

**UNIVERZITA PARDUBICE**

**DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA**

**Realizace výukového modelu pro laboratoř – PSM**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

AUTOR: Jiří Pekárek  
VEDOUCÍ PRÁCE: Ing. Jan Pokorný

2008

**UNIVERSITY OF PARDUBICE**

**JAN PERNER TRANSPORT FACULTY**

**REALIZATION OF TUTORIAL MODEL  
(FOUR-STROKE-ENGINE)**

**BACHELOR WORK**

**AUTHOR:** Jiří Pekárek  
**SUPERVISOR:** Ing. Jan Pokorný

2008

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně. Veškeré prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č.121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jménem subjektu je Univerzita Pardubice oprávněna ode mě požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skuteční výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne.....

Popis.....

## **SOUHRN**

Cílem této práce je vytvořit ucelený přehled o možných úpravách automobilů. Vysvětlit, jakým způsobem úpravy vznikají a zároveň poukázat na úskalí takto vzniklých úprav. Důležité je též rozdělení samotných úprav vozidel na dovolené a nedovolené, přičemž hraje nepostradatelnou roli atest konkrétní úpravy.

Práce je tematicky rozdělena na dvě hlavní části. První část se zabývá vysvětlením pojmů. Jejím hlavním účelem je vysvětlit, co která úprava skýtá, jak je prováděna a zda je dovolená či nikoliv. Druhá část se týká pouze úprav nedovolených a jejich dopadem na aktivní či pasivní bezpečnost provozu.

## ÚDAJE PRO KNIHOVNICKOU DATABÁZI

Název práce	Realizace výukového modelu pro laboratoř-PSM
Autor práce	Jiří Pekárek
Obor	DP-SV
Rok obhajoby	2008
Vedoucí práce	Ing. Jan Pokorný
Anotace	Práce je zaměřena na vytvoření výuky podepřené modelem zhotoveným z čtyřdobého čtyřválcového zážehového motoru.
Klíčová slova	Čtyřdobý čtyřválcový zážehový motor, Hlava válců, Blok motoru, Ojnice, Píst, Kliková hřídel, Víka motoru, Sací potrubí, Výfukové potrubí,

## Obsah:

1. Úvod.....	8
2. Obecné rozdělení PSM (pístových spalovacích motorů).....	9
2.1. Historie spalovacích motorů .....	9
2.2. Využití spalovacích motorů .....	12
2.3. Princip spalovacího motoru .....	12
2.4. Rozdělení spalovacích motorů.....	12
2.5. Rozdělení pístových spalovacích motorů .....	13
2.5.1. Podle druhu paliva .....	13
2.5.2. Podle způsobu tvoření zápalné směsi .....	13
2.5.3. Podle způsobu plnění válců .....	13
2.5.4. Podle způsobu zapálení směsi.....	13
2.5.5. Podle pracovního oběhu.....	13
2.5.6. Podle uspořádání válců .....	14
2.5.7. Podle počtu válců.....	15
2.5.8. Podle smyslu otáčení klikového hřídele .....	15
2.5.9. Podle zdvihového poměru.....	15
2.5.10. Podle střední pístové rychlosti.....	16
2.5.11. Podle způsobu chlazení motoru .....	16
2.5.12. Podle způsobu plnění válců a odvodu spalin .....	16
2.6. Základní parametry pístového spalovacího motoru.....	17
2.6.1. Vrtání válce $D$ .....	17
2.6.2. Zdvih pístu $z$ .....	17
2.6.3. Horní úvrať pístu $H\dot{U}$ .....	17
2.6.4. Dolní úvrať pístu $D\dot{U}$ .....	17
2.6.5. Zdvihový objem .....	17
2.6.5.1. Zdvihový objem válce $V_{Z1}$ .....	17
2.6.5.2. Zdvihový objem motoru $V_Z$ .....	17
2.6.5.3. Zdvihový poměr $\xi$ .....	18
2.6.6. Kompresní objem válce $V_{min}$ .....	18
2.6.7. Celkový objem válce $V_{max}$ .....	18
2.6.8. Kompresní poměr $\varepsilon$ .....	19
2.6.9. Kompresní tlak $p_k$ .....	20
2.6.10. Střední indikovaný tlak $p_i$ .....	20
2.6.11. Střední efektivní tlak $p_e$ .....	20
2.6.12. Indikovaný výkon $P_i$ .....	20
2.6.13. Ztrátový výkon $P_m$ .....	21
2.6.14. Střední efektivní tlak $p_e$ .....	21
2.6.15. Efektivní výkon motoru $P_e$ .....	21
2.6.16. Střední pístová rychlost $c_s$ .....	22
2.6.17. Otáčky motoru $n$ .....	23
2.6.18. Kroutící moment motoru $M_k$ .....	23
2.6.19. Měrná spotřeba paliva $m_{pe}$ .....	23
2.6.20. Charakteristika spalovacího motoru .....	23
2.6.20.1. Křivka výkonu motoru .....	24
2.6.20.2. Křivka kroutícího momentu .....	24
2.6.20.3. Křivka měrné spotřeby paliva .....	25
2.6.21. Měrný (litrový) výkon motoru $P_H$ .....	25

2.6.22. Hmotnost motoru na jednotku výkonu $m_p$ .....	25
2.6.23. Rychloběžnost motoru .....	26
2.7. Uspořádání základních částí PSM .....	26
2.7.1. Části pístového spalovacího motoru .....	26
2.7.1.1. Pevné části .....	26
2.7.1.2. Pohyblivé části (viz Příloha obr. 2.7.1.2.a).....	27
2.7.1.3. Příslušenství motoru.....	28
3. Návrh rozložení jednotlivých částí motoru.....	29
3.1. Návrh dělicích rovin .....	29
3.2. Návrh vzdáleností součástí .....	30
3.3. Návrhy řezů.....	31
4. Změření základních parametrů vybraných částí PSM .....	33
4.1. Parametry, které lze měřit posuvným měřítkem přímo: .....	33
4.2. Parametry, které se měří nepřímo: .....	33
4.3. Naměřené parametry .....	34
4.4. Měření charakteristiky tuhosti ventilové pružiny .....	34
5. Realizace modelu PSM pro výuku.....	35
5.1. Použitý pístový spalovací motor.....	35
5.2. Popis postupu zhotovení modelu .....	36
6. Návrh výuky na zhotoveném modelu a výukovém panelu.....	39
6.1. Kliková skříň.....	39
6.2. Blok motoru .....	39
6.3. Válcce .....	40
6.4. Hlava válců .....	41
6.5. Víka motoru .....	43
6.7. Pístní čepy.....	44
6.8. Ojnice.....	44
6.9. Klikový hřídel .....	46
6.10. Setrvačnick motoru.....	47
6.11. Tlumiče torzních kmitů.....	48
6.12. Ventilový rozvod .....	49
6.12.1. Ventily.....	49
6.12.2. Ventilové pružiny.....	50
6.12.3. Vahadla ventilu a rozvodové páky.....	51
6.12.4. Rozvodová tyčka.....	52
6.12.5. Zdvihátka ventilů .....	52
6.12.5.1. Dělení zdvihátek podle konstrukce .....	53
6.12.6. Vačkový hřídel.....	54
6.12.6.1. Vačky podle tvaru .....	55
7. Závěr .....	56
8. Použitá literatura .....	57
9. Přílohy.....	58
9.1. Obrázky.....	58
9.2. Příloha č. 2: Licenční smlouva vč. přílohy .....	67

# 1. Úvod

Pístový spalovací motor je velice složitý mechanismus, díky stálému vývoji bylo získáno takové množství poznatků, jejichž rozsah přesahuje možnosti jedince. Při konstrukci spalovacího motoru je plně využíváno nejnovějších poznatků základních i aplikovaných vědních oborů. Možnosti zlepšování konstrukce motoru, ke kterým často stačil pouhý cit konstruktéra jsou již téměř vyčerpány, což je způsobeno zejména dobrými vlastnostmi současných spalovacích motorů. Stále se v největší míře používá klasická koncepce konstrukce motoru. Tato konstrukce se skládá zejména z klikového mechanismu a ventilového rozvodu. Nejvíce výhod má stále typ rozvodu OHC. Tento rozvod, který má nevýhodu složitější konstrukce hlavy motoru, však skýtá mnoho možností konstrukčních řešení např. volby množství ventilů, konstrukce pohonu rozvodu, přesnost rozvodu (časování).

Faktem však zůstává, že se spalovací motor i při současné technologii skládá z velkého množství součástí. Funkce těchto součástí je v mnoha případech nelehká na pochopení. Svou práci bych proto chtěl zaměřit na názorné vysvětlení funkce vybraných součástí spalovacího motoru. K lepšímu znázornění a zároveň i pochopení problematiky poslouží i vlastnoručně vyrobený model ze čtyřdobého spalovacího motoru, který byl k tomuto účelu poskytnut Univerzitou Pardubice. Vytvoření modelu, součást mé bakalářské práce, bude sloužit zároveň jako prvek výuky. Rozsáhlá fotodokumentace a vhodně zvolené řezy by měly usnadnit studentům pochopení činnosti jednotlivých částí motoru.



## **2. Obecné rozdělení PSM (pístových spalovacích motorů)**

### **2.1. Historie spalovacích motorů**

Využit tepelnou energii jako zdroj užitečné práce zamýšlel již v roce 1678 Francouz Hautefeuille. Mělo se jednat o energii střelného prachu. I když se stejnou myšlenkou zabývali i další, mezi jinými i další Francouz Papin, návrhy těchto motorů zůstaly nerealizovány. Za první spalovací motor je tedy možno považovat turbínu, kterou roku 1791 navrhl Angličan Barber.

První pístový motor navrhl roku 1794 Angličan Street. Ve válci tohoto motoru se měly spalovat páry terpentýnového oleje smíšeného se vzduchem a po zapálení vnějším teplem měly působit přímo na píst. Ani tato myšlenka nebyla prakticky uskutečněna, zejména pro nedostatek vhodných paliv. Teprve použití svítíplynu pro osvětlování poskytlo vhodné motorové palivo, vývoj skutečně fungujícího spalovacího motoru však trval ještě téměř 70 let.

Po vzoru úspěšně stavěných parních strojů postavil roku 1860 Francouz Lenor motor na svítíplyn, který se vcelku dobře uplatnil i při praktickém použití. Byl to ležatý dvojčinný motor s šoupátkovým rozvodem. Do pracovního válce, jehož stěny byly chlazeny vodou, se při pohybu pístu z horní úvrati nasála směs plynu a vzduchu otvorem, ovládaným sacím šoupátkem. Uprostřed zdvihu šoupátko vstup uzavřelo, směs ve válci se zapálila elektrickou jiskrou, vytvořenou Ruhmhorffovým induktorem, a shořela téměř za stálého objemu. Při expanzi se píst pohyboval do druhé úvrati a konal užitečnou práci. Šoupátka byla ovládána pomocí excentrů. Lenoir byl také první, kdo přišel na myšlenku použít místo plynu odpařitelného kapalného paliva a tuto myšlenku také u svého motoru pro pohon říčního člunu a silničního vozu pokusně uskutečnil.

Na světové výstavě v Paříži roku 1867 předvedli Otto a Langen z Kolína nad Rýnem svůj atmosférický plynový motor. Motor byl řešen jako jednočinný stojatý a princip jeho práce vyžadoval, aby místo klikového mechanismu byla

k pístu pevně připojena ozubená tyč. Tato tyč zabírala do ozubeného kola, umístěného na hlavním hřídeli, který byl uložen nad pracovním válcem. Ozubené kolo bylo uloženo na volnoběžce. Motor pracoval tak, že při počátku zdvihu pístu se do spodní části válce, chlazeného vodou, nasála směs, která se zažehla otevřeným plamenem. Získaná kinetická energie se využila jednak ke zvednutí hmoty pístu a dále k vytvoření podtlaku ve válci. V horní úvrati se píst zastavil a jeho tíha a atmosférický tlak působil pohyb směrem dolů. Tento pohyb se přenášel přes volnoběžku na hřídel. Ve srovnání s Lenoirovým motorem měl Ottův motor značně větší tepelnou účinnost a tedy podstatně nižší měrnou spotřebu paliva. Značný komerční úspěch těchto motorů přiměl Otta a jeho společníky k založení první motorové továrny v Deutzu a Kolína nad Rýnem v roce 1869.

V roce 1860 Francouz Beau de Rochas popsal princip činnosti a výhody čtyřdobého motoru s umělým zažehováním stlačené směsi. První čtyřdobý skutečně používaný plynový motor o výkonu asi 0,5 kW postavil v roce 1873 v Mnichově hodinář Reithmann. Existence tohoto motoru však zůstala veřejnosti téměř neznáma.

V roce 1878 předvedl již dříve jmenovaný Otto svůj ležatý čtyřdobý vodou chlazený motor na svítíplyn. Motor měl výkon asi 3 kW při 170 otáčkách za minutu, normální klikový mechanismus s křížákem a jednočinný píst, který je dodnes pro absolutní většinu pístových spalovacích motorů charakteristický. Zajímavé je, že u tohoto motoru se směs stlačená asi na 0,2 MPa zapalovala také otevřeným plamenem.

Nalezení vydatných zdrojů ropy v polovině minulého století poskytlo dostatek dobrých a v té době velmi levných kapalných paliv, vhodných pro spalovací motory. To značně urychlilo vývoj a rozšířilo jejich použití nejdříve na lehké frakce ropy, hlavně benzín, později i na těžší. Je zajímavé, že benzín byl petrolej používaný na svícení.

V roce 1884 Daimler postavil v Německu poměrně rychloběžný benzinový čtyřdobý motor, který měl 800 otáček za minutu. Podnítil tím rozvoj vozidlových motorů a vlastně celého automobilového průmyslu.

Autorem pracovního oběhu, který je v zásadě shodný se způsobem používaným u dnešních dvoudobých motorů s umělým zažehováním, je Angličan Clerk. Jeho návrhy konstrukce dvoudobých motorů s ventily pocházejí z roku 1878.

Bezventilový, dvoudobý motor s výfukovými a přepouštěcími kanály, uspořádanými ve stěně pracovního válce a ovládanými pístem, navrhl a postavil o deset let později Clerkův krajan Day. Motor měl již klikovou skříň uspořádanou jako plnicí dmyhadlo.

Všechny v této části uvedené motory představují předchůdce dnešních motorů zážehových, v jejichž pracovním válci se spaluje směs paliva se vzduchem teoreticky za stálého objemu.

Druhou možností přívodu tepla do pracovního oběhu je spalování rovnotlaké. Myšlenku použít takového průběhu spalování vyslovil již v roce 1860 v Německu Siemens a první takto pracující plynový motor postavil v roce 1873 Američan Baryton. Motor byl však velmi složitý a prakticky se neuplatnil.

Teprve během let 1893 až 1897 vypracovala strojírna v Augsburgu návrh motoru na těžší kapalná paliva, pracujícího přibližně rovnotlakým způsobem. Pro návrh byly použity výsledky zkoušek, které měly vést ke konstrukci motoru původně navrženého Daimlerem. Jeho pracovní způsob měl být praktickým přiblížením ke Carnotovu cyklu s maximálním tlakem 25 MPa. Do ohřátého a na 9 MPa stlačeného vzduchu se mělo palivo dodávat tak, aby se spalovalo za stálé teploty a spaliny pak měly adiabaticky expandovat. Palivem mělo být práškové uhlí a vypočítaná termická účinnost měla činit 72%. Motor neměl chlazený válec. Uvedený pracovní postup se nedal prakticky využít, ale vedl po dlouhé řadě zkoušek a konstrukčních změn ke konstrukci vodou chlazeného motoru, ve kterém se téměř rovnotlance spalovala kapalná paliva. Palivo, nejprve petrolej, teprve později těžší kapalná paliva, se vzněcovalo po vstříknutí do vzduchu stlačeného na 3,2 MPa.

Vysoká hospodárnost a úspěšné uplatnění vedlo ke značnému rozšíření motorů na těžká kapalná paliva. Dnešní motory však již nepracují s původním rovnotlakým cyklem, ale používají cyklus smíšený, při kterém po vznícení roste ve válci tlak i objem spalín.

## **2.2. Využití spalovacích motorů**

Spalovací motory se používají převážně pro pohon silničních motorových vozidel. Jiné druhy motorů, např. elektrické, nebo parní, se uplatňují výjimečně, neboť jejich výrobní cena, vlastní hmotnost s příslušenstvím, pohotovost k provozu a další důležité ukazatele jsou v porovnání se spalovacími motory nepříznivé.

## **2.3. Princip spalovacího motoru**

Principem spalovacího motoru je proces, při kterém se spalováním směsí vhodného kapalného nebo plynného paliva se vzduchem uvolňuje tepelná energie. Ta se z části přeměňuje na užitečnou mechanickou práci a z části se odvádí výfukem, chlazením, třením, sáláním a olejem. Tato část tepelné energie zůstává nevyužita a tvoří ztráty.

## **2.4. Rozdělení spalovacích motorů**

Spalovací motory se podle průběhu spalovacího procesu rozdělují na:

- a) **Pístový spalovací motor** - spalovací motor s přímočarým vratným pohybem pístu
- b) **Wankelův motor** - spalovací motor s krouživým pohybem pístu
- c) **Spalovací turbína**
- d) **Tryskový motor**

Tyto čtyři skupiny spalovacích motorů se dělí na další podskupiny. V následující je uvedeno další rozdělení, které je platné pro pístové spalovací motory, které jsou v konstrukci silničních motorových vozidel nejvíce rozšířeny.

## **2.5. Rozdělení pístových spalovacích motorů**

### **2.5.1. Podle druhu paliva**

- Benzínové
- Naftové
- Různopalivové

### **2.5.2. Podle způsobu tvoření zápalné směsi**

- Vnější tvoření zápalné směsi před spalovacím prostorem (směs se tvoří v karburátoru, nebo vstříkem do sacího kanálu, nebo sacího potrubí)
- Vnitřní tvoření zápalné směsi ve spalovacím prostoru (směs se tvoří vstříkem paliva do stlačeného vzduchu ve spalovacím prostoru)

### **2.5.3. Podle způsobu plnění válců**

- Plnění válců sacím zdvihem pístu z atmosférického tlaku vzduchu (nepřeplňované)
- Plnění válců vyšším než atmosférickým (přeplňované)

### **2.5.4. Podle způsobu zapálení směsi**

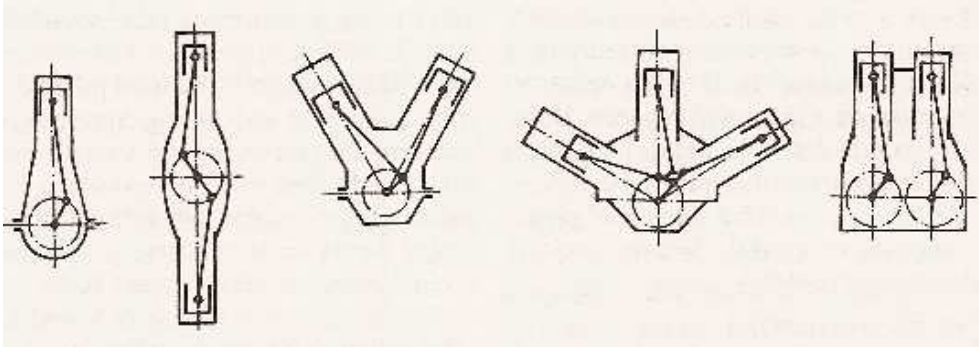
- **Zážehové** – Směs se zapaluje elektrickou jiskrou zapalovací svíčky (motory plynové a benzinové).
- **Vznětové** – Směs se zapaluje kompresním teplem vzniklým stlačením vzduchu ve spalovacím prostoru po vstříku paliva (motory naftové a různopalivové). Benzinové motory s tímto způsobem zapálení směsi se nazývají detonační.
- **Žárové** – Směs se zapaluje od rozžhavené stěny spalovacího prostoru.

### **2.5.5. Podle pracovního oběhu**

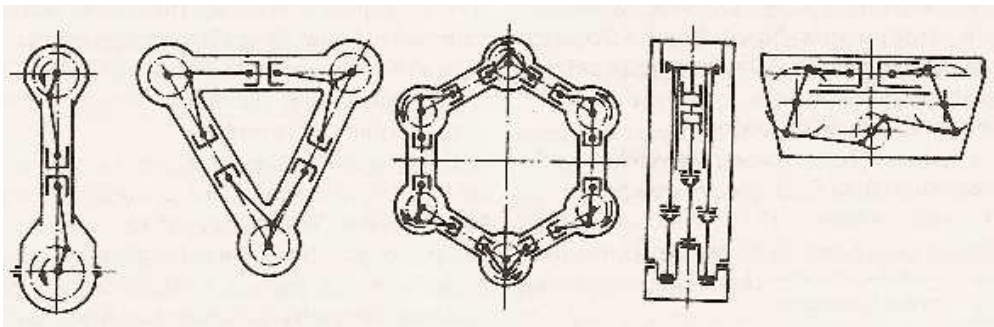
- **Dvoudobé** – Pracovní oběh se vykoná za dva zdvihy pístu (na jednu otáčku klikového mechanismu).
- **Čtyřdobé** – Pracovní oběh se vykoná za čtyři zdvihy pístu (na dvě otáčky klikového mechanismu).

## 2.5.6. Podle uspořádání válců

- Jednořadé (stožaté, ležaté, šikmé, s protiběžnými písty)
- Víceřadé (vidlicové, vějířové, s protilehlými válci, s rovnoběžnými válci)
- Hvězdicové



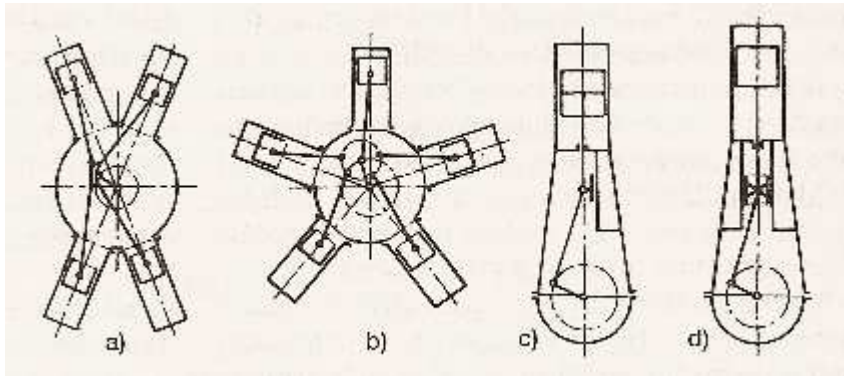
Obr. 2.5.6.a. Schéma motoru s jedním pístem ve válci<sup>1</sup>



Obr. 2.5.6.b. Schéma motoru s protiběžnými písty<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Motejl, Vladimír: *Učebnice pro řidiče a opraváře automobilů.* (str. 172)

<sup>2</sup>Motejl, Vladimír: *Učebnice pro řidiče a opraváře automobilů.* (str. 172)



Obr. 2.5.6.c. Schéma motoru s mnoha válci<sup>3</sup>

- a) křížový motor s válci do X;
- b) hvězdicový motor s 5 řadami válců
- c) stojatý křížákový motor jednočinný s jednostranným křížákem
- d) stojatý křížákový motor dvojčinný s oboustranným křížákem

### 2.5.7. Podle počtu válců

- Jednoválcové
- Dvouválcové
- Víceválcové (V konstrukci dnešních silničních motorových vozidel se používají maximálně šestnáctiválcové motory).

### 2.5.8. Podle smyslu otáčení klikového hřídele

- Pravotočivé
- Levotočivé

### 2.5.9. Podle zdvihového poměru

- Nadčtvercové
- Čtvercové
- Podčtvercové

<sup>3</sup> Motejl, Vladimír: *Učebnice pro řidiče a opraváře automobilů*. (str. 172)

### **2.5.10. Podle střední pístové rychlosti**

- Volnoběžné
- Rychloběžné

### **2.5.11. Podle způsobu chlazení motoru**

- Vzduchem chlazené
- Kapalinou chlazené
- Se smíšeným chlazením

### **2.5.12. Podle způsobu plnění válců a odvodu spalin**

- S ventilovým rozvodem
- Se šoupátkovým rozvodem
- S kanálovým (pístovým) rozvodem
- Se smíšeným rozvodem



## 2.6. Základní parametry pístového spalovacího motoru

**2.6.1. Vrtání válce D** [mm] – je vnitřní průměr dutiny pracovního prostoru válce

**2.6.2. Zdvih pístu z** [mm] – je dráha pístu mezi dolní a horní úvratí pístu

**2.6.3. Horní úvrat' pístu HÚ** – je poloha pístu, v níž je píst nejvíce vzdálen od klikového hřídele.

**2.6.4. Dolní úvrat' pístu DÚ** – je poloha pístu, v níž je píst nejbližší ke klikovému hřídeli

### 2.6.5. Zdvihový objem

**2.6.5.1. Zdvihový objem válce  $V_{Z1}$**  [cm<sup>3</sup>] – je prostor ve válci motoru omezený horní a dolní úvratí pístu. Jeho velikost se určí dle vzorce<sup>4</sup>:

$$V_{Z1} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot z \quad [\text{cm}^3] \quad /1/$$

kde: D – vrtání válce [cm]  
z – zdvih pístu [cm]

**2.6.5.2. Zdvihový objem motoru  $V_Z$**  [cm<sup>3</sup>] – Je zdvihový objem všech válců motoru. Jeho velikost se určí dle vzorce<sup>5</sup>:

$$V_Z = V_{Z1} \cdot i \quad [\text{cm}^3] \quad /2/$$

kde: i – počet válců

Po dosazení /1/ do /2/:

$$V_Z = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot z \cdot i \quad [\text{cm}^3] \quad /3/$$

<sup>4</sup> Vlk, František: *Vozidlové spalovací motory*. (str.25)

<sup>5</sup> Vlk, František: *Vozidlové spalovací motory*. (str.25)

**2.6.5.3. Zdvihový poměr  $\xi$**  – je vztah mezi zdvihem pístu a vrtáním válce<sup>6</sup>:

$$\xi = \frac{z}{D} \quad [-] \quad /4/$$

Z tohoto vztahu vyplývá, že čím menší je zdvihový poměr, tím je při stejném zdvihovém objemu větší vrtání válce a naopak. Této skutečnosti se využívá při konstrukci motoru vzhledem k jeho otáčkám, plnění válců a odvod spalin, namáhání klikového hřídele a pod.. Pro motory silničních motorových vozidel se zdvihový poměr volí v rozmezí 0,6 až 1,5. Je-li:

$z > D$ , potom se nazývá motor nadčtvercový (dlouhozdvihový)

$z = D$ , potom se nazývá motor čtvercový

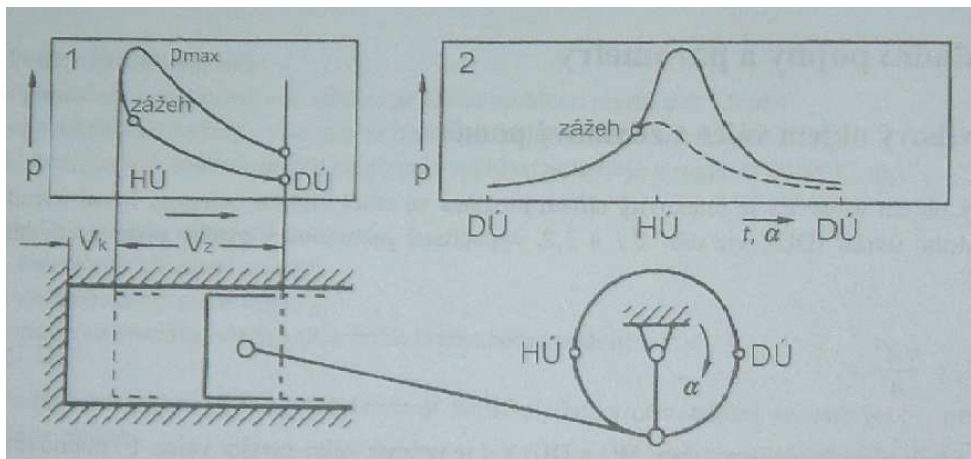
$z < D$ , potom se nazývá motor podčtvercový (krátkozdvihový)

**2.6.6. Kompresní objem válce  $V_{\min}$  ( $V_k$ )** [cm<sup>3</sup>] – Je prostor ve válci nad pístem v jeho horní úvratí.

**2.6.7. Celkový objem válce  $V_{\max}$**  [cm<sup>3</sup>] – Je celkový prostor ve válci omezený dolní úvratí pístu a dnem hlavy válců. Je dán součtem zdvihového a kompresního objemu válce.

---

<sup>6</sup> Vlk, František: *Vozidlové spalovací motory*. (str.25)



Obr.2.6.7.a. Indikátorový diagram p-V, diagram p-α, kompresní objem  $V_k$  a zdvihový objem  $V_z$ <sup>7</sup>

Z obr. 2.6.7.a. Vyplyvá následující vztah.

$$V_{\max} = V_z + V_{\min} \quad [\text{cm}^3] \quad /5/$$

**2.6.8. Kompresní poměr  $\varepsilon$**  – je vztah celkového a kompresního objemu<sup>8</sup>:

$$\varepsilon = \frac{V_{\max}}{V_{\min}} \quad [-] \quad /6/$$

Po dosazení<sup>9</sup>:

$$\varepsilon = \frac{V_z + V_k}{V_k} \quad [-] \quad /7/$$

<sup>7</sup> Vlk, František: *Vozidlové spalovací motory*. (str. 26)

<sup>8</sup> Vlk, František: *Vozidlové spalovací motory*. (str.26)

<sup>9</sup> Vlk, František: *Vozidlové spalovací motory*. (str.26)

Kompresní poměr se udává jako poměr čísla uvedeného ve zlomku k jedné a zaokrouhluje se na jedno desetinné místo (např.  $\varepsilon=9,3$ ).

Obecně platí že s rostoucím kompresním poměrem se zvětšuje tepelná účinnost a výkon motoru. Velikost kompresního poměru je u zážehových motorů dána podmínkou, aby konečná kompresní teplota stlačené směsi byla bezpečně nižší, než je teplota vznícení směsi a to i u přehřátého motoru. U těchto motorů se volí  $\varepsilon=8$  až 10, u vysokovýkonných až 12. Velikost kompresního poměru u vznětových motorů je dána podmínkou, aby kompresní teplota stlačeného vzduchu byla vždy vyšší, než je teplota vznícení vstřikovaného paliva a to i u studeného motoru. U těchto motorů se volí  $\varepsilon=15$  až 20, nejčastěji 17.

**2.6.9. Kompresní tlak  $p_k$  [Mpa]** – Je tlak vyvolaný ve válci kompresním zdvihem, aniž by došlo k zažehnutí, nebo vznícení směsi paliva se vzduchem. Kompresní tlak je veličina měřitelná a je důležitá pro posouzení mechanického stavu pístového motoru.

**2.6.10. Střední indikovaný tlak  $p_i$  [Mpa]** – Je tlak spalin působících na píst po celé délce jeho zdvihu.

**2.6.11. Střední efektivní tlak  $p_e$  [Mpa]** – Je střední indikovaný tlak zmenšený o ztráty třením.

**2.6.12. Indikovaný výkon  $P_i$  [kW]** – Poměr práce jednoho oběhu ( $W_1$ ) trvajících za čas  $t_1$ . Tento čas  $t_1$  závisí na počtu zdvihů  $\tau$ , které v motoru proběhnou za jeden pracovní oběh. Pro dvoudobý motor  $\tau = 2$ , pro motor čtyřdobý  $\tau = 4$ <sup>10</sup>.

$$P_i = P_{i1} \cdot i_v = \frac{W_1}{t_1} \cdot i_v$$

$$P_i = \frac{W_1 \cdot 2 \cdot n}{\tau} \cdot i_v = \frac{p_i \cdot V_z \cdot 2 \cdot n}{\tau} \cdot i_v \quad [\text{kW}] \quad /8/$$

<sup>10</sup> Vlk, František: *Vozidlové spalovací motory*. (str.31)

kde:	$P_i$ – indikovaný výkon motoru	[kW]
	$P_{il}$ – indikovaný výkon jednoho válce	[kW]
	$V_z$ – zdvihový objem	[m <sup>3</sup> ]
	$n$ – otáčky motoru	[s <sup>-1</sup> ]
	$i_v$ – počet válců	[-]

**2.6.13. Ztrátový výkon  $P_m$  [kW]** – Je část indukovaného výkonu  $P_i$  [kW] spotřebovaná na překonání mechanických ztrát v motoru včetně výkonu potřebného k pohonu zařízení připojených při měření efektivního výkonu. Ztrátový výkon se může analogicky vyjádřit z rovnice /8/ tak, že místo středního indukovaného tlaku  $p_i$  [MPa] zavedeme střední tlak mechanických ztrát  $p_m$  [MPa], čímž dostaneme<sup>11</sup>:

$$P_m = \frac{p_m \cdot V_z \cdot 2 \cdot n}{\tau} \cdot i_v \quad [\text{kW}] \quad /9/$$

Tento střední tlak mechanických ztrát je dle norem SAE ztrátový výkon z mechanického tření hnací jednotky a hydraulických ztrát ve klikové skříni.

**2.6.14. Střední efektivní tlak  $p_e$  [MPa]** můžeme určit jako střední indikovaný tlak  $p_i$  [MPa] zmenšený o střední tlak mechanických ztrát  $p_m$  [MPa]<sup>12</sup>.

$$P_e = P_i - P_m \quad [\text{MPa}] \quad /10/$$

**2.6.15. Efektivní výkon motoru  $P_e$  [kW]** je výkon, který lze odebrat na hnacím hřídeli motoru, závisí na ztrátovém výkonu  $P_m$  [kW]. Efektivní výkon motoru určíme podle vzorce<sup>13</sup>:

$$P_e = P_i - P_m \quad [\text{kW}] \quad /11/$$

<sup>11</sup> Vlk, František: *Vozidlové spalovací motory*. (str.31)

<sup>12</sup> Vlk, František: *Vozidlové spalovací motory*. (str.31)

<sup>13</sup> Vlk, František: *Vozidlové spalovací motory*. (str.31)

Dosažením /8/, /9/, /10/ do rovnice /11/ dostaneme vztah pro efektivní výkon<sup>14</sup>:

$$P_e = \frac{p_e \cdot V_z \cdot 2 \cdot n}{\tau} \cdot i_v \quad [\text{kW}] \quad /12/$$

kde:	$p_e$ – střední efektivní tlak	[MPa]
	$V_z$ – zdvihový objem	[m <sup>3</sup> ]
	$n$ – otáčky motoru	[s <sup>-1</sup> ]
	$i_v$ – počet válců	[-]
	$\tau$ – počet zdvihů/pracovní oběh	[-]

**2.6.16. Střední pístová rychlost  $c_s$  [m.s<sup>-1</sup>]** slouží pro porovnávání motorů, určuje do značné míry životnost motoru (opotřebení válců, pístních kroužků, teplotní namáhání..atd.). Vyšší hodnoty  $c_s$  zvyšují hlučnost, průtočný odpor při sání a vyžadují pečlivé vyvážení motoru. Určí se podle vzorce<sup>15</sup>:

$$c_s = \frac{z \cdot n}{30 \cdot 1000} \quad [\text{m.s}^{-1}] \quad /13/$$

kde:	$z$ – zdvih pístu	[mm]
	$n$ – otáčky motoru	[min <sup>-1</sup> ]

Podle velikosti střední pístové rychlosti se určuje rychloběžnost motoru a dělí se na:

- |    |             |  |
|----|-------------|--|
| a) | Volnoběžné  | $c_s < 7,5$ [m.s <sup>-1</sup> ] pro $D < 160$ mm,<br>nebo $c_s < 6,5$ [m.s <sup>-1</sup> ] pro $D > 160$ mm |
| b) | Rychloběžné | $c_s > 7,5$ [m.s <sup>-1</sup> ] pro $D < 160$ mm,<br>nebo $c_s > 6,5$ [m.s <sup>-1</sup> ] pro $D > 160$ mm |

Pro motory silničních motorových vozidel má střední pístová rychlost tyto mezní hodnoty:

Osobní automobily	$c_s = 8$ až $15$ [m.s <sup>-1</sup> ]
Nákladní automobily	$c_s = 6,5$ až $13$ [m.s <sup>-1</sup> ]
Traktory	$c_s = 5$ až $7,5$ [m.s <sup>-1</sup> ]
Závodní automobily	$c_s = 18$ až $20$ [m.s <sup>-1</sup> ]

<sup>14</sup> Vlk, František: *Vozidlové spalovací motory*. (str.31)

<sup>15</sup> Vlk, František: *Vozidlové spalovací motory*. (str.28)

### 2.6.17. Otáčky motoru $n$ [ $\text{min}^{-1}$ ]

Otáčky motoru se volí co největší, aby se pro požadovaný výkon zmenšily rozměry, hmotnost i cena motoru, účinnosti plnění válců, mechanickými ztrátami, tepelným namáháním, vnější hlučností a přesností výroby. Počet otáček bývá u motorů silničních motorových vozidel v těchto mezích:

Osobní automobily (zážehový motor)	$n = 3500$ až $5000$	$[\text{min}^{-1}]$
Nákladní automobily (vznětový motor)	$n = 1800$ až $2200$	$[\text{min}^{-1}]$
Sportovní a závodní automobily	$n =$ až $15000$	$[\text{min}^{-1}]$

### 2.6.18. Kroutící moment motoru $M_k$ [Nm]

Je síla vytvořená tlakem spalín na píst násobená ramenem klikového hřídele

### 2.6.19. Měrná spotřeba paliva $m_{pe}$ [ $\text{g.kW.h}^{-1}$ ]

Je množství paliva spotřebovaného na 1 kW výkonu za hodinu. Její velikost se určí ze vzorce<sup>16</sup>:

$$m_{pe} = 3600 \frac{Q}{P_E} \quad [\text{g.kW.h}^{-1}] \quad /14/$$

kde:  $Q$  – množství paliva [ $\text{g.s}^{-1}$ ]

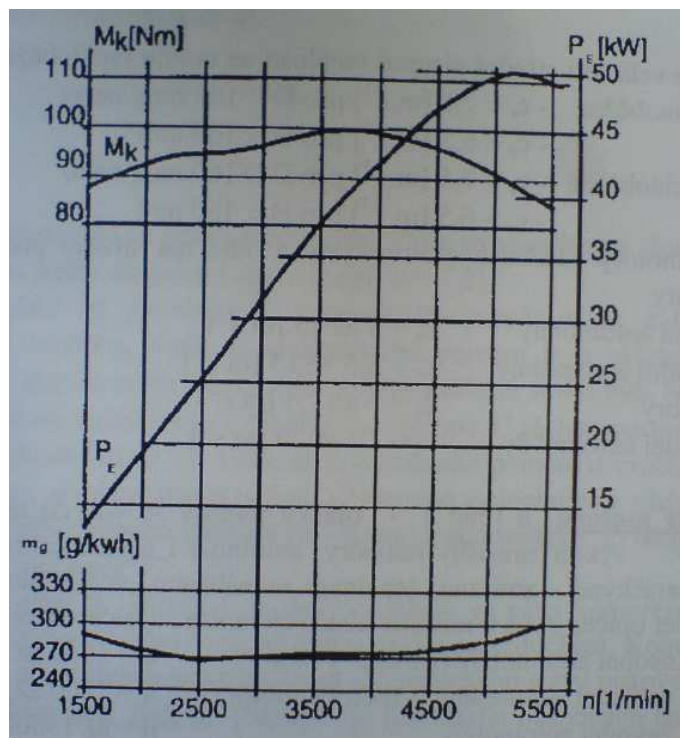
$P_E$  – efektivní výkon motoru [kW]

Podle měrné spotřeby paliva se posuzuje hospodárnost motoru. Snahou výrobce motoru je, aby měrná spotřeba paliva byla co nejmenší při co největším výkonu a kroutícím momentu .

### 2.6.20. Charakteristika spalovacího motoru

Pro hodnocení dynamických vlastností vozidla při různých režimech činností slouží rychlostní charakteristika motoru. Ta vychází z naměřených hodnot charakteristických veličin spalovacího motoru. Těmito charakteristickými veličinami jsou výkon motoru, jeho kroutící moment a měrná spotřeba paliva. Tyto hodnoty se vyjadřují graficky v závislosti na otáčkách motoru při nastavené stálé dodávce paliva.

<sup>16</sup> Vlk, František: *Vozidlové spalovací motory*. (str.33)



Obr. 2.6.20.a. Rychlostní charakteristika motoru Škoda Felicia<sup>17</sup>

Jednotlivé křivky mají charakteristický průběh. Z konkrétního průběhu pak lze stanovit vlastnosti motoru.

### 2.6.20.1. Křivka výkonu motoru

Se zvyšujícími se otáčkami se výkon postupně zvyšuje až do určitého počtu otáček. Při dalším zvyšování otáček výkon postupně klesá, neboť časový úsek pro sání je již příliš krátký, čímž se zhoršuje plnění válců.

### 2.6.20.2. Křivka kroutícího momentu

Se zvyšujícími se otáčkami se kroutící moment postupně zvětšuje až dosáhne při určitých otáčkách maximální hodnoty. Při dalším zvyšování otáček kroutící moment klesá. Otáčky odpovídající největšímu kroutícímu momentu jsou nejvhodnější pro trvalý provoz, neboť dochází k nejlepšímu využití paliva. Čím je křivka kroutícího momentu plošší, tím je motor pružnější, tj. méně náročný na přeřazování rychlostních stupňů při jízdě vozidla.

<sup>17</sup> Motejl, Vladimír: *Učebnice pro řidiče a opraváře automobilů*. (str. 185)



### 2.6.20.3. Křivka měrné spotřeby paliva

Se zvyšujícími se otáčkami se měrná spotřeba paliva snižuje, až při určitých otáčkách dosáhne minima. Od určitých otáček se měrná spotřeba opět zvyšuje. Rozsah otáček s minimální měrnou spotřebou paliva odpovídá optimálnímu spalování paliva a zároveň se při těchto otáčkách dosahuje největší kroučící moment.

Pro hodnocení motoru se kromě rychlostní charakteristiky používají další hlediska. Těmi jsou:

### 2.6.21. Měrný (litrový) výkon motoru $P_H$ [kW.dm<sup>-3</sup>]

Je měřítkem dokonalosti konstrukce motoru s ohledem na využití objemu válců a charakterizuje celkový stupeň zatížení motoru<sup>18</sup>.

$$P_H = \frac{P_e}{V_H} \quad [\text{kW.dm}^{-3}] \quad /15/$$

kde:  $P_e$  – efektivní výkon motoru [kW]

$V_h$  – objem motoru [dm<sup>3</sup>]

### 2.6.22. Hmotnost motoru na jednotku výkonu $m_p$ [kg.kW<sup>-1</sup>]

Vyjadřuje dokonalost konstrukce motoru<sup>19</sup>.

$$m_p = \frac{m}{P_E} \quad [\text{kg.kW}^{-1}] \quad /16/$$

kde:  $P_e$  – efektivní výkon motoru [kW]

$m$  – celková hmotnost motoru [kg]

---

<sup>18</sup> [www.autopress.cz/download/rocnik-2005/prakticka-dilna-10-2005/download](http://www.autopress.cz/download/rocnik-2005/prakticka-dilna-10-2005/download) str.11

<sup>19</sup> [www.autopress.cz/download/rocnik-2005/prakticka-dilna-10-2005/download](http://www.autopress.cz/download/rocnik-2005/prakticka-dilna-10-2005/download) str.11

### **2.6.23. Rychloběžnost motoru**

Určuje se podle velikosti střední pístové rychlosti a vyjadřuje míru namáhání částí motoru setrvačnými silami.

Životnost motoru – je doba, po kterou spalování motor pracuje plynule, bezpečně a hospodárně s danými parametry. Životnost motoru závisí na životnosti jeho jednotlivých součástí. Ta může být určena dovolenou mírou opotřebení, únavou materiálu apod.. Pro provoz motoru se požaduje, aby životnost jednotlivých součástí byla při správně prováděné údržbě co nejvyšší a odpovídala normám pro střední a generální opravy.

## **2.7. Uspořádání základních částí PSM**

### **2.7.1. Části pístového spalovacího motoru**

Jednotlivé části pístového spalovacího motoru lze rozdělit do tří základních skupin

#### **2.7.1.1. Pevné části**

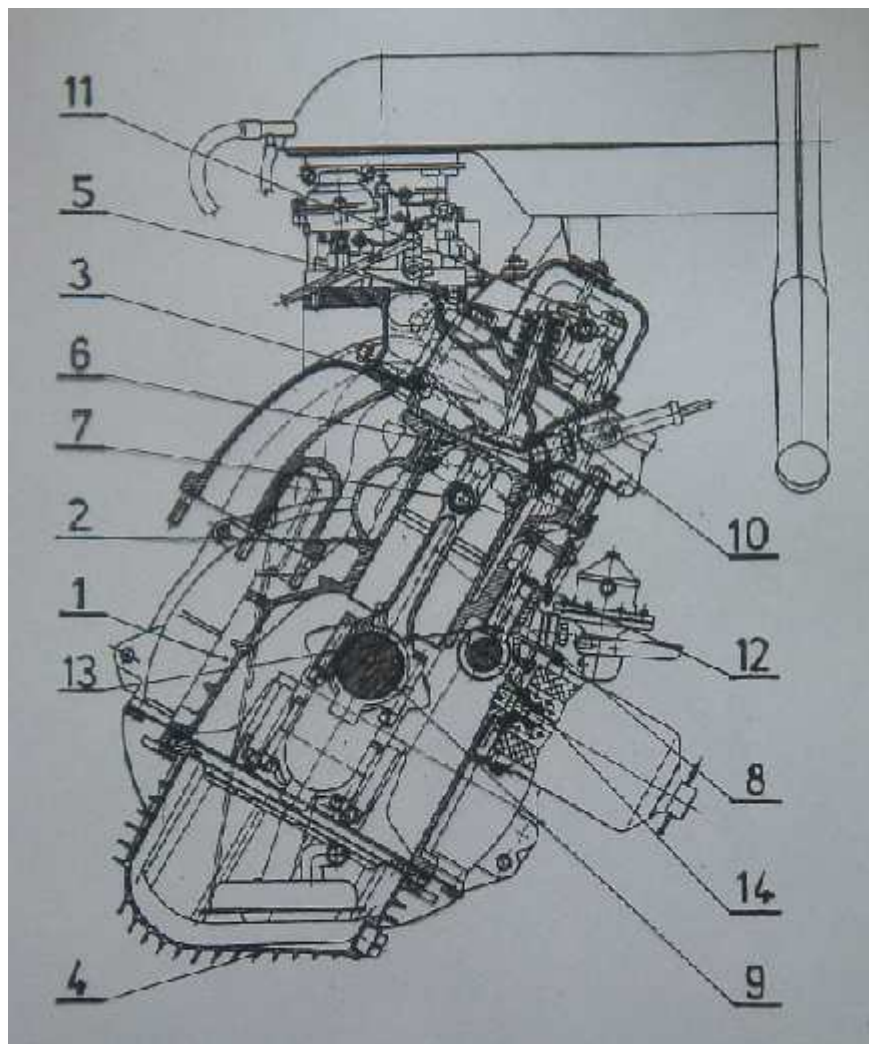
- Kliková skříň – Blok motoru
- Válec
- Hlava válců
- Víka motoru
- Kryt hlavy válců

U některých konstrukcí víceválcových motorů mohou být válce vytvořeny v jedné části, která se nazývá blok válců. Je-li blok válců vcelku s klikovou skříní, nazývá se tato část blok motoru.

### 2.7.1.2. Pohyblivé části (viz Příloha obr. 2.7.1.2.a)

- Klikové ústrojí
- Píst s pístními kroužky
- Pístní čep
- Ojnice
- Klikový hřídel
- Setrvačnick
- Tlumič torzních kmitů
- Rozvodový mechanismus – ventilový  
– šoupátkový
- Ventilový rozvod (nejčastěji používaný)
  - Části ventilového rozvodu:
    - Ventil s ventilovou pružinou
    - Vahadlo ventilu
    - Rozvodová tyčka
    - Zdvihátko ventilu
    - Vačkový hřídel
    - Pohon vačkového hřídele (rozvodová kola, řemen, řetěz...)

Uspořádání základních částí PSM je na názorném obrázku:



Obr. 2.7.1.2.b. Části pístového spalovacího motoru (Škoda 120)<sup>20</sup>:

1 – kliková skříň	6 – píst s pístními kroužky	11 – vahadlo ventilu
2 – válec	7 – pístní čep	12 – rozvodová tyčka
3 – hlava válců	8 – ojnice	13 – zdvihátko ventilu
4 – spodní víko motoru	9 – klikový hřídel	14 – vačkový hřídel
5 – kryt hlavy válců	10 – ventil s ventilovou pružinou	

### 2.7.1.3. Příslušenství motoru

- Mazací soustava
- Chladicí soustava
- Palivová soustava
- Spouštěcí zařízení
- Zapalovací (Žhavicí) soustava
- Alternátor (Dynamo)

Detailnější popis částí pístového spalovacího motoru je v kapitole 6. (Návrh výuky na zhotoveném modelu).

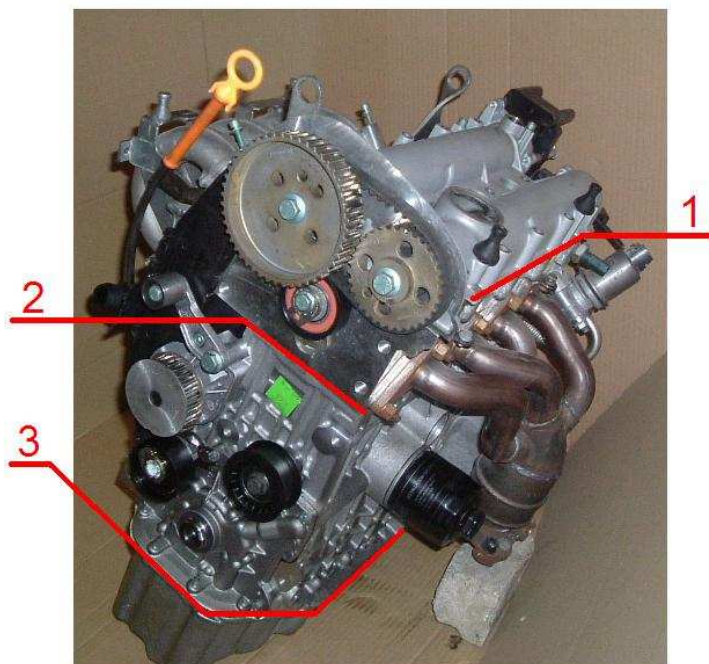
<sup>20</sup> Andrt, Jaroslav: *Údržba a opravy automobilů Škoda*,

### 3. Návrh rozložení jednotlivých částí motoru

#### 3.1. Návrh dělicích rovin

Použitý spalovací motor má tři základní dělicí roviny.

- První rovina odděluje horní víko motoru včetně vaček od hlavy válců.
- Druhá dělicí rovina odděluje hlavu válců od bloku motoru.
- Třetí dělicí rovina je vytvořena mezi blokem motoru a spodním víkem motoru (“olejovou vanou”).



Obr. 3.1.a. Základní dělicí roviny

Mezi těmito třemi rovinami vzniknou oddálením prostory, které umožní náhled na jednotlivé součásti motoru, které jsou skryty převážně uvnitř bloku motoru a hlavy válců. Hlava válců a blok motoru budou tvořit hlavní nosné prvky pro zbylé součásti, jako jsou: sací a výfukové potrubí s katalyzátorem, potrubí s komorami pro vedení chladicí kapaliny k termostatu, elektrické čerpadlo pro nucený oběh chladicí kapaliny v sacím potrubí, čerpadlo chladicí kapaliny, vodící a napínací kladky rozvodového řemenu, zadní víko {Slouží k uložení Gufera (těsnícího kroužku), které zajišťuje utěsnění klikového hřídele.}, olejový čistič, komora pro odvětrání klikové skříňe (Slouží ke kondenzaci olejových par a umožňuje zpětný odtok tohoto oleje.).

Uprostřed prostoru 2 bude umístěno těsnění hlavy válců. Prostoru 3 využiji pro umístění klikového mechanismu (kliková hřídel, ojnice, pístní čepy, písty s pístními kroužky), dále bude v tomto prostoru bude umístěno olejové čerpadlo včetně sacího koše.

### 3.2. Návrh vzdáleností součástí

Po rozebrání motoru a změření zjištění rozměrů všech součástí jsem navrhnul vzdálenosti jednotlivých součástí, viz Tab. 1.

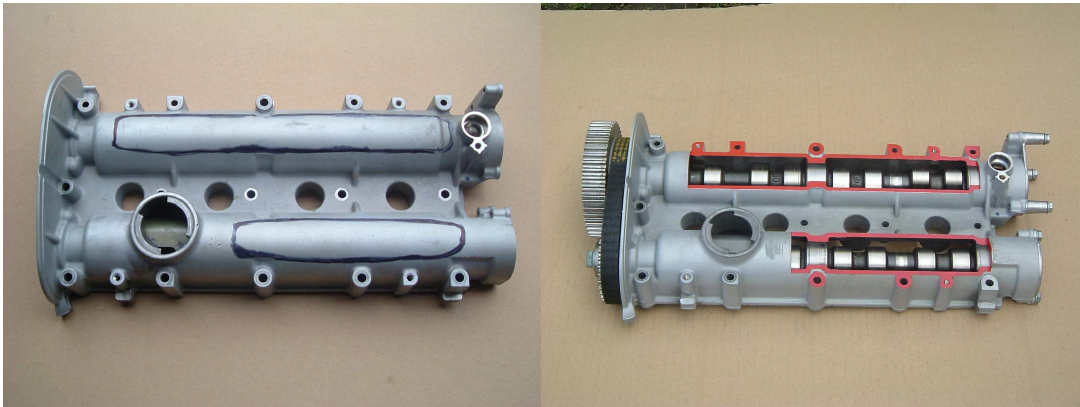
Součásti	Vzdálenosti součástí cca [cm]
Horní víko motoru od hlavy válců	20
Hlava válců od bloku motoru	30
Blok motoru od spodního víka motoru	50
Sací potrubí od hlavy válců	10
Výfukové potrubí od hlavy válců	10
Rozdělovací (vstřikovací) potrubí se vstřikovacími ventily od sacího potrubí	7
Snímač natočení vačky od vrchního (ventilového) víka	6
Zadní víko od bloku motoru	5
Držák motoru s napínací kladkou od bloku motoru	5
Čerpadlo chladící kapaliny od bloku motoru	6
Potrubí s komorami pro vedení chladící kapaliny k termostatu od hlavy válců	7
Víko termostatu od komory pro termostat	5
Kliková hřídel od bloku motoru	35
Těsnění hlavy válců od hlavy válců	10
Komora pro odvětrání klikové skříně od bloku motoru	10

Tab. 1. Vzdálenosti součástí

### 3.3. Návrhy řezů

Některé součásti, z důvodu dobrého náhledu, by nestačilo pouze vzdálit se svého daného místa a tak jsem navrhnul a po té zrealizoval, jejich řezy.

- **Horní víko motoru**, které slouží jako kryt ventilů a zároveň tvoří nosný prvek pro uložení vaček.



Obr. 3.3.a. Řez horním víkem motoru

- **Sací potrubí** (viz Příloha obr. 3.3.b.), které má kruhový tvar z důvodu lepšího proudění vzduchu.



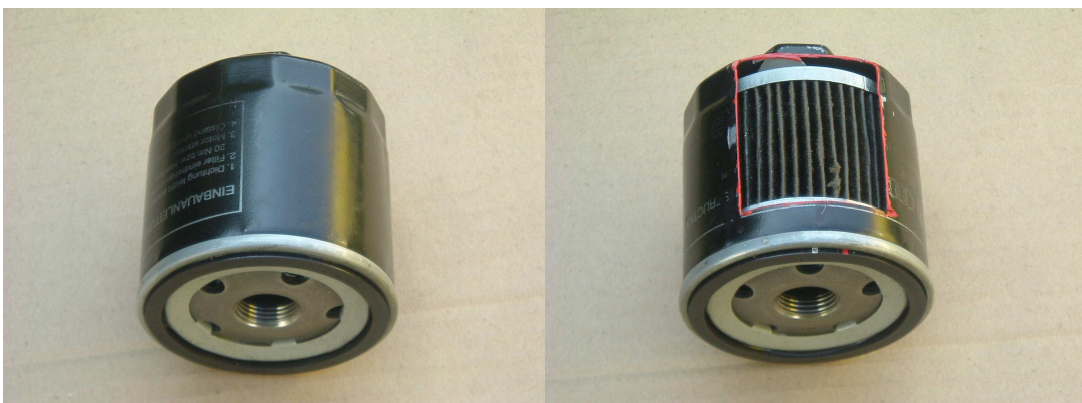
Obr. 3.3.c. Řez sacím potrubím

- **Sběrné výfukové potrubí s katalyzátorem** – za povšimnutí zde stojí právě umístění katalyzátoru, které je součástí sběrného potrubí, zatímco dříve se katalyzátor umísťoval až za první díl výfukového potrubí a byl umístěn pod karoserií vozu.



Obr. 3.3.d. Řez výfukovým sběrným potrubím

- **Plnoprůtokový, výměnný, nerozebíratelný čistič motorového oleje** je umístěn pevně na bloku motoru. V tělese z ocelového plechu je umístěna vložka z hvězdicovitě složeného papíru.



Obr. 3.3.e. Řez čističem oleje



## 4. Změření základních parametrů vybraných částí PSM

V následující kapitole se zabývám parametry, které lze změřit v domácích podmínkách.

### 4.1. Parametry, které lze měřit posuvným měřítkem přímo:

- Vrtání válce  $d$  (viz. Příloha obr. 4.1.a.)
- Průměr hlavního čepu klikového hřídele  $d_1$  (viz. Příloha obr. 4.1.b.)
- Průměr ojničního čepu klikového hřídele  $d_2$  (viz. Příloha obr. 4.1.c.)
- Šířka hlavní pánve ložiska (viz. Příloha obr. 4.1.d.)
- Šířka ojniční pánve ložiska (viz. Příloha obr. 4.1.e.)
- Průměr pístního čepu  $d_3$  (viz. Příloha obr. 4.1.f.)

### 4.2. Parametry, které se měří nepřímě:

- **Zdvih pístu  $z$ :** Je to vzdálenost mezi horní a dolní úvratí pístu. Při horní úvratí dno pístu leží v rovině s vloženým válcem, lze zdvih změřit hloubkoměrem na posuvném měřítku (viz. Příloha obr. 4.2.a.).
- **Délka ojnice  $L$ :** Je to vzdálenost osy hlavy ojnice a vzdálenost osy oka ojnice. Lze změřit nepřímě. Od naměřeného rozměru „ $a$ “ (nejvzdálenější místa kluzných ložisek, viz. Příloha obr. 4.2.b.) se odečtou poloměry ojničního a pístního čepu. Tedy:

$$L = a - \frac{d_2}{2} - \frac{d_3}{2} = 176 - \frac{42,75}{2} - \frac{17}{2} = \underline{\underline{163,13\text{mm}}}$$

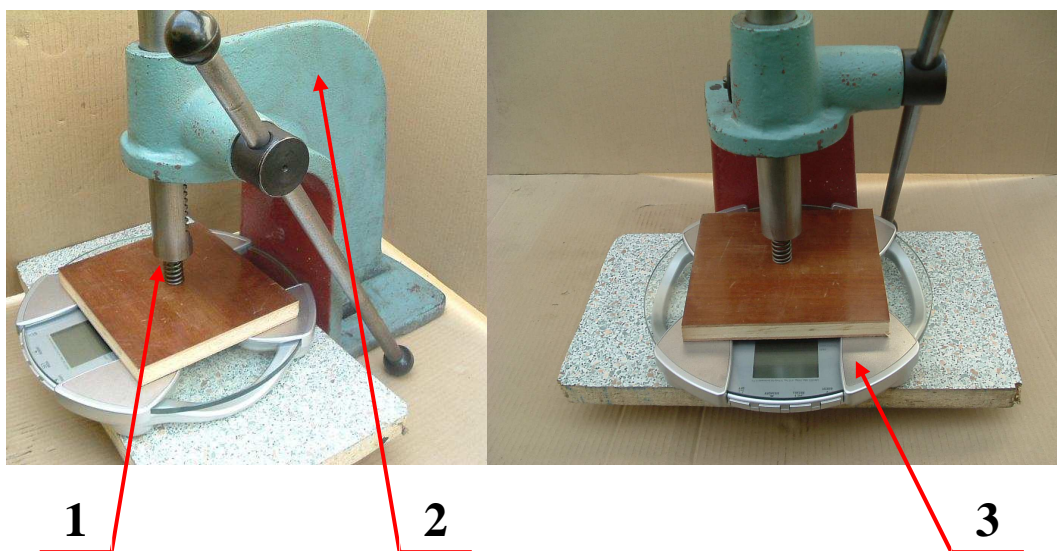
### 4.3. Naměřené parametry

Měřené parametry	Rozměr parametru [mm]
Vrtání válce	76,5
Zdvih pístu	75,6
Průměr hlavního čepu klikového hřídele	54
Průměr ojničního čepu klikového hřídele	42,75
Šířka hlavní pánve ložiska	18
Šířka ojniční pánve ložiska	18
Průměr pístního čepu	17
Délka ojnice	163,13

Tab. 2. Parametry motoru

### 4.4. Měření charakteristiky tuhosti ventilové pružiny

Měření jsem realizoval za pomoci ručního lisu, osobní váhy a posuvného měřítka.



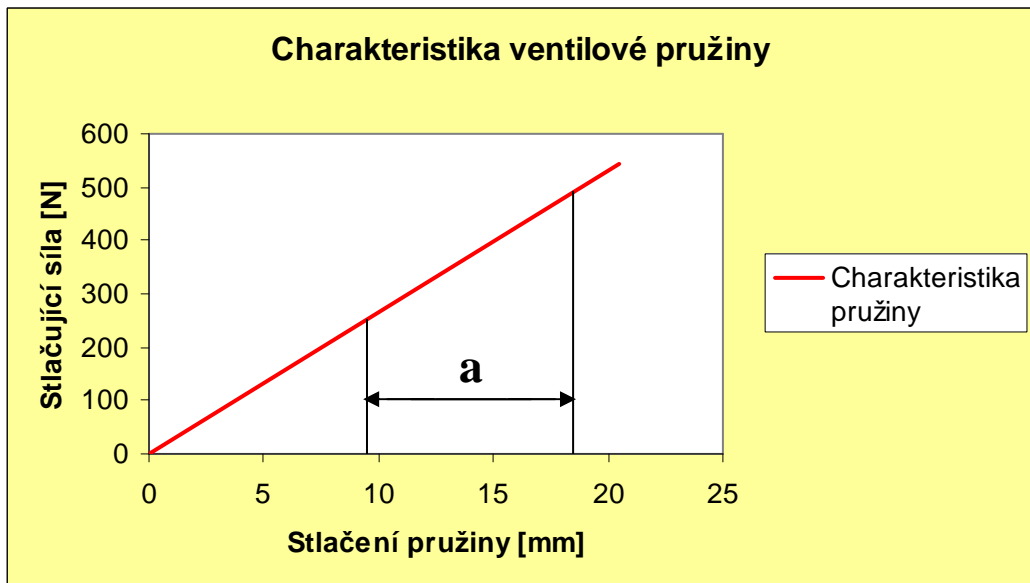
Obr. 4.4.a. Měření síly v pružině při jejím stlačení

1 – ventilová pružina, 2 – ruční lis, 3 – digitální osobní váha

### Změřené parametry pružiny:

Délka pružiny ve volném stavu	$l_0 = 43,5$ [mm]
Minimální délka pružiny při dosednutí závitů na sebe	$l_{\min} = 23$ [mm]
Potřebná síla k maximálnímu stlačení pružiny	$F_{\max} = 545,4$ [N]
Délka pružiny při zavřeném ventilu	$l_1 = 34$ [mm]
Délka pružiny při plně otevřeném ventilu	$l_2 = 25$ [mm]

Z těchto hodnot lze sestavit charakteristiku pružiny.



Graf 1. Charakteristika ventilové pružiny, a – pracovní rozsah ventilové pružiny

## 5. Realizace modelu PSM pro výuku

**5.1. Použitý pístový spalovací motor** – je z vozu Škoda Fabia 1,4 16V MPI o výkonu 59 kW (viz Příloha obr. 5.1.a.). Motor je kapalinou chlazený zážehový čtyřválec s ventilovým rozvodem DOHC.

## **5.2. Popis postupu zhotovení modelu**

1) Nejprve jsem motor kompletně rozložil, na jednotlivé dílčí součásti. Každou součást bylo potřeba důkladně vyčistit od oleje, starého silikonového těsnění, usazenin ve spalovacím prostoru..apod. Na vybraných součástech jsem provedl řezy (viz. odstavec 3.3.) a vzniklé hrany jsem pro zvýraznění řezů natřel červenou barvou.

2) Pro motor bylo třeba zhotovit rám, sloužící jako nosný prvek pro celý model motoru a zároveň svými rozměry umožní dobrý náhled na součásti motoru. Rám musí být také dostatečně rozměrný z důvodu dobré stability modelu. Je svařen z trubek čtvercového a obdélníkového průřezu. Rám je opatřen seřizovatelnými, opěrnými šrouby s plastovými hlavicemi, umožňující konstantní a pevné postavení modelu (odstraňují nepřesnosti podlahy).

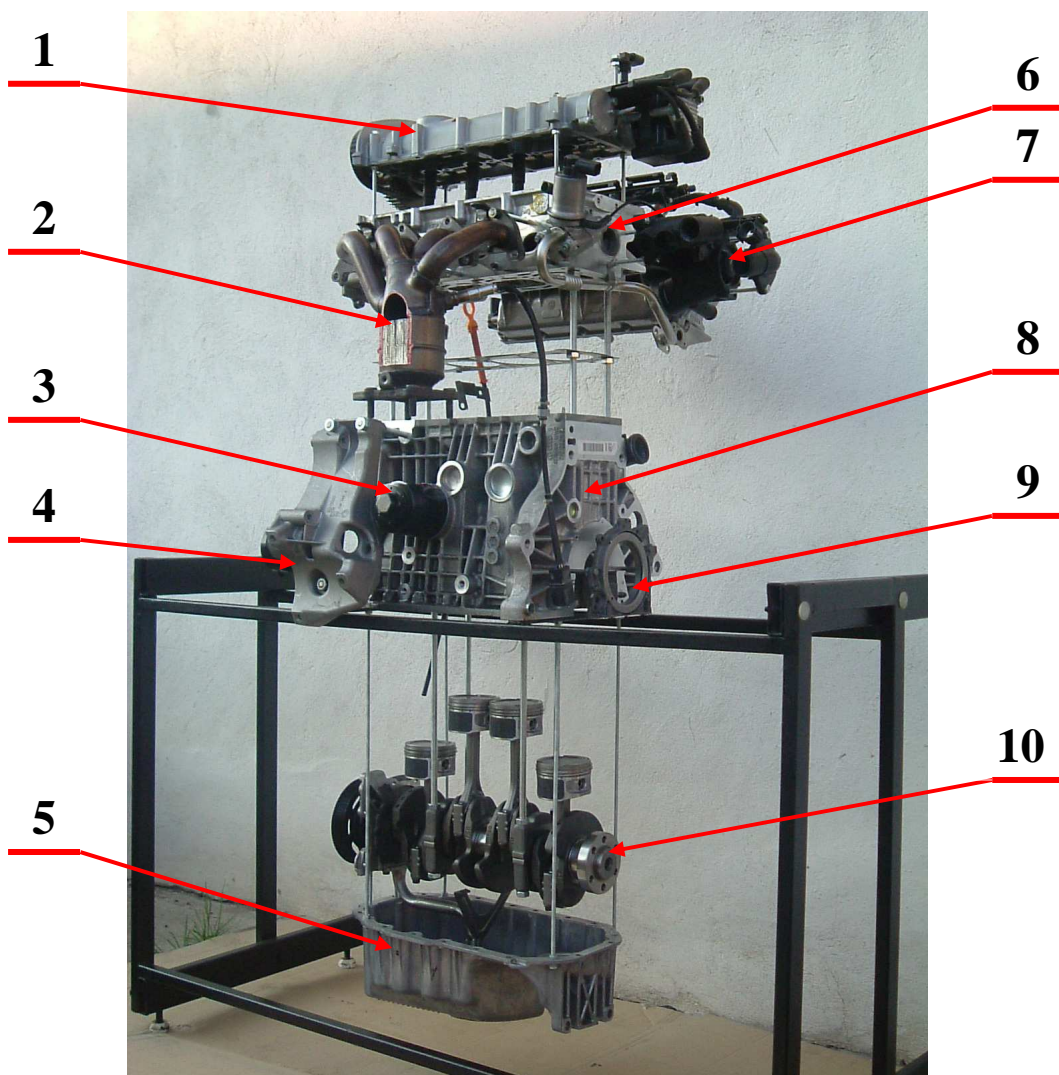
Rozměry rámu jsou: Výška = 0,78 m

Šířka = 1,18 m

Hloubka = 0,51 m

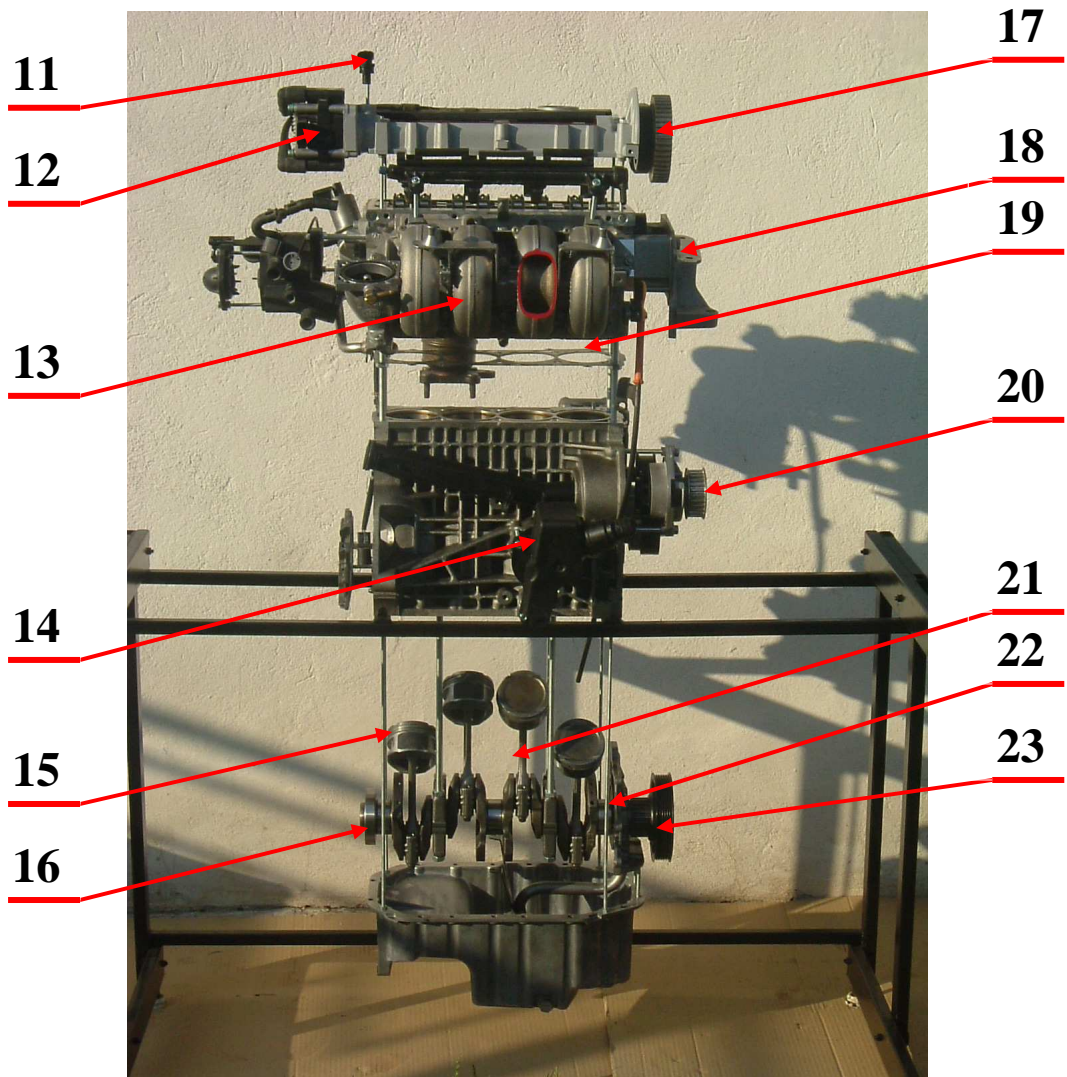
3) Do zhotoveného rámu jsem přišrouboval blok motoru, který dále plnil funkci nosného prvku pro hlavu motoru, klikové ústrojí a spodní víko motoru.

4) Pro připevnění dílčích součástí motoru jsem spotřeboval 6 metrových závitových tyčí o různých průměrech 6, 8, 10mm a 89 příslušných matic. Při rozmístění součástí motoru jsem vycházel z výšky člověka 170 cm a proto jsem umístil hlavu motoru 120 cm a ventilové víko s provedeným řezem (viz. odstavec 3.3.) 140 cm od povrchu podlahy. Kvalitní pohled na klikové ústrojí jsem zajistil jeho umístěním a to necelých 40 cm od podlahy, díky tomuto umístění nebránily ve výhledu žádné jiné součásti jako jsou blok motoru, katalyzátor a ani sací potrubí.



Obr. 5.2.a. Výukový model PSM – pohled A

1 – vrchní víko motoru, 2 – sběrné výfukové potrubí s katalyzátorem, 3 – olejový čistič, 4 – držák motoru s napínací kladkou rozvodového řemene, 5 – spodní víko motoru, 6 – hlava motoru, 7 – komora s termostatem, 8 – blok motoru, 9 – zadní víko motoru s těsnícím kroužkem, 10 – příruba pro setrvačník



Obr. 5.2.b. Výukový model PSM – pohled B

11 – snímač polohy natočení vačkového hřídele, 12 – vysokonapěťová cívka,  
 13 – sací potrubí, 14 - komora pro odvětrání klikové skříně, 15 – Píst,  
 16 – klikový hřídel, 17 – hnaná řemenice pro pohon vaček, 18 – držák motoru,  
 19 – těsnění hlavy válců, 20 – čerpadlo chladící kapaliny, 21 – ojnice,  
 22 – olejové čerpadlo, 23 – hnací řemenice pro klínový řemen.

## 6. Návrh výuky na zhotoveném modelu a výukovém panelu

V následující kapitole jsou popsány jednotlivé části motoru doplněny o názorné fotografie.

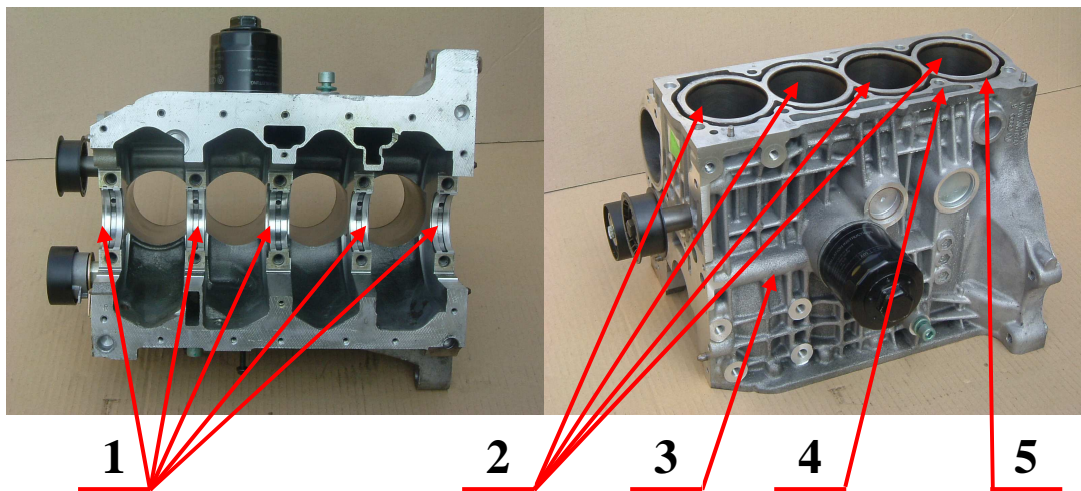
**6.1. Kliková skříň** – Je nosnou částí motoru. Je hlavní součástí pro uložení klikového hřídele, u ventilového rozvodu SV a OHV i pro uložení vačkového hřídele. U vzduchem chlazených motorů pak její horní část je uzpůsobena pro uložení válců motoru.

U motorů chlazených vodou je odlévána společně s blokem válců jak z litiny, tak z lehkých slitin hliníku.

**6.2. Blok motoru** – *„Je odlit společně se sedly pro uložení vložených válců a uložení klikového hřídele. Pro motory s rozvody OHV, SV pak současně obsahuje i sedla pouzder pro uložení vačky, zdvihátek ventilů. Ve stěnách bloku jsou odlity kanály chlazení a mazání. Mimo to má odlitek bloku motoru příruby pro uchycení a uložení palivového čerpadla, čerpadla mazání, alternátoru, čističe oleje, rozdělovače apod. Blok motoru musí být dostatečně pevný, tuhý, aby se nedeformoval, musí tlumit vibrace a chvění a nesmí se deformovat působením sil za provozu motoru.“<sup>21</sup>*

---

<sup>21</sup> Motejl, Vladimír: *Učebnice pro řidiče a opraváře automobilů*. (str. 188)



Obr. 6.2.a. Blok motoru

**1**– kluzná ložiska hlavního uložení klikového hřídele, **2** – válce,  
**3** – hlavní mazací kanál, **4** – otvory pro odtok oleje, **5** – otvory pro chladící kapalinu

### 6.3. Válce

- „Válce pístového spalovacího motoru plní následující úkoly:
  - Stěny válce ohraničují pracovní (spalovací) prostor.
  - Zabezpečuje vedení pístu a zachycuje síly vázané na kinematiku klikového mechanismu.
  - Tvoří kluznou a těsnící plochu pro pohyb pístu, přičemž povrch pracovní plochy válce musí zajistit vytvoření a udržení olejového filmu ve všech režimech práce motoru.
  - Zabezpečuje odvod tepla z pístu a chlazení pracovního prostoru.
  - U dvoudobého motoru jsou v něm umístěny rozvodová okna
- Požadavky na vlastnosti materiálu:
  - Vysoká pevnost a tvarová stálost
  - Dobré vedení tepla, malá tepelná roztažnost
  - Vysoká odolnost styčné plochy válců proti opotřebení a dobré kluzné vlastnosti

*Válce jsou konstrukčně nejnáročnější složkou dílu motoru. Jako odlitek z legované litiny je vnitřní průměr velmi jemně broušen – honován.“<sup>22</sup>*

<sup>22</sup> Vlk, František: *Vozidlové spalovací motory.* (str.326)



**Kapalinou chlazené motory** - Vnější povrch je buď přímo ve styku s chladicí kapalinou – „mokrý vložka“ (viz Příloha obr. 6.3.a.), nebo je mezi kapalinou a válcem mezistěna – „suchá vložka“. Jejich výhodou je přímý styk s kapalinou chlazení a tedy rovnoměrné chlazení a dokonalý odvod tepla. Současně i snadná demontáž a montáž nových válců.

*„Některé motory používají tenkostěnných zalisovaných vložek do bloku. Chlazení je méně účinné, protože teplo musí nejdříve prostoupit vložkou a pak stěnou bloku do chladicí kapaliny.“<sup>23</sup>*

**Vzduchem chlazené válce** – „Jsou opatřeny chladícími žebry, které zvětšují plochu pláště a zlepšují tak chlazení (viz Příloha obr. 6.3.b.). Jako jednotlivé žebrované válce se spojují s klikovou skříní šrouby, svorníky nebo přímo závitovým spojem. Válce vzduchem chlazené dvoudobých i čtyřdobých motorů jsou tedy samostatné a jsou jednotlivě připevněny ke klikové skříní motoru. Vzduchem chlazené čtyřdobé motory se používají u některých nákladních automobilů (Tatra), dříve i u motorů pro osobní automobily. Pro zajištění spolehlivého chlazení se používá nucený oběh vzduchu.“<sup>24</sup>

**6.4. Hlava válců** – „Je samostatnou součástí. Uzavírá pracovní prostor válce a tvoří spalovací prostor. K bloku válců je připevněna šrouby, nebo svorníky hlavy válců a je utěsněna vloženým těsněním hlavy válců.“<sup>25</sup> „Hlava válců musí zachycovat spalovací tlak a je při tom silně mechanicky namáhána plyny, které vznikají při spalování. Musí mít vysokou tvarovou pevnost a malou tepelnou roztažnost.“<sup>26</sup>

*„V hlavě jsou vytvořeny spalovací prostory, u vznětových motorů komůrky, otvory pro upevnění pomocí šroubů k bloku válců, otvory pro chlazení a mazání. Součástí jsou i kanály pro přívod směsi, vzduchu, a odvod spalin. U zážehových motorů pak otvor pro uložení zapalovací svíčky, nebo vstřikovače u vznětových motorů.“*

---

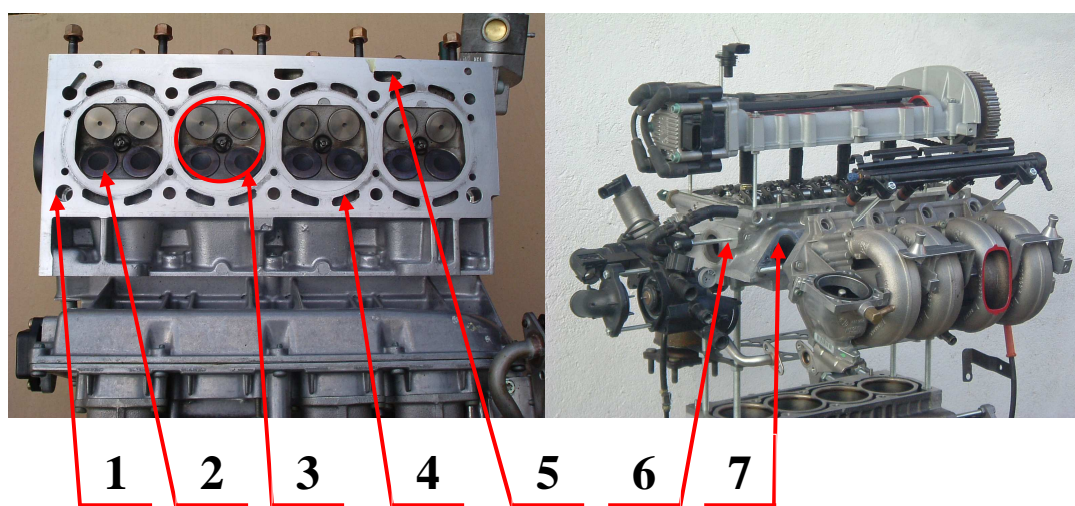
<sup>23</sup> Motejl, Vladimír: *Učebnice pro řidiče a opraváře automobilů*. (str. 187)

<sup>24</sup> Vlk, František: *Vozidlové spalovací motory*. (str.327)

<sup>25</sup> Vlk, František: *Vozidlové spalovací motory*. (str.331)

<sup>26</sup> Vlk, František: *Vozidlové spalovací motory*. (str.332)

*Plnicí a výfukové kanály vedou od sedel až po příruby pro uchycení sběrných potrubí. Sedla jsou u hlav ze slitin hliníku vkládaná, výměnná, vyrobená z vysoce kvalitního materiálu, nebo keramických hmot u nových konstrukcí motoru. U hlav odlitých z litiny bývají vytvořena přímo v hlavě. Pro víceválcové řadové motory chlazené vodou je hlava vyráběna jako jeden celek pro všechny válce. Motory chlazené vzduchem mají hlavy válců samostatné opatřené žebrováním a jsou vyrobeny z lehkých slitin. Vždy se jedná o složitý odlitek z litiny, nebo lehkých slitin hliníku. Tyto hlavy mají podstatně lepší tepelnou vodivost, lépe odolávají korozím v chladícím prostoru. Ventilová sedla jsou zalisována do hlavy válců s použitím podchlazení lisovaných částí při montáži.*<sup>27</sup>



Obr. 6.4.a. Hlava válců

**1** – otvor pro šroub hlavy válců, **2** – ventily, **3** – spalovací prostor, **4** – kanály chladící kapaliny, **5** – kanály pro odtok oleje, **6** – umístění hlavy válců, **7** – sací kanál

<sup>27</sup> Motejl, Vladimír: *Učebnice pro řidiče a opraváře automobilů*. (str. 189)

## 6.5. Víka motoru

**Spodní víko** slouží jako hlavní zásobárna oleje (nádrž). U některých motorů zvyšuje tuhost bloku motoru. Je opatřeno výpustnou zátkou oleje. Bývá odlito z lehké slitiny hliníku (Příloha obr. 6.5.a.), nebo vylisováno z ocelového plechu.

**Kryt hlavy válců** (vrchní víko motoru viz Příloha obr. 6.5.b.) – Kryje ventilový rozvod. Moderní víko odlito s lehké slitiny může být vybaveno kombinací příčných a podélných žeber. Toto provedení snižuje hluk až o 10 dB (A) oproti nežebrované, hranaté a ploché variantě.

**Přední a zadní víka** slouží k uložení Gufer (těsnících kroužků), které zajišťují utěsnění klikového hřídele (Příloha obr. 6.5.c. a obr. 6.5.d). Boční víka umožňují přístup k součástem rozvodového mechanismu (pokud se jedná o rozvody SV a OHV).

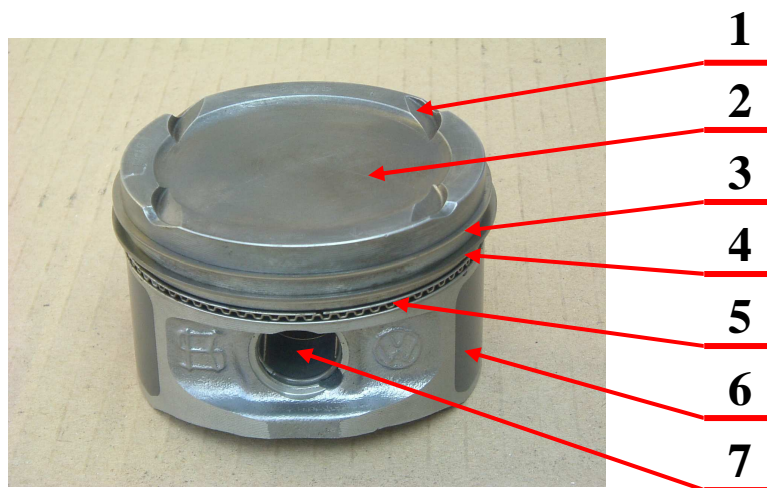
**6.6. Písty s pístními kroužky** – „*Píst je nejnamáhavější součástí motoru, protože zachycuje, přenáší a mění tlaky spálených plynů na dno pístu. Je namáhán hlavně tlakem a tepelně. Maximální teploty jsou více než 2000 °C a tlaky 3 – 6 MPa u zážehových motorů a více jak 8 MPa u vznětových motorů. Píst navíc musí dotěsnit spalovací prostor tak, aby ztráty netěsností i třením byly minimální.*“<sup>28</sup>

„*U běžných motorů jsou písty dvěma až třemi těsnícími kroužky a jedním až dvěma stěracími kroužky. Některé typy motorů vznětových mají navíc stěrací kroužek u otevřeného dna pístu. Kroužky jsou vyráběny ze šedé litiny, z oceli obráběním z odstředivě litých pouzder nebo jednotlivým odléváním. Moderní metoda je výroba kroužků z práškové oceli. U novějších automobilů se začínají rozšiřovat kroužky s titanovým pokovením. Zkouší se i kroužky s keramickým pokovením.*“<sup>29</sup>

---

<sup>28</sup> Motejl, Vladimír: *Učebnice pro řidiče a opraváře automobilů*. (str. 195)

<sup>29</sup> Motejl, Vladimír: *Učebnice pro řidiče a opraváře automobilů*. (str. 197)



Obr. 6.6.a Píst

1 – vybrání pro ventily, 2 – dno pístu, 3 – těsnicí kroužek, 4 – těsnicí kroužek,  
5 – stěrací kroužek, 6 – plášť pístu, 7 – otvor pro pístní čep

**6.7. Pístní čepy** – Pístní čep (viz Příloha obr. 6.7.a.) přenáší sílu z pístu na ojnici a zároveň je spojuje. Většinou se používá dutý, proti osovému posuvu zajištěný (Seegerovou) pojistkou, nebo drátěným (ocelovým) kroužkem. U některých motorů je pístní čep vyosen o několik mm, vzniká excentrický klikový mechanismus, který vyrovná boční tlaky na píst a snižuje hluk při klepání pístu u studeného motoru. Je vyroben z vysoce kvalitního materiálu, jeho povrch je kalený, vytvrzený a přesně broušený. Pro snížení hmotnosti je odlehčen vrtáním a někdy profilovým otvorem. U pístu z lehkých slitin je osa čepu posunuta až o 1 mm (podle průměru pístu). Z těchto důvodů musí být píst namontován v předem stanovené poloze podle montážní značky.

*„Uložení pístního čepu v otvoru pístu je většinou s provozní vůlí, aby byl do otvoru v pístu, po předehřátí na určenou teplotu, lehce zasunutelný. Předehřátí pístu se provádí v oleji nebo odporovým ohříváčem.“<sup>30</sup>*

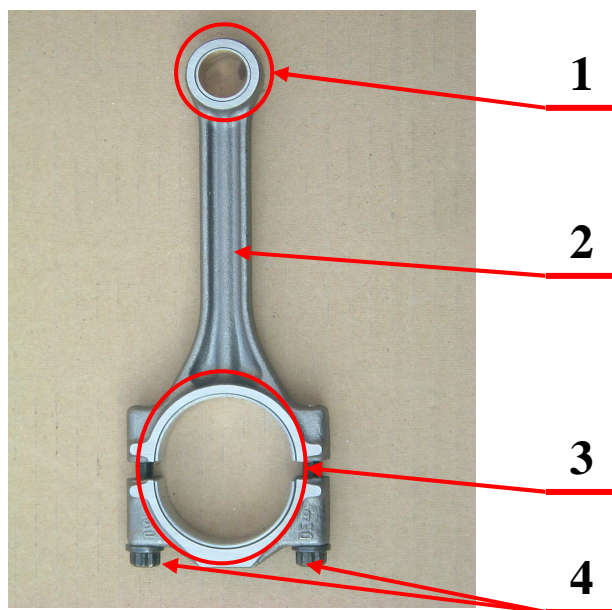
**6.8. Ojnice** – *„Spojuje píst s klikovým hřídelem motoru a svým výkyvem mění přímočarý pohyb pístu ve válci na pohyb otáčivý podle klikového čepu hřídele motoru. Skládá se z hlavy, oka a dřívku ojnice.“*

<sup>30</sup> Motejl, Vladimír: *Učebnice pro řidiče a opraváře automobilů.* (str. 198)

Oko spojuje píst s ojnící. V něm je zalisováno pouzdro pro uložení pístního čepu. Dřík ojnice je z pevnostních důvodů profilován do tvaru I (H), který je nejodolnějším tvarem proti namáhání tlakem a ohybem, vzpěrem. U větších motorů, vznětových, někdy bývá dřík vrtaný pro tlakové mazání pístního čepu.

Hlava ojnice je u většiny motorů dělená pro snadnou montáž uložení na klikovém čepu.<sup>31</sup> U dvoudobých motorů, bývá ojnice nedělená z důvodu uložení na jehlových (valivých) ložiscích, toto však vyžaduje dělenou klikovou hřídel.

Ojnice současných čtyřdobých motorů jsou uloženy na kluzných ložiscích, které jsou tvořeny tenkostěnnými pánvemi. Kluzná ložiska používaná v dnešních čtyřdobých motorech bývají třívrstvá tenkostěnná. Pro zlepšení kluzných a nouzových vlastností je využíváno třetí záběhové a funkční vrstvy. Tato vrstva se nanáší galvanicky a má tloušťku pouze 20 až 40  $\mu\text{m}$ , což zaručuje její vysokou zatížitelnost (na úrovni olovených bronzů). U méně tvrdých ložiskových materiálů (olověné bronzy s obsahem 30% olova nebo u uhlíkové slitiny Al Sn 20 Cu 1) se tato třetí vrstva běžně nepoužívá a ložisko je pouze bimetalické.



Obr. 6.8. Ojnice 1 – oko ojnice, 2 dřík ojnice, 3 – hlava ojnice, 4 – ojniční šrouby

<sup>31</sup> Motejl, Vladimír: *Učebnice pro řidiče a opraváře automobilů*. (str. 199)

## 6.9. Klikový hřídel

*„Je to nejdůležitější součást motoru a klikového mechanismu. Převádí posuvný pohyb pístů a ojníc na otáčivý pohyb.*

*Klikový hřídel má hlavní čepy, kterými je uložen v klikové skříni a klikové čepy pro uložení, uchycení, ojníc.“<sup>32</sup> Hřídel je zakončena přírubou pro setrvačnick a na opačném konci je osazení pro uložení řemenice (řemenic).*

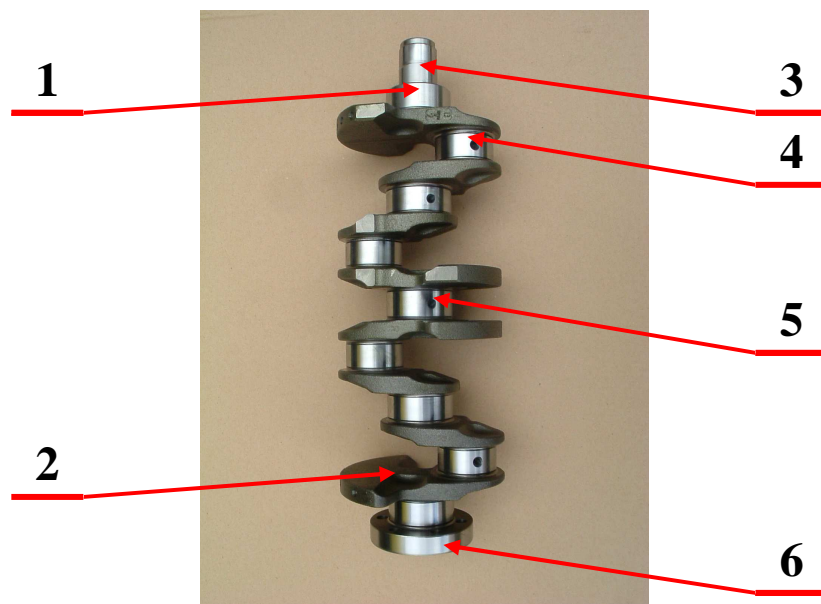
Klikové hřídele jsou většinou vyráběny z jednoho kusu jako odlitek nebo výkovek zápusťkovým kováním. Čepy klikového hřídele jsou povrchově cementované, kalené a jemně broušené. U současných motorů jsou převážně uloženy na kluzných ložiskách. Uložení neděleného hřídele vyžaduje dělení ložiskových pánví pro jeho uložení. Hlavní a ojnicní ložiska se odlišují pouze průměrem a šířkou. Mazací olej je do ložisek klikových čepů přiveden pomocí šikmo vrtaných kanálů v těchto čepech (tyto kanály mohou být i odlévané).

Axiální vůle je vymezena třecími axiálními kroužky, které mohou být dělené. Umístění těchto kroužků bývá na prvním, nebo středním klikovém hlavním čepu. Tyto kroužky (čtyři poloviny těchto kroužků) jsou vždy umístěny pouze na jednom čepu a vymezují vůli v obou směrech pohybu. Třecí kroužky se vyrábějí o různých tloušťkách z důvodu přesného vymezení této axiální vůle.

Tolerance nevyváženosti hřídele nesmí překračovat dané limity (např. u Škody Felicia nesmí překročit 150 g.mm při 1000 ot/min). Z tohoto důvodu se klikový hřídel vyvažuje staticky a dynamicky v několika fázích a to již při výrobě tohoto hřídele. Navíc po smontování celého motoru je klikový mechanismus vyvážen jako celek.

---

<sup>32</sup> Motejl, Vladimír: *Učebnice pro řidiče a opraváře automobilů*. (str. 200)

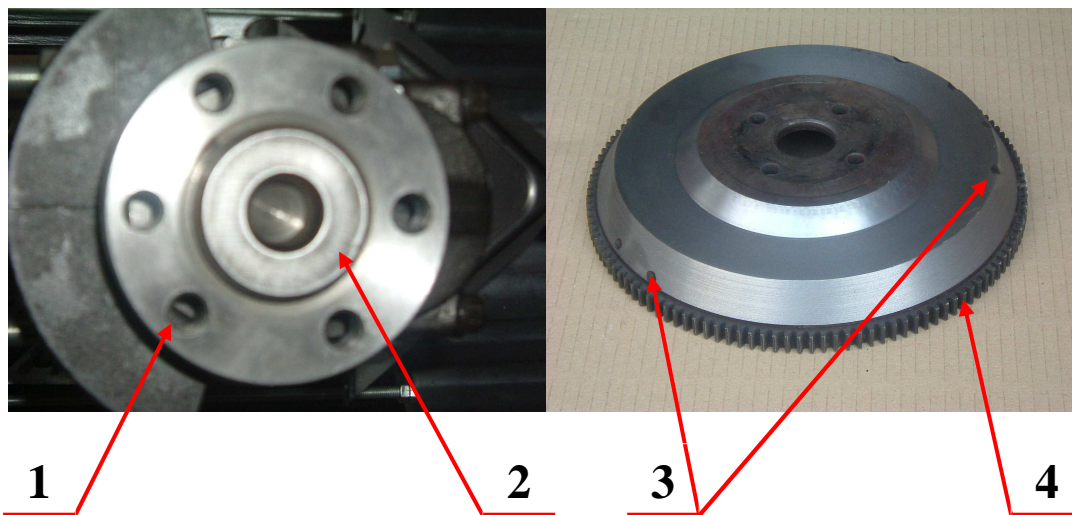


Obr. 6.9.a. Klikový hřídel

1 – hlavní čep klikového hřídele, 2 – rameno kliky, 3 – přední konec klikového hřídele, 4 – klikový čep, 5 – olejový kanál, 6 – příruba pro setrvačnick

**6.10. Setrvačnick motoru** – Úkolem setrvačnicku je akumulovat energii potřebnou pro překonání pasivních zdvihů motoru. Další důležitou úlohou je vylepšení rovnoměrnosti chodu motoru a zajištění tak minimální kolísavosti úhlové rychlosti klikového hřídele během jedné otáčky. Současně je do setrvačnicku namontována spojka. Čelní plocha setrvačnicku je zároveň hnací částí spojky. Je povrchově upravena, broušena a dosedá na ní třecí kotouč spojky. Na obvodu setrvačnicku je nalisován ozubený věnec, který slouží jako redukční, silový převod, pro roztáčení motoru pomocí spouštěče. Do tohoto věnce je zasouván pastorek. Hlavní hmota setrvačnicku je na jeho obvodu. Vystředění na zadní válcovou část klikového hřídele zajišťuje osazení v setrvačnicku s vůlí okolo 0,030 – 0,035 mm. Vzájemnou polohu setrvačnicku a hřídele zajišťuje aretační kolík, nebo nesouose, s různou roztečí, vyvrtané otvory pro pevnostní upevňovací šrouby (viz. Obr. 6.10.a).

„Protože i setrvačnick je rotující částí motoru, musí být jak dynamicky tak staticky vyvážený. Dovolená nevyváženost je velmi malá, menší než 140 g.mm při 1000 ot/min. Někteří výrobci motoru motorů předepisují vyvážení setrvačnicku společně s klikovou hřídelí.“<sup>33</sup>



Obr. 6.10.a, b Příruba pro setrvačnick s nesouose vyvrtanými otvory (vlevo), sportovně upravený setrvačnick - odlehčený (vpravo)

**1** – nesouose vyvrtaný otvor pro zajištění polohy setrvačnicku, **2** – osazení z důvodu vystředění setrvačnicku, **3** – vyvažovací otvory, **4** – ozubený věnec tvořící prvek převodu mezi elektrickým startérem a klikovou hřídelí motoru.

**6.11. Tlumiče torzních kmitů** – Zabraňují nadměrnému opotřebení klikového hřídele a jeho ložisek, které by bylo způsobeno torzními kmity. Tyto torzní kmity navíc vyvolávají neklidný chod motoru a hluk. Tlumiče torzních kmitu jsou většinou namontovány na protilehlém konci klikového hřídele k setrvačnicku. Současně mohou sloužit jako řemenice. Tlumiče kmitů bývají pryžové, viskózní nebo hydrodynamické. U vozidlových motorů se nejčastěji používají pryžový tlumič torzního kmitání.

<sup>33</sup> Motejl, Vladimír: *Učebnice pro řidiče a opraváře automobilů*. (str. 201)



## **Pryžové torzní tlumiče**

- *„Jednohmotový – K náboji spojenému s klikovým hřídelem (např. k plechovému výlisku přišroubovanému ke klikovému hřídeli) je navulkanizována pryžová vrstva, působící jako pružící a také jako tlumící člen, a přes tuto vrstvu je díl připojený ke klikovému hřídeli spojen s odstředivou hmotou. Jakmile tato odstředivá hmota začne konat relativní kmitavý pohyb vzhledem ke klikovému hřídeli, je část energie kmitání pohlcena vnitřním třením deformovaného pryžového elementu.*
- *Dvouhmotový – Stejně konstrukční provedení jako jednohmotový, ale má dva navulkanizované pryžové elementy a jeho tlumící výkon je podstatně vyšší.*

*U viskózního tlumiče je odstředivá hmota uložena ve skříni, jehož štěrbinové prostory jsou naplněny velmi viskózním silikonovým olejem. Zde tlumící moment vyvolávají smyková napětí vznikající při relativním pohybu odstředivé hmoty.“<sup>34</sup>*

## **6.12. Ventilový rozvod**

### **Části ventilového rozvodu:**

**6.12.1. Ventily** – *„Tvoří část spalovacího prostoru, spolu se sedlem zaručují jeho těsnost a v otevřeném stavu by měli klást minimální odpor proudícím plynům. Jsou namáhány tlakem plynů ve spalovacím prostoru, vysokými teplotami, silami pružin a silami setrvačnými. Teploty hlav výfukových ventilů benzínových motorů dosahují 800 – 850 °C, naftových 600 – 650 °C. Sací ventily mají teploty nižší, protože ochlazovány čerstvou náplní.*

*Sací ventily jsou většinou vyráběny z chromokřemičité oceli. Ventilové sedlo a často také dřík jsou tvrzené. Výfukové ventily jsou kvůli vysoké teplotní zátěži většinou konstruovány jako ventily bimetalové. Talíř ventilu a často také spodní konec dříku jsou vyrobeny z oceli chromomanganové, zbývající část dříku z oceli chromokřemičité. Protože se chromomanganová ocel – na rozdíl od oceli*

---

<sup>34</sup> Vlk, František: *Vozidlové spalovací motory.* (str.304)

*chromokřemičité – nedá vytvrdit, je osazení ventilu často zpevněno slitinami chromu, niklu nebo kobaltu.*<sup>35</sup>

*„Ventil se skládá z hlavy, dřívku a stopky. Na stopce je drážka pro upevnění misky pomocí klínků. Do této misky je zasazena jedna až dvě vratné pružiny, které táhnou ventil do sedla v hlavě válce. Dřík ventilu je jeho vodící částí. Vodítko ventilu je v hlavě válce a může být i výměnné. Hlava ventilu se vyrábí kováním, je zaoblená, aby nedocházelo k upalování hran a nevznikaly na ventilu trhliny. Podle tvaru se dělí na talířové, vypuklé a tulipánové.“*<sup>36</sup>

**6.12.2. Ventilové pružiny** – *„Zajišťují trvalý styk ventilů se sedlem v hlavě válce. Síla pružiny musí být vyměřena tak, aby vznikl dostatečný kontakt s vačkami a aby došlo k tak rychlému uzavření ventilů, jak to umožňují pohybující se vačky. Ventilová pružina má za úkol přitlačovat ventil v uzavřeném stavu do sedla, tím zabezpečovat jeho těsnící funkce a zabránit vtáhnutí výfukového ventilu do válce v průběhu sání. Současně má udržovat všechny pohyblivé části rozvodu ve stálém dotyku v těch fázích pohybu, kdy tento dotyk nezabezpečuje působení vačky.“*<sup>37</sup>

*„Nejrozšířenější jsou pružiny válcové, v menší míře nebo výjimečně se používají vlásenkové nebo torzní.“*<sup>38</sup> *„Válcová pružina namáhána krutem má činné závity a závity závěrné neboli dosedací, které se zabrušují do rovné plochy, aby pružina byla opřena o podložku po celém obvodu. Toto řešení dovoluje navrhnout pružiny menších rozměrů a zvyšuje bezpečnost provozu tím, že zabraňuje vpadnutí ventilu do válce v případě prasknutí jedné z pružin. Pružiny mívají rozdílnou vlastní frekvenci, čímž snižují účinky rezonancí na práci rozvodového ústrojí. Proměnné stoupání se provádí jako preventivní opatření proti vzniku rezonančního kmitání. Pružiny ventilů se zhotovují ze speciální pružinové oceli obsahující mangan, křemík a chrom. Navíjejí se za studena a po opracování dosedacích ploch se zpracovávají tepelně. Pro zvýšení únavové pevnosti je povrch drátu broušený, případně kuličkovaný.“*<sup>39</sup>

---

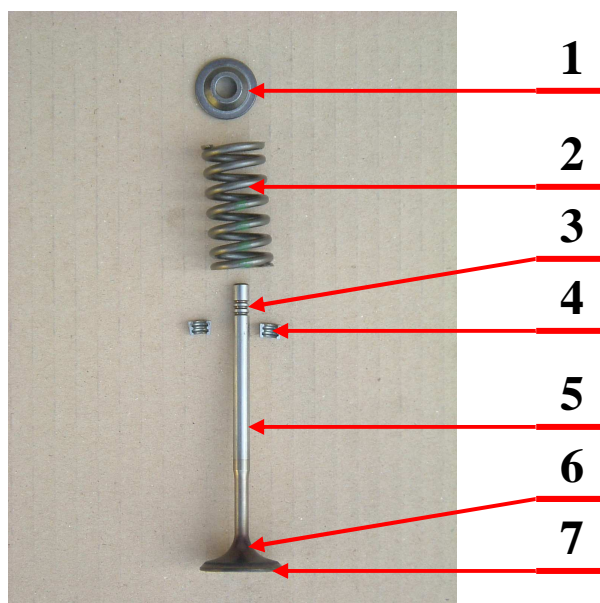
<sup>35</sup> Vlk, František: *Vozidlové spalovací motory*. (str.359)

<sup>36</sup> Motejl, Vladimír: *Učebnice pro řidiče a opraváře automobilů*. (str. 213)

<sup>37</sup> Vlk, František: *Vozidlové spalovací motory*. (str.363)

<sup>38</sup> Motejl, Vladimír: *Učebnice pro řidiče a opraváře automobilů*. (str. 214)

<sup>39</sup> Vlk, František: *Vozidlové spalovací motory*. (str.364)



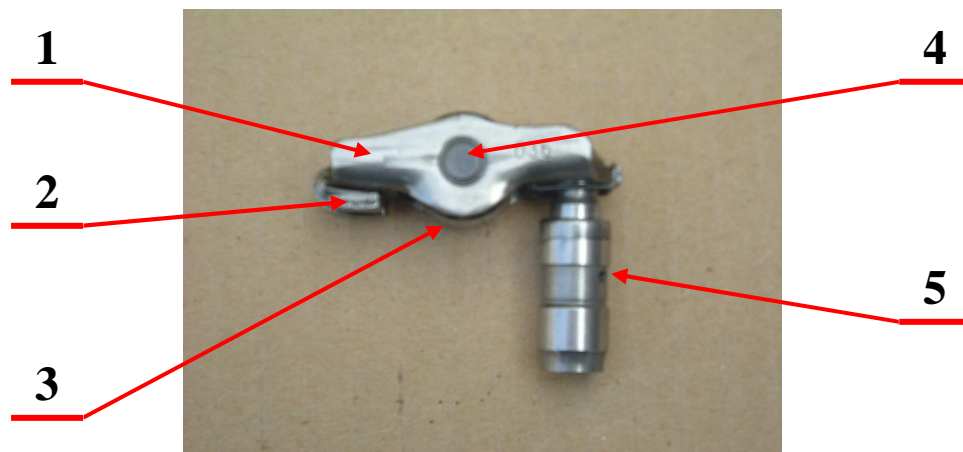
Obr. 6.12.2.a. Ventil a součásti ventilu

1 – opěrná miska ventilové pružiny, 2 – ventilová pružina, 3 – zápichy pro ventilové klínky, 4 – ventilové klínky, 5 – dřík ventilu, 6 – talíř ventilu, 7 – sedlo ventilu

**6.12.3. Vahadla ventilu a rozvodové páky** – „*Ventilové vahadlo je dvouramenná páka, která přenáší u rozvodu OHC nebo CIH pohyb vačky na dřík ventilu, nebo u rozvodu OHV přes zdvihátka nebo z rozvodové tyčky na dřík ventilu.*“<sup>40</sup> Musí být dostatečně tuhé a je opatřeno šroubem s pojišťovací maticí pro seřízení vůle ventilu. Plocha styku vahadla s dříkem ventilu nebo pro uchycení tyčky je dokonale opracována, povrchově kalena a jemně broušena.

Rozvodová páka je jednoramenná páka, které v případě rozvodu OHC přímo přenášejí zdvih vaček. Na jednom konci je uložena v kulovém čepu uloženém v hlavě válce nebo na kulové horní části pístu hydraulického zdvihátka a na opačném konci se opírá o dřík ventilu.

<sup>40</sup> Vlk, František: *Vozidlové spalovací motory.* (str.375)



Obr. 6.12.3.a Rozvodová páka s hydraulickým zdvihátkem

1 – rozvodová páka, 2 – dotykové místo pro dřív ventilu,  
3 – kladka (Odvaluje se po vačce, snižuje tření.), 4 – čep kladky, 5 – hydraulické zdvihátko

**6.12.4. Rozvodová tyčka** – „Rozvodové tyčky se používají u rozvodů OHV a jsou většinou duté, vzhledem k vysokému namáhání na vzpěr. Na koncích jsou opatřeny vylisovanými čepy a pánevemi. Ty slouží k uložení do zdvihátka a k opření o vahadlo.“<sup>41</sup> „Tyčky s možností seřizování ventilové vůle šroubem, jsou výhodné z hlediska přístupnosti, zvyšují však hmotnost rozvodu a nové motory je nepoužívají. Řešení trubkové ocelové tyčky s vylisovanou kulovou plochou na konci je jednoduché, má nízkou hmotnost, tenká stěna dosedací plochy, však snáší pouze nižší zatížení a byla by vhodná pro motory s nižšími otáčkami. Materiálem rozvodové tyčky může být ocel, případně hliníková slitina. Koncovky jsou vždy ocelové, na funkční ploše cementované a kalené.“<sup>42</sup>

**6.12.5. Zdvihátka ventilů** – „Mají za úkol přenášet zdvih od vačky na ventilovou tyčku u rozvodu OHV, nebo přímo ovládat ventil, některé motory s rozvodem OHC.“<sup>43</sup> „Nejčastějšími konstrukčními formami jsou hrníčkové zdvihátko, zdvihátko stopkové a zdvihátko s kladkou. U vačkového hřídele který leží přímo nad ventily se používají zdvihátka hrníčková, která přenášejí pohyb vačky

<sup>41</sup> Motejl, Vladimír: *Učebnice pro řidiče a opraváře automobilů* (str. 215)

<sup>42</sup> Vlk, František: *Vozidlové spalovací motory*. (str.382)

<sup>43</sup> Motejl, Vladimír: *Učebnice pro řidiče a opraváře automobilů*. (str. 215)

*bezprostředně na dřík ventilu. To je výhodné, protože se pohybuje jen nepatrné množství hmoty. Tím je možno dosáhnout vysokého počtu otáček.“<sup>44</sup>*

### **6.12.5.1. Dělení zdvihátek podle konstrukce**

*„Zdvihátka s kladkou – která snižují třecí odpory mezi vačkou a zdvihátkem. Tato zdvihátka se nejvíce používají u vstřikovacích čerpadel nebo velkých motorů. Jsou rozměrově objemná.*

***Zdvihátka oblá** – mají menší rozměry, což je velmi výhodné. Jejich nevýhodou je přímkový styk s vačkou a jeho neměnná poloha. Z těchto důvodů se také velmi rychle opotřebovává styčná plocha.*

***Zdvihátka rovná** – jsou nejpoužívanější, mají malé rozměry a malá opotřebení styčných ploch.“<sup>45</sup>*

*„Podle tvaru rozeznáváme zdvihátka talířová a hrníčková. U všech těchto typů je nejčastější poruchou opotřebení stykové, broušené a kalené plochy. Tato závada je odstranitelná do síly povrchové úpravy plochy, přebroušením. V případě většího opotřebení se provádí výměna za nové. Všechny součásti mají přesně stanovenou provozní a montážní vůli. Nadměrná vůle zvyšuje hlučnost rozvodu a tedy i motoru.“<sup>46</sup>*

Hydraulické zdvihátko odstraňuje hlučnost, což byla nevýhoda předchozích druhů zdvihátek. Velkou předností hydraulického zdvihátka je automatické vymezení veškerých vůlí rozvodového mechanismu i vůlí ventilů. Snižuje tak maximálně hlučnost rozvodu a tím i chod motoru. Vymezení vůle je provedeno pomocí tlakového oleje od mazání motoru. Do dutiny zdvihátka i válečku s kuličkou je přiveden postraním kanálem tlakový mazací olej. Píst je tlačěn slabou pružinou proti rozvodové tyčce, dříku ventilu, a tak vymezuje vůli mezi jednotlivými částmi rozvodu. Tímto je vymezena i vůle ventilu samočinně a má nulovou hodnotu. Při stlačení ventilu olej vtlačí kuličku do sedla, ta uzavře odtokový kanál a umožní otevření ventilu motoru.

---

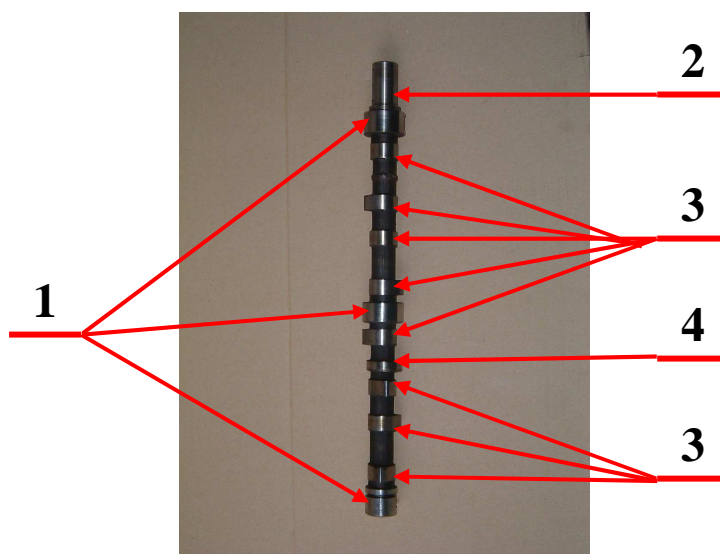
<sup>44</sup> Vlk, František: *Vozidlové spalovací motory.* (str.379)

<sup>45</sup> Motejl, Vladimír: *Učebnice pro řidiče a opraváře automobilů.* (str. 215)

<sup>46</sup> Vlk, František: *Vozidlové spalovací motory.* (str.380)

**6.12.6. Vačkový hřídel** – „Jsou u automobilových motorů vyrobeny z jednoho kusu a v ose mají vyvrtaný kanál pro mazání ložisek uložení vačkového hřídele. Průměry jednotlivých čepů jsou odstupňovány tak, aby toto odstupňování umožnilo montáž hřídele do nedělených kluzných ložisek. Bývá většinou třikrát uložený a současně může být upraven pro pohon čerpadla mazání, nebo rozdělovače. Některé typy motoru mají navíc pro pohon palivového čerpadla na tělese vačky zvláštní vačku. Jeden konec je upraven pro uložení, uchycení vačkového kola pohonu rozvodů. Vyrábějí se kováním nebo obráběním z tyčového polotovaru.

Ložiska uložení jsou ve většině případů kluzná, výjimečně valivá. Všechny čepy uložení vačky jsou povrchově tepelně upraveny, kaleny a cementovány. Konečná úprava tvaru a ovalita je docílena přesným jemným broušením. Natočení jednotlivých vaček je závislé na počtu válců motoru a pořadí zapalování.“<sup>47</sup>



Obr. 6.12.6.a. Vačkový hřídel z motoru Škoda Favorit 136X

1 – odstupňované čepy pro uložení hřídele, 2 – osazení pro hnací kolo, 3 – vačky,  
4 – vačka pro pohon palivového čerpadla

<sup>47</sup> Motejl, Vladimír: *Učebnice pro řidiče a opraváře automobilů*. (str. 214)

### 6.12.6.1. Vačky podle tvaru

- *„Tangenciální – s přímým bokem, jejichž boky jsou tvořeny tečnami k základní a vrcholové kružnici. Tento tvar zajišťuje velká zrychlení a zpomalení zdvihu a používá se u pomaloběžných motorů.*
- ***Harmonické** – jsou vytvořeny kruhovými oblouky a jejich tvar je určen základní kružnicí na kterou navazuje další kružnice. Vrchol je tvořen konečnou (vrcholovou) kružnicí. Náběhová kružnice vymezuje pozvolněji vůli v rozvodu na začátku zdvihu .*
- ***S dutým bokem** – jsou konstruovány tak, že základní a vrcholová kružnice je spojena kruhovým obloukem. Takto vytvořený bok vačky je dutý. Tento druh vaček se používá jen u stabilních motorů.*
- ***Speciální** – mají boky vytvořeny tak, aby vyhovovaly požadavkům zrychlení a zejména zdvihu ventilu. Používá se u současných motorů, které jsou většinou podčtvercové a rychloběžné.“<sup>48</sup>*

**6.12.6.2. Pohon vačkového hřídele** – „Otáčky vačkového hřídele zajišťuje u rozvodového mechanismu převod točivého momentu pomocí:

- *ozubených kol,*
- *ozubených kol a válečkového řetězu,*
- *ozubeného plochého řemene,*
- *královskou hřídelí a párem kuželových soukolí“<sup>49</sup>*

Každá konstrukce pohonu má své výhody a nevýhody, které spočívají v hlučnosti, poruchovosti, přesnosti přenosu ovládací síly apod.

---

<sup>48</sup> Vlk, František: *Vozidlové spalovací motory.* (str.384)

<sup>49</sup> Motejl, Vladimír: *Učebnice pro řidiče a opraváře automobilů.* (str. 210)

Vačkový hřídel je nejčastěji poháněn řemenem (řetězem) od klikového hřídele. U čtyřdobého motoru je poměr počtu otáček klikového hřídele k počtu otáček vačkového hřídele v poměru 2:1. Směry otáčení klikového hřídele a vačkového hřídele musí být shodné.

Pohon ozubeným řemenem má malou hmotnost a tichý chod, nepotřebuje mazání. Ozubené řemeny potřebují velmi malé předpětí, mají jednoduchou a nenáročnou údržbu, nesmějí se však lámat. Rozvodové řemeny musí mít vysokou pevnost v tahu, odolnost proti otěru, dílkovou stabilitu, odolávat chemickým vlivům a musí být odolné proti vysokým teplotám a jejich kolísání a potřebnou pružnost i při velkých mrazech.

Rozvodový řemen je vyroben zpevněného plastu a je vyztužen skelnými, nebo ocelovými vlákny. Skelná vlákna přenáší tažnou sílu a omezují roztažnost.

## 7. Závěr

Cílem mé práce bylo vytvoření názorného výukového modelu ze čtyřdobého zážehového motoru. Vhodně umístěnými řezy a rozsáhlou fotodokumentací je názorně vysvětlena funkce zvolených částí. K tomuto modelu jsem dále vytvořil návrh možné výuky. Výukový program se týká zejména změření základních parametrů motoru (vrtání válce, zdvih pístu, průměr hlavního čepu klikového hřídele, průměr ojničního čepu klikového hřídele, šířka hlavní pánve ložiska, šířka ojniční pánve ložiska, průměr pístního čepu, délka ojnice, charakteristika ventilové pružiny) viz kapitola 4. Výukový program je také rozšířen o popis a složení jednotlivých částí motoru viz kapitola 6. Výukový model by měl tedy posloužit jak k praktickému tak k teoretickému porozumění dané problematiky.

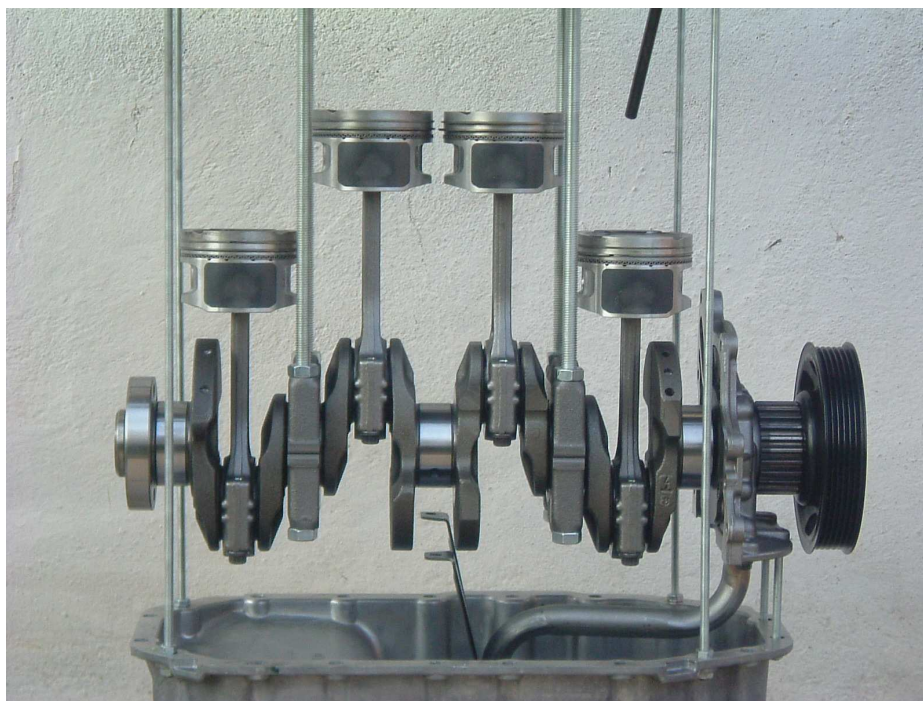


## 8. Použitá literatura

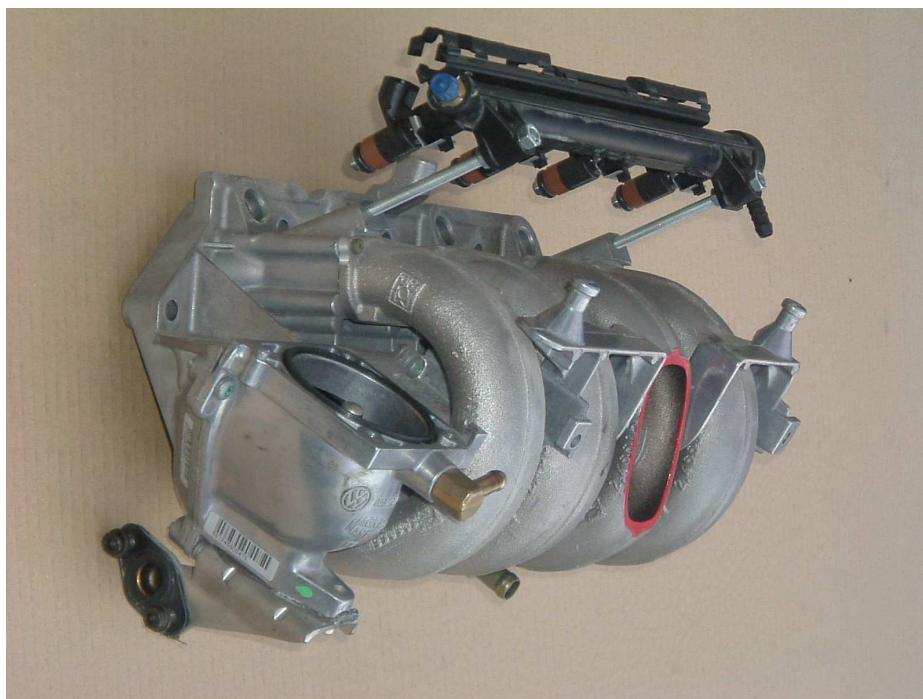
- Vlk, František: *Vozidlové spalovací motory*. Brno, 2003. 1. vyd. (580 str.), ISBN 80-238-8756-4
- Motejl, Vladimír: *Učebnice pro řidiče a opraváře automobilů*. Brno, 1998. 1. vyd. (504 str.), ISBN 80-85763-00-1
- Tesař, Miroslav; Šefčík Ivo: *Konstrukce vozidlových spalovacích motorů*. Pardubice, 2003. 1. vyd. (172 str.), ISBN 80-7194-550-1
- Vlk, František: *Lexikon moderní automobilové techniky*. Brno, 2005. 1. vyd. (344 str.), ISBN 80-239-5416-4

## 9. Přílohy

### 9.1. Obrázky



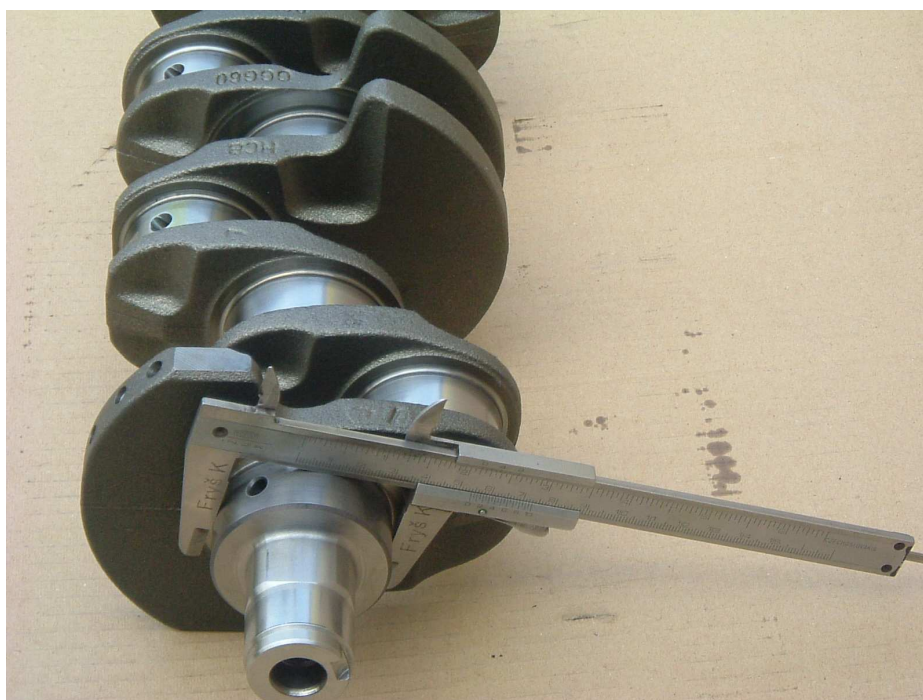
Obr. 2.7.1.2.a. Pohyblivé části motoru



Obr. 3.3.b. Sací potrubí



Obr. 4.1.a. Měření vrtání válce



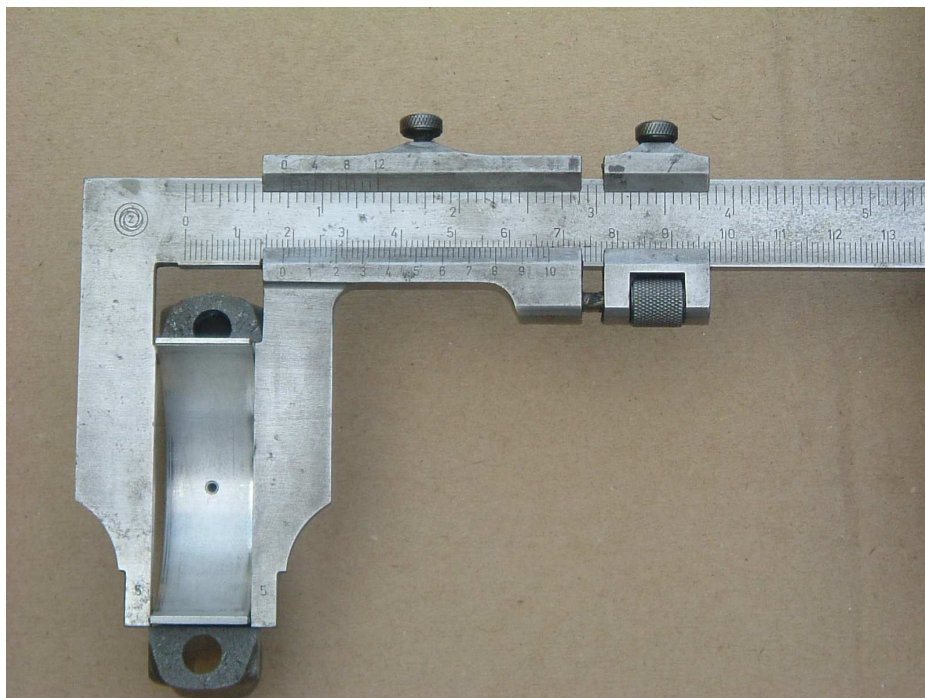
Obr. 4.1.b. Měření průměru hlavního čepu klikového hřídele



Obr. 4.1.c. Měření průměru ojničního čepu klikového hřídele



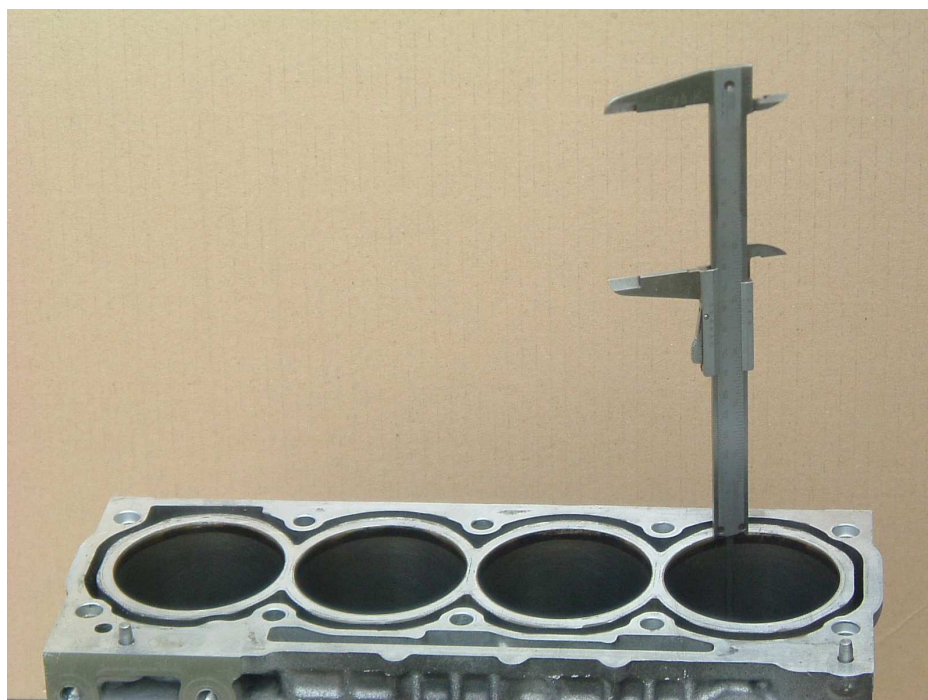
Obr. 4.1.d. Měření šířky hlavní pánve ložiska



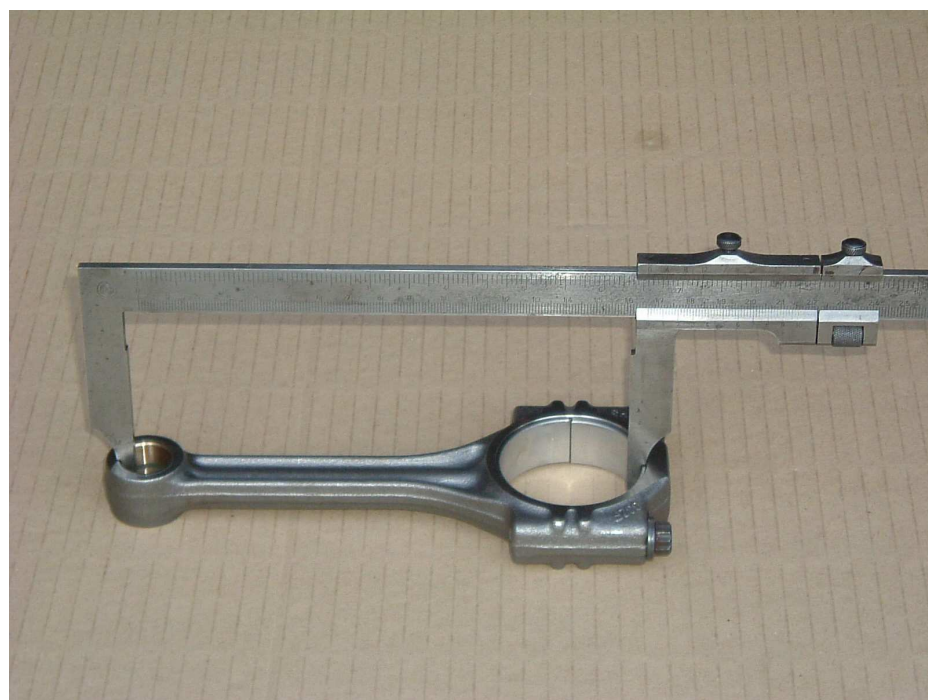
Obr. 4.1.e. Měření šířky ojnicí pánve ložiska



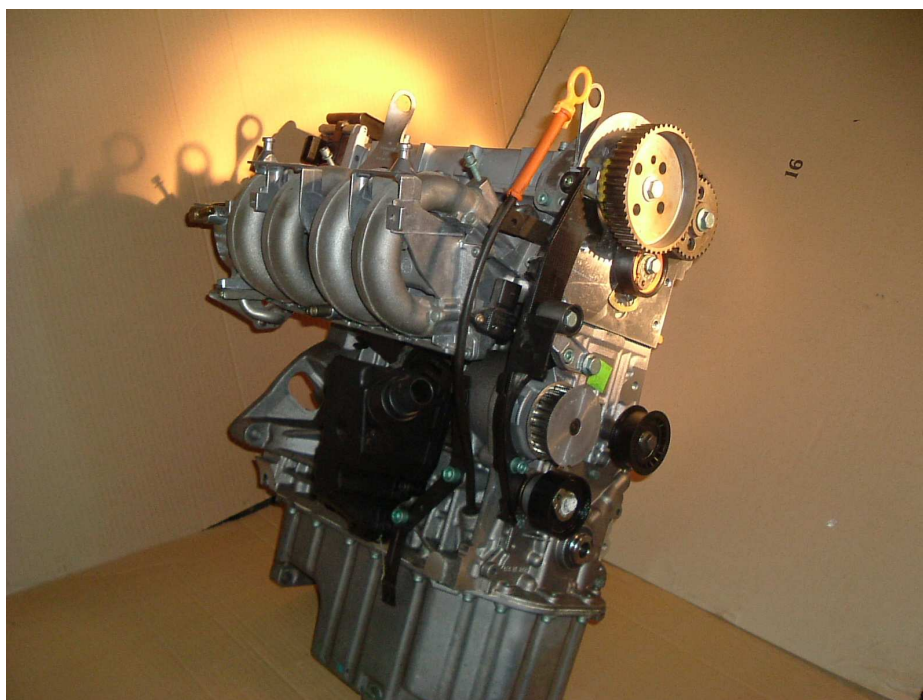
Obr. 4.1.f. Měření průměru pístního čepu



Obr. 4.2.a. Měření zdvihu pístu



Obr. 4.2.b. Měření pomocného rozměru ke zjištění délky ojnice



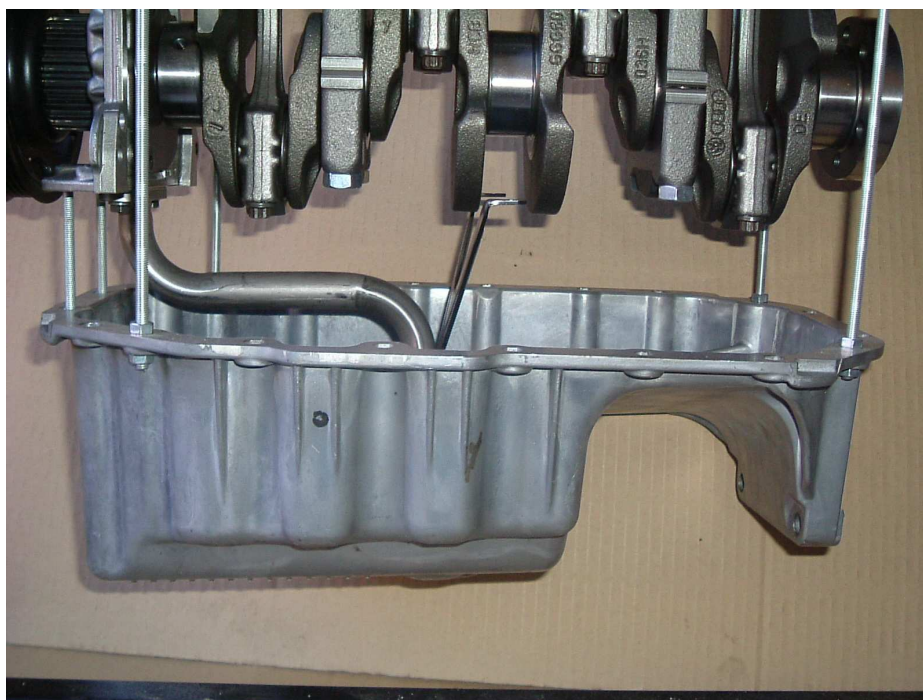
Obr. 5.1.a. Použitý spalovací motor



Obr. 6.3.a. Válec kapalinou chlazeného motoru Taz 1500



Obr. 6.3.b. Válec vzduchem chlazeného motoru Jawa 50



Obr. 6.5.a. Spodní víko motoru





Obr. 6.5.b. Kryt hlavy válců {vrchní víko motoru,(vpravo)}



Obr. 6.5.c. Přední víko motoru, které zároveň plní funkci olejového čerpadla



Obr. 6.5.d. Zadní víko motoru



Obr. 6.7.a. Pístní čep

## **9.2. Příloha č. 2: Licenční smlouva vč. přílohy**

### **LICENČNÍ SMLOUVA č. ....**

Pan  
jméno a příjmení: Jiří Pekárek  
bytem: Doubrava 10, 289 21 Kostomlaty n/L  
narozen/a (datum a místo): 27.6.1986. Nymburk  
(dále jen autor)

a

Univerzita Pardubice  
se sídlem Studentská 95, 532 10 Pardubice  
IČO 00216275  
(dále jen „nabyvatel“)  
jejímž jménem jedná:

uzavírají

#### **Licenční smlouvu o užití školního díla**

podle ustanovení § 46 a násl. zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, za následujících podmínek ohledně užití:  
bakalářské práce

s názvem: Realizace výukového modelu pro laboratoř – PSM,

jejímž vedoucím/školitelem je Ing. Jan Pokorný,

na Dopravní fakultě Jana Pernera,

kteřou odevzdal nabyvateli ve formě elektronické a tištěné\*).

1. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností školní dílo (dále jen „dílo“ ) shora uvedené a že dílo je původní.
2. Dílo je chráněno jako dílo podle autorského zákona.
3. Účelem licenční smlouvy je zajištění nerušeného nevýdělečného užití školních děl nabyvatelem v souladu s posláním a zájmy nabyvatele jako vysoké školy.
4. Autor tímto poskytuje nabyvateli oprávnění k výkonu práva dílo nevýdělečně užití těmito způsoby:
  - a) zpřístupněním v Digitální knihovně Univerzity Pardubice; rozsah zpřístupnění je uveden na formuláři, který je nedílnou součástí licenční smlouvy,

- b) půjčováním rozmnoženin díla, které odevzdal nabyvateli, třetím osobám k jejich dočasné potřebě,
- c) užitím díla pro potřebu nabyvatele, zejména jako studijní a výukový i výzkumný materiál využívaný pracovníky a studenty v rámci plnění úkolů.
5. Licence je poskytována na území celého světa a na celou dobu trvání autorských majetkových práv k dílu. Množstevní rozsah licence je neomezený.
  6. Dílo nebude z důvodu utajení v něm obsažených informací zpřístupňováno po dobu .....\*) let po uzavření této smlouvy.
  7. Licence je poskytována jako nevýhradní. Nabyvatel není povinen dílo užit.
  8. Nabyvatel je oprávněn udělovat podlicence a poskytovat rozmnoženiny díla, které autor odevzdal nabyvateli, jiným osobám v rámci meziknihovní výpůjční služby v České republice i v zahraničí k účelu půjčování rozmnoženin díla těmito osobami dalším osobám k jejich dočasné potřebě. Nabyvatel je oprávněn dílo při užití spojovat s jinými díly i zařadit dílo do díla souborného. Nabyvatel není oprávněn postoupit tuto licenci třetí osobě.
  9. Smluvní strany se dohodly, že autor souhlasí spolu s odevzdáním díla v elektronické podobě také s případným předáním díla v tištěné formě. Dále autor svoluje, že nabyvatel může po uplynutí doby stanovené předpisy o archivnictví hmotné rozmnoženiny díla, které mu autor odevzdal, skartovat a uchovávat dílo dále jen v elektronické podobě.
  10. Smluvní strany se dohodly, že vzhledem k nevýdělečnosti užití autor licenci poskytuje nabyvateli bezúplatně.
  11. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, z toho nabyvatel obdrží dvě vyhotovení a autor obdrží jedno vyhotovení smlouvy.
  12. Vztahy mezi stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, případně občanským zákoníkem a dalšími právními předpisy. Na nakládání s rozmnoženinami díla se vztahují právní předpisy o knihovnictví a o archivnictví.
  13. Smlouva byla uzavřena podle svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.
  14. Smlouva se uzavírá na dobu 10 / 20\*) let po uzavření této smlouvy.
  15. Pokud autor díla s uzavřením licenční smlouvy ani po úpravě nesouhlasí, vyplní tuto část slovy „Nesouhlasím s poskytnutím licence“, nebo tato slova napíše přes celý předtištěný text formuláře a podepíše se:.....

V Pardubicích dne

V Pardubicích dne

.....

nabyvatel

.....

autor

\*) nehodící se škrtněte a správný text vyplňte, resp. doplňte

Příloha licenční smlouvy č. ....

## **DIGITÁLNÍ KNIHOVNA UNIVERZITY PARDUBICE**

Stanovení rozsahu zpřístupnění závěrečné práce

Autor	<b>Jiří Pekárek</b>
Název závěrečné práce	<b>Realizace výukového modelu pro laboratoř – PSM</b>
Název souboru (souborů)	<b>RealizaceVýukovéhoModeluMotoru_Jiří_Pekárek.pdf</b>
Stanovené datum obhajoby	
Označení rozsahu zpřístupnění	Souhlasím se zpřístupněním souboru (souborů) <b>RealizaceVýukovéhoModeluMotoru_Jiří_Pekárek.pdf</b> prostřednictvím informačního systému Univerzity Pardubice pro definované skupiny uživatelů

V Pardubicích dne

Podpis autora: