

Změna viskozity motorového oleje při použití paliva E85

CHANGE VISCOSITY OF THE ENGINE OIL WHEN USING E85 FUEL

Kateřina Veselá, Martin Pexa, Jakub Mařík – Česká zemědělská univerzita v Praze

Jedne z hlavních podnětů pro rozšíření celosvětové produkce a využívání biopaliv spočívá v potenciálním přínosu pro životní prostředí, který lze získat náhradou ropných paliv (1). Dalším důvodem, proč se biopalivům věnuje taková pozornost, je, že nízká příměs (do 10 %) může být použita přímo do stávajících vozidel, bez úpravy motoru, a že zásobovací infrastruktura je naprosto stejná, jako u běžných vozidel (běžné čerpací stanice). To je výhoda oproti ostatním alternativním zdrojům, jako je vodík nebo elektřina, které si žádají úpravy jak na vozidle, tak i nový distribuční systém (2).

Pro zážehové spalovací motory je nejrozšířenějším palivem bioetanol, a to v podobě nízkoprocentuálního přimíchávání do automobilového benzínu. Jednu z možností však představuje palivo E85 skládající se z 85 % bioetanolu a 15 % benzínu (3).

K výrobě bioetanolu je možné použít výchozí suroviny obsahující jednoduché cukry nebo látky, které lze přetvořit na jednoduchý cukr, jako je škrob a celulóza. Biomasy sloužící k výrobě bioetanolu můžeme rozdělit do tří skupin:

- biomasa obsahující jednoduché cukry (cukrová řepa a cukrová třtina),
- biomasa obsahující škrob (obiloviny, brambory, kukuřice),
- lignocelulosová biomasa (sláma, rychle rostoucí dřeviny, štěpky, odpad biologického původu, papír apod.) (4).

Vzhledem k nižšímu směšovacímu poměru (palivo : vzduch) přináší spalování E85 v běžných zážehových motorech problém se spalováním chudé směsi. Aby docházelo ke spalování stechiometrické směsi, je nutné zvýšit dávku paliva přibližně o 30 %. Tento rozdíl je patrný z porovnání výhřevnosti automobilového benzínu a paliva E85. Vozidla schopná bezproblémově spalovat palivo E85 jsou nazývána FFV (Flexi Fuel Vehicle). Tato vozidla jsou již od výrobce upravena ke spalování obou paliv a jak je z anglického názvu patrné, mohou bezproblémově spalovat jakýkoliv poměr výše uvedených paliv (5).

Stejně jako jsou kladeny požadavky na palivo, jsou u spalovacích motorů kladeny vysoké požadavky také na motorový olej. Ten má zajistit především dostatečné mazání třecích ploch tak, aby byla zajištěna dlouhá životnost motoru. Významným

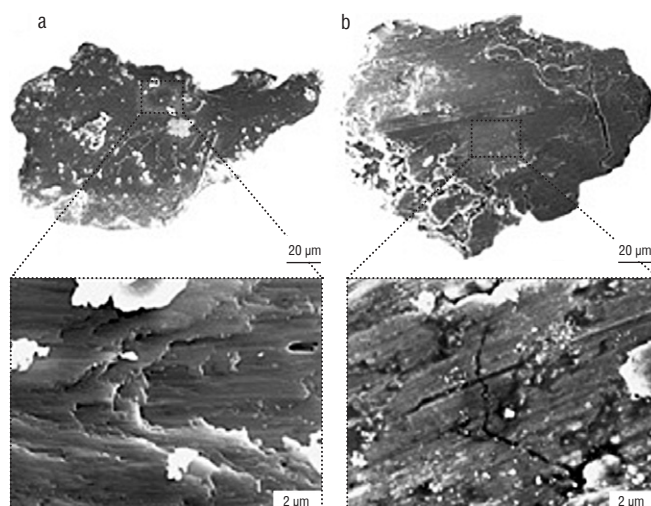
parametrem oleje ovlivňujícím velikost opotřebení, a tím životnost motoru, je viskozita. Snižování viskozity maziv se projevuje snížením únosnosti mazací vrstvy. (6) Aby nedocházelo vlivem snižování únosnosti mazací vrstvy ke zvyšování opotřebení, jsou oleje vhodně aditivovány, a to i nejmodernějšími nanotechnologiemi (7, 8, 9, 10, 11). Zrychlené opotřebení (obr. 1.) se projevuje sníženou životností funkčních ploch strojů (12, 13, 14).

Cílem příspěvku je prokázat změnu viskozity motorového oleje při dlouhodobém používání paliva E85 a její vliv simulovat v rámci Reichertova třecího testu, což je simulovaný kontakt brusného prstence a válečku.

Materiál a metody

Měření byla uskutečněna na třech vozidlech značky Saab (Saab 9-5, r.v. 2004; Saab 9-3, r.v. 2003; Saab 9-5, r.v. 2003), která byla vybavena zážehovými přeplňovanými motory. Měření bylo provedeno Kateřinou Veselou v laboratoři jakosti a spolehlivosti strojů na České zemědělské univerzitě v Praze v roce 2014 a v první polovině roku 2015. Prvky palivové soustavy včetně řídicí jednotky byly plně přizpůsobeny ke spalování běžného paliva BA95 (Natural 95) a alternativního paliva E85. Pro mazání spalovacího motoru byl použit olej Mobil 1 o viskozitní klasifikaci 0W-40, který je určen pro studené starty. K určení vlivu paliva (BA95 a E85) na motorový olej byly použity dva základní testy zaměřené na analýzu viskozity (Stabingerův viskozimetr) a z toho plynoucí vliv na mazací schopnosti oleje (Reichertův test).

Obr. 1. Částice opotřebení: a – nikl, b – železo (17)



Tab. 1. Vybrané parametry viskozimetru Stabinger SVM 3000

Parametr	Rozsah měření	Reprodukovatelnost
Viskozita	0,2 až 20 000 (mm ² .s ⁻¹ , mPa.s)	±0,35 % z měřené hodnoty v pracovním rozsahu, ±1 % mimo tento rozsah
Hustota	0,65 až 3,0 (g.cm ⁻³)	±0,0005 g.cm ⁻³ od 0,65 do 1,5 g.cm ⁻³ , ±0,0020 g.cm ⁻³ mimo tento rozsah

Tab. II. Kinematická viskozita motorového oleje při použití paliva BA95 a E85

Ujetá vzdálenost (km)	Kinematická viskozita BA95 (mm ² .s ⁻¹)				Kinematická viskozita E85 (mm ² .s ⁻¹)			
	KV – Saab 9-5 (2004) BA95	KV – Saab 9-3 (2003) BA95	KV – Saab 9-5 (2003) BA95	KV – Střední hodnota BA95	KV – Saab 9-5 (2004) E85	KV – Saab 9-3 (2003) E85	KV – Saab 9-5 (2003) E85	KV – Střední hodnota E85
2000	72,86	72,86	72,19	72,64	71,35	72,03	70,48	71,29
4000	72,36	72,36	71,76	72,16	70,98	71,76	70,05	70,93
6000	71,89	71,89	71,26	71,68	70,46	71,27	69,74	70,49
8000	71,43	71,43	70,65	71,17	69,84	70,97	69,27	70,02
10000	70,98	70,98	70,25	70,73	69,38	70,56	68,88	69,61
12000	70,56	70,56	69,93	70,35	68,87	70,21	68,33	69,14
14000	70,03	70,03	69,54	69,86	68,46	69,89	67,90	68,75
16000	69,74	69,74	69,16	69,54	67,89	69,44	67,46	68,27

Stabingerův viskozimetr (obr. 2.) je modifikovaný rotační viskozimetr, který slouží pro měření dynamické viskozity a hustoty olejů a kapalných paliv podle ASTM D7042 (15). Principem měření dynamické viskozity je stanovení stabilní rychlosti měřicího rotoru s integrovaným magnetem, který plave ve vzorku, jímž je naplněna trubice rotující konstantní rychlostí (16). Základní parametry viskozimetru Stabinger SVM 3000 jsou uvedeny v tab. I.

Reichertův test (obr. 3.) je řazen do skupiny přístrojů, které simulují reálný třecí kontakt. Třecí kontakt je hodnocen (podle norem firmy Petrotest) únosností mazacího filmu při definované dráze pevně uloženého válečku z definované oceli na otáčejícím se brusném prstenci ze speciální legované oceli a dále tlaku, který je vyvozen závažím uloženým prostřednictvím pákového mechanismu. Brusný prsteneček je svou spodní třetinu ponořen do zkoušeného vzorku maziva, jeho otáčením se dostatečné množství oleje dostává do kontaktu s testovacím válečkem. Čím má mazivo (v testovaném případě motorový olej) lepší mazací schopnost, tím menší je elipsovité plochy vzniklé na opotřebovaném válečku (obr. 5) (16). Velikost vzniklé plochy elipsovitého tvaru A se vypočte podle vztahu:

$$A = \pi \cdot \frac{l}{2} \cdot \frac{d}{2} = 0,785 \cdot l \cdot d \quad (1),$$

kde l je délka eliptické plochy v mm, d šířka eliptické plochy v mm, A povrch elipsovité ořetové plochy v mm² (16).

Rozsah a přesnost měření jsou dány použitým měřidlem délky l a šířky d eliptické plochy, na jejichž základě se po výpočtu plochy A hodnotí únosnost mazacího filmu.

Vzorky motorového oleje byly odebírány každých ujetých 2000 kilometrů až do jeho výměny. V prvním sledovaném intervalu výměny oleje byla vozidla provozována na běžné palivo BA95. Následoval další výměnný interval, kdy vozidla byla provozována na alternativní palivo E85.

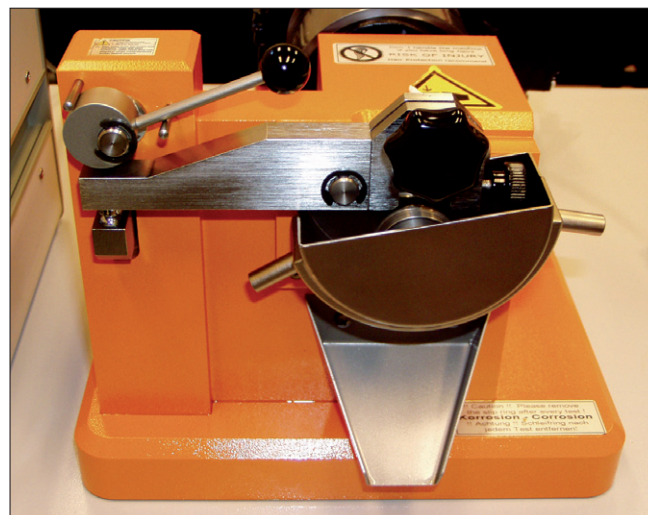
Výsledky

Uvedená vozidla byla provozována během dvou následujících výměnných intervalů motorového oleje stále stejným způsobem, z cca 80 % v městském provozu. Nejprve byla pozornost zaměřena na viskozitu a její změny v souvislosti se změnou paliva ve spalovacím motoru. Nový motorový olej Mobil 1 o viskozitní klasifikaci 0W-40 vykazoval střední hodnotu kinematické viskozity

Obr. 2. Analýza – Stabingerův viskozimetr



Obr. 3. Analýza – Reichertův test



Tab. III. Dynamická viskozita motorového oleje při použití paliva BA95 a E85

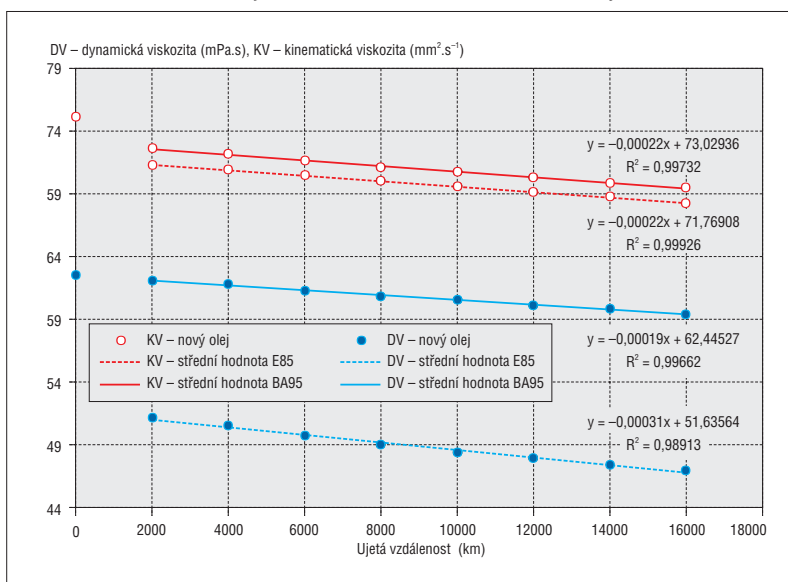
Ujetá vzdálenost (km)	Dynamická viskozita BA95 (mPa.s)				Dynamická viskozita E85 (mPa.s)			
	DV – Saab 9-5 (2004) BA95	DV – Saab 9-3 (2003) BA95	DV – Saab 9-5 (2003) BA95	DV – Střední hodnota BA95	DV – Saab 9-5 (2004) E85	DV – Saab 9-3 (2003) E85	DV – Saab 9-5 (2003) E85	DV – Střední hodnota E85
2000	62,15	62,04	62,03	62,07	50,75	52,37	50,43	51,18
4000	61,73	61,75	61,85	61,78	50,33	51,67	49,63	50,54
6000	61,04	61,39	61,35	61,26	49,27	50,56	49,23	49,69
8000	60,81	60,82	60,89	60,84	48,87	49,44	48,80	49,03
10000	60,53	60,53	60,52	60,53	48,42	48,37	48,31	48,37
12000	59,93	60,33	60,16	60,14	47,99	47,86	47,96	47,94
14000	59,56	60,17	59,76	59,83	47,36	47,26	47,49	47,37
16000	59,21	59,79	59,27	59,43	46,97	46,93	46,98	46,96

75,13 mm².s⁻¹, hustotu 0,833 g.cm⁻³ a dynamickou viskozitu 62,54 mPa.s při 40 °C. V tab. II. a III. jsou uvedeny hodnoty kinematické a dynamické viskozity pro použitý olej za použití běžného paliva BA95 a alternativního paliva E85 při teplotě 40 °C.

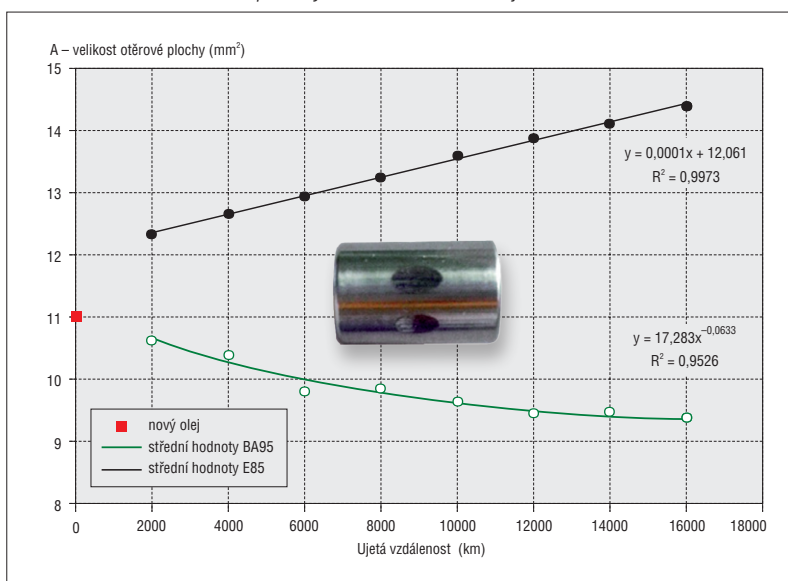
Z naměřených hodnot kinematické a dynamické viskozity je zcela patrné, že trend u všech vozidel je totožný. V grafickém porovnání (obr. 4.) jsou tak zakresleny střední hodnoty odpovídající danému proběhu kilometrů v rámci výměnného intervalu motorového oleje. Z obr. 4. je zřejmé, že kinematická viskozita s ujetou vzdáleností klesá. Rozdíl mezi kinematickou viskozitou při použití paliva B95 a E85 je minimální a pohybuje se mezi 2–3 %. V případě dynamické viskozity je taktéž patrný pokles s ujetou vzdáleností, ale rozdíl při použití paliva BA95 a E85 je významný a překračuje 20 %, a to ihned po ujetí 2000 km. Pokles viskozity o více jak 20–30 % je obvykle signálem k výměně motorového oleje. Tento významný pokles dynamické viskozity motorového oleje je dán změnou jeho hustoty. Hustota nového oleje je 0,833 g.cm⁻³, u použitého oleje při palivu BA95 obvykle stoupá vlivem rozpuštěných úsad v mazací soustavě na 0,847 g.cm⁻³ a u použitého paliva E85 významně klesá až na 0,687 g.cm⁻³.

S významným poklesem dynamické viskozity souvisí také pokles únosnosti mazacích schopností motorového oleje testovaného na Reichertově testu. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tab. IV. Z této tabulky a z obr. 5. je zřejmé, že se potvrdilo očekávání předpokládající, že použitý olej při spalování běžného paliva BA95 vykazuje lepší mazací vlastnosti, což potvrzuje postupně klesající velikost otěrové plochy na Reichertově testu. Při provozu spalovacího motoru na alternativní palivo E85 je tomu přesně opačně a velikost otěrové plochy se vlivem ředění oleje palivem E85 zvětšuje směrem k blížící se výměně motorového oleje. Těsně před výměnou je velikost otěrové plochy při použití paliva E85 větší o více než 50 % oproti velikosti plochy při použití paliva BA95.

Obr. 4. Kinematická a dynamická viskozita v závislosti na ujeté vzdálenosti



Obr. 5. Velikost otěrové plochy A v závislosti na ujeté vzdálenosti



Tab. IV. Reichert test – velikost otěrové plochy A

Ujetá vzdálenost (km)	A – Otěrová plocha BA95 (mm ²)				A – Otěrová plocha E85 (mm ²)			
	DV – Saab 9-5 (2004) BA95	DV – Saab 9-3 (2003) BA95	DV – Saab 9-5 (2003) BA95	DV – Střední hodnota BA95	DV – Saab 9-5 (2004) E85	DV – Saab 9-3 (2003) E85	DV – Saab 9-5 (2003) E85	DV – Střední hodnota E85
2000	10,87	10,32	10,69	10,63	11,98	12,62	12,36	12,32
4000	10,53	10,51	10,12	10,39	12,46	12,93	12,61	12,67
6000	10,02	9,58	9,83	9,81	12,87	13,12	12,84	12,94
8000	9,83	10,02	9,71	9,85	13,25	13,25	13,21	13,24
10000	9,62	9,61	9,69	9,64	13,62	13,63	13,56	13,60
12000	9,21	9,57	9,54	9,44	13,98	13,94	13,73	13,88
14000	9,15	9,59	9,68	9,47	14,34	14,05	13,92	14,10
16000	9,05	9,60	9,52	9,39	14,75	14,28	14,15	14,39

Závěr a diskuse

K ověření vlivu paliva použitého ve spalovacím motoru na motorový olej byla použita 3 vozidla značky Saab s plnou úpravou pro provoz běžného paliva BA95 a alternativního paliva E85. Ve všech případech bylo prokázáno, že používání E85 mělo negativní vliv na použitý motorový olej: Kinematická viskozita (tab. II., obr. 4.) motorového oleje měřená při 40 °C se při použití alternativního paliva E85 liší od běžného paliva BA95 jen cca o 2–3 %. Vlivem skokové změny hustoty při použití paliva E85 dochází k významnému poklesu dynamické viskozity (tab. III., obr. 4.), a to již po ujetí 2000 km. Toto snížení viskozity se projevuje zvýšeným opotřebením součástí spalovacího motoru.

Při aplikaci Reichertova testu se zvýšení otěrové plochy na zkušebním válečku prokázalo. Výsledky jsou zobrazeny v tab. IV. a na obr. 5. Při používání paliva E85 roste otěrová plocha s počtem ujetých kilometrů, kdežto při použití běžného paliva BA95 klesá, což je způsobeno především rozpuštěnými úsadami. Těsně před výměnou motorového oleje je otěrová plocha při použití alternativního paliva E85 o více než 50 % větší než při použití běžného paliva BA95.

Jako možné, aby při používání paliva E85 nedocházelo ke zvýšenému opotřebení spalovacího motoru, se jeví významné zkrácení výměnného intervalu oleje, a to až na jeho jednu třetinu. Alternativně lze použít olej s vyšší viskozitou, než je doporučeno výrobcem, s tím, že během krátké chvíle dojde vlivem paliva E85 k jeho zředění na hodnoty blízké doporučeným výrobcem.

Na první pohled by se mohlo zdát, že palivo E85 je proti palivu BA95 pouze v nevýhodě. Přednosti paliva E85 jsou uplatňovány především na poli ekologickém, kdy přídavek ethanolu do běžného paliva ovlivňuje produkci emisí ze spalovacích motorů, a to jak u zážehových motorů, tak také u motorů vznětových.

Odkaz na grant CIGA: Příspěvek byl vytvořen s grantovou podporou CIGA ČZU v Praze 20153001 – Využití butanolu ve spalovacích motorech generátorů.

Souhrn

Poruchy provozu strojů, jsou vyvolány celou skupinou vnějších i vnitřních vlivů, které působí přímo ve strojích. Tyto vlivy mají za efekt změny vlastností strojních součástí. Souhrn těchto procesů se

nazývá mechanismus poruch. Tento mechanismus poruch a jejich vliv na vlastnosti strojních součástí se mění s novými technologiemi, ke kterým se řadí využití biopaliva. Jako nejpoužívanější náhrada fosilního paliva, které pokrývá většinou část energetické spotřeby v dopravě, konkrétně v automobilovém průmyslu, se v současnosti prosazuje biopalivo E85. Evropská unie směřuje k úsilí na podporu používání biopaliv. Biopaliva jsou náhrady fosilních paliv pouze částečně. Vyrábějí se smísením fosilního paliva a biopaliva. Vliv použití E85 byl sledován na typu osobního vozidla Saab 9-5, motor B235R. Z automobilu byly odebrány vzorky motorového oleje během provozu na E85 a během provozu na fosilní palivo BA95. Spalovací motor v analyzovaném automobilu využívá jako motorový olej Mobil 1 0W-40. Provedené analýzy odebraných vzorků potvrdily velký vliv paliva E85 na viskozitu oleje, a tím také na zhoršení mazivosti a zvýšení opotřebením motoru. Měření bylo provedeno v laboratoři jakosti a spolehlivosti strojů na ČZU v Praze v roce 2014 a první polovině roku 2015.

Klíčová slova: palivo, ethanol E85, motorový olej, viskozita, mazivost.

Literatura

1. DUKULIS, I. ET AL.: Exhaust Emissions from Vehicles Operating on Rapeseed Oil Fuel. *Agronomy Research*. 2010. s. 39–46.
2. MACKINNON, L.: ET AL.: Aviation biofuels: Canbiotech make a difference? *Industrial Biotechnology*. Canada: *Industrial Biotechnology Journal*. 7, 2011 (3), s. 172–179.
3. FRIDELL, E. ET AL.: A modelling study of the impact on air quality and health due to the emissions from E85 and petrol fuelled cars in Sweden. *Atmospheric Environment*, 82, 2014, s. 1–8.
4. MALCA, J.; FREIRE, F.: Renewability and life-cycle energy efficiency of bioethanol and bio-ethyl tertiary butyl ether (bio ETBE): assessing the implications of allocation. *Energy*. 31, 2006 (15), s. 3362–3380.
5. KOTEK, M. ET AL.: Aplikace paliva E85 v motoru 1.2 HTP. *Listy cukrov. řepař.*, 129, 2013 (7–8), s. 258–261.
6. BAIR, S.: The First Normal Stress Difference in a Shear-Thinning Motor Oil at Elevated Pressure. *Tribology Transactions*, 58, 2015 (4), s. 654–659.
7. CANTER, N.: Inorganic nanolubricant additive. *Tribology and Lubrication Technology*, 66, 2010 (7), s. 12–13.
8. MAHMOUD, S. A.; DARDIR, M. M.: Synthesis and evaluation of a new cationic surfactant for oil-well drilling fluid. *Journal of Surfactants and Detergents*, 14, 2011 (1), s. 123–130.
9. SINGH, A. K.; SINGH, R. K.: A search for ecofriendly detergent/dispersant additives for vegetable-oil based lubricants. *Journal of Surfactants and Detergents*, 15, 2012 (4), s. 399–409.

10. SULEK, M. W. ET AL.: Alkyl polyglucosides as components of water based lubricants. *Journal of Surfactants and Detergents*, 16, 2013 (3), s. 369–375.
11. ZHANG, X. F. ET AL.: Synthesis, physicochemical, and tribological characterization of nano lubricant contained Cu nanocolloid as additive. In *3rd International Conference on Energy, Environment and Sustainable Development, EESD 2013*. Shanghai; China; 2013, s. 1828–1833.
12. KUMBÁR, V.; GLOS, J.; VOTAVA, J.: Monitoring of chemical elements during lifetime of engine oil. *Acta Universitatis Agriculturnae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 62, 2014 (1), s. 155–159.
13. PETRÁSEK, S.; MÜLLER, M.: Setting of angle of soil flow on ploughshare at traditional processing of soil. *Manufacturing Technology*, 14, 2014 (3), s. 407–412.
14. VALÁSEK, P.; MÜLLER, M.: Influence of bonded abrasive particles size on wear of polymeric particle composites based on waste. *Manufacturing Technology*, 12, 2012 (13).
15. *Viskozimetr podle Stabingera. Stabinger Messtechnik – vyvíjeno ve spolupráci s Laborfür Messtechnik Dr. H. Stabinger GmbH, Graz*. Anton Paar, [online] <http://www.anton-paar.com/?eID=documentsDownload&document=53280&L=4>, cit. 16. 6. 2014.
16. SEJKOROVÁ, M.: *Metody tribotechnické diagnostiky*. 1. vyd., Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava / Univerzita Pardubice, 2013, 111 s., ISBN: 978-80-248-3280-7
17. RYNIÓ, C. ET AL.: On the physical nature of tribolayers and wear debris after sliding wear in a superalloy/steel tribosystem at 25 and 300 °C. *Wear*. 317, 2014 (1–2), s. 26–38.

Veselá K., Pexa M., Mařík J.: Change Viscosity of the Engine Oil when Using E85 Fuel

Disorders of operation machines, are caused by a whole group of internal and external influences and processes that act and under way directly in machines. These influences have the effect of changing the properties of machine parts. A summary of these processes is called a mechanism of failures. This mechanism failures and their effect on the properties of machine parts is changed with new technologies, which include the use of biofuels. As the most widely used substitute of fossil fuels, which covers the majority of the energy consumption in the transport sector, particularly in the automotive industry, is in currently enforced ethanol biofuel E85. The European Union is heading to efforts on promote the use of biofuels. Biofuels are substitute's fossil fuels only partially. They are produced by blending fossil fuels and biofuels. Effect of using E85 was studied on the type of passenger car Saab 9-5, engine B235R. From the car is taken sampled of engine oil during operation on E85 and during operation of fossil fuel BA95. The internal combustion engine in the analyzed vehicle uses motor oil of type Mobil 1 0W-40. From analyzes of samples is confirmed a great influence E85 on the viscosity of motor oil and therefore also to the deterioration of lubricity and increased engine wear. Measurements were performed in the laboratory of quality and reliability of the machines at CULS in 2014 and the first half of 2015.

Key words: fuel, ethanol E85, engine oil, viscosity, lubricity.

Kontaktní adresa – Contact address:

Ing. Kateřina Veselá, Česká zemědělská univerzita v Praze, Technická fakulta, Katedra jakosti a spolehlivosti strojů, Kamýčká 129, 165 21 Praha 6 – Suchbátka, Česká republika, e-mail: katerina86@email.cz