

ANALÝZA ŠKODLIVÝCH EMISÍ VZNĚTOVÉHO MOTORU PŘI PROVOZU NA ROSTLINNÝ OLEJ

¹HROMÁDKO J., ¹HÖNIG V., ²HROMÁDKO J., ¹MILER P., ¹KRUPÍČKA J.

1. Technická fakulta, Česká zemědělská univerzita v Praze, janhromadko@tf.czu.cz

2. Ministerstvo životního prostředí, Praha

Doprava se stává jedním z hlavních znečišťovatelů ovzduší. V evropské unii je dopravní sektor druhým největším producentem skleníkových plynů po energetice. V České republice je na třetím místě za energetikou a průmyslem. Klíčem ke snížení produkce skleníkových plynů je zlepšení účinnosti spalování paliva ve vozidlech spolu s výrazným zvýšením využíváním alternativních paliv, zejména biopaliv [1].

Prvním opatřením Evropské unie vedoucím k podpoře využití biopaliv v dopravě bylo v roce 2003 přijetí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2003/30/ES, o podpoře využívání biopaliv nebo jiných obnovitelných paliv v dopravě. Tato směrnice zavazuje jednotlivé členské státy přimíchávat určité množství biopaliv do motorových fosilních paliv. Referenční hodnota přimíchávaných biopaliv činí 2 % a je vypočítána na základě energetického obsahu celkového množství benzínu a nafty pro dopravní účely prodávaného na trzích do 31. prosince 2005. Do 31. prosince 2010 se referenční hodnota pro tyto cíle zvyšuje na 5,75 % [2].

V lednu 2008 představila Komise nový návrh směrnice Evropského parlamentu a Rady o podpoře energie z obnovitelných zdrojů. Cílem návrhu směrnice je zavést celkový závazný cíl 20 % podílu obnovitelných zdrojů na celkové spotřebě energie a závazný 10 % minimální cíl pro podíl biopaliv v dopravním sektoru pro všechny členské státy (3).

Biopaliva dokáží snížit produkci skleníkových plynů ve srovnání s fosilními palivy. Během procesu spalování uvolní do ovzduší stejné množství CO₂, které během růstu spotřebovaly rostliny, z kterých se biopaliva vyrábějí. Problematická je ovšem výroba samotných biopaliv, která je energeticky náročná, a snižuje tak ekologický přínos biopaliv. Z pohledu výroby biopaliv je energeticky nejméně náročné přímé využití rostlinného oleje, to však z důvodu rozdílnosti parametrů rostlinných olejů od motorové nafty (viz tab. 1) nenachází větší uplatnění.

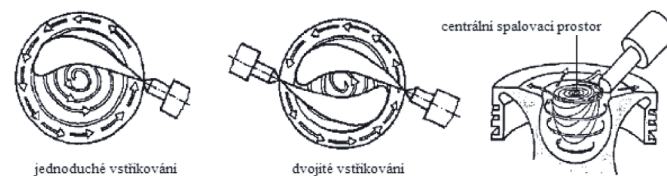
Tab. 1 – Fyzikální vlastnosti rostlinných olejů ve srovnání s motorovou naftou [4]

| Parametr | měrná hmotnost | bod vzplnutí | bod tuhnutí (zákalu) | kinematická viskozita (20 °C) | spalné teplo | |
|----------------|----------------|--------------|----------------------|-------------------------------|--------------|--------------------|
| | | | | | | g.cm ⁻³ |
| Olej | řepkový | 0,920 | 317 | 0 až -2 | 97,7 | 40,56 |
| | slunečnicový | 0,927 | 316 | -16 až -18 | 65,8 | 39,81 |
| | lněný | 0,935 | - | -18 až -27 | 51 | 39,81 |
| | sójový | 0,934 | 330 | -8 až -18 | 63,5 | 39,73 |
| | podzemnicový | 0,925 | 333 | -2 až -3 | 84,3 | 39,99 |
| Motorová nafta | 0,855 | > 55 | 0 až -2 | 3 až 8 | 45,02 | |

Čistý rostlinný olej se v současné době v dopravě používá jen minimálně, a to ve speciálních motorech. Dnes už existuje řada firem, nejen v Německu ale také i u nás, které nabízejí možnost přestavby vozidla na spalování čistého rostlinného oleje (v našich podmínkách převážně řepkového oleje). Jedná se většinou o dvoupalivové systémy, používající na „rozběh“ a „doběh“ motoru klasickou motorovou naftu, případně lze čisté rostlinné oleje spalovat přímo, a to ve speciálním Elsbettově duotermickém motoru.

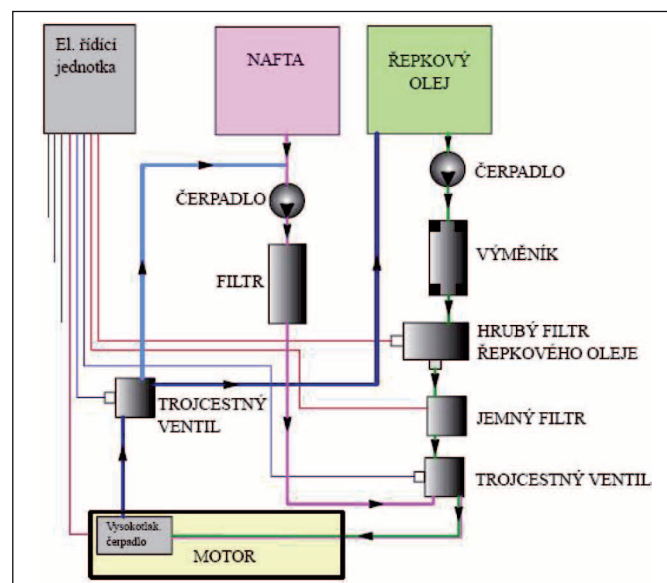
Elsbethův duotermický motor je motor chlazený pouze motorovým olejem, jeho píst má korunu vytvořenou z litiny. V litinovém dně pístu je vytvořena kulová spalovací komora, jejíž stěna dosahuje teploty 550 až 650 °C, což zabezpečuje odpaření kapiček vstříknutého oleje. Palivo je tangenciálně vstříkováno do rozvířeného vzduchu jednou nebo dvěma tryskami. Princip duotermického motoru je znázorněn na obr. 1.

Obr. 1 – Princip duotermického motoru Elsbett



U dvoupalivového systému je vozidlo vybaveno dvěma oddělenými nádržemi, jednou na motorovou naftu a druhou na rostlinný olej. Pokud řidič zvolí přepínačem provoz motoru na rostlinný olej, výměník tepla (chladicí kapalina–rostlinný olej) ohřívá olej přiváděný z nádrže. Při startu je olej u některých systémů ohříván také elektrickým topným tělesem. Po dosažení teploty 60 °C elektronická jednotka přepne trojcestné ventily tak, aby do vysokotlakého čerpadla byl přiveden olej. Druhý trojcestný ventil propojí přepad z čerpadla s příslušnou nádrží. Přibližně minutu před zastavením motoru, řidič musí přepnout přepínač na provoz na naftu, aby došlo k naplnění nízké i vysokotlaké části palivového systému naftou. Schéma dvoupalivového systému je znázorněno na obr. 2.

Obr. 2 – Schéma dvoupalivového systému

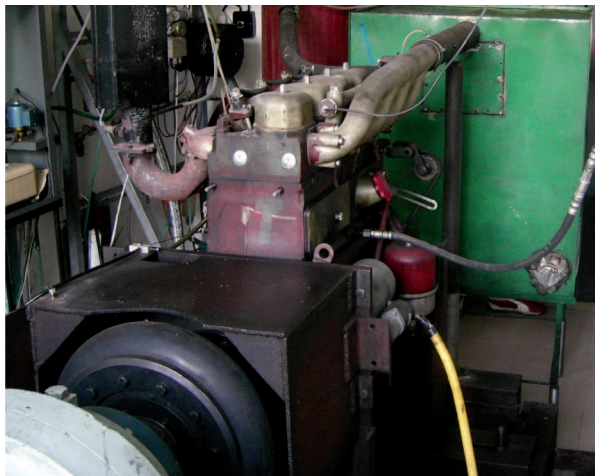


Obdobný dvoupalivový systém využívající ohřev rostlinného oleje byl testován na Katedře vozidel a pozemní dopravy s cílem objektivně posoudit změnu produkce škodlivých emisí při provozu na rostlinný olej a na motorovou naftu.

Materiál a metody

Měření bylo provedeno na zkušebním motorovém stanovišti Katedry vozidel a pozemní dopravy. Zkoušeným motorem byl traktorový motor Zetor 7701, jehož základní parametry jsou uvedeny v tab. 2. K měření emisí CO, HC a CO₂ byl použit analyzátor Infracal 4000, který ke zjištění koncentrací emisí používá nedisperzní infračervenou metodu (NDIR = Non Dispersive Infrared). Emise NOx byly měřeny analyzátozem Uras 2T, kouřivost byla měřena přístrojem Hartridge. Zatěžovací moment motoru byl nastavován vířivým dynamometrem VD 250. Obr. 3 znázorňuje umístění motoru na zkušebním stanovišti.

Obr. 3 – Traktorový motor Zetor 7701 na zkušebním stanovišti



Tab. 2 – Parametry měřeného motoru

| | |
|-------------------------|----------------------|
| Typ motoru | Z 7701 |
| Maximální výkon | 55 kW |
| Maximální točivý moment | 280 Nm |
| Počet válců | 4 |
| Vrtání | 102 mm |
| Zdvih | 120 mm |
| Kompresní poměr | 17 |
| Jmenovité otáčky | 2200 ot/min |
| Předvstřík paliva | 25° před HÚ |
| Vstříkovací tlak | 18,7 ± 0,1 MPa |
| Vstříkovací čerpadlo | PP 4 M 3137 S 0164 |
| Výkonostní regulátor | RV M 900 1100 3300 |
| Vstříkovací trysky | DOP 160 S 430 – 1436 |

V prvním kroku byla jako palivo použita motorová nafta. Pro čtyři otáčkové režimy 1000, 1330, 1660 a 2000 min⁻¹ byly naměřeny čtyři zatěžovací body vždy rovnoměrně rozložené od minimálního zatížení dané ztrátovým momentem brzdy až po maximální moment motoru. V těchto jednotlivých bodech byla měřena spotřeba paliva a produkce jednotlivých složek škodlivých emisí. V druhém kroku bylo jako palivo použito rostlinného oleje ohřátého na teplotu 80 °C. Postup měření i rozložení měřených bodů zůstalo stejné.

Vyhodnocení

K vyhodnocení objektivního rozdílu ve spotřebě paliva a v produkci emisí byl použit speciální výpočtový program vyvinutý na Katedře vozidel a pozemní dopravy. Program je schopný simulovat jak jízdní, tak motorové cykly sloužící k homologaci vozidel, respektive motorů z hlediska produkce emisí. Jelikož se jedná o traktorový motor, byl použit motorový cyklus NRTC – Non Road Transiente Cycle, který je určený pro nesilniční vozidla, zejména traktorové motory.

Algoritmus programu je následující. Nejdříve je z měřených bodů sestrojena spojitá závislost měřené veličiny (spotřeba paliva, re-

spektive produkce jednotlivých složek emisí) na otáčkách a točivém momentu motoru. Dále je jízdní nebo motorový cyklus převeden na otáčky a točivý moment motoru. K průběhu otáček a točivého momentu motoru je pak následně stanovena okamžitá a kumulovaná spotřeba paliva, respektive produkce jednotlivých složek emisí.

Výsledkem celé simulace je jedna hodnota průměrné měrné spotřeby paliva a průměrných měrných produkcí jednotlivých složek emisí. Průměrné měrné hodnoty jsou nejlepším ukazatelem ekonomické a ekologické zátěže způsobené provozem motorového vozidla, tyto hodnoty lze také mezi sebou snadno porovnávat.

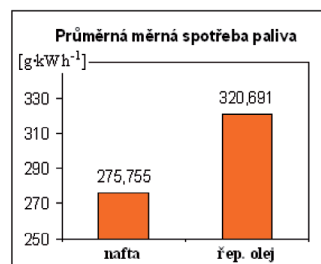
Podrobný postup stanovení průměrných měrných emisí v NRTC cyklu přesahuje rozsah článku a ani nesouvisí se zaměřením tohoto časopisu. Z tohoto důvodu jsou už dále uvedeny jen výsledné hodnoty. Případný podrobný popis aplikace NRTC cyklu je podrobně popsán v literaturách 5 a 6.

Výsledné hodnoty spotřeby paliva a produkce jednotlivých složek emisí při provozu na motorovou naftu a rostlinný olej jsou znázorněny v tab. 3. V tabulce jsou znázorněny jak kumulované výsledky za celý cyklus, který trvá 1237 sekund, tak i průměrné měrné hodnoty spotřeby paliva a produkce jednotlivých složek emisí. Průměrné měrné hodnoty jsou ještě přehledně znázorněny na obr. 4 až 9.

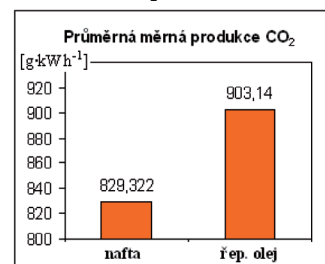
Tab. 3 – Výsledné hodnoty spotřeby paliva a produkce emisí během NRTC cyklu

| | nafta | řepkový olej |
|---|---------|--------------|
| Spotřeba paliva na cyklus [kg] | 1,779 | 2,007 |
| Průměrná měrná spotřeba paliva [g·kWh ⁻¹] | 275,755 | 320,691 |
| Produkce emisí CO ₂ na cyklus [kg] | 5,411 | 5,369 |
| Průměrné měrné emise CO ₂ [g·kWh ⁻¹] | 829,322 | 903,14 |
| Produkce emisí CO na cyklus [g] | 165,373 | 116,14 |
| Průměrné měrné emise CO [g·kWh ⁻¹] | 25,347 | 19,537 |
| Produkce emisí HC na cyklus [g] | 1,025 | 1,12 |
| Průměrné měrné emise HC [g·kWh ⁻¹] | 0,157 | 0,188 |
| Produkce emisí NOx na cyklus [g] | 42,71 | 48,258 |
| Průměrné měrné emise NOx [g·kWh ⁻¹] | 6,547 | 8,118 |
| Průměrná kouřivost na cyklus [m ⁻¹] | 0,04 | 0,032 |

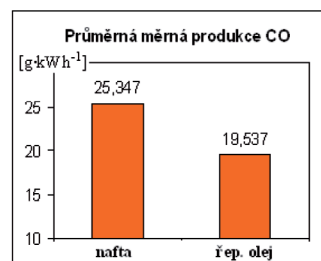
Obr. 4 – Průměrná měrná spotřeba paliva



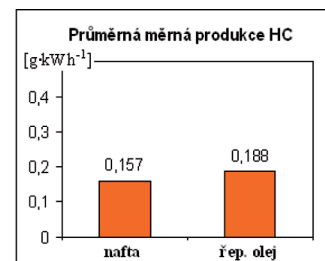
Obr. 5 – Průměrná měrná produkce CO₂



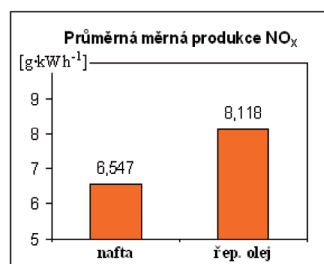
Obr. 6 – Průměrná měrná produkce CO



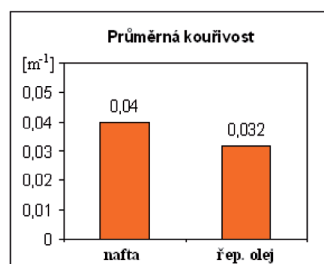
Obr. 7 – Průměrná měrná produkce HC



Dokončení na další straně

Obr. 8 – Průměrná měrná produkce NO_x 

Obr. 9 – Průměrná kouřivost



Závěr

Výsledky provedeného experimentu ukazují na změnu základních parametrů vznětového motoru v souvislosti s použitím řepkového oleje jako paliva. Většina sledovaných parametrů se změnila směrem k horšímu (výkon poklesl o 5 %, průměrná měrná spotřeba paliva vzrostla o 16,3 %, průměrná hodnota produkce měrných emisí CO_2 vzrostla o 8,9 %, průměrná hodnota produkce měrných emisí HC vzrostla o 19,7 %, průměrná hodnota produkce měrných emisí NO_x vzrostla o 24 %). Na druhou stranu některé parametry motoru se změnilo směrem k lepšímu (průměrná hodnota produkce měrných emisí CO klesla o 22,9 % a průměrná hodnota kouřivosti klesla o 20 %). Procentuální změna těchto parametrů není zásadní a nijak nevylučuje použití řepkového oleje jako palivo ve vznětových motorech.

Základním a limitujícím faktorem použití řepkového oleje v běžných vznětových motorech zůstává životnost pístové skupiny zejména z pohledu zapékání pístních kroužků. Některými konstrukčními úpravami lze životnost prodloužit, např. použitím dvoupalivového systému, zvýšením vstřikovacích tlaků, použitím vstřikovacích trysek s větším počtem vstřikovacích otvorů. Další možnosti spíše už z pohledu vlastního návrhu konstrukce motoru spočívají ve zvýšení kompresního poměru, použití duotermických (Heronových) pístů, použití dvou vstřikovačů atd. Další možnosti jak prodloužit životnost motoru je i včasná a správná údržba motoru, a to zejména z pohledu olejového hospodářství motoru (zkrácení intervalu výměny oleje, použití kvalitnějších olejů atd.).

Přes zmíněnou problematiku použití řepkového oleje ve vznětových motorech je třeba se na řepkový olej koukat jako na možné alternativní palivo vhodné do specializovaného provozu. Energetická náročnost výroby je nižší než u methylesteru řepkového oleje, tudíž má toto palivo větší potenciál ke snížení skleníkových plynů než zmíněný methylester řepkového oleje. Pěstování řepky olejné dále přináší potenciál pro rozvoj našeho zemědělství.

Literatura

- [1] KAMEŠ, J.: Alternativní pohony automobilů, 1. vydání, Ben, Praha, 2004, 232 s. ISBN 80-7300-127-6
- [2] Directive 2003/30/EC of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of biofuels or other renewable fuels for transport, Brusel 8.5. 2003
- [3] Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of energy from renewable sources. COM(2008) 30 final, 23.1.2008
- [4] VLK, F.: Paliva a maziva motorových vozidel, nakladatelství a vydavatelství VLK, Brno, 2006, 376 s. ISBN 80-239-6461-5
- [5] HROMÁDKO, J.: Posuzování jakosti motorových vozidel z hlediska jejich provozní spotřeby paliva a škodlivých emisí, disertační práce, ČZU, 2007
- [6] HROMÁDKO, J., HÖNIG, V., J., MILER, P.: The Applications of Non-road Transient Cycle to Determination Different Fuel consumption and Harmful Emissions Caused by Changes of Engine's Technical Conditions. Eksploatacja i Niezawodność Maintenance and Reliability, Polskie Naukowo-Techniczne Towarzystwo Eksploatacyjne, Warszawa, 2008. ISSN 1507-2711, s. 63–65
- [7] MAXWELL, T., JONES, J.: Alternative Fuels (Emissions,

Economics, and Performance), Mechanical Engineering Department Texas Tech University, publikováno: Society of Automotive Engineers, Warrendale, 1994, ISBN 1-56091-523-4

- [8] ŠEBOR, G., MELZOCH, K., POSPÍŠIL, M., RICHTERA, M.: Analýza výroby a využívání biopaliv jako náhrady fosilních pohonných hmot v dopravě ČR, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze (VŠCHT), Praha, 2006
- [9] KOVÁŘ, J.: Alternativní paliva a jejich problematika: přímé využití RME a FAME, sborník referátů z 23. vyhodnocovacího semináře „Systém výroby řepky“, SPZO s.r.o, Praha, 2006, 345 s. ISBN 80-27065-00-x
- [10] KOVÁŘ, J.: Řepkový olej, problematika jeho palivářského využití, sborník referátů z 23. vyhodnocovacího semináře „Systém výroby řepky“, SPZO s.r.o, Praha, 2006, 345 s. ISBN 80-27065-00-x
- [11] POSPÍŠIL, M., ŠEBOR G., MELZOCH K.: Kvalita biopaliv a jejich směs s motorovými palivy, česko-německý seminář „Budoucnost biopaliv v České republice a v Německu, nepublikovaný zdroj, Praha, 2007
- [12] HOLAS, J., Alternativní programy nepotravinářského využití řepky olejné. Sdružení pro výrobu bionafty [online]. [cit. 2007-03-07]. Dostupné z www: <<http://max.af.czu.cz/~miki/biodiesel/Hluk98/Holas/Holas.doc>>
- [13] ŠEBOR G., POSPÍŠIL M., MAXA D.: Využití kapalných biopaliv pro pohon motorových vozidel. Chemické listy, 100, 2006. ISSN 1213-7103, s 30–35
- [14] MATĚJOVSKÝ, V.: Automobilová paliva, Grada Publishing, a.s., Praha, 2005, 224s. ISBN 80-247-0350-5

Abstract:

HARMFUL EMISSION ANALYSIS OF DIESEL ENGINE WHEN SEED OIL IS USED

Summary: The article brings the new findings in the area of seed oil direct use in diesel engine and in its experimental part; the change of the engine parameters is objectively evaluated when seed oil is used. The basic surveyed parameter was the change of harmful emission production, which was objectively analysed by the special mathematic algorithm, which simulates Non Road Transient Cycle (NRTC). The results of the experiment show slow parameters deterioration during the seed oil using, which is not so distinctive and this is not the reason for non-use of the seed oil in diesel engine.

Key words: diesel fuel, seed oil, fuel consumption, harmful emission