

Využití lihu jako paliva pro osobní automobily

USE OF ALCOHOL AS FUEL FOR PASSENGER CARS

Adam Polcar, Vojtěch Kumbár, Jiří Čupera, Jiří Votava – Mendelova univerzita v Brně

Možnost vyčerpání fosilních paliv a otázky spojené s ochranou životního prostředí vedou společnost k potřebě rozvíjet čisté, obnovitelné a udržitelné zdroje, jako je např. větrná, sluneční nebo vodní energie. V posledních letech je zaměřen pohled výrobců rovněž na tzv. biopaliva, na paliva vyráběná z biomasy. Biomasa je podle zákona č. 180/2005 definována jako biologicky rozložitelná část výrobků, odpadů a zbytků z provozování zemědělství a hospodaření v lesích a souvisejících průmyslových odvětvích, zemědělské produkty pěstované pro energetické účely a rovněž biologicky rozložitelná část vyříděného průmyslového a komunálního odpadu. Biopaliva jsou nejen ekologická, nenavyšují skleníkový efekt a snižují produkci zdravotně škodlivých emisí, ale rovněž vytvářejí možnosti provozování spalovacích motorů i po vyčerpání fosilních paliv (1). Další důvody v zavádění biopaliv lze spatřit ve větší energetické soběstačnosti, v možnostech využívání zemědělské půdy a ve vytváření nových pracovních míst v rezortu zemědělství a lesnictví.

K perspektivním biopalivům vhodným pro spalování ve vznětových motorech patří v České republice esterifikovaný rostlinný olej vyrobený z řepky olejné (MEŘO) a v zážehových motorech kvasný líh, neboli bioetanol vyrobený z materiálu rostlinného původu pomocí fermentačních reakcí. Bioetanol se používá i pro motory vznětové, a to ve směsi s naftou v poměru 95 % bioetanolu a 5 % nafty (2). Bioetanol představuje více než 94 % světové produkce biopaliv (3). K jeho výrobě lze použít biomasu obsahující sacharidy nebo látky, které lze na sacharidy přeměnit. Mezi tyto látky patří např. sacharosa nebo polysacharidy, jako je např. škrob nebo celulóza (4). V České republice se pro výrobu bioetanolu používá zejména cukrová řepa, pomocí které se vyprodukuje 77,4 % z celkové produkce bioetanolu v České republice (5).

Nižší produkce škodlivých emisí při spalování ethanolu je z důvodu kyslíku, který ve své struktuře ethanol obsahuje. Kyslík podporuje lepší prohoření směsi a vznik tak menšího množství škodlivých látek. Na druhou stranu přítomnost kyslíku v palivu snižuje jeho výhřevnost. Výhřevnost ethanolu je 26,8 MJ.kg⁻¹ což je přibližně o 37 % méně než v případě benzínu. Při spalování ethanolu je tedy nutné upravit množství vstříkovaného paliva do válce motoru, aby nedocházelo ke spalování chudé směsi. Nutná úprava směšovacího poměru vede následně k nárůstu spotřeby paliva (6). V dnešní době jsou motory vybavovány automatickou korekcí vstříkované dávky, která v závislosti na provozních podmínkách, např. na množství kyslíku ve spalínách, upraví automaticky vstříkovanou dávku paliva tak, aby byl motor provozován s požadovaným součinitelem přebytku vzduchu. Korekce vstříkované dávky má ale své limitní hodnoty. Cílem článku je analyzovat výstupní parametry spalovacího motoru provozovaného na různé směsi benzínu a bioetanolu

a monitorovat adaptaci řídicího systému motoru při spalování paliv s vysokým obsahem kyslíku, resp. bioetanolu. Jak udávají některé studie, např. (7), používání směsi benzínu do 20 % objemových jednotek ethanolu nevyžaduje úpravu motoru. Při spalování vysokoprocentuálních směsí ethanolu s benzinem je však nutné provést zásah do elektroniky motoru. V současné době je na českém trhu již několik firem, které provádějí instalaci dodatečných kontrolérů pro změnu řídicích algoritmů a umožňují tak přestavbu vozidel s motorem schopným spalovat „pouze“ ropná paliva. Po přestavbě automaticky přestavbová jednotka rozpozná, na základě obsahu kyslíku ve spalínách, množství ethanolu ve spalované směsi, a podle toho upraví množství vstříkované dávky. Dalšími vozidly, která umožňují spalovat vysokoprocentuální směsi ethanolu s benzinem, jsou vozidla označována jako FFV (Flexible Fuel Vehicle). Motory pro FFV umožňují provoz jak na benzin, tak i na ethanolová paliva s podílem ethanolu až do 85 %. Čistý ethanol se nepoužívá díky jeho nedostatečné těkavosti za nízkých teplot (8).

Materiál a metody

Měření provozních parametrů bylo provedeno na osobním vozidle značky Fiat Uno 1,0 IE. Měření byla realizována v laboratořích Ústavu techniky a automobilové dopravy Mendelovy univerzity v Brně na vozidlové válcové zkušebně (obr. 1.). Technická specifikace vozidla je uvedena v tab. I. Testované vozidlo bylo vybaveno jednopalivovou soustavou bez jakýchkoliv dodatečných konstrukčních úprav a zásahů do elektroniky motoru. Jako referenční palivo byl použit benzin Natural 95 (dále jen N95).

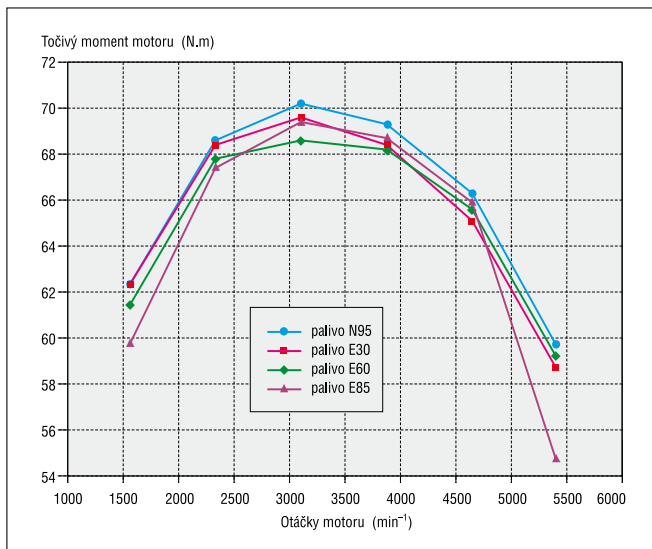
Tab. I. Specifikace motoru osobního automobilu Fiat UNO 1,0 IE použitého při měření

Parametr	Velikost	Jednotka
Zdvihový objem	999	(cm ³)
Maximální výkon	33	(kW při 5 250 min ⁻¹)
Maximální točivý moment	74	(N.m při 3 250 min ⁻¹)
Kompresní poměr	9	(-)
Typ vstříkovacího systému	Mono-Jetronic, Bosch	
Počet najetých km	130 000	(km)
Rok výroby	1991	

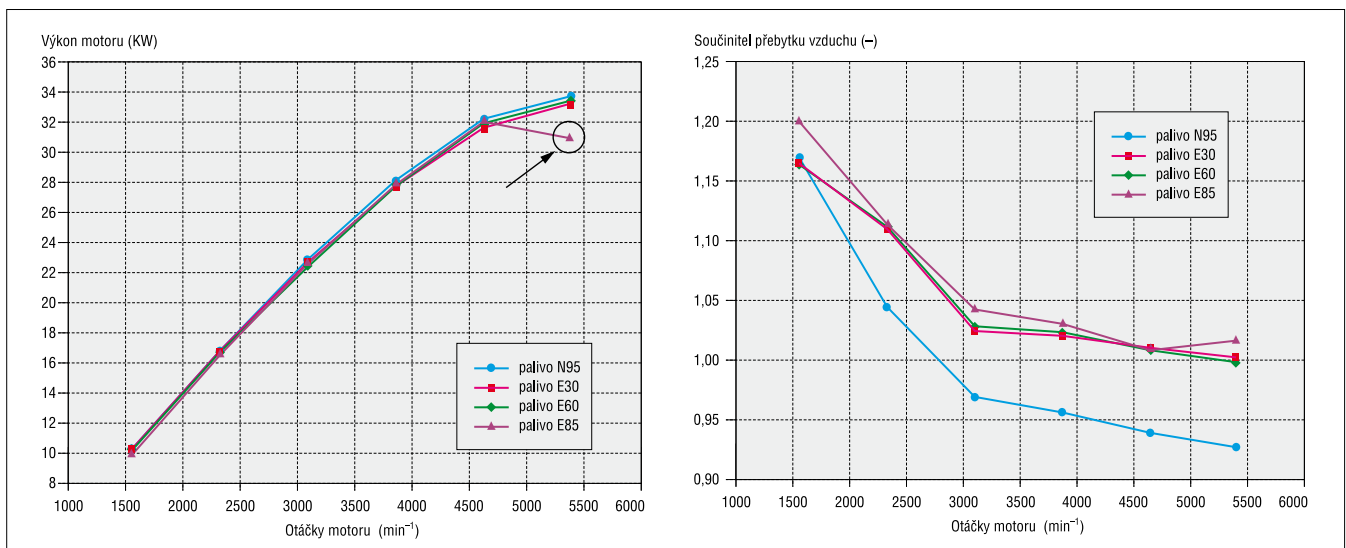
Obr. 1. Zkoušené vozidlo ve vozidlových laboratořích Ústavů techniky a automobilové dopravy



Obr. 2. Výsledky měření točivého momentu statickou metodou



Obr. 3. Výsledky měření výkonu motoru a měření součinitele přebytku vzduchu ze statické zkoušky



Mezi další paliva použitá při měření patřila:

- směs obsahující 85 % bioetanolu a 15 % benzínu (dále jen E85),
- směs obsahující 60 % bioetanolu a 40 % benzínu (dále jen E60),
- směs obsahující 30 % bioetanolu a 70 % benzínu (dále jen E30).

Tyto směsi byly namíchány z benzínu N95 a z paliva E85 zakoupeného v distribuční síti čerpacích stanic. Benzin N95 obsahoval již (na základě zákona č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší) minimálně 4,1 % objemových jednotek bioetanolu. Dále je nutné si uvědomit, že procentuální podíly jednotlivých složek zkoušených paliv jsou pouze orientační. Technická norma ČSN P CEN/TS 15293, která specifikuje technické požadavky a metody zkoušení na palivo E85, definuje E85 jako směs 85 % objemových jednotek ethanolu odpovídajícího EN 15376 s automobilovým

benzinem odpovídajícím EN 228, ale zahrnuje i možnost různých „sezónních poměrů“ mísení benzínu a ethanolu s obsahem ethanolu vyšším než 50 %. U paliva E85 je v letní směsi až 85 % bioetanolu a 15 % benzínu, v zimní směsi se obsah benzínu zvyšuje na 30–35 %. Při měření byla použita letní směs paliva E85.

Pro měření parametrů motoru při různém zatížení motoru byl využit válcový dynamometr. Výkon motoru je z hlediska principu válcových dynamometrů dán součtem výkonu na kolech, ztrátovým výkonem v trakti a případně ztrátovým výkonem daným prokluzem. Metody měření proběhly jak dynamicky, tak i staticky, přičemž stěžejní je pro analýzu hodnocení statické. Ostatní provozní parametry (otáčky motoru, součinitel přebytku vzduchu, teplota nasávaného vzduchu, teplota chladicí kapaliny atd.) byly měřeny pomocí systémové analýzy Bosch ESA 3.250. Výsledky měření byly korigovány dle metodiky ISO 1585. Pro korekci naměřených údajů byla měřena teplota nasávaného vzduchu, barometrický tlak a vlhkost vzduchu. Spotřeba paliva byla měřena na základě úbytku paliva v nádrži vozidla pomocí odměrných válců.

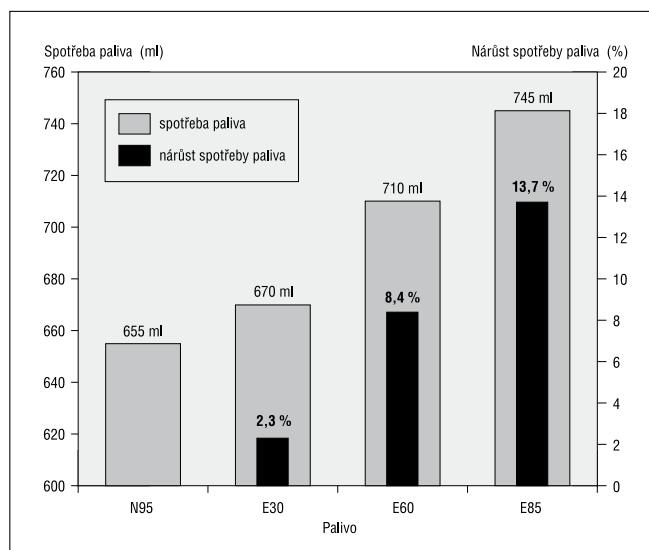
Výsledky a diskuze

Experimentální měření bylo provedeno za účelem porovnání výstupních parametrů motoru, zejména točivého momentu, výkonu motoru a spotřeby paliva při jeho provozu na různé směsi ethanolu a benzínu. K dalším cílům patřilo sledování změn bohatosti směsi v závislosti na spalovaném druhu paliva. Všechna měření byla provedena s osobním vozidlem, u kterého nebyl proveden žádný zásah do palivové soustavy motoru, resp. do elektroniky motoru, jako tomu nejčastěji bývá u dodatečných přestaveb vozidel pro umožnění spalování vysokoprocentuálních směsí ethanolu. Výsledky měření jsou uvedeny na obr. 2. až obr. 4. Na obr. 2. a 3. jsou uvedeny výsledky měření ze statické zkoušky – závislost točivého momentu a výkonu motoru na jeho otáčkách. Jak je z grafů patrné, tak při zvyšování obsahu ethanolu ve směsi dochází k mírnému poklesu těchto parametrů. Nejvyššího točivého momentu motor dosahuje při otáčkách $3\,100\text{ min}^{-1}$. Při rozboru výkonových křivek je patrné, že nejvyššího výkonu dosahuje motor při otáčkách $5\,397\text{ min}^{-1}$ při spalování benzínu N95. Pokles výkonu je v celém rozsahu otáček při spalování paliv na bázi ethanolu téměř zanedbatelný (max. o $0,4\text{ kW}$), s výjimkou posledního bodu při spalování paliva E85 (označeno šipkou). Pokles výkonu motoru v tomto režimu byl o $2,8\text{ kW}$, resp. o $8,3\%$, bereme-li při výpočtu výkonu motoru při spalování benzínu jako základ. Vysoký pokles výkonu při těchto otáčkách lze vysvětlit tím, že řídicí jednotka motoru již nebyla schopna více zvýšit dávku paliva a zabezpečit tak dostatečné množství vstříknutého paliva do válce motoru. Tento fakt potvrzuje i grafická závislost součinitele přebytku vzduchu λ na otáčkách motoru (obr. 3.). Graf dokazuje, že v těchto otáčkách dochází ke spalování chudší směsi, než je tomu u ostatních paliv obsahující ethanol. Jak je z této závislosti rovněž patrné, tak i při spalování paliv E30, E60 a E85 dochází, ve srovnání s benzínem, ke spalování chudších směsí, jelikož řídicí jednotka neumožňuje zvýšení dávky paliva nad dovolenou hranici, která je dána maximální velikostí dlouhodobé korekce. Provozování motoru s chudší směsí, tj. v oblastech $\lambda > 1$, s sebou nese riziko nárůstu teploty ve spalovacím prostoru, a tím i možnost tepelně-mechanického poškození motoru. Palivo E85 má z tohoto pohledu značnou výhodu v trojnásobné hodnotě výparného tepla proti benzínu, a tedy i v lepším ochlazení spalovacího prostoru při výměně náplně válce. Vysoká hodnota součinitele přebytku vzduchu v oblasti nízkých otáček (obr. 3.) poukazuje na netěsnost výfukové soustavy.

Pouze nepatrný pokles výkonu lze spářit v lepších fyzikálně chemických vlastnostech paliva, resp. v rychlosti a kvalitě hoření směsi. Jak již bylo zmíněno v úvodu, paliva na bázi ethanolu obsahují ve své struktuře kyslík. Ve válci tak dochází k lepšímu hoření paliva, což se projeví jak lepší tepelnou účinností, tak menší produkcí škodlivých emisí (9). Z tohoto důvodu i přes to, že se v motoru spalovala chudá směs proti benzínu, nedošlo díky vyšší účinnosti cyklu k většímu poklesu výkonu, jak by se při této hodnotě λ dalo očekávat.

Na obr. 4. jsou uvedeny vypočtené spotřeby paliva motoru. Jak je z grafu patrné, nejvyšší spotřebu paliva má motor při provozu na E85 a s klesajícím množstvím ethanolu ve směsi se spotřeba dále snižuje. Rozdíl ve spotřebě, resp. nárůst spotřeby paliva je zapříčiněn, jak již bylo zmíněno, automatickým zvýšením dávky paliva z důvodu nižší výhřevnosti ethanolu. V případě použití dodatečně nainstalované přestavbové jednotky by s největší pravděpodobností docházelo ke spalování

Obr. 4. Srovnání spotřeby paliva po provedených zkouškách s uvedením jejího procentuálního nárůstu v porovnání s benzínem N95



bohatší směsí, než tomu bylo při měření a spotřeba paliva by tak byla ještě vyšší. Na druhou stranu díky vyšší účinnosti cyklu při spalování ethanolu by došlo i k nárůstu výkonu motoru (6).

Závěr

Experimentální měření hodnotilo vliv spalování paliva obsahující ethanol na výstupní parametry motoru, který nebyl pro spalování ethanolu uzpůsoben. Jak je z výsledků měření patrné, nedochází k výraznějšímu poklesu jak točivého momentu, tak i výkonu motoru. Vyšší pokles motoru byl zaznamenán pouze v případě paliva E85 při vysokých otáčkách motoru. Tento pokles byl způsoben zejména nedostatečným množstvím paliva vstříkovaným do válce motoru. Na základě výsledků měření lze dále konstatovat, že u všech paliv obsahujících ethanol docházelo ke spalování chudších směsí, než tomu bylo v případě benzínu. Právě spalování chudších směsí s sebou nese riziko tepelně-mechanického poškození motoru díky nedostatečnému internímu chlazení motoru čerstvou směsí. Na druhou stranu ethanol má vyšší výparné teplo, což toto riziko snižuje. Nicméně v procesu rozhodování, zda vozidlo budeme provozovat na vysokoprocentuální směsi ethanolu a benzínu, zejména na palivo E85, které je možné zakoupit u vybraných čerpacích stanic, bylo by vhodné instalovat do vozidla přestavbovou jednotku a vyhnout se tak případnému riziku poškození motoru. Dalším možným řešením je pořídit si vozidlo nesoucí označení FFV, jehož elektronika motoru při spalování paliv na bázi ethanolu neupravuje pouze vstříkovanou dávku, ale díky vyššímu oktanovému číslu ethanolu upraví např. i předstih popř. tlak plnění, a dokáže tak plně využít potenciál ethanolu jako paliva pro spalovací motory.

Príspevek byl zpracován s podporou projektu TP 4/2014 „Analýza degračních procesů moderních materiálů používaných v zemědělské technice“, financovaného interní grantovou agenturou AF MENDELU.

Souhrn

Článek se zabývá vlivem různých směsí ethanolu a benzínu na výstupní parametry spalovacího motoru. Experimentální měření bylo uskutečněno na vozidle značky Fiat UNO 1.0 IE, u kterého motor nebyl pro spalování ethanolu uzpůsoben. Měření byla uskutečněna na válcovém dynamometru v laboratořích Ústavu techniky a automobilové dopravy Mendelovy univerzity v Brně. Na základě výsledků lze konstatovat, že při spalování paliv obsahující větší množství ethanolu nedochází k výraznému poklesu točivého momentu, a tedy i výkonu motoru. Na druhou stranu s rostoucím podílem ethanolu ve směsi narůstá i spotřeba paliva. V důsledku obsahu kyslíku v ethanolu dochází ke spalování chudé směsi a řídicí jednotka tak vstříkovanou dávkou upravuje, ale jak výsledky také ukazují, neumožňuje zvýšení dávky paliva nad dovolenou hranici, která je dána maximální velikostí dlouhodobé korekce.

Klíčová slova: ethanol, točivý moment, výkon motoru, spotřeba paliva, součinitel přebytku vzduchu.

Literatura

1. VÁŇA J.: *Motorová biopaliva – obnovitelný zdroj energie*. 2000, [online] <http://stary.biom.cz/mag/18.html>, cit. 28. 10. 2014.
2. VOJTĚŠEK M. ET AL.: Spalování směsi ethanolu s rostlinným olejem ve vznětových motorech. *Listy cukrov. řepař.*, 127, 2011 (5–6), s. 185–189.
3. DEMIRBAS A.: *Biofuels: Securing the Planet's Future Energy Needs*. Springer-Verlag London Limited, London, 2009, 336 s. ISBN 978-1-84882-010-4.
4. HROMÁDKO J. ET AL.: Výroba bioetanolu. *Listy cukrov. řepař.*, 126, 2010 (7–8), s. 267–270.
5. JUREČKA, M. ET AL.: *Zemědělství 2013*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2014, 134 s., ISBN 978-80-7434-151-9.
6. POLCAR, A.: *Analýza změn výstupních parametrů motorů při spalování paliva E85*. Brno, 2014, 144 s., Disertační práce na Ústavu techniky a automobilové dopravy AF MENDELU v Brně.
7. LAURIN J.: *Uplatnění biopaliv k pohonu vozidlových motorů*. Výzkumné centrum spalovacích motorů a automobilů Josefa

Božka II, Technická univerzita v Liberci, 2007, [online] http://www3.fs.cvut.cz/web/fileadmin/documents/12241-BOZEK/publikace/2007/2007_015_01.pdf, cit. 28. 10. 2014.

8. MATĚJOVSKÝ, V.: *Automobilová paliva*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, a.s., 2005, 224 s., ISBN 80-247-0350-5.
9. KOÇ M. ET AL.: The effects of ethanol–unleaded gasoline blends on engine performance and exhaust emissions in a spark-ignition engine. *Renewable Energy*, 34, 2009, s. 2101–2106.

Polcar A., Kumbár V., Čupera J., Votava J.: Use of Alcohol as Fuel for Passenger Cars

The article deals with the influence of various mixtures of ethanol and gasoline on the engine output parameters. Experimental measurement was carried out with vehicle Fiat UNO 1.0 IE. The car engine was not adjusted to operate on ethanol. The measurements were realized using chassis dynamometer in the laboratories of the Department of Engineering and Automobile Transport at Mendel University in Brno. Based on the results, it can be concluded that combustion of fuels containing greater amounts of ethanol is not accompanied by a significant drop in torque and engine output. On the other hand, fuel consumption increases with the increase of ethanol ratio in the mixture. As a result of oxygen content in ethanol, lean mixture is combusted and the control unit thus adjusts the amount of injected fuel, but, as the results also show, the control unit does not allow an increase in the amount of fuel above the allowed limit that is determined by the maximum size of long term correction.

Key words: ethanol, torque, engine output, fuel combustion, air fuel ratio.

Kontaktní adresa – Contact address:

Ing. Adam Polcar Ph. D., Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta, Ústav techniky a automobilové dopravy, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika, e-mail: xpolcar@node.mendelu.cz

