



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

ZVÝŠENÍ VÝKONU MOTOCYKLU JAWA 50

JAWA 50 PERFORMANCE IMPROVEMENT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jiří Horák

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Michal Janoušek, Ph.D.

BRNO 2017

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student: **Jiří Horák**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Stavba strojů a zařízení
Vedoucí práce: **Ing. Michal Janoušek, Ph.D.**
Akademický rok: 2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Zvýšení výkonu motocyklu Jawa 50

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Popsat konstrukci motoru Jawa 50 Babetta a možné úpravy s cílem zvýšit výkon motoru.

Cíle bakalářské práce:

Popsat konstrukci motoru.

Změřit kompresní poměr motoru a časování rozvodu před úpravou.

Popsat provedené úpravy.

Změřit kompresní poměr motoru a časování rozvodu po úpravě.

Zhodnotit přínos provedených úprav.

Seznam doporučené literatury:

BELL, A. Graham. Two-stroke performance tuning. 2nd ed. Newbury Park, Calif., USA: Haynes North America, 1999. ISBN 18-596-0619-9.

DIXON, John C. The high-performance two-stroke engine. Calif.: Haynes North America, 2005. ISBN 18-442-5045-8.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Bakalářská práce je zaměřena na zvýšení výkonu motoru mopedu Jawa Babetta typ 225. První část bakalářské práce popisuje princip dvoudobého spalovacího motoru a možnosti jeho rozvodu. Další část je věnovaná úpravě, která byla dělána experimentálně dle informací z dostupné literatury. Práce obsahuje srovnání výsledků měření sériového a upraveného motoru.

KLÍČOVÁ SLOVA

Dvoudobý motor, jawa, babetta, válec, hlava válce, příprava směsi, výfukový systém

ABSTRACT

The bachelor thesis is focused on increasing the performance of Jawa Babetta type 225 moped engine. The first part of the bachelor thesis describes the principle of a two - stroke combustion engine and the possibility of its distribution. The next part is dedicated to the modification, which was done experimentally according to information from available literature. The thesis contains a comparison of the results of the serial and modified engine measurements.

KEYWORDS

Two - stroke engine, jawa, babetta, cylinder, cylinder head, mixture preparation, exhaust system

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

HORÁK, J. *Zvýšení výkonu motocyklu Jawa 50*. Brno, 2017. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Vedoucí bakalářské práce Michal Janoušek.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením pana Ing. Michala Janouška Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 20. května 2017

.....

Jméno a přímení

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval panu Ing. Michalovi Janouškovi Ph.D. za odborné rady, poskytnuté materiály a vedení bakalářské práce a mým rodičům za morální podporu.

OBSAH

Úvod	10
1 KONSTRUKCE DVOUDOBÉHO MOTORU	11
1.1 Popis pracovního cyklu	11
1.2 Rozvod dvoudobého motoru	12
2 TECHNICKÉ ÚDAJE MOTORU BABETTA 225	14
2.1 Výpočet hlavních parametrů motoru Babetta 225	15
3 POPIS ÚPRAV	17
3.1 Válec	17
3.2 Hlava válce	20
3.3 Příprava směsi	21
3.4 Výfukový systém	22
4 ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ	26
4.1 Měření výkonu	26
4.2 Srovnání měření	28
Závěr	30
Použité informační zdroje	31
Seznam použitých zkratk a symbolů	32
Seznam příloh	34

ÚVOD

Většina sériově vyráběných motorů má kvůli celosvětovému vývozu a nutnosti zachování určité míry spolehlivosti a trvanlivosti jednotlivých částí motoru výkonovou rezervu. Taková rezerva dává možnost zvýšení výkonu motoru, ovšem za cenu rapidního snížení trvanlivosti součástí motoru, jako jsou ložiska, kliková hřídel, spojka, atd. Tohoto faktu je s oblibou využíváno lidmi, kteří se nějakým způsobem zapojují do závodů takových motocyklů, například "Babetta cup", "Fichtl cup", nebo jen chtějí zvýšit pružnost a maximální rychlost svého motocyklu. Takové motory pak často dosahují několikanásobně vyšších výkonů oproti sérii.

Cesta za zvyšováním výkonu motoru může mít několik podob. Od odstranění výrobních nepřesností, které jsou po cestě proudu směsi, přes úpravu vložky válce, až už změnou časování, nebo přidáním dalších přepouštěcích kanálů, až například po změnu rozvodu sání motoru.

Každé úpravě by mělo předcházet uvedení motoru do vynikající technické kondice, aby byl schopen zvládat vyšší zatížení, které na něj po úpravě a následném závodním provozu bude kladené

Samozřejmostí by po úpravě mělo být nalezení správného nastavení předstihu zážehu a bohatosti směsi, kterou je často třeba upravovat v závislosti na atmosférických podmínkách. Ani ten nejlepší motor nedokáže podávat maximální výkon, pokud není vhodně seřízen.

Vzhledem k předpokládanému závodnímu použití je vhodné upravit i ostatní části stroje jako podvozek a brzdovou soustavu. Popis těchto úprav již přesahuje rámec práce.

1 KONSTRUKCE DVOUDOBÉHO MOTORU

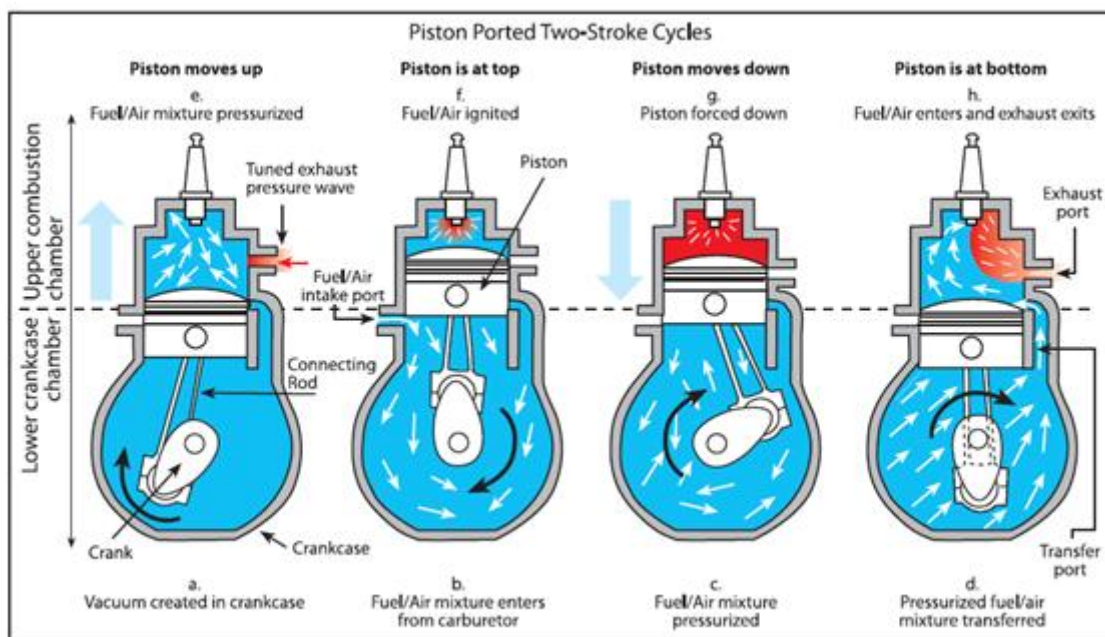
1.1 POPIS PRACOVNÍHO CYKLU

Dvoudobý spalovací motor je pístový spalovací motor, jehož pracovní cyklus proběhne jedenkrát za jednu otáčku klikové hřídele. To je hlavní odlišnost od čtyřdobého spalovacího motoru, jehož cyklus proběhne za otáčky dvě. Dvoudobý spalovací motor by měl tedy mít teoreticky dvojnásobný měrný výkon při stejných otáčkách, jako čtyřdobý. Jeho pracovní cyklus se skládá ze čtyř fází: sání, komprese, expanze a výfuk

Při pohybu pístu z dolní úvrati (DÚ) směrem k horní úvrati (HÚ) se vytváří v klikové skříni podtlak, který po otevření sacího kanálu spodní hranou pístu, membránou jazýčkového ventilu, nebo diskem rotačního šoupátka, způsobí nasátí směsi benzínu a oleje v něm rozpuštěného do klikového prostoru. Zároveň probíhá komprese v místě nad pístem, kdy je stlačována nasátá směs ve válci předchozího cyklu.

Před dosažením horní úvrati je směs zapálena pomocí elektrického výboje ze zapalovací svíčky.

Horké výfukové plyny rychle expandují, mnohonásobně zvětšují svůj objem a působí tak tlak na horní plochu pístu, který způsobí pohyb z horní úvrati směrem k dolní. Po otevření výfukového kanálu horní hranou pístu opouštějí výfukové plyny spalovací prostor. Posléze jsou otevřeny přepouštěcí kanály, které plní místo nad pístem a zároveň napomáhají odchodu výfukových plynů.



Obrázek 1. Popis pracovního cyklu dvoudobého motoru[1]

1.2 ROZVOD DVOUDOBÉHO MOTORU

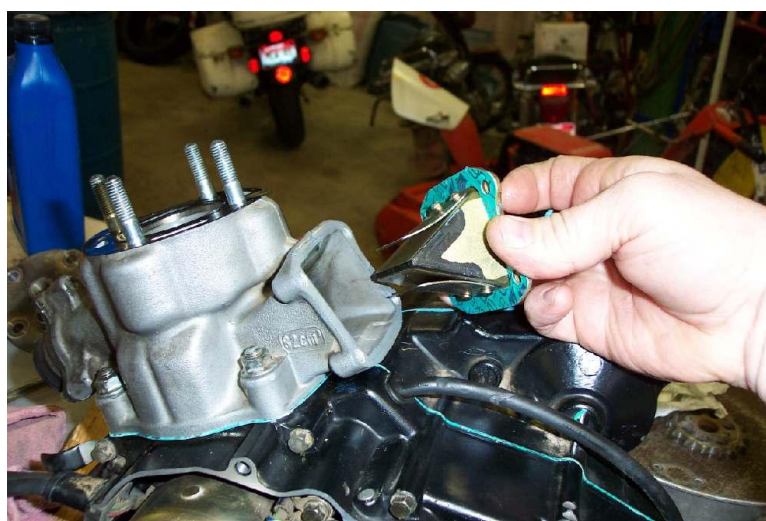
Rozvodem se u motoru rozumí zařízení nebo způsob, kterým se ovládají cesty palivové směsi a výfukových plynů v motoru. Dvoudobý motor využívá pro ovládání výfuku a prepouštění pohybu pístu, který svou horní hranou otevírá a zakrývá otvory příslušných kanálů v horní části válce. Rozvod sání je realizován několika způsoby. Časování rozvodu lze vyjádřit pomocí kruhového rozvodového diagramu, kde jsou jednotlivé doby otevření kanálů znázorněny úhly ve stupních v závislosti na úhlovém pootočení klikové hřídele.

1.2.1 ROZVOD SÁNÍ PÍSTEM

Při rozvodu sání pístem se využívá pohybu pístu ve válci a ovládání sacího kanálu je realizováno pomocí spodní hrany pístu. Sací kanál se nachází na spodní stěně válce, naproti kanálu výfukovému. Jedná se o jeden z nejstarších a nejjednodušších symetrických rozvodů, který se v dnešní době využívá hlavně v zahradní technice a v malých motokárách. Jeho nevýhodou je skutečnost, že při příliš dlouho otevřeném sání může směs proudit zpět do karburátoru a tím snižovat celkovou účinnost a výkon.

1.2.2 ROZVOD SÁNÍ JAZÝČKOVÝM VENTILEM

Princip sacího ventilu, jenž je ovládán podtlakem je známý již několik desetiletí. V podstatě od počátku historie motorů. Díky tomu, že velké setrvačné hmoty ventilu neumožňovaly dosáhnouti potřebných vysokých otáček, nebyl tento systém v minulosti využíván a postupně zanikl. Převrat nastal až v 70. letech, kdy výrobce motocyklů Yamaha využil tento systém při sání přímo do klikové skříně. Při pohybu pístu z DÚ směrem k HÚ je zápalná směs pomocí podtlaku v klikové skříně nasávána přes jazýčkový ventil, který umožňuje proudění směsi pouze jedním směrem. Při prepouštění se ventil uzavírá a směs proudí přímo do válce. Nenastává tak nechtěné vrácení směsi do karburátoru. Jedná se o nesymetrický rozvod.



Obrázek 2. Jazýčkový ventil Honda CR 125[2]

1.2.3 ROZVOD SÁNÍ ROTAČNÍM ŠOUPÁTKEM

Rozvodem sání pomocí rotačního šoupátka lze snadno zvýšit měrný výkon, díky využití delšího časování. Nicméně motory s takovým rozvodem jsou konstrukčně náročnější na výrobu. Pohon šoupátka může být realizován pomocí hřídele, která jej spojuje přímo s klikovou hřídelí.

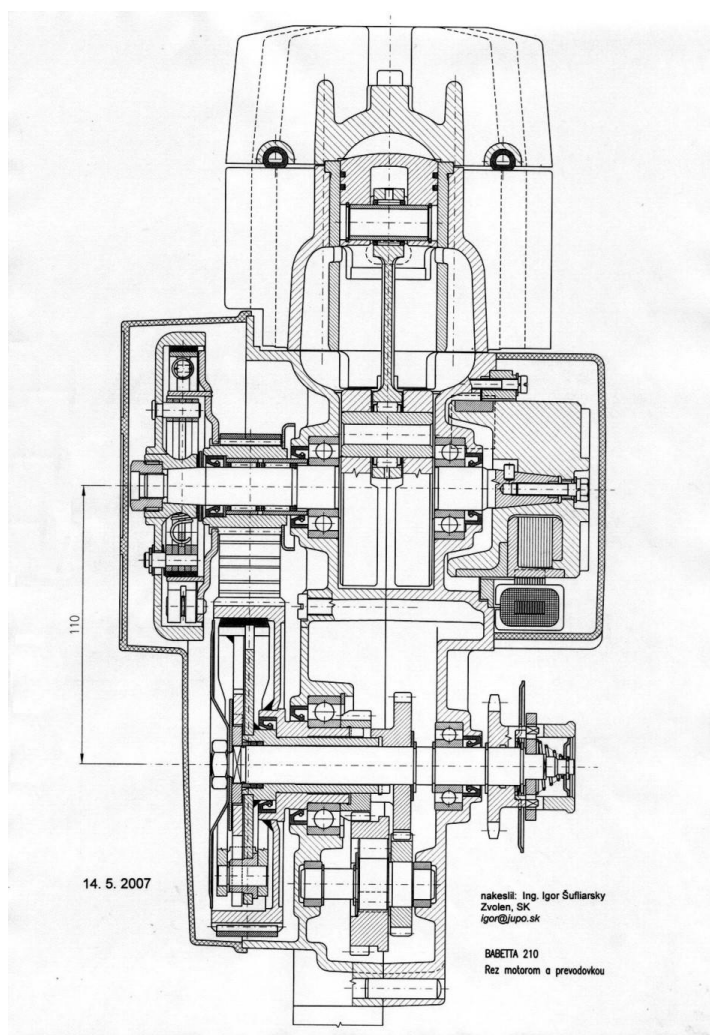
Hlavní přínos šoupátka je v možnosti využití nesymetričnosti sání, tzn. že při jeho použití lze volit okamžik otevření sacího kanálu již v počátku zdvihu pístu, tzn. v dolní úvrati. Díky tomu lze využít energie pohybu pístu pro plnění směsi do klikového prostoru. Jedinou nevýhodou se zdá být nutnost umístění karburátoru z boční strany motoru, kolmo na klikovou hřídel, což může být v některých případech konstrukčně náročné, případně u strojů pro terénní využití až nemožné.



Obrázek 3. Rotační šoupátko[3]

2 TECHNICKÉ ÚDAJE MOTORU BABETTA 225

Typ motoru:	dvoudobý, vzduchem chlazený jednoválec
Obsah válce:	49cm ³
Vrtání:	D = 39mm
Zdvih:	Z = 41mm
Kompresní poměr:	$\epsilon = 1:7,5$
Výkon:	1,75kW/5000 min ⁻¹
Příprava směsi:	Jikov 2912 DC
Maximální rychlost:	40km/h



Obrázek 4. Řez motoru jawa 210[4]

2.1 VÝPOČET HLAVNÍCH PARAMETRŮ MOTORU BABETTA 225

Výpočet zdvihového objemu válce

$$V_z = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot Z [m^3] \quad (2.1)$$

$$V_z = \frac{\pi \cdot 0,039^2}{4} \cdot 0,041 = 4,897 \cdot 10^{-5} [m^3] = 48,97 \text{ cm}^3$$

D - průměr válce [m]

Z - zdvih pístu [m]

Výpočet zdvihového objemu válce po uzavření výfukového kanálu

$$V_{z1} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot Z_1 [m^3] \quad (2.2)$$

$$V_{z1} = \frac{\pi \cdot 0,039^2}{4} \cdot 0,0305 = 3,644 \cdot 10^{-5} [m^3] = 36,44 \text{ cm}^3$$

Z₁ - Zdvih pístu po uzavření výfukového kanálu [m]

Výpočet teoretického kompresního poměru válce (výfukový kanál otevřený)

(Kompresní objem byl změřen, V_k=6ml)

$$\varepsilon = \frac{V_z + V_k}{V_k} [-] \quad (2.3)$$

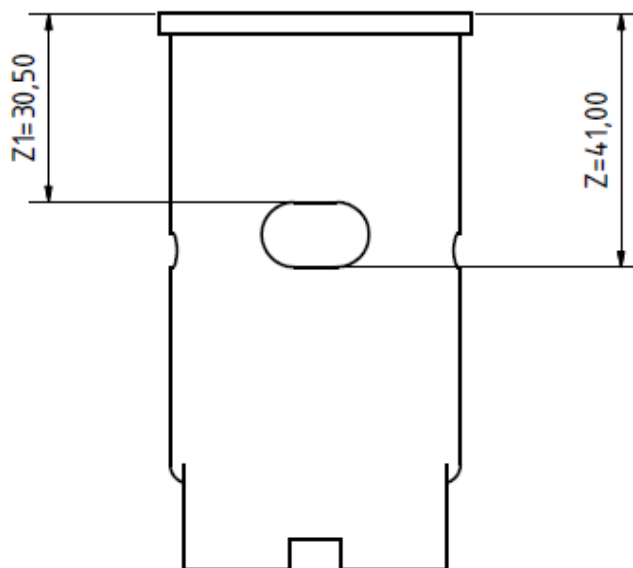
$$\varepsilon = \frac{48,97 + 6}{6} = 9,16$$

Výpočet reálného kompresního poměru válce (výfukový kanál zavřený)

$$\varepsilon = \frac{V_{z1} + V_k}{V_k} [-] \quad (2.4)$$

$$\varepsilon = \frac{36,44 + 6}{6} = 7,07$$

V_{z1} - Zdvihový objem válce po uzavření výfukového kanálu [cm³]


 Obrázek 5. Zdvih pístu Z a Z_1

Zdvihový poměr

$$k = \frac{Z}{D} [-] \quad (2.5)$$

$$k = \frac{41}{39} = 1,05$$

$Z > D, K > 1$ - Motor je nadčtvercový

Výpočet středního efektivního tlaku motoru

$$p_e = \frac{P_e \cdot 60}{V_z \cdot n \cdot i_v \cdot \tau} [MPa] \quad (2.6)$$

$$p_e = \frac{1,75 \cdot 10^3 \cdot 60}{4,897 \cdot 10^{-5} \cdot 5000} = 0,42 MPa$$

P_e - Maximální výkon motoru [W]

n - Jmenovité otáčky motoru [min^{-1}]

i_v - Počet válců [-]

τ - Taktnost [-]

Výpočet litrového výkonu

$$P_l = \frac{P_e \cdot 1000}{V_z \cdot i_v} [kW \cdot l^{-1}] \quad (2.7)$$

$$P_l = \frac{1,75 \cdot 1000}{48,97 \cdot 1} = 35,73 kW \cdot l^{-1}$$

Výpočet střední pístové rychlosti

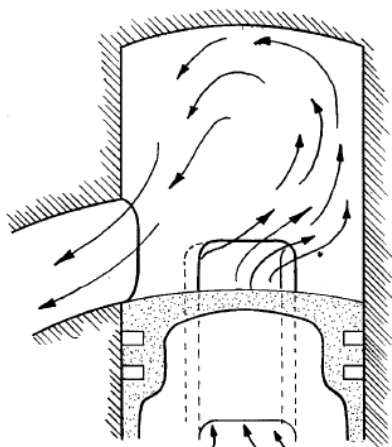
$$c_s = \frac{2 \cdot Z \cdot n}{60} [m \cdot s^{-1}] \quad (2.8)$$

$$c_s = \frac{2 \cdot 0,041 \cdot 5000}{60} = 6,83 m \cdot s^{-1}$$

$c_s < 20 m \cdot s^{-1}$, podmínka pro zážehové motory dodržena

3 POPIS ÚPRAV**3.1 VÁLEC**

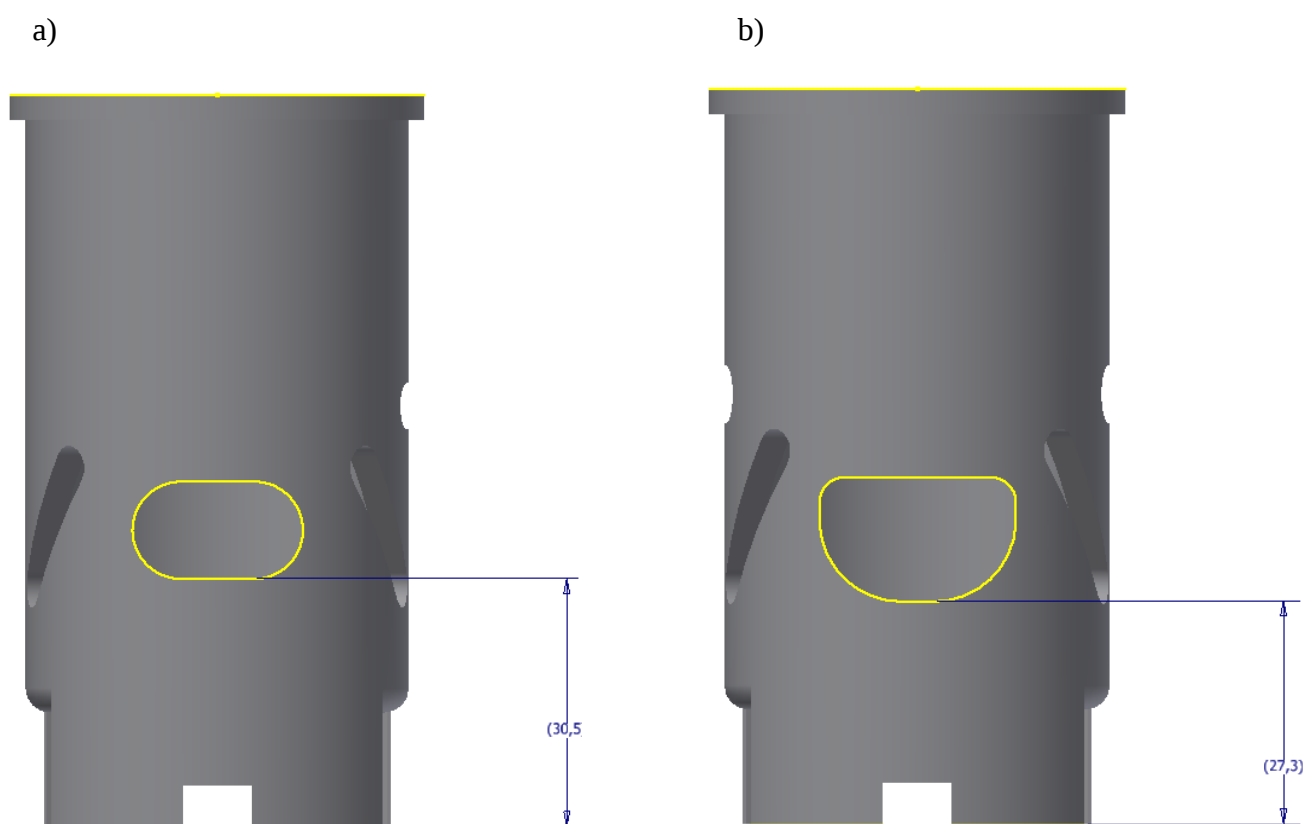
Jawa Babetta 225 využívá systém čtyřproudového vratného vyplachování, jenž vynalezl v roce 1925 Dr. Schnürle. Jedná se o využití čtyř přepouštěcích kanálů, které jsou uspořádány tak, aby se proudy směsí z jednotlivých kanálů co nejdříve spojily v jeden, který je pak nasměrován po stěně válce, protilehlé k výfukovému kanálu, směrem ke svíčce, kde díky půlkulovitému tvaru spalovacího prostoru mění svůj směr k výfukovému kanálu. Toto řešení napomáhá lepšímu výplachu válce a snižuje ztráty směsi, která unikla při přepouštění do výfuku.



Obrázek 6. Systém vratného vyplachování[6]

Úprava vložky válce má největší vliv na výkon motoru a jeho průběh. Obecně lze úpravu pro zvýšení výkonu provést několika způsoby. Změnou časování vložky válce, zlepšením přepouštění směsi do spalovacího prostoru přidáním dalších přepouštěcích kanálů nebo kombinací obou. Tato bakalářská práce popisuje změnu časování, rozměrů a tvaru všech kanálů, při současném zachování počtu kanálů.

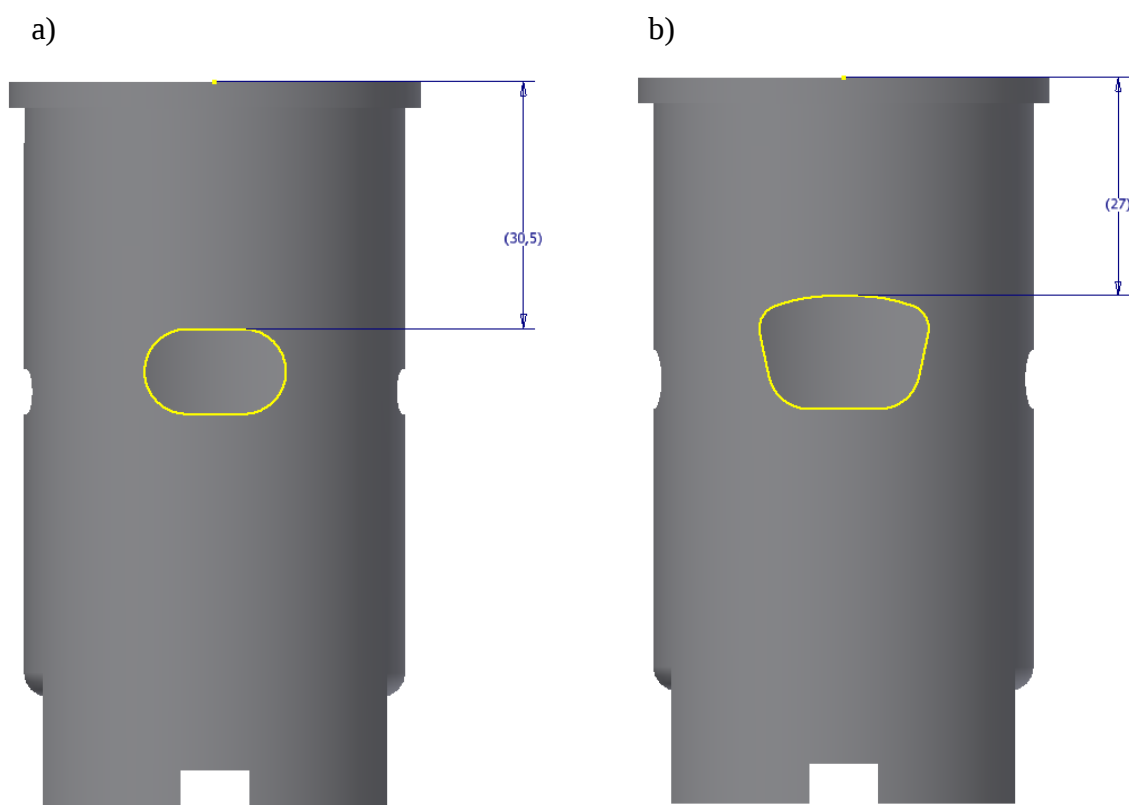
Při úpravě bylo nejdůležitější nejprve upravit časování vložky válce. To je doba otevření jednotlivých kanálů převedená na natočení klikového hřídele ve stupních. Časování sacího kanálu bylo změněno z původních 123° na 140° . Této změny bylo dosaženo tak, že spodní hrana kanálu byla posunuta o 3,1 mm směrem k dolní úvratí. Kanál byl upraven na specifický tvar, který byl navrhnout podle literatury a rozšířen do stran o 3 mm v nejširší části. Tím je zajištěn dostatečný přísun paliva do klikového prostoru.



Obrázek 7. Tvar a umístění sacího kanálu a) sériového válce, b) upraveného válce

Úprava výfukového kanálu probíhala obdobně. Časování bylo upraveno z původních 135° na 157° . Těto změny bylo dosaženo posunutím horní hrany výfukového kanálu směrem k horní úvratí o 3,5 mm. Při úpravě kanálu byl specifický tvar zvolen tak, aby se kanál otevíral a zavíral plynule, což má za následek zvýšení trvanlivosti pístních kroužků a minimalizuje riziko jejich zlomení. Použití takového tvaru ale vede k horšímu vyplachování válce, protože není rovnou otevřená průtočná plocha kanálu a expanze spalín do výfukového potrubí probíhá pomaleji, což má za následek nižší energii výfukových plynů použitelnou pro rezonance ve výfukovém potrubí.

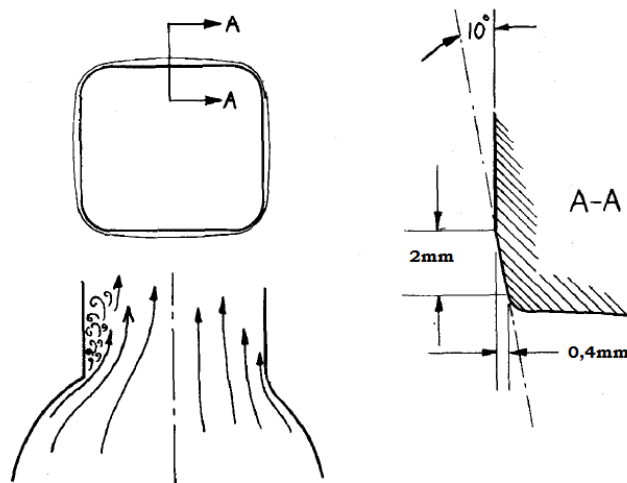
Šířka přepouštěcích kanálů byla zachována, pouze bylo změněno časování ze 102° na 111° změnou výšky kanálu směrem k horní úvratí o 1,1 mm. Směr zkosení přepouštěcích kanálů byl zachován.



Obrázek 8. Tvar a umístění výfukového kanálu a) sériového válce, b) upraveného válce

Válec byl vybroušen na průměr 39,75 mm s vůlí pístu 0,05 mm, osazen pístem s jedním litinovým pístním kroužkem o šířce 1,5mm.

Kvůli eliminaci vzniku turbulentního proudění při vstupu a výstupu směsi do válce, bylo nutné všechny hrany kanálů upravit a srazit pod úhlem 10° . [6]



Obrázek 9. Úprava hran kanálů, kvůli zamezení vzniku turbulentního proudění [6]

3.2 HLAVA VÁLCE

Změnou časování výfukového kanálu se změnil zdvihový objem po uzavření výfukového kanálu V_{z1} na V_{z2} , který bude dle (2.2)

$$V_{z2} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot Z_2 \text{ [m}^3\text{]} \quad (3.1)$$

$$V_{z1} = \frac{\pi \cdot 0,039^2}{4} \cdot 0,027 = 3,225 \cdot 10^{-5} \text{ [m}^3\text{]} = 32,25 \text{ cm}^3$$

Z_2 - Zdvih pístu po uzavření výfukového kanálu upraveného válce [m]

Díky tomu se změní reálný kompresní poměr dle (2.4)

$$\varepsilon = \frac{V_{z2} + V_k}{V_k} \text{ [-]} \quad (3.2)$$

$$\varepsilon = \frac{332,25 + 6}{6} = 6,38$$

V_{z2} - Zdvihový objem upraveného válce po uzavření výfukového kanálu [cm³]

Pro dosažení co největšího výkonu byla tedy nutná úprava hlavy válce. Doporučený maximální reálný kompresní poměr dle literatury [6] je 8,5:1, což odpovídá kompresnímu objemu 4,3 ml. Pro takovou úpravu je ale sériová hlava válce nevhodná, díky malé antidetonační šterbině a nevhodně umístěné svíčke. Vhodnou volbou by bylo použití závodní vějířovité hlavy s půlkulovitým spalovacím prostorem a centrálně umístěnou svíčkou. Další možnosti jsou úprava sériové hlavy na její maximální přípustný kompresní objem, při zachování výšky antidetonační šterbiny 0,5 mm anebo použití hlavy válce z jiného motoru.

Při ladění upraveného motoru byla použita hlava z motoru Simson s51, upravená na kompresní objem 5 ml, osazená svíčkou NGK B8EG. Při tomto nastavení byl vypočítán reálný kompresní poměr 7,45:1.

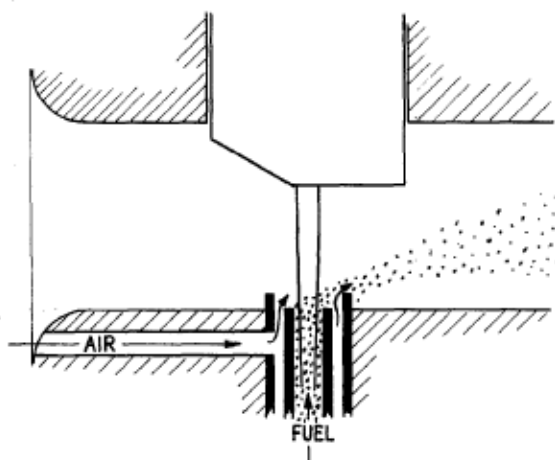
3.3 PŘÍPRAVA SMĚSI

Karburátor patří mezi nejdůležitější části pohonné jednotky. Zpravidla bývá umístěný před sacím kanálem, výjimku tvoří například motory s rozvodem pomocí rotačního šoupátka. Na vstupu do difuzoru je připojen airbox nebo vzduchový filtr.

3.3.1 KLASICKÝ "ŠOUPÁTKOVÝ" TYP

Jedná se o karburátor, kde je množství směsi regulováno pomocí šoupátka, s nímž je spojena jehla, která má tvar kónusu. Tato jehla se pohybuje v trysce, jejíž ústí se nachází v plovákové komoře. Palivo přivedené do plovákové komory, díky pohybu šoupátka, tudíž i jehly, a vzniklému podtlaku, proudí skrze jehlu a mísí se s přivedeným vzduchem. Tato směs poté putuje do klikového prostoru.

Jeho hlavní výhodou oproti modernějšímu, CV typu, je rychlejší nástup akcelerace. Toho je s oblibou využíváno u motocrossových typů motorek. Jelikož je šoupátko s jehlou ovládáno manuálně, nevýhodou může být fakt, že při prudkém přidání plynu se směs ochudí a motor na okamžik ztratí výkon



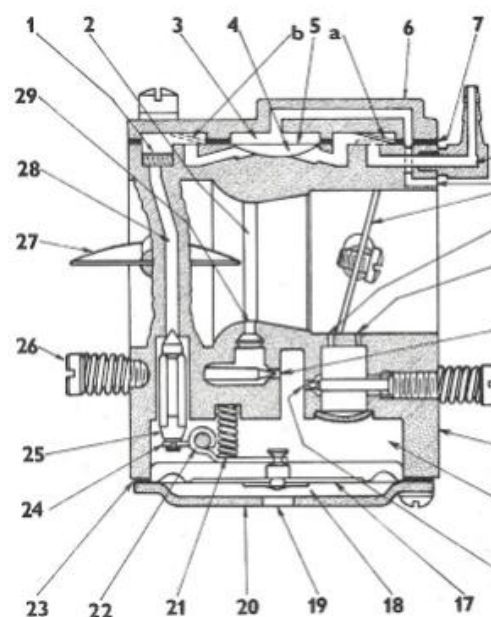
Obrázek 10. Princip karburátoru klasického typu[6]

Pro úpravu motoru byl zvolen tzv. membránový karburátor značky Tillotson o průměru difuzoru 21 mm. Jedná se o karburátor využívaný v zahradní technice, například v motorových pilách, křovinořezech nebo malých modelech letadel. Jeho hlavní část je směšovací trubice, která má podobný průřez jako tzv. Venturiho trubice. V nejužším místě trubice vzniká podtlak, který vyvolá nasátí paliva, a to se poté smísí s proudícím vzduchem. Dávkování paliva je řešeno díky membráně umístěné v membránové komoře, která je ovládána podtlakem v difuzoru karburátoru.

a)



b)



Obrázek 11. a) Membránový karburátor Tillotson, b) Schéma membránového karburátoru Tillotson HS[13]

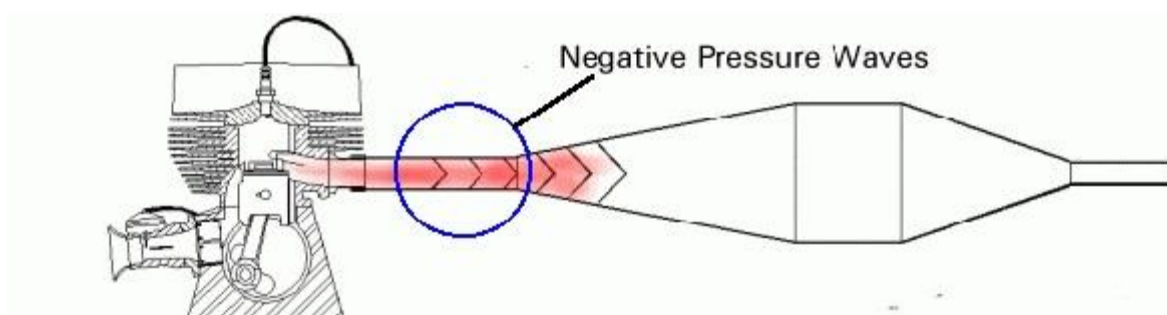
3.4 VÝFUKOVÝ SYSTÉM

Výfukový systém je pravděpodobně druhá nejdůležitější úprava, hned po úpravě válce, která se podílí na zvýšení výkonu dvoudobého motoru. Má velký vliv na průběh výkonové křivky. Při ponechání sériového výfuku by se výkon motoru zvýšil minimálně anebo by se dokonce snížil. Tudíž správný návrh a rozměry výfuku jdou ruku v ruce se správnou úpravou vložky válce. Při jeho návrhu lze využít empirické zkušenosti a vztahy z literatury. Nicméně konečný tvar a délka bude záviset na dané koncepci motoru a celého stroje, dále na terénu, na kterém bude motocykl využíván.

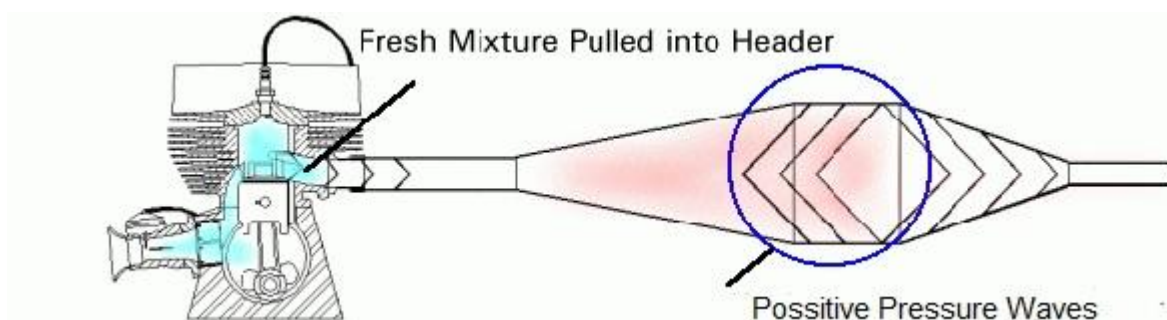
3.4.1 PRINCIP FUNGOVÁNÍ

Jeden z hlavních důvodů nízké účinnosti dvoudobého motoru je ten, že při expanzi a souběžnému přepouštění, kdy se píst pohybuje z HÚ směrem k DÚ, část čerstvé směsi přepouštěná do spalovacího prostoru unikne se spaliny do výfuku. To mimo jiné zvyšuje emise a snižuje výkon. Použitím tzv. rezonančního výfuku se snažíme tento jev alespoň částečně eliminovat. Díky specifickému tvaru a délce výfuku, výfukové plyny v něm proudící vytváří tlakové vlny. Tyto vlny lze poté rozdělit na dva druhy, a to na pozitivní tlakovou vlnu a negativní tlakovou vlnu.

Při pohybu pístu z HÚ směrem k DÚ se výfukové plyny, které tvoří kladnou tlakovou vlnu, šíří do první části výfuku, difusoru. Při průchodu difusorem se mění na negativní tlakovou vlnu, která díky vzniklému podtlaku napomáhá přepouštěné směsi naplnit spalovací prostor. Poté co výfukové plyny dorazí k protikuželu se vlna odrazí s pozitivním znaménkem. V tomto okamžiku se píst pohybuje z DÚ k HÚ a přicházející vlna napomáhá zatlačit směs, která unikla do výfuku, zpět do spalovacího prostoru.[5]



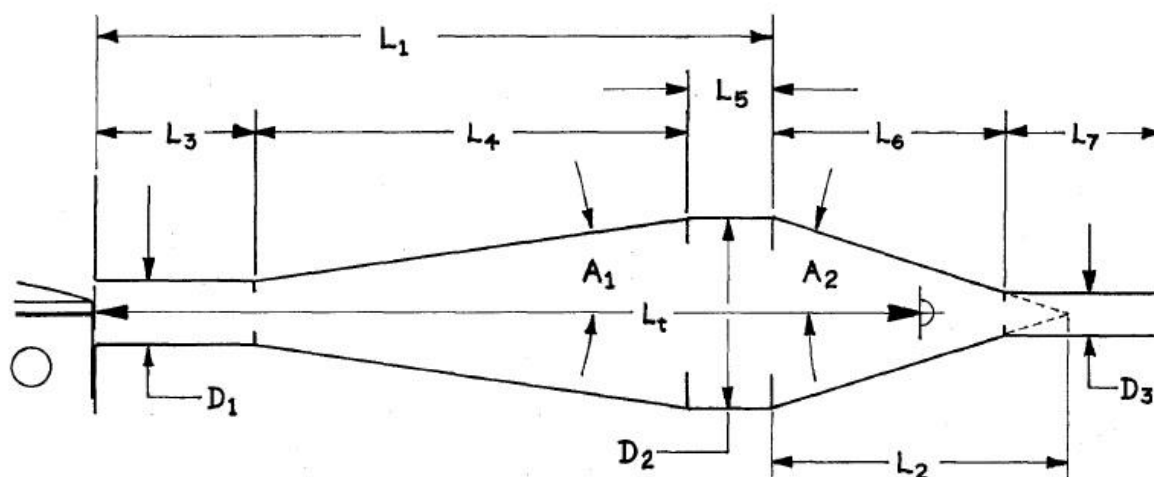
Obrázek 12. Negativní tlaková vlna, která napomáhá výplachu válce[5]



Obrázek 13. Pozitivní tlaková vlna, která pomáhá vrátit uniklou směs zpět do válce[5]

3.4.2 NÁVRH ROZMĚRŮ

Rozměry výfuku jsou navrhovány dle empirických vzorců z literatury [6] tak, aby byl využit plný potenciál upraveného válce motoru. Při postupu bylo voleno několik konstant, jenž mají vliv na celkový průběh výkonu. Jelikož tyto konstanty závisí na mnoha okolnostech, byla většinou volena střední doporučená hodnota se snahou o univerzálnost výfuku.



Obrázek 14. Schéma navrhovaného výfuku[6]

Určení průměrů:

$$D_1 = 22 \text{ mm}$$

$$D_2 = \sqrt{D_1^2 * 6,25} = \sqrt{22^2 * 6,25} = 55 \text{ mm} \quad (3.3)$$

$$D_3 = D_1 * 0,6 = 13 \text{ mm} \quad (3.4)$$

Určení rezonanční délky L_T pro předpokládané otáčky maximálního výkonu $n=8000$ ot/min

$$L_T = \frac{E_o * V_s}{N} = \frac{157 * 1700}{8000} = 33,36 \text{ palců} = 847 \text{ mm} \quad (3.5)$$

E_o - Časování výfukového kanálu [°]

V_s - Rychlost šíření vlny [inch.min⁻¹]

N- Otáčky klikové hřídele [min^{-1}]

$$L_2 = \left(\frac{D_2}{2}\right) * \cotg A_2 = \frac{55}{2} * \cotg 8,5 = \mathbf{184 \text{ mm}} \quad (3.6)$$

A_2 - Polovina vnitřního úhlu protikužele $< 7^\circ\text{-}10^\circ >$

$$L_1 = L_T - \left(\frac{L_2}{2}\right) = 847 - \frac{184}{2} = \mathbf{755 \text{ mm}} \quad (3.7)$$

$$L_3 = D_1 * x_1 = 22 * 8 = \mathbf{176 \text{ mm}} \quad (3.8)$$

x_1 - násobící koeficient $< 6\text{-}11 >$

$$L_4 = \left(\frac{D_2 - D_1}{2}\right) * \cotg A_1 = \frac{(55 - 22)}{2} * \cotg 3,5 = \mathbf{270 \text{ mm}} \quad (3.9)$$

A_1 - Polovina vnitřního úhlu difuzoru $< 3^\circ\text{-}4,5^\circ >$

$$L_5 = L_1 - (L_3 + L_4) = 755 - (176 + 270) = \mathbf{309 \text{ mm}} \quad (3.10)$$

$$L_6 = \left(\frac{D_2 - D_3}{2}\right) * \cotg A_2 = \frac{(55 - 13)}{2} * \cotg 8,5 = \mathbf{141 \text{ mm}} \quad (3.11)$$

A_2 - Polovina vnitřního úhlu protikužele $< 7^\circ\text{-}10^\circ >$

$$L_7 = D_3 * x_2 = 13 * 12 = \mathbf{156 \text{ mm}} \quad (3.12)$$



Obrázek 15. Rezonanční výfuk použitý na upraveném motoru

4 ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

4.1 MĚŘENÍ VÝKONU

Měření výkonu motocyklu se provádí na válcové výkonové zkušebně. To je zařízení, které slouží k měření výkonových parametrů na zadním kole v době, kdy je motocykl vůči zemi v klidu.

Rozdělujeme dva základní typy zkušeben:

4.1.1 VÁLCOVÝ SETRVAČNÍKOVÝ STAV

Je zařízení, skládající se většinou z jednoho ocelového válce s přesně určeným momentem setrvačnosti a setrvačnicků, které jsou spojeny hřídelí s válce a společně uloženy v ložiskách v rámu. Je důležité, aby byl válec co nejlépe staticky (těžiště válce leží na ose rotace) a dynamicky (osa setrvačnosti válce je totožná s osou rotace) vyvážený. Poloha a zrychlení válce jsou snímány inkrementálním snímačem. Tyto hodnoty jsou podstatné při měření dynamického výkonu.

POSTUP PŘI MĚŘENÍ DYNAMICKÉHO VÝKONU

Metoda měření patří mezi nejjednodušší a zároveň se jedná o jedinou metodu, kterou je možné provést na válcovém setrvačnickovém stavu.

Motocykl se umístí do zkušebny tak, aby jeho zadní kolo přiléhalo na ocelový válec. Na kabel k zapalovací svíčke se připojí zařízení, které je schopné snímat otáčky motoru. Provede se měření výkonu od počátečních otáček po konečné otáčky. Změří se úhlové zrychlení válce, díky kterému lze vypočítat točivý moment, z kterého se poté dopočítá výkon jako funkce otáček a vykreslí se rychlostní charakteristika. Při vykreslování charakteristik je důležité určit převodový poměr, který se stanovuje snímáním otáček motoru a otáček válce. Při ručním zadání převodového poměru je možné určit, zda při měření došlo k prokluzu kola na měřicím válci, což je důležité zejména u výkonnějších strojů.[10]

4.1.2 VÁLCOVÝ DYNAMOMETR

Jedná se o válcový setrvačnickový stav doplněný o dynamometr, jenž je schopný zvýšit brzdícím účinkem odpor kladený válcem, což je důležité při měření vyšších výkonů, kde by k roztočení samotného válce došlo příliš rychle a měření by bylo nepřesné. Použití dynamometru rovněž umožňuje statické měření výkonu, kdy je možné motor ustálit ve zvoleném režimu. Statické měření není vždy možné u výkonnějších strojů, neboť často dochází k prokluzu pneumatiky po měřicím válci.

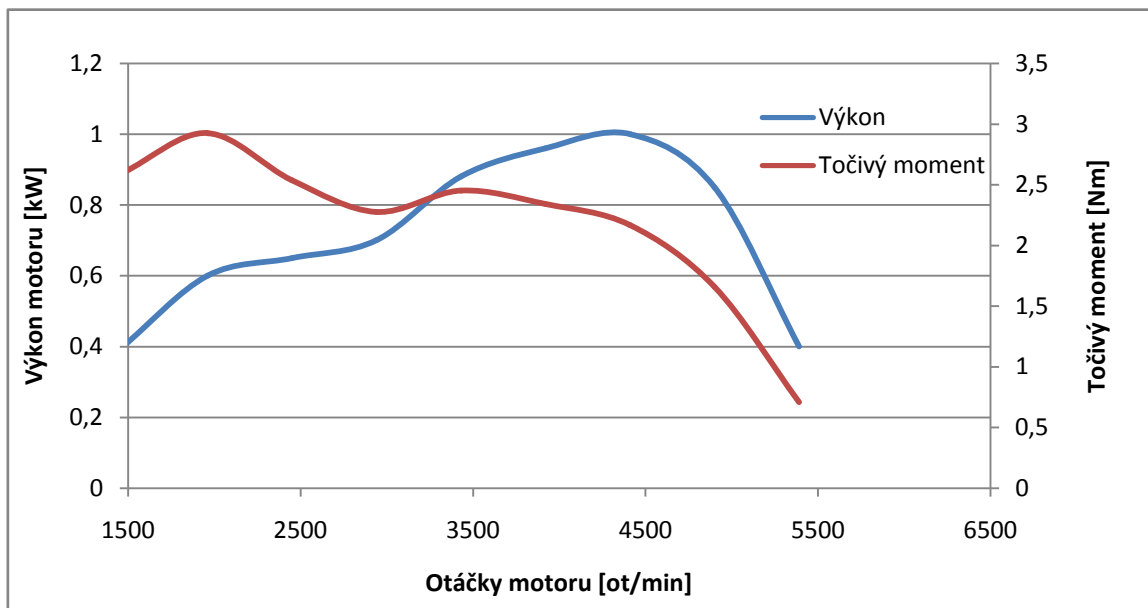
Měření výkonu probíhalo na válcové výkonové zkušebně značky Amerschläger P4, dodané německou firmou Amerschläger, která je schopna měřit výkon motocyklu na zadním kole, v době, kdy je motocykl zajištěn proti pohybu. Výrobce udává velmi malou odchylku měření (0,1hp) a dovoluje měřit výkony až do 100hp. Zkušebna využívá pro korekci výkonu německou normu DIN 70020.[12]

Naměřená data byla následně zpracována do grafů. Pro srovnání přínosu úpravy, byly využity naměřené hodnoty pro první rychlostní stupeň v rozmezí otáček 1500min^{-1} - 5500min^{-1} , vzhledem k tomu, že upravený motor nebylo možné naladit tak, aby dosáhl vyšších otáček.



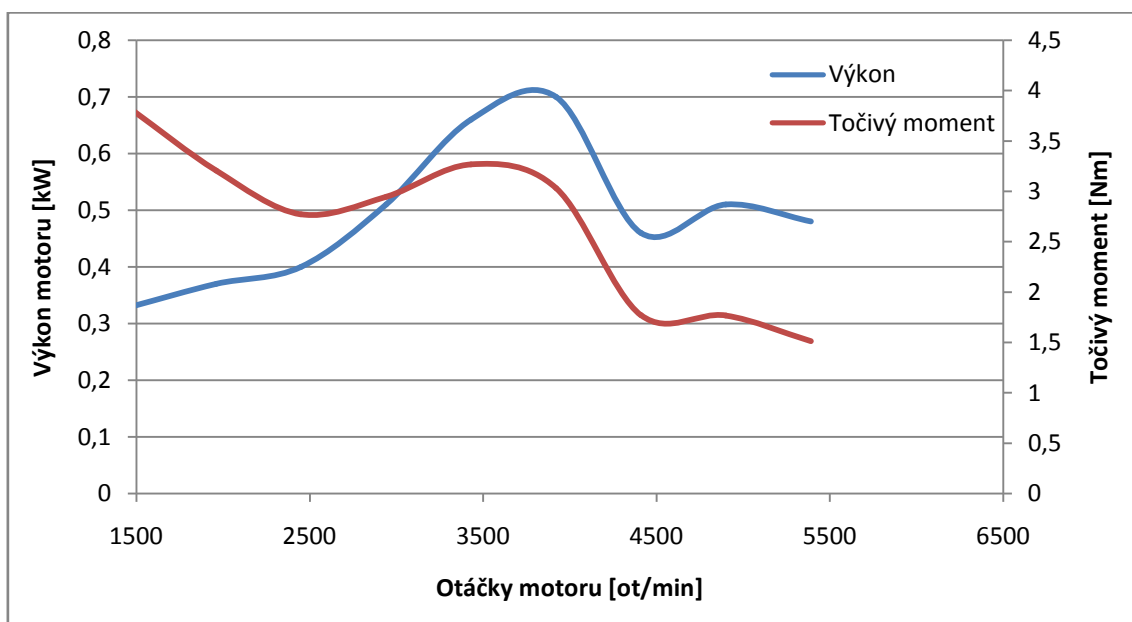
Obrázek 16. Motocykl na válcové výkonové zkušebně

4.2 SROVNÁNÍ MĚŘENÍ



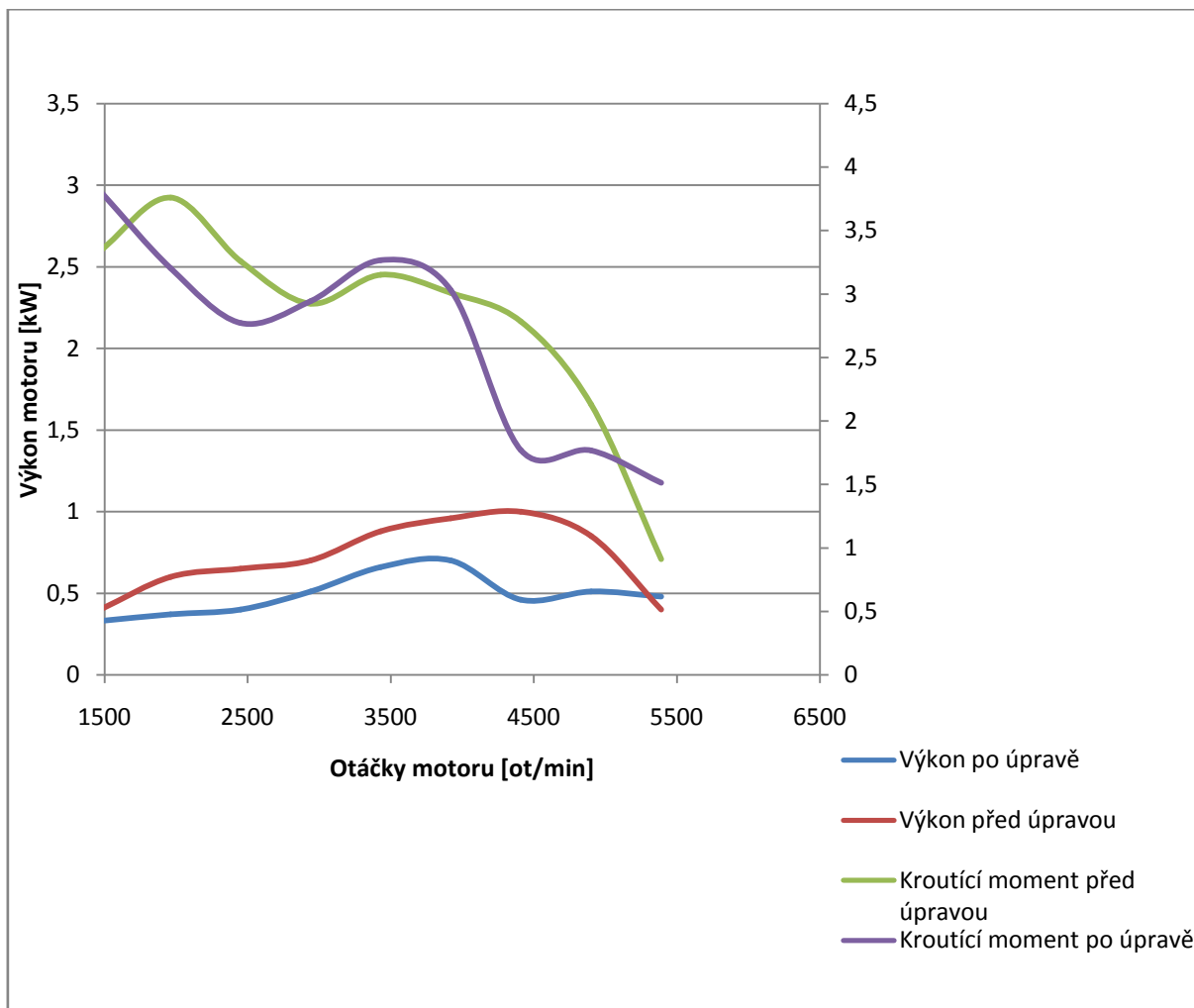
Obrázek 17. Průběh výkonu a točivého momentu sériového motoru

Výsledek měření sériového motoru je zaznamenán do grafu (Obrázek 18.), který určuje závislost výkonu a točivého momentu na otáčkách. Maximální hodnota výkonu na zadním kole je 1kW při 4400 min^{-1} a točivého momentu 2,9 Nm při 1960 min^{-1} . Výrobce udává hodnoty vyšší, $1,75 \text{ kW}/5000 \text{ min}^{-1}$ a $4 \text{ Nm}/4250 \text{ min}^{-1}$. Tyto hodnoty jsou udávány na výstupu z klikové hřídele. Rozdíl výkonu a točivého momentu je způsoben mechanickými ztrátami v převodovém ústrojí a valivým odporem pneumatiky.[11]



Obrázek 18. Graf výkonu(modrá křivka) a točivého momentu(červená křivka) upraveného motoru

Při pohledu na výkonovou charakteristiku upraveného motoru (Obrázek 19.) lze konstatovat, že provedená úprava měla negativní vliv na maximální výkon motoru. Důvodem bylo použití nevhodného karburátoru, jelikož jeho nastavení neumožňovalo motoru dosáhnouti předpokládaných otáček maximálního výkonu $n=8000\text{min}^{-1}$, se kterými bylo počítáno při návrhu rezonančního výfuku, a směs byla příliš bohatá a motor při měření výkonu vynechával. Z důvodu nedostatku času a nedostupnosti vhodného karburátoru není možné na základě prvního měření zhodnotit přínos provedených úprav. Dalším krokem bude použití menšího karburátoru o průměru difuzoru 17mm a jeho seřízení, aby složení směsi odpovídalo požadavkům motoru.



Obrázek 19. Srovnání výkonů a točivých momentů sériového a upraveného motoru

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo nastínění možného postupu při zvyšování výkonu dvoudobého motoru Jawa 50. Při úpravě bylo využíváno postupů, získaných z dlouholetých výzkumů, a empirických vzorců z doporučené literatury.

První část bakalářské práce je teoretická, popisuje pracovní cyklus dvoudobého motoru a jeho možné druhy rozvodů. Jsou zde nastíněny výpočty základních parametrů dvoudobého motoru Jawa 50.

Druhá část práce byla provedena prakticky. Data získaná z měření jsou vyobrazena na Obrázku 16. Vzhledem k použití nevhodného karburátoru, který neumožňoval správné seřízení směsi, není možné posoudit přínos provedených úprav. Posouzení přínosu úpravy bude možná po správném seřízení motoru a opakování měření, což bohužel z časových důvodů nemohlo být realizováno v této práci.

Při realizaci úpravy bylo zjištěno, že je nutné mít na zřeteli i detaily, které jsou mnohdy brány jako samozřejmé, avšak ve výsledku mohou zhatit mnohahodinovou práci, jako tomu bylo v tomto případě.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] Powered Parachute Flying Handbook. In: *Avstop.com* [online]. c1999-2004 [cit. 2017-05-11]. Dostupné z: http://avstop.com/ac/power_parachute/chapter4_1.html
- [2] Dan's Motorcycle Reed Valves. In: *Dansmc.com* [online]. c1999-2004 [cit. 2017-05-11]. Dostupné z: <http://www.dansmc.com/reedvalve1.jpg>
- [3] Rotační šoupátko. In: *KOLMANL.INFO* [online]. 2009 [cit. 2017-05-11]. Dostupné z: <http://www.kolmanl.info/images/cimg2554.jpg>
- [4] ŠUFLIARSKY, Igor. Babetta 210. In: *Speaker.cz* [online]. Zvolen, SK, 2007 [cit. 2017-04-11]. Dostupné z: http://www.speaker.cz/moto_news/motor210.jpg
- [5] Princip rezonančního (laděného) výfuku dvoutaktu. *Jawa-50.cz* [online]. 2016 [cit. 2017-04-11]. Dostupné z: <http://www.jawa-50.cz/clanek/teorie-princip-rezonancniho-vyfuku-ladeneho-expanzni-komora.html>
- [6] JENNINGS, Gordon. *Two-stroke tuner's handbook*. Tucson, AZ: HP Books, 1973. ISBN 09-126-5641-7.
- [7] Technika motoru: Díl 4. - Karburátor. *Silnicnimotorky.cz* [online]. c2012-2017 [cit. 2017-04-11]. Dostupné z: <https://silnicnimotorky.cz/motorky/technika/technika-motoru-dil-4-karburator/>
- [8] BELL, A. Graham. *Two-stroke performance tuning*. 2nd ed. Newbury Park, Calif., USA: Haynes North America, 1999. ISBN 18-596-0619-9.
- [9] DIXON, John C. *The high-performance two-stroke engine*. Calif.: Haynes North America, 2005. ISBN 18-442-5045-8.
- [10] *Měření výkonu motocyklu* [online]. Brno, 2012 [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=52950
- [11] *Zvýšení výkonových parametrů zážehového jednoválcového dvoudobého motoru* [online]. Brno, 2012 [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=52644
- [12] Amerschläger p4. *Amerschläger* [online]. [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: <http://www.amerschlaeger.de/index2.htm>
- [13] *Technologie oprav 1* [online]. NOVÝ JIČÍN: Střední škola technická a zemědělská, NOVÝ JIČÍN, 2016 [cit. 2017-05-23]. ISBN 978-80-88058-23-6.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

V_z	[m ³]	Zdvihový objem válce
A_1	[°]	Polovina vnitřního úhlu difuzoru
A_2	[°]	Polovina vnitřního úhlu protikužele
c_s	[m*s ⁻¹]	Střední pístová rychlost
D	[m]	Průměr válce
D_1	[mm]	Vstupní průměr difuzoru
D_2	[mm]	Výstupní průměr difuzoru
D_3	[mm]	Průměr výletové trubičky
E_o	[°]	Časování výfukového kanálu
i_v	[-]	Počet válců
K	[-]	Zdvihový poměr
L_1	[mm]	Vzdálenost začátku protikužele od pístu
L_2	[mm]	Celková délka protikužele
L_3	[mm]	Délka vstupní trubičky
L_4	[mm]	Délka difuzoru
L_5	[mm]	Délka středové části
L_6	[mm]	Délka protikužele
L_7	[mm]	Délka výletové trubičky
L_T	[inch]	Rezonanční délka
n	[min ⁻¹]	Jmenovité otáčky motoru
N	[min ⁻¹]	Otáčky klikové hřídele
p_e	[MPa]	Střední efektivní tlak
P_e	[W]	Maximální výkon motoru
P_l	[kW.l ⁻¹]	Litrový výkon
V_k	[ml]	Kompresní objem
V_s	[inch.min ⁻¹]	Rychlost šíření vlny
V_{z1}	[m ³]	Zdvihový objem válce po uzavření výfukového kanálu
V_{z2}	[cm ³]	Zdvihový objem upraveného válce po uzavření výfukového kanálu
x_1	[-]	Násobící koeficient
x_2	[-]	Násobící koeficient

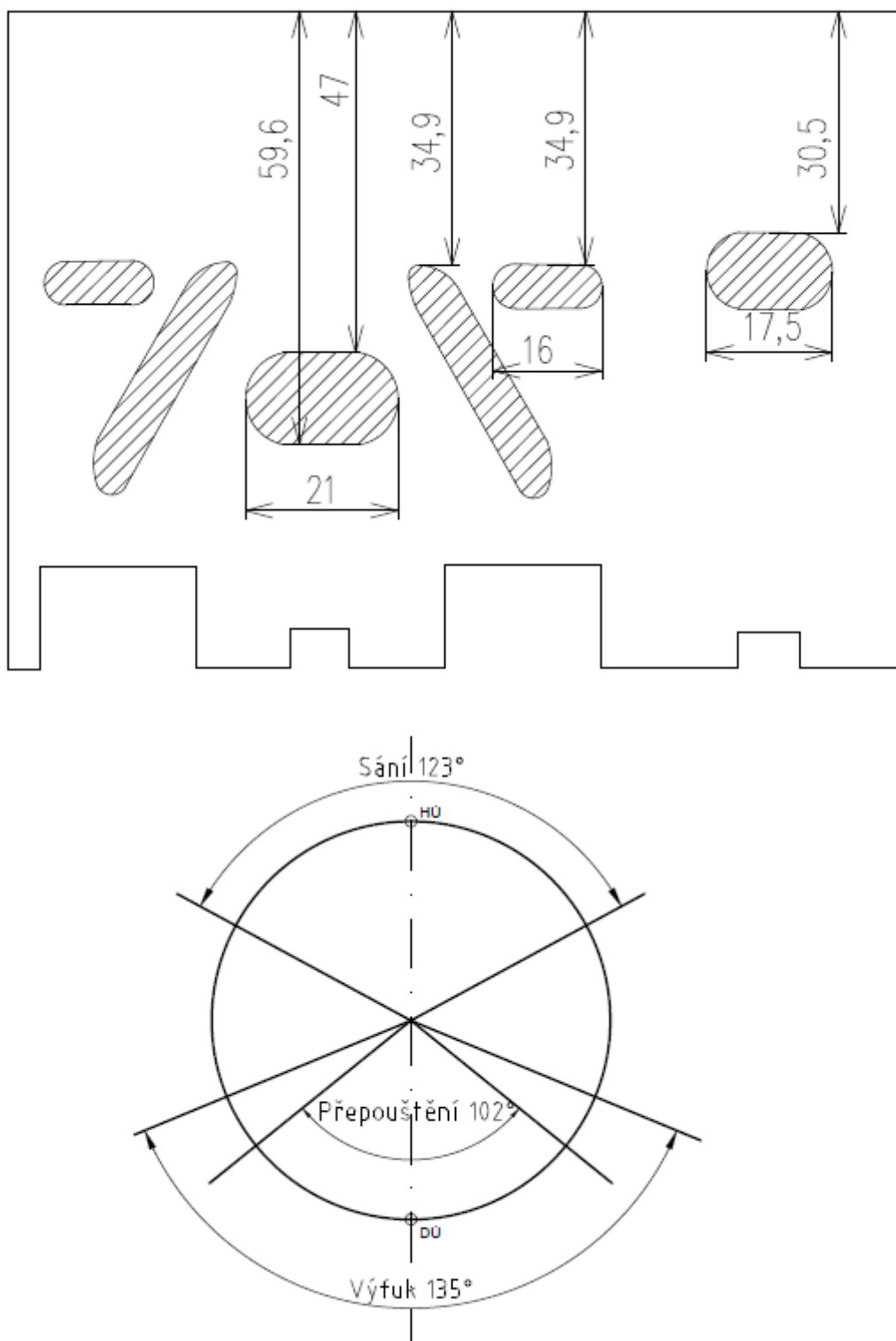
Z	[m]	Zdvih pístu
Z_1	[m]	Zdvih pístu po uzavření výfukového kanálu
Z_2	[m]	Zdvih pístu po uzavření výfukového kanálu upraveného válce
ε	[-]	Kompresní poměr
T	[-]	Taktnost

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1: Rozvodový diagram a rozvinutý tvar válce sériového motoru

Příloha č. 2: Rozvodový diagram a rozvinutý tvar válce upraveného motoru

Příloha č. 1: Rozvodový diagram a rozvinutý tvar válce sériového motoru



Příloha č. 2: Rozvodový diagram a rozvinutý tvar válce upraveného motoru

