

SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA V NITRE
TECHNICKÁ FAKULTA

1128778

**Emisná kontrola cestných vozidiel
so vznetovým motorom**

2010

Radovan Iliáš

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA
V NITRE**

TECHNICKÁ FAKULTA

**Emisná kontrola cestných vozidiel
so vznetovým motorom**

BAKALÁRSKA PRÁCA

Študijný program:

Doprava a manipulácia

Pracovisko (katedra/ústav):

Katedra dopravy a manipulácie

Vedúci bakalárskej práce:

Juraj Jablonický, Ing., PhD.

Nitra 2010

Radovan Iliáš

Abstrakt

Témou mojej práce je vykonať meranie emisného stavu naftových motorov s použitím štandardného motorovej nafty a bionafty ako nosič energie. Na základe meraní výsledky vzájomne porovnať a zistené údaje spracovať a vyhodnotiť. Práca je rozdelená do troch častí. Prvá časť sa zaoberá súčasným stavom merania emisií naftových častíc. Druhá časť analyzuje teoretické podklady vychádzajúci z preskúmania problém určiť metodiku práce. V tretej kapitole som uskutočnil merania na základe metodiky.

Meranie som vykonával u vozidiel so vznetovými motormi a používanie motorovej nafty a bionafty. Ďalším krokom bolo spracovanie výsledkov jednotlivých meraní a následné ich vyhodnotenie.

Kľúčové slová: kontrola emisií s dieselovým motorom, bionafta, diesel

Abstract

The theme of my work is done measuring the state of diesel engine emissions using biodiesel as a carrier of energy. The work is divided into three parts.

The first part deals with the current state of measuring emissions of diesel particulate matter. The second part analyzes the theoretical material drawn from the review of the issue to determine the methodology of work. In the third chapter I make a measurement on the basis of the methodology.

Measurements are made for diesel vehicles and the use of diesel and the biodiesel. Next, process the results of individual measurements and then evaluate them.

Key words: Emission Control, diesel engine, biodiesel, diesel

Čestné prehlásenie

Podpísaný Radovan Iliáš týmto prehlasujem, že som bakalársku prácu na tému: „Emisná kontrola cestných vozidiel so vznetrovým motorom“ vypracoval samostatne s použitím uvedenej literatúry.

Som si plne vedomý zákonných dôsledkov v prípade ak vyššie uvedené údaje nie sú pravdivé.

V Nitre 26 apríla 2010

Radovan Iliáš

Pod'akovanie

Touto cestou by som chcel poďakovať vedúcemu bakalárskej práce Ing. Jurajovi Jablonickému, PhD. za odborné rady a pripomienky pri vypracovaní bakalárskej práce.

Obsah

Úvod	10
1 Prehľad o súčasnom stave problematiky	11
1.1 Tvorba zmesi u vznetových motorov	11
1.1.1 Termický spôsob tvorenia zmesi	13
1.1.2 Objemový spôsob tvorenia zmesi	14
1.1.3 Zmiešaný spôsob tvorenia zmesi	15
1.2 Horenie zmesi vo vznetových motoroch.....	15
1.2.1 Priebeh spaľovania vo vznetových motoroch	15
1.3 Bionafta.....	20
1.3.1 Energetická bilancia výroby MERO	22
1.3.2 Bionafta I. generácie	22
1.3.3 Bionafta II. generácie.....	23
1.3.4 Zloženie bionafty II. generácie	24
1.3.5 Požiadavky na parametre bionafty II generácie.....	25
1.3.6 Výhody bionafty II. generácie	26
1.3.7 Nevýhody bionafty II. generácie.....	26
2 Cieľ práce	28
3 Metodika práce	29
4 Výsledky práce a diskusia	30
4.1 Produkcia škodlivých emisií vznetového motora	30
4.2 Metódy merania emisii pevných častí.....	32
4.2.1 Gravimetrická metóda merania emisie pevných častíc.....	32
4.2.2 Metóda merania emisie pevných častíc meraním opacity	32
4.3 Prístroje a meradlá používané pre meranie opacity	34
Všeobecné požiadavky na meradlá.....	34
4.4 Požiadavky na meradlá a zariadenia	34
4.5 Metrologické požiadavky na meradlá.....	36
4.6 Meranie emisného stavu vznetového motora.....	37
4.6.1 Použité meracie prístroje.....	37
4.6.2 Výber a definovanie automobilov.....	38
4.6.3 Meranie emisného stavu automobilu ŠKODA OCTAVIA	39
4.6.4 Meranie emisného stavu automobilu VOLKSWAGEN GOLF II.....	40
4.6.5 Meranie emisného stavu automobilu IVECO DAILY.....	42
5 Záver	45
6 Použitá literatúra	47
Príloha	49

Zoznam skratiek a značiek

<i>Symbol</i>	<i>Základná jednotka</i>	<i>Význam</i>
k	m^{-1}	súčiniteľ absorpcie svetla
w_p	$MPa \cdot ^\circ KH$	nárast tlaku vo valci na potochenie kľukového hriadeľa
$^\circ KH$	$^\circ$	uhol natočenia kľukového hriadeľa
M_k	$N \cdot m^{-1}$	krútiaci moment motora
η	-	celková účinnosť spaľovacieho motora
λ	-	súčiniteľ prebytku vzduchu
ε	-	stupeň kompresie
CO		oxid uhoľnatý
CO_2		oxid uhličitý
$DÚ$		dolná úvrať
HC		uhl'ovodíky
$HÚ$		horná úvrať
NO		oxid dusnatý
N_2		dusík (nitrogénium)
NO_x		oxidy dusíka
NO_2		oxid dusičitý
O_2		kyslík (oxigénium)
PAH		polycyklické aromatické uhl'ovodíky
SO_x		oxidy síry
SO_2		oxid siričitý

Slovník termínov

Emisia - koncentrácia plynných, pevných a kvapalných zložiek výfukových plynov,

Voľnobeh - otáčky nezaťaženeho motora, kondicionovaného na prevádzkovú teplotu, pri uvoľnenom pedáli akcelerácie, bez zapnutých prídavných (vypínateľných) spotrebičov a agregátov zaťažujúcich motor alebo palubnú elektrickú sieť odberom výkonu, keď v činnosti nie sú, okrem systému voľnobehu, žiadne iné prídavné zariadenia na obohatenie zmesi, alebo zariadenia pre štart. Prevodovka je v stave neutrál, spojka je zopnutá,

Opacita - fyzikálna vlastnosť charakterizujúca optickú pohltivosť prostredia, vyjadrená hodnotou súčiniteľa absorpcie svetla. Popisuje ju Beer – Lambertov zákon.

Opacimeter -meradlo na meranie opacity.

Dymivosť - optický efekt sprevádzajúci emisiu pevných, kvapalných a plynných nečistôt rozptýlených vo výfukových plynch vznetového motora. Stanovuje sa ako priemerná hodnota vyhodnocovaných súčiniteľov absorpcie.

Súčiniteľ absorpcie - jednotka opacity charakterizujúca optickú pohltivosť prostredia

Korigovaný súčiniteľ absorpcie – používa sa na stanovenie maximálnej prípustnej dymivosti. Je stanovený pri homologizačnej skúške podľa požiadaviek smernice EU č. 72/306 (resp. predpisu EHK č. 24).

Rozptyl - rozdiel medzi maximálnou a minimálnou vyhodnocovanou hodnotou súčiniteľa absorpcie.

Úvod

Celosvetový stúpajúci trend rozvoja techniky prináša so sebou aj vedľajšie nežiaduce účinky. Vážnym negatívnym dôsledkom je znečisťovanie životného prostredia. Na zhoršujúcej ekologickej situácii sa výraznou mierou podieľa aj vysoký stupeň dopravy.

Sektor dopravy predstavuje jeden z hlavných činiteľov jednak energetických problémov a samozrejme aj problémov týkajúcich sa životného prostredia. Dopravu môžeme jednoznačne zaradiť k najväčším spotrebiteľom fosílnych energetických zdrojov a je tak spoluzodpovedná za podstatné ovplyvňovanie a zaťažovanie životného prostredia. Európsky automobilový priemysel ročne vynakladá 5% z jeho celkového obratu do inovatívnych riešení zameraných najmä na zlepšenie bezpečnosti a ekologickej automobilov.

Emisie vznikajúce pri práci vznietového spaľovacieho motora majú negatívny dopad na životné prostredie ako aj na človeka. Pri kontrole emisného stavu vznietového motora je potrebné zisťovať jeho dymivosť. V prípade vysokej dymivosti je potrebné legislatívne zabezpečené, že takýto automobil by bol dočasne vyradený z premávky po pozemných komunikáciách, pokiaľ sa daný nedostatok neodstráni. Keďže dymivosť motora je úzko spätá s jeho technickým životom, tak popri zabezpečovaní ekologickej bezpečnosti, by aj prevádzkovateľ mal okamžitý prehľad o technickom stave motora ako aj jeho komponentov relevantne vplývajúcich na jeho emisný stav.

V oblasti eliminovania znečisťovania prostredia zapríčineného únikom znečisťujúcich látok pri prevádzke spaľovacích motorov existujú dva zásadné spôsoby, ktorými je možné dosiahnuť zníženie záťaže životného prostredia. Je to oblasť konštrukcie nových vozidiel a oblasť prevádzky motorových vozidiel. Moderné konštrukcie nových typov automobilov už svojim technickým riešením zabezpečujú minimálne škodlivé účinky exhalátov na okolie. V súčasnej dobe je hlavný dôraz ochrany životného prostredia zameraný na vozidlá v premávke. V technicky a ekonomicky vyspelých krajinách existuje systém periodických kontrol, zameraných na emisnú kontrolu motorov vozidiel pre všetky emisné systémy a druhy pohonov.

Predložená bakalárska práca je svojim zameraním orientovaná na porovnanie dymenia pri použití štandardného uhl'ovodíkového paliva teda motorovej nafty a alternatívneho paliva ktorým je bionafta. Merania budú realizované podľa platnej metodiky, ktorou sa riadia poverené pracoviská na vykonávanie emisných kontrol.

1 Prehľad o súčasnom stave problematiky

1.1 Tvorba zmesi u vznetrových motorov

Proces tvorenia zmesi vo vznetrových motoroch je v porovnaní so zážihovým motorom oveľa zložitejší. Vo vznetrových motoroch prebieha tzv. vnútorná tvorba zmesi, to znamená, že zmes sa tvorí priamo vo valci vstrekaním paliva do komprimovaného vzduchu. Čas pre tvorbu zmesi je veľmi krátky a preto sú podmienky tvorenia zmesi podstatne horšie ako pri zážihových motoroch. Zloženie zmesi a tým aj rozdelenie paliva v spaľovacom priestore je heterogénne (nerovnomerné) a je ovplyvnené tvarom spaľovacieho priestoru, veľkosťou a intenzitou vírenia náplne, otáčkami motora, koncepciou a parametrami vstrekovacieho systému, kvalitou paliva a pod. Skutočný prebytok vzduchu v jednotlivých miestach spaľovacieho priestoru sa v každom okamihu počas spaľovania líši v rozmedzí od $\lambda = 0$ vo vnútri palivového lúča počas vstrekovania až po $\lambda \rightarrow \infty$ v miestach, kde sa palivo nedostane. Aby boli počas spaľovania v každom mieste spaľovacieho priestoru zabezpečené vhodné podmienky pre dokonalé spaľovanie pracujú vznetrové motory s pomerne veľkým prebytkom vzduchu ($\lambda = 1,3$ až 2), (SLOBODA, A. a kol., 2004).

Počas vstreku paliva vstupuje palivo do spaľovacieho priestoru vo forme palivových lúčov v ktorých je palivo rozprášené na veľmi malé čiastočky (atomizácia paliva) a ich veľkosť je len niekoľko μm . Takto vstreknuté a rozprášené palivo sa v horúcom komprimovanom vzduchu začne odparovať, tým vytvárať heterogénnu zmes, ktorá sa následne začne vznecovať. Odparovanie paliva a spaľovanie v spaľovacom priestore začína tam, kde teplo a kyslík majú najskôr prístup k palivovému povrchu. Spálenie vonkajšej vrstvy palivového lúča prebieha veľmi rýchlo, pretože molekuly na povrchu kvapôčiek ihneď reagujú s kyslíkom. Pri veľkej povrchovej ploche všetkých zhorí pomerne veľká časť paliva naraz čo spôsobí veľkú zmenu tlaku na stupeň pootočenia kľukového hriadeľa (rýchlosť nárastu tlaku). Preto je rýchlosť nárastu tlaku vo valci w_p dôležitým ukazovateľom práce vznetrového motora (poukazuje na tzv. „tvrdosť“ chodu motora), a zodpovedá nárastu tlaku vo valci dp (resp. rozdielu tlakov vo valci Δp) pripadajúci na jeden stupeň otočenia kľukového hriadeľa $d\alpha$ (resp. veľkosti uhla otočenia kľukového hriadeľa $\Delta\alpha$), teda platí (SLOBODA, A. a kol., 2004):

$$w_p = \frac{dp}{d\alpha} = \frac{\Delta p}{\Delta\alpha} \quad \text{MPa} \cdot \text{°KH}^{-1} \quad (1.1)$$

Ako uvádza (SLOBODA, A. a kol.,2004) druhým dôležitým ukazovateľom je rýchlosť uvoľnenia tepla (zákon vývinu tepla), ktorý zobrazuje množstvo uvoľneného tepla pri spaľovaní, kde dQ je množstvo uvoľneného tepla:

$$\frac{dQ}{d\alpha} = f(\alpha) \quad \text{J} \cdot \text{°KH}^{-1} \quad (1.2)$$

Ďalším dôležitým ukazovateľom pre tvorbu zmesi vo vznetrovom motore je časový priebeh dodávky paliva do spaľovacieho priestoru, tzv. zákon vstreku. Je to závislosť dodaného množstva paliva dV pripadajúci na jeden stupeň otočenia kľukového hriadeľa $d\alpha$ je to teda gradient dodávky paliva do spaľovacieho priestoru, ktorý je možné obecné označiť ako (SLOBODA, A. a kol.,2004):

$$\frac{dV}{d\alpha} = f(\alpha) \quad \text{mm}^3 \cdot \text{°KH}^{-1} \quad (1.3)$$

resp. v absolútnych hodnotách ako:

$$\frac{dV_p}{dt_v} = f(t_v) \quad \text{mm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \quad (1.4)$$

Vo vznetrových motoroch môže byť tvorená zmes jedným z nasledovných základných spôsobov (VLK, F., 2003):

- *termickým* - odparovaním paliva nastreknutého na stenu spaľovacieho priestoru alebo na jej časť;
- *objemovým* - vstrekom vhodne atomizovaného paliva do komprimovaného vzduchu v spaľovacom priestore alebo v jeho časti;
- *zmiešaným* - kombinácia termického a objemového spôsobu. Využíva súčasne odparovania hlavnej časti paliva nastreknutej väčším otvorom dýzy na stenu spaľovacieho priestoru a vznietenia menšej časti dobre atomizovaného paliva vstreknutého dýzou do vzduchu bez jeho dopadu na stenu spaľovacieho priestoru..

Príprava zmesi palivo vzduch výrazne ovplyvňuje užitočný výkon, spotrebu paliva, emisie výfukových plynov a hluk vznetrového motoru. Pritom podstatnú úlohu zohráva prevedenie vstrekovacieho zariadenia a jeho riadenie, pričom tvorenie zmesi a priebeh spaľovania ovplyvňujú nasledujúce ukazovatele (VLK, F., 2003):

1. *začiatok dodávky paliva a začiatok vstreku,*
2. *doba vstreku a priebeh vstreku (množstvo paliva vstreknutého do spaľovacieho priestoru v závislosti na uhle natočenia kľukového hriadeľa),*
3. *vstrekovací tlak,*

4. *smernosť vstrekovania a počet vstrekaných paprskov,*
5. *prebytok vzduchu,*
6. *rozvírenie vzduchu.*

Vzhľadom k nižšej odparivosti paliva nie je možné pre vytvorenie zmesi paliva so vzduchom použiť ako u motorov zážihových vstrekovanie paliva do nasávaného prúdu vzduchu. Preto sa u týchto motorov vstrekuje palivo priamo do valca motora, a to na konci kompresného zdvihu. V dôsledku vysokej teploty stlačeného vzduchu, 800 °C až 900 °C, sa jemne rozprášené palivo rýchle odparí a po vytvorení horľavej zmesi so vzduchom sa vznieti (VLK, F., 2003):.

1.1.1 Termický spôsob tvorenia zmesi

Podľa (PODOLÁK, A.- LENĎÁK, P., 2003) pri termickom spôsobe tvorenia zmesi sa palivo vstrekuje nízkym tlakom na steny oddeleného spaľovacieho priestoru tak, aby sa za pomoci vírivého pohybu vzduchu vytvoril jemný palivový film hrubý asi 12 až 15 µm. Vstrekovanie paliva na steny spaľovacieho priestoru spôsobuje jeho postupné odparovanie a s intenzívne víriacim vzduchom, s ktorým sa zmiešava, vytvára zmes, ktorá sa následne vznieti. Tento spôsob tvorenia zmesi je charakteristický plynulým priebehom spaľovania a pomalým stúpajúcim nárastom tlaku, čo spôsobuje mäkký chod motora. Výhodou motorov s týmto spôsobom tvorby zmesi je tichý chod, nižšie maximálne tlaky a malá citlivosť motorov na kvalitu paliva, čo umožňuje použitie aj nízko cetánových palív. Ich nevýhodou je potreba udržiavať minimálnu teplotu spaľovacieho priestoru pri štartovaní v rozsahu 200 až 400°C a predhrievanie spaľovacieho priestoru pred a počas spúšťania. Motory s týmto spôsobom tvorby zmesi však vykazujú vysoké straty vírením náplne a prestupom tepla. Tento fakt má za následok vyššiu spotrebu paliva a vysoké tepelné zaťaženie piesta.

Ako uvádza (HLAVŇA, V., a kol., 2000) príprava zmesi vznietového motora povrchovým spôsobom môže byť uskutočnená tak, že:

1. *palivo sa nastrekne na stenu palivového priestoru v pieste jedno otvorovou dýzou v smere vírenia komprimovanej náplne vzduchu, obr. 1, kde sa postupne odparuje. Vírenie náplne sa zabezpečí vhodným tvarovaním sacieho potrubia a vhodnou voľbou časovania ventilov. Časť jemne rozprášeného paliva sa vstrekuje priamo do vzduchu, a takto vytvorená zmes sa vznieti a zapáli zostávajúcu časť. Vír vzduchu postupne po vrstvách zabezpečuje odparovanie paliva z palivového filmu, pary sa zmiešavajú so vzduchom a zhoria. Horúce výfukové plyny sú prúdiacim čerstvým*

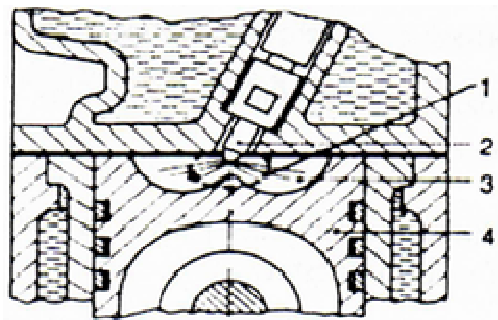
- vzduchom vytláčané od stien spaľovacieho priestoru do stredu víru a tým je zabezpečený stály prívod kyslíka k parám paliva, čím sa zabraňuje jeho krakovaniu,
2. palivo sa nastrekuje na časť steny oddeleného spaľovacieho priestoru (žiarová vložka alebo žiarová hlava), ktorá je väčšinou tepelne odizolovaná a má vysokú teplotu potrebnú na zapálenie paliva. Pri štarte sa ohrieva vonkajším zdrojom. Tento spôsob prípravy zmesi sa už v súčasnosti nepoužíva.

1.1.2 Objemový spôsob tvorenia zmesi

Použitie tohto spôsobu tvorenia zmesi je späté s nedeleným spaľovacím priestorom motora. Palivo vstreknuté do komprimovaného vzduchu sa vplyvom jeho pohybu vo valci rozprestrie po takmer celom objeme spaľovacieho priestoru bez toho, aby dopadlo na stenu spaľovacieho priestoru. Jednotlivé lúče paliva, ktoré sú vstrekované viac otvorovou dýzou postupne narážajú na čiastočky vzduchu, pričom sa rozpadávajú na veľké množstvo malých čiastočiek s rôznou veľkosťou. Ich rozpadom vzniká čiastočná atomizácia paliva, ale ich rozloženie vo valci je rôzne. Použitím rôzneho tvaru spaľovacieho priestoru môže byť vírenie vo valci usmernené, alebo chaotické. Väčšinou sa používa usmernené vírenie s malou energiou, aby nedochádzalo k deformácii palivových lúčov, čo by malo za následok zhoršenie prípravy zmesi, zvýšenie spotreby paliva a zvýšenie dymivosti motora (PODOLÁK, A.- LENĎÁK, P.,2003).

Vstrekovanie paliva podľa) prebieha tak, aby sa rozdelilo do (HLAVŇA, V., a kol.,2000):

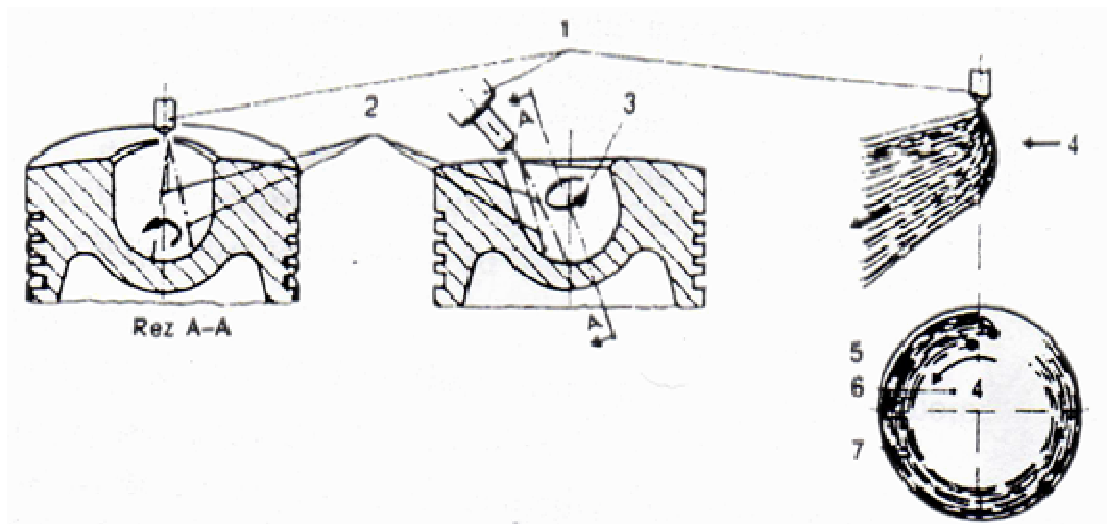
1. celého priestoru – obr. 1.1,
2. okrajovej oblasti víru – obr. 1.2.



Obr. 1.1

Priame vstrekovanie, rozdelenie paliva do celého priestoru

1 - vzduchový vír, 2 - viacotvorová dýza, 3 - spaľovací priestor, 4 - piest



Obr. 1.2

Priame vstrekovanie, rozdelenie paliva do okrajovej vrstvy víru.

1 - dýza, 2 - lúče paliva, 3, 4 - smer vzdušného víru, 5 - palivo, 6 - spaľovací priestor,
7 - okrajová oblasť víru

1.1.3 Zmiešaný spôsob tvorenia zmesi

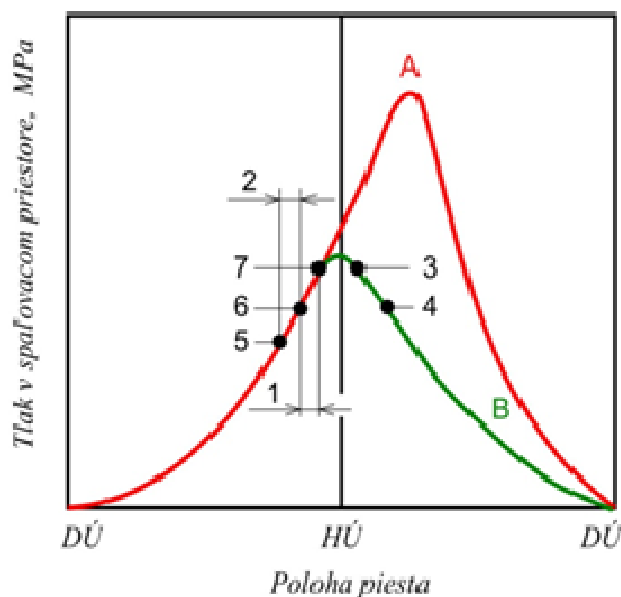
Tento spôsob je kombináciou termického a objemového spôsobu tvorby zmesi vo vznetrovom motore. Využíva súčasne odparovanie hlavnej časti paliva nestreknutím väčším otvorom dýzy na stenu spaľovacieho priestoru (komôrky) a vznietenie menšej časti dobre atomizovaného paliva vstreknutého dýzou do vzduchu bez jeho dopadu na stenu spaľovacieho priestoru (PODOLÁK, A.- LENĎÁK, P.,2003).

1.2 Horenie zmesi vo vznetrových motoroch

1.2.1 Priebek spaľovania vo vznetrových motoroch

U vznetrového motora je do valca nasávaný čistý, filtrovaný vzduch, ktorý má po stlačení na konci kompresného zdvihu zápalnú teplotu paliva. Vznetrové motory musia odolávať väčšiemu mechanickému (tlakovému) a teplotnému zaťaženiu než motory zážihové, z čoho vyplývajú rozdiely v konštrukcii časti kľukového mechanizmu, piestnej skupiny a hlavy valcov.

Ako a kedy prebieha spaľovanie pri pracovnom takte má veľký vplyv na výkon motora, zloženie výfukových plynov, hluk a vibrácie a na spotrebu paliva. Na obr. 1.3 je znázornený príklad pre vhodné spaľovanie a užitočný výkon. Je vidieť, že pri výpočte skutočného začiatku spaľovania je potrebné uvažovať s prietahom vznietenia a prietahom vstreku (VLK, F., 2003).



Obr. 1.3

Priebeh pracovného taktu v spaľovacom priestore naftového motora:

1 -prieťah zapálenia zmesi,2- prieťah vstreku paliva,3- koniec vstreku,4- koniec spaľovania, 5- počiatok dodávky,6-počiatok vstreku,7- počiatok spaľovania A -priebeh tlaku pri spaľovaní, B - priebeh kompresného tlaku.

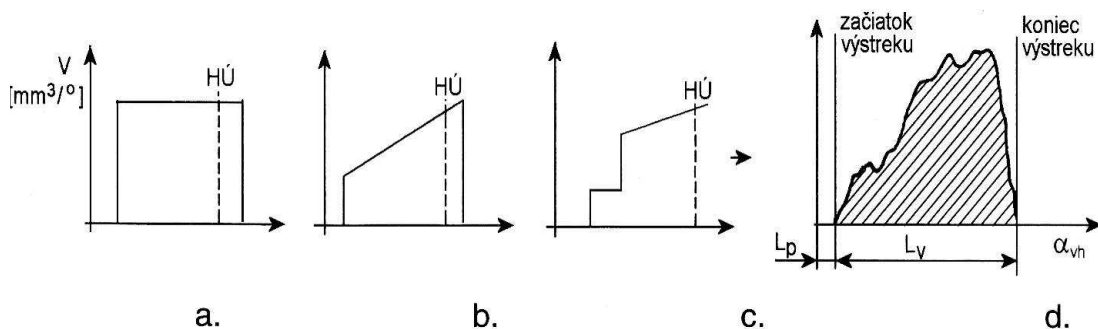
Uvedený proces horenia je možné rozdeliť do nasledovných časových fáz (**SLOBODA, A. a kol.,2004**):

1. fáza predstavuje fyzikálnu a chemickú prípravu častíc paliva, ktoré sa dostanú do valca ako prvé. Táto fáza trvá 15 – 25 o KH a nazýva sa prieťah vznietenia, čiže čas od vstreknutia paliva po jeho vznietenie,
2. fáza sa vyznačuje stúpaním tlaku nad kompresný tlak. V tejto fáze spaľovanie prebieha spontánne a zúčastňuje sa ho tá časť zmesi, ktorá zodpovedá množstvu paliva, ktoré sa do valca dostalo počas prvej fázy spaľovania , maximum tlaku je 6 - 10 o KH za HÚ,
3. fáza zodpovedá spaľovaniu, keď je časovo ohraničené maximum tlaku a teplôt vo valci. Pri dobrom spaľovaní by maximum teplôt vo valci malo byť 20 - 30 o KH za HÚ,
4. fáza sa začína v okamihu maximálnej teploty vo valci a končí v neurčitej oblasti v expanznom zdvihu a nazýva sa dohorievanie. Trvá do 70- 90 o KH za HÚ niekedy aj viac.

Priebeh spaľovania, a tým aj indikované a efektívne ukazovatele činnosti vznetrového motora sú závislé od rôznych ukazovateľov, ktoré môžu byť (SLOBODA, A. a kol.,2004):

1. *konštrukčné – kompresný pomer, tvar spaľovacieho priestoru, vírenie náplne, veľkosť valca, začiatok a čas vstreku, otvárací tlak a geometria vstrekovacej dýzy,*
2. *prevádzkové – zaťaženie a otáčky motora, uhol predvstreku, zloženie zmesi, tepelný stav motora,*
3. *ukazovatele podmienok pri plnení – palivo, tlak a teplota vzduchu, koncentrácia kyslíka, začiatok spaľovania*

Priebeh tvorby zmesi a spaľovania, ktorým je určený postup vývin tepla v spaľovacom priestore, závisí od značnej miery od toho, ako je palivo dopravované do spaľovacieho priestoru v priebehu jedného vstreku. Priebeh vstrekovanej množstva paliva v závislosti od uhla natočenia vačky, resp. od času, nazývame zákon vstreku, ktorý je znázornený na obr.1.4.



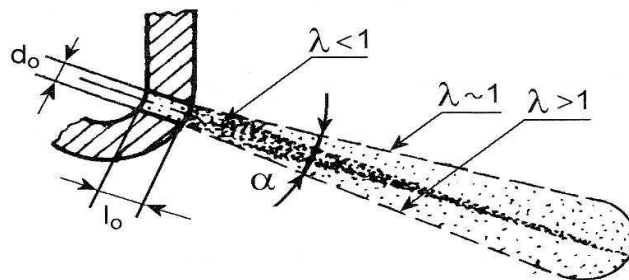
Obr. 1.4

Zákon vstreku

a,b,c – teoretický, d – skutočný, L_p – zmeškanie vstreku, L_v – dĺžka vstreku, V – streknutý objem paliva na stupeň otočenia vačkového hriadeľa α_{vh}

Priebeh vstreku a spoľahlivosť vstrekovacieho systému nesmú negatívne ovplyvniť dynamické javy, ktoré vyplývajú z tuhosti a hmotnosti celého systému a z pracovnej kvapaliny. Vstrekovací systém má vplyv na kinetickú energiu kvapôčiek paliva, na ich rozprášenie a rozmiestnenie vzhľadom na spaľovací priestor. Potom kvalita rozprášenia je podmienená hydraulickým tlakom paliva a posudzuje sa podľa stredného priemeru kvapiek, ktorý je charakterizovaný palivovým lúčom.

Veľkosť kvapiek – ich stredný priemer – je v rozmedzí 10 – 100 μm , pričom najčastejšie vyskytujúce sa rozmery sú 10 – 20 μm (TRNKA, J.,1992)



Obr. 1.5

Schematický tvar palivového lúča

l_0 – dĺžka výstrekového otvoru, d_0 – priemer výstrekového otvoru 0,15 – 0,6 mm,

α – uhol paprsku 15 -35°

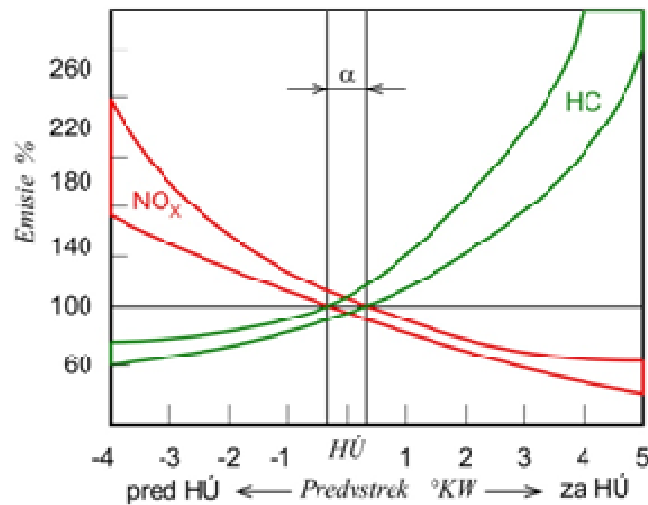
Priet'ah vstreku je doba šírenia tlakovej vlny paliva medzi začiatkom dodávky paliva a začiatkom vstreku. Priet'ah vznietenia je doba, ktorá uplynie od okamihu vstreknutia paliva až do samovznietenia a je ovplyvňovaná nasledujúcimi faktormi (SLOBODA, A. a kol.,2004)::

1. *vznietivosť paliva,*
2. *kompresný pomer,*
3. *teplota nasávaného vzduchu a prevádzková teplota motora,*
4. *rozprášenie paliva.*

Priet'ah vstreku a priet'ah vznietenia nezávisia na otáčkach motora. Pri rovnakej dobe pre vstrekovanie a vznietenie sa preto pri rastúcich otáčkach motora kľukový hriadeľ otočí o väčší uhol. Najpriaznivejšie spaľovanie a najlepší výkon vznietového motora sa dosiahne len pri určitej polohe kľukového hriadeľa alebo piestov. Z tohto dôvodu sa musí začiatok dodávky paliva pri rastúcich otáčkach motora príslušne posunúť dopredu. Pretože začiatok dodávky paliva sa vypočíta jednoduchšie než skutočný začiatok vstreku, prebieha časové zladenie medzi vstrekovacím systémom a motorom pri začiatku dodávky paliva. To je možné, pretože medzi začiatkom dodávky paliva a začiatkom vstreku existuje definovaný vzťah. Začiatok vstrekovania paliva výrazne ovplyvňuje začiatok spaľovania zmesi palivo - vzduch. Najväčšia teplota stlačenia vo valci motora je dosiahnutá keď je piest presne v hornej úvrati. Pokiaľ nastane spaľovanie ďaleko pred hornou úvratou, narastá prudko spaľovací tlak s pokračujúcim stlačením zmesi a pôsobí ako brzdná sila proti pohybu piesta. Tým sa zhoršuje účinnosť. Prudký nárast tlaku pri spaľovaní má okrem toho negatívny vplyv na hluk počas spaľovania (VLK, F., 2003) .

Ako je vidieť z obr. 1.6 časovo predsunutý začiatok vstreku predlžuje priet'ah vznietenia, zvyšuje teplotu v spaľovacom priestore a tým tiež emisie oxidu dusíku (NO_x). Časovo oneskorený začiatok vstreku môže viesť k neúplnému spaľovaniu a tak k neúplne spáleným uhl'ovodíkom (HC). Okrem toho spaľovanie sa musí ukončiť skôr než sa otvára výfukový ventil. Okamžitá poloha piesta vzhľadom k $HÚ$ ovplyvňuje pohyb, hustotu a teplotu vzduchu v spaľovacom priestore. Z tohto dôvodu závisí rýchlosť pohybu a kvalita zmiešania zmesi z paliva a vzduchu na začiatku vstreku (VLK, F., 2003).

Preto má začiatok vstreku tiež vplyv na emisie sadzí (produkt neúplného spaľovania). Protichodné závislosti spotreby paliva a HC - emisii na jednej strane a sadzí (čierny dym) a NO_x na druhej strane vyžadujú k dosiahnutiu príslušného optima čo možno najmenej tolerancie začiatku vstreku. Pretože časové priet'ahy sa pri rôznych teplotách menia, je tu potrebná úprava počiatku vstreku. Doba prívodu paliva od začiatku dodávky paliva k začiatku vstreku závisí na dĺžke vedenia a pri vyšších otáčkach zvyšuje priet'ah vstreku. Okrem toho pri rastúcich otáčkach vzniká, vziahanuté na uhol natočenia kľukového hriadeľa, väčší priet'ah vznietenia. Pre kompenzovanie všetkých zatiaľ popísaných podmienok a závislostí je nutné systémové riadenie skoršieho nastavenia okamihu vstreku.



Obr. 1.6

Rozptylové pásmo emisií oxidu dusíku NO_x a uhl'ovodíkov HC v závislosti na počiatku vstreku

α - optimálny počiatok vstreku KW - uhol kľukového hriadeľa doľava od $HÚ$ - začiatok vstreku „skôr“ doprava od $HÚ$ - začiatok vstreku „neskôr“

Pretože naftové motory pracujú s vysokým kompresným tlakom, sú kompresné pomery vyššie. Voľba kompresného pomeru závisí na rôznych kritériách (napríklad

výkon motoru, emisie hluku a výfukových plynov). S nižším kompresným pomerom sa môže dosiahnuť zvýšenie výkonu, pretože sa pritom môže vstreknúť viac paliva. Vstreknutie väčšieho množstva paliva znamená dopredu posunutý začiatok vstrelu a tým väčší prietah vznietenia. Prudkým nárastom spaľovacieho tlaku však vzniká „tvrdé spaľovanie“, ktoré zvyšuje hlučnosť motora.

Ďalšie nevýhody:

1. *zvýšené emisie NO_x (spôsobené vysokými teplotami),*
2. *zvýšený podiel sadzí (spôsobené rýchlim spaľovaním, pričom palivo sa nespáli úplne),*
3. *špatný spúšťanie studeného motora.*

K stanoveniu kompresného pomeru sa používa najvhodnejší kompromis (asi 18,5:1), pričom emisie hluku a výfukových plynov a tiež užitočný výkon motora sú v čo najlepšom súlade

1.3 Bionafta

Bionafta je ekologické alternatívne palivo pre vznetové motory na báze methylesterov nenasýtených mastných kyselín rastlinného pôvodu (tzv. MERO). Vyrábajú sa rafinačným procesom zvaným esterifikácia, pri ktorom sa mieša metanol s hydroxidom sodným a následne s olejom vylisovaným zo semien repky olejnej, alebo zo sójových bôbov. Súčasná bionafta II. generácie je potom ďalej doplnená a upravená látkami ropného charakteru, ktoré musia byť odsírené a dearomatizované, aby bola zachovaná podmienka biologickej odbúrateľnosti. Bionafta je teda palivo, u ktorého je časť ropného produktu (motorovej nafty) nahradená methylestermi získanými z rastlinnej produkcie. Bionafta si zachováva základné vlastnosti motorovej nafty a pritom pôsobí ekologicky na životné prostredie, na motor a palivovú sústavu. Súčasná bionafta II. generácie je považovaná za veľký pokrok v oblasti alternatívnych palív a je na neporovnateľne lepšej úrovni oproti pôvodnej bionafte.

Základné zložky výrobného procesu bionafty sú:

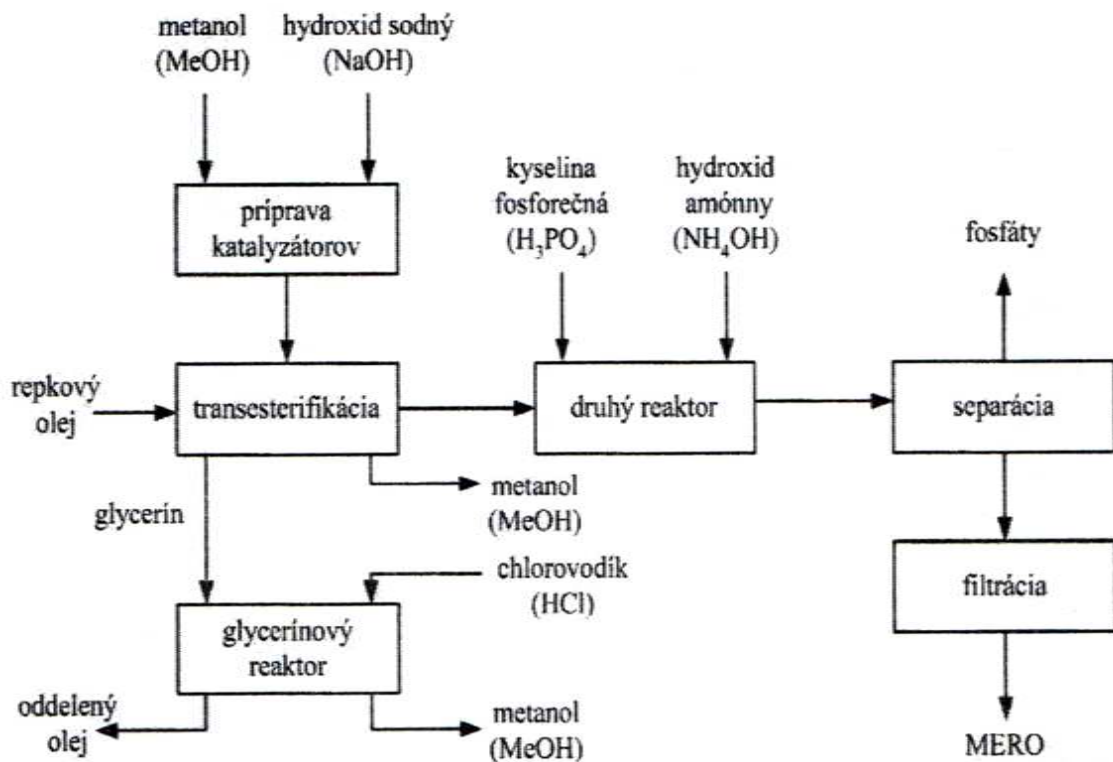
1. **Transesterifikácia** - hlavná reakcia, kedy spolu chemicky reagujú repkový olej s alkoholom za vzniku esteru a glycerolu. Používaným alkoholom je, ako už z názvu vyplýva, metanol. Je možné použiť aj etanol ale jeho nevýhodou je omnoho vyššia výrobná cena.
2. **Neutralizácia** - dôsledok nevyhnutnej vedľajšej reakcie mastnej kyseliny a katalyzátora (najčastejšie hydroxid draselný alebo soľný) za vzniku mydla a vody.

3. Zmydelnenie - nežiaduca vedľajšia reakcia mastnej kyseliny a katalyzátora avšak za vzniku mydla a glycerolu.

Esterifikáciu je možné uskutočňovať vo veľkých priemyselných zariadeniach, ale aj v malých zariadeniach s objemom 1500 l a menej. U malých esterifikačných zariadení prebieha proces esterifikácie pri bežnom tlaku a teplote. Rastlinný olej sa prečerpáva z cisterny do nádoby reaktora a po esterifikácii, ktorá trvá 6 až 8 hodín sa na základe rôznej hustoty zmes rozdelí na dve fázy:

- metylester odtečie do tepelného ohrievača, kde sa oddelí zostatkový metanol, ktorý nevstúpil do reakcie. Separácia prebieha kontinuálne a odstraňuje sa aj prípadný zostatkový glycerín. MERO je vedený do zásobníka s kyselinou fosforečnou, kde je uskutočňovaná skúška kvality.
- Zmes glycerínu s olejom sa neutralizuje kyselinou fosforečnou a následne sa odstredivkou oddeľujú pevné prímеси. Tieto vstupujú do sušiarne odkiaľ vychádza ako konečný produkt fosforečné hnojivo. Pri výrobe vzniká šrot, ktorý tým, že obsahuje veľké množstvo bielkovín a iných živín je cennou krmnou zmesou.

Na obr. 1.7 je znázornený zjednodušený proces výroby MERO.



Obr. 1.7

Zjednodušená schéma procesu výroby MERO

1.3.1 Energetická bilancia výroby MERO

Z hľadiska širšieho využitia bionafty v doprave je veľmi dôležitá aj otázka energetickej bilancie pri jej výrobe. Energetická bilancia vyjadruje pomer množstva vloženej energie (sejba, zber, doprava a spracovanie) k energii získanej. Údaje o energetickej bilancii MERO získaného z 1 ha sa značne odlišujú. Udáva sa, že jeden liter vloženého paliva prinesie zisk 1,4 litra MERO, teda pomer vloženej energie k získanej je len 1 : 1,4. Pokiaľ sa do energetickej bilancie zahrnie aj energetické zhodnotenie odpadov z výroby MERO potom je tento pomer podstatne lepší a dosahuje hodnotu 1 : 4. Odpad z výroby sa dá využiť na ďalšiu výrobu energie a to ako tepelnej tak aj elektrickej (TKÁČ, Z. a kol.,2008).

1.3.2 Bionafta I. generácie

Pokiaľ sa píše, alebo hovorí o bionafte (v angličtine Biodiesel, v nemčine Ekdiesel), vždy sa tým myslí metylester nižšie uvedených rastlinných olejov (popr. živočíšnych tukov) (TKÁČ, Z. a kol.,2008).

Ponuka metylesterov je v súčasnosti veľmi široká:

1. RME - medzinárodné označenie metylesterov repkového oleja (Rape - Metyl - Ester), produkovaného hlavne v strednej Európe a v Kanade. U nás sa často používa názov MERO,
2. SME - Sunflower - Methyl - Ester, je to metylester slnečnicového oleja, produkovaného hlavne v Taliansku a Španielsku,
3. SOME - SOya - Methyl - Ester, obmedzuje sa na hlavných producentov sóje, napr. USA,
4. FAME - Fatty Acid - Methyl- Ester vyrobený zo živočíšnych tukov a loja,
5. VUOME - Vaste Used Oil METHyl- Ester, ester vyrobený z použitých fritovacích olejov.

Výhody bionafty I. generácie (TKÁČ, Z. a kol.,2008):

1. biologicky rozložiteľné palivo do 21 dní podľa testu CEC/L33 - A 95,
2. nízka produkcia CO₂,
3. alternatívne palivo veľmi podobné motorovej naфте, dáva možnosti rozvoja poľnohospodárskej výroby a využitia tuzemských zdrojov paliva,
4. tým to palivom je možno zásobovať ekologicky ohrozené oblasti,
5. palivo neobsahuje síru, aromáty a PAH (polyaromatické uhl'ovodíky),
6. dymivosť vznetrových motorov klesá na menej ako 50% oproti tradičnému palivu.

Nevýhody bionafty I. generace (TKÁČ, Z. a kol.,2008):

1. palivo RME má menšiu výhrevnosť (37,8 MJkg-J) oproti komerčnej EHK motorovej naфте (43,5 MJkg-J), tzn., že spotreba paliva stúpne približne o 7,5 % až 8 %,
2. má negatívny vplyv na kvalitu mazacieho oleja (spôsobuje jeho želatínovanie), čo vedie k nutnosti skrátenia intervalu výmeny 050 %,
3. dlhodobý pokles výkonu motora, nutnosť dekarbonizácie motora, vznik tzv. mäkkých úsad na pevných i pohyblivých častiach motora,
4. je agresívny voči plastom a lakom.

Bionafta 1. generácie má z hľadiska motorového rad nežiaducich vlastností. Preto došlo k vývoju bionafty II. generácie.

1.3.3 Bionafta II. generácie

Zákonná úprava z roku 1995 umožnila uskutočňovať miešanie zmesí s MERO tak, aby obsah MERO bol minimálne 30 %. Tým sa zlepšili možnosti pre zdokonalenie vlastností pôvodného paliva. Vznikla tzv. bionafta II. generácie pozostávajúca z rôznych komponentov a ich vzájomných rôznych objemov. Bionafta je ekologické palivo pre vznetrové motory na báze min. 30 % methylesterov nenasýtených mastných kyselín rastlinného pôvodu (MERO). V konečnom produkte bionafty II. generácie je obsiahnuté min. 30% MERO a zostávajúci objem pozostáva z látok ropného charakteru, aditív a vysoko kvalitnej motorovej nafty. Aby bol a dosiahnutá kvalita bežnej motorovej nafty a pritom zabezpečená ekologická prevádzka a odbúrateľnosť min. 90% objemu do 21 dní, vyrába sa bionafta z prísne kontrolovaných ropných produktov a kvalitného MERA. Výsledkom je potom dosiahnutie parametrov porovnateľných s motorovou naftou a v niektorých oblastiach aj lepších. Toto nové palivo nemá žiadne známe vedľajšie účinky na motor a plne sa osvedčuje v najnáročnejších prevádzkových podmienkach (TKÁČ, Z. a kol.,2008).

Základnými parametrami, ktoré zaujímajú každého motoristu, sú vlastnosti bionafty vzhľadom k motoru a jeho výkonu. Bionafta II. generácie je zložená z takých komponentov, aby plne vyhovovala norme **STN EN 590**, t.j. norma pre klasickú motorovú naftu. V tabuľke 1.2 v pravej časti sú uvedené aktuálne parametre bionafty v porovnaní s normou **EN 590**. Bionafta je dostatočnou náhradou za motorovú naftu a dnes sa už vodiči nemusia obávať poškodenia motora, straty výkonu, alebo iných vedľajších účinkov. Len pri prechode na bionaftu je potrebné dodržať niektoré zásady, ktoré výrobca bionafty odporúča.

Tab. 1.2
Parametre bionafty

<i>Parameter</i>	<i>Namerané hodnoty</i>	<i>Norma</i>
Cetánové číslo	46,3	min 46
Filtrovateľnosť, °C	-27	max. 0
Viskozita pri 40°C, mm²s⁻¹	2,02	2,0-4,5
Bod tuhnutia, °C	-37	neuvádza
Bod vzplanutia, °C	65	min 44
Obsah MERO, % hm.	30,5	30-36
Hustota, kg.m³	836,6	820-860
Carbon. Zostatok, % obj.	0,06	max 0,3

1.3.4 Zloženie bionafty II. generácie

Metylester repkového oleja

Prvou základnou zložkou je metylester repkového oleja (RME, skratka MERO). U niektorých výrobcov existuje snaha túto zložku buď minimalizovať, alebo ju vylúčiť. Čím väčší je totiž podiel RME, tým sú väčšie problémy s oxidačnou stálosťou paliva („starnutím“), s tvorbou živíc a usadenín v palivovom systéme a ich usadzovaním na pevných a hlavne pohyblivých častiach motora. Motor stráca výkon a zväčšuje sa jeho prehrievanie pri plnom zaťažení, zvyšuje sa spotreba paliva (tzv. "repková únava" motora). Ďalšia nevýhoda je zvýšenie spotreby paliva v dôsledku nižšej výhrevnosti RME. Výhodou použitia RME je zvýšená mazacia schopnosť paliva a zníženie emisií hlavne SO₂, He, CO a pevných častíc (sadzí), rovnako je nižšia aj dymivosť. Najväčšou výhodou z hľadiska ekológie je 99 % odbúrateľnosť počas 21 dní podľa CEC/L33 - A95, (TKÁČ, Z. a kol.,2008).

Lahké a ťažké alkány

Predstavujú druhú hlavnú zložku, ktorá je biologicky odbúrateľná a má navyše výborné fyzikálno - chemické a palivárske vlastnosti. Znižuje produkciu emisií. Nevýhodou sú nevhodné mazacie vlastnosti, predovšetkým u ľahkých alkánov. Spotreba aj v ich prípade rastie, pretože majú malú mernú hmotnosť (hustotu).

Stredný bezsírny destilát

Tretia zložka prináša dostatočnú výhrevnosť, dobrú spotrebu aj výkon. Avšak odbúrateľnosť a emisie už nie sú zďaleka tak dobré. Dôvodom zníženia biologickej

odbúrateľnosti pod 90 % podľa CEC testu je pomerne veľký obsah aromatických uhlíkovodíkov (asi 35 % až 40 % objemu bezsírneho destilátu).

Alkoholy

Štvrtou možnou zložkou bionafty II. generácie môžu byť alkoholy, predovšetkým metanol a etanol. Alkoholy ľahko spĺňajú podmienky biologickej odbúrateľnosti podľa CEC testu. Navyše zlepšujú emisie motora, hlavne znižujú vplyvom vysokého výparného tepla množstvo NO_x . Zároveň zlepšujú chladové vlastnosti paliva.

K nevýhodám patrí nízka výhrevnosť, nízka merná hmotnosť, vplyvom ktorej klesá aj hmotnostné množstvo vstreknutého paliva, stúpa spotreba a klesá výkon motora. Okrem toho je cetanové číslo veľmi nízke, tým sa zvyšuje prieťah vznietenia a motor má tvrdý chod. Alkoholy majú aj nižšiu viskozitu a tým aj horšie mazacie vlastnosti.

1.3.5 Požiadavky na parametre bionafty II generácie (TKÁČ, Z. a kol.,2008)

Základné parametre bionafty môžeme posudzovať z troch hlavných hľadísk:

1. Hľadisko výrobcu paliva.

Parametre požadované normou sú:

- merná hmotnosť,
- viskozita,
- cetanové číslo,
- chladové vlastnosti,
- biologicky rozložiteľné časti podľa CEC testu počas 21 dní.

2. Hľadisko výrobcu motora.

Požadovanými parametrami s ohľadom na motor sú:

- výkon motora rovnocenný komerčnej motorovej naftě,
- krátky prieťah vznietenia,
- nižšie špičkové tlaky vo valci,
- priaznivejšie emisné parametre,
- dobrá výhrevnosť paliva,
- minimálne usadeniny na vstrekovacích dýzách,
- nízka karbonizácia motora,
- minimálne opotrebenie motora a palivového systému.

3. Hľadisko užívateľa paliva.

Parametre prevádzkyschopnosti paliva a jeho ekonómia:

- výkon motora. jeho zmeny,
- ekonómia paliva - spotreba, náklady na údržbu v porovnaní s bežnou naftou,
- cenové zvýhodnenie oproti bežnej nafte,
- jednoduché spúšťanie motora a dobrá prevádzka,
- nízkoteplotné vlastnosti, hlavne teplota **CFPP**,
- minimum bieleho dymu pri spúšťaní a čierneho pri plnom zaťažení, poprípade preťažení,
- biologická rozložiteľnosť podľa **CEC** testu, a tým možnosť prevádzky v ekologicky náročných oblastiach.

1.3.6 Výhody bionafty II. generácie (TKÁČ, Z. a kol.,2008)

1. má veľmi dobré mazacie schopnosti (je mastnejšia ako motorová nafta) a tým znižuje opotrebenie spaľovacieho motora a predlžuje životnosť vstrekovacích jednotiek. Mazacia schopnosť nafty je zvlášť dôležitá, pretože niektoré časti motora sú mazané priamo naftou a nie motorovým olejom, hlavne rotačné vstrekovacie čerpadla, kde sú všetky jeho pohyblivé časti mazané naftou,
2. bionafta nevyžaduje žiadne zvláštne podmienky pre uskladnenie. Je možné ju skladovať v rovnakých zásobníkoch ako motorovú naftu,
3. bionafta pri spaľovacom procese lepšie zhorí a tým výrazne znižuje dymenie naftového motora, síry, oxidu uhličitého, aromatických látok a uhlíkov, a
4. vďaka svojmu zloženiu je bionafta odbúrateľná do 21 dní a je teda vhodná okrem iného aj do prevádzok, kde hrozí kontaminácia pôdy pohonnými látkami, t.j. hlavne do poľnohospodárskej a lesnej výroby, pri prácach vo vodohospodárskych ochranných pásmach a pod.,
5. bionafta je považovaná za tzv. čistič - má schopnosť uvoľňovať uhlík a úspešne čistiť motor a celý palivový systém, a tým zabrániť zadreniu motora a zanášaniam palivových filtrov,
6. pri dlhšom používaní bionafty je zabezpečená v motore aj v palivovom systéme čistota, a tým aj dlhšia životnosť.

1.3.7 Nevýhody bionafty II. generácie (TKÁČ, Z. a kol.,2008)

1. pred prechodom na bionaftu je potrebné vyčistiť palivový systém od vody a usadenín a uskutočniť kontrolu motora. Náhly prechod na bionaftu bez prípravy by mohol

- uvoľnením nečistôt upchať filtre, v horšom prípade aj poškodiť motor,
2. u strojov s požadovaným vyšším výkonom je potrebné počítať so stratou na výkone motora max. do 2 % a so zvýšením spotreby max. do 3 %. Toto navýšenie je však minimálne vzhľadom k cene bionafty,
 3. bionafta, respektíve jej rastlinná časť je veľmi náchylná na vodu, preto je potrebné vyčistiť palivový systém od vody a pravidelne ho kontrolovať,
 4. pri skladovaní bionafty je potrebné zabezpečiť čistotu skladovacieho priestoru a chrániť bionaftu proti styku s vodou,
 5. bionaftu sa neodporúča príliš dlho skladovať, pretože by sa rastlinná časť mohla začať rozkladať.

2 Cieľ práce

Emisie vznikajúce pri práci vznetového spaľovacieho motora majú negatívny vplyv na životné prostredie a samozrejme aj na človeka. Pri kontrole emisného stavu vznetového motora je potrebné zisťovať jeho dymivosť. Keďže dymivosť motora je úzko spätá s jeho technickým životom, tak popri zabezpečovaní ekologickej bezpečnosti, je možné získať prehľad o technickom stave motora ako aj jeho komponentov relevantne vplývajúcich na jeho emisný stav.

Cieľom bakalárskej práce je realizovať merania emisného stavu vznetového motora s použitím motorovej nafty a bionafty ako nositeľov energie. Na základe navrhutej metódy budú uskutočnené komparačné merania na vybranej vzorke vznetových motoroch s cieľom overenia technického stavu vznetového motora v súlade s platnou legislatívou a zároveň meraniami zistiť rozdiel v hodnotách dymenia pri použití motorovej nafty a bionafty. Výsledky z meraní budú vhodnou formou spracované a následne vyhodnotené.

3 Metodika práce

Predložená bakalárska práca je svojim zameraním orientovaná na oblasť zisťovania emisného stavu vznetového motora. V práci budú podľa platnej metodiky sledované hodnoty dymenia vybraných druhov vozidiel, pričom ako zdroje nositeľa energie budú použité dve palivá. Prvé palivo bude motorová nafta, ktorá bude slúžiť jednak na overenie technického stavu palivového systému konkrétneho vozidla vybaveného vznetovým spaľovacím motorom a súčasne bude slúžiť aj ako porovnávací vzorka. Merania s motorovou naftou a následné spracovanie a vyhodnotenie údajov bude slúžiť ako etalón pri skúšaní ďalšieho paliva ktorým bude bionafta.

Ako porovnávacie parametre budú slúžiť hodnoty dymenia a rozptyl, ktorý predstavuje rozdiel medzi maximálnou a minimálnou vyhodnocovanou hodnotou súčiniteľa absorpcie.

Pre splnenie vytýčeného cieľa stanoveného pre danú bakalársku prácu budem postupovať podľa nasledovnej metodiky:

3.1 Popísať produkciu škodlivých emisií vznetového motora.

3.2 Popísať metódy merania emisií pevných častí.

3.3 Vybrať vhodné meracie prístroje a meradlá používané pre meranie opacity.

3.4 Popísať požiadavky kladené na meradlá.

3.5 Poukázať na metrologické požiadavky kladené na meradlá.

3.6 Realizácia merania emisného stavu na vybraných vozidlách.

4 Výsledky práce a diskusia

4.1 Produkcia škodlivých emisií vznetrového motora

Oxid uhoľnatý **CO** vzniká počas disociácie spalín do homogénnej časti zmesi v závislosti na prebytku vzduchu λ . Pri vysokých teplotách plameňa prebiehajú reakcie až takmer do dosiahnutia rovnovážneho stavu, počas expanzie pri zníženej teplote pod cca 1700 °C, reakcie zamrznú a konzervujú rovnovážny stav pre túto teplotu. Pri chudobných zmesiach zamrzajú väčšie objemy pomaly s relatívne nízkou teplotou plameňa, čo vedie k nárastu koncentrácie **CO** (nehomogénne rozloženie zmesi a taktiež kolísanie zloženia zmesi medzi jednotlivými cyklami). Vysoký podiel zložky **CO** je znakom napr. chybnej funkcie vstrekovacieho ventilu, alebo znečistenia vzduchového filtra.

Nespálené uhoľovodíky **HC** (C_xH_y), rovnako ako oxid uhoľnatý **CO**, vznikajú pri pôsobení nízkych teplôt plameňa a k nedokonalému spaľovaniu dochádza aj pri chudobnej zmesi ak spaľovanie neprebíha optimálne (chýba palivo). Plameň hasne v blízkosti chladných stien valca tam, kde zmes má malý objem voči teplotnému povrchu, hlavne v štrbinách piestnych krúžkov a pod. Podiel nespálených uhoľovodíkov **HC** sa zvyšuje vplyvom nespáleného mazacieho oleja prenikajúceho do spaľovacieho priestoru. Príčinou väčšieho množstva nespálených uhoľovodíkov **HC** býva často aj znečistenie vstrekovacích ventilov a netesnosť medzi piestom a valcom. Taktiež netesné odvetranie kľukovej skrine vedie k úniku emisií **HC** do atmosféry (hadicové prepojenie k saciemu potrubiu alebo vzduchovému filtru) (LENDÁK, 2007).

Produkcia pevných častíc (particulate matter – PM) a sadzí, tvoriacich tzv. „čierny dym“, je pre difúzny plameň typická, pokiaľ sa v ňom vyskytuje uhoľovodíkové palivo ohrievané bez kontaktu s kyslíkom nad dekompozičnou teplotou (krakovanie cca 300 °C). To nastáva vždy vo vnútri neodparených kvapiek, ale aj v parách paliva, pokiaľ sú dopravené bez vzduchu do vnútra kužeľa difúzneho plameňa (napr. po vstreku paliva). Reakcie tvorby pevných častíc sú zložité a pomalé, samotná koagulácia častíc vzniknutých postupným zlučovaním uhoľovodíkových radikálov obohatovaných uhlíkom pri rýchlej oxidácii vodíka neprebíha v homogénnom prostredí, ale na fázovom rozhraní. Súčasne to isté platí pre oxidáciu sadzí, ktorá nastane v zóne horenia plynnej fázy, a trvá aj ďalej (opäť reakcia na fázovom rozhraní), takže plameň sa rozšíri tým viac, čím sú častice sadzí väčšie. Výsledná koncentrácia sadzí vo výfukových plynoch je vždy podstatne menšia ako maximálna. Emitované pevné častice, sú veľmi ma-

lých rozmerov (μm). V ich zložení dominujú sadze tvoriace pevné uhlíkové **C** jadro a taktiež obsahujú popol z oleja a paliva a organickú rozpustnú časť kondenzovaných uhl'ovodíkov, predovšetkým polycyklických aromatických uhl'ovodíkov **PAH**. Pevné častice vznikajúce taktiež pri zvýšenom opotrebení motora, často nesú na povrchu kondenzované mutagény a karcinogény. Na živé organizmy pôsobia mechanickým dráždením a zosilňujú pôsobenie ďalších látok napr. **SO₂**. Mechanizmom tvorby oxidu uhličitého **CO₂** ako produktu dokonalo uskutočneného spaľovacieho procesu, oxidov dusíka **NO_x**, oxidu síričitého **SO₂** ako ani polycyklickými aromátmi **PAH**, sa v tomto článku nezaobráme z vyslovene pragmatických dôvodov.

Podiel jednotlivých škodlivín vo výfukových plynoch vznetrového motora sa zisťuje prostredníctvom infraanalyzátoru (**CO** a **CO₂**), chemiluminiscenčného analyzátoru (**NO_x**), plameňoionizačného detektora (**HC**) a opacimetra (**k**), (**LENDÁK, 2007**)

Zloženie výfukových plynov a podiel jednotlivých zložiek vznetrového motora je pomerne vyrovnaný. Počas technickej životnosti motora nedochádza k postupným zmenám v diferencii podielov jednotlivých zložiek pri všetkých režimoch práce motora. Zmena technického stavu motora vplývajúca na kvalitu prípravy zmesi, alebo na podmienky spaľovacieho procesu spôsobuje zvýšenie produkcie **CO** resp. **HC** čo sa na jednej strane prejaví poklesom efektívneho tlaku **p_e** a tým aj zlepšením podmienok pre zníženie obsahu oxidov dusíka **NO_x** ale na druhej strane zmena v teplotnej bilancii má vplyv na zvýšenie produkcie pevných častíc. Z toho je zrejmé, že zhoršenie technického stavu motora pri zachovaní dopravnej charakteristiky vstrekovacieho čerpadla sa prejaví poklesom krútiaceho momentu motora **M_k** pri zachovaní hodinovej spotreby paliva **M_p** a tým nárastu mernej spotreby paliva **m_{pe}**. Tento stav sa prejaví zmenou podielov jednotlivých škodlivín v emisii výfukových plynov a to, poklesom podielu **NO_x** a nárastom podielov **CO** a **HC** pri súčasnom náraste dymivosti motora **k**. Závislosť medzi kvalitou prípravy zmesi a technickým stavom motora na jednej strane a zvýšením podielu jednotlivých škodlivín a dymivosti vo výfukových plynach pri výraznej zmene technického stavu motora na strane druhej, má veľký diagnostický význam. Pretože meranie podielu jednotlivých plynných škodlivín **CO**, **HC** a **NO_x** vo výfukových plynach vznetrového motora je veľmi zložitá a technologicky aj ekonomicky náročná, a z predchádzajúceho je zrejmé, že nárastom dymivosti **k** motora dochádza aj k nárastu produkcie škodlivín **CO** a **HC**, ktorých meranie je v praxi obtiažne, je pre prax veľmi dôležité sledovať hodnotu emisie pevných častíc (dymivosť **k**),

meranie ktorých je v praxi oveľa rýchlejšie, technologicky a ekonomicky nenáročnejšie (LEŇÁK, 2007).

4.2 Metódy merania emisii pevných častí

4.2.1 Gravimetrická metóda merania emisie pevných častíc

Metóda merania emisie pevných častíc (dymivosti), podľa noriem SAE a predpisov EHK, gravimetrickou metódou, je založená na princípe váženia odfiltrovaných častíc, vzduchom zriedených výfukových plynov, pri plnoprietokovom odbere výfukových plynov, za podmienok definovaných predpisom EHK č.49. Meranie sa vykonáva podľa definovaného jazdného cyklu.

Opodstatnenosť využitia tejto metódy je najmä pre potreby homologizácie vozidlových motorov v špecializovaných skúšobniach a potreby určenia presnej hodnoty množstva emitovaných pevných častíc na jazdný cyklus, alebo pre potreby experimentu zameraného na zistenie absolútneho množstva emitovaných pevných častíc. Prednosťou tejto metódy je jej pomerne vysoká presnosť. Nevýhodou je veľká technologická náročnosť, vysoká prácnosť a nemožnosť mapovať dynamické javy v prechodových režimoch v závislosti na ostatných parametroch motora. Z uvedeného vyplýva, že tento princíp merania, nie je pre praktické využitie v diagnostike alebo pre kontrolu emisií (emisného stavu) vznetrového motora vhodný.

4.2.2 Metóda merania emisie pevných častíc meraním opacity

Metóda merania emisie pevných častíc meraním opacity je založená na princípe merania fyzikálnej vlastnosti plynného prostredia charakterizujúcej optickú pohltivosť plynného stĺpca definovanej dĺžky – opacity, ktorá je vyjadrená hodnotou súčiniteľa absorpcie. Opacita, meraná opacimetrom, je teda prevrátenou hodnotou transparentie (t.j. priehľadnosti). Hodnotu opacity (dymivosti) vyjadruje súčiniteľ absorpcie svetla k , ktorého stanovenie je definované predpisom EHK č. 24 v súlade s predpisom č. 49 (resp. smernicou EU č. 72/306 EHS) a vypočíta sa podľa vzorca:

$$\phi = \phi_0 \cdot e^{-kL} \quad (4.1)$$

kde: L je efektívna dĺžka dráhy svetelného lúča v meranom plyne, m ,

Φ_0 je dopadajúci svetelný tok,

Φ je svetelný tok vystupujúci z meraného plynu,

k je súčiniteľ absorpcie svetla, m^{-1}

Z uvedeného vyplýva, že súčiniteľ absorpcie k je logaritmickou funkciou pomeru svetelného toku, ktorý je prepustený výfukovými plynmi ku svetelnému toku, ktorý prepustí čistý vzduch.

$$k = -\frac{1}{L} \frac{\log \frac{\Phi}{\Phi_0}}{\log e}, \quad m^{-1} \quad (4.2)$$

Meraním opacity, definovaným v prílohe č. 5 predpisu **EHK 24**, sa teda rozumie meranie kvanta pohltienia svetla emitovaného definovaným zdrojom, stĺpcom výfukových plynov (optickou dráhou). Opacimeter použitý pre experimentálne účely musí byť zostrojený a jeho charakteristika musí byť v súlade s prílohou č. 8 predpisu **EHK č. 24**.

Stanovenie súčiniteľa absorpcie k pri meraní prepusteného toku svetla s lineárnou stupnicou, ktoré neumožňujú priame meranie opacity v m^{-1} , sa súčiniteľ absorpcie vypočítava podľa závislosti,

$$k = -\frac{1}{L} \log_e \left(1 - \frac{N}{100} \right), \quad m^{-1} \quad (4.3)$$

pričom N je hodnota odčítaná na lineárnej stupnici a L je účinná dĺžka dráhy svetelných lúčov meracej trubice.

Prednosťou tejto metódy merania emisie pevných častíc je jej rýchlosť, pomerne vysoká presnosť a predovšetkým nižšia technologická náročnosť. Využitie tejto metódy pre potreby experimentu ako aj praktické využitie, v súlade s predpisom **EHK 24**, je meranie opacity dvomi spôsobmi:

1. *meraním opacity počas ustáleného režimu pri plnom zaťažení (resp. pri ustálenom režime pri meraní otáčkovej charakteristiky);*
2. *meraním opacity pri voľnej akcelerácií.*

Merania opacity metódou voľnej akcelerácie je definované smernicou **EÚ č. 96/96/ES** pre meranie emisie pevných častíc slúžiaceho pre kontrolu emisného stavu vznetrového motora ako aj pre homologizačné skúšky motorov cestných motorových vozidiel. Podmienky merania stanovuje príloha IV smernice **č. 72/306/EHS**. Princípom merania je meranie opacity počas okamžitej akcelerácie z voľnobežných do maximálnych otáčok motora. Vplyvom rýchlej zmeny otáčok motora pôsobia vlastné zotrvačné hmoty rotačných častí motora proti smeru pohybu, čím vyvodzujú záťaž motora. Motor sa dostáva do oblasti preťaženia pri plnej dodávke paliva, čím sa dosahuje práca motora na hranici dymenia. Prednosťou tejto metódy merania je, že meranie je časovo nenáročné, pričom nameraná hodnota dymivosti zohľadňuje dynamické javy pri prechodovom režime, t.j. meria sa rela-

tívna hodnota dymivosti. Ďalšou prednosťou je, že pri meraní sa dosahuje hranice dymenia pri minimálnej hodnote zmiešavacieho pomeru λ_{\min} .

4.3 Prístroje a meradlá používané pre meranie opacity

Pre meranie opacity sa používajú opacimetre. Opacimeter je meradlo na meranie opacity a pracuje na princípe presvecovania stĺpca plynov viditeľným svetlom. Výstupnou jednotkou meranej opacity je súčiniteľ absorpcie k . Do zostavy meradla je zaradené meradlo teploty – teplomer a meradlo frekvencie otáčania kľukového hriadeľa - otáčkomer.

Všeobecné požiadavky na meradlá

Pracovné podmienky meradla:

1. *Teplota prostredia:* +5 °C až +40 °C (278 K až 313 K),
2. *Relatívna vlhkosť:* do 90 %,
3. *Atmosférický tlak:* 86 kPa až 106 kPa,
4. *Kolísanie sieťového napätia:* - 15 % až +10 % nominálneho napätia,
± 2 % nominálnej frekvencie.

1. **Meradlo musí plniť technické a metrologické požiadavky.** Svoje metrologické vlastnosti si musí udržiavať v časových intervaloch medzi jednotlivými metrologickými kontrolami pri používaní v pracovných podmienkach. Meradlo svojím konštrukčným vyhotovením a spôsobom obsluhy musí zodpovedať špecifickým prevádzkovým podmienkam pracoviska emisnej kontroly (zaťažiteľnosť, spoľahlivosť, opakovateľnosť).
2. **Meradlá je možné používať až po vykonaní metrologickej kontroly.** Meradlo musí byť metrologicky kontrolované spôsobilým subjektom v ustanovených intervaloch, podľa metrologických požiadaviek. Spôsobilý subjekt vydá certifikát o vykonanej metrologickej kontrole
3. **Záznamové zariadenie musí umožniť vyhotovenie tlačového záznamu merania všetkých relevantných údajov.**

4.4 Požiadavky na meradlá a zariadenia

1. **Opacimeter na hodnotenie dymivosti vznetového motora prostredníctvom merania súčiniteľa svetelnej absorpcie jeho výfukových plynov:**

- Musí byť vo vyhotovení na čiastočný odber vzorky výfukových plynov.

- Namerané hodnoty dymivosti musia byť interpretované v jednotkách m^{-1} .
- Súčasťou opacimetra musí byť záznamové zariadenie.
- Musí umožňovať meranie dymivosti aj v prípade, že konfigurácia motora neumožňuje meranie otáčok.
- Musí umožňovať vykonanie vnútornej kalibrácie, pomocou ktorej je ho možné v priebehu jeho používania nastavovať na hodnoty stanovené výrobcom. Časové intervaly pre toto nastavovanie musia byť stanovené výrobcom alebo vnútorná kalibrácia musí byť zabezpečená automaticky.
- Musí umožňovať obsluhu prerušenie skúšky v ktoromkoľvek bode počas skúšobného postupu a umožniť vytlačenie záznamu z merania s čiastkovými údajmi.

2. Teplomer na meranie teploty motora. Používa sa teplomer so sondou, ktorá umožňuje meranie teploty oleja otvorom na mierku množstva oleja v motore, alebo meranie teploty chladiacej kvapaliny. Teplomer môže byť interný ako súčasť opacimetra, alebo externý ako samostatné meradlo, pričom musí byť zabezpečený spoľahlivý prenos nameraných hodnôt do opacimetra.

3. Otáčkomer na meranie otáčok motora. Otáčkomer môže byť interný ako súčasť opacimetra, alebo externý ako samostatné meradlo, pričom musí byť zabezpečený spoľahlivý prenos nameraných hodnôt do opacimetra.

4.5 Metrologické požiadavky na meradlá

Základné metrologické požiadavky na meradlá sú uvedené v tabuľke 4.1.

Tab. 4.1
Základné metrologické požiadavky na meradlá

Meradlo	<i>Veličina meraná (získovaná) meradlom</i>	<i>Meracia jednotka</i>	<i>Minimálny merací rozsah</i>	<i>Maximálna hodnota dieliky</i>	<i>Najväčšia dovolená chyba meradla</i>	<i>Druh metrolog. kontroly</i>	<i>Periódna metrolog. kontroly</i>
Teplomer	teplota	°C	(0 až 100) °C	1 °C	± 2,5 °C		
Otáčkomer	otáčky	min ⁻¹	(0 až 6000) min ⁻¹	do 1000 min ⁻¹ 10 min ⁻¹ nad 1000 min ⁻¹ 20 min ⁻¹	do 1000 min ⁻¹ ± 25 min ⁻¹ nad 1000 min ⁻¹ ± 150 min ⁻¹		1 rok
Dymomer	Súčiniteľ absorpcie	m ⁻¹	(0 až 9,99) m ⁻¹	0,01 m ⁻¹	do 2,5 m ⁻¹ ± 0,25 m ⁻¹ nad 2,5 m ⁻¹ ± 0,40 m ⁻¹	kalibrácia	

Podľa, smernice **96/96/ES** a platnej legislatívy v SR ako aj podľa zistení získaných počas experimentu je nutné aby počas merania voľnou akceleráciou po nakondicionovaní motora nedošlo pri meraní k neprimeranému rozptylu hodnoty dymivosti, pričom maximálna dovolená hodnota rozptylu dymivosti je $0,5 \text{ m}^{-1}$.

Pretože nameraná hodnota dymivosti je závislá od dynamických javov počas akcelerácie nie je technicky možné dosiahnuť pri opakovaní merania zhodnú dymivosť, pričom veľkosť rozptylu pri tepelne stabilizovanom motore a po vykonaní preplachových akcelerácií je do výraznej miery závislá aj od technického stavu motora.

Výpočet priemernej hodnoty (**HRUBEC, 2001**):

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N x_i, \quad \text{m}^{-1} \quad (4.4)$$

kde: N – rozsah súboru, ks

i – označenie jednotky súboru ($i = 1, 2, \dots, N$),

x_i – hodnota premennej X i -tej jednotky, m^{-1} .

Výpočet rozsahu hodnôt dymivosti (**HRUBEC, 2001**):

$$V_R = x_{\max} - x_{\min}, \quad \text{m}^{-1} \quad (4.5)$$

kde: x_{\max} – maximálna hodnota dymivosti v súbore, m^{-1}

x_{\min} – minimálna hodnota dymivosti v súbore, m^{-1}

4.6 Meranie emisného stavu vznetového motora

4.6.1 Použité meracie prístroje

Pri meraní v mojej bakalárskej práci som použil meracie prístroje uvedené v tabuľke 4.2.

Tab. 4.2
Meracie prístroje použité pri meraní

Druh meradla	Typ meradla	Softvérová verzia
Dymomer	AVL DiSmoke 4000	4000SK-2.2
	AVL DiCom 4000	
Otáčkomer	AVL DiSmoke 4000	
Teplomer	AVL DiCom 4000	
Doplňkový otáčkomer	AVL DiSpeed 492	



Obr. 4.1

Merací prístroj AVL Diagnostic 4000

4.6.2 Výber a definovanie automobilov

Prvým krokom bolo vybrať automobily na ktorých bude realizované meranie emisného stavu s motorovou naftou a následne s bionaftou. Pre meranie som vybral dva osobné automobily a jeden nákladný automobil.

Konkrétne sa jednalo nasledovné automobily:

- ŠKODA OCTAVIA
- VOLKSWAGEN GOLF II
- IVECO DAILY



Obr. 4.2

Automobily ŠKODA OCTAVIA, VOLKSWAGEN GOLF II, IVECO DAILY

4.6.3 Meranie emisného stavu automobilu ŠKODA OCTAVIA

Prvým krokom bolo uskutočniť emisné meranie s použitím motorovej nafty ako nositeľa energie. Následne bolo realizované meranie emisného stavu s použitím binafty ako nositeľa energie. Pri meraní binafty som použil kanister s binaftou, čím sa celé meranie značne urýchlilo nakoľko nebolo potrebné preplachovanie palivovej sústavy automobilu.

Charakteristika vozidla:

Typ paliva:	D
Emisný systém:	NKAT
Kategória:	M1
Druh vozidla:	osobné
Značka vozidla:	ŠKODA
Obchodný názov vozidla:	OCTAVIA
Typ motora:	AGR
Špecifikácia motora:	66/4000/0,7
Dymenie:	0,7 m ⁻¹ - korigovaný súčiniteľ
Rozptyl:	0,5

Podmienky pri meraní:

Teplota motora:	80 °C
Voľnobežné otáčky:	775 - 1050 min ⁻¹
Maximálne otáčky:	4000 - 5350 min ⁻¹



Obr. 4.3

Meranie emisného stavu automobilu ŠKODA OCTAVIA

Namerané hodnoty:

Pri použití motorovej nafty bola stredná aritmetická hodnota dymivosti $k = 0,44 \text{ m}^{-1}$, a maximálne otáčky 4790 min^{-1}

Rozptyl : $V_r = 0,43$

Pri použití bionafty bola stredná aritmetická hodnota dymivosti $k = 0,23 \text{ m}^{-1}$, a maximálne otáčky 4810 min^{-1}

Rozptyl : $V_r = 0,41$

Pri meraní vozidla metódou voľnej akcelerácie boli uskutočnené tri po sebe opakujúce sa merania. Po skúške s motorovou naftou bola zistená hodnota dymenia $k=0,44 \text{ m}^{-1}$ čo je hodnota približne o 37,2% nižšia ako udáva predpis. Ďalší parameter, ktorý predpisuje výrobca je rozptyl. Hodnota rozptylu by nemala po troch opakujúcich sa merania presiahnuť číselný údaj 0,5. V tomto prípade bola hodnota rozptylu po troch meraniach 0,43, čo predstavuje hodnotu o 14% nižšiu ako udáva výrobca

Možno teda konštatovať, že vozidlo ŠKODA OCTAVIA, konkrétne jeho palivová sústava sú v dobrom technickom stave.

Po tomto zistení bolo realizované meranie s bionaftou s nasledovným výsledkom.

Pri meraní dymenia voľnou akceleráciu bola zistená hodnota $k=0,23 \text{ m}^{-1}$ čo je hodnota približne o 67,1% nižšia oproti predpísanej hodnote. Opäť ako v predchádzajúcom prípade aj pri meraní s bionaftou je dôležitý ukazovateľ rozptyl. Po troch po sebe nasledujúcich merania bola vypočítaná hodnota rozptylu 0,41, čo predstavuje hodnotu o 18% nižšiu ako udáva výrobcu pre vyššie uvedené vozidlo.

Ak by sme vzájomne porovnali hodnoty dymenia medzi motorovou naftou a bionaftou vyšlo by nám, že hodnota dymenia pri práci spaľovacieho motora s bionaftou je približne o 47,7% menšia ako pri práci spaľovacieho motora so štandardnou motorovou naftou.

4.6.4 Meranie emisného stavu automobilu VOLKSWAGEN GOLF II

Charakteristika vozidla:

Typ paliva:	D
Emisný systém:	BKAT
Kategória:	M1
Druh vozidla:	osobné

Značka vozidla: VOLKSWAGEN
Obchodný názov vozidla: GOLF II
Typ motora: JP
Špecifikácia motora: 40/4800
Dymenie: $2,0 \text{ m}^{-1}$ - korigovaný súčiniteľ
Rozptyl: 0,5

Podmienky pri meraní:

Teplota motora: $80 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Voľnobežné otáčky: $800 - 1000 \text{ min}^{-1}$
Maximálne otáčky: $4800 - 5550 \text{ min}^{-1}$



Obr. 4.4

Meranie emisného stavu automobilu VOLKSWAGEN GOLF II

Namerané hodnoty:

Pri použití motorovej nafty bola stredná aritmetická hodnota dymivosti $k = 1,36 \text{ m}^{-1}$, a maximálne otáčky 5230 min^{-1}

Rozptyl : $V_r=0,47$

Pri použití bionafty bola stredná aritmetická hodnota dymivosti $k = 1,26 \text{ m}^{-1}$, a maximálne otáčky 5190 min^{-1}

Rozptyl : $V_r=0,41$

Pri meraní vozidla metódou voľnej akcelerácie boli tak ako v predchádzajúcom meraní uskutočnené tri po sebe opakujúce sa merania v súlade s platnou metodikou. Po skúške s motorovou naftou bola zistená hodnota dymenia $k=1,36 \text{ m}^{-1}$ čo je hodnota

približne o 32% nižšia ako udáva predpis. Ďalší parameter , ktorý predpisuje výrobca je rozptyl. Hodnota rozptylu by nemala po troch opakujúcich sa merania presiahnuť číselný údaj 0,5. V tomto prípade bola hodnota rozptylu po troch meraniach 0,47, čo predstavuje hodnotu o 6% nižšiu ako udáva výrobca

Možno teda konštatovať, že uvedené vozidlo VOLKSWAGEN GOLF II, konkrétne jeho palivová sústava sú v dobrom technickom stave.

Po tomto zistení bolo realizované meranie s bionaftou s nasledovným výsledkom.

Pri meraní dymenia voľnou akceleráciou bola zistená hodnota $k=1,26\text{m}^{-1}$ čo je hodnota približne o 37% nižšia oproti predpísanej hodnote. Opäť ako v predchádzajúcom prípade aj pri meraní s bionaftou je dôležitý ukazovateľ rozptyl. Po troch po sebe nasledujúcich meraniach bola vypočítaná hodnota rozptylu 0,41, čo predstavuje hodnotu o 18% nižšiu ako udáva výrobcu pre vyššie uvedené vozidlo.

Ak by sme vzájomne porovnali hodnoty dymenia medzi motorovou naftou a bionaftou vyšlo by nám, že hodnota dymenia pri práci spaľovacieho motora s bionaftou je približne o 7,35% menšia ako pri práci spaľovacieho motora so štandardnou motorovou naftou.

4.6.5 Meranie emisného stavu automobilu IVECO DAILY

Emisné meranie nákladného automobilu IVECO DAILY prebiehalo podľa rovnakej metodiky ako u osobných automobilov.

Charakteristika vozidla:

Typ paliva:	D
Emisný systém:	BKAT
Kategória:	N1
Druh vozidla:	Nákladné vozidlo
Značka vozidla:	IVECO
Obchodný názov vozidla:	DAILY
Typ motora:	8140.43
Špecifikácia motora:	90/3600
Dymenie:	$1,15\text{ m}^{-1}$ - korigovaný súčiniteľ
Rozptyl:	0,5

Podmienky pri meraní:

Teplota motora:	80 °C
Voľnobežné otáčky:	650 - 850 min ⁻¹
Maximálne otáčky:	3600 - 4400 min ⁻¹

**Obr. 4.5****Meranie emisného stavu automobilu IVECO DAILY****Namerané hodnoty:**

Pri použití motorovej nafty bola stredná aritmetická hodnota dymivosti $k = 1,14 \text{ m}^{-1}$, a maximálne otáčky 3850 min^{-1}

Rozptyl : $V_r = 0,48$

Pri použití bionafty bola stredná aritmetická hodnota dymivosti $k = 0,93 \text{ m}^{-1}$, a maximálne otáčky 3870 min^{-1}

Rozptyl : $V_r = 0,39$

Pri meraní vozidla metódou voľnej akcelerácie boli aj pre posledné vozidlo uskutočnené tri po sebe opakujúce sa merania v súlade s platnou metodikou. Po skúške s motorovou naftou bola zistená hodnota dymenia $k=1,14 \text{ m}^{-1}$ čo je hodnota približne o 0,86% nižšia ako udáva predpis. Ďalší parameter, ktorý predpisuje výrobca je rozptyl. Hodnota rozptylu by nemala po troch opakujúcich sa meraniach presiahnuť číselný údaj 0,5. V tomto prípade bola hodnota rozptylu po troch meraniach 0,48, čo predstavuje hodnotu o 4% nižšiu ako udáva výrobca

Možno teda konštatovať, že uvedené vozidlo IVECO DAILY, konkrétne jeho palivová sústava sú v dobrom technickom stave.

Po tomto zistení bolo realizované meranie s bionaftou s nasledovným výsledkom.

Pri meraní dymenia voľnou akceleráciu bola zistená hodnota $k=0,93m^{-1}$ čo je hodnota približne o 19,1% nižšia oproti predpísanej hodnote. Opäť ako v predchádzajúcom prípade aj pri meraní s bionaftou je dôležitý ukazovateľ rozptyl. Po troch po sebe nasledujúcich merania bola vypočítaná hodnota rozptylu 0,39, čo predstavuje hodnotu o 18% nižšiu ako udáva výrobcu pre vyššie uvedené vozidlo.

Ak by sme vzájomne porovnali hodnoty dymenia medzi motorovou naftou a bionaftou vyšlo by nám, že hodnota dymenia pri práci spaľovacieho motora s bionaftou je o 22% menšia ako pri práci spaľovacieho motora so štandardnou motorovou naftou.

Postup výkonu emisnej kontroly je stanovený metodickým pokynom ministerstva dopravy pôšt a telekomunikácií. Tento prostriedok ochrany spoločnosti pred neprimeraným znečistením životného prostredia sa vykonáva v periodicite 12 mesiacov čo v spojení s optimálnou metódou merania zabezpečuje dostatočnú výpovednú hodnotu merania preukazujúcu aktuálny technický stav vznetrového motora.

Pre optimálne, rýchle a ekonomicky nenáročné posúdenie emisného stavu je najvhodnejšie použiť metódu voľnej akcelerácie s čiastočným odberom vzorky z výfukového potrubia. Výhody použitia tejto metódy spočívajú v jej jednoduchosti, ľahkosti odberu vzoriek, univerzálnosti použitia pre všetky typy vznetrových motorov a vstrekovacích systémov motorov.

5 Záver

Najvhodnejšou metódou pre posúdenie emisného stavu vznetového motora v praxi je použitie metódy voľnej akcelerácie. Táto metóda je založená na čiastočnom odbere vzoriek výfukových plynov z výfukového potrubia traktora, ktoré sú následne vyhodnocované v meracej komore dymomeru. Pri vyhodnocovaní je odobratá vzorka výfukových plynov presvecovaná svetlom a rozdiel medzi pohltivosťou svetla okolitým vzduchom pri kalibrácii dymomeru pred meraním a v meranej vzorke predstavuje dymivosť motora. Tento jednoduchý spôsob merania a vyhodnocovania dymivosti umožňuje jasne, rýchlo a jednoznačne posúdiť emisný stav vznetového motora bez jeho zbytočného zaťažovania, alebo rozsiahleho demontážneho zásahu. Metóda voľnej akcelerácie spočíva v okamžitej akcelerácii z voľnobežných do maximálnych otáčok motora pri maximálnej dodávke paliva, ktorá je zabezpečená rýchlym a nenásilným stlačením pedálu akcelerátora. Dodatočné zaťaženie motora pre analýzu jeho dymivosti je vytvorené vlastnými zotrvačnými silami motora a vstupného hriadeľa prevodovky. Aplikácia metódy voľnej akcelerácie nevyžaduje takmer žiadne náročné chemické meracie zariadenia, alebo vybavenie.

Pre vykonanie merania postačuje opacimeter a prenosný počítač, merače teploty oleja v motore a snímače otáčok motora. Táto nenáročnosť na meracie zariadenia umožňuje vytvorenie mobilných pracovísk emisných kontrol určených pre vznetové motory a celý systém plne automatizovať. Spôsob vyhodnocovania nameraných výsledkov spočíval v nameraní dymivosti troch po sebe nasledujúcich voľných akceleráciách, a ako referenčná hodnota by sa považovala hodnota ich aritmetického priemeru. Hodnota dymivosti však neposkytuje dostatočný obraz o emisnom stave vznetového motora. Preto je nutné namerané hodnoty dymivosti vyhodnocovať aj z hľadiska ich rozptylu. Maximálny rozptyl bol stanovený na hodnotu $0,5 \text{ m}^{-1}$ preto, lebo rozsah prekračujúci túto hodnotu svedčí o poškodení vstrekovacieho systému, alebo o nepripravení motora pre meranie. Použitie metódy voľnej akcelerácie je univerzálne pre rôzne spôsoby vstrekovania paliva do motorov a rôzne konštrukcie vznetových motorov.

V bakalárskej práci boli uskutočnené emisné merania na vozidlách so vznetovým motorom pri použití motorovej nafty a následne aj bionafty. Merania boli realizované na automobiloch ŠKODA OCTAVIA, VOLKSWAGEN GOLF II a IVECO DAILY s cieľom porovnať hodnoty dymenia s vyššie uvedenými palivami. Z meraní vyplynulo, že pri použití bionafty došlo poklesu dymenia v rozsahu od 7,35% do 47,7%

v porovnaní s motorovou naftou. Najmenší rozdiel v dymivosti medzi vyššie uvedenými palivami bol zaznamenaný u vozidla VOLKSWAGEN GOLF II, a najväčší u vozidla ŠKODA OCTAVIA. Merania okrem iného preukázali, že palivová sústava u všetkých meraných vozidiel bola v dobrom technickom stave a teda možno konštatovať, že sú spôsobilé na prevádzku po pozemných komunikáciách.

Bionafta je už bežne používaná v nákladných, ale ja v osobných automobiloch a podľa ohlasov niektorých užívateľov u vozidiel osobných a nákladných s nižším výkonom nie je poznať rozdiel, u vozidiel s požadovaným vysokým výkonom dochádza k poklesu výkonu max. do 8 %. Spotreba paliva sa opäť pohybuje podľa výkonu motora a to zvýšením o 0 - 3 % max.

6 Použitá literatúra

1. **BEROUN, S.:** Vozidlové motory. <http://www.ksd.tul.cz/studenti/skripta.htm>
2. **HLAVŇA, V.** a kol. 2000. Dopravný prostriedok – jeho motor. Žilina: Žilinská univerzita, 2000, 442 s. ISBN 80-7100-665-3
3. **HRUBEC, J.** 2001. *Riadenie kvality*. Nitra: SPU Nitra, 2001, 203s. ISBN 80-7137-849-6.
4. **PODOLÁK, A.- LENDÁK, P.:** Motorové vozidlá I. Spaľovacie motory. Vydavateľstvo SPU, Nitra 2003, ISBN 80 - 8069 - 212 – 6
5. **SLOBODA, A. - BUGÁR, T. - TOMKOVÁ, M. - SLOBODA, A. ml. - PILA, J.:** Konštrukcia automobilov I. (motory), Teória, konštrukcia, riziká. Technická univerzita Košice 2004, Strojnícka fakulta. ISBN 80 - 88922 - 83 - 6, EAN 9788088922834.
6. **TKÁČ, Z., GADUŠ, J., JABLONICKÝ, J., ABRAHÁM, R., BOHÁT, M.:** Alternatívne palivá pre motory, SPU v Nitre, 2008
7. **TRNKA, J. – URBAN, J.** 1992. Spaľovacie motory. Bratislava: Alfa, 1992, 568 s. ISBN 80-05-01081-8
8. **LENDÁK, P. - ŠVEC, J. - JABLONICKÝ, J.:** Komparácia metód merania emisií pevných častíc z aspektu sledovania emisného stavu vznetrového motora poľnohospodárskeho traktora v prevádzke. In *Nové trendy v konštrukcii a eksploatacie vozidiel "VOZIDLÁ 2007"* : medzinárodná vedecká konferencia - Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2007. ISBN 978-80-8069-942-0, s. 124- 135.
9. **LENDÁK, P. a kol.** 2007. Application of measurement methods of solid particle emission of diesel engine and their mutual comparison. In: *Actatechnologica agriculturae*, vol. 9, no. 2, ISSN 1335 – 2555.
10. **PETRÁS, Z. - RŮŽIČKA, A.:** Měření emisí. Vydavatel Robert Bosch odbytová s.r.o., 1 vydání, 1997.
11. **VLK, F.:** Vozidlové spalovací motory. Nakladatelství a vydavatelství VLK, 1 vydání, Brno, 2003. ISBN 80 - 238 - 8756 - 4.
12. **VLK, F.** 2001. Zkoušení a diagnostika motorových vozidel. Brno: František Vlk, 2001. ISBN 80-238-6573-0
13. **ŽIKLA, A. - DRABANT, Š. - TKÁČ, Z. - GZRINA, M.:** Alternative Fuels in Slovakia. *Traktors and power machines*, Vol. 11, No. 2, Novi Sad, 2006. ISSN 0354 - 9496.

14. **S-EKA. 2002.** Základné školenie odborne spôsobilých osôb. Učebné texty. Nitra: S-EKA, 2002, 95 s.
15. **72/306/EHS: 1972:** Smernica rady z 2. augusta 1972 o aproximácii právnych predpisov členských štátov vo vzťahu k opatreniam, ktoré sa majú prijať proti emisiám znečisťujúcich látok z dieselových motorov vozidiel.
16. **96/96/ES: 1996:** Smernica rady 96/96/ES z 20 decembra 1996 o aproximácii právnych predpisov členských štátov o kontrole technického stavu motorových vozidiel a ich prípojných vozidiel.
17. **2003/26/ES: 2003:** Smernica rady a komisie 2003/26/ES z 3. apríla 2003, ktorou sa prispôsobuje technickému pokroku smernica Európskeho parlamentu a Rady 2000/30/ES z hľadiska obmedzovačov rýchlosti a výfukových emisií úžitkových vozidiel.
18. http://www.autonaolej.estranky.cz/stranka/rastlinne-oleje-_bionafta_
19. <http://www.seka.sk/>

Príloha

Príloha A: CD nosič s nahratou bakalárskou prácou vo formátoch RTF a PDF