочування прокладки ГБЦ мильною водою на ній або в наливний горловині радіатора призводить до появи бульбашок повітря, це говорить про слабе затягування гайок ГБЦ або про початок руйнування прокладки. Можлива наявність тріщини у БЦ або камері згорання [8, 9].

Стуки ДВЗ прослуховують стетоскопом, торкаючись кінцем стержня, або до зон прослуховування на ДВЗ.

Стан корінних підшипників КВ визначається прослуховуванням нижньої частини БЦ при різкому збільшенні та скиданні обертів ДВЗ. Зношені корінні

										Арк.
										27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

підшипники видають сильний глухий стукіт низького тону, який посилюється при різкому збільшенні частоти обертання КВ.

Стан шатунних підшипників КВ визначається аналогічно: ношені шатунні підшипники видають стукіт середнього тону, який схожий на стукіт корінних підшипників, але менше сильний і більше дзвінкий (він зникає при виключенні форсунки).

Скрипи у сполученні «поршень – гільза циліндра» свідчать про початок заїдання у цьому сполученні, яке викликане малим зазором або недостатнім змащуванням.

Стан сполучення «поршневий палець – втулка верхньої головки шатуна» перевіряється прослуховуванням верхньої частини БЦ при малій частоті обертання КВ з різким переходом на середню. Різкий металевий стукіт, який нагадує удари молотком по кувалді і пропадає при відключенні форсунок, свідчить про збільшення зазору між поршневим пальцем і втулкою, недостатнє змащення або надмірно велике випередження початку подачі палива.

Сполучення «ПК – канавка поршня» перевіряють на рівні НМТ ходу поршня при середній частоті обертання КВ. Слабкий і клацаючий стукіт високого тону, схожий на звук від ударів кілець між собою, говорить про збільшений зазор між кільцями і поршневою канавкою або про зламні кільця.

Економічність та потужність ДВЗ залежні від компресії у циліндрах, яка знижується при значному зношенні або поломці деталей ЦПГ. Вона оцінюється за тиском у камерах згоряння ДВЗ при такті стиснення, а вимірюється компресометром. Для цього прогрівають ДВЗ до  $t = (80-90) \text{ }^{\circ}\text{C}$  охолоджуючої рідини, після чого його зупиняють.

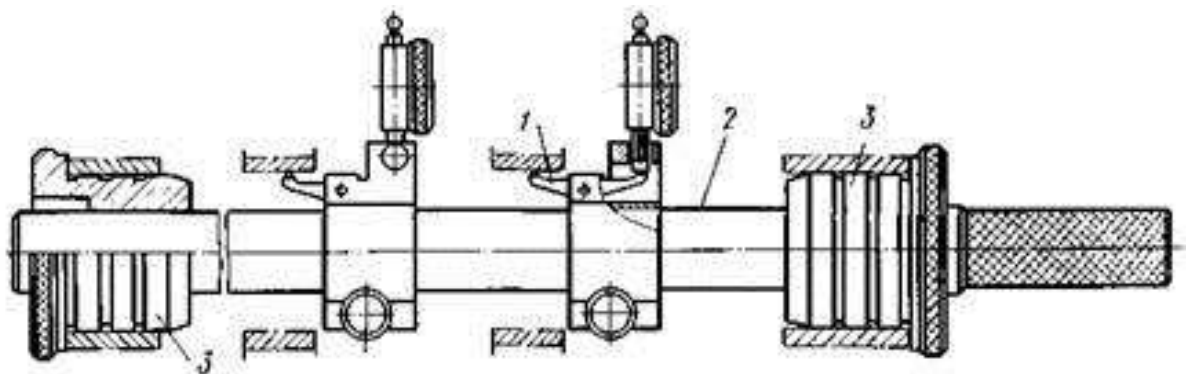
Замірювання компресії дизельного ДВЗ проводять при знеструмленому електромагнітному клапані, який відповідає за припинення подачі палива і розташований на магістралі.

Компресометр підключається до отвору для форсунки (рис. 1.10). Обертають КВ ДВЗ стартером – (10-12) обертів. Тиск у циліндрі рахують за шкалою манометра. Для цього використовується прилад, призначений для вимірювання

					ДРМТВА 24.20219.000 ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



підшипників встановлюють спеціальним пристосуванням (рис. 1.11). Принцип його дії полягає у тому, що качалка 2 за допомогою втулок 3 фіксується у гніздах вкладишів корінних підшипників. На качалці розташовуються (попередньо при введенні у гнізда) індикатори для контролю кожного отвору. Важелі 7 індикаторних пристроїв вводяться у вимірюваний отвір. Індикатори встановлюються на нуль і закріплюються на качалці. При обертанні качалки відхилення стрілок індикаторів показують подвоєне відхилення від співвісності кожного отвору.



1 – важіль, 2 – качалка, 3 – втулки

**Рисунок 1.11 – Пристосування для контролю гнізд корінних підшипників**

					ДРМТВА 24.20219.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

## 2 Розробка технології заміни поршневих кілець КШМ автомобіля Таврія Славута

### 2.1 Загальна інформація про поршневі та компресійні кільця КШМ

ПК за призначенням поділяють на мастилознімні та компресійні. Їх виготовляють із легованого чавуну або сталі [6].

Поршневі компресійні кільця ущільнюють зазор між поршнем і стінкою циліндра. Цим попереджають прорив повітря чи газів з простору над поршнем у картер ДВЗ, а також проникнення масла у камеру згоряння. Одночасно компресійними кільцями відводиться тепло від головки поршня до стінок циліндрів. Поршневі мастилознімні кільця знімають залишки масла зі стінок циліндра.

Компресійні кільця притискаються до стінок циліндрів силами своєї пружності і тиску газів. Виріз у поршневому кільці називають замком, зазор у ньому під час установки в циліндр складає (0,2-0,8) мм. Найбільше поширення отримали кільця з прямими замками, також бувають косі (30-40°), ступінчасті, фасонні (рис. 2.1).

Якщо прийняти тиск у камері згоряння за 100 %, то зверху 1-е кільце сприймає 76 % тиску, друге – 20 %, третє – 7,6 %.

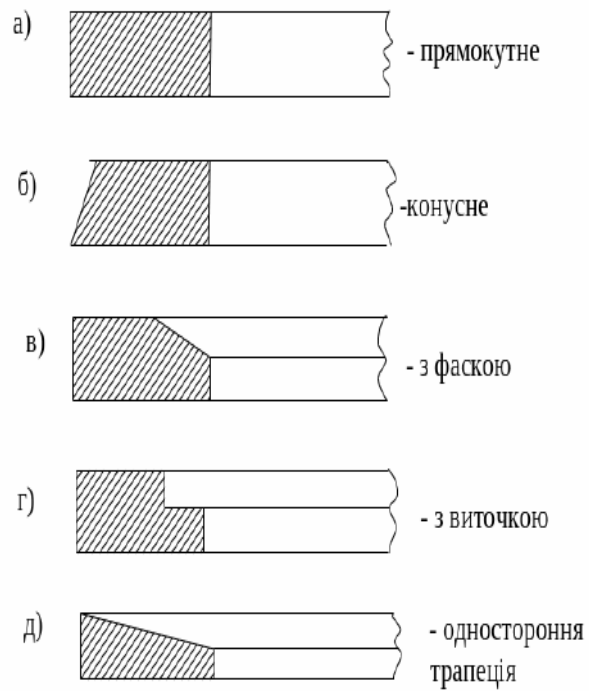
Для ущільнення, яке забезпечує геометричність циліндра, у карбюраторних двигунах на поршні встановлюється два-три компресійних кільця. Замки кілець не повинні знаходитись на одній лінії. Отже, число і розташування кілець залежить від типу і призначення двигуна. Найпоширеніша схема — 2 компресійних і 1 мастилознімне (оливознімне) кільце [12]. Зовнішній вигляд поршневих кілець автомобіля Таврія Славута наведено на рис. 2.2.

Мастилознімними кільцями знімаються лишки масла зі стінки циліндра. На поршень встановлюється 1-е або 2 кільця. За конструктивними ознаками їх виготовляють:

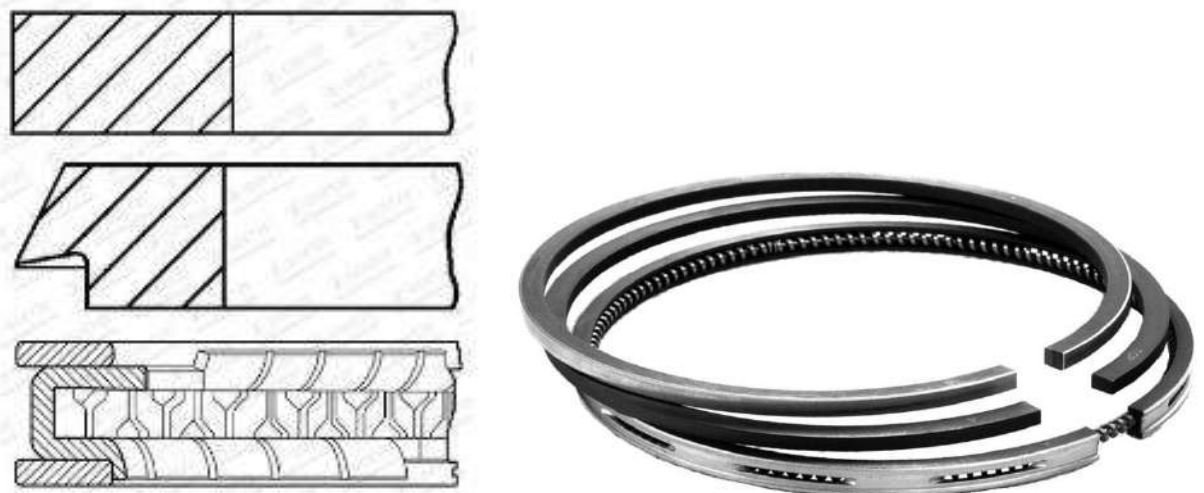
- циліндричними з проточками та отворами для відведення мастила;
- з пружним розширювачем;

					ДРМТВА 24.20219.000 ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– скребкового типу (їх у канавку поршня вкладається 2).



**Рисунок 2.1 – Форми поперечних перерізів поршневих компресійних кілець**



**Рисунок 2.2 – Зовнішній вигляд ПК автомобіля Таврія Славута [14, 26]**

## 2.2 Поломка або знос кілець через навантаження у циліндрі

ПК зазнають зносу при переміщенні разом з поршнем у циліндрі. Знос проходить як наслідок взаємодії з механічними деталями (стінками циліндра і поршневыми ривцями), так і через вплив на них гарячих відпрацьованих газів. Спостерігається хімічне зношування, так як у пальному міститься S. Для мінімізації ступеня зношення їх виготовляють зі зносостійких матеріалів (чавун), і вони мають спеціальне покриття, яке підвищує зносостійкість. Є також дані, що зношування кілець пропорційний запиленості повітря, яке поступає у циліндр [13].

Окрім зношення, зустрічається поломка кільця на кілька частин, а також залягання (закоксовування) через скупчення у канавці незгорілих часток сажі, мастила тощо. Головні причини закоксовування:

- низька якість вживаного мастила;
- несвоєчасна його заміна з наступним осмоленням;
- тривала підвищена витрата мастила через пропуск манжет клапанів;
- неправильний монтаж збірної мастилознімної кільця тощо.

У деяких випадках (при використанні рослинної олії замість солярки) провиною залягання є паливо.

Втрата пружності кілець відбувається через порушення режиму обкочування і низької якості ПК. При поганому приляганні і проривах гарячих газів кільце втрачає пружність (сідає) з подальшим ростом проривання газів і витрати мастила.

При значному зношенні поршневої канавки росте ризик поломки верхнього ПК. У циліндрі в результаті об'ємного згорання (дизель) або іскрової детонації виникають ударні хвилі, які викликають вібрацію і зіткнення кільця з канавкою. Крім цього, у міру розношування канавок і збільшення проміжку в стику кілець росте витрата мастила. Отже, витрата мастила – це ремонтний критерій для заміни кілець з поршнями і (у багатьох випадках) розточуванням БЦ [13].

					ДРМТВА 24.20219.000 ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 2.3 Розробка технологічного процесу заміни поршневих кілець КШМ автомобіля Таврія Славута

Через 150 000 км пробігу авто відбувається видиме зношування у групі поршнів. Його визначають за такими ознаками:

- підвищення витрати бензину;
- зменшення (менше 10 кгс/см<sup>2</sup>) компресії двигуна.
- збільшення витрати мастила;
- зміна вихлопних газів до сизого відтінку кольору.

Достатньо 1000 км пробігу для зменшення рівня мастила від max позначки до min.

Витрата мастила зменшується після заміни мастиловідбивних ковпачків. Це свідчить, що потрібна діагностика поршневої системи і заміна зношених деталей. Допустиме зношення гільз і поршнів не повинен перевищувати 0,15 мм (у цьому випадку можна замінити тільки ПК; на автомобілі Таврія Славута це можна зробити без зняття ДВЗ з машини). Після установки інших ПК замінюють прокладку, розташовану між головкою і БЦ. Усі інші деталі, які вийшли з ладу, замінюють новими у процесі складання [12]. ТП заміни ПК КШМ автомобіля Таврія Славута наведений на рис. А8.

### 2.4 Технологія розбирання поршневої групи КШМ

Якщо на авто Таврія Славута з ладу вийшла поршнева група, її заміну проводять на оглядовій ямі або естакаді. Для цього потрібно мати:

- набір ключів;
- спеціальний динамометричний ключ (рис. А7);
- оправку, якою обтискують кільця на поршні.

Порядок виконання робіт при заміні ПК на Таврія Славута:

- витягують акумулятор, повітряний фільтр, карбюратор, датчик запалювання, вентиляційний шланг;

					ДРМТВА 24.20219.000 ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- зливають змащуючу рідину з піддону ДВЗ;
- від'єднують датчик, який вказує температуру рідини для охолодження;
- викручують з блоку ДВЗ пробку і зливають Тосол;
- від впускного колектора знімають шланг від вакуумного підсилювача гальм;
- відкручують на хомуті болт, який утримує приймальну трубу для вилучення вихлопних газів на КП;
- від'єднують приймальну трубу від резонаторної;
- роз'єднують приймальну труба, яка йде до колектора від ДВЗ;
- відкручують верхню і нижню гайки, які фіксують повітрязбірник (вона утримує ще й передню частину щита, який від гарячого вихлопного колектора захищає стартер);
- відкручують кріплення захисного кожуха, який закриває пас приводу РВ;
- послаблюють натяжку паса (його знімають із зірочки РВ);
- знімають зірочку;
- від'єднують задню кришку, яка закриває пас;
- відкручують гвинти, які утримують головку на БЦ;
- відкручують усі болти, які кріплять ГБЦ;
- звільнити від кріплення і вилучити кришку на картері зчеплення;
- відкручують гвинти і витягується піддон картера ДВЗ;
- витягують мастилоприймач з корпусу насоса для прокачування мастила;
- відкручують гайки шатунних гвинтів;
- знімають кришки на шатунах;
- виймають поршні з шатунами і верхніми вкладишами;
- затискають у лещата шатун;
- розводять замки на ПК, знімають по черзі КК з поршня;
- видаляють одне мастилознімне кільце;
- витягують розширювач мастилознімного кільця;
- очищають канавки поршнів від нагару.

					ДРМТВА 24.20219.000 ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перед заміною ПК їх обкачують по поршневих канавках. Якщо кільця закушує, їх притирають наждачним папером з дрібним зерном (для зручності їх укладають на скло).

Необхідно звертати увагу на друге КК, так як воно досить жорстке і крихке і його можна поламати.

Замінити ПК потрібно після вимірювання щупами зазору між новим ПК і стінкою канавки (рис. А1).

Спеціальна інструкція, згідно з якою в поршневих канавках допустимі зазори для кілець повинні бути у певних межах, наведена у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Допустимі зазори для кілець

<b>Кільце</b>	<b>Зазор, який повинен бути між ПК і розташованої на поршні стінкою канавки</b>
Компресійне верхнє	0,040-0,075
Компресійне нижнє	0,030-0,065
Мастилознімне	0,020-0,055

При перевищенні тах допустимого зазору замінюють ПК руками.

Проточкою вниз орієнтують нижнє КК.

На поршень кільця одягають у наступній послідовності:

- розсувають замок кільця, щоб кільце можна було надіти на поршень;
- заводять замок кільця на поршень;
- встановлюють тильну частину деталі.

Установка нових кілець на поршень починається від розширювача мастилознімного кільця. Після монтажу кільце замка розширювача повинно бути розгорнуто відносно замка кільця на 180°.

Після установки всіх кілець на поршень, їх орієнтують, щоб кут між замком верхнього КК і віссю установки поршневого пальця становив 45°.

					ДРМТВА 24.20219.000 ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Замок на нижньому КК розгортають на 180°, а кут між замком на мастилознімного кільця і замком на верхньому КК повинен бути 90°.

При порушенні технології монтажу кілець мастильна рідина може проникнути у циліндр. Це призведе до:

- утворення нагару на стінках у камері згоряння;
- з глушника буде виходити дим;
- витрата мастила значно збільшиться.

На поршень кільця надягають спеціальними щипчиками або використовуючи спеціальним пристосуванням

При монтажі вузла змащують дзеркало циліндра, кільця і поршень якісним моторним мастилом.

Надягають на поршень оправку, якою обтискують кільця. При самоустановці кілець постукують рукояткою молотка по оправці.

Встановлюють у нижню кришку на шатуні вкладиші (перед цим ліжка в шатуні і в кришці для вкладишів насухо витирають).

Шатунну шийка КВ і поверхні вкладиші змащують якісним моторним мастилом.

Стрілку на днищі поршня орієнтують так, щоб її напрямок був до шківів КВ, поршень ставиться в гільзу блоку.

Поршень необхідно втопити в циліндр. Оправлення потрібно притиснути до блоку, а по дну поршня простукують рукою молотка. Одночасно стежать за просуванням шатуна до шийки КВ.

Встановлюють кришку на шатун, а гайки затягують моментом  $M = 5 \text{ кгс/м}$ .

Методика обкочування автомобіля після установки нових ПК:

- не можна повністю навантажувати автомобіль;
- своєчасно здійснювати перемикання передач;
- дороги не повинні мати затяжні підйоми;
- проводити контроль рівня мастила;
- довго простоювати у пробках і різко прискорюватися не можна;

					ДРМТВА 24.20219.000 ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– змінювати змащувальну рідину і масляний фільтр потрібно після 1000 км шляху.

					ДРМТВА 24.20219.000 ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 3 Зміцнення поршневих кілець КШМ легкового автомобіля Таврія Славути

### 3.1 Матеріали поршневих кілець

Верхнє ПК і перемичка над його канавкою працюють у дуже важких умовах. Верхнє кільце повинне:

- забезпечувати якісне ущільнення робочої поверхні при високих тисках;
- працювати в оточенні високотемпературних газів (кільця повинні протистояти їх дії мільйони циклів і зберігати свою пружність і можливість ущільнення).

Цими вимогами визначаються технології виробництва та металургійні особливості матеріалу кілець: вони повинні мати низький коефіцієнт тертя, достатні характеристики проти заїдання, низькі параметри зносу [24, 25].

Тому ПК виготовляють з високоякісного сірого або КЧ, чи легованої сталі. Теплостійкість і межа міцності сталевих ПК вищі, зате чавунні дешевші і легко приробляються навіть без покриття. Сталеві завжди покривають антифрикційним або твердим покриттям [13].

Поширений варіант:

- верхні сталеві (з покриттям пористим Cr і Pb);
- другі верхні з покриттям Mo або чавунні без покриття;
- мастилознімні литі з чавуну або набірні сталеві.

У цьому випадку спочатку приробляють м'якший матеріал 2-го кільця (Mo), а далі при припрацюванні функції основного ущільнення переходять до довговічнішого кільця з Cr покриттям.

Найчастіше верхнє кільце і кільце, яке регулює подачу змащення, покривають Cr або Sn чи нітридами (з використанням плазмового напилення) або мають керамічне покриття, створене вакуумним напиленням [13].

Матеріал кілець повинен зберігати необхідну пружність, так як КК розширювачів не мають. Після забезпечення прилягання основне притискання

					ДРМТВА 24.20219.000 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кільцю забезпечується газовим тиском. Неправильна орієнтація КК може збільшити витрату мастила [13].

Приймаємо наступний матеріал для виготовлення ПК КШМ автомобіля Таврія Славута – ковкий чавун КЧ37-12.

### 3.2 Характеристика ковкого чавуну КЧ37-12

КЧ — умовна назва чавуну, який має підвищену пластичність. Він міцний, стійкий до впливу зовнішнього (корозійного) середовища і проти зносу, має гарні ливарні властивості. КЧ містить (2,2-3,1) % С. Назва чавуну — умовна, оскільки він не піддається куванню, хоча він пластичніший за СЧ і БЧ [17].

Ковкий чавун маркують буквами КЧ, за якими йдуть:

- дві цифри, які відображають межу міцності при розтягуванні  $\sigma_B$  (у кгс/мм<sup>2</sup>);
- за ними, через дефіс, знаходяться одна або дві цифри, які відображають відносне подовження  $\delta$  (у %).

Характеристика матеріалу КЧ37-12 наведена у табл. 3.1 і 3.2 [16].

Таблиця 3.1 – Хімічний склад у % чавуну КЧ37-12

C	Si	Mn	S	P	Cr	C+Si
2.4-2.7	1.2-1.4	0.2-0.4	до 0.06	до 0.12	до 0.06	3.6-4

Таблиця 3.2 – Механічні властивості при T=20 °C чавуну КЧ37-12

$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	Твердість, НВ $10^{-1}$ , МПа
362	12	110-163

КЧ отримують відпалом доевтектичного із вмістом С (2,3-2,8)% БЧ (крицювання чавуну). При відпалі цементит БЧ розпадається і С виділяється у вільному стані, утворюючи пластівчасті включення графіту. Цю форму графіту

називають вуглецем відпалу. Ступінь розпаду цементиту при відпалі визначає структуру металевої основи КЧ [15-17].

### 3.2.1 Переваги ковкого чавуну

КЧ має наступні переваги:

- поєднання відмінних механічних властивостей і високої оброблюваності різанням;
- однорідність структури по усьому перерізу виливки;
- відсутність внутрішніх напружень у виливці;
- здатність сприймати великі знакозмінні навантаження;
- хороша корозійна стійкість.

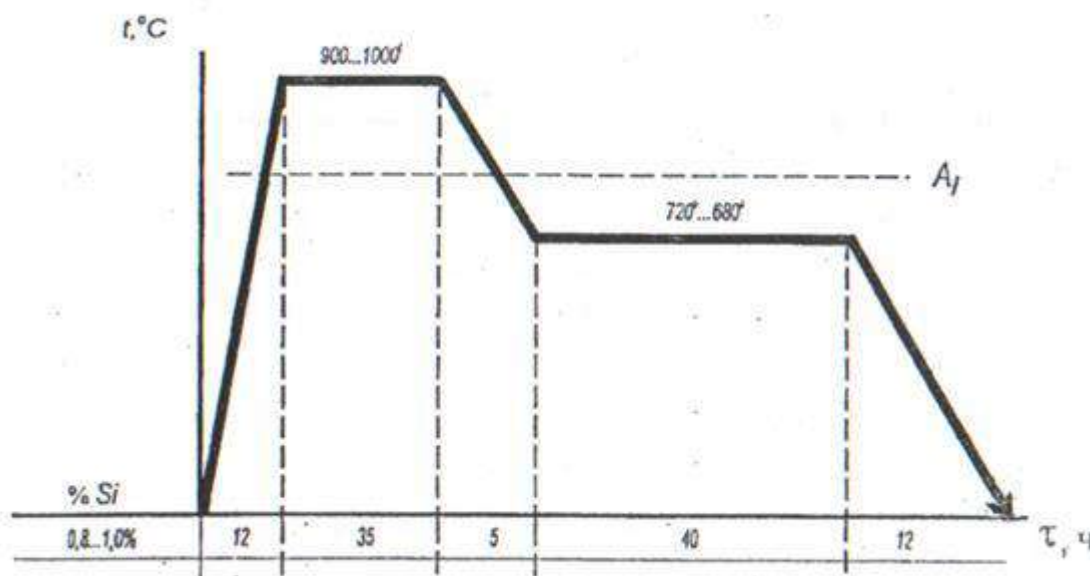
### 3.3 Термічна обробка ковкого чавуну КЧ37-12

Термічною обробкою змінюють механічні властивості КЧ — зменшується міцність і твердість, метал стає пластичним. Відпал змінює структуру металу, перетворюючи цементит на графіт (графітизація). КЧ із заданими властивостями отримують шляхом графітизуючого відпалу БЧ. Відпал складається з п'яти етапів:

1. Плавне нагрівання заготовки протягом 24 год. до  $t = (900-1000) ^\circ\text{C}$ .
2. Витримка протягом (16-20) год. при цій температурі. — Це 1-й етап графітизації.
3. Поступове охолодження протягом (6-12) год. до  $t = 720 ^\circ\text{C}$ .
4. Витримка заготовки протягом 30 год. при  $t = 720 ^\circ\text{C}$ . — Це 2-й етап графітизації.
5. Повне охолодження заготовки.

Графік технології відпалу на феритний КЧ наведений на рис. 3.1.

					ДРМТВА 24.20219.000 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



**Рисунок 3.1 – Технологія відпалу білого чавуну на ковкий феритний**

Вказаний чавун має понижений вміст С – (2,5-3,0)% і Si – (0,7-1,5)%. Нижчий вміст С сприяє підвищенню пластичності, а понижений вміст Si виключає виділення пластинчатого графіту в структурі виливок при охолодженні.

Відпал проводиться у 2 стадії. Спочатку виливки (упаковані в ящики з піском) витримують при  $t = (950-970)^\circ\text{C}$ . При цьому відбувається розпад цементиту, який входить до складу ледебуриту, і встановлення стабільної рівноваги (аустеніт + графіт). У результаті розпаду аустеніту дифузійним шляхом утворюється пластинчастий графіт (вуглець відпалу).

Потім виливок охолоджується до температури евтектоїдного перетворення. При цьому з аустеніту виділяється і розпадається вторинний цементит, що викликає зростання графітних включень. Досягши евтектоїдного інтервалу температур, охолодження уповільнюють або дають тривалу витримку при температурі, нижчій за цей інтервал (2-й етап графітизації). При цьому відбувається розпад аустеніту з утворенням фериту і графіту. Після графітизуючого відпалу структура чавуну складається з фериту і пластівчастого графіту і має твердість HB 163-185.

Структура ковкого феритного чавуну наведена на рис. 3.2.

					ДРМТВА 24.20219.000 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



**Рисунок 3.2 – Структура ковкого феритного чавуну**

Найчастіше верхнє кільце і кільце, яке регулює подачу змащення, покривають Cr.

Не можна використовувати кільця, виготовлені з чавуну або сталі, відразу після виробництва. Тенденція до корозії через складності умов праці і природної структури матеріалу впливає на термін служби. Тому на поверхні кілець наносять покриття – проводять електрохімічне хромування [19], яке є ефективним способом підвищення їх зносостійкості [22].

Мета покриття хромом – зменшення зношування і продовження терміну служби кільця з ГЦ. Для зменшення зношування кільця і стінок циліндра хромують верхнє кільце (останнім часом спостерігається тенденція не лише до верхнього кільця, але і до інших кілець): що хромування створює тверду поверхню, яка зменшує знос цих кілець.

Хромоване покриття наноситься в 2-ма способами [19]:

- твердий спосіб;
- пористе хромування.

Основна перевага пористого хрому перед гладким – він добре утримує масляну плівку. Це оберігає кільця від сухого і граничного тертя і підвищує їх зносостійкість.

Відмінність пористого хрому від гладкого – наявність у нанесеному шарі пір і каналів. Їх форми, розміри і кількість визначають режимами хромування. Електролітично нанесений шар Cr має велике внутрішнє напруження і є пористим. Але така пористість недостатня для утримання масла. Тому після

					ДРМТВА 24.20219.000 ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електролізу хромована поверхня кілець піддається анодній обробці: деталі підвішують на аноді у ванні того самого складу. У процесі анодного труєння збільшуються пори (30% поверхні) і зменшується товщина осаду. Поверхня пористого Cr добре змочується мастилом, яке, утримуючись у порах покриття, забезпечує безперервність масляної плівки. Таким чином, хромовані кільця мінімізують зношування як самих себе, так і поверхонь гільзи, з якими вони працюють [19].

### 3.3.1 Вплив окремих чинників на тип і величину пористості

Залежно від режимів хромування та анодного труєння отримують пористість осповидного та каналного типів. Щоб отримати пористість певного типу, потрібно мати відповідну сітку тріщин на хромовому покритті. Цього досягають встановленим режимом хромування. Вирішальне значення має склад ванни, її температура, щільність струму, а також тривалість процесу.

Тривалість анодного труєння значно збільшує розміри і густину каналів, зменшує товщину хромового осаду і понижує його зносостійкість. Тому тривалість труєння має бути достатньою для отримання розгалуженої мережі каналів і не повинна бути дуже великою, щоб створити більшу кількість додаткових пір і не знищити перегородки між ними (тривалість труєння коливається в межах (6-10) хв.).

При хромуванні ПК застосовують кільцеві аноди. Для забезпечення однакової відстані до поверхні кільця, яке хромується, анод має бути точно оброблений.

Хромове покриття відрізняється дуже високою твердістю – HV (900-1000) МПа, жаростійкістю, низьким коефіцієнтом тертя і противозадирними властивостями [20].

					ДРМТВА 24.20219.000 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.3.2 Технологічний процес пористого хромування поршневих кілець

ТП отримання пористого хрому не відрізняється від процесу хромування гладким хромом. Як і при гладкому хромі, деталь піддається тим самим операціям попередньої підготовки (різниця лише у детальнішій механічній обробці). Точно і чисто оброблена поверхня – необхідна умова отримання рівномірного і гладкого покриття, так як припуски на остаточну механічну обробку малі, а межі допусків вузькі.

Після чистової механічної обробки кільця:

- очищають від забруднень (завішують на пристосування; знежирюють; промивають);
- переміщують у ванну з насиченим розчином і вирівнюванням температури;
- підключають струм і піддають анодному трупенню у ванні того самого складу протягом (6-10) хв.;
- хромують в електроліті потрібного складу і режиму роботи до отримання необхідної товщини покриття;
- для отримання пористості зовнішню поверхню покриття розпушують (перехресні напрями струму в кінці хромування) на глибину, рівну 0,25% товщини покриття;
- промивають і сушать у сушарній шафі протягом (0,5-2) год. при  $t = (150-200)^{\circ}\text{C}$ .

Застосуємо для хромування наступний розчин: шестивалентний хром, основний інгредієнт — хромовий ангідрид [21].

Вміст ванни з шестивалентним хромом:

- хромова кислота  $\text{H}_2\text{CrO}_4$  – (225-300) г/л;
- сірчана кислота  $\text{H}_2\text{SO}_4$ : 2.25—3.0 г/л;
- температура  $t = (45-60)^{\circ}\text{C}$
- щільність струму – (1,55-3,10)  $\text{кА/м}^2$ .

Аноди: свинець, що містить до 7 % олова або сурми.

					ДРМТВА 24.20219.000 ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Товщина хромового шару складає (0,075-0,25) мм з урахуванням припуску на остаточну механічну обробку, а його твердість знаходиться у межах (66-70) HRC.

Велике значення мають форма анода та конструкція підвіски: вона повинна забезпечувати точне центрування аноду відносно кільця.

Для хромування деталей пар тертя, працюючих в тяжких умовах (ПК, дзеркало циліндра, ДВЗ), потрібно створити покриття з порами великого розміру, які здатні утримувати мастило. Тому після нанесення Cr суцільним шаром для розширення природних каналів на поверхні покриття її зовнішню поверхню розпушують (здійснюють короткочасне електрохімічне труєння зворотним струмом «деталь–анод» на глибину, рівну 0,25% товщини покриття [21]. Пориста поверхня суттєво утримує мастило, присутність якого попереджає задири у процесі приробки [20].

Щоб отримати необхідну якість і геометричні розміри, кільця піддають остаточній механічній обробці: їх притирають із застосуванням притиральної пасти з абразивного порошку (алунд  $Al_2O_3$ , зерно 180 мкм/км) з гасом у вигляді кашки, якою покривають кільця. Потім частки абразиву вилучають з пір покриття в гасі і гарячій содовій воді з наступним обдувом стислим повітрям [20].

Недоліки твердого хромування[20]:

- 1) через високу твердість Cr і погані змащуваності мастилом процес припрацювання кілець затягується;
- 2) кільця вимагають високої точності виготовлення циліндра і повного усунення просвітів між кільцем і дзеркалом циліндра.

На подолання тертя ПК доводиться від 40 до 60% усіх механічних втрат у ДВЗ. В особливо важких умовах працює 1-е кільце, на яке лягає  $\cong 60\%$  втрат на тертя усіх кілець. Воно стримує  $\cong 50\%$  тиску газів у ГЦ, а при відсутності масляного охолодження поршня пропускає через себе  $\cong 60\%$  тепла, яке сприймається поршнем [23].

Зносостійкість пористохромированих кілець значно залежить від структури пористого шару. Найкращі результати дає сітчаста пористість з розміром пір (0,05-0,1) мм<sup>2</sup> При правильно проведеному процесі приробки зносостійкість

					ДРМТВА 24.20219.000 ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

хромованих кілець у (15-25) разів перевищує зносостійкість звичайних чавунних [20].

Використовувані при хромуванні реагенти та відходи процесу дуже токсичні, тому у більшості країн цей процес строго регулюють.

Поверхневі дефекти при хромуванні посилюються. Тому поверхня підлягає наступній обробці, так як хромування не дає ефекту вирівнювання [21].

Порушення складу і температури ванни призводить до дефектів покриття (відшарування, плями, матовість), руйнування свинцевого футерування ванни. При перевищенні щільності струму на краях і кутах кілець утворюються нарости (дендрити різної форми).

### 3.4 Устаткування для гальванічного хромування

Гальванічна ванна – основа усього гальванічного виробництва. Ванни бувають активними (ванна хромування) та допоміжними (ванна промивання). Активні ванни призначені для безпосереднього процесу нанесення покриття, а в допоміжних – готують деталі до нанесення покриття [27, 28].

Важливість допоміжних ванн не менша основних – це ванни промивання, каскадного промивання, сушіння, приготування розчинів.

Гальванічні ванни призначені для виконання процесу гальванізації вузлів, деталей та інших виробів з різних металів. Основні вимоги для виготовлення ванн:

- герметичність усіх швів і з'єднань;
- хімічна стійкість матеріалу, з якого виготовлена ванна, до застосовуваного хімічного розчину;
- дотримання температурного режиму розчину ванни (нагрівачі та охолоджувачі);
- зручність роботи з ванною та її обслуговування.

Для зручності роботи з гальванічними ваннами на гальванічній ділянці дотримуються наступних параметрів при їх проектуванні:

					ДРМТВА 24.20219.000 ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- для ручної ванни рекомендована ширина 800 мм, що обумовлено фізіологією людини (витягнутою рукою обслужити ванну);
- відстань між штангами закладають (150-300) мм (це впливає на товщину покриття деталей, але потрібно враховувати форму і товщину деталей);
- висота ванни проектується у межах (850-1000) мм від рівня майданчика обслуговування (рис. А2).

Приклади гальванічних ванн наведені на рис. А3-А6.

					ДРМТВА 24.20219.000 ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### 4 Організація робочих місць і ТБ на дільниці гальванічних покриттів

Основне обладнання ділянки гальванічних покриттів:

- ванни для нанесення покриттів;
- допоміжні ванни для знежирення, травлення і промивання деталей.

Ванни встановлюють у відповідності з ТП. Так як в авторемонтному підприємстві застосовують декілька різних процесів нанесення покриттів, то з метою економії площі рекомендують основні ванни встановлювати біля стін дільниці, а допоміжні – посередині [29].

Якщо джерелами живлення є випрямлячі, то їх встановлюють поблизу ванн, які є споживачами струму.

Щоб завантажити-вивантажити деталі, а також для транспортування від однієї ванни в іншу, застосовуються електротельфери.

Найшкідливіші для здоров'я працюючих на гальванічних дільницях – електроліти. Кислотні та лужні електроліти дуже токсичні і негативно діють на дихальні шляхи та шкірні покриви працюючих. В основному, гальванічні процеси протікають з виділенням  $O_2$  і  $H_2$ . Гази, які виділяються, захоплюють з собою найдрібніші частинки електроліту та насичують повітря в приміщенні шкідливими парами. Тому при обладнанні гальванічних дільниць особливу увагу приділяють вентиляції приміщень.

На гальванічних дільницях рекомендують мати загальну припливно-витяжну вентиляцію з (8-10)-кратним обміном повітря на год.. Крім загальної вентиляції, кожна ванна з шкідливими виділеннями повинна мати 2-сторонній бортовий відсмоктувач повітря, потужність яких визначається виходячи з об'єму вилученого повітря з  $1 \text{ м}^2$  поверхні ванни на год.. Для ванн хромування цей показник –  $6000 \text{ м}^3/\text{год.}$ , а для електролітичного знежирення –  $3000 \text{ м}^3/\text{год.}$

На гальванічних дільницях застосовують гумове взуття, рукавички і фартухи. У приміщенні встановлюють фонтани з водою для обмивання шкіряних покривів, на які може потрапити електроліт. Підлоги та стіни гальванічної дільниці покривають керамічною плиткою і щодня миють.

					ДРМТВА 24.20219.000 ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для охорони навколишнього середовища стічні води після промивання деталей пропускають через очисні споруди.

					ДРМТВА 24.20219.000 ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Висновки

Наведена загальна інформація про двигуни та їх складові (призначення і види силових агрегатів автомобілів; будова, призначення, принцип роботи і види КШМ автомобіля; можливі несправності та технічне обслуговування двигуна).

Розроблена технологія заміни поршневих кілець КШМ автомобіля Таврія Славута (загальна інформація про поршневі та компресійні кільця КШМ; поломка або знос кілець через навантаження у циліндрі; розробка технологічного процесу заміни поршневих кілець КШМ; технологія розбирання поршневої групи КШМ).

Спроектований технологічний процес зміцнення поршневих кілець КШМ легкового автомобіля Таврія Славута (вибраний матеріал поршневих кілець; наведена характеристика ковкого чавуну КЧ37-12 та його переваги).

Термічна обробка поршневих кілець з ковкого чавуну КЧ37-12 складається з відпалу та пористого хромування. Відпал має з п'ять етапів:

1. Плавне нагрівання заготовки протягом 24 год. до  $t = (950-970) \text{ } ^\circ\text{C}$ .
2. Витримка протягом (16-20) год. при цій температурі. — Це 1-й етап графітизації.
3. Поступове охолодження протягом (6-12) год. до  $t = 720 \text{ } ^\circ\text{C}$ .
4. Витримка заготовки протягом 30 год. при  $t = 720 \text{ } ^\circ\text{C}$ . — Це 2-й етап графітизації.
5. Повне охолодження заготовки.

Технологічний процес пористого хромування наступний.

Після чистової механічної обробки кільця:

- очищають від забруднень (завішують на пристосування; знежирюють; промивають);
- переміщують у ванну з насиченим розчином і вирівнюванням температури;
- підключають струм і піддають анодному труєнню у ванні того самого складу протягом (6-10) хв.;
- хромують в електроліті потрібного складу і режиму роботи до отримання необхідної товщини покриття;

					ДРМТВА 24.20219.000 ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– для отримання пористості зовнішню поверхню покриття розпушують (перехресні напрями струму в кінці хромування) на глибину, рівну 0,25% товщини покриття; пориста поверхня суттєво утримує мастило, присутність якого попереджає задири у процесі приробки;

– промивають і сушать у сушарній шафі протягом (0,5-2) год. при  $t = (150-200)^\circ\text{C}$ .

Застосуємо для хромування наступний розчин: шестивалентний хром, основний інгредієнт — хромовий ангідрид  $\text{CrO}_3$ .

Вміст ванни:

– хромова кислота  $\text{H}_2\text{CrO}_4$  (225-300) г/л;

– сірчана кислота  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (2,25-3,00) г/л;

– температура  $t = (45-60)^\circ\text{C}$

– щільність струму (1,55-3,10)  $\text{kA/m}^2$ .

Аноди: свинець, який містить до 7 % Pb або Sb.

Товщина хромового шару складає (0,075-0,25) мм з урахуванням припуску на остаточну механічну обробку, а його твердість знаходиться у межах (66-70) HRC.

Для хромування деталей пар тертя, працюючих в тяжких умовах (ПК, дзеркало циліндра, ДВЗ), потрібно створити покриття з порами великого розміру, які здатні утримувати мастило. Тому після нанесення Cr суцільним шаром для розширення природних каналів на поверхні покриття її зовнішню поверхню розпушують (здійснюють короткочасне електрохімічне труєння зворотним струмом «деталь–анод» на глибину, рівну 0,25% товщини покриття. Пориста поверхня суттєво утримує мастило, присутність якого попереджає задири у процесі приробки.

Щоб отримати необхідну якість і геометричні розміри, кільця піддають остаточній механічній обробці: їх притирають із застосуванням притиральної пасти з абразивного порошку (алунд  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , зерно 180 мкм/км) з гасом у вигляді кашки, якою покривають кільця. Потім частки абразиву вилучають з пір покриття в гасі і гарячій содовій воді з наступним обдуванням стислим повітрям.

					ДРМТВА 24.20219.000 ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Список використаних джерел

1. Абрамчук Ф.І., Гутаревич Автомобільні двигуни: Підручник / Ф.І. Абрамчук, Ю.Ф. Гутаревич. – К.: Арістей, 2012. – 476 с.
2. Кисликов В.Ф. Будова й експлуатація автомобілів: Підручник / В.Ф. Кисликов, В.В. Лущик. – К.: Либідь, 2010. – 400 с.
3. Загальна будова двигунів внутрішнього згоряння [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/8892219/page:2/>
4. Автомобілі [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/8892219/>
5. Конспект лекцій з дисципліни “Автомобілі”. Кривошипно-шатунний механізм [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/5607476/>
6. Кривошипно-шатунний механізм [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/8892219/page:3/>
7. Маркушин О.Г. Дидактичний посібник до теми: «Кривошипно-шатунний механізм» / О.Г. Маркушин – Рівне: Рівненський професійний ліцей, 2011. – 24 с.
8. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: організація і управління: Підручник / О.А. Лудченко. – К.: Знання, 2008. – 478с.
9. Канарчук В.Є. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів / В.Є. Канарчук, А.А. Лудченко, А.Д. Чигринець. – К.: Вища школа, 2014. – 1324 с.
10. Технічне діагностування автогрейдерів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://belgidrosila.ru/encziklopediya/tehnicheskoe-diagnostirovanie-avtogrejderov/>
11. Прилад К-69М [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://vuzlit.com/967813/pribor>
12. Поршневе кільце [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Поршневе\\_кільце](https://uk.wikipedia.org/wiki/Поршневе_кільце)
13. Поршневі кільця [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Поршневые\\_кольца#:~:text=Поршневые%20кольца%2](https://ru.wikipedia.org/wiki/Поршневые_кольца#:~:text=Поршневые%20кольца%2)

					ДРМТВА 24.20219.000 ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оизготавливают%20из%20высококачественного,легко%20прирабатываются%20да  
же%20без%20покрытия

14. Кільця поршневі Таврія 1102 1103 Славута [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://exist.ua/uk/porshnevi-kilcja/zaz-zaz-cars/slavuta/>

15. Чавун КЧ37-12 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://evек.com.ua/materials/chugun-kch37-12.html>

16. Характеристика матеріалу КЧ37-12 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.splav-kharkov.com/mat\\_start.php?name\\_id=425](https://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=425)

17. Ковкий чавун [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Ковкий\\_чавун](https://uk.wikipedia.org/wiki/Ковкий_чавун)

18. Хільчевський В. В. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів: Навчальний посібник / В. В. Хільчевський. – К.: Либідь, 2002. — 328 с.

19. Покрытие кілець [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.yenmak.com.tr/ru/item/--462>

20. Теорія: поршневі кільця [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://moto.kiev.ua/article/advice/11111230704>

21. Хромування [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Хромирование>

22. Хромування (гальванічне нанесення твердого хрому на деталі) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://metalcoating.com.ua/uslugi/hromirovanie-galvanicheskoe-nanesenie-tverdogo-hroma-na-stalnye-detali/>

23. Про якість поршневих кілець [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zapchasti.kiev.ua/info/info9.php>

24. Вибираємо поршневі кільця [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://news.obozrevatel.com/auto/news/2006/05/04/745.htm>

25. Вибір поршневих кілець [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/1940527/page:7/>

					ДРМТВА 24.20219.000 ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

26. Підбирання поршневих кілець: розміри, матеріали, виготовлення [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://addinol.kiev.ua/blog/podbor-porshnevyyh-kolets-razmery-i-materialy-izgotovleniya>

27. Обладнання для гальваніки [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://vskproekt.ru/galvanicheskoe-oborudovanie/>

28. Гальванічні ванни [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://vskproekt.ru/galvanicheskie-vanny2/>

29. Організація робочих місць і техніка безпеки [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://um.co.ua/1/1-1/1-17777.html>

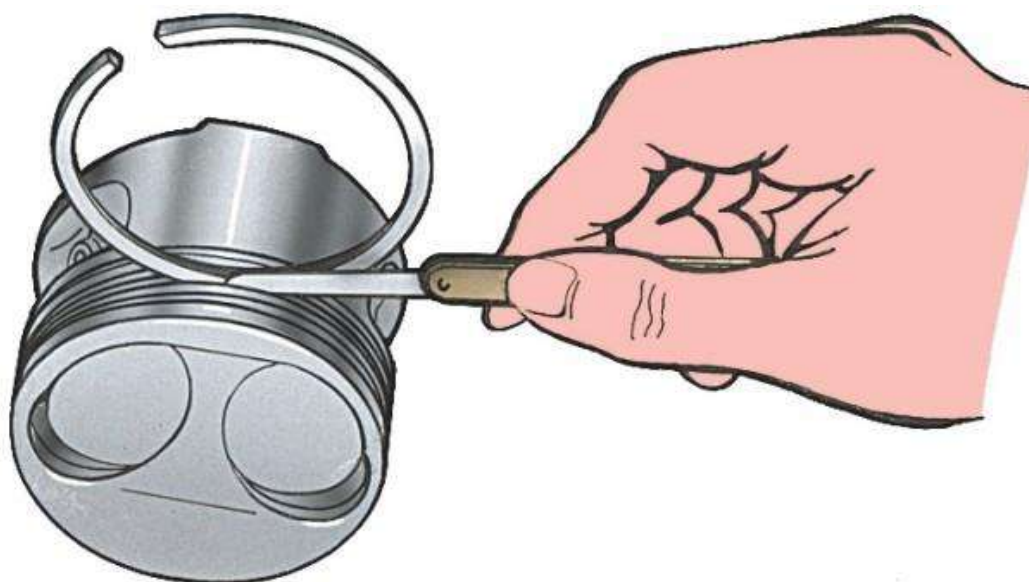
					ДРМТВА 24.20219.000 ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Додатки**

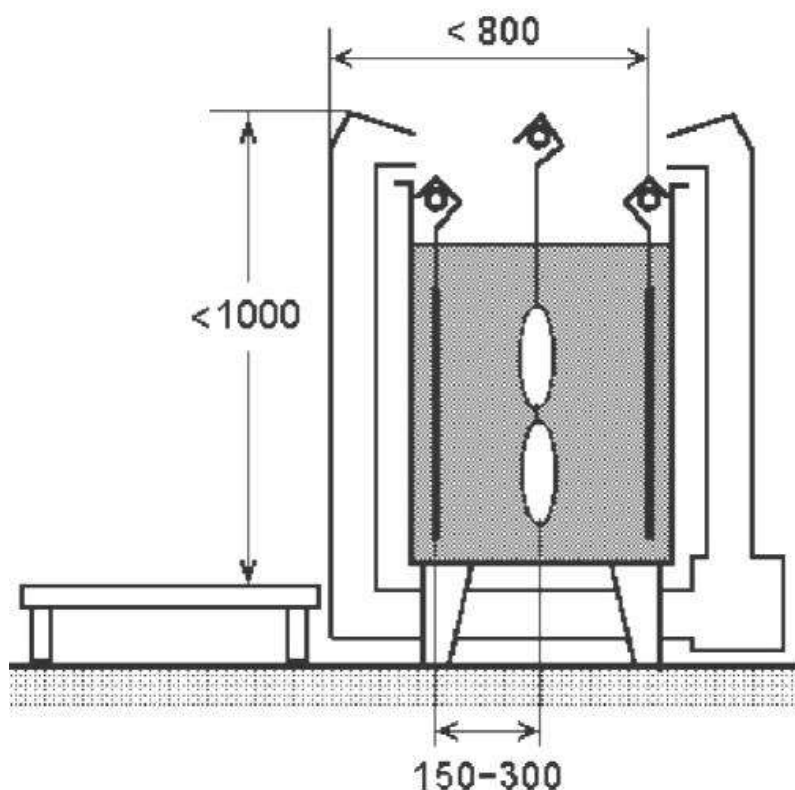
					ДРМТВА 24.20219.000 ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Графічне забезпечення дипломної роботи**

					ДРМТВА 24.20219.000 ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

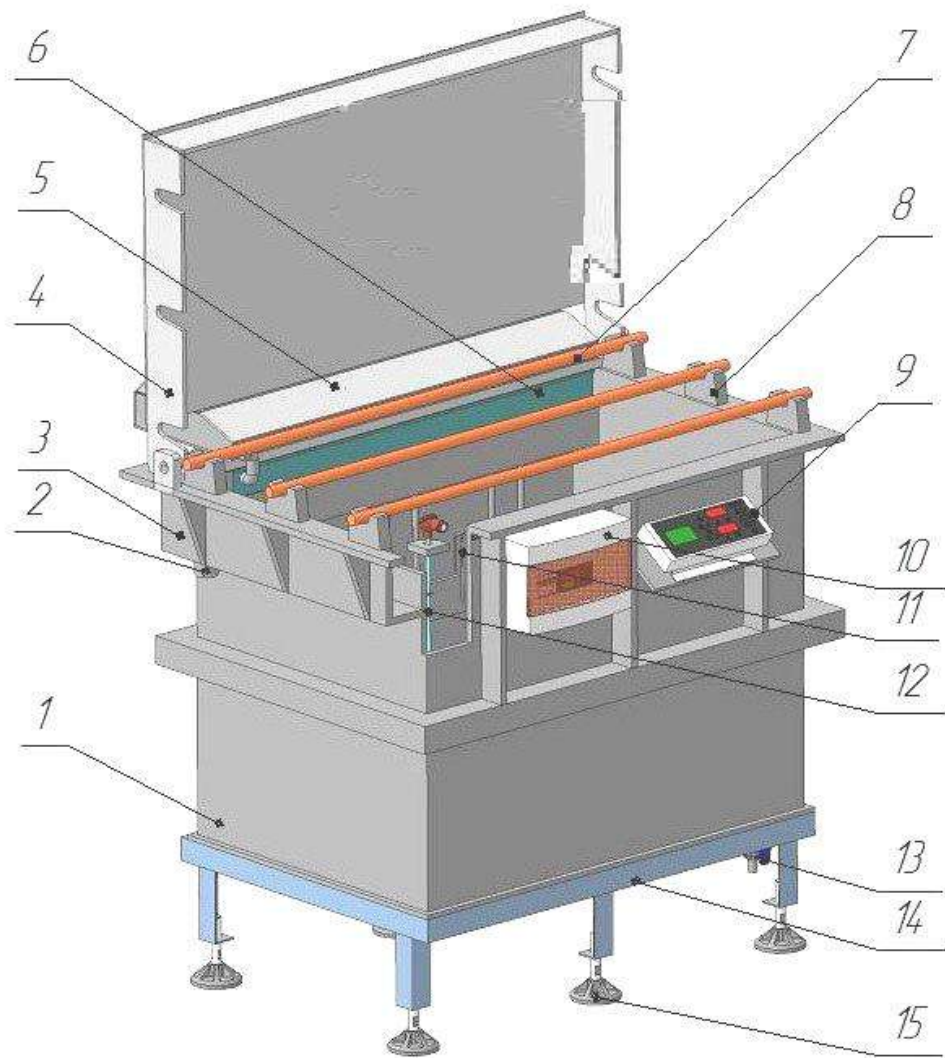


**Рисунок А1 – Методика вимірювання зазорів у поршневих канавках**



**Рисунок А2 – Параметри і рекомендовані розміри гальванічної ванни**

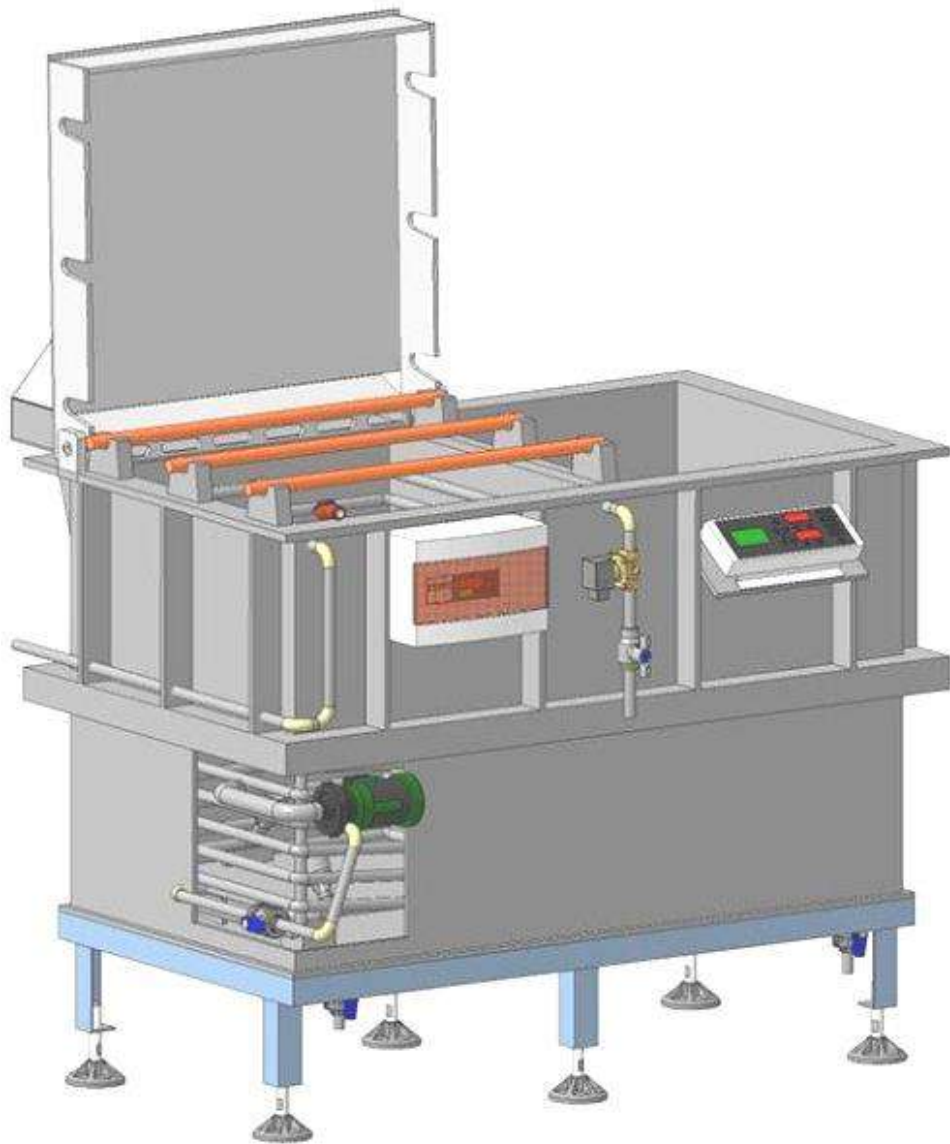
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



1 – корпус гальванічної ванни з поліпропілену; 2 – патрубок зливу; 3 – кишеня переливання; 4 – кришка гальванічної ванни; 5 – бортове відсмоктування; 6 – барботер; 7 – мідна штанга; 8 – ложемент; 9 – пульт управління випрямляч гальваніка; 10 – блок управління температурою розчину ванни; 11 – датчик рівня; 12 – датчик температури; 13 – кран зливу розчину ванни; 14 – сталева підставка гальванічної ванни; 15 – регульовальна опора гальванічної ванни

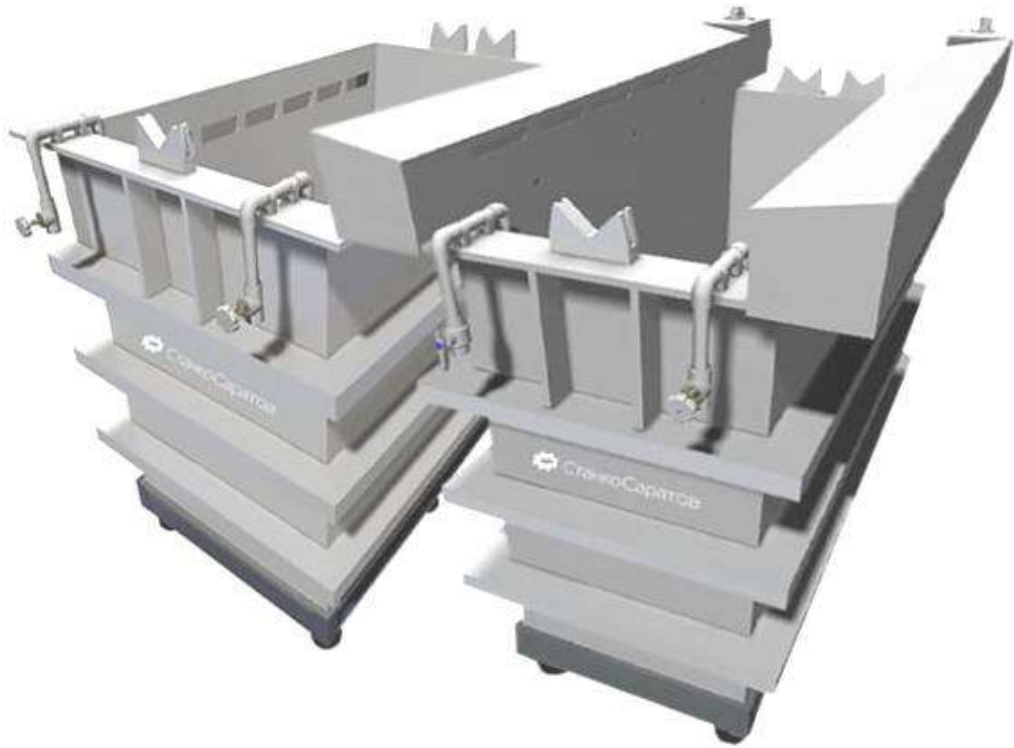
**Рисунок А3 – Гальванічна ванна електрохімічного знежирення**

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



**Рисунок А4 – Ванна зі змієвиком охолодження**

					ДРМТВА 24.20219.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60



**Рисунок А5 – Гальванічна ванна з поліпропілену**



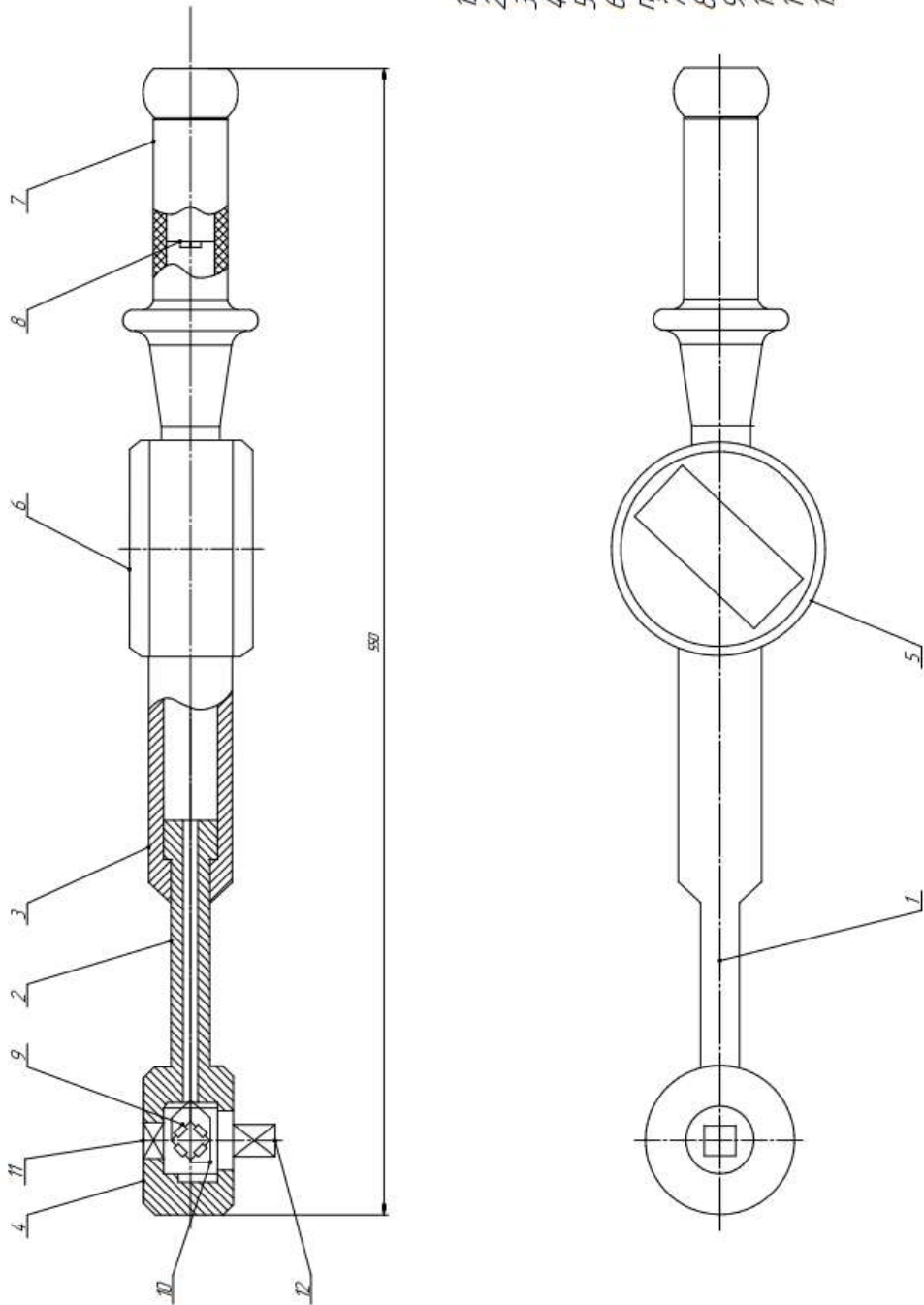
**Рисунок А6 – Гальванічні ванни промивання і сушіння**

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМТВА 24.20219.000 ПЗ

Арк.

61



**Рисунок А7 – Динамометричний ключ**

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМТВА 24.20219.000 ПЗ

Арк.

62

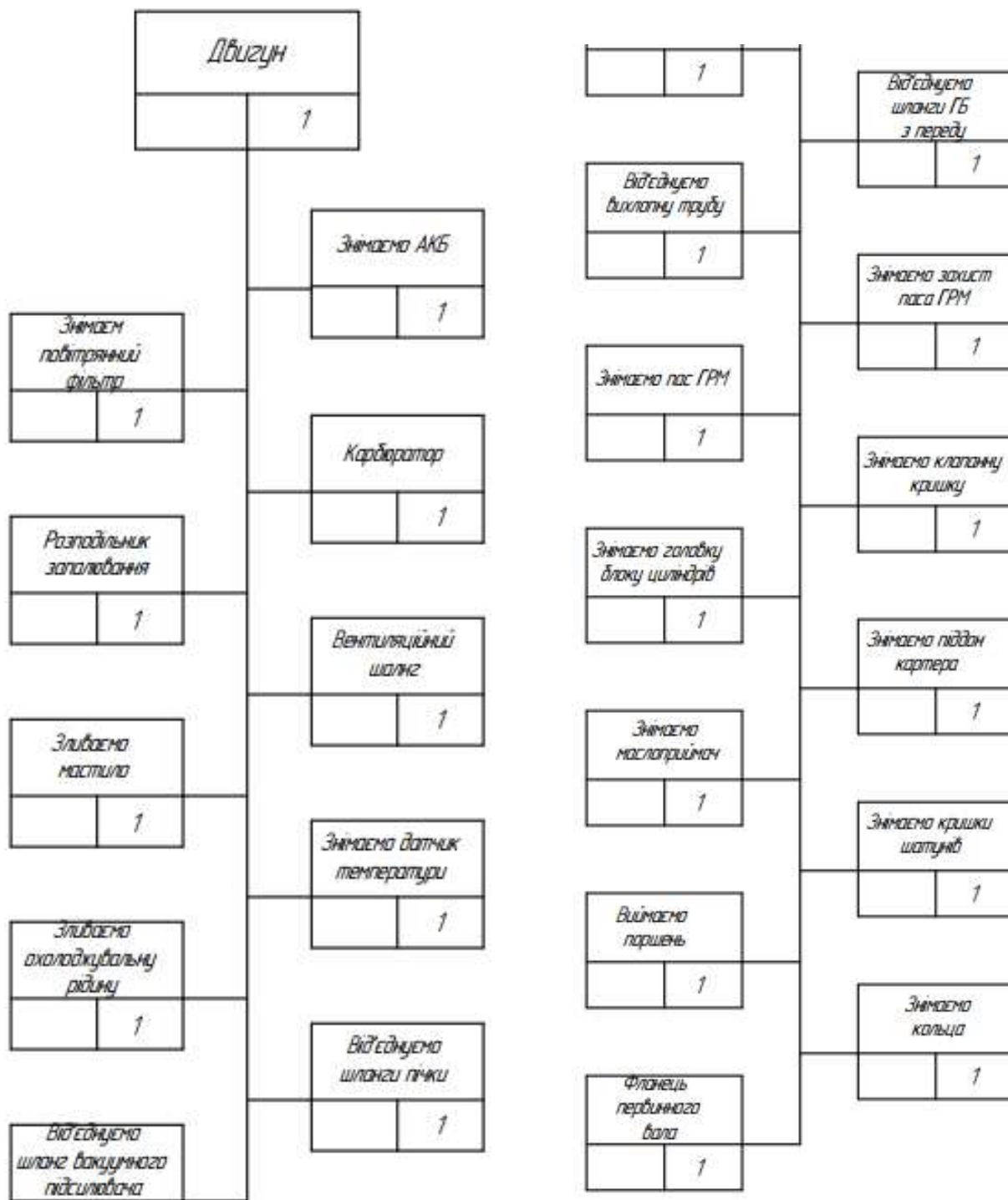


Рисунок А8 – ТП заміни поршневих кілець

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата