

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
AGRONOMICKÁ FAKULTA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BRNO 2017

Mendelova univerzita v Brně
Agromická fakulta
Ústav techniky a automobilové dopravy



Nové trendy v automobilových motorových olejích

Bakalářská práce

Vedoucí práce:
Ing, Vojtěch Kumbár, Ph.D.

Vypracoval:
Michal Šenkyřík

Brno 2017

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci:

.....
vypracoval/a samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna 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 v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědom/a, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše

V Brně dne:.....

.....
podpis

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval především Ing. Vojtěchu Kumbárovi, Ph.D za odborné vedení a ochotu při konzultování této práce. Dále bych chtěl poděkovat rodině a přátelům za pomoc a podporu ve studiu.

OBSAH

1	ÚVOD.....	9
2	CÍL PRÁCE.....	10
3	LITERÁRNÍ PŘEHLED	11
3.1	Mazivo.....	11
3.1.1	Dělení maziv	11
3.1.2	Funkce maziva	12
3.1.3	Maznost.....	12
3.1.4	Mazivost.....	13
3.1.5	Požadavky na mazací olej.....	13
3.1.6	Tribologie.....	14
3.1.7	Tribotechnika	14
3.1.7.1	Uplatnění tribotechniky	15
3.2	Tření	15
3.2.1	Druhy tření	16
3.3	Mazání spalovacího motoru	17
3.3.1	Mazání tlakové – oběžné	18
3.3.1.1	Mazání oběžné tlakové s mokrou klikovou skříní	18
3.3.1.2	Mazání oběžné tlakové se suchou klikovou skříní	18
3.3.2	Filtrace oleje	19
3.3.3	Chlazení oleje	20
3.4	Motorové oleje	20
3.4.1	Složení motorového oleje	20
3.4.2	Dělení základových olejů.....	21
3.4.3	Dělení do skupin	22

3.5	Aditiva.....	22
3.5.1	Polární aditiva	22
3.5.2	Nepolární aditiva.....	23
3.5.3	Typy aditiv	23
3.6	Fyzikální vlastnosti oleje.....	24
3.6.1	Viskozita	24
3.6.1.1	Faktory ovlivňující viskozitu	25
3.6.2	Dynamická viskozita.....	25
3.6.3	Kinematická viskozita.....	25
3.6.4	Viskozitní index.....	26
3.6.5	HTHS viskozita.....	27
3.6.6	Hustota	28
3.7	Významné teploty	28
3.7.1	Teplota tuhnutí.....	28
3.7.2	Teplota vzplanutí	29
3.7.3	Další vlastnosti.....	29
3.7.3.1	Celková alkalická rezerva	29
3.8	Klasifikace motorových olejů	30
3.8.1	Legislativa v ČR	30
3.8.2	Viskozitní.....	30
3.8.2.1	SAE.....	30
3.8.3	Výkonnostní.....	32
3.8.3.1	API.....	32
3.8.3.2	ACEA.....	33
3.8.3.3	Další klasifikace.....	34

3.8.4	Klasifikace výrobců motorů.....	34
3.9	Speciální oleje	34
3.9.1	Oleje pro závodní motory	34
3.10	Výdrž a výměna oleje	35
3.10.1	Znečištění olejové náplně	36
3.11	Manipulace s oleji.....	36
3.11.1	Skladování	36
3.11.2	Recyklace.....	37
3.12	Aktuální trendy a pohled do budoucnosti.....	38
4	PRAKTICKÁ ČÁST	39
4.1	Měření viskozity motorových olejů	39
4.1.1	Měření viskozity	39
4.1.2	Měření hustoty	40
4.2	Naměřené hodnoty	41
4.2.1	Viskozitní index.....	41
4.3	Diskuse a závěr měření	42
5	ZÁVĚR	43
6	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	44
7	SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ A TABULEK	46
8	PŘÍLOHA.....	47

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá pohledem na aktuálně prodávané automobilové motorové oleje. Přesněji rozebírá jejich složení a způsob výroby jednotlivých složek – jak základových olejů minerálních a syntetických, tak aditiv. Zběžně popisuje mazací soustavy motorů používané v moderních automobilech. Oleje dostupné na trhu jsou rozděleny a popsány z hlediska použití i z hlediska platné legislativy. Práce se zaměřuje i na normy a standardy stanovené pro motorové oleje největšími výrobci motorů. Samostatný pohled je věnován olejům pro použití v závodních vozech. Dále se práce zabývá problematikou manipulace a skladování motorových olejů nových, a recyklace olejů použitých. Práce je doplněna měřením viskozitních vlastností čtyř vzorků olejů různých viskozitních tříd. Na konec práce obsahuje pohled na aktuální trendy v požadavcích na motorové oleje a na blízkou budoucnost tohoto odvětví.

Klíčová slova: mazání, tření, motorový olej, aditiva, viskozita, hustota, teplota

ABSTRACT

This bachelor's thesis deals with a current view on engine oils available on today's market. Important physical properties of oils are described. The chemical composition and manufacturing methods of both mineral and synthetic oils are characterized and engine oils are divided into groups. Oil additives are also addressed. Afterwards, current american and european oil viscosity and quality classification systems are described. The thesis also dedicates one chapter to racing oils and their differences when compared to common oils. Next, the oil storage, manipulation and recycling methods are thoroughly presented.

The experimental part consist of a classification of 4 chosen oil samples. Used equipment and measurement methods are depicted in detail. Viscosity values at key temperatures are measured. The results are compiled into an table, and are compared to oil's safety data sheets and discussed.

The thesis is closed by an overview of trending movements in engine lubrication and a prognosis of development in the upcoming times.

Key words: lubrication, friction, engine oil, additives, viscosity, density, temperature

1 ÚVOD

Už dávno neplatí, že úkolem mazacího oleje je pouze vytvořit na povrchu mazaných součástí olejový film, který co nejvíce sníží tření, vymezí vůle, zpomalí opotřebení a odvede část tepla. Požadavky na motorový olej se vyvíjí v souladu s evolucí spalovacích motorů a jejich příslušenství, s novými materiály a technologiemi. Ale také v souladu s platnou legislativou a s požadavky na ekologii a ekonomiku provozu. Především snaha o snížování spotřeby paliva a výfukových emisí spalovacích motorů je v dnešní době velkým faktorem, ovlivňujícím složení a vlastnosti olejů – v mazacích, čistících a konzervačních schopnostech už jsou motorové oleje na velmi vysoké úrovni mnoho let. Přesto neplatí, že každý olej je vhodný do každého motoru.

Předmětem této práce je sestavit přehled motorových olejů na dnešním trhu, popsat jejich složení, fyzikální vlastnosti a teoretickou část doplnit praktickým měřením viskozity několika vzorků olejů. Při výběru oleje je potřeba respektovat, aby jeho výkonnostní a viskozitní vlastnosti vyhovovali konstrukci, typu, opotřebení a použití motoru. Klasifikací olejů se zabývají jak normalizační orgány a komise po celém světě, tak samotní výrobci motorů. Popis těchto klasifikací a jejich významu je dalším bodem této práce.

2 CÍL PRÁCE

Tato bakalářská práce s názvem Nové trendy v automobilových motorových olejích si pokládá několik dílčích cílů:

- Hlavním cílem je vypracovat přehled v současnosti používaných mazacích olejů určených pro motory osobních automobilů. Oleje rozdělit dle typů a složení. Představit používané viskozitní a výkonnostní klasifikace a popsat fyzikální vlastnosti olejů. Součástí hlavního cíle je zpracování aktuálních trendů v oblasti motorových olejů a prognóza jejich vývoje v blízké budoucnosti.
- Dalším cílem je představit dnes používané mazací systémy automobilových motorů, včetně systémů filtrace a mazání oleje.
- Třetím dílčím cílem je popsat manipulaci a doporučené způsoby skladování motorových olejů
- Čtvrtým dílčím cílem je práci doplnit o vhodné měření teplotně-viskozitních vlastností několika vzorků olejů, dnes běžně používaných.

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1 Mazivo

Maziva jsou komplexní sloučeniny nejčastěji ropného původu, jejichž primárním úkolem je přilnout na mazanou plochu a tím zamezit jejímu provoznímu poškození a významně snížit třecí koeficient. Tím se snižují energetické ztráty a prodlužuje se životnost stroje.

3.1.1 Dělení maziv

➤ Kapalná maziva

Převažující skupiny maziv jsou ropné a syntetické oleje. Jsou to tekoucí maziva v kapalném skupenství. Jsou vhodná pro použití v oblastech hydrostatického, hydrodynamického, hraničního a smíšeného tření.

➤ Pevná maziva

Vykazují vlastnosti pevné látky, díky čemuž jsou vhodná pro mazací aplikace za vysokých tlaků a teplot. Jedná se zejména o měkké kovy (Sn, Au, Pb...) a anorganické látky s laminární strukturou (sulfidy, selenidy, grafit...).

➤ Plastická maziva

Dříve označované jako mazací tuky. Jsou to zpravidla gely mazlavé konzistence. Složené ze dvou fází:

- Disperzní složka – mazací olej
- Dispergovaná složka – zpevňovadlo

➤ **Plynná maziva**

Maziva v plynném skupenství pro aplikaci v tzv. plynových ložiskách, která pracují za vysokých obvodových rychlostí a vysokých teplot. Jejich nepatrná viskozita a schopnost extrémně redukovat součinitel tření je odsuzuje k mazání mechanismů s vysokým stupněm přesnosti a těsnosti. Používají se zejména plyny jako CO₂, helium a dusík. [1] Ve strojírenství se pro mazání používá také olejová mlha, tedy aerosol složený ze vzduchu a oleje, s poměrem složek až 1:200 000. [2]

3.1.2 Funkce maziva

Ve spalovacím motoru má mazivo celou řadu funkcí [3]:

- Mazání – omezení třecích ztrát a snížení opotřebení kluzných povrchů
- Chlazení – odvod a rozptýlení tepla z kritických částí motoru
- Dotěsnění – zlepšit těsnění zejména pístu ve válci
- Čištění – odvod nečistot z motoru a mazacího systému do výměnného filtru
- Konzervace – zabránit vzniku koroze uvnitř motoru a konzervovat jej
- Tlumení – tlumit rázy a snížit hlučnost motoru

Aby bylo mazivo schopno plnit tyto funkce, musí mít určité vlastnosti. Tyto vlastnosti mohou být buď jednoznačně definované – exaktní – mezi které patří například viskozita, hustota, stlačitelnost, tepelná vodivost nebo reologické¹ a elektrické vlastnosti. Také odolnost proti stárnutí, povrchové vlastnosti a kritéria vymezující teplotní oblasti použití maziv řadíme mezi jednoznačně definované vlastnosti. Další vlastnosti považujeme za nejednoznačně definované – komplexní – například mazací schopnost, která kombinuje vlivy viskozity, maznosti a mazivosti. [4]

3.1.3 Maznost

Pojmem maznost se rozumí mazací schopnost pro oblast mazání mezní mazací vrstvou. Mazivo s dobrou mazností je tedy takové, které zajišťuje velkou únosnost tzv. mazné

¹Reologie je vědní obor zabývající se časově závislými tokovými a deformačními procesy v kapalinách.

vrstvičky při optimálním koeficientu tření. Je to mimořádně důležitá vlastnost pro zajištění účinného a hospodárného mazání spalovacího motoru. [5]

3.1.4 Mazivost

Mazivost vyjadřuje schopnost kapalných maziv zajistit co nejmenší třecí koeficient při optimální únosnosti kapalně vrstvy. Platí pro oblast hydrodynamického mazání. Vysoká mazivost je charakteristickou vlastností vysoce rafinovaných mazacích olejů zbavených polárních látek. [5]

3.1.5 Požadavky na mazací olej

Olej musí splnit celou řadu mnohdy protichůdných požadavků. Se snahou o zvyšování měrného výkonu a účinnosti a zároveň snižování emisí a spotřeby paliva se kontinuálně mění a zvyšují požadavky na schopnosti a složení maziva. V posledních letech se motorové oleje musí přizpůsobovat novým požadavkům vzniklým kvůli zavádění nových systémů na redukcii škodlivých látek ve výfukových plynech. Jako příklad uvedme filtry pevných částic, které mají za úkol zabránit průchodu jemných karcinogenních částic. Tyto filtry jsou ale velmi náchylné na zanášení částicemi vznikajícími při spalování popelotvorných látek přítomných v motorovém oleji.[6][7]

Olej musí:

- dobře ulpívat na mazaném povrchu při všech provozních podmínkách
- odolávat smykovým silovým polím
- dobře odvádět třecí a provozní teplo
- odolávat co nejdéle stárnutí
- přispívat k těsnění pístů ve válci a to i za vysokých teplot
- chránit jak železné, tak i barevné kovy před korozí
- nečistoty vznikající otěrem a opalem co nejjemněji rozptylovat a zabraňovat jejich usazování
- umožňovat provoz za extrémně nízkých i vysokých teplot
- udržet si svoje tepelně viskozitní vlastnosti po celou dobu životnosti

Olej nesmí:

- napadat těsnicí materiály, zejména pryžová gufera a těsnění
- pěnit při provozu v motoru
- vykazovat vysoké karbonizační číslo
- být náchylný k tvorbě studených kalů

Olej by měl být:

- málo odparný
- skladovatelný alespoň pět let v temnu a přiměřené teplotě
- ekonomický v provozu
- účelně balen a značen podle mezinárodně uznávaných specifikací
- mísitelný s jinými oleji téže výkonové a viskozitní specifikace, bez ohledu na firemní původ [7]

3.1.6 Tribologie

Tribologie (z řeckého tribos – tření) je rozsáhlá vědecká multidisciplína. Konkrétně se zabývá zákonitostmi a poznatky o tření, opotřebením a mazání vzájemně se pohybujících dvojic povrchů. Zahrnuje rozličné obory, např. strojírenství, petrochemii, energetiku, filtrační techniku, korozi, lomovou mechaniku, metalurgii a mnohé další. [8]

3.1.7 Tribotechnika

Tribotechnika je jedním z podoborů vycházejících z tribologie, využívající její poznatky v praxi. Zabývá se řešením praktických aplikací týkajících se tření, opotřebením a mazání.

Do tribotechniky spadá[9]:

- Testování maziv
- výběr a způsob aplikace maziv
- materiály pro třecí dvojice
- výpočty, konstrukce a optimalizace třecích dvojic
- měřicí a kontrolní metody pro aplikace tření

- tribodiagnostika²

3.1.7.1 Uplatnění tribotechniky

Využitím tribotechnických poznatků v konstruování, výrobě a provozu techniky lze:

- Dosáhnout nižších třecích odporů a tím uspořit energii
- Zpomalit opotřebení součástí
- Zpřesnit diagnostiku a lépe plánovat servisní život součástí
- Použít nejvhodnější materiály a technologie pro danou aplikaci, a tím dosáhnout vyšší výkonnosti a delší životnosti [10]

3.2 Tření

Mezi povrchy konstrukčně semknutých dvojic jako jsou ložisko/hřídel nebo vačka/zdvihátko dochází při jejich relativním pohybu ke vzniku tření. To se projevuje buď třecí silou, nebo třecím momentem. Energie na překonání tření všech součástí tvoří nezanedbatelný podíl ztrátového výkonu ve spalovacím motoru a je přetvářena v teplo, které se přenáší jak do maziva, tak do samotných součástí. Odvod a rozptýlení tohoto tepla je jednou z klíčových funkcí maziva. Ztráty třením v ložiskách tvoří značné procento celkových ztrát. [11]

² Tribodiagnostika – diagnostická metoda zjišťování stavu stroje a nalezení závad pomocí analýzy složení vyjmutého vzorku oleje.

3.2.1 Druhy tření

Rozlišujeme tři druhy tření: [3]:

a) *Suché tření*

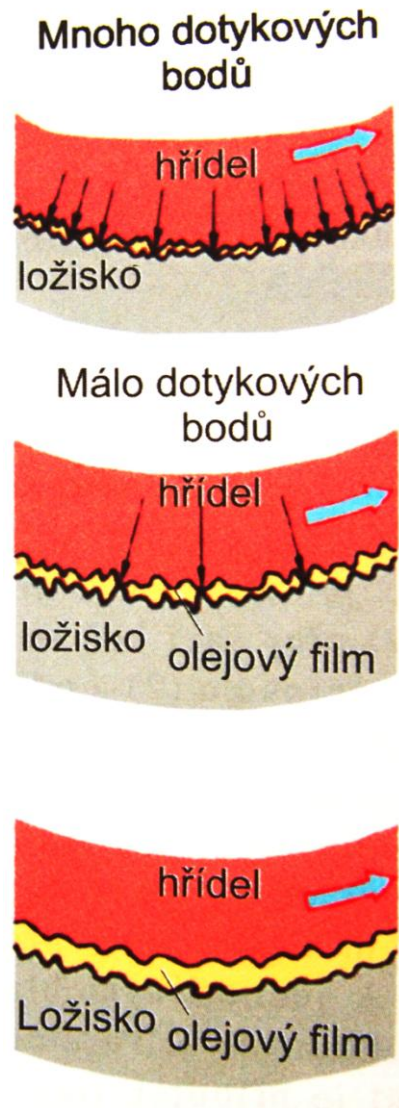
Dochází k bezprostřednímu dotyku povrchů, který způsobuje silné opotřebení a zvyšování teploty. Může docházet k tvorbě třecích svarů.

b) *Polosuché tření*

Tření s přítomným, ale necelistvým olejovým filmem. Dochází k příležitostným kontaktům povrchů. Nazývá se také tření smíšené a je to mezistupeň suchého a kapalinového tření. Celková třecí síla je součtem vnitřního tření maziva a mechanického tření povrchů.

c) *Kapalinové tření*

Způsob tření, při kterém souvislá vrstva maziva zajišťuje dokonalé oddělení povrchů od sebe a zcela vyrovnává drsnost povrchů. Opotřebení a teplotní namáhání je minimální a proto se jedná o žádoucí způsob tření ve spalovacím motoru.



Obr 1: Druhy tření [3]

Celková třecí síla je vyjádřena pouze velikostí vnitřního tření v mazací vrstvě a řídí se vztahem[12]:

$$F_t = \eta \frac{Sv}{h} \quad (1)$$

Kde:

η - dynamická viskozita

v - lineární rychlost pohybu třecích povrchů

S - styčná plocha třecích povrchů

h - tloušťka vrstvy maziva

3.3 Mazání spalovacího motoru

Úkolem mazací soustavy motoru je zajistit spolehlivou dodávku adekvátního množství čistého oleje na všechna mazaná místa. Zajišťuje vytvoření olejového filmu na površích rotačních a posuvných částí motoru, aby se jejich relativní pohyb uskutečnil ideálně jako kapalinové tření. Správná funkce mazací soustavy má významný vliv na výkon a životnost stroje. Další úlohou mazací soustavy je zajistit požadovanou čistotu a teplotu oleje. [13]

Jedná se o zajištění mazání těchto součástí[25]:

- Ojniční ložiska
- Ložiska klikové hřídele
- Ložiska vačkové hřídele
- Třecí plochy vaček
- Zdvihátka ventilů
- Rozvodový řetěz
- Stěny válců
- Pístní čepy

A dalšího příslušenství dle konkrétního typu motoru[25]:

- Hydraulická zdvihátka ventilů
- Hydraulické napínáky rozvodového řetězu
- Systémy pohonu rozdělovače, palivového čerpadla, olejového čerpadla
- Systémy variabilního časování ventilů
- Systémy vypínání válců
- Turbodmychadla
- Vakuová čerpadla

3.3.1 Mazání tlakové – oběžné

U dnešních čtyřdobých spalovacích motorů se používá výhradně systémů tlakového mazání. Olej je na mazací místa dopravován pod tlakem olejovým čerpadlem a po návratu do olejové nádrže dále cirkuluje systémem. Používá se tedy také název oběžné tlakové mazání. [3]

Podle konstrukce soustavy dělíme na dva způsoby tlakového oběžného mazání:

- S mokrou klikovou skříní
- Se suchou klikovou skříní

3.3.1.1 Mazání oběžné tlakové s mokrou klikovou skříní

Jedná se o nejrozšířenější systém v dnešních automobilových motorech. Zásoba oleje se nachází v olejové vaně na spodku klikové skříně, odkud se čerpá sacím olejovým čerpadlem skrz mazací kanálky k mazaným místům a stéká zpět do vany. Za čerpadlo je vřazen omezovací tlakový ventil kvůli kontrole tlaku např. při čerpání studeného oleje.

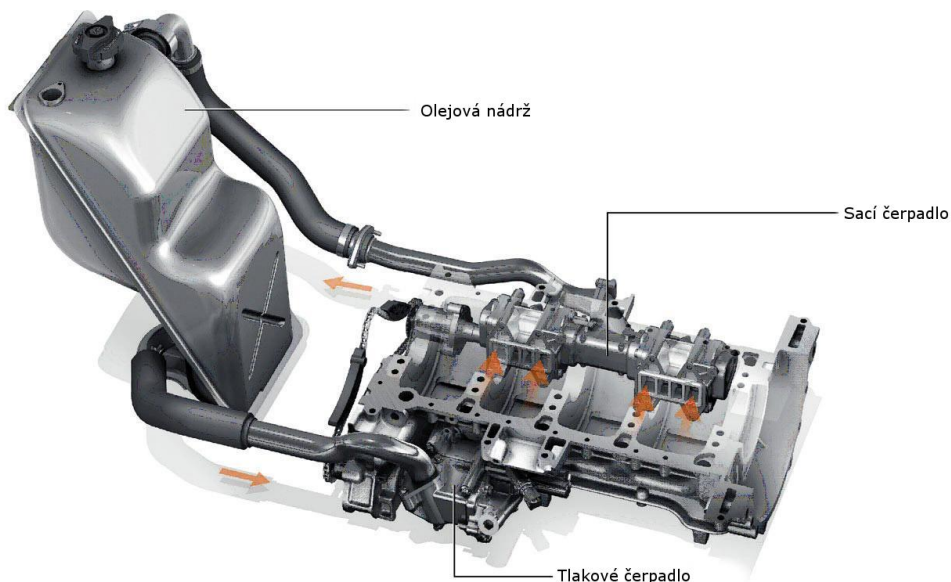
Je to spolehlivý a kompaktní systém, který vyhoví většině provozních podmínek a náklady na jeho výrobu jsou proti systému se suchou klikovou skříní příznivější – má pouze jedno olejové čerpadlo, spodní víko motoru slouží jako zásobní nádrž na olej atd.

3.3.1.2 Mazání oběžné tlakové se suchou klikovou skříní

U tohoto systému je zásoba oleje umístěna v samostatné nádrži mimo motor. Je několik používaných konfigurací olejových čerpadel. Jednou možností je zdvojené olejové čerpadlo, kdy jeden stupeň čerpá tlakový olej do mazacích kanálek a druhý stupeň odsává olej zpět do olejové vany.

Další možností je použití buď dvou (1 tlakové, 1 odsávací), nebo dokonce tří olejových čerpadel (1 tlakové, 2 odsávací).

Tento systém se uplatní zejména u motocyklů, závodních a terénních vozidel. Odstraňuje riziko nasátí vzduchu do mazacího systému v případě, že se vozidlo, a s ním i hladina oleje ve vaně nakloní do takové míry, že celý sací koš nezůstane ponořen. To může nastat působením značného bočního přetížení při rychlém průjezdu zatáčkou nebo v případě velkého náklonu vozidla při pohybu terénem.



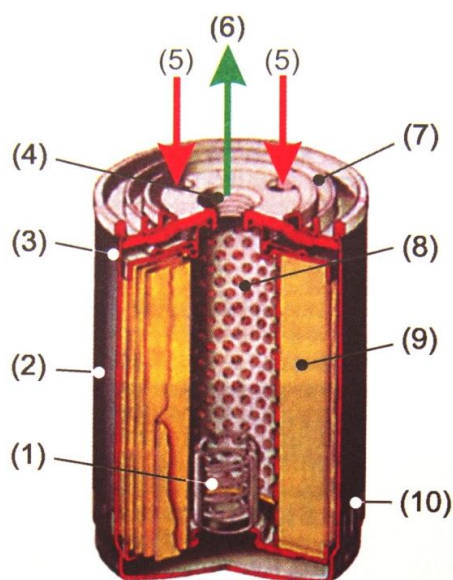
Obr 2: Mazání se suchou klikovou skříní, Mercedes-Benz

[http://www.speedville.com/wp-content/uploads/2014/11/09C176_01.jpg]

3.3.2 Filtrace oleje

V rámci zvyšování životnosti olejové náplně i samotného motoru je potřeba zajistit požadovanou čistotu oleje. K tomu se používají olejové filtry o jemnosti v desítkách mikrometrů. Jejich účelem je zachycení nečistot, které se do oleje dostávají za provozu motoru – jedná se zejména o karbon, kovové otěrové částice a prach. Čističe oleje se mění společně s olejovou náplní. [3]

Podle průtoku oleje se čističe dělí na plnoprůtokové a obtokové. V dnešní době se nejvíce používají plno-průtokové nerozebíratelné filtry, nebo plnoprůtokové filtrační vložky. Plnoprůtokový filtr musí



- (1) - obtokový (pojistný) ventil
- (2) - tlakuvzdorné těleso čističe
- (3) - zpětný ventil
- (4) - připevňovací závit
- (5) - přítok oleje
- (6) - odtok vyčištěného oleje
- (7) - těsnění
- (8) - perforovaný ochranný štít
- (9) - čističí vložka (filtrační papír)
- (10) - montážní drážky

Obr 3: Řez plnoprůtokovým čističem oleje [3]

být vybaven obtokovým ventilem kvůli provozním stavům s velkým tlakovým spádem přes filtr (např: ucpaný filtr, čerpání vysoce viskozního studeného oleje).

3.3.3 Chlazení oleje

Požadované provozní teploty oleje se dosahuje jeho chlazením, které probíhá na několika úrovních. Olej nashromážděný v olejové nádrži (olejové vaně) na spodní straně motoru je ochlazován přestupem tepla do vzduchu, který obtéká olejovou vanu. [14]

Na účinnost tohoto chlazení má vliv jak materiál, tak tvar (žebrování) a kapacita olejové vany. Pro dodatečné chlazení, je-li potřeba, se používají dedikované chladiče oleje umístěné v chladičové stěně nebo na jiném příhodném místě na karoserii s dostatečným přívodem studeného vzduchu - v případě že se jedná o výměník vzduch-olej. Další možností je výměník kapalinový připojený na chladicí okruh motoru. Pro regulaci teploty a rychlejší ohřívání olejové náplně po studeném startu je okruh chladiče oddělen termostatem. Příliš velkému tlaku oleje v chladiči zabráňuje obtokový ventil, který se otevře, je-li tlakový spád přes chladič větší, než bezpečně dovoluje jeho konstrukce. [11]



Obr4: Chladič oleje typu vzduch-olej

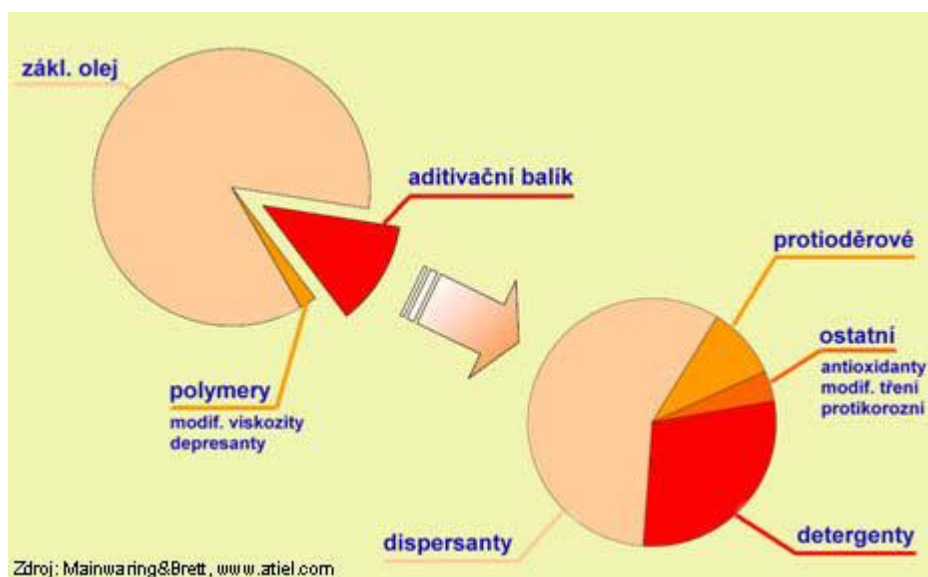
[<http://rennlist.com/366907d1245804022-add-elec-fan-to-oil-cooler-on-85-911-widemouth.jpg>]

3.4 Motorové oleje

3.4.1 Složení motorového oleje

Motorový olej je složitá (až 600-800 složek) sloučenina buď rostlinného, organického, minerálního (ropného) nebo syntetického původu. Jde o látku kapalnou, hustotou lehčí

než je voda, která musí splňovat požadavky popsané výše. Výchozí složkou je základový olej, který je při výrobě obohacen tzv. aditivačním balíkem. Základový olej přesto tvoří dominantní hmotnostní složku motorového oleje. [13]



Obr 4: Složení motorového oleje [9]

3.4.2 Dělení základových olejů

Dnes jsou na trhu dostupné oleje minerální, polosyntetické a syntetické. Tržní podíl syntetických olejů se průběžně zvyšuje na úkor olejů minerálních i polosyntetických.

➤ Minerální oleje

Minerální olej je zpravidla vydestilovaná vysokovroucí frakce uhlovodíků. Za mazací oleje se považují uhlovodíky s délkou řetězce atomů uhlíku C20 až C35. Jejich zdrojem je obvykle surová ropa, ale mohou pocházet i dehtu, živičné břidlice aj.

Minerální destilát se dále zpracovává pomocí louhů, rozpouštědel či kyselin. Ropné oleje zpracované rozpouštědly (tzv. selektivní rafináty) mohou být základem pro kvalitní, vysoce výkonné motorové oleje s příznivým složením. [5]

➤ Syntetické oleje

Syntetické základové oleje jsou úzká frakce uhlovodíků, které se získávají syntézou (chemickým slučováním) z jiných než ropných látek. To jsou např. estery organických kyselin a alkoholů, polyolefiny, polyglykoly, či ethylen. Syntetické oleje mají srovnatelné či lepší užitné vlastnosti než ropné oleje, zejména teplotní rozsah. [5]

➤ Polosyntetické oleje

Označení polosyntetický znamená pouze, že daný olej je směsí minerálního základového oleje a syntetických složek. Touto metodou se vyrábí většina dnešních motorových olejů a označení polosyntetický lze chápat tak, že se olej svými vlastnostmi blíží syntetickému. Měl by mít nadpoloviční podíl syntetické složky. [15]

3.4.3 Dělení do skupin

Americký ropný institut (API) rozděluje základové oleje do pěti skupin podle složení a viskozitního indexu.

Tab 1: Rozdělení základových olejů [25]

skupina	nasyčené uhlovodíky (%hm.)	síra (%hm.)	viskozitní index	typ oleje
I.	pod 90	nad 0,03	80 – 120	rozpouštědlové rafináty
II.	nad 90	pod 0,03	80 – 120	hydrokrakované oleje
III.	nad 90	pod 0,03	nad 120	hydrokrakované oleje
IV.	polyalfaolefiny			
V.	ostatní syntetické oleje (estery, polyglykoly a další)			

3.5 Aditiva

Pod pojmem aditiva se rozumí látky a sloučeniny přidané do základového oleje za účelem zesílit a vycizelovat vybrané vlastnosti olejů na požadovanou úroveň pro splnění viskozitních a výkonnostních požadavků. Souhrn těchto látek v oleji se nazývá „aditivační balíček“ a může tvořit až 25% objemu oleje. Podle struktury rozlišujeme aditiva polární a nepolární. [13]

3.5.1 Polární aditiva

Účinkují na povrchu mazaných součástí – jsou to chemické látky s nesymetrickými molekulami, což jim uděluje elektrický náboj, který je přitahuje k povrchům. Na nich tvoří tenký film, který slouží podle typu aditiva k ochraně povrchu proti korozi, proti usazování nečistot, proti poškození vysokým tlakem nebo neutralizují kyseliny. [13]

3.5.2 Nepolární aditiva

Pracují rovnoměrně v objemu samotného oleje, přičemž nejsou povrchově aktivní. Nejsou přitahovány k žádným kovům, kyselinám, vodě nebo jiným částicím. Jejich úlohou je zlepšení tepelně-viskozitních vlastností, ochrana gumových těsnění, apod. [13]

3.5.3 Typy aditiv

Zde jsou ve stručnosti popsány vybrané důležité druhy aditiv a jejich účinky. [16] [3]

➤ Detergenty

Čistící polární aditiva, která brání vytvoření úsad a odstraňují produkty stárnutí oleje, které se vylučují na mazaných površích. Mají významnou roli především v ochraně pístu ve válci, kde vlivem vysokých teplot dochází k uvolňování uhlíku. Dále chrání motor proti koroznímu opotřebení a rozptylují studené kaly.

➤ Disperzanty

Jejich účelem je zabránit shlukování tuhých i kapalných nečistot v celém objemu oleje. Toho dosahují obalením nejjemnějších částic, kterým udělí stejný elektrický náboj a tím zamezí jejich přitahování k sobě, čímž brání shlukování a usazování nečistot zvláště v chladnějších místech motoru. Mají také schopnost neutralizovat kyseliny.

➤ Inhibitory koroze

Polární aditiva, která zabraňují srážení a styku vody s kovovými povrchy a tím brání vzniku koroze (oxidaci kovového povrchu). Toho dosahují vytvořením tenkého ochranného filmu na povrchu.

➤ Antioxidanty

K omezení nežádoucích projevů stárnutí oleje vlivem oxidace, jako je zvyšování viskozity, zhoršení mazivosti, degradace syntetických mazivostních a protioděrových přísad, se do oleje přidávají antioxidanty, například dialkyldithiofosfáty zinku. Neutralizují oxidační činidla, která způsobují chemickou degradaci oleje. Pracují za vysokých teplot, kdy je oxidační zátěž nejvyšší. [17]

➤ **Modifikátory viskozity**

Jedná se o polymery, které zvyšují viskozitní index oleje. Stabilizují jeho viskozitní vlastnosti v provozu, snižují závislost viskozity oleje na vnějších vlivech – teplotě, tlaku. Tím ovlivňují i tloušťku a únosnost mazacího filmu.

➤ **Snižovače bodu tuhnutí (depresanty)**

Používají se pro snížení teploty tuhnutí oleje. Do určité míry zamezují spojování krystalů parafínu při nízkých teplotách a snižovat tak tekutost oleje. Dosáhnout teploty tuhnutí oleje hluboko pod $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, nebo i $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ by bez nich nebylo možné.

➤ **Látky pro ochranu elastomerů**

Zpomalují stárnutí (smršťování, praskání) elastomerů a tím zajišťují lepší těsnost gufer a gumových těsnění. Konkrétně zpomalují smršťování, praskání a ztrátu elasticity. Zabraňují chemické degradaci elastomerů obsažených v plastových a gumových dílech, které přichází do styku s olejem.

➤ **Protipěnovostní přísady**

V olejové náplni vzniká při promíchávání se vzduchem pěna, která způsobuje rychlejší oxidaci oleje a zvyšuje stlačitelnost oleje. Tyto přísady, založené na bázi silikonového oleje, potlačují vznik a urychlují rozpad olejové pěny.

3.6 Fyzikální vlastnosti oleje

3.6.1 Viskozita

Viskozita vyjadřuje míru vnitřního tření v kapalině, tedy její odpor proti tečení. Právě viskozita je tou nejdůležitější vlastností motorového oleje. Určuje únosnost mazacího filmu, velikost odporových sil při rozběhu a pohybu součástí, těsnící schopnost, čerpatelnost a tepelnou vodivost maziva. Viskozita je přímo měřitelná veličina a proto ji při daných podmínkách můžeme použít jako porovnávací veličinu pro vyjádření schopností maziva. [12]

Pro konkrétní aplikaci je ideální viskozita ne nejvyšší možná, ale taková, která je dostačující k vytvoření filmu s požadovanou únosností a zbytečně nezvyšuje energetické ztráty na překonávání tření. Viskozita také ovlivňuje schopnost maziva odvádět teplo z mazaných povrchů, zde platí, že více viskózní olej zhoršuje přestup tepla z ložisek do olejové náplně. [5]

Viskozita se měří přístrojem zvaným viskozimetr a dále rozlišujeme viskozitu kinematickou a dynamickou.

3.6.1.1 Faktory ovlivňující viskozitu

Viskozita oleje závisí na [18]:

- Teplotě
- Tlaku
- Charakteru proudění
- Na složení a aditivaci oleje

3.6.2 Dynamická viskozita

Dynamická viskozita (η) je veličina, jež charakterizuje míru tření a je konstantou úměrnosti ve vztahu vyjadřujícím přímou úměrnost mezi velikostí tečného napětí τ a rychlostním spádem dv/dy . [16]

Vztah pro výpočet dynamické viskozity:

$$\tau = \eta * \frac{dv}{dy} [\text{Pa}] \quad (2)$$

kde:

τ - smykové napětí [Pa]

η - dynamická viskozita [Pa·s]

$\frac{dv}{dy}$ - rychlostní gradient [s^{-1}]

3.6.3 Kinematická viskozita

Kinematická viskozita je poměr dynamické viskozity a hustoty kapaliny.

Jednotkou kinematické viskozity je $m^2 \cdot s^{-1}$. Vypočíst ji lze ze vztahu:

$$v = \frac{\eta}{\rho} [\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}] \quad (3)$$

kde:

v – kinematická viskozita [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$],

η – dynamická viskozita [$\text{Pa} \cdot \text{s}$],

ρ – hustota [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]

3.6.4 Viskozitní index

Hodnota viskozitního indexu (dále jen VI) oleje vyjadřuje míru poklesu jeho viskozity s nárůstem teploty. Teplotně-viskozitní vlastnosti oleje jsou pro jeho mazací výkon v reálném provozu klíčové. Je žádoucí, aby s nárůstem teploty viskozita klesala co nejméně, tj. aby se v situaci studeného startu nechal olej snadno načerpat ke všem mazaným místům, a zároveň měl dostatečnou viskozitu pro zajištění hydrodynamického mazání při provozní teplotě. [13]

U konkrétního vzorku oleje se VI stanovuje porovnáním jeho kinematické viskozity při 100°F (37,78°C) a 210°F (98,89°C) proti viskozitám referenčních olejů. Referenční oleje jsou olej parafinický z pensylvánských rop s VI = 100 a olej naftetický z mexických rop s VI = 0. Moderní širokorozsahové oleje mají VI vysoce přes 100, nezářídka blíží se 200. VI se dá považovat za měřítko kvality základového oleje – je také jedním z kritérií pro rozdělení základových olejů do skupin I-V, které jsou uvedeny v tabulce 1.

VI je bezrozměrná veličina vypočtená ze vztahu[13]:

$$VI = \frac{L - U}{L - H} * 100 = \frac{L - U}{D} * 100 \quad (4)$$

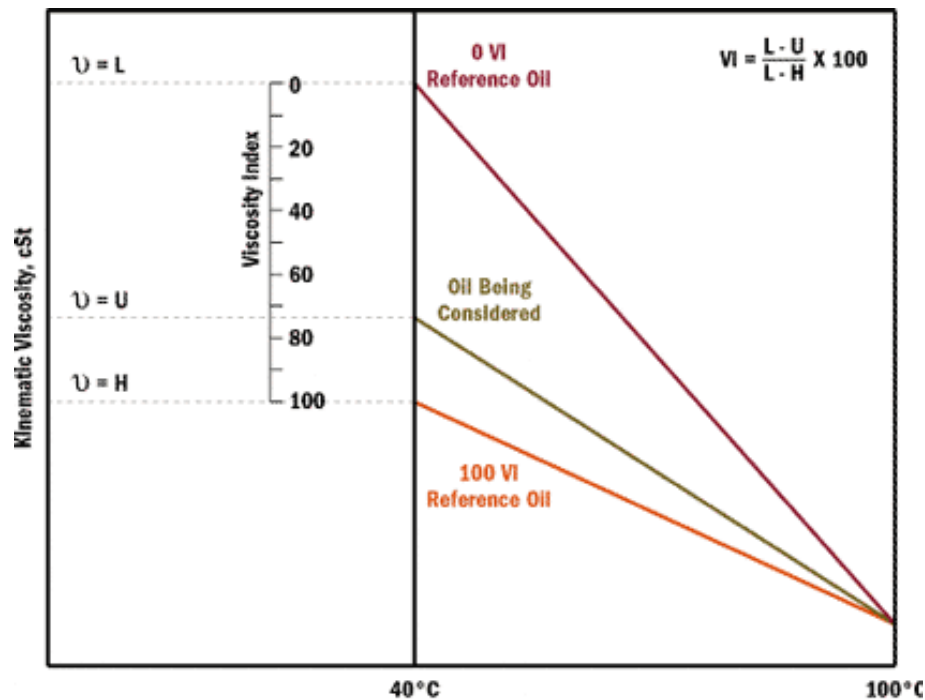
kde:

L (mm^2/s) je viskozita referenčního oleje s VI = 0 při 37,78°C, jehož viskozita při 98,89°C je stejná jako viskozita zkoušeného oleje při téže teplotě.

U (mm^2/s) je viskozita zkoušeného oleje při 37,78°C.

H (mm^2/s) je viskozita referenčního oleje s VI = 100 při 37,78°C, jehož viskozita při 98,89°C je stejná jako viskozita zkoušeného oleje při téže teplotě.

$$D = (L-H)$$



Obr 5: Zjišťování viskozitního indexu
[\[http://media.noria.com/sites/archive_images/backup_200211_viscosity-fig3.gif\]](http://media.noria.com/sites/archive_images/backup_200211_viscosity-fig3.gif)

3.6.5 HTHS viskozita

HTHS viskozita – z anglického High Temperature High Shear – je viskozita za vysoké teploty a vysokého smykového napětí. Uvádí se jako dynamická viskozita měřená při teplotě 150°C a smykovém spádu $10^6 \cdot s^{-1}$. Tato hodnota se obvykle na balení oleje viditelně neuvádí. Přesto je to důležitý údaj a je pro provoz motoru podstatná. Určuje tloušťku mazací vrstvy právě v podmínkách vysoké teploty a smykového zatížení. Platí přímá úměra mezi tloušťkou olejového filmu a HTHS viskozitou. Na druhou stranu platí přímá úměra i mezi HTHS viskozitou a měrnou spotřebou paliva. Snížením HTHS viskozity lze dosáhnout spolehlivého snížení spotřeby paliva bez ohledu na typ motoru a jeho provozní režim. To je způsobeno tím, že motor nemusí překonávat tak velké vnitřní tření v samotném mazivu. Pro automobilovou dopravu znamená i úspora v řádu desetin procent nebo nízkých jednotek procent obrovské úspory.

V případě příliš nízké HTHS viskozity (ta může klesnout i v důsledku vnikání paliva do olejové náplně) dochází dříve k porušení mazacího filmu a tím k většímu opotřebení, prudce narůstá riziko fatálního poškození třecích ploch. Je tedy nutné zvolit olej s HTHS viskozitou odpovídající konstrukci, stavu a použití konkrétního motoru. Lehkoběžné oleje nejsou vhodné pro použití v motorech, které vykazují nadprůměrnou

spotřebu oleje a v motorech s většími provozními vůlemi. Někteří výrobci motorů předepisují možnost volby mezi oleji s normální nebo sníženou HTHS viskozitou v závislosti na nájezdu (a tím i předpokládanému opotřebení) a použití motoru.

Od hodnoty 3,5 mPa·s níže mluvíme o tzv. lehkoběžných olejích se sníženou HTHS viskozitou, nad tuto hodnotu se jedná o oleje s normální HTHS viskozitou. [19]

Hodnotu HTHS viskozity, tedy její spodní hranici, předepisují jak viskozitní třídy SAE, tak výkonnostní specifikace ACEA a specifikace výrobců motorů, které budou podrobněji popsány dále.

3.6.6 Hustota

Hustota, nebo měrná hmotnost, je podíl hmotnosti (m) a objemu (V) při určité teplotě. Hustota motorového oleje závisí na jeho typu, stupni rafinace (technologie výroby). Také závisí přímou úměrou na jeho viskozitě a nepřímou úměrou na jeho teplotě. [25]

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{1}{v} \text{ [kg}\cdot\text{m}^{-3}] \quad (5)$$

Kde:

ρ – hustota [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]

m – hmotnost [kg]

V – objem [m^3]

v – měrný objem [$\text{m}^3\cdot\text{kg}^{-1}$]

3.7 Významné teploty

3.7.1 Teplota tuhnutí

Zvaná též bod tekutosti. Je to teplota, kdy za podmínek stanovených normou dosáhne látka již tak vysoké pevnosti a viskozity, že přestane téci. Bod tekutosti je významná charakteristika motorového oleje, která definuje jeho nízkoteplotní chování a čerpatelnost. Teplota tuhnutí souvisí s viskozitní třídou oleje. U olejů nejběžnějších tříd SAE 5W-X a 10W-X se tato teplota pohybuje zhruba v rozmezí -50°C až -35°C . [20]

3.7.2 Teplota vzplanutí

Teplota vzplanutí je nejnižší teplotní bod, při kterém za normou stanovených podmínek může dojít k vynucenému vzplanutí par – což je v případě motorového oleje horká směs olejových par a kyslíku. Teplota vzplanutí motorových olejů se pohybuje průměrně kolem 440 °C. Olej se považuje za vznícený, pokud se plamen rozšíří po celém povrchu vzorku. Pokud plamen při zkušební teplotě po rozšíření do čtyř sekund vyhasne, mluvíme o takzvané kritické teplotě vzplanutí. Další ohřívání oleje vyústí v dosažení teploty hoření, která leží u motorového oleje zhruba o 15 °C výše než teplota vzplanutí. [21]

MOTOR OIL SAE GRADE	NO. OF OILS*	LOWEST FLASH** °F [°C]	HIGHEST FLASH** °F [°C]	AVERAGE** °F [°C]
20W-50	17	390 (198)	507 (263)	448 (231)
20W-40	3	415 (212)	500 (260)	452 (233)
15W-50	4	415 (212)	503 (261)	447 (230)
5W-50	2	437 (225)	457 (236)	450 (232)
5W40	1	450 (232)	450 (232)	450 (232)
15W-40	11	399 (203)	495 (257)	432 (222)
10W-30	21	390 (198)	520 (271)	424 (217)
5W-30	16	354 (178)	480 (248)	420 (215)

Obr 6: Teploty vzplanutí olejů různých tříd [21]

3.7.3 Další vlastnosti

3.7.3.1 Celková alkalická rezerva

Dnešní motorové oleje obsahují alkalické sloučeniny se schopností neutralizovat kyselé látky, které se při provozu dostávají do olejové náplně. Tato schopnost se kvantifikuje pomocí hodnoty T.B.N. - z anglického „Total Base Number“, přeloženo jako celková alkalická rezerva. Udává se v miligramech KOH³ na gram oleje. Čím je hodnota TBN vyšší, tím delší dobu dokáže olej neutralizovat kyselé látky. Postupem času se tedy

hodnota TBN snižuje. U současných motorových olejů se pohybuje přibližně v rozmezí 8-12 mg KOH/g. Hodnota TBN je zakotvena do klasifikace ACEA. [9]

3.8 Klasifikace motorových olejů

3.8.1 Legislativa v ČR

Legislativně jsou průmyslové oleje klasifikované podle viskozity, obecné oblasti použití podle ČSN ISO 6743/0 (tedy požadované výkonnosti) a čistoty. Motorové oleje mají přiřazený symbol značení „E“. Legislativou dané označení maziva podle použití a jeho kvalitativní charakteristiky (výkonu) je zpravidla písmenný kód umístěný před číslem označujícím viskozitu oleje podle ISO VG, např. HD dle DIN 51 524. Pro hodnocení čistoty provozních kapalin existuje více klasifikačních systémů, nejrozšířenější jsou normy ISO 4406 (odpovídá ČSN 65 6206). [9]

3.8.2 Viskozitní

3.8.2.1 SAE

Nejběžnější a nejužnávanejší viskozitní klasifikací je norma SAE J300. SAE – Society of Automotive Engineers – je globální normalizační orgán působící v oblastech leteckého a automobilního průmyslu. Označení SAE najdeme na každém balení motorového oleje. Dle normy J300 jsou oleje rozděleny do viskozitních tříd značených ve formátu XW-Y, kde:

X je číslo zimní viskozitní třídy, které definuje viskozitu oleje za nízkých teplot a jeho čerpatelnost. Čísla tříd jsou pouze bezrozměrné označení, viskozitu vyjadřují nepřímo.

W pochází ze slova „winter“, anglicky zima.

Y je číslo letní viskozitní třídy, která určuje viskozitu za vysokých teplot, tedy i za provozní teploty motoru. Norma předepisuje rozsah viskozity při teplotě 100 °C, do kterého musí olej spadat. Sousední třídy na sebe přímo navazují. Dále předepisuje minimální HTHS viskozitu při 150 °C.

Dříve se používali oleje jednorozsahové, takové které dokázaly vyhovět pouze požadavkům na zimní nebo pouze na letní provoz. Takové oleje byly značené pouze jedním číslem. Dnešní oleje jsou zpravidla vícerozsahové - díky pokročilejší aditivaci

mají vysoký viskozitní index a dokážou tak vyhovět jak třídě zimní, tak i letní. Proto jsou značené již popsáním způsobem s dvěma čísly.

Novinkou od roku 2015 je zavedení nových letních tříd SAE 8, 12, 16. Tyto lehkoběžné oleje (například Eneos 0W-16) s velmi nízkou HTHS viskozitou používají zejména některé japonské a korejské automobilky jako prvotní náplň, a to především do hybridních vozidel. Jejich špičková čerpatelnost za studena a nízká míra vnitřního tření umožňuje dosáhnout lepších výsledků v testovacích cyklech při měření spotřeby paliva. [28]

Tab 2: Viskozitní třídy SAE J300 [22]

Viskozitní třída SAE	Vlastnosti za nízkých teplot				Vlastnosti za vysokých teplot		
	Dynamická viskozita (mPa.s) max. při °C		Čerpatelnost (mPa.s) max. při °C		Kinematická viskozita při 100°C (mm ² .s ⁻¹)		HTHS Viskozita min.
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	min.
0W	6 200	-35	60 000	-40	3,8		
5W	6 600	-30	60 000	-35	3,8		
10W	7 000	-25	60 000	-30	4,1		
15W	7 000	-20	60 000	-25	5,6		
20W	9 500	-15	60 000	-20	5,6		
25W	13 000	-10	60 000	-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
40a					12,5	16,3	2,9
40b					12,5	16,3	3,7
50					16,3	21,9	3,7
60					21,9	26,1	3,7

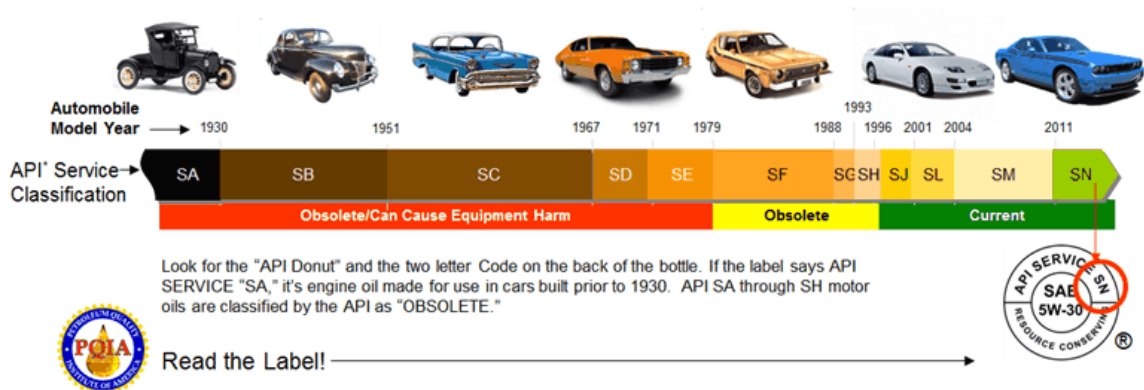
3.8.3 Výkonnostní

3.8.3.1 API

American Petroleum Institute, neboli Americký ropný institut je nezisková organizace založená roku 1919. Reprezentuje zájmy stovek amerických společností, pracujících v oblasti těžby, rafinace, zpracování a distribuce ropných produktů. Systém výkonnostní klasifikace motorových olejů API se používá už mnoho desítek let a třídu API nalezneme skoro na každém balení oleje.

Nomenklatura tříd API je následující: První písmeno značí určení oleje. Pro oleje pro benzínové motory bylo přiřazeno písmeno S, pro naftové písmeno C. Druhé písmeno značí výkonnostní třídu.

Za aktuální se považují třídy SJ a novější. Tyto oleje jsou na trhu běžně dostupné. Oleje tříd SF, SG a SH jsou považovány za zastaralé. Oleje tříd SE a starších se považují za extrémně zastaralé a schopné přímo způsobit poškození motoru nebo jeho příslušenství.



Obr 7: Třídy API v čase

[http://ntmcpolri.info/home/wp-content/uploads/2014/08/timeline_kualitas_oli_api.png]

Již od třídy SC z r. 1951 musí olej splňovat době poplatné požadavky na kontrolu tvorby usazenin za nízkých i vysokých teplot a na ochranu proti opotřebení a korozi.

Nejnovější třída je SN, v platnosti od r. 2010. Je vhodná tam, kde je potřeba poskytnout vyšší ochranu pístů při vyšších teplotách, kde je požadovaná přísnější kontrola kalu a kompatibility s těsněními. Zaručuje vyšší ochranu turbodmychadla a motoru provozovaného na E85. SN zároveň hovoří o vyšší kontrole emisí a nižší spotřebě paliva. [22]

3.8.3.2 ACEA

Spolek ACEA - European Automobile Manufacturers Association - tedy asociace evropských výrobců automobilů je společnost reprezentující 15 evropských výrobců automobilů a užitkových vozidel. Mísí ACEA je definovat a obhajovat společné zájmy a pozice výrobců automobilů. Slouží také jako regulační a kontrolní orgán pro automobilový průmysl. Jedna z oblastí působení ACEA je výkonnostní klasifikace motorových olejů pro čtyřtakové motory.

Klasifikace ACEA v roce 1996 nahradila dříve vydávané klasifikace CCMC (Comité des Constructeurs d'Automobiles du Marché Commun), které byly v platnosti v letech 1980-1996.

Třídy ACEA jsou především výkonnostní specifikací, přesto předepisují i koncentraci některých sloučenin v oleji a HTHS viskozitu. Jsou značeny jedním písmenem označujícím kategorii/použití oleje a jedním číslem označujícím dané výkonnostní požadavky.

Třída A je pro benzínové motory, třída B pro dieselové motory a třída E pak pro dieselové motory těžkých užitkových vozidel. Třída C klasifikuje kompatibilitu s moderními systémy redukce emisí (třícestné katalyzátory, filtry pevných částic) a předepisuje množství sulfátového popela, síry a fosforu v oleji. [22]

Tab 3: Výkonnostní třídy ACEA, oleje pro benzínové motory [9]

Výkonnostní třída ACEA	Použití oleje	HTHS [mPa.s]
A1, B1	Standardní olej, normální intervaly výměny	2,9 - 3,5
A2, B2	Standardní olej, normální intervaly výměny (Již neplatné)	> 3,5
A3, B3	Olej pro vysokou zátěž, možnost prodloužení intervalu výměny	> 3,5
B4	Jako B3 + možno použít pro dieselové motory s přímým vstřikováním	> 3,5
A4	Rezervováno pro oleje pro benzínové motory s přímým vstřikováním	nedefinováno
A5, B5	Jako A3 / B4, avšak se sníženou HTHS viskozitou	2,9 - 3,5

3.8.3.3 Další klasifikace

Kromě již uvedených klasifikací existovala v historii celá řada dalších a některé jsou dodnes platné a aktualizované. Za zmínku stojí výkonnostní třídy ILSAC GF, které vydává mezinárodní poradní výbor pro standardizaci maziv ILSAC, nebo japonská klasifikace JASO, která se zaměřuje především na motocyklové oleje. [9]

3.8.4 Klasifikace výrobců motorů

Je ve vlastním zájmu výrobců automobilů, aby se v motorech jejich automobilů používal odpovídající olej. Každý výrobce motoru vždy předepisuje typ oleje, a to buď ve formě požadavku na splnění zavedených specifikací SAE (viskozitní) a ACEA/API (výkonnostní), nebo ve formě požadavku na splnění vlastních norem. Tyto specifikace běžně výkonnostně odpovídají některým zavedeným specifikacím, ale obsahují i specifické požadavky na olej, které jsou mimo rozsah běžných testů. Může se jednat např. o kompatibilitu s těsníci materiály nebo s konstrukčními prvky a materiály unikátními pro daný motor.

Na našem trhu jsou nejrozšířenější firemní specifikace VW a Mercedes-Benz. U olejů s prodlouženým intervalem výměny pak specifikace BMW longlife. [13]

3.9 Speciální oleje

3.9.1 Oleje pro závodní motory

Oleje pro použití v závodních vozech se v několika požadavcích na svůj výkon rozcházejí s oleji pro běžný provoz. V první řadě - nemusí být tak kompromisní z hlediska ekonomiky a ekologie provozu. V závodním voze obvykle nenajdeme systémy určené na redukci výfukových emisí, jako katalyzátory nebo filtry pevných částic, což otevírá výrobcům oleje možnosti použít sloučeniny, které by měly v běžném provozu nepříznivý vliv na funkci nebo životnost těchto systémů, například fosforečnany a zinečnany. Obecně potom oleje pro závodní motory musí dobře snášet extrémní mechanickou a teplotní zátěž, musí tvořit pevný olejový film, dobře dotěšňovat spalovací prostor a musí být odolné proti pění, které je zvlášť u systémů mazání se suchou klikovou skříní nežádoucí kvůli zbytečnému přečerpávání velkého objemu zpěněného oleje.

To vše se odráží jak v jejich složení, tak v jejich ceně a dostupnosti. [23]

Dříve se kvůli silnějším ventilovým pružinám vysokootáčkových sportovních motorů používal pro mazání ricinový olej, který lépe snášel vysoké tlaky mezi vačkovou hřídelí a ventilovým zdvihátkem. Ricinový olej ale špatně reagoval na vysoké teplotní zatížení, kdy vytvářel mazlavé shluky, které způsobují váznutí a zapékání pístních kroužků. Aditiva zabraňující tento jev ovšem způsobovala nadměrné pění oleje. Proto se postupně přešlo na oleje minerální a následně oleje syntetické, jejichž užité vlastnosti se dále zlepšují aditivami.[11]

Aditivační balíček se ve své podstatě neliší od balíčku běžného oleje, nicméně poměr jeho složek je odlišný a procento zastoupení aditiv v oleji je mnohem vyšší.

Ve větším množství než běžném sou použita[23]:

- Protioděrová aditiva
- modifikátory tření
- inhibitory koroze
- disperzanty

Jsou zde požadavky na maximální ochranu třecích ploch motoru zejména za vysokých pracovních teplot a vysokého zatížení a s tím související pevnost olejového filmu a HTHS viskozitu. Na druhou stranu je žádoucí, aby třecí ztráty v celém pohonném ústrojí byly co možná nejmenší a zvolený olej na toto má v soutěžních motorech, přísně omezených pravidly, nezanedbatelný vliv. I z tohoto důvodu se budou požadavky na oleje napříč různými motoristickými sporty podstatně lišit – olej vhodný pro naftový speciál na vytrvalostní závody se bude podstatně lišit od oleje pro vysokootáčkový motor okruhového monopostu nebo vysoce přeplňovaný speciál pro závody ve sprintu.

Inhibitory koroze musí ochránit povrchy proti koroznímu poškození jak v provozu, tak v době, kdy je závodní speciál odstaven nebo přepravován. Tyto časové úseky nečinnosti mají jinou délku a skladbu než u běžně provozovaného automobilu. [11]

3.10 Výdrž a výměna oleje

Výrobci automobilů předepisují výměnu oleje jako jeden z úkonů v rámci tzv. servisního intervalu. Výměna olejové náplně je nutná z důvodu degradace a znečištění

oleje. Žádný motorový olej nemá neomezenou životnost, protože je v provozu vystaven intenzivnímu mechanickému a tepelnému namáhání. Dále olejová náplň podléhá oxidaci z důvodu pronikání produktů spalování ze spalovací komory. Čím vyšší je provozní teplota oleje, tím je působení oxidace značnější. V neposlední řadě je olej znečišťován cizími částicemi, ať už kovovými či nekovovými (otěr z ložisek, prachové částice, kovové úlomky atd.). [13][25]

V dnešní době se výrobci snaží vyrábět oleje tak stabilní a trvanlivé, aby dokázali splnit požadavky na svoji funkci za všech provozních podmínek po značně delší intervaly, než tomu bylo dřív. Jedná se o tzv. long-life oleje, jejich předepsaný výměnný interval se pohybuje u osobních automobilů kolem 30-40 tisíc kilometrů. Svoji roli má také čas, protože i olejová náplň nepoužívaného motoru degraduje působením vzdušné vlhkosti, gravitace a teplotních fluktuací. I u long-life oleje proto bývá předepsána výměna nejpozději po dvou letech. [17][22]

3.10.1 Znečištění olejové náplně

Znečištění olejové náplně dělíme na primární a sekundární[16]:

- Primární znečištění jsou kovové částice, vnikají do oleje kvůli různým druhům opotřebení (adhezivní, abrazivní, kavitační atd.) povrchů ložisek, vaček, zdvihátek a dalších třecích ploch.
- Sekundární poškození tvoří vnikání dalších látek do olejové náplně, které zhoršují jeho viskozitní a výkonnostní vlastnosti – palivo, chladící kapalina, prachové částice, voda, a další.

3.11 Manipulace s oleji

3.11.1 Skladování

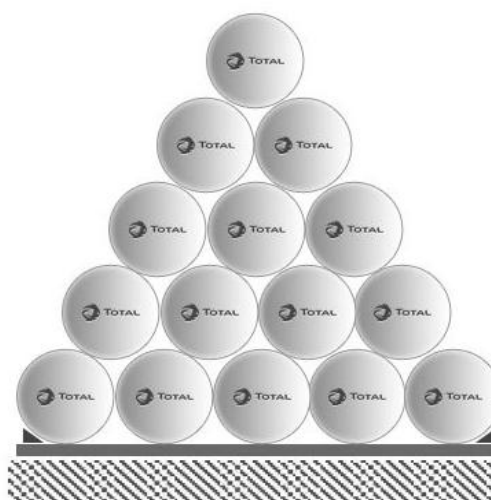
Všechna maziva by v ideálním případě měla být skladována v místnosti nebo budově k tomu určené. V místnosti dobře ventilované, čisté a s kontrolovanou teplotou a vlhkostí. Sklad nesmí být vystaven extrémně vysokým či nízkým teplotám. Podlaha by měla být rovná a pevná a měla by být vybavena záchytným systémem pro případ úniku maziva.

Olej se skladuje ve větším množství v sudech, v menších množstvích pak v krabicích či v samostatných plastových kontejnerech. Pro manipulaci s obaly se doporučuje používat ochranné pomůcky a k tomu určenou techniku, aby se předešlo poškození obalů. [26]



Obr 8: Skladování sudů a krabic ve skladových prostorách [26]

Pokud situace nedovoluje jinak, než skladovat venku (např. z kapacitních důvodů), je nutné zajistit, aby případný únik maziva nemohl způsobit znečištění podloží, proniknout do půdy a následně i do spodních vod. Ideální je rovná, nepropustná podložka. Při skladování venku se doporučuje sudy ukládat na sebe v pozici vleže – zabraňuje se tak vniknutí vody a nečistot. [26]



Obr 9: Skladování sudů venku [26]

3.11.2 Recyklace

Motorové oleje se po upotřebení v provozu posílají na recyklaci. Použitý olej je možno regenerovat – důležité složky základového oleje nejsou provozem zničeny, naopak

nestabilní složky jsou odstraněny v průběhu provozního života oleje. Nicméně recyklace olejů je ekonomicky velmi náročný proces, pokud má výsledný produkt splňovat vysoké požadavky na znovupoužití do nového motorového oleje. Proto se shromážděné oleje recyklují spíše na topné oleje nebo na jiné maziva s nižšími nároky na výkon. Recyklované oleje se označují také jako regenerované oleje. [24]

3.12 Aktuální trendy a pohled do budoucnosti

Dá se očekávat, že v souladu se snižováním průměrné spotřeby paliva se bude používat stále více lehkoběžných olejů nových viskozitních tříd SAE 8, 12 a 16 a zároveň oleje se sníženou HTHS viskozitou – dochází tedy ke snížení viskozity na obou koncích pracovního teplotního rozsahu oleje. Příčinou jsou stále přísnější emisní limity pro osobní i nákladní automobily a s tím spjatá spotřeba paliva. Už jen za dobu ohřívání oleje po studeném startu se uspoří nezanedbatelné množství energie (tedy paliva), pokud čerpáme olej se znatelně nižší viskozitou. Za provozní teploty pak oleje se sníženou HTHS viskozitou snižují celkové třecí ztráty.

V rámci omezení spotřeby ropných produktů a uživatelské pohodlnosti se také stále prodlužují výměnné intervaly.

Snaha o ekologičtější provoz dále vyústila v používání olejů se sníženým obsahem tzv. kritických prvků SAPS - sulfátového popela, fosforu a síry.

Protože se vždy část olejové náplně v provozu dostává do výfukového potrubí (spalování oleje ze stěn válců, průsak do sání přes gufera ventilů, olej z odvětrávání klikové skříně atd.), tyto látky představují provozní riziko pro správnou funkci moderních systémů na redukcii výfukových emisí – třícestných katalyzátorů, filtrů pevných částic a systémů selektivní katalytické redukce. Oleje překonaných specifikací s nimi nejsou kompatibilní. Stále větší tržní podíl proto mají moderní syntetické oleje tříd ACEA Cx se sníženým obsahem SAPS.

Existuje nebezpečí, že snížení koncentrace těchto prvků může vést k omezení některých výkonových vlastností motorových olejů a to se neslučuje s většími nároky na motorový olej popsány výše. Dalším novým trendem, je použití rozvodového řemene běžícího v olejové lázni, což snižuje třecí ztráty a zlepšuje kultivovanost chodu. Je tedy nutné zajistit kompatibilitu oleje s materiálem rozvodového řemene, jakožto nového mazaného prvku. [6] [19] [22]

4 PRAKTICKÁ ČÁST

4.1 Měření viskozity motorových olejů

Pro naše měření viskozity motorových olejů jsme vybrali 4 vzorky nepoužitých olejů. Kritériem pro výběr byla viskozitní třída olejů dle SAE. Vzorky jsme vybrali tak, abychom mohli změřit co nejvíce různých tříd. Ve čtyřech zvolených vzorcích vícerozsahových olejů tak máme reprezentanty tří zimních tříd – 0W, 5W, 10W, a čtyř letních tříd – 20, 30, 40 a 50.

Tab 4: Viskozitní a výkonnostní klasifikace měřených vzorků olejů

označení	výrobce	obchodní označení	viskozitní třída SAE	výkonnostní třída
A	Eneos	Premium Ultra	0W-20	API SM, ILSAC GF-4
B	Shell	Helix HX7	5W-30	API SL/CF; ACEA A3/B3, A3/B4
C	Sunoco	Synturo Sportivo	5W-50	API SH/CD, CCMC G5/PD2
D	Castrol	Magnatec A3	10W-40	ACEA A3/B4, API SL

4.1.1 Měření viskozity

Měření viskozity vzorků probíhalo na digitálním rotačním viskozimetru Anton Paar DV-3P. Tento viskozimetr pracuje na principu měření kroutící síly, nutné k překonání odporu u rotujícího válce nebo disku ponořeného v měřeném materiálu. Rotující válec nebo vřeteno jsou propojeny přes pružinu s hřídelí motoru, který se točí definovanou rychlostí. Úhel pootočení hřídele je měřen elektronicky a poskytuje přesnou informaci o poloze hřídele, potažmo vřetene. Z měřených hodnot je na základě interních výpočtů přímo zobrazena hodnota dynamické viskozity v mPa·s. Pro kapaliny konstantní viskozity odpor vůči pohybu roste s velikostí vřetena. [5]

Při měření byl použit adaptér pro měření malých vzorků. Každý vzorek byl pomocí vodní vyhřívací soustavy udržován na požadované teplotě pro měření, v tomto případě ustálené teploty 40 °C a 100 °C, což jsou dle ISO 8217:2012 standardizované referenční teploty pro měření viskozity motorových olejů.



Obr 10: Rotační vizkozimetr Anton Paar DV-3P [5]

4.1.2 Měření hustoty

Hustota (měrná hmotnost) vzorků byla změřena pomocí přenosného digitálního hustoměru Densito 30 PX od firmy Mettler Toledo, který umožňuje během několika sekund získat hustotu vzorku a je vybaven speciální stupnicí pro měření ropných produktů. Hustoměr 30 PX má měřicí rozsah 0-2 g/cm³ a rozsah teplot 0°C až 60°C. [5]



Obr 8: Hustoměr Densito 30 PX

[<http://www.laboandco.com/densimetre-compact-electronique-densito-30px-mettler-toledo.html>]

4.2 Naměřené hodnoty

Hodnoty dynamické viskozity byly odečteny přímo z displeje viskozimetru, hodnoty kinematické viskozity pak byly vypočteny ze vztahu (3):

Tab 5: Tabulka naměřených hodnot viskozity

vzorek	viskozitní třída	dynamická viskozita, mPa.s		hustota kg.m ⁻³	kinematická viskozita, mm ² s ⁻¹	
		40 °C	100 °C	15 °C	40 °C	100 °C
A	0W-20	39,84	6,90	849,0	46,93	8,13
B	5W-30	57,98	10,22	846,5	68,49	12,07
C	5W-50	88,46	14,18	852,2	103,80	16,64
D	10W-40	77,40	8,91	857,8	90,23	10,39

4.2.1 Viskozitní index

Se zjištěnými kinematickými viskozitami při teplotách 40°C a 100°C jsem mohl s využitím kalkulačky viskozitního indexu od firmy Anton-paar získat metodou ASTM D2270⁵ hodnotu VI reálného vzorku oleje a porovnat s hodnotou udávanou výrobcem.

Tab 6: Porovnání viskozitních indexů

vzorek	viskozitní třída	VI vypočtený	VI udávaný
A	0W-20	146	168
B	5W-30	175	163
C	5W-50	174	182
D	10W-40	96	148

⁵ASTM D2270 – je standardizovaná metoda pro výpočet viskozitního indexu z hodnot kinematických viskozit při teplotách 40°C a 100°C zavedená mezinárodním normalizačním orgánem ASTM (American Society for Testing and Materials International)

4.3 Diskuse a závěr měření

Nejvyšší viskozita za obou teplot byla dle očekávání naměřena u vzorku C (Sunoco Synturo Sportivo 5W-50), nejnižší pak u vzorku A (Eneos Premium Ultra 0W-20). Za zmínku stojí velký rozdíl ve viskozitách těchto olejů při obou zkušebních teplotách, který dává tušit velký skok ve viskozitních třídách a dobře demonstruje zcela odlišné určení těchto olejů.

Naměřená hodnota viskozity při 100C u vzorku D (Castrol Magnatec A3 10W-40) neodpovídá jeho viskozitní třídě. Pro třídu SAE 40 je definován rozsah 12,5 mPa·s až 16,3 mPa·s. Naměřená hodnota 10,39 mPa·s by olej řadila do třídy 30. Nízká hodnota vypočteného viskozitního indexu tohoto vzorku je důsledkem právě tohoto silného poklesu viskozity za vysoké teploty. To může být způsobeno jak vadou samotného vzorku oleje, tak pravděpodobně i skladováním nebo stářím otevřeného oleje, proto na základě tohoto zjištění nelze vynášet definitivní soudy o nekvalitě oleje či klamání výrobce o vlastnostech oleje. Ostatní vzorky viskozitně odpovídají svým třídám.

5 ZÁVĚR

Mazivo je nepostradatelným, aktivním a funkčním prvkem spalovacího motoru. Motorový olej pak lze považovat za nejdůležitější provozní kapalinu, která se v automobilu nachází, už jen na základě výčtu jeho funkcí. Kolem motorových olejů existuje rozsáhlý průmysl, největší značky v tomto odvětví mají obrovskou hodnotu.

Jen v České republice je registrováno přes 5 milionů automobilů. Kdyby se v každém z nich vyměnil motorový olej jednou za dva roky a průměrná náplň by tvořila 4 litry, využilo by se 10 milionů litrů motorového oleje ročně. V poslední době jsme svědky prodlužování výměnných intervalů oleje, což klade další nároky na zpomalení degradace olejové náplně, aby byla schopna uspokojivě pracovat i 30 až 40 tisíc kilometrů. Dnešní automobily vyšších tříd si určí životnost oleje samy, na základě interních výpočtů, do kterých se zahrnuje provozní režim motoru – počet motohodin, počet studených startů, spotřebu oleje a paliva, a další faktory.

Kvůli stále se zpřísňujícím legislativním limitům pro spotřebu paliva, jako je například americká vládní norma CAFE (Corporate Average Fuel Economy, předepisující průměrnou spotřebu celého portfolia automobilky) nebo evropský zkušební cyklus NEDC, (New European Driving Cycle, metodika měření spotřeby paliva) musejí konstruktéři využít každou existující možnost pro snížení spotřeby. Použití oleje s nižší viskozitou za provozní teploty je jednou z těchto možností, protože zajistí nižší ztrátový výkon na čerpání oleje a nižší třecí ztráty, a tak se stále častěji v nových automobilech objevují lehkoběžné oleje tříd SAE 0W20, 5W20 apod. Na trhu je ale stále nepřehledné množství různých olejů s různým určením a dílčím cílem této práce bylo umožnit lepší orientaci v nich.

Rešeršní část této práce popisuje funkce motorového oleje, jeho složení a vybrané fyzikální vlastnosti. Jsou představeny dnes používané systémy mazání, chlazení a filtrace oleje. Dále obsahuje přehled motorových olejů na trhu, věnuje se jejich klasifikaci a zvláštní pohled je věnován olejům pro závodní automobily.

V praktické části této práce byly zkoumány teplotně-viskozitní vlastnosti čtyř nepoužitých motorových olejů. Jednalo se o 4 syntetické oleje, spadající do viskozitních tříd SAE 0W20, 5W30, 10W40, 5W50 a rozličných výkonnostních tříd. Měření je zakončeno zhodnocením získaných dat.

6 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] **Helebrant F., Hrabec L., Blata J. 2013.** *Provoz, diagnostika a údržba strojů*, Vysoká škola báňská, Technická univerzita Ostrava, ISBN 978-80-248-3028-5
- [2] **Plymovent.cz. 2013.** *Co je olejová mlha*. JVB Engineering s.r.o. [Online] [Citace: 24. 4. 2017.] <http://plymovent.cz/cs/co-je-olejova-mlha-1029>
- [3] **Jan Z., Ždánský B. 2008.** *Automobily 3: Motory*, Nakladatelství Avid, Brno, ISBN 978-80-87143-06-3
- [4] **Zehnálek J. 2005.** *Chemie, paliva, maziva. 2. vyd.* Mendelova zemědělská a lesnická univerzita Brno. ISBN 80-7157-900-9.
- [5] **Kumbár V. 2013.** *Reologický profil motorového oleje používaného ve čtyřdobých pístových motorech*. Disertační práce. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita Brno.
- [6] **Černý J. 2010.** *Paliva 2, Dopad emisních limitů na motorové oleje*. VŠCHT Praha, Ústav technologie ropy a alternativních paliv, Praha 6. MSM 604 613 7304
- [7] **Martinec J. 2002.** *Základní vlastnosti motorových mazacích olejů*. [Online] [Citace: 24. 4. 2017.] <http://mechanizaceweb.cz/zakladni-vlastnosti-motorovych-mazacich-oleju>
- [8] **Tribotechnika.sk. 2008.** *Tribologický slovník*. [Online] [Citace: 24. 4. 2017.] <http://www.tribotechnika.sk/slovník.html#T>
- [9] **Oleje.cz.** *Informace ze světa maziv* [Online] [Citace: 24. 4. 2017.] https://www.oleje.cz/obsah/automobilova_maziva
- [10] **Bečka J. 2007.** *Tribologie a tribotechnika*. Časopis Tribotechnika. Číslo 1/2007 [Online] [Citace: 24. 4. 2017.] <http://www.tribotechnika.cz/images/casopis/2007-1.pdf>
- [11] **Mackerle J. 1980.** *Motory závodních automobilů*. SNTL – Nakladatelství technické literatury, Praha.
- [12] **TU v Liberci.** *Tribologie*. Katedra strojírenské technologie. [Online] [Citace: 24. 4. 2017.] http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/stud_materialy/ttv/tribologie.pdf
- [13] **Vlk F. 2006.** *Paliva a maziva motorových vozidel*. ISBN 80-239-6461-5
- [14] **Tribology-abc.** *Engine lubrication*. Engineering-abc.com. [Online] [Citace: 24. 4. 2017.] <http://www.tribology-abc.com/abc/engine.htm>.
- [15] **Krejčí T. 2008.** *Mazání vznětových a zážehových motorů*. Bakalářská práce. Fakulta strojního inženýrství, Vysoké učení technické v Brně.
- [16] **Sejkorová M. 2013.** *Metody tribotechnické diagnostiky*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita. ISBN 978-80-248-3280-7.

- [17] Černý J. *Vlastnosti motorových olejů - Oxidační stabilita, nitrace oleje*.
[Online] [Citace: 24. 4. 2017.] <http://www.oleje.cz/clanek/Vlastnosti-motorovych-oleju--Oxidacni-stabilita--nitrace-oleje>
- [18] SEVERA L., et al. 2012. *On the Engineering Flow Properties of Used and New Engine Oils*. In: *Applications of Physical Research in Engineering*. 1. vyd. Nitra: Slovak University of Agriculture in Nitra. ISBN 978-80-552-0839-8
- [19] Václav L. 2011. *Lahkobežné motorové oleje*. Časopis Tribotechnika, číslo 4/2011.
- [20] Petroleum 2007. *Bod tuhnutí, bod tekutosti*. Výkladový slovník.
[Online] [Citace: 24. 4. 2017.] <http://www.petroleum.cz/slovník.aspx?pid=60>
- [21] Fitch J. 2000. *The Enduring Flash Point Test*. Machinery lubrication.
[Online] [Citace: 24. 4. 2017.] <http://machinerylubrication.com/Read/19/flash-point-test>
- [22] Oil specifications.org [Online] [Citace: 24. 4. 2017.] http://www.oilspecifications.org/api_eolcs.php
- [23] Baechtel J., 2013. *Racing Oil vs. Street Oil: Know the Differences*. Engine Labs
[Online] [Citace: 24. 4. 2017.] <http://www.enginelabs.com/engine-tech/racing-oil-vs-street-oil-know-the-differences/>
- [24] Černý J. 2005. *Mazivářské mýty - mýtus osmý: Mazací schopnost motorového oleje*. Časopis Autoexpert, číslo 6/2005.
- [25] DRESEL W., MANG T. 2007. *Lubricants and Lubrication*. Weinheim: Wiley. ISBN 978-3-527-31497-3
- [26] Novakoil.cz. 2014. *Skladování a manipulace s mazivou* [Online][Citace: 24. 4. 2017.] <http://www.novakoil.cz/podpora/skladovani-a-manipulace-s-mazivou/>
- [27] Viscopedia.com. *Standard Practice for Calculating Viscosity Index From Kinematic Viscosity at 40 and 100°C*. A free encyclopedia of viscosity, Anton Paar.
[Online] [Citace: 24. 4. 2017.] <http://www.viscopedia.com/calculator/astm-d2270-viscosity-index-from-40c-and-100c/>
- [28] Miyamoto H. 2016. *Eneos launches 0W-16 Motor Oil With Next Generation Technology*. [Online] [Citace: 24. 4. 2017.] <http://www.eneos.us/news/eneos-news/eneos-launches-0w-16-motor-oil-with-next-generation-technology/>

7 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ A TABULEK

Seznam použitých obrázků

Obr 1: Druhy tření.....	16
Obr 2: Mazání se suchou klikovou skříní, Mercedes-Benz	19
Obr 3: Řez plnoprůtokovým čističem oleje	19
Obr 4: Složení motorového oleje	21
Obr 5: Zjišťování viskozitního indexu.....	27
Obr 6: Teploty vzplanutí olejů různých tříd	29
Obr 7: Třídy API v čase	32
Obr 8: Skladování sudů a krabic ve skladových prostorech.....	37
Obr 9: Skladování sudů venku.....	37
Obr 10: Rotační vizkozimetr Anton Paar DV-3P	40
Obr 11: Hustoměr Densito 30 PX.....	40

Seznam tabulek

Tab 1: Rozdělení základových olejů.....	22
Tab 2: Viskozitní třídy SAE J300.....	31
Tab 3: Výkonnostní třídy ACEA, oleje pro benzínové motory	33
Tab 4: Viskozitní a výkonnostní klasifikace měřených vzorků olejů.....	39
Tab 5: Tabulka naměřených hodnot viskozity.....	41
Tab 6: Porovnání viskozitních indexů	41
Tab 7: Popis výkonnostních tříd ACEA E.....	47
Tab 8: Popis výkonnostních tříd ACEA C.....	48

8 PŘÍLOHA

➤ Výkonnostní třídy ACEA E pro dieselové motory užitkových automobilů:

Tab 7: Popis výkonnostních tříd ACEA E

Výkonnostní třída ACEA	Použití oleje	HTHS [mPa.s]
E1	Již neplatné od 3/2000	$\geq 3,5$
E2	Standardní olej, normální intervaly výměny	$\geq 3,5$
E3	Olej pro vysokou zátěž, možnost prodloužení intervalu výměny (Již neplatná)	$\geq 3,5$
E4	Olej pro extrémě vysokou zátěž, možnost prodloužení intervalu výměny	$\geq 3,5$
E5	Olej pro vysokou zátěž, možnost prodloužení intervalu výměny	$\geq 3,5$
E6	Vysoce stabilní oleje podporující čistotu pístů, snižující opotřebení (včetně působením sazí) a zajišťující stálé mazání. Olej je doporučován pro moderní, vysoce zatěžované vznětové motory, splňující emisní limity Euro 1-4. Umožňuje prodloužené výměnné intervaly dle doporučení výrobce. Je vhodný pro motory se systémy EGR (Exhaust Gas Recirculation), DPF (Diesel Particulate Filter) a SCR NO _x (Selective Catalitic Reduction). Třída E6 je zvláště doporučována pro motory s DPF systémy, které spalují palivo s nízkým obsahem síry (50 ppm).	$\geq 3,5$
E7	Stabilní oleje zabráňující usazování nečistot na pístech a vzniku zrcadlových ploch na stěnách válců. Omezuje opotřebení (včetně působením sazí), vznik úsad v turbodmychadlu. Olej je doporučován pro moderní, vysoce zatěžované vznětové motory splňující emisní limity Euro 1-4. Umožňuje prodloužené výměnné intervaly dle doporučení výrobce. Je vhodný pro většinu motorů se systémy EGR (Exhaust Gas Recirculation) a SCR NO _x (Selective Catalitic Reduction). není vhodný pro systémy DPF (Diesel Particulate Filter).	$\geq 3,5$

- Výkonnostní třídy ACEA pro oleje se sníženým obsahem SAPS a pro kompatibilitu se systémem DPF a TWC:

Tab 8: Popis výkonnostních tříd ACEA C

Výkonnostní třída ACEA	Použití oleje	HTHS [mPa.s]
C1	Stabilní olej kompatibilní s katalyzátorem pro vysoce výkonné zážehové i vznětové motory osobních a lehkých nákladních automobilů se systémy DPF (Diesel Particulate Filter) a TWC (Three Way Catalyst), které vyžadují nízkoviskózní oleje se sníženým obsahem SAPS (Sulfate Ash Phosphorus Sulfur - sulfátový popel, síra, fosfor) a HTHS vyšší než 2.9 mPa.s. Tyto oleje prodlužují životnost systémů DPF a TWC a snižují spotřebu paliva.	> 2,9
C2	Stabilní olej kompatibilní s katalyzátorem pro vysoce výkonné zážehové i vznětové motory osobních a lehkých nákladních automobilů se systémy DPF (Diesel Particulate Filter) a TWC (Three Way Catalyst), které vyžadují nízkoviskózní oleje s HTHS vyšší než 2.9 mPa.s. Tyto oleje prodlužují životnost systémů DPF a TWC a snižují spotřebu paliva.	> 2,9
C3	Stabilní olej kompatibilní s katalyzátorem pro automobily se systémy DPF (Diesel Particulate Filter) a TWC (Three Way Catalyst). Tyto oleje prodlužují životnost těchto systémů.	> 3,5
C4	Stabilní olej kompatibilní s katalyzátorem pro automobily se systémy DPF (Diesel Particulate Filter) a TWC (Three Way Catalyst). Tyto oleje prodlužují životnost těchto systémů. (platná od roku 2006)	> 3,5