

UNIVERZITA PARDUBICE
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2017

Martin Pašta

Univerzita Pardubice

Dopravní fakulta Jana Pernera

Vymezení fyzikálních vlastností výsledného mazacího oleje pro dopravní
prostředky

Martin Pašta

Bakalářská práce

2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin Pašta**
Osobní číslo: **D15350**
Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**
Studijní obor: **Dopravní prostředky: Silniční vozidla**
Název tématu: **Vymezení fyzikálních vlastností výsledného mazacího oleje pro dopravní prostředky**
Zadávací katedra: **Katedra dopravních prostředků a diagnostiky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Osnova:

1. Úvod
2. Analyzujte současný stav poznání v oblasti složení a vlastností kapalných maziv pro dopravní prostředky
3. Uveďte metody a princip metod, kterými se sledují fyzikální vlastnosti maziv
4. Připravte si modelové vzorky motorového a převodového oleje v různých poměrech základového oleje a modifikátoru viskozity.
5. Proveďte experimentální stanovení fyzikálních parametrů modelových směsí a výsledky interpretujte
6. Závěr

Rozsah grafických prací: podle pokynů vedoucího práce

Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran textu a přílohy

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

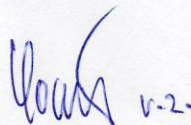
- 1.ČERNÝ, J. Kompatibilita mazacích olejů a přísad. In: Sborník přednášek 16. ročníku konference REOTRIB 2010 - Kvalita paliv a maziv, str. 6368, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. Praha, 2010. ISBN 978-80-7080-784-4.
- 2.ČERNÝ, J., STRNAD Z., JEŽKOVÁ, I. Složení a oxidační stabilita moderních motorových olejů. In: Sborník přednášek 6. ročníku konference REOTRIB 2000 - Kvalita paliv a maziv, str. 3542, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. Praha, 2000. ISBN 80-7080-381-49.
- 3.Kolektiv autorů: MOGUL - Technická revue, č. 1, II. vydání. Technicko-marketingový útvar MOGUL NOCC, a.s. 1999.
- 4.MACHALÍKOVÁ, J., SEJKOROVÁ, M. Diagnostika a kontrola jakosti provozních hmot. Studijní opora na CD. Univerzita Pardubice, 2013. ISBN 978-80-7395-620-2.
- 5.SEJKOROVÁ, M. Metody tribotechnické diagnostiky. Vysoká škola báňská Technická univerzita Ostrava, Univerzita Pardubice, 2013. ISBN 978-80-248-3280-7. Dostupné z: http://www.vvvd.cz/doc/cms_library/metody-tribotechnicke-diagnostiky-398.pdf
- 6.VÁCLAVÍČKOVÁ, I. Vývoj motorových olejů jak proplout úskalím pravidel. In: Sborník přednášek 7. ročníku konference REOTRIB 2001 - Kvalita paliv a maziv, str. 9398, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. Praha, 2001. ISBN 80-7080-426-2.
- 7.VLK, F. Paliva a maziva motorových olejů. Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství. Brno, 2006. ISBN 80-239-6461-5.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Marie Sejkorová, Ph.D.

Katedra dopravních prostředků a diagnostiky


Datum zadání bakalářské práce: 15. února 2017

Termín odevzdání bakalářské práce: 2. června 2017


doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.

děkan

L.S.


doc. Ing. Michael Lata, Ph.D.

vedoucí katedry

V Pardubicích dne 15. února 2017

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

Ve Lhotě Netřebě dne 29. 5. 2017

Martin Pašta

PODĚKOVÁNÍ:

Tímto bych rád poděkoval své vedoucí práce Ing. Marii Sejkorové, Ph.D. za její odbornou pomoc, cenné rady a poskytnuté materiály, které mi pomohly při zpracování bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval panu Jiřímu Klapkovi a Lence Tanclové za spolupráci při přípravě experimentu.

ANOTACE

Obsah této bakalářské práce se zaměřuje na analýzu maziv pro dopravní prostředky, zejména motorových olejů. Teoretická část zahrnuje informace týkající se složení, vlastností, výroby a klasifikací motorových olejů získané z odborné literatury. V praktické části je popsána příprava vzorků a měření jejich kinematické viskozity. Součástí experimentu bylo také zjistit, jak se tato kinematická viskozita u jednotlivých vzorků změní po přidání různých přísad.

KLÍČOVÁ SLOVA

Mazivo, motorový olej, aditivum, viskozita, viskozitní index.

TITLE

Definition of the physical characteristics of the resulting lubricating oil for vehicles

ANNOTATION

The content of this work is focuses on the analysis of lubricants for means of transport, especially motor oils. The theoretical part includes information from literature relating to composition, properties, production and classification of motor oils. In the practical part is described the preparation of samples and the measurement of their kinematic viscosity. A part of the experiment was also to find out how this kinematic viscosity in each sample changes with the addition of various additives.

KEYWORDS

Lubricant, motor oil, additive, viscosity, viscosity index.

OBSAH

ÚVOD	10
1. SLOŽENÍ A VLASTNOSTI KAPALNÝCH MAZIV PRO DOPRAVNÍ PROSTŘEDKY	11
1.1. Základové oleje.....	11
1.1.1. Výroba základových olejů	11
1.2. Motorové oleje.....	14
1.2.1. Zušlechťující přísady	16
1.2.2. Výroba motorových olejů.....	17
1.2.3. Viskozitní klasifikace	19
1.2.4. Výkonnostní klasifikace	22
1.3. Automobilové převodové oleje	26
1.3.1. Viskozitní a výkonová klasifikace.....	27
2. VYBRANÉ FYZIKÁLNĚ-CHEMICKÉ PARAMETRY MOTOROVÝCH OLEJŮ	29
2.1. Viskozita.....	29
2.2. Viskozitní index.....	29
2.3. HTHS viskozita	30
2.4. Kyselost a alkalita motorových olejů	31
2.5. Čistící vlastnost olejů.....	33
3. STANOVENÍ FYZIKÁLNÍCH PARAMETRŮ MOTOROVÝCH A PŘEVODOVÝCH OLEJŮ	35
3.1. Příprava vzorků.....	35
3.2. Měření fyzikálních parametrů	38
3.3. Interpretace výsledků.....	40
3.3.1. Motorové oleje.....	41
3.3.2. Převodové oleje	42
ZÁVĚR	43
POUŽITÁ LITERATURA	44
PŘÍLOHY.....	46

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Rozdělení základových olejů dle API (American Petroleum Institute)	14
Tabulka 2: Požadavky na motorový olej	14
Tabulka 3: Vlastnosti a úkoly zušlechťujících přísad.....	17
Tabulka 4: Orientační složení motorového oleje pro naftové motory.....	19
Tabulka 5: Viskozitní klasifikace motorových olejů SAE J 300 01/2015	21
Tabulka 6: Aktuální klasifikace API pro benzinové motory.....	23
Tabulka 7: Aktuální klasifikace API pro naftové motory	23
Tabulka 8: Klasifikace ACEA pro zážehové a lehké vznětové motory	24
Tabulka 9: Klasifikace ACEA pro motory vybavené částicovými filtry	24
Tabulka 10: Klasifikace ACEA pro vznětové motory nákladních vozů	25
Tabulka 11: Výkonnostní klasifikace Volkswagen	26
Tabulka 12: Výkonnostní klasifikace Mercedes Benz	26
Tabulka 13: Viskozitní klasifikace automobilových převodových olejů SAE J306	28
Tabulka 14: Klasifikace převodových olejů dle API.....	28
Tabulka 15: Složení vzorku motorových a převodových olejů.....	37
Tabulka 16: Přísady a jejich fyzikální parametry	38
Tabulka 17: Fyzikální parametry vzorků motorových a převodových olejů.....	40

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Různé postupy výroby základových olejů	13
Obrázek 2: Teploty motorového oleje	15
Obrázek 3: Struktura molekuly polární přísady	16
Obrázek 4: Mísírna olejů	18
Obrázek 5: Doporučené viskozitní třídy SAE motorových olejů podle vnějších teplot	20
Obrázek 6: Teplotní závislost standardních olejů s VI = 0 (L), VI = 100 (H) a vybraného oleje, jehož VI se stanovuje (U).....	30
Obrázek 7: Reálný průběh kyselosti (TAN) a alkality (TBN) motorového oleje při provozu motoru	33
Obrázek 8: Míchání vzorků	36
Obrázek 9: Odvažování vzorků	36
Obrázek 10: Kapilární viskozimetr.....	39
Obrázek 11: Viskozimetr ve vodní lázni	39
Obrázek 12: Program na výpočet viskozitního indexu.....	40

ÚVOD

Cílem této bakalářské práce je vymezení fyzikálních vlastností výsledného mazacího oleje pro dopravní prostředky. Mazacími oleji pro dopravní prostředky jsou myšleny motorové oleje, převodové oleje a tuhá maziva (vazelíny). Předmětem této práce jsou pouze motorové a převodové oleje.

Každé mazivo se skládá z oleje základového (zpravidla směs více základových olejů) a zušlechťujících přísad (aditiv), které dávají hotovému mazivu žádoucí vlastnosti. Proto je v úvodu první kapitoly věnována pozornost samotným základovým olejům a jejich výrobě. Následuje charakteristika motorových olejů a zušlechťujících přísad. Zmíněn je i postup výroby motorových olejů a jejich klasifikace. V závěru první kapitoly jsou popsány oleje převodové včetně jejich viskozitní a výkonové klasifikace.

Druhá kapitola je věnována vybraným fyzikálně-chemickým vlastnostem motorových olejů, jako je viskozita, viskozitní index, HTHS viskozita, kyselost a alkalita motorových olejů a jejich čisticí vlastnost. Pro tu to práci jsou podstatné první dvě zmíněné vlastnosti – viskozita a viskozitní index, které byly měřeny u připravených vzorků jako součást experimentu.

Podrobný popis provedeního experimentu je uveden ve třetí kapitole, která obsahuje kromě postupu přípravy vzorků mazacích olejů, způsobu měření viskozity a stanovení viskozitního indexu také interpretaci zjištěných výsledků. Součástí experimentu bylo také stanovit, jak se mění viskozita v závislosti na typu základového oleje a viskozitní a výkonové přísadě.

V závěru práce jsou shrnuty nejdůležitější poznatky, které byly zjištěny na základě provedeního experimentu.

1. SLOŽENÍ A VLASTNOSTI KAPALNÝCH MAZIV PRO DOPRAVNÍ PROSTŘEDKY

Každé mazivo se skládá z oleje základového (zpravidla směs více základových olejů) a zušlechťujících přísad (aditiv), které dávají hotovému mazivu žádoucí vlastnosti.

1.1. Základové oleje

Hlavní složkou maziv je základový olej, který se získává z ropy. Ropa se jako mazivo nevyužívá, protože obsahuje nevhodné látky. Základové oleje můžeme rozdělit na:

- minerální oleje vyráběné klasickou technologií,
- hydrokrakové oleje,
- syntetické oleje.

Použitý základový olej má značný vliv na chování oleje, na výkonovou úroveň, viskozitně-teplotní a další charakteristiky. Přibližně do 70. let minulého století se používaly pouze minerální základové oleje. Nové požadavky výrobců zařízení na maziva si vyžádaly aplikaci syntetických a hydrokrakových základových olejů. V dnešní době se vyrábí velké množství minerálních olejů v různých úrovních kvality, kde ty nejlepší z nich jsou téměř stejně kvalitní jako oleje syntetické a není mezi nimi žádný významný rozdíl. Uplatnění syntetických olejů je zejména v oblasti průmyslových olejů. Hlavní výhoda použití moderních základových olejů je:

- vyšší termooxidační stabilita oleje a tím vyšší odolnost oleje proti stárnutí,
- velmi vysoký viskozitní index, umožňující vyrobit oleje s nízkým obsahem modifikátoru viskozity,
- nízké ztráty odpařením [1, 2].

1.1.1. Výroba základových olejů

Základový olej se vyrábí dvěma způsoby, jedním z nich je výroba z ropných destilačních frakcí a druhým je využití některých meziproductů při zpracování ropy (například z destilačních zbytků po výrobě motorové nafty lze hydrokrakovou technologií vyrobit vysoce kvalitní základový olej) [2].

Základní část při výrobě motorového oleje je rozdělení ropy na přirozené složky známé jako atmosférická destilace (destilace za atmosférického tlaku). Při atmosférické destilaci vznikají tyto produkty:

- plyny,
- lehký benzín,
- těžký benzín,
- petrolej,
- střední destilát (nafta/topný olej)
- destilační zbytek (mazut).

Destilační zbytek je dále podroben destilaci vakuové, kdy vznikají další produkty jako:

- velmi lehké nízkoviskózní oleje,
- olejové frakce,
- velmi viskózní oleje,
- brightstock,
- destilační zbytek vakuové destilace.

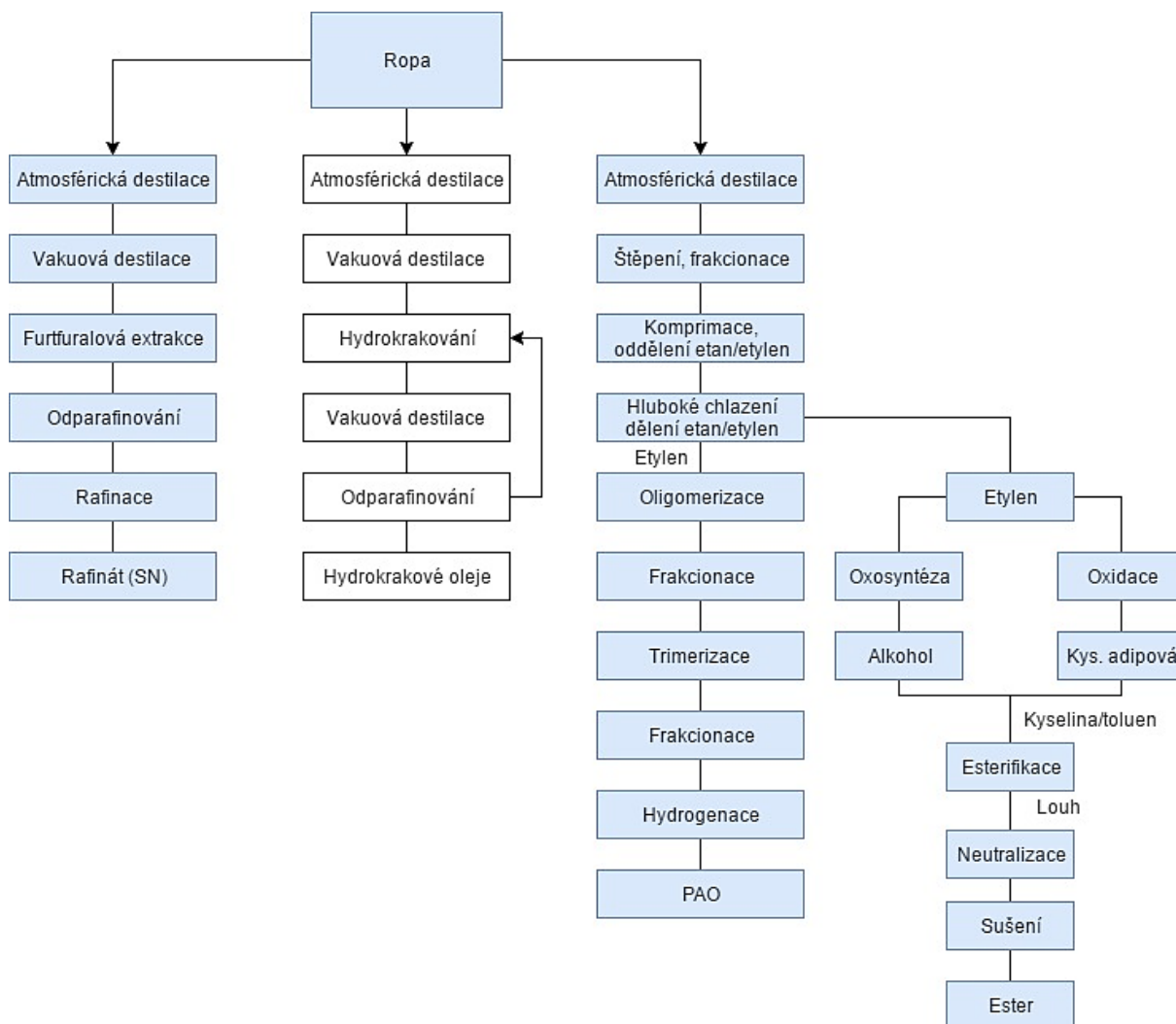
Struktura molekul vakuových destilátů je velmi nejednotná a zapříčiňuje jejich nestabilitu. Z tohoto důvodu je nutné tyto produkty podrobit dalšímu technologickému postupu, kterým je rafinace. Používají se různé postupy, jako je selektivní extrakce rozpouštědly, hydrogenační rafinace nebo kyselinová rafinace [1]. Cílem rafinace je odstranit zejména pryskyřičné látky obsahující síru a dusík, které by v oleji vytvářely nechtěné úsady a kaly a na horkých dílech motoru tvrdé lakovité nánosy [2].

Dalším krokem, při výrobě základových olejů, je odparafinování. Při něm dochází k odstranění parafinů, které způsobují, že olej je za normální teploty téměř tuhý. Automobilový motor naplněný tímto olejem bychom ani nenastartovali. Odparafinování se dnes provádí pomocí rozpouštědla, nebo hydroizomerací parafinů. Poté je výroba minerálního oleje, rafinátu (SN oleje – Solvent Neutral) dokončena [1, 2].

Hydrokrakové základové oleje se vyrábějí hydrokrakováním například plynového oleje z vakuové destilace nebo tzv. parafinového gače (směs tuhých parafinických uhlovodíků s určitým obsahem olejového podílu). Následuje speciální krakovací proces, při kterém se ve vodíkové atmosféře za přítomnosti katalyzátorů krakují (štěpí) uhlovodíkové molekuly na molekuly odpovídající mazacím olejům. Poté se pomocí vakuové destilace rozdestilují podle viskozity a odparafinují se. Hydrokrakové základové oleje jsou velmi kvalitní oleje s téměř

nulovým obsahem síry a dusíku a s velmi malým obsahem aromatických uhlovodíků [1, 2].

Syntetické základové oleje se vyrábějí ze surového benzínu nebo podobných surovin. Molekuly těchto směsí se štěpí krakovacím procesem na malé plynné nenasycené molekuly – etylen. Dále se syntézou a dalšími technologickými postupy (viz obrázek 1) z těchto molekul zhotovují základové oleje se specifickou požadovanou velikostí molekul. Takto vznikají oleje označované PAO (polyalfaolefiny) a estery. Tyto oleje mají vysokou cenu, protože je jejich výroba energeticky a technologicky velmi náročná. Různé postupy výroby základových olejů jsou zobrazeny na obrázku 1 [1].



Obrázek 1: Různé postupy výroby základových olejů [1]

Základové oleje se běžně člení do pěti skupin dle jejich kvality. První tři skupiny tvoří minerální (ropné) oleje, které se od sebe odlišují obsahem síry, nasycených uhlovodíků a hodnotou viskozitního indexu. Další dvě skupiny jsou syntetické oleje. Rozdělení základových olejů je v tabulce 1 [2, 5].

Tabulka 1: Rozdělení základových olejů dle API (American Petroleum Institute) [2, 19]

Skupina	Nasyčené uhlovodíky [% hm.]	Síra [% hm.]	Viskozitní index	Typ oleje
I	pod 90	nad 0,03	80–120	rafinované rozpouštědly
II	nad 90	pod 0,03	80–120	hydrokrakové oleje
III	nad 90	pod 0,03	nad 120	silně hydrogenované izomerované parafíny
IV	Polyalfaolefiny (PAO)			
V	Ostatní syntetické oleje (estery, polyestery, polyglykoly a další)			

1.2. Motorové oleje

Mezi nejsložitější výrobky v oblasti maziv patří motorové oleje. Zejména z důvodu prolínání se velkého počtu vlivů od požadavků výrobců automobilů až po požadavky ekologické. Největší požadavky na mazací olej kladou spalovací motory. Primární funkce motorového oleje ve spalovacích motorech a charakteristické vlastnosti oleje, které s těmito funkcemi souvisí, jsou uvedeny v následující tabulce [1].

Tabulka 2: Požadavky na motorový olej [1]

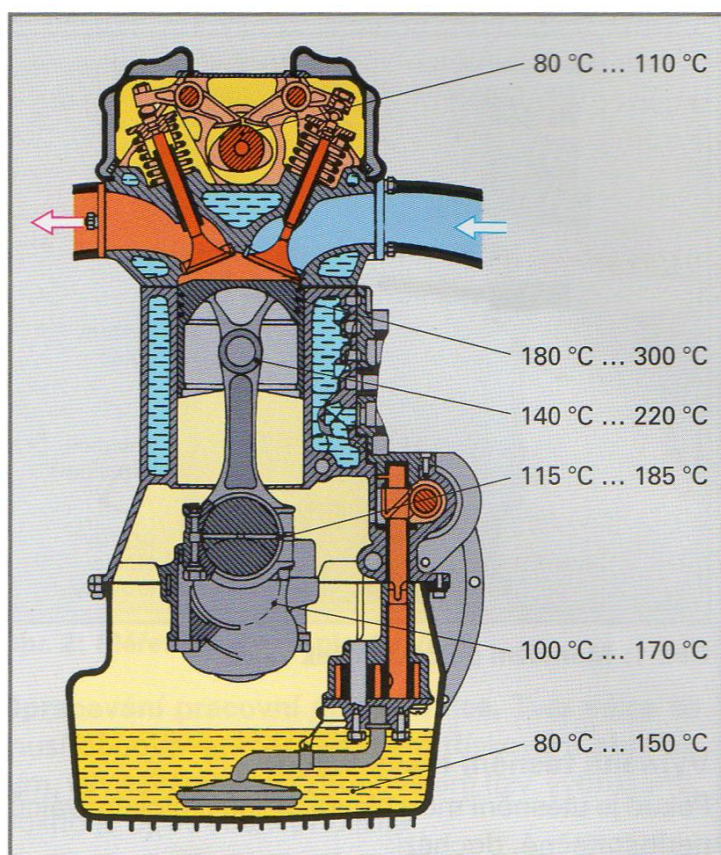
Funkce	Požadavky na motorový olej
Zajištění mazání motoru	<ul style="list-style-type: none"> dostatečná únosnost mazacího filmu za všech podmínek mazání a v plném rozsahu použití snížení tření
Zabránění tvorbě úsad a kalů	<ul style="list-style-type: none"> odolnost vysokým teplotám a oxidaci dobré vlastnosti zajišťující čistotu motoru a vlastnosti umožňující odfiltrovat nečistoty z oleje (detergentně disperzivní vlastnosti)
Zajištění chlazení motoru	<ul style="list-style-type: none"> odolnost vysokým teplotám
Utěsnění pístové skupiny	<ul style="list-style-type: none"> malá závislost viskozity na teplotě
Neutralizace kyselých produktů hoření	<ul style="list-style-type: none"> dostatečná alkalická rezerva
Konzervace kovových částí motoru	<ul style="list-style-type: none"> dobré antikoroziční vlastnosti
Speciální	<ul style="list-style-type: none"> nízká odparnost

Opotřebení motoru má značný vliv na jeho životnost, spotřebu paliva a oleje a na plnění emisních limitů. Mezi neobtěžnější místa na mazání patří třecí dvojice pístního kroužku a válce. Opotřebení tohoto místa je závislé na motorovém oleji, na množství nečistot v oleji, které souvisí s filtrací oleje a nasávaného vzduchu, a dále na materiálové, konstrukční a technologické úrovni motoru a jeho výrobce. V místech horní a dolní úvratě dochází k největšímu opotřebení stěny válce a pístních kroužků z důvodu nízké až nulové smykové

rychlosti. Zejména v horní úvrati dochází k podstatnému opotřebení vlivem vysoké teploty a velkého tlaku plynu v prostoru nad pístem. Toto opotřebení způsobuje na stěně válce lesklé zrcadlové plochy. Takto narušené plochy způsobují další opotřebení, dochází k přidírání vlivem špatného mazání, zvýšení spotřeby oleje, neplnění emisních limitů výfukových plynů apod. [1].

Další velmi důležitou mazanou částí, nezbytnou pro správnou funkci spalovacího motoru, jsou ventilové rozvody. U všech systémů ventilových rozvodů SV (Side Valves), OHV (Over Head Valves), OHC (Over Head Camshaft), DOHC (Double Over Head Camshaft), desmodromický rozvod je nejkritičtější mazaná oblast mezi vačkovou hřídelí a zdvihátkem, respektive mezi vačkou a vahadlem. Z hlediska mazání je systém OHC mnohem náročnější, protože dochází mezi vačkovou hřídelí a vahadlem k velkému smyku, a i ke změně směru relativního pohybu třecích ploch [1].

Podstatnou funkcí motorového oleje je také chlazení. Velmi náročné podmínky na odvod tepla jsou zejména na ložiscích turbodmychadla, kde působí vysoká teplota výfukových plynů, a na pístních kroužcích. Dalším místem, kde olej plní speciální funkci chlazení, je tzv. postřík pístu. Zde dochází k odstříkávání dna pístu nebo vstříkávání oleje do kanálku v tělese pístu. Motorový olej odevzdává teplo v tepelně výměnných zařízeních chlazených chladicí kapalinou nebo vzduchem [1]. Teploty oleje v různých částech motoru jsou zobrazeny na obrázku 2.



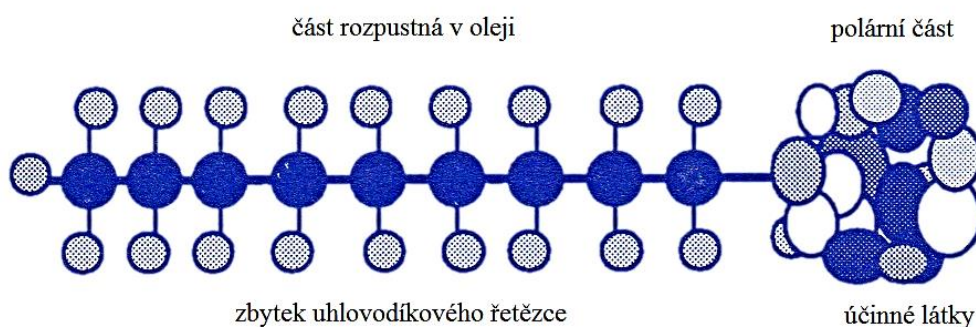
Obrázek 2: Teploty motorového oleje [9]

Pro zpomalení degradace motorového oleje je velmi důležité utěsnění pístové skupiny. Do klikové skříně, a tedy i do oleje, mohou ze spalovacího prostoru vnikat nečistoty, produkty hoření, nespálené palivo, které mohou způsobit vznik úsad, kalů, koroze atd. I přes veškerou snahu konstruktérů spalovacích motorů se část nečistot dostane do motorového oleje. Z tohoto důvodu je kladen velký důraz na dostatečnou alkalickou rezervu oleje, která zabezpečuje neutralizaci kyselých korozivních produktů [1].

Motorový olej musí také zajistit ochranu kovových částí (po určitou dobu) proti atmosférické korozi, zejména při odstavení motoru. A jeho další úkol je snížení hlučnosti a tlumení vibrací motoru [1].

1.2.1. Zušlechťující přísady

Nejvýznamnější komponentou mazacích olejů jsou zušlechťující přísady (aditiva). Jde o chemické látky, které napomáhají olejům získat potřebné vlastnosti, posilovat vlastnosti poskytované v omezené míře a potlačovat nežádoucí vlastnosti. Výrobu aditiv obstarávají velké aditivářské firmy, které vyrábějí kompletní aditiva pro maziva, jejichž složení tají. Mezi tři největší výrobce aditiv patří Oronite, Lubrizol a Infineum. Podíl aditiv v oleji se pohybuje v rozmezí od 1 % až do 25 %. Rozlišujeme dva druhy zušlechťujících přísad, a to přísady polární a nepochární. Větší část přísad je polárních. Jde o povrchové nebo mezipovrchové aktivní látky. Jejich struktura lze přirovnat ke tvaru zápalky (viz obrázek) [1, 5].



Obrázek 3: Struktura molekuly polární přísady [1]

Levá část obrázku (dřevěná část zápalky) zobrazuje zbytek uhlovodíkového řetězce a umožňuje rozpustnost aditiva v základovém oleji. V pravé části obrázku (hlavička zápalky) jsou soustředěny účinné látky. Tato část je přitahována cizími látkami (např. voda, kyseliny, kovy, saze), které obalí a udržuje je rozptýlené v oleji. Na rozhraních povrchů dochází k usazování polárních částí různých zušlechťujících přísad, a to i tam, kde to není nutné. Zatím neexistují přísady, které by se usazovali jen tam, kde je to potřebné [1]. „Proto je nutné

při formulaci olejů pečlivě sladit jednotlivé přísady jak z hlediska druhu, tak z hlediska množství, a tak stanovit optimální řešení pro splnění rozličných požadavků kladených na mazací oleje. Jakékoliv dodatečné přidání nějakých složek zejména u vysoce aditivovaných automobilních olejů může narušit tuto optimálně vyváženou rovnováhu“ [1].

Nepolární zušlechťující přísady jsou velké uhlovodíkové molekuly speciální struktury, které působí přímo na olej. Jedná se především o modifikátory viskozity a snižovače bodu tuhnutí [1].

Zušlechťující přísady, jejich vlastnosti a funkce jsou uvedeny v tabulce 3.

Tabulka 3: Vlastnosti a úkoly zušlechťujících přísad [1]

Zušlechťující přísady	Vlastnosti, úkoly
Antioxidanty	<ul style="list-style-type: none"> • zpomalují oxidační děje • prodlužují životnost oleje
Detergenty	<ul style="list-style-type: none"> • zamezují tvorbě usazenin na částech motoru s vysokou teplotou • neutralizují kyselé produkty oxidace a hoření
Disperzanty	<ul style="list-style-type: none"> • zamezují shlukování nečistot • udržují nečistoty rozptýlené v oleji • zamezují tvorbě studených kalů
Protioděrové přísady a modifikátory tření	<ul style="list-style-type: none"> • vytvářejí na povrchu mazaných dvojic únosnější mazací film • snižují součinitel tření
Inhibitory koroze	<ul style="list-style-type: none"> • pasivují povrch kovů • brání tvorbě kyselin v oleji • zabraňují korozi kovů
Inhibitory rezivění	<ul style="list-style-type: none"> • chrání kovové povrchy proti korozi • odpuzují vodu z kovových povrchů
Modifikátory viskozity	<ul style="list-style-type: none"> • zlepšují viskozitně-teplotní charakteristiku oleje
Protipěnovostní přísady	<ul style="list-style-type: none"> • zamezují nežádoucímu pění při styku oleje se vzduchem
Snižovače bodu tuhnutí (depresanty)	<ul style="list-style-type: none"> • snižují bod tuhnutí oleje

1.2.2. Výroba motorových olejů

Pro výrobce motorových olejů je dnes důležitá pouze mísírna. Ostatní komponenty lze zakoupit. Z tohoto důvodu je také mnohem více výrobců olejů než provozovatelů rafinerií. Při vlastním mísení motorových olejů se téměř vždy používá směs základových olejů. Touto směsí se nastavuje požadovaná viskozita oleje. Do připravené směsi se dále dávkuje všechny potřebné přísady, které jsou obsažené v aditivačním balíčku. Ve většině případů se ještě

viskozita oleje opraví přidavkem polymerních modifikátorů viskozity. Většina výrobců olejů vlastní svou mísírnu, základové oleje nakupuje ze stejného zdroje a pečlivě kontroluje kvalitu základových olejů i vyrobených motorových olejů. Někteří menší výrobci nakupují základové oleje i aditiva od různých zdrojů, podle aktuální ceny [3, 5].

Příklad mísení určitého motorového oleje: Nejprve dojde k načerpání části směsi základových olejů, do které se nadávkuje aditivační balík. Dále se přidá nejhustší komponenta – polymerní modifikátor viskozity (zvyšovač viskozity) naředěný základovým olejem. Ještě se dodá malé množství depresantu pro snížení bodu tuhnutí. Nakonec dojde k načerpání zbytku základového oleje, kterým se propláchnou všechna použitá potrubí po aditivech, aby nedošlo ke kontaminaci další šarže. Celý systém dávkování musí být velmi přesný [1].

Na obrázku 4 je zobrazena mísírna olejů, která se nachází v kolínském středisku pardubické rafinérie.



Obrázek 4: Mísírna olejů [18]

Orientační složení motorového oleje pro naftové motory je uvedeno v následující tabulce.

Tabulka 4: Orientační složení motorového oleje pro naftové motory [1]

Materiál	% Hmotnosti
Základový olej	70 – 96
Kovové detergenty	2 – 10
Popelnaté disperzanty	1 – 9
Zn-dithiofosfáty	0,5 – 3
Antioxidanty / protioděrové přísady	0,1 – 2
Modifikátory tření	0,1 – 3
Protipěnovostní přísady	2 – 15 ppm
Snižovače bodu tuhnutí	0,1 – 1,5
Modifikátory viskozity	0 - 10

1.2.3. Viskozitní klasifikace

Volba vhodného motorového oleje, pro konkrétní stroj, motor a výměnný interval, je závislá na viskozitní a výkonové specifikaci.

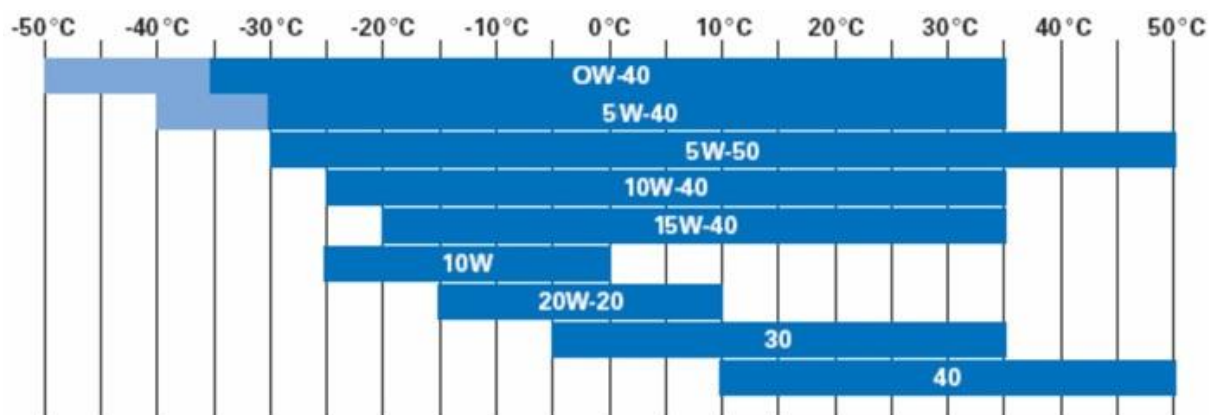
Viskozitní vlastnosti motorového oleje se označují výhradně pomocí klasifikace SAE J 300, kterou vypracovala americká společnost automobilních inženýrů SAE (Society of Automotive Engineers). Značení motorových olejů pomocí viskozitní specifikace má většinou tvar např. SAE 15W-40, SAE 10W-40, SAE 0W-30, SAE 5W-30 [1, 4].

Číslo u písmene W (anglická zkratka Winter) charakterizuje vlastnosti motorového oleje za nízkých teplot, tj. čerpatelnost oleje, která se měří při záporných teplotách až -35°C . Čím je tato hodnota nižší, tím bude olej tekutější v mrazivém počasí. Díky tomu lze, i v zimním období, lépe nastartovat studený motor a olej se rychleji dostane na všechna mazaná místa. Orientačně platí, že oleje 0W umožňují bezproblémové nastartování motoru i při teplotě pod -50°C , oleje 5W při teplotě -40°C a podobně. U moderních konstrukcí spalovací motorů, se stále více využívají motorové oleje s co nejnižším zimním číslem. Hlavním důvodem je snížení opotřebení motoru při studených startech. Při použití motorového oleje SAE 15W-40 v zimě, může trvat u studeného motoru až 20 sekund, než se olej dostane na všechna potřebná místa. Použitím oleje SAE 0W-30 za stejných podmínek, lze tento čas zkrátit na pouhou 1 vteřinu [4, 5].

Druhé číslo (letní značení) garantuje vlastnosti oleje za vysokých teplot. Obecně platí, že čím vyšší je toto číslo, tím je olej při provozní teplotě hustší a klade větší odpor proti pohybu třecích ploch. Díky tomu nedochází k trhání mazacího filmu ani při vysokých letních teplotách a je zajištěno dostatečné mazání motoru. Pro evropské klimatické podmínky jsou plně dostačující

třídy 40 případně 50. Při porovnání olejů SAE 15W-40, 10W-40 a 5W-40 je zřejmé, že při provozní teplotě budou mít všechny tyto oleje stejnou viskozitu. Rozdílná bude pouze tekutost a čerpatelnost při nízkých teplotách [4, 5].

Na následujícím obrázku jsou zobrazeny doporučené viskozitní třídy SAE motorových olejů podle vnějších teplot.



Obrázek 5: Doporučené viskozitní třídy SAE motorových olejů podle vnějších teplot [8]

Dříve se používali, i u spalovacích motorů osobních automobilů, takzvané jednostupňové (jednosezónní) oleje, které se značí pouze jedním číslem např. SAE 30, SAE 40. Tyto oleje se v současné době používají v některých zemědělských strojích, zahradní technice apod. Jako automobilové motorové oleje se dnes používají výhradně vícestupňové oleje pro celoroční provoz motoru za rozdílných klimatických podmínek. Tyto oleje se označují kombinací zimní a letní třídy např.: 0W-40, 5W-50, 10W-40, 15W-40 apod. [4]. V tabulce 5 je uvedena viskozitní klasifikace motorových olejů SAE J 300.

Tabulka 5: Viskozitní klasifikace motorových olejů SAE J 300 01/2015 [19]

Viskozitní třída SAE	Dynamická viskozita [mPa·s] v CCS při teplotě [°C] max.	Mezní čerpatelnost Viskozita [mPa·s], [°C]	Kinematická viskozita při 100°C [mm ² /s]		Dynamická viskozita při 150°C [mPa·s]
			min.	max.	
0W	6 200 při – 35	60 000 při – 40	3,8		
5W	6 600 při – 30	60 000 při – 35	3,8		
10W	7 000 při – 25	60 000 při – 30	4,1		
15W	7 000 při – 20	60 000 při – 25	5,6		
20W	9 500 při – 15	60 000 při – 20	5,6		
25W	13 000 při – 10	60 000 při – 15	9,3		
8			4,0	6,1	1,7
12			5,0	7,1	2,0
16			6,1	8,2	2,3
20			6,9	9,3	2,6
30			9,3	12,5	2,9
40			12,5	16,3	2,9 a)
40			12,5	16,3	3,7 b)
50			16,3	21,9	3,7
60			21,9	26,1	3,7

a) pro třídy SAE 0W, 5W a 10W

b) pro třídy SAE 15W, 20W, 25W a 40

Parametr viskozity CCS (Cold Cranking Simulator), který je uveden v předcházející tabulce, slouží pro měření viskozity za určitých podmínek, jako je nízká teplota a velký smykový spád. Tyto podmínky jsou charakteristické pro kluzné ložisko klikového hřídele při startu studeného motoru. Jde o věrné napodobení podmínek panujících v klikové skříní. Díky tomu lze experimentálně stanovit, jak olej plní svoji funkci za nízké teploty [5].

V poslední době dochází k prodlužování servisních intervalů u moderních spalovacích motorů, s čímž souvisí používání nízkoviskózních tzv. lehkoběžných motorových olejů 0W-30, 5W-30, 0W-20. Čím je viskozita nižší, tím kladou pohybující se části motoru menší odpor. Důsledkem toho dochází ke snížení spotřeby paliva, a tím i ke snížení emisí výfukových plynů. Negativním dopadem lehkoběžných olejů je zvýšení hlučnosti motoru. Použití nízkoviskózních olejů není vhodné u starších automobilů a u automobilů s krátkým ročním nájazdem (do 10 000 km), nebo pro převažující mimoměstský provoz. Zde je z ekonomických důvodů vhodné volit oleje SAE 10W-40 nebo 15W-40, které je vhodné použít i v případě zvýšené

spotřeby motorového oleje, kdy přispívají k dotěsnění pístu ve válci a mohou tak snížit spotřebu oleje [6, 7].

1.2.4. Výkonnostní klasifikace

Vlastnosti motorových olejů, při různých podobách provozního zatížení, jsou charakterizovány pomocí mezinárodních výkonových klasifikací. Mezi tyto vlastnosti patří ochrana proti otěru, oxidaci a korozi stěn válců, ochrana proti tvorbě úsad za vysokých teplot, oxidační stabilita, pění oleje a podobně. Oproti viskozitní klasifikaci, kde se používá výhradně třídění podle SAE, se u výkonové klasifikace používá poměrně velké množství norem. Jedná se o následující klasifikace:

- API (American Petroleum Institute, USA),
- CCMC (Comité des Constructeurs d'Automobile du Marché Commun, EU),
- ACEA (Association des Constructeurs Européens d'Automobile, EU),
- firemní normy výrobců motorů a vozidel (VW, MAN, BMW, Volvo, Porsche aj.),
- MIL-L (normy americké armády),
- jiné klasifikace (ILSAC atd.) [5, 7].

Výkonnostní klasifikace API

Jedná se o starší, ale stále používanou klasifikaci, která je specifikována zvláště pro zážehové motory a zvláště pro motory vznětové. Pro označení výkonnosti motorových olejů používá písmena, která mohou být doplněna číslicemi. Písmeno S (Service) na začátku označení motorového oleje znamená, že jde o olej pro benzinové motory. Písmeno C (Commercial) označuje oleje pro motory naftové. Následující písmeno charakterizuje vlastní výkonnost oleje. Používají se písmena podle abecedního pořadí. Obecně tedy platí, že čím je toto písmeno dále v abecedě, tím je olej kvalitnější. Dnes je většina olejů použitelná jak pro zážehové, tak i vznětové motory. Tyto oleje jsou označovány kombinací obou specifikací např. SL/CF (olej prioritně pro benzinové motory, použitelný i pro naftové motory), CE/SG (olej prioritně pro naftové motory, použitelný i pro motory benzinové) [5, 7].

V tabulce 6 a 7 jsou zobrazeny aktuální klasifikace API pro benzinové a naftové motory.

Tabulka 6: Aktuální klasifikace API pro benzinové motory [10]

API	Status	Použití oleje
SN	aktuální	Zavedená v říjnu 2010. Poskytuje vyšší ochranu pístů, při vyšších teplotách a je vhodná tam, kde je požadována přísnější kontrola kalu a kompatibility s těsněními. Zaručuje vyšší ochranu turbodmychadla a motoru provozovaném na ethanol do E85. Zároveň hovoří o vyšší kontrole emisí a nižší spotřebě paliva.
SM	aktuální	Zavedena 30. listopadu 2004. S obsahem aditiv pro kontrolu deposit, pro zvýšenou oxidační stabilitu, snížení opotřebení a aditiva zlepšující vlastnosti oleje za nízkých teplot.
SL	aktuální	Motory z roku 2001 a mladší.
SJ	aktuální	Motory z roku 1996 a mladší.

Tabulka 7: Aktuální klasifikace API pro naftové motory [10, 11]

API	Status	Použití oleje
CK-4	aktuální	Vysokorychlostní čtyřdobé motory, které plní US emisní normy silničních i nesilničních vozidel roku 2017, motory používající palivo s hmotnostním obsahem síry v rozmezí 15 až 500 ppm (0,0015 % až 0,05 %). Vhodné pro motory s filtrem pevných částic. Tyto oleje zaručují vyšší ochranu katalyzátoru a vyšší ochranu proti oxidaci oleje.
CJ-4	aktuální	Vysokorychlostní čtyřdobé motory, které plní US emisní normy silničních i nesilničních vozidel z roku 2010, motory používající palivo s hmotnostním obsahem síry v rozmezí 15 až 500 ppm (0,0015 % až 0,05 %).
CI-4	aktuální	Vysokorychlostní, čtyřdobé motory splňující emisní normu z roku 2004 zavedených v roce 2002 a motory se systémem recirkulace výfukových plynů (EGR), užívající palivo s hmotnostním obsahem síry do 0,5 %. Zavedena v roce 2002.
CH-4	aktuální	Vysokorychlostní, čtyřdobé motory, které plní emisní normy z roku 1998, užívající palivo s hmotnostním obsahem síry do 0,5 %. Zavedena v roce 1998.

Výkonnostní klasifikace ACEA

V roce 1996 nahradila dříve používanou klasifikaci CCMC klasifikace ACEA. V současné době je tato klasifikace rozdělena do 3 skupin:

- označení A/B charakterizuje oleje pro zážehové a lehké vznětové motory,
- písmeno C značí oleje pro motory vybavené částicovými filtry,
- písmeno E značí oleje pro vznětové motory nákladních vozů.

Písmeno označující příslušnou skupinu je ještě doplněno číslicí, které vyjadřuje výkonnostní stupeň [12].

V následujících tabulkách jsou uvedeny výkonnostní klasifikace ACEA pro zážehové a lehké vznětové motory, pro motory vybavené částicovými filtry a pro vznětové motory nákladních vozů.

Tabulka 8: Klasifikace ACEA pro zážehové a lehké vznětové motory [12]

ACEA	Popis oleje
A1/B1	Tato třída byla v roce 2016 odstraněna.
A3/B3	Motorový olej stabilní vůči stříhu, určený pro benzínové a naftové motory osobních a lehkých nákladních automobilů s prodlouženými výměnnými intervaly dle doporučení výrobce. Olej i pro náročné provozní podmínky, které jsou definovány výrobcem motoru.
A3/B4	Motorový olej stabilní vůči stříhu, určený pro prodloužené výměnné intervaly osobních a lehkých nákladních automobilů s benzínovými a naftovými motory. Vhodné také pro použití popsané v A3/B3.
A5/B5	Motorový olej stabilní vůči stříhu, určený pro prodloužené výměnné intervaly osobních a lehkých nákladních automobilů s benzínovými a naftovými motory navrženými pro použití nízkoviskózních olejů s viskozitou při vysoké teplotě a vysokém stříhovém zatížení (HTHS viskozitou) 2,9 až 3,5 mPa.s.

Tabulka 9: Klasifikace ACEA pro motory vybavené částicovými filtry [12]

ACEA	Popis oleje
C1	Stabilní oleje s nízkým obsahem SAPS (Sulfate Ash Phosphorus Sulfur – sulfátový popel, síra, fosfor) pro vysoce výkonné zážehové a vznětové motory osobních a lehkých nákladních automobilů s moderními systémy DPF (filtr pevných částic) a TWC (trojcestný katalyzátor) a s minimální viskozitou HTHS 2,9 mPa.s.
C2	Stabilní olej s minimální HTHS viskozitou 2,9 mPa.s a středním obsahem SAPS pro vysoce výkonné motory s DPF a TWC osobních a lehkých nákladních automobilů.
C3	Stabilní olej s minimální HTHS viskozitou 3,5 mPa.s a středním obsahem SAPS pro vysoce výkonné motory s DPF a TWC osobních a lehkých nákladních automobilů.
C4	Stabilní oleje s nízkým obsahem SAPS pro vysoce výkonné zážehové a vznětové motory osobních a lehkých nákladních automobilů s moderními systémy DPF a TWC a s minimální viskozitou HTHS 3,5 mPa.s.
C5	Stabilní oleje se středním obsahem SAPS, snižující spotřebu paliva, pro vysoce výkonné zážehové a vznětové motory osobních a lehkých nákladních automobilů s moderními systémy DPF a TWC a s minimální viskozitou HTHS 2,6 mPa.s.

Tabulka 10: Klasifikace ACEA pro vznětové motory nákladních vozů [12]

ACEA	Popis oleje
E4	Stabilní olej, který poskytuje čistotu pístů, zvýšenou ochranu proti sazím a opotřebením. Doporučuje se pro naftové motory bez DPF navržené do náročných provozních podmínek s výrazně delšími intervaly výměny oleje splňující emisní normu EURO 1 až EURO 5. Je vhodný pro motory se systémy EGR (Exhaust Gas Recirculation) a SCR Nox (Selective Catalitic Reduction).
E6	Stabilní olej, který poskytuje čistotu pístů, zvýšenou ochranu proti sazím a opotřebením. Doporučuje se pro naftové motory s DPF, spalující naftu s nízkým obsahem síry, navržené do náročných provozních podmínek s podstatně delšími intervaly výměny oleje splňující emisní normu EURO 1 až EURO 6. Je vhodný pro motory se systémy EGR a SCR Nox.
E7	Stabilní olej, který poskytuje účinnou ochranu týkající se čistoty pístu a tvorbě lesklých ploch na stěnách válců. Dále poskytuje zvýšenou ochranu proti sazím a opotřebením. Doporučuje se pro naftové motory bez DPF navržené do náročných provozních podmínek s delšími intervaly výměny oleje splňující emisní normu EURO 1 až EURO 5. Je vhodný pro většinu motorů se systémy EGR a SCR Nox.
E9	Stabilní olej, který poskytuje účinnou ochranu týkající se čistoty pístu a tvorbě lesklých ploch na stěnách válců. Dále poskytuje zvýšenou ochranu proti sazím a opotřebením. Doporučuje se pro naftové motory s DPF, spalující naftu s nízkým obsahem síry, navržené do náročných provozních podmínek s delšími intervaly výměny oleje splňující emisní normu EURO 1 až EURO 6. Je vhodný pro většinu motorů se systémy EGR a SCR Nox.

Výkonnostní klasifikace výrobců motorů a vozidel

Většina předních výrobců motorů a vozidel má na motorové oleje další nároky, které nejsou zahrnuty v metodice testů předešlých klasifikací. Mezi nejpoužívanější patří předpisy od automobilky Volkswagen (VW), Mercedes Benz (MB), Man, Volvo apod. [5].

Výkonnostní klasifikace automobilky VW a MB jsou zobrazeny v následujících tabulkách.

Tabulka 11: Výkonnostní klasifikace Volkswagen [13]

VW	Popis oleje
500.00	Vícestupňový olej pro benzinové motory vyrobené do srpna 1999.
501.01	Běžný motorový olej pro některé VW motory vyráběné do roku 2000.
502.00	Pro benzinové motory i do náročných podmínek. Nástupce VW 501.00 a 500.00.
503.00	Pro benzinové motory s prodlouženými výměnnými intervaly.
503.01	Pro vysoce výkonné motory s běžnými i delšími intervaly výměny.
504.00	Nahrazuje VW 503.00 a 503.01. Vhodný pro motory splňující emisní normu EURO IV.
505.00	Běžné vícestupňové oleje pro naftové motory osobních automobilů.
505.01	Pro přeplňované motory se systémy čerpadlo-tryska a common rail.
506.00	Pro vznětové motory s dlouhými intervaly výměny (50000 / 2 roky).
506.01	Vhodné především pro naftové motory se systémem čerpadlo-tryska a prodlouženými výměnnými intervaly.
507.00	Olej s nízkým obsahem SAPS pro naftové motory plnící emisní normu EURO IV s delšími intervaly výměny.
508.00/ 509.00	Nízkoviskózní olej snižující spotřebu paliva a s dlouhou životností pro zážehové i vznětové motory (508.00 zážehové, 509.00 vznětové).

Tabulka 12: Výkonnostní klasifikace Mercedes Benz [14]

MB	Popis oleje
226.5	Pro vozy Mercedes s benzinovým motorem dodávaných aliancí Renault-Nissan.
226.51	Pro vznětové motory aliance Renault-Nissan s DPF.
229.1	Pro zážehové a vznětové motory. Vyšší nároky na olej než ACEA A2/B2.
229.3	Pro benzinové a naftové motory s prodlouženými intervaly výměny. Vyšší nároky na olej než ACEA A3/B3.
229.31	Nízkoviskózní olej s nízkým obsahem SAPS pro benzinové i naftové motory, který může přispět ke snížení spotřeby.
229.5	Lehkoběžné motorové oleje s dlouhými výměnnými intervaly.
229.51	Olej s nízkým obsahem SAPS pro vznětové motory DPF, splňující normu EURO 4.
229.52	Olej s lepší oxidační stabilitou pro motory spalující biopaliva, který přispívá ke snížení spotřeby a prodlužuje interval výměny.

1.3. Automobilové převodové oleje

Důležitou skupinu v oblasti automobilových maziv tvoří převodové oleje. Jde o oleje s velkou přílnavostí, které slouží pro mazání ozubených kol a ložisek převodovek a rozvodovek. Od motorových olejů se odlišují vyšším obsahem vysokotlakých aditiv. U motorových olejů se tyto aditiva používají pouze výjimečně a v malých množstvích. Další rozdílem je, že převodová maziva neobsahují dispergační a detergenční aditiva.

Rozlišujeme dva druhy převodových olejů, a to pro manuální převodovky a pro převodovky automatické.

Manuální převodovky

Manuální převodovky mají oproti automatickým více pohyblivých částí. V důsledku toho dochází k většímu tření a výsledkem může být obtížnější řazení a větší hlučnost. Na oleje pro manuální převodovky jsou kladeny následující požadavky:

- velmi dobrá ochrana proti opotřebení,
- dobrá práce synchronizace,
- teplotní stabilita,
- vynikající chování za nízkých teplot,
- velmi dobrá stříhová stabilita,
- minimální pěnovost,
- snášenlivost s těsnicími materiály,
- snadné řazení.

Aby byla zajištěna hladká synchronizace při všech pracovních podmínkách a teplotách, musí být splněny všechny výše uvedené požadavky [5].

Automatické převodovky

U těchto převodovek se používá převodový olej ATF (Automatic Transmission Fluid), jehož hlavní funkcí je hladký přenos síly z motoru na hnací kola, a to bez přímého zásahu řidiče. Další funkcí je odvod tepla a mazání převodů. Požadavky kladené na tento typ oleje jsou:

- schopnost pracovat jako hydraulická kapalina,
- schopnost provozu za extrémních podmínek,
- zajištění antikorozi ochrany všech částí automatických převodovek,
- minimální pěnovost,
- dokonalá snášenlivost s těsnicími materiály.

Při volbě ATF kapaliny je nutné vycházet z doporučení výrobce, neboť nebyla vytvořena žádná oficiální klasifikace. Celosvětově jsou uznávány pouze specifikace firem Ford (MERCON) a General Motors (DEXRON). Vychází se z obecného pravidla, olej splňující přísnější podmínky může být použit do systému s mírnějšími požadavky, ne však naopak [5, 7].

1.3.1. Viskozitní a výkonová klasifikace

Obdobně jako u motorových olejů, je i volba vhodného převodového oleje závislá na viskozitní a výkonové specifikaci. Rovněž se používá viskozitní klasifikace SAE, která je zobrazena v tabulce 13.

Tabulka 13: Viskozitní klasifikace automobilových převodových olejů SAE J306 [19]

Viskozitní třída SAE	Maximální teplota při 150 000 mPa.s [°C]	Kinematická viskozita při 100°C minimum [mm ² /s]	Kinematická viskozita při 100°C maximum [mm ² /s]
70W	-55	4.1	-
75W	-40	4.1	-
80W	-26	7.0	-
85W	-12	11.0	-
80	-	7.0	11.0
85	-	11.0	13.5
90	-	13.5	24.0
140	-	24.0	41.0
250	-	41.0	-

Výkonová úroveň se u převodových olejů určuje především klasifikací API, jejíž výkonnostní třídy jsou obsaženy v následující tabulce.

Tabulka 14: Klasifikace převodových olejů dle API [19]

API	Popis oleje
GL-1	Neaditivované převodové oleje pro manuálně řazené převodovky a nízké namáhání.
GL-2	Neaditivované převodové oleje pro manuálně řazené převodovky a střední namáhání.
GL-3	Nízkoaditivované oleje pro manuálně řazené převodovky, pro středně těžké zatížení a soustrojí s kuželovými koly.
GL-4	Vysoce aditivované převodové oleje určené zejména pro mazání manuálně řazených převodovek, náprav s hypoidními převody s malým přesazením os mobilní techniky.
GL-5	Vysoce aditivované převodové oleje pro nejtěžší podmínky provozu, pro hypoidní převody s velkým přesazením os a pro převody s proměnným zatížením.

Vyjma této klasifikace se používají také normy významných výrobců automobilů a převodových ústrojí (MAN, Volvo, Volkswagen, Mercedes-Benz aj.) [5].

2. VYBRANÉ FYZIKÁLNĚ-CHEMICKÉ PARAMETRY MOTOROVÝCH OLEJŮ

2.1. Viskozita

Významnou hodnotou charakterizující motorový olej je viskozita. Jde o veličinu, která udává míru vnitřního tření oleje při jeho pohybu. Oleje s nižší viskozitou jsou tekutější a mají tedy menší odpor proti proudění. Naopak oleje s vyšší viskozitou jsou hustší a mají vyšší odpor proti proudění a tím i pomalejší tok, přeneseně pak i vyšší odpor proti vzájemnému pohybu dvou mazaných částí. Nejedná se o hodnotu konstantní, jelikož se mění v závislosti na teplotě (se vzrůstající teplotou klesá viskozita kapaliny). Během provozu motoru dochází ke změnám teploty a tlaku a pro zajištění co nejlepší funkce motoru je žádoucí, aby se viskozita oleje měnila co nejméně. Viskozita určuje:

- únosnost mazacího filmu,
- velikost odporů při rozběhu pohyblivých částí stroje,
- těsnící schopnost, čerpatelnost a tepelnou vodivost maziva [5, 7, 15].

Viskozita se měří pomocí viskozimetru, kde vzorek oleje protéká skleněnou kapilárou za stálé a přesně dané teploty. Měří se čas, během kterého projde přesné množství oleje mezi dvěma ryskami. Změřený čas se nakonec vynásobí konstantou viskozimetru, čímž se získá hodnota kinematické viskozity ν [$mm^2 \cdot s^{-1}$]. Dalším, méně používaným způsobem, je měření podle rychlosti pádu kuličky v kapalině nebo měření na základě přenosu rotačního momentu. Viskozita motorových olejů se měří při 40 °C (přibližná teplota oleje po startu motoru) a při 100 °C (přibližná provozní teplota motorového oleje). [5, 15]

Dynamická viskozita η [$mPa \cdot s$] se používá pro charakterizaci nízkoteplotních vlastností olejů a HTHS viskozity. Na rozdíl od dynamické viskozity je kinematická viskozita ovlivněna zemskou přitažlivostí, jelikož se měření provádí ve svislé poloze a kapalina teče dolů. Dynamická viskozita lze vypočítat ze vztahu

$$\eta = \nu \cdot \rho.$$

Jde o součin kinematické viskozity ν a hustoty ρ [$kg \cdot m^{-3}$] [15].

2.2. Viskozitní index

Závislost změny viskozity na teplotě je vyjádřena viskozitním indexem. Jde o bezrozměrnou veličinu a platí, že čím vyšší je hodnota viskozitního indexu, tím méně se mění viskozita oleje

s teplotou. Právě co nejmenší změna viskozity s rostoucí teplotou je u motorových olejů velmi důležitá, protože olej musí zajistit kvalitní mazání jak při nízké teplotě (rozběh motoru), tak i při teplotě provozní, která je zvláště u spalovacích motorů značně vyšší. Viskozita olejů nezávisí pouze na teplotě, ale také na tlaku, druhu proudění, na uhlovodíkovém složení a na obsahu aditiv. Viskozitní index jednostupňových olejů se pohybuje kolem hodnoty 100, zatímco vícestupňové oleje mají VI až 150 i více [5, 7].

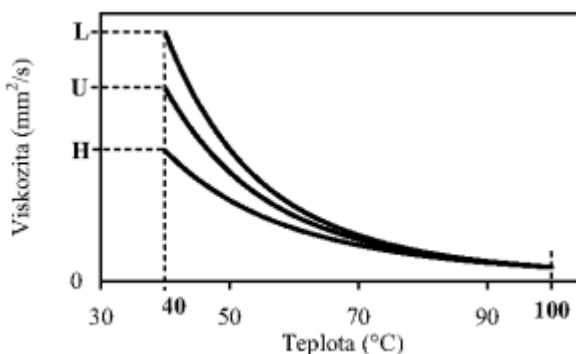
Stanovení viskozitního indexu je založeno na porovnání změny kinematické viskozity měřené při 40 °C a 100 °C daného oleje se standardním mazacím olejem. Pro výpočet je důležité vybrat z tabulek dva odpovídající standardní oleje, přičemž jeden z těchto vybraných olejů má viskozitní index 100 a druhý viskozitní index 0. Důležité je, aby oba oleje měli stejnou kinematickou viskozitu při 100 °C jako má námi zkoumaný olej (viz obrázek 6). Následně se v tabulkách vyhledá viskozita těchto standardních olejů při 40 °C. Poté následuje výpočet dle následujícího vzorce:

$$VI = \frac{L-U}{L-H} \cdot 100.$$

L – viskozita v $\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ při 40 °C standardního oleje s VI = 0.

H – viskozita v $\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ při 40 °C standardního oleje s VI = 100.

U – viskozita v $\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ při 40 °C měřeného vzorku [20].



Obrázek 6: Teplotní závislost standardních olejů s VI = 0 (L), VI = 100 (H) a vybraného oleje, jehož VI se stanovuje (U) [20]

2.3. HTHS viskozita

U olejů, které obsahují modifikátory viskozity pro zvýšení viskozitního indexu, lze při vysokém smykovém spádu zaznamenat pokles viskozity. Modifikátory viskozity jsou polymerní látky, což znamená, že je jejich molekula podlouhlá. Pro lepší představu je lze

přirovnat ke tvaru provázku. Tyto provázky jsou při nižších teplotách svinuty do spirálky a se zvyšující se teplotou se rozvinují a vzájemně proplétají, čímž se spirála zahušťuje. Polymerní látky jsou, zejména v olejovém čerpadle, stříhově namáhány a dochází k jejich trhání na menší molekuly, což má za následek snížení viskozity oleje. Z tohoto důvodu je u vícestupňových olejů předepsána HTHS viskozita [7, 16].

HTHS (High Temperature High Shear) je dynamická viskozita měřená při vysoké teplotě (150 °C) a velkém smykovém spádu (10^6 s^{-1}). Smykový spád je definován jako podíl rychlosti pohybující se části (čepu ložiska, pístu apod.) a tloušťky mazacího filmu. HTHS viskozita má tedy určitý vztah k síle (tloušťce) mazacího filmu. Čím vyšší je HTHS viskozita, tím olej tvoří silnější (tlustší, ne pevnější) mazací film. Nízká HTHS viskozita může způsobit přetržení olejového filmu mezi dvěma třecími plochami, které pak nejsou dostatečně mazány. Měření HTHS viskozity probíhá za simulace podmínek velmi rychle se pohybujících částí motoru se současným působením vysoké teploty určitého místa. Provádí se normovanými přístroji, které mohou pracovat na dvou různých principech. První spočívá na odporu kovového válečku, který velmi rychle rotuje v oleji, druhý je založen na principu proudění oleje kapilárou pod vysokým tlakem [16].

HTHS viskozita je úzce spjata s výkonovou charakteristikou (API, VW atd.). I proto je velmi důležité dodržovat předepsanou výkonovou charakteristiku, která zaručuje, že olej má určitou minimální hodnotu HTHS viskozity pro bezproblémový provoz a dlouhou životnost motoru. Při dodržení předepsané minimální HTHS viskozity je zaručené dostatečné mazání všech míst v motoru, i velmi namáhaná místa jako je skupina pístních kroužků, ventilová skupina, turbodmychadlo apod. Důležitou hodnotou HTHS viskozity je 3,5 mPa·s. Tato hodnota rozděluje oleje na oleje s normální HTHS viskozitou (HTHS > 3,5 mPa·s) a oleje se sníženou HTHS viskozitou (HTHS < 3,5 mPa·s). Motorové oleje, které mají normální HTHS viskozitu lze použít kdykoliv a nemohou uškodit žádnému motoru. Oleje se sníženou HTHS viskozitou se mohou použít jen v případě, že je to povoleno výrobcem motoru. V dnešní době je těchto motorů o mnoho více než před několika málo lety. Jde o trend, kterým se vydává většina výrobců automobilů, a to zejména z důvodu snížení spotřeby paliva, se kterým úzce souvisí i nižší emise CO₂. Výhodu použití motorových olejů se sníženou HTHS viskozitou je tedy nižší spotřeba paliva, nevýhodou je naopak vyšší spotřeba motorového oleje [16].

2.4. Kyselost a alkalita motorových olejů

Důležitou, ale ne příliš často zmiňovanou vlastností motorových olejů, je kyselost a alkalita. Kyselé látky jsou v motorovém oleji nežádoucí, protože přispívají ke značné korozi motoru.

Kvůli tomu každý olej obsahuje alkalické sloučeniny, které slouží k neutralizaci působení kyselých látek. Těmto alkalickým látkám se říká alkalická rezerva oleje a vyjadřuje se pomocí hodnoty celkového čísla alkality TBN (Total Base Number). Čím vyšší je hodnota TBN, tím déle olej dokáže neutralizovat kyselé látky. Podobně jako alkalita se i kyselost oleje vyjadřuje pomocí hodnoty celkového čísla kyselosti TAN (Total Acid Number). Tato hodnota představuje množství slabě i silně kyselých látek v oleji. Jednotkou kyselosti TAN a alkality TBN je *mg KOH/g*. Například olej s TAN = 6 mg KOH/g obsahuje v 1 g tolik kyselých látek, které lze neutralizovat 6 mg hydroxidu draselného [17].

Hodnoty TAN i TBN se stanovují v laboratoři titračně. Například pro stanovení TAN se nejdříve rozpustí vzorek oleje v neutrálním rozpouštědle a poté se k němu po kapkách přidává roztok hydroxidu draselného až do momentu, kdy olej přestane vykazovat kyselé vlastnosti a převládnu naopak alkalické vlastnosti díky dodanému hydroxidu. Tento moment je možné rozpoznat například podle změny barvy barevného indikátoru nebo pomocí detekce některých elektrochemických vlastností oleje (nejčastěji jde o tzv. potenciometrickou titraci). Hodnota TAN se určí z množství dodaného hydroxidu. Obdobně se stanovuje také hodnota TBN [17].

Výskyt kyselých látek v oleji

Základové oleje jako takové jsou vždy neutrální. Zdrojem kyselých látek v novém oleji jsou však některá aditiva (antioxidanty, mazivostní přísady). Další kyselé látky vznikají při provozu motoru oxidační degradací oleje a také při spalování paliva ve válci.

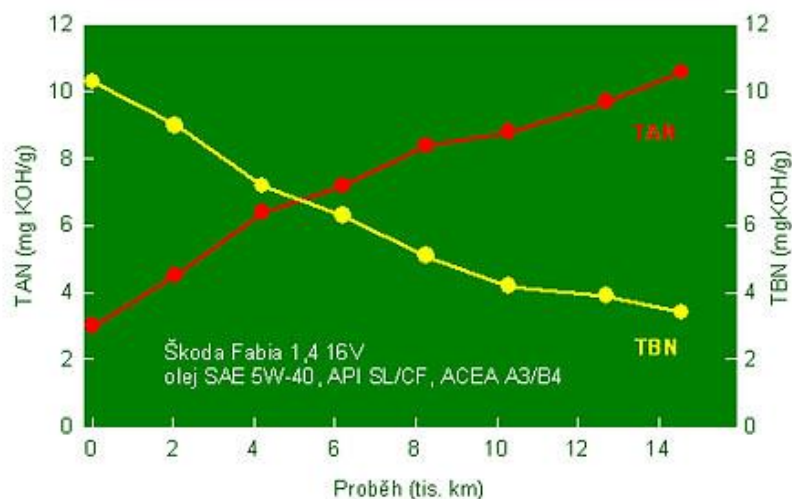
Palivo není ve válci nikdy dokonale spáleno, a proto výfukové plyny obsahují všechny meziprodukty oxidace (aldehydy, ketony apod.), které jsou téměř všechny kyselé s různým stupněm kyselosti. Dalším zdrojem kyselin jsou oxidy dusíku (NO_x). Ty vznikají oxidací vzdušného dusíku se vzdušným kyslíkem při vysokých teplotách spalování paliva. Oxidy dusíku poté ve styku s vodou, která je také obsažena ve spalinách, vytváří velmi silné kyseliny. Podobné je to i se sírou, která je obsažena v palivu (dnes je její množství v palivu legislativně omezeno). Sírné látky v palivu tvoří při spalování oxidy síry, které reagují s vlhkostí a vznikají velmi silné kyseliny [17].

Na zvyšování kyselosti oleje mají vliv také studené starty motoru a jízda převážně krátkých tras, při kterých se motor nestihne dostatečně ohřát. Po nastartování studeného motoru jsou ve válci horké spaliny, ale olej je studený. Protože spalovací prostor nelze dostatečně utěsnit, dochází k profukování částí spalin přes pístní kroužky do klikové skříně motoru. Horké spaliny obsahují kyselé látky, které se dostanou do kontaktu s chladnými stěnami olejové vany nebo

přímo se studeným olejem a dojde k jejich kondenzaci v oleji nebo na stěnách olejové vany. K podobným procesům dochází i při provozní teplotě motoru, ale v mnohem menší míře [17].

Kyselost a alkalita při provozu motoru

Během provozu motoru narůstá kyselost (TAN) a zároveň klesá alkalita (TBN) motorového oleje. Pro správnou funkci motorového oleje, kam kromě dokonalého mazání patří také ochrana proti korozi je podstatné, aby byla během provozu pokaždé vyšší hodnota TBN než hodnota TAN. Při splnění této podmínky dokáže motorový olej odstraňovat neustálý přísun kyselých látek z provozu motoru. Reálný průběh hodnot TAN a TBN, během celého výměnného intervalu, je zobrazen na následujícím obrázku.



Obrázek 7: Reálný průběh kyselosti (TAN) a alkality (TBN) motorového oleje při provozu motoru [17]

Z obrázku je patrné, že podmínka o vyšší hodnotě TBN přestává být splněna někde mezi 4 – 6 tis. km. Jelikož hodnota TAN zahrnuje i slabě kyselé látky, které nemají zásadní vliv na korozi kovů, existují i mírnější požadavky na hodnoty TAN a TBN, které dovolují nárůst TAN až na 80 % hodnoty TBN nového oleje nebo pokles TBN až na polovinu původní hodnoty. Z obrázku 6 lze tedy odhadnout, že přibližně mezi 8–10 tis. km měl být tento olej vyměněn. Další provoz oleje stupňoval pravděpodobnost koroze motoru, se kterou souvisí životnost motoru. Průběh kyselosti a alkality zobrazený na obrázku 6 pochází z automobilu, který byl provozován zejména v městském provozu. Tento a podobné typy provozu přispívají k velmi rychlé degradaci motorového oleje. Proto není vhodné pro vozidla, u kterých převažuje městský provoz, ponechávat olej v motoru po celou maximální doporučenou výměnnou lhůtu [17].

2.5. Čistící vlastnost olejů

Velmi důležitou vlastností motorových olejů je kromě mazání také to, aby udržely motory v dokonalé čistotě po celou dobu jejich životnosti. K plnění této funkce motorového oleje slouží

detergenty, které mají za úkol neustále čistit kovové povrchy motoru a uvolňovat zárodky různých usazenin, kalů nebo karbonových povlaků z povrchu mazaných dílů. Disperzanty jsou obsaženy v oleji, aby nedocházelo ke shlukování nečistot, zvětšování jejich rozměrů a jejich opětovnému usazení v olejovém systému. Disperzanty každou částici nečistoty obalí a zabrání vzájemnému shlukování a usazování. Každá molekula disperzantů má jeden konec polární, který se přichytí na nečistotě, druhý konec je nepolární a dokonale rozpustný v oleji. Díky tomu se malé částičky nečistot v oleji nemohou usadit. Obalená částička nečistot je většinou mnohem menší, než je tloušťka mazacího filmu a bez problému projde všemi filtry, proto v oleji nepůsobí žádné podstatné problémy. Pro správnou funkci detergentní a disperzní vlastnosti je nutné dodržovat výměnné intervaly. Časem se v oleji hromadí také větší částice různých nečistot (prachu, otěru apod.), se kterými si disperzantní přísady nejsou schopny poradit [18].

3. STANOVENÍ FYZIKÁLNÍCH PARAMETRŮ MOTOROVÝCH A PŘEVODOVÝCH OLEJŮ

Mezi nejvýznamnější fyzikální parametry motorových a převodových olejů patří viskozita a viskozitní index, které jsou uvedeny v technickém listu každého oleje (viz příloha). Mimo těchto zmíněných vlastností může technický list obsahovat také další parametry, jako například bod tuhnutí, hustota, bod vzplanutí a další.

Pro účely této práce bylo připraveno sedm různých vzorků motorových olejů, u kterých byla měřena viskozita při různých teplotách (40 °C a 100 °C) a na základě naměřených hodnot byl vypočten viskozitní index. Hlavní složkou každého vzorku je jeden či více základových olejů. Tato složka má u všech vzorků přibližně stejnou kinematickou viskozitu naměřenou při 100 °C a to $5,3 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. To znamená, že pokud je ve vzorku pouze jeden základový olej, má kinematickou viskozitu při 100 °C přibližně $5,3 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. Je-li vzorek tvořen ze dvou základových olejů (každý s různou kinematickou viskozitou při 100 °C), má i tato směs před přidáním dalších přísad přibližně stejnou kinematickou viskozitu při 100 °C tedy $5,3 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. Součástí experimentu bylo zjistit, jak se tato kinematická viskozita u jednotlivých vzorků změní po přidání různých přísad.

U převodových olejů byl postup obdobný. Byly připraveny tři vzorky, jejichž hlavní část tvořila směs dvou základových olejů. Každá tato směs měla opět shodnou kinematickou viskozitu při 100 °C, jak tomu bylo i u vzorků motorových olejů, s tím rozdílem, že se v tomto případě jednalo o hodnotu $12,6 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$.

Celý experiment probíhal v laboratoři společnosti Valar Czech Oil, a. s., ve spolupráci s Jiřím Klapkou a Lenkou Tanclovou.

3.1. Příprava vzorků

Samotnému měření viskozity předcházela příprava vzorků motorových a převodových olejů. V případě motorových olejů byl postup následující. První vzorek byl vytvořen pouze ze dvou základových olejů a neobsahoval žádné další přísady. Pro přípravu vzorku číslo dvě byl použit vzorek číslo jedna, do kterého byla po provedení potřebného měření přidána výkonová přísada. Poté bylo opět provedeno měření a následně byla do vzorku přidána ještě viskozitní přísada. Tím vznikl vzorek číslo tři, u kterého byla měřena kinematická viskozita při 40 °C, při 100 °C a vypočten viskozitní index. U dalších vzorků se postupovalo jiným způsobem,

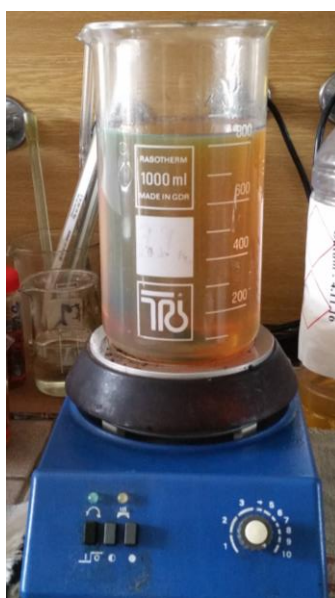
a to tak, že se každý vzorek připravoval nezávisle na předchozím vzorku. Jednotlivé vzorky se od sebe odlišovaly jednak typem základových olejů, tak i použitými přísadami.

Co se týče převodových olejů, postup byl obdobný jako u většiny vzorků motorových olejů, tedy každý vzorek byl připravován samostatně.

Aby byl vzorek správně připraven musí se jednotlivé složky řádně odvážit a důkladně promíchat (10 až 15 minut). Nejprve byly jednotlivé přísady odváženy na digitální váze s přesností na setiny gramu (obrázek č. 8) a následně promíchány za použití magnetické míchačky (obrázek č. 9).



Obrázek 8: Míchání vzorků [autor]



Obrázek 9: Odvažování vzorků [autor]

Tímto způsobem bylo připraveno deset vzorků, jejichž složení je uvedeno v tabulce číslo 15.

Tabulka 15: Složení vzorku motorových a převodových olejů [autor]

Vzorek č.	Složení	Obsah [%]
Motorové oleje		
1	Základový olej č. 1 (skupina III)	50
	Základový olej č. 2 (skupina III)	50
2	Základový olej č. 1 (skupina III)	43,8
	Základový olej č. 2 (skupina III)	43,9
	Výkonová přísada A	12,3
3	Základový olej č. 1 (skupina III)	41,4
	Základový olej č. 2 (skupina III)	41,5
	Výkonová přísada A	12,3
	Viskozitní přísada typ A	4,8
4	Základový olej č. 3 (skupina II+)	82,9
	Viskozitní přísada typ A	4,8
	Výkonová přísada A	12,3
5	Základový olej č. 4 (typ PAO)	50,6
	Základový olej č. 5 (typ PAO)	32,3
	Viskozitní přísada typ A	4,8
	Výkonová přísada A	12,3
6	Základový olej č. 3 (skupina II+)	82,9
	Viskozitní přísada typ B	4,8
	Výkonová přísada A	12,3
7	Základový olej č. 3 (skupina II+)	82,9
	Viskozitní přísada typ C	4,8
	Výkonová přísada A	12,3
Převodové oleje		
8	Základový olej č. 6 (skupina II+)	61
	Základový olej č. 7 (skupina I)	33
	Viskozitní přísada typ D	4
	Výkonová přísada B	2
9	Základový olej č. 5 (typ PAO)	62
	Základový olej č. 7 (skupina I)	32
	Viskozitní přísada typ D	4
	Výkonová přísada B	2
10	Základový olej č. 6 (skupina II+)	61
	Základový olej č. 7 (skupina I)	33
	Viskozitní přísada typ E	4
	Výkonová přísada B	2

Jednotlivé složky výše uvedených vzorků a jejich fyzikální parametry jsou zobrazeny v tabulce číslo 16.

Tabulka 16: Přísady a jejich fyzikální parametry [autor]

Přísada	KV 40 °C [mm ² ·s ⁻¹]	KV 100 °C [mm ² ·s ⁻¹]	VI
Základový olej č. 1 (skupiny III)	19,74	4,32	129
Základový olej č. 2 (skupiny III)	39,5	6,45	130
Základový olej č. 3 (skupiny II+)	30,38	5,48	118
Základový olej č. 4 (skupiny IV PAO)	18,5	4,09	128
Základový olej č. 5 (skupiny IV PAO)	8,2	46,89	149
Základový olej č. 6 (skupiny II+)	52,67	7,93	118
Základový olej č. 7 (skupiny I)	488,15	29,62	87
Výkonová přísada A	2865	146	
Výkonová přísada B	42		
Viskozitní přísada typ A		1250	
Viskozitní přísada typ B		1600	
Viskozitní přísada typ C	Do 9000		
Viskozitní přísada typ D		1200	
Viskozitní přísada typ E		650	

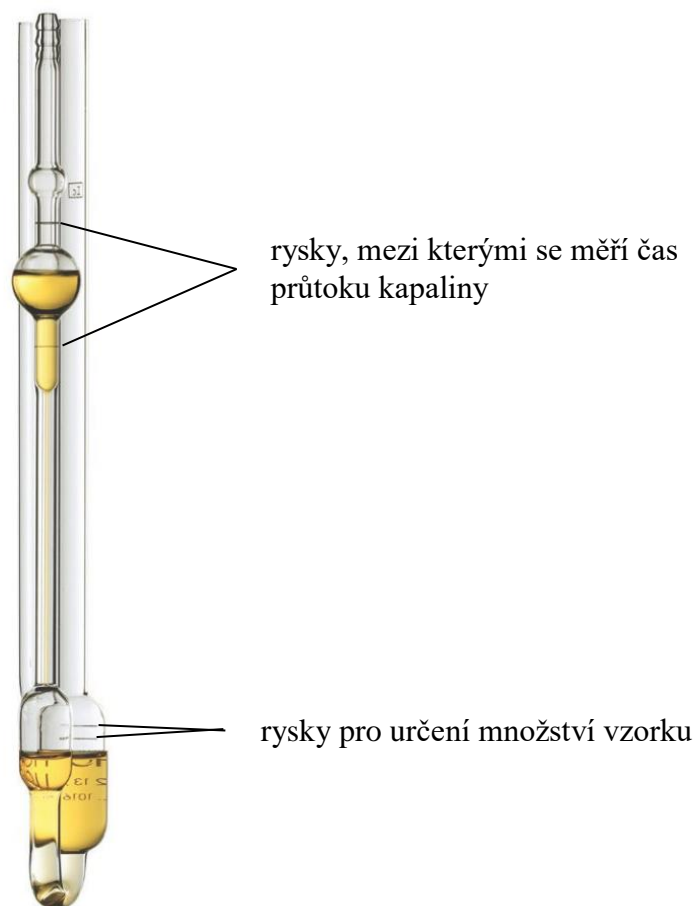
KV 40 °C – Kinematická viskozita při 40 °C dle ČSN EN ISO 3104

KV 100 °C – Kinematická viskozita při 100 °C dle ČSN EN ISO 3104

VI – Viskozitní index dle ČSN 65 6218

3.2. Měření fyzikálních parametrů

Poté co byly všechny vzorky olejů připraveny, přešlo se k samotnému měření kinematické viskozity dle normy ČSN EN ISO 3104 při 40 °C a 100 °C. Viskozita při 40 °C byla měřena pomocí kapilárního viskozimetru následujícím způsobem. Požadované množství vzorku bylo nalito do skleněné kapiláry (obrázek č. 10), která se následně umístila do vodní lázně o teplotě 40 °C (obrázek č. 11). Když vzorek dosáhl požadované teploty, nasál se podtlakem do horní části skleněné kapiláry. Nasávání muselo probíhat pomalu, aby se nevytvořily nežádoucí bublinky uvnitř vzorku. Poté se nechala kapalina volně stékat kapilárou a byl měřen čas (v sekundách), za jak dlouho projde přesné množství oleje mezi dvěma ryskami. Naměřený čas byl vynásoben konstantou kapiláry (každá kapilára má svou konstantu danou výrobcem). Výsledkem byla hodnota kinematické viskozity při 40 °C v jednotkách mm²s⁻¹.



Obrázek 10: Kapilární viskozimetr [21]



Obrázek 11: Viskozimetr ve vodní lázni [autor]

Stejným způsobem byla měřena hodnota kinematické viskozity při 100 °C, ale místo vodní lázně byla použita lázeň olejová.

Co se týče hodnot viskozitních indexů našich vzorků, byly vypočteny dle normy ČSN 65 6218. Postup výpočtu byl popsán ve druhé kapitole. V praxi lze viskozitní index spočítat pomocí počítačového programu, kam se zadají vypočítané hodnoty kinematických viskozit při 40 °C a 100 °C. Program následně provede výpočet a zobrazí hodnotu viskozitního indexu (obrázek 12).

Calculate the Viscosity Index (VI)	
Viscosity cSt (mm ² /s) @ 40°C	61.63
Viscosity cSt (mm ² /s) @ 100°C	9.96
Viscosity Index	147
<input type="button" value="Calculate"/> <input type="button" value="Clear"/>	

Obrázek 12: Program na výpočet viskozitního indexu [autor]

Hodnoty naměřených viskozit a viskozitních indexů jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 17: Fyzikální parametry vzorků motorových a převodových olejů [autor]

Vzorek č.	KV 40 °C [mm ² ·s ⁻¹]	KV 100 °C [mm ² ·s ⁻¹]	VI
Motorové oleje			
1		5,23	
2		7,39	
3	61,63	9,96	147
4	68,20	11,12	156
5	61,41	10,44	160
6	69,63	11,24	154
7	156,99	20,99	157
Převodové oleje			
8	125,93	15,97	135
9	118,68	15,12	132
10	120,08	14,50	122

KV 40 °C – Kinematická viskozita při 40 °C dle ČSN EN ISO 3104

KV 100 °C – Kinematická viskozita při 100 °C dle ČSN EN ISO 3104

VI – Viskozitní index dle ČSN 65 6218

3.3. Interpretace výsledků

Jak už bylo zmíněno v úvodu třetí kapitoly, podstatou experimentu nebylo pouhé stanovení kinematické viskozity a viskozitního indexu u jednotlivých vzorků, ale také zjištění, jak se změní kinematická viskozita při 100 °C u rozdílných směsí základových olejů po přidání různých přísad (vycházíme-li z předpokladu, že každá tato směs má před přidáním dalších přísad přibližně shodnou kinematickou viskozitu při 100 °C).

3.3.1. Motorové oleje

V případě prvních třech vzorků si můžeme povšimnout, že po přidání výkonové přísady A do prvního vzorku, který se skládá pouze ze dvou základových olejů (základový olej č. 1 a základový olej č. 2) vzrostla kinematická viskozita z $5,23 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ na $7,39 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. Po přidání viskozitní přísady typu A se kinematická viskozita ještě navýšila na hodnotu $9,96 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ a vznikl vzorek plnohodnotného motorového oleje s viskozitním indexem 147 a s viskozitními vlastnostmi viskozitní třídy SAE 5W-30.

U vzorku číslo čtyři byl použit základový olej č. 3, který se vyznačuje vyšší vnímavostí na přísady (zejména viskozitní) oproti směsi základových olejů č. 1 a č. 2. Můžeme si tedy povšimnout, že po přidání stejného množství přísad (výkonová přísada A a viskozitní přísada typ A) došlo k většímu nárůstu kinematické viskozity a také viskozitního indexu, než u vzorku číslo tři. Naměřená kinematická viskozita dosahovala hodnoty $11,12 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ a viskozitní index 156.

Vzorek číslo pět je složený ze směsi dvou základových olejů typu PAO (základový olej č. 4 a základový olej č.5). Tyto oleje zajistily optimální nárůst kinematické viskozity na hodnotu $10,44 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ a nejvyšší dosažený viskozitní index z naměřených vzorků který dosahoval hodnoty 160. Opět si můžeme povšimnout, že po přidání stejného množství totožných přísad jsou naměřené hodnoty odlišné než u předchozích vzorků.

V případě vzorku číslo šest byl použit pouze jeden základový olej (základový olej č. 3), stejně jako u vzorku číslo čtyři. Byla přidána také stejná výkonová přísada (výkonová přísada A), ale rozdílná viskozitní přísada (viskozitní přísada typ B). Vše ve stejných poměrech. Přestože viskozitní přísada typu B má kinematickou viskozitu značně vyšší, než viskozitní přísada typu A, bylo dosaženo obdobných výsledků jako u vzorku číslo čtyři. V tomto případě byla hodnota kinematické viskozity $11,24 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, což je pouze o $0,12 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ více než u vzorku číslo čtyři. Ani viskozitní indexy se příliš nelišily. U tohoto vzorku se jednalo o hodnotu 154 což je o 2 jednotky méně než u vzorku číslo čtyři.

Pro vzorek číslo sedm byl použit opět stejný základový olej jako v případě vzorků číslo čtyři a šest (základový olej č. 3). Byla použita také stejná výkonová přísada (výkonová přísada A). Vzorek se opět lišil viskozitní přísadou (viskozitní přísada typ C), avšak poměr všech složek zůstal stále neměnný. Tento typ viskozitní přísady zapříčinil výrazně vyšší kinematickou viskozitu a to $20,99 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, přičemž viskozitní index zůstal téměř beze změny, zvýšil se pouze o 3 jednotky.

3.3.2. Převodové oleje

U převodových olejů byl porovnán nejprve vzorek číslo osm a devět, kde byly použity různé základové oleje, ale stejné typy přísad. Následně byly porovnány vzorky číslo osm a deset, které se lišily pouze typem viskozitní přísady, přičemž základové oleje a výkonová přísada byla shodná. Všechny vzorky převodových olejů splňovaly požadavky na oleje s viskozitní třídou SAE 80W-90.

Vzorek číslo osm byl složen ze směsi základových olejů (základový olej č. 6 a základový olej č. 7), výkonové přísady (výkonová přísada B) a viskozitní přísady (viskozitní přísada typ D). Základový olej č. 6 se vyznačuje větší vnímavostí na přísady. V tomto případě dosahovala kinematická viskozita hodnoty $15,97 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ a viskozitní index 135.

U vzorku číslo devět byla použita směs základových olejů (základový olej č. 5 a základový olej č. 7) a stejné přísady ve shodných poměrech jako u vzorku číslo osm, tedy výkonová přísada B a viskozitní přísada typu D. Základový olej č. 5 zajišťuje lepší viskozitní index a v praxi i lepší viskozitní parametry při nízkých teplotách. Naměřené hodnoty se oproti vzorku číslo osm příliš nelišily, kinematická viskozita byla $15,12 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ a viskozitní index 132.

Můžeme si povšimnout, že i když byl použit u vzorku číslo osm základový olej s větší vnímavostí na přísady a u vzorku číslo devět základový olej zajišťující lepší viskozitní index, naměřené hodnoty kinematických viskozit i viskozitních indexů se příliš nelišily.

Poslední vzorek číslo deset byl téměř shodný se vzorkem číslo osm, byly použity základové oleje č. 6 a č. 7 a výkonová přísada B. Vzorek se lišil pouze použitou viskozitní přísadou, v tomto případě byla použita viskozitní přísada typu E, která se vyznačuje vysokou stabilitou ale menším vlivem na změny kinematické viskozity a viskozitního indexu. Naměřené hodnoty byly nižší než u vzorku číslo osm, kinematická viskozita byla $14,50 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ a viskozitní index 122.

Na základě experimentálních výsledků vyplynulo, že nelze pouze např. na základě teoretického výpočtu předem usuzovat o výsledných fyzikálních vlastnostech finálního mazacího oleje, a to vzhledem k tomu, že na tyto parametry mají rozhodující vliv chemické vlastnosti základových olejů a použitých zušlechťujících přísad.

ZÁVĚR

Mazací oleje jsou nedílnou součástí každého dopravního prostředku, neboť snižují tření a tím i opotřebením jednotlivých třecích částí. Mezi neobtížnější místa na mazání spalovacích motorů dopravních prostředků patří třecí dvojice pístního kroužku a válce. Opotřebením tohoto místa je závislé zejména na použitém motorovém oleji. Proto je nutné používat kvalitní motorové oleje, které se musí vybírat s ohledem na viskozitní klasifikaci SAE a výkonovou klasifikaci, která je předepsána pro daný dopravní prostředek výrobcem.

Každý mazací olej se vyznačuje určitými vlastnostmi, které nalezneme v technickém listě, jenž je k dispozici u výrobce daného oleje. Mezi tyto vlastnosti patří viskozita a viskozitní index, které byly stanoveny u modelových vzorků v rámci experimentu. Podstatou experimentu nebylo pouhé stanovení těchto vlastností, ale také jejich porovnání v souvislosti s použitými typy základových olejů a viskozitních a výkonových přísad.

Na základě zjištěných hodnot můžeme říci, že fyzikální (viskozitní) vlastnosti finálních mazacích olejů závisí na celé formulaci (složení) mazacího oleje, neboť přísady v různých typech základových olejů způsobují různé změny viskozitních parametrů finálního mazacího oleje. Na základě experimentálních výsledků vyplynulo, že chemické vlastnosti základových olejů a aditiv, tj. velikost molekul, jejich polarita atd., mají zásadní vliv na konečné fyzikální parametry olejů, tj. tyto vlastnosti nelze předem určit, ale musí se experimentálně ověřit. Proto je vytváření nových formulací mazacích olejů velmi složité, neboť je důležité sladit jednotlivé složky jak z hlediska poměru, tak z hlediska druhu.

Přínosem bakalářské práce je nejen teoretické shrnutí poznatků v oblasti mazacích olejů pro dopravní prostředky, ale na základě experimentálních výsledků vyplynula důležitá fakta o vlivu molekulové struktury základových olejů a jednotlivých typů přísad na fyzikální parametry (viskozitu a viskozitní index) mazacích olejů. V tom lze spatřovat jak teoretický, tak praktický přínos pro oblast hodnocení maziv pro dopravní prostředky.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Kolektiv autorů: MOGUL - *Technická revue*, č. 1, II. vydání. Technicko-marketingový útvar MOGUL NOCC, a.s. 1999.
- [2] Když se řekne: základové oleje. *OLEJE.cz svět maziv* [online]. [cit. 2017-04-03]. Dostupné z: <https://www.oleje.cz/clanek/Kdyz-se-rekne--zakladove-oleje>
- [3] Výroba motorových olejů. *OLEJE.cz svět maziv* [online]. [cit. 2017-04-03]. Dostupné z: <https://www.oleje.cz/clanek/Vyroba-motorovych-oleju>
- [4] Viskozita automobilových motorových olejů. *OLEJE.cz svět maziv* [online]. [cit. 2017-04-03]. Dostupné z: <https://www.oleje.cz/clanek/Viskozita-automobilovych-motorovych-oleju>
- [5] VLK, František. *Paliva a maziva motorových vozidel*. Brno: František Vlk, 2006. ISBN 80-239-6461-5.
- [6] Mazivářské mýty, Mýtus šestý - Viskozitní vlastnosti motorových olejů. *OLEJE.cz svět maziv* [online]. [cit. 2017-04-03]. Dostupné z: <https://www.oleje.cz/clanek/Mazivarske-myty--Mytus-sesty---Viskozitni-vlastnosti-motorovych-oleju>
- [7] MACHALÍKOVÁ, Jaroslava a Marie SEJKOROVÁ. *Diagnostika a kontrola jakosti provozních hmot: studijní opora*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2013. ISBN 978-80-7395-620-2.
- [8] VISKOZITNÍ KLASIFIKACE. *MOGUL made in PARAMO* [online]. [cit. 2017-04-03]. Dostupné z: <https://eshop.paramo.cz/rady-odbornika/viskozitni-klasifikace.aspx>
- [9] GSCHEIDLE, Rolf. *Příručka pro automechanika*. 2. upr. vyd. Přeložil Zdeněk MICHŇA, přeložil Iva MICHŇOVÁ. Praha: Sobotáles, 2002. ISBN 80-85920-83-2.
- [10] Výkonnostní třídy automobilových motorových olejů. *OLEJE.cz svět maziv* [online]. [cit. 2017-04-03]. Dostupné z: <https://www.oleje.cz/clanek/Vykonnostni-tridy-automobilovych-motorovych-oleju>
- [11] OIL CATEGORIES. *API* [online]. [cit. 2017-04-03]. Dostupné z: http://www.api.org/products-and-services/engine-oil/eolcs-categories-and-documents/oil-categories#tab_diesel-c-categories

- [12] ACEA EUROPEAN OIL SEQUENCES. *ACEA European Automobile Manufacturers Association* [online]. [cit. 2017-04-03]. Dostupné z: http://www.acea.be/uploads/news_documents/ACEA_European_oil_sequences_2016.pdf
- [13] Volkswagen Oil Specifications. *Oilspecifications.org* [online]. [cit. 2017-04-03]. Dostupné z: <http://www.oilspecifications.org/volkswagen.php>
- [14] Mercedes Oil Specifications. *Oilspecifications.org* [online]. [cit. 2017-04-03]. Dostupné z: http://www.oilspecifications.org/mercedes_mb.php
- [15] Vlastnosti motorových olejů - Viskozita. *OLEJE.cz svět maziv* [online]. [cit. 2017-04-03]. Dostupné z: <https://www.oleje.cz/clanek/Vlastnosti-motorovych-oleju---Viskozita>
- [16] Vlastnosti motorových olejů - HTHS viskozita a lehkoběžné oleje. *OLEJE.cz svět maziv* [online]. [cit. 2017-04-03]. Dostupné z: <https://www.oleje.cz/clanek/Vlastnosti-motorovych-oleju---HTHS-viskozita-a-lehkobezne-oleje>
- [17] Vlastnosti motorových olejů - Kyselost a alkalita olejů. *OLEJE.cz svět maziv* [online]. [cit. 2017-04-03]. Dostupné z: <https://www.oleje.cz/clanek/Vlastnosti-motorovych-oleju---Kyselost-a-alkalita-oleju>
- [18] JEHLIČKA, Jan. Vývoj a výroba motorových olejů. *AutoEXPERT*. 2016(07 + 08), 47.
- [19] VALAR CZECH OIL a. s., Praha: *České mazací oleje a plastická maziva značky Valar*. 2017. 75 s.
- [20] BLAŽEK, Josef a Vratislav RÁBL. *Základy zpracování a využití ropy*. Vyd. 2., přeprac. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2006. ISBN 80-7080-619-2.
- [21] Viskozimetr Ubbelohde Ia, kalibrovaný, automat.měření, Schott 532 11. Fisher Scientific [online]. [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <http://www.thermofisher.cz/produkty/viskozimetr-ubbelohde-ia-kalibrovaný-schott-532-11>
- [22] VALAR CZECH OIL a. s., Praha: *Technická dokumentace*. 2017.

PŘÍLOHY

Příloha A <i>Informační technický list motorového oleje SAE 5W-30</i>	47
Příloha B <i>Informační technický list motorového oleje SAE 10W-40</i>	48
Příloha C <i>Informační technický list převodového oleje SAE 75W-90</i>	49
Příloha D <i>Informační technický list převodového oleje pro automatické převodovky</i>	50

Valar Gema LongLife 053

SAE 5W-30

SYNTECKÝ MOTOROVÝ OLEJ PRO BENZÍNOVÉ A NAFTOVÉ MOTORY OSOBNÍCH AUTOMOBILŮ

Valar Gema LongLife 053 je výkonný syntetický „Low SAPS“ motorový olej s optimální viskozitní charakteristikou umožňující rychlé a spolehlivé mazání v širokém rozmezí provozních teplot. Formulace s pomocí jakostních syntetických základových olejů a nejmodernějších typů aditiv umožňuje vysokou ochranu motoru, úsporu paliv a dlouhou životnost nejmodernějších typů katalytických systémů výfukových plynů (DPF...).

Je vhodný zejména pro nejmodernější typy benzínových a naftových motorů, přeplňované i nepřeplňované s katalyzátory výfukových plynů i bez, osobních a dodávkových automobilů.

Valar Gema LongLife 053:

- umožňuje snadnou startovatelnost i za velmi nízkých teplot
- zaručuje velmi rychlé zaolejování motoru
- snižuje pasivní odpory motoru
- zajišťuje maximální ochranu proti tvorbě úsad a proti oxidaci za vysokých teplot
- chrání motor proti opotřebení
- udržuje motor v čistotě
- šetří pohonné hmoty a chrání nejmodernější katalytické systémy výfukových plynů

Výkonová charakteristika:

VW 504.00/507.00

ACEA A3/B3/B4/C3/C2

BMW LL (01, 01FE)

MB 229.51/229.5/229.31/229.3

Charakteristické parametry

Parametr	Jednotka	Hodnota	Norma
Kinematická viskozita při 100°C	mm ² /s	11,9	ČSN EN ISO 3104
Viskozitní index		158	ČSN 65 6218
Bod tuhnutí	°C	-45	ASTM D 97
Bod vzplanutí	°C	209	ASTM D 92

Hodnoty v tabulce jsou hodnotami typickými pro současnou produkci.

Výrobce a distributor:

Valar Czech Oil, a.s., Dopraváků 3, 184 00 Praha 8, Česká Republika

IČ: 43004211

www.valar.cz



Valar Egida L 104

SAE 10W-40

HI-TECH LEHKOBĚŽNÝ MOTOROVÝ OLEJ PRO NAFTOVÉ A BENZÍNOVÉ MOTORY

Valar Egida L 104 je lehkoběžný motorový olej se syntetickými komponenty formulovaný na základě nejnovějších požadavků výrobců automobilů vyplývajících z nových požadavků na omezení emisí výfukových plynů.

Valar Egida L 104 je speciálně připraven pro velmi zatížené evropské a severoamerické naftové motory nákladních, dodávkových a osobních automobilů, autobusů a strojů ale i pro moderní benzínové motory osobních a dodávkových automobilů. Umožňuje využívat prodloužené servisní intervaly výměny oleje v souladu s doporučením výrobce.

Valar Egida L 104:

- garantuje velmi dobré nízkoteplotní vlastnosti zajišťující startovatelnost a bezproblémový chod motoru při nízkých teplotách
- splňuje nejnovější požadavky na motorové oleje pro užitkové automobily
- chrání motor proti opotřebení
- udržuje motor v čistotě
- zajišťuje maximální ochranu proti tvorbě úsad a proti oxidaci za vysokých teplot
- umožňuje výrazně prodloužit intervaly výměn v souladu s předpisy výrobců automobilů
- umožňuje mazání naftových i benzínových motorů

Výkonová charakteristika:

ACEA E7/E5/B3/B4

API CI-4/CH-4/CG-4/CF-4/CF/SL/SJ

Global DHD-1

JASO DH-1

VOLVO VDS-3/VDS-2

Mack EO-M Plus

MB 228.3/229.1

MAN M3275

Renault VI RLD

Cummins 20078/77/76/72/71

MTU Type 2

Allison C-4

Charakteristické parametry

Parametr	Jednotka	Hodnota	Norma
Kinematická viskozita při 100°C	mm ² /s	13,9	ČSN EN ISO 3104
Viskozitní index		155	ČSN 65 6218
Bod vzplanutí	°C	220	ČSN 65 6212
Bod tuhnutí	°C	-38	ČSN 65 6072

Hodnoty v tabulce jsou hodnotami typickými pro současnou produkci.

Výrobce a distributor:
Valar Czech Oil, a.s, Dopraváků 3, 184 00 Praha 8, Česká Republika
IČ: 43004211
www.valar.cz



Valar Hitegear 75W-90

SAE 75W-90

MIMOŘÁDNĚ VÝKONNÝ SYNTETICKÝ AUTOMOBILOVÝ PŘEVODOVÝ OLEJ

Valar Hitegear 75W-90 je mimořádně výkonný syntetický automobilový převodový olej s optimalizovanou širokorozsahovou formulací. Je vyroben z vysoce jakostních syntetických základových olejů a moderních výkonných zušlechťujících přísad nové koncepce a možností.

Je vhodný pro mazání širokého spektra manuálně řazených převodovek, včetně převodovek synchronizovaných, osobních a nákladních automobilů, autobusů a strojů apod..

Valar Hitegear 75W-90:

- zaručuje velmi dobrou tekutost za nízkých teplot, čímž prodlužuje životnost mazaných dílů
- pro svoje ojedinělé vlastnosti chrání mazané díly proti opotřebení
- udržuje převodové mechanismy v čistotě
- zajišťuje maximální ochranu proti tvorbě úsad a proti oxidaci za vysokých teplot
- šetří pohonné hmoty
- zaručuje výbornou slučitelnost se synchronizačními prvky a těsnicími materiály
- prodlužuje výrazně životnost převodových ústrojí

Výkonová charakteristika:

API GL-4

MIL-L-2105E

MT-1

Charakteristické parametry

Parametr	Jednotka	Hodnota	Norma
Kinematická viskozita při 100°C	mm ² /s	15,8	ČSN EN ISO 3104
Viskozitní index		151	ČSN 65 6218
Bod tuhnutí	°C	-42	ČSN 65 6072

Hodnoty v tabulce jsou hodnotami typickými pro současnou produkci.

Výrobce a distributor:
Valar Czech Oil, a.s. Dopraváků 3, 184 00 Praha 8, Česká Republika
IČ: 43004211
www.valar.cz



Valar Hitegear Signum II

VÝKONNÁ KAPALINA DO AUTOMATICKÝCH PŘEVODOVEK

Valar Hitegear Signum II je kvalitní kapalina do automatických převodovek moderních automobilů. Je vyrobena ze speciálně vybraných vysoce rafinovaných základových olejů a vyvážené kombinace aditiv.

Je vhodná do automatických převodovek automobilů, do servomotorů, do hydraulických systémů a dalších aplikací, kde je tento typ kapaliny požadován.

Valar Hitegear Signum II:

- umožňuje hladký chod automatických převodovek
- chrání zařízení proti opotřebení
- udržuje zařízení v čistotě
- má dobrou odolnost proti tvorbě úsad a proti oxidaci za vysokých teplot
- má vysokou tekutost za nízkých teplot a dobré mazací vlastnosti při vysokých teplotách
- má dobrou snášenlivost s těsnicími materiály
- chrání zařízení proti korozi

Výkonová charakteristika:

GM DEXRON IID

Allison C-4

Voith G607

ZF TE-ML 04D/14A

Ford Mercon

Charakteristické parametry:

Parametr	Jednotka	Hodnota	Norma
Kinematická viskozita při 100°C	mm ² /s	7,8	ČSN EN ISO 3104
Viskozitní index		175	ČSN 65 6218
Bod vzplanutí	°C	220	ČSN 65 6212
Bod tuhnutí	°C	-40	ČSN 65 6072

Hodnoty v tabulce jsou hodnotami typickými pro současnou produkci.

Výrobce a distributor:
Valar Czech Oil, a.s, Dopraváků 3, 184 00 Praha 8, Česká Republika
IČ: 43004211
www.valar.cz

