

UNIVERZITA PARDUBICE
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2009

Pavel HORČIČKA

**UNIVERZITA PARDUBICE
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA**

**ZÁVISLOST SPOTŘEBY POHONNÝCH HMOT NA
JÍZDNÍCH PODMÍNKÁCH**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

AUTOR: Pavel Horčíčka
VEDOUCÍ PRÁCE: Ing. Jan Pokorný

2009

**UNIVERSITY OF PARDUBICE
JAN PERNER TRANSPORT FACULTY**

**THE DEPENDENCY OF THE FUEL CONSUMPTION UPON
THE DRIVING CONDINTIONS**

BACHELOR WORK

AUTHOR: Pavel Horčíčka
ACTING SUPERVISOR: Ing. Jan Pokorný

2009

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Katedra dopravních prostředků a diagnostiky
Akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Pavel HORČIČKA**
Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**
Studijní obor: **Dopravní prostředky-Silniční vozidla**

Název tématu: **Závislost spotřeby pohonných hmot na jízdních podmínkách.**

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

- 1) Úvod
- 2) Jízdní odpory na vozidle
- 3) Metody měření spotřeby paliva
- 4) Metodika experimentu
- 5) Vyhodnocení
- 6) Závěr

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

- 1) TESAŘ, Miroslav, VALA, Miroslav: Teorie a konstrukce silničních vozidel I , Pardubice: Univerzita Pardubice 2003
- 2) VLK, F.: Paliva a maziva motorových vozidel, Brno 2006
- 3) VLK, F.: Dynamika motorových vozidel, Brno 2000

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jan Pokorný

Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

Datum zadání bakalářské práce:

20. února 2009

Termín odevzdání bakalářské práce:

1. června 2009

prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.

děkan

L.S.

doc. Ing. Miroslav Tesař, CSc.

vedoucí katedry

dne

Prohlašuji:

Tuto práci jsem 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.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně Univerzity Pardubice.

V Pardubicích 11. května 2009

Pavel Horčíčka

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce, panu Ing. Janu Pokornému za informace a připomínky, které mi poskytl během zpracování mé bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat paní doc. RNDr. Jaroslavě Machalíkové CSc. za její čas a ochotu mi pomoci. Velké poděkování patří mojí manželce Aleně, která byla po celou dobu mého studia vždy při mně a mým rodičům za jejich trpělivost a podporu během i mimo studium.

V Pardubicích dne 11. května 2009

Pavel Horčíčka

RESUMÉ

Tato práce se zabývá měřením spotřeby paliva v závislosti na jízdních podmínkách. Jsou zde popsány faktory ovlivňující spotřebu paliva jako jsou jízdní odpory, konstrukční vlivy, vnější vlivy, vliv techniky jízdy řidiče a technický stav vozidla. Je pojednáno o způsobech měření paliva a vysvětlením jednotlivých metod. Hlavní částí práce je samotný experiment, kde zjišťuji, jaký vliv na spotřebu pohonných hmot má teplota vzduchu, zatížení automobilu a odpor přívěsu. V závěru je pak vyhodnocení do grafů a zhodnocení výsledků.

Klíčová slova

Spotřeba, palivo, průtokoměr, jízdní odpory.

SUMMARY

This work is dealing with the measurement of fuel consumption due to the driving conditions. Factors that influence fuel consumption such as: driving friction, construction and external influences, driving techniques influence as well as the technical condition of the vehicle are described in the bachelor work. Methods of the fuel consumption measurement and their description is also included. The core of the work is the experiment itself where the influence of the air temperature, vehicle loading and the aerodynamic drag of the trailer on the fuel consumption is analyzed. At the end the results are graphically evaluated and overall estimation is performed.

Key words

Consumption, fuel, flow indicator, driving friction.

OBSAH

ÚVOD	11
1 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ SPOTŘEBU PALIVA	12
1.1 Jízdní odpory.....	12
1.1.1 Odpor valivý	12
1.1.2 Odpor vzduchu.....	17
1.1.3 Odpor do stoupání.....	20
1.1.4 Odpor setrvačný	21
1.1.5 Odpor přívěsu.....	24
1.1.6 Celkový jízdní odpor.....	25
1.2 Konstrukční vlivy.....	26
1.3 Vlivy seřízení a technického stavu vozidla.....	27
1.4 Charakter provozu vozidla.....	29
1.5 Vliv vnějšího prostředí.....	30
2 MĚŘENÍ SPOTŘEBY PALIVA	32
2.1 Přístroje pro měření spotřeby paliva	32
2.2 Metody měření spotřebovaného paliva.....	34
2.2.1 Objemové měření spotřeby paliva	34
2.2.2 Hmotnostní měření spotřeby paliva	36
2.2.3 Měření dle emisí	37
2.2.3.1 Kombinovaná spotřeba	38
2.2.3.2 Test HFE	39
2.2.3.3 Mnichovský jízdní cyklus.....	40
2.3 Možnosti výpočtu spotřeby paliva.....	41
3 METODIKA EXPERIMENTU	43
3.1 Výběr metody měření spotřeby paliva	43
3.2 Určení typu zkoušky	43
3.3 Příprava měřicí aparatury.....	44
3.4 Protokol z měření.....	45
3.5 Jízdní zkoušky.....	45
3.6 Podmínky zkoušky měření spotřeby.....	46
3.7 Vyhodnocení výsledků měření	47
3.8 Technická data automobilu Lada 2104.....	49

4	VYHODNOCENÍ.....	51
5	ZÁVĚR.....	55
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	56
	SEZNAM OBRÁZKŮ	57
	SEZNAM TABULEK.....	58
	SEZNAM GRAFŮ	59
	SEZNAM PŘÍLOH.....	60

ÚVOD

[1] Vyspělé země dnes čelí zásadnímu problému – jak dosáhnout ekonomického růstu bez zvyšování energetických nároků, respektive spotřeby energie z fosilních zdrojů, jež mají dopad na zvyšování skleníkových plynů v atmosféře a jsou podle všeho jednou z hlavních příčin globálních změn klimatu.

Tuto stále nebezpečnější situaci se dnes snaží asi nejintenzivněji řešit Evropská unie, která prostřednictvím svého výkonného orgánu – Evropské komise – přijala v posledních letech řadu opatření v jednotlivých sektorech spotřeby s cílem nekontrolovatelný růst emisí oxidu uhličitého omezit.

V roce 1997 uzavřela Komise s automobilkami prostřednictvím jejich regionálních asociací ACEA (asociace zastupující evropské automobilky), JAMA (reprezentuje výrobce z Japonska) a KAMA (výrobci z Jižní Korei) dobrovolnou dohodu o snížení emisní náročnosti vozů dodávaných na evropský trh na průměrnou hodnotu 140 g/km do roku 2008.

Podle posledních dat se však tuto hranici nepodařilo většině automobilkám naplnit, a tak cíl není splněn. Průměrná hranice emisní náročnosti se dnes pohybuje okolo hranice 160 g/km, což odpovídá necelým 7 litrům benzínu respektive méně než 6 l nafty na 100 kilometrů.

Každý řidič by tak měl mít možnost se dozvědět, jak energeticky náročná je jeho potřeba dopravy osobním vozem, jaký má dopad na životní prostředí a jakými způsoby je možné ji racionalizovat v zájmu svém i celé společnosti.

Tato bakalářská práce se zabývá měřením spotřeby pohonných hmot (PHM) v závislosti na jízdních podmínkách. Všechna měření byla provedena na automobilu Lada 2104. Tato práce by mohla svým obsahem oslovit i jiné majitele automobilů, kteří mají zájem snížit provozní náklady.

1 Faktory ovlivňující spotřebu paliva

1.1 Jízdní odpory

[4] Jízdní odpory jsou síly, které působí proti pohybu vozidla. Při zrychlování musí vozidlo překonávat odpor zrychlení a při jízdě do svahu odpor stoupání. Je-li za automobilem zapojen přívěs, pak hovoříme o odporu přívěsu. [3] U motorových vozidel jsou jízdní odpory překonávány vozidlovým motorem.

K jízdním odporům patří:

- odpor valivý,
- odpor vzduchu,
- odpor do stoupání,
- odpor setrvačný,
- odpor přívěsu.

K jízdním odporům počítáme i mechanické ztráty vzniklé v převodném ústrojí vozidla, neboť i ony brání pohybu vozidla brzděním jeho otáčejících se částí. Většina z uvedených jízdních odporů (odpor do stoupání, odpor setrvačný, odpor přívěsu a výjimečně i odpor vzduchu) mohou za určitých podmínek působit i ve směru jízdy vozidla jako síly poháněcí, což se projeví změnou znaménka těchto sil.

1.1.1 Odpor valivý

[9] Pojem valivý odpor představuje druh tření, které vzniká mezi tělesem kruhového průřezu při jeho valivém pohybu a podložkou. [6] Při valení se spotřebovává energie z paliva během dotyku pneumatiky s vozovkou v podobě změny její formy. Konstrukce pneumatiky a materiály mohou tuto změnu formy a množství energie na to potřebné ovlivňovat. Faktory, které zvyšují spotřebu energie jsou například teplota, tlak vzduchu, zatížení a opotřebení pneumatiky stejně jako odpor vzduchu a proudění, které vzniká z tempa jízdy. I vrstva vody vysoká 0,5 mm na vozovce může zvýšit valivý odpor o 50%.

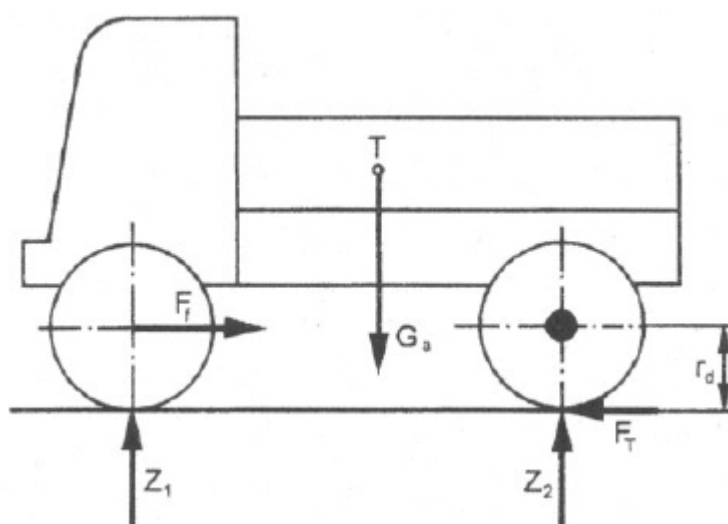
[3] Do energetických ztrát se zahrnují i třecí ztráty vzniklé smýkáním výstupků běhounu pneumatiky po vozovce, případně i přisáváním pneumatiky k jízdni dráze a tření

v ložiskách nepoháněných náprav. Třecí ztráty v ložiskách poháněných kol patří ke ztrátám v poháněcí soustavě vozidla.

Lze tedy uvažovat, že valivý odpor je tvořen:

- odporem valení způsobeným deformací pneumatiky,
- odporem valení způsobeným deformací vozovky (terénu).

Valivý odpor celého vozidla je dán součtem odporů na jednotlivých kolech, nebo nápravách. Při řešení většiny úloh jej můžeme uvažovat jako jedinou sílu působící na vozidle v čepu kol jedné z náprav podle obr. 1.



Obr. 1 Působení valivého odporu celého vozidla [3]

Velikost odporu valení ovlivňuje tíha vozidla, součinitel odporu valení a sklon vozovky. Vypočte se z následujícího vzorce:

$$F_f = f \cdot \sum Z_k \quad [\text{N}], \quad (1-1)$$

$$F_f = G \cdot f \cdot \cos \alpha = m \cdot g \cdot f \cdot \cos \alpha \quad [\text{N}], \quad (1-2)$$

kde: G tíha vozidla $[\text{N}]$,

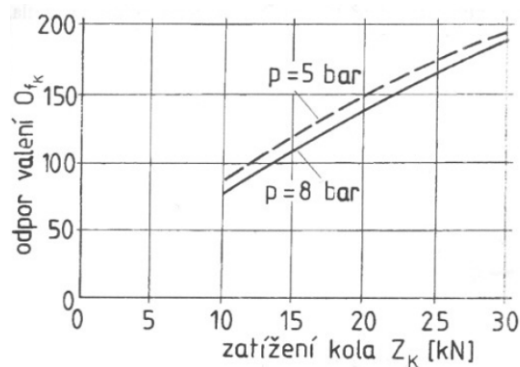
f součinitel odporu valení $[-]$,

α úhel sklonu vozovky $[\text{°}]$,

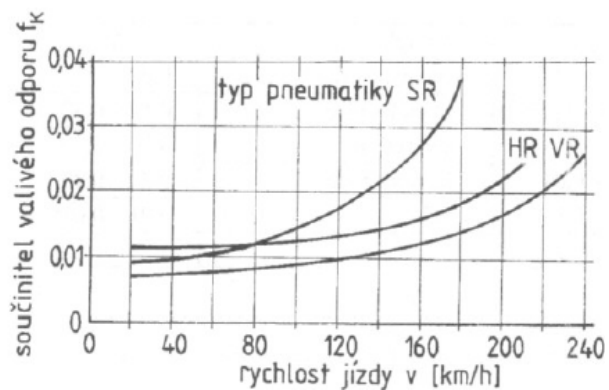
m hmotnost automobilu $[\text{kg}]$,

Z_k radiální reakce kola $[\text{N}]$.

Odpor valení vzniká deformací pneumatiky a vozovky. Deformace pneumatiky závisí na konstrukci pneumatiky a také na huštění. Proto je důležité dodržovat správný tlak v pneumatikách předepsaný výrobcem.



Obr. 2 Vliv huštění pneumatiky na odpor valení [4]

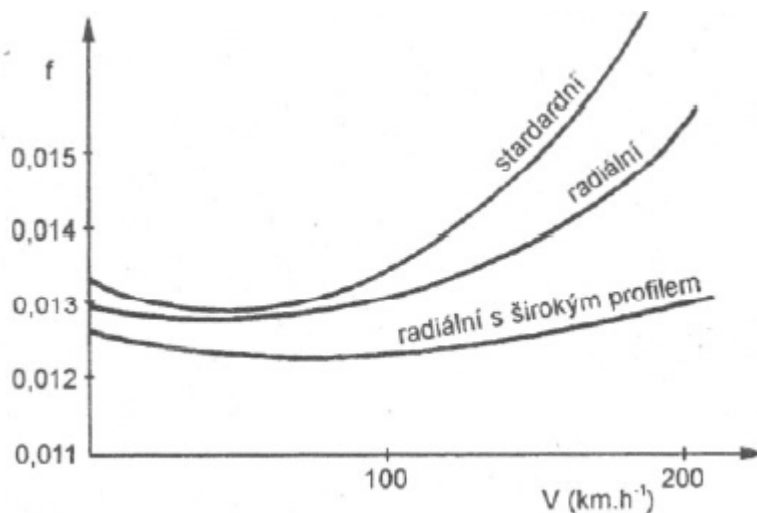


Obr. 3 Vliv huštění pneumatiky na součinitel valivého odporu [4]

Konstrukční vlivy působící na valivý odpor:

[3] Velikost odporu valení ovlivňuje velikost součinitele ψ a tedy velikost spotřeby automobilu.

Současný trend při snižování odporu valení vede k vývoji stále širších radiálních pneumatik. Širší pneumatiky je však nutno montovat na širší ráfky. Aby se nezvyšovala hmotnost kol, používají se pro jejich výrobu slitiny lehkých kovů.

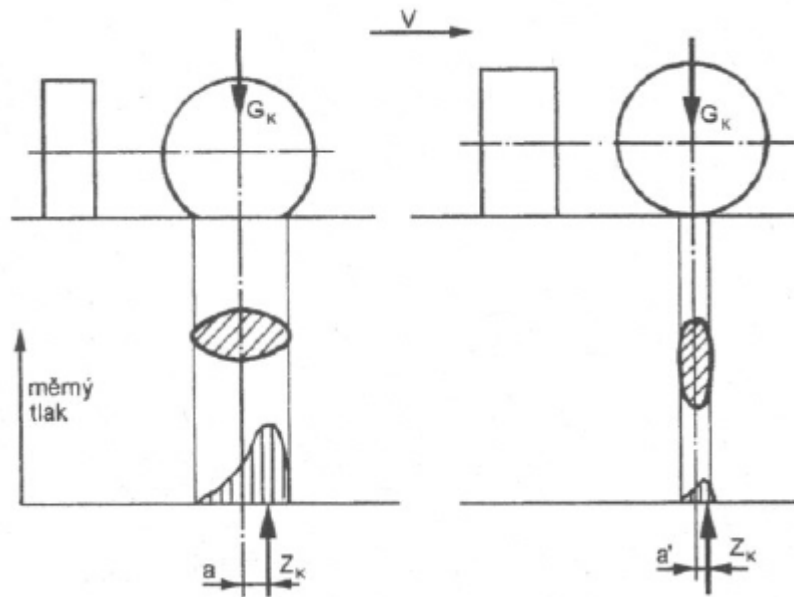


Obr. 4 Vliv rychlosti jízdy a druhu pneumatiky na velikost součinitele odporu valení [3]

[7] Pneumatiky mají významný vliv na spotřebu paliva. Dnes někteří výrobci (např. Continental) nabízí speciální „ekologické“ pneumatiky. Tyto pneumatiky mají vždy běhounovou směs se silikou a zpravidla mají pásový charakter dezénu. Kysličník křemičitý – silika – velmi podstatně snižuje valivý odpor pneumatiky a má přímý vliv na spotřebu paliva a tím i emise CO₂. Mírné nahuštění zhoršuje jízdní komfort a snižuje životnost pneumatik. Z pohledu spotřeby je však významně horší i jen malé podhuštění. Např. pokles tlaku o 0,1 baru pod předepsanou hodnotu zvyšuje spotřebu paliva až o 5 %.

Pneumatiky s širším profilem mají menší odpor valení. Lze to vysvětlit tím, že jak široká, tak úzká pneumatika budou mít při stejném huštění a zatížení stejnou velikost stopy – lišit se ale bude tvar stopy (Obr. 5).

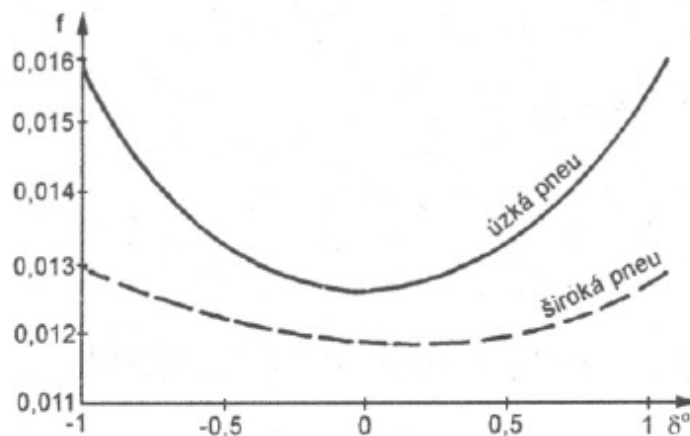
U široké pneumatiky bude menší předsunutí radiální reakce Z_K a v důsledku toho i menší odpor valení.



Obr. 5 Vliv šířky pneumatiky na tvar stopy [3]

Obdobně i v terénu bude u širší pneumatiky v důsledku menšího měrného tlaku ve stopě menší zaboření a tedy i menší odpor valení.

Širokoprofilové pneumatiky (i radiální) mají lepší schopnost bočního vedení. To se projevuje v menší směrové úchylnosti δ při valení kol za působení boční síly a zmenší se i odpor valení v tomto případě.



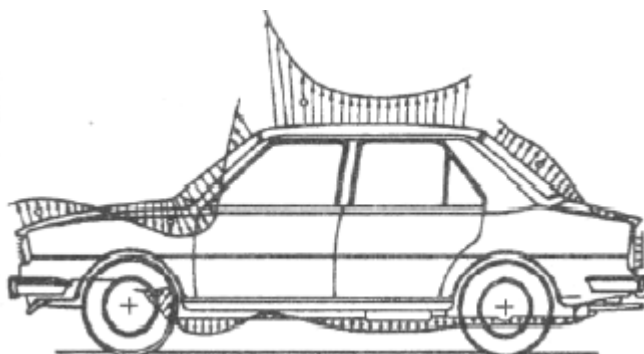
Obr. 6 Vliv směrové úchylnosti na odpor valení [3]

Lepší jízdní vlastnosti širokých pneumatik svádí k rychlejší jízdě. To však může eliminovat úspory dosažené zmenšením odporu valení.

Spotřeba se bude zvětšovat zejména při rychlém projíždění zatáček, kdy se zvětšuje úhel směrové úchyly.

1.1.2 Odpor vzduchu

[3] Při pohybu vozidla v ovzduší dochází k relativnímu pohybu vzduchu vůči vozidlu. Rychlost relativního proudu vzduchu vůči vozidlu je v různých místech povrchu vozidla značně rozdílná, neboť závisí na tvaru vozidla a jednotlivých částí jeho povrchu, viz obr. 7.



Obr. 7 Rozložení statických tlaků – Škoda 105/120 [3]

[4] Část vzduchu proudí kolem horní části karosérie a část se musí protlačit prostorem mezi spodní částí vozidla a povrchem vozovky. Nestejným tlakem nad a pod vozidlem (nad vozidlem velký podtlak, pod vozidlem mírný přetlak) dochází k víření vzduchu v příčné rovině vozidla (tzv. indukovaný vzdušný odpor), který je složkou celkového jízdního odporu. V celkovém vzdušném odporu jsou zahrnuty také odpory, které vznikají při průchodu vzduchu chladicím a větracím systémem a odpory vznikající vířením a třením vzduchu u otáčejících se vozidlových kol.

[3] Podíl jednotlivých složek na celkovém odporu vzduchu u osobního automobilu:

- tlakový (tvarový) odpor 50 – 80%,
- indukovaný odpor 0 – 30%,
- průchod chlazením a ventilací 8 – 20%,
- povrchové tření 3 – 10%,
- víření vzduchovými koly do 5%.

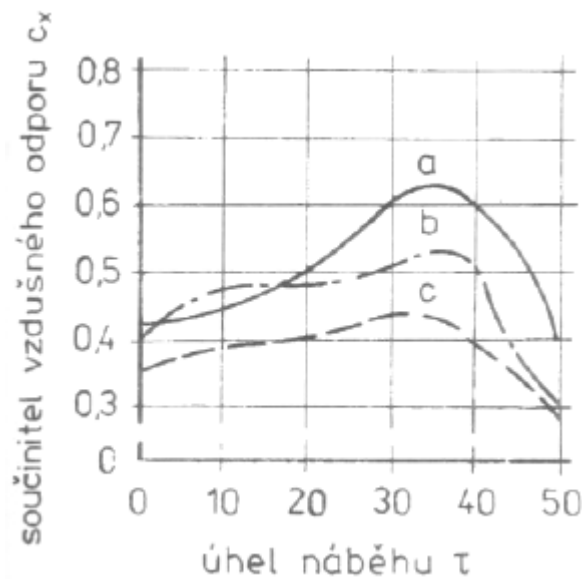
Odpor vzduchu závisí na součiniteli odporu vzduchu, rychlosti jízdy a na velikosti čelní

plochy. Vypočte se z následujícího vzorce:

$$F_v = 0,048 \cdot c_x \cdot S_\xi \cdot v^2 \quad [\text{N}], \quad (1-3)$$

kde: c_x součinitel odporu vzduchu [1],
 S_ξ čelní plocha vozidla [m^2],
 v průmět výsledné relativní rychlosti proudu vzduchu k vozidlu do podélné osy vozidla [km/h].

[4] Velký součinitel vzdušného odporu má za následek velkou spotřebu paliva, a proto je snaha dosáhnout u vozidel co nejnižších hodnot c_x . U osobních automobilů lze součinitel odporu vzduchu značně snížit vhodným provedením předě a zádě vozidla. Z tohoto hlediska je vhodná předě se zaoblenými tvary a proudnicový tvar zadní části karosérie. Dobrý tvar předě i zádě umožňuje docílit u osobních vozidel hodnotu c_x kolem 0,3. Vhodně řešená spodní strana vozidla (kryty zavěšení kol, krycí plechy motoru atd.) zmenšuje součinitel c_x o hodnotu asi 0,05.

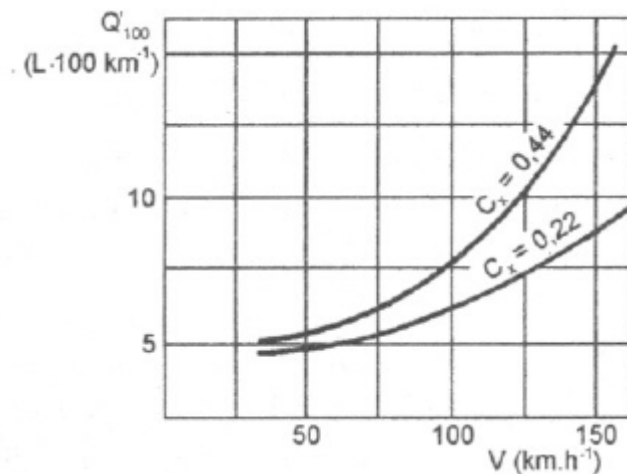


Obr. 8 Vliv úhlu náběhu vzduchu na součinitel přílnavosti: a – stupňovitá zádě, b – sportovní kupé, c – hatchback [4]

[3] Působení odporu vzduchu uvažujeme ve výšce aerodynamického středu vozidla. Odpor vzduchu ovlivní spotřebu zejména při vyšších rychlostech jízdy, neboť závisí na druhé mocnině rychlosti.

Konstrukční vlivy působící na odpor vzduchu:

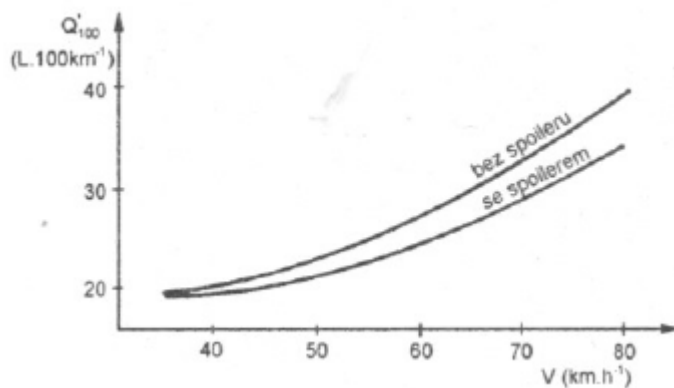
[3] Odpor vzduchu ovlivní spotřebu zejména při velkých rychlostech jízdy, neboť závisí na druhé mocnině rychlosti. Cestou ke snížení odporu vzduchu je snižování součinitele c_x vypracováním aerodynamických karosérií.



Obr. 9 Vliv součinitele odporu vzduchu na spotřebu paliva [3]

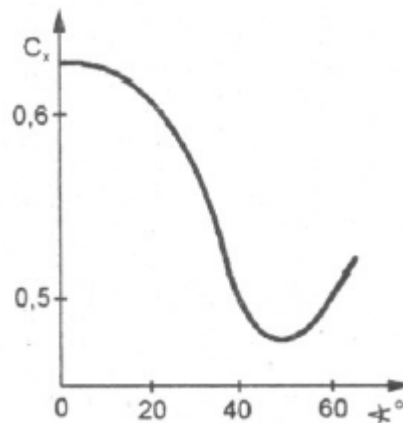
Horní křivka je průměrný cestovní vůz střední třídy. Dolní křivka – experimentální automobil. Snížením c_x o polovinu se uspoří zhruba 30% paliva.

U nákladních automobilů je aerodynamické řešení karoserie obtížnější. I zde však lze snížením c_x dosáhnout úspor paliva. Např. při použití spoilerů.



Obr. 10 Vliv spoileru na spotřebu paliva [3]

U spoilerů je však velmi důležité nastavení jejich sklonu.



Obr. 11 Vliv sklonu spoileru [3]

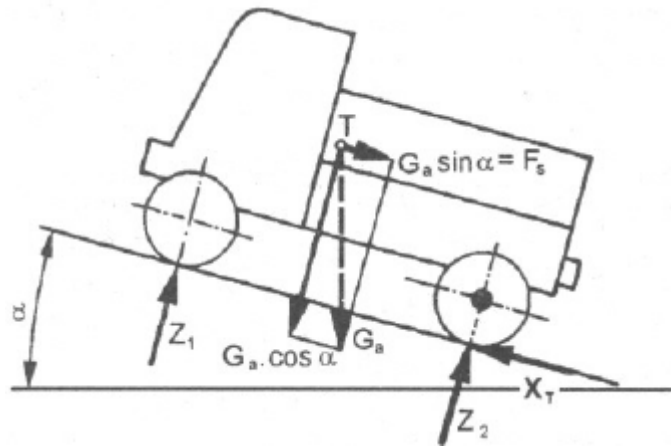
[7] Vozidlo se střešním nosičem spotřebovává při rychlostech nad 100 km/hod minimálně o 10 % paliva více než bez něj. Negativní dopad na spotřebu má i otevřené okno bočních dveří, menší pak střešní okno. Zhoršuje se obtékání karosérie a spotřeba paliva roste o několik procent. Při rychlostech nad 75 km/hod se až polovina energie z paliva spotřebovává právě jen na překonání odporu vzduchu.

1.1.3 Odpor do stoupání

[3] Závisí na hmotnosti automobilu a úhlu sklonu vozovky. Vypočte se z následujícího vzorce:

$$F_s = m_a \cdot g \cdot \sin \alpha \quad [\text{N}], \quad (1-4)$$

kde: m_a hmotnost automobilu [kg],
 g tíhové zrychlení [m/s²],
 α úhel sklonu vozovky [°].



Obr. 12 Vznik odporu do stoupání [3]

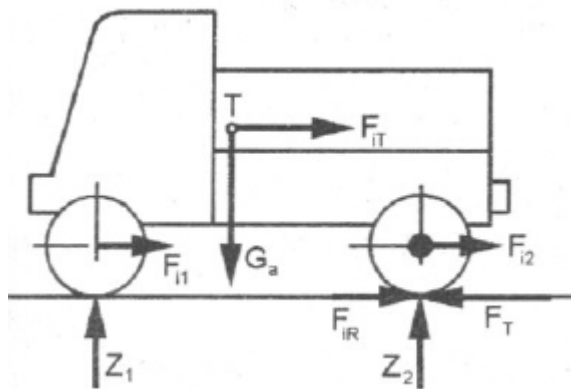
[4] Odpor stoupání je podle rovnice (1-4) určen složkou tíhy vozidla rovnoběžnou s povrchem vozovky. Při jízdě do svahu působí tento odpor proti pohybu vozidla, je tedy se znaménkem plus v rovnici. Při jízdě ze svahu, kdy sinová složka tíhy není odporem, ale naopak vozidlo pohání, je tedy označena znaménkem mínus v rovnici (2-4). Odpor stoupání F_s působí v těžišti vozidla T . [3] Odpor do stoupání činí za určitých podmínek největší část celého jízdního odporu.

1.1.4 Odpor setrvačný

[3] Setrvačný odpor vzniká při změně rychlosti jízdy vozidla. Při akceleraci působí proti směru jízdy (kladný), při brzdění ve směru jízdy (záporný). Setrvačný odpor se skládá ze dvou složek:

- setrvačný odpor proti postupnému pohybu hmot vozidla,
- setrvačný odpor proti urychlování rotujících hmot.

Na vozidlo působí velké množství odporů a výpočet je poměrně složitý. Proto se provádí zjednodušení, jak je znázorněno na obr. 13.



Obr. 13 Zjednodušená soustava setrvačných sil [3]

Je zřejmé, že proti zrychlení vozidla působí celková setrvačná síla proti směru pohybu o velikosti:

$$F_i = F_{iT} + F_{iR} + F_{i1} + F_{i2} \quad [\text{N}], \quad (1-5)$$

kde: F_{iT} setrvačná síla těžiště $[\text{N}]$,

F_{iR} setrvačná síla hnací nápravy $[\text{N}]$,

F_{i1} setrvačná síla v čepu kola 1. nápravy $[\text{N}]$,

F_{i2} setrvačná síla v čepu kola 2. nápravy $[\text{N}]$.

Po vyjádření jednotlivých sil dostaneme úpravou této rovnice výraz:

$$F_i = m_a \cdot a \left\{ 1 + \frac{1}{m_a \cdot r_d^2} \left[(I_m + I_{sp}) \cdot i_c^2 + \sum I_k \right] \right\} \quad (1-6)$$

kde:

m_a hmotnost automobilu $[\text{kg}]$,

a zrychlení automobilu $[\text{m/s}^2]$,

r_d dynamický poloměr kola $[\text{m}]$,

I_m moment setrvačnosti motoru $[\text{m}^4]$,

I_{sp} moment setrvačnosti spojky $[\text{m}^4]$,

I_k moment setrvačnosti kola $[\text{m}^4]$,

i_c celkový převodový poměr $[-]$.

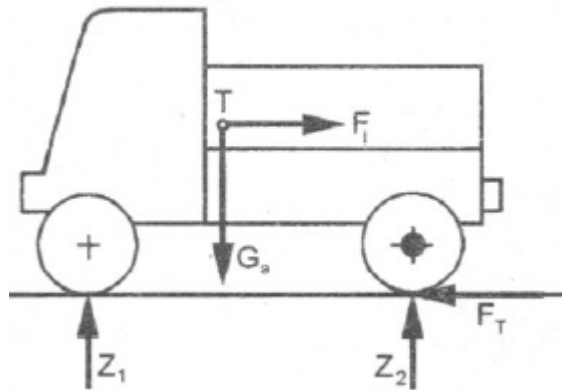
Výraz ve složené závorce představuje vliv rotujících hmot, označuje se jako součinitel vlivu rotujících hmot – θ .

$$\theta = 1 + \frac{1}{m_a \cdot r_d^2} \left[(I_m + I_{sp}) \cdot i_c^2 + \sum I_k \right] \quad (1-7)$$

Vztah pro setrvačný odpor bude pak mít jednoduchý tvar:

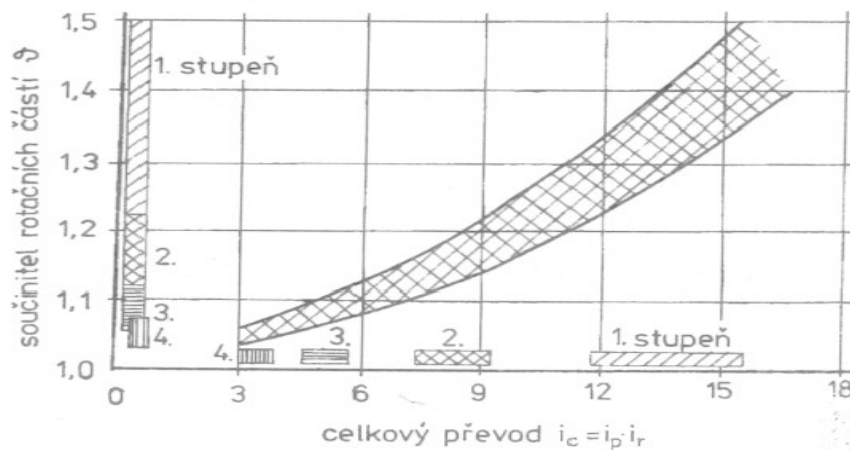
$$F_i = m_a \cdot a \cdot \theta \quad (1-8)$$

Při výpočtech pak uvažujeme setrvačný odpor jako jednu sílu působící v těžišti vozidla.



Obr. 14 Setrvačný odpor vozidla [3]

Zjištění momentů setrvačnosti rotujících hmot vozidla, potřebné pro stanovení součinitele θ , je velmi pracné a nebývá vždy možné. [4] Proto pro osobní automobily můžeme hodnotu součinitele θ odhadnout dle obr. 15.

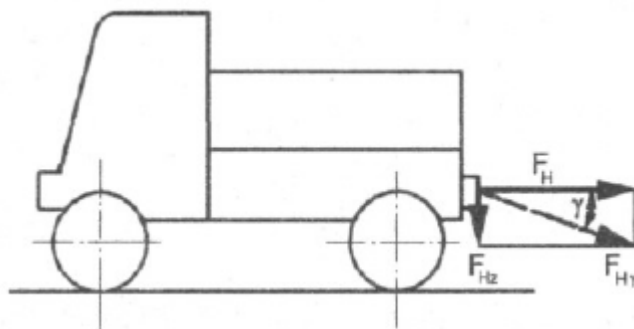


Obr. 15 Vliv celkového převodu na součinitel rotačních částí pro osobní automobily [4]

1.1.5 Odpor přívěsu

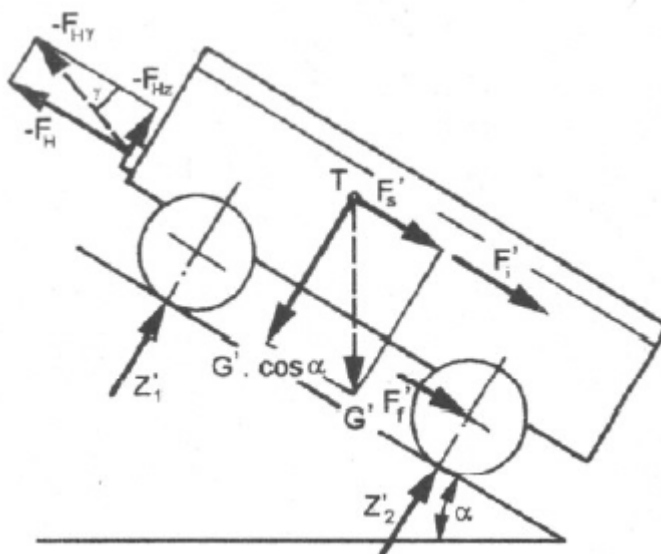
[3] Při tahu přívěsu působí v ose spojovacího zařízení mezi tažným vozidlem a přívěsem síla F_{Hy} , která je v obecném případě odkloněna od roviny rovnoběžné s vozovkou o úhel γ .

Tuto sílu lze rozložit do složky rovnoběžné s vozovkou a potřebné k překonání jízdních odporů přívěsu – ta se nazývá odpor přívěsu a do složky F_{Hz} kolmé k vozovce – tato složka přitěžuje nápravy tažného vozu (viz obr. 16).



Obr. 16 Odpor přívěsu a jeho působíště na tahači. [3]

Na přívěs působí zase stejné odpory jako na tažný vůz, tj. odpor valivý, odpor vzduchu, odpor do stoupání, odpor setrvačný, případně i odpor dalšího přívěsu. Síly působící na nepoháněný přívěs jsou znázorněny na obr. 17.



Obr. 17 Síly působící na přívěs [3]

Při hmotnosti přívěsu m' je odpor přívěsu vyjádřen jako:

$$F_H = F_f' + F_s' + F_i' \quad (1-9)$$

kde: F_H odpor přívěsu [N],
 F_f' odpor valivý (přívěsu) [N],
 F_s' odpor do stoupání (přívěsu) [N],
 F_i' odpor setrvačný (přívěsu) [N].

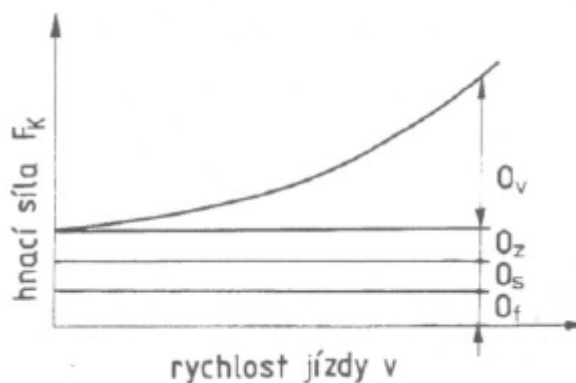
Po úpravě:

$$F_H = m'[g(f \cdot \cos \alpha + \sin \alpha) + a \cdot \theta] \quad (1-10)$$

kde: m hmotnost automobilu [kg],
 g tíhové zrychlení [$m \cdot s^{-2}$],
 f součinitel odporu valení [-],
 α úhel sklonu vozovky [°],
 θ součinitel vlivu rotujících hmot [].

1.1.6 Celkový jízdní odpor

[4] Celkový jízdní odpor určíme sečtením jednotlivých odporů podle odst. 1.1.1 až 1.1.5.



Obr. 18 Hnací síla potřebná na překonání jízdních odporů [4]

Hnací síla na kolech potřebná k překonání jízdních odporů:

$$F_T = F_f + F_v + F_s + F_H \quad (1-11)$$

kde:

F_T	hnací síla na kolech	[N],
F_f	odpor valivý	[N],
F_v	odpor vzduchu	[N],
F_s	odpor setrvačný	[N],
F_H	odpor přívěsu	[N].

Výkon, který musí být přiváděn na kola vozidla k překonání jízdních odporů, neboli hnací výkon vozidla je:

$$P_K = F_T \cdot v = \frac{M_K}{r_d} \cdot v \quad (1-12)$$

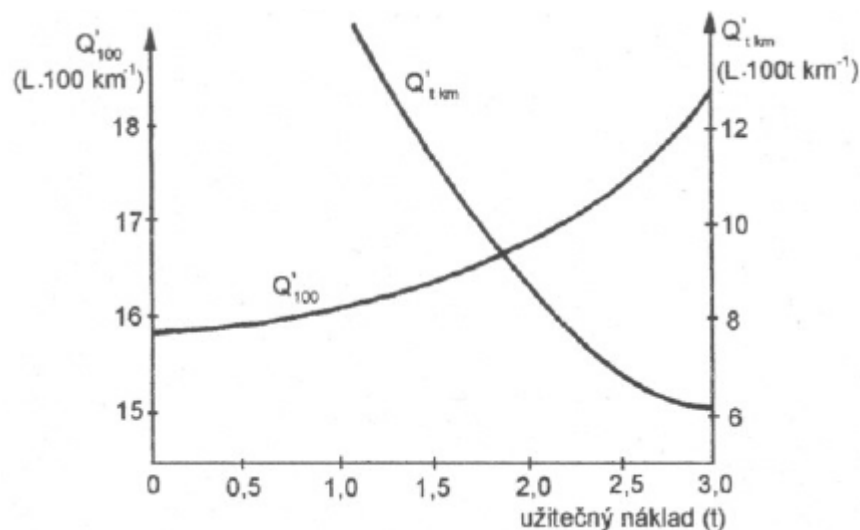
kde:

P_K	hnací výkon vozidla	[N],
v	rychlost vozidla	[km.h ⁻¹],
M_K	kroučící moment	[N.m],
r_d	dynamický poloměr	[m].

1.2 Konstrukční vlivy

[3] Hmotnost vozidla má též podstatný vliv na ekonomický provoz. V minulosti vzniklo mnoho empirických vzorců pro výpočet spotřeby paliva přímo z pohotovostních hmotností vozidla. Na každých 100 kg hmotnosti se počítala spotřeba 1 litr na 100 km. Toto pravidlo přibližně platí i dnes.

Novější vztahy uvádí, že každých 100 kg zvýšení hmotnosti oproti původní zvýší spotřebu o 0,7 litrů na 100 km.



Obr. 19 Vliv nákladu na spotřebu paliva [3]

Snížení hmotnosti vozidla lze dosáhnout:

- vhodnou koncepcí vozidla
- použitím plastů
- použitím lehkých slitin

Použití plastů u vozidel se stále zvyšuje. Již jsou běžně vyráběny plastové nádrže, nárazníky i celé díly karosérií a další součástky. Objevují se i pokusy s výrobou částí převodového ústrojí (např. KEVLAR).

Zvyšováním hmotnosti užitečného nákladu roste spotřeba, nikoliv však přímo úměrně zvýšení hmotnosti. To potvrzuje obr. 19, na kterém jsou výsledky měření spotřeby paliva Q'_{100} (L·100 km⁻¹) a $Q'_{t km}$ (L·100t km⁻¹) v závislosti na užitečném nákladu.

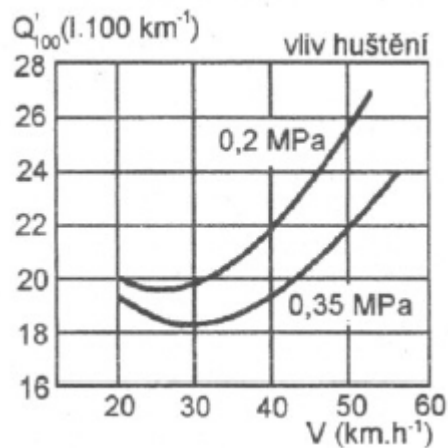
Při prázdném vozidle je Q'_{100} malá, ale $Q'_{t km}$ velká. Čím větší je náklad, tím více roste spotřeba, ale $Q'_{t km}$ klesá. Vytížením vozidla se tedy zvyšuje efektivnost jeho využití.

1.3 Vlivy seřízení a technického stavu vozidla

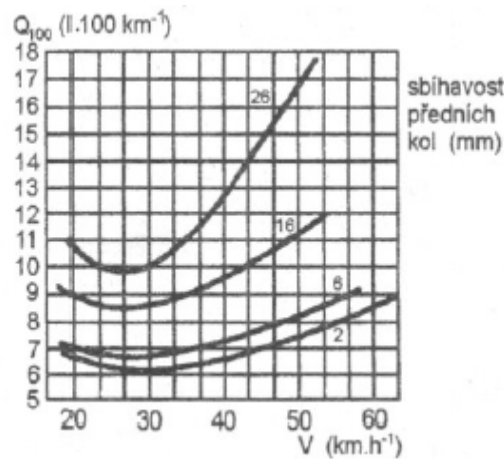
Každé zhoršení technického stavu vozidla předepsaného výrobcem znamená obvykle zhoršení ekonomičnosti provozu.

Zvýšení spotřeby paliva nastává např. při:

- nesprávném huštění pneumatik (obr. 20) – podhuštění znamená zvýšení spotřeby,
- nesprávném seřízení sbíhavosti kol (obr. 21) – zvětšení sbíhavosti zvyšuje spotřebu.



Obr. 20 Vliv huštění na spotřebu paliva [3]



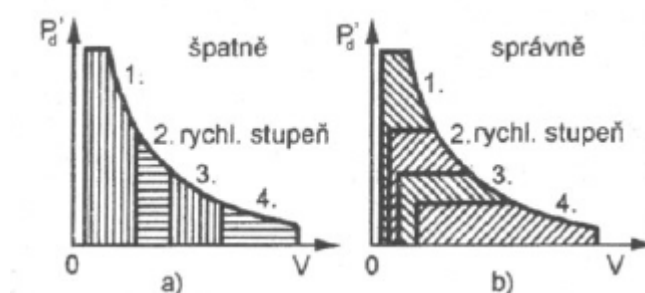
Obr. 21 Vliv sbíhavosti kol na spotřebu paliva [3]

Dále je nutno udržovat správnou provozní teplotu motoru, neboť změny tepelného režimu mají vliv na tvorbu směsi, plnění válců a spotřebu.

1.4 Charakter provozu vozidla

[3] Značný vliv na spotřebu má technika jízdy. Každé zabrzdění a nové zrychlování vozidla vyžaduje značnou energii. Po rozjezdu a přechodu na rovnoměrnou rychlost se potřebný výkon motoru sníží. Pak je účelné snížit otáčky motoru zařazením vyššího rychlostního stupně a tím dosáhnout potřebný výkon při větším procentuálním zatížení a menší spotřebě paliva.

Tedy minimální spotřebu lze dosáhnout při jízdě rovnoměrnou rychlostí na vyšších rychlostních stupních. Motor by měl pracovat stále při otáčkách a zatížení, kdy je min. měrná spotřeba m_{pe} . Řidič by měl nižší stupně řadit jen na nezbytně nutnou dobu, není-li jízda na vyšším stupni možná, tj. nepoužívat nižší stupně pro částečné řazení (Obr. 22).



Obr. 22 Vliv techniky jízdy na spotřebu paliva [3]

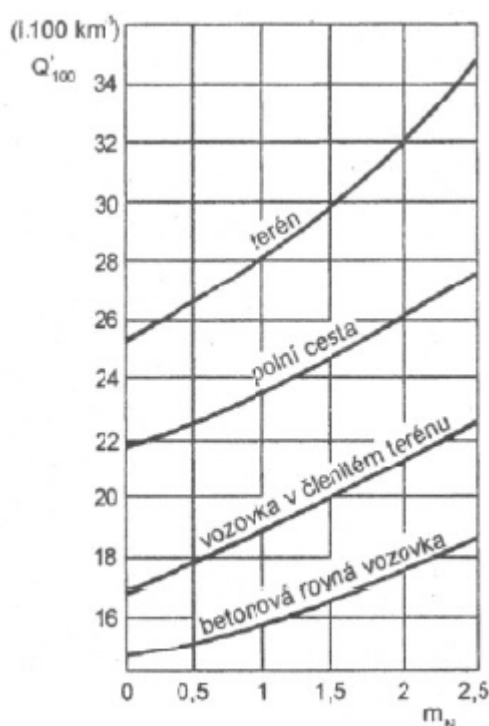
U dnešních motorů je oblast nejmenší měrné spotřeby v polovině maximálních otáček a při téměř úplně sešlápnutém pedálu akcelérátoru. Řidič tedy musí jet stále s optimálně zatíženým motorem, tj. úplně sešlápnutým akcelérátorem. Když dosáhne max. povolené rychlosti, neměl by pedál uvolňovat, neboť tím se dostane do oblasti méně příznivé pro spotřebu. Protože dále zrychlovat nemůže, měl by vyřadit a jet setrvačností. Takovou jízdu lze však použít pouze s ohledem na bezpečnost provozu. Výhodně lze tento způsob využít ve zvlněném terénu (do kopce akcelerace, z kopce dojezd).

[6] Platí, že čím vyšší rychlost, tím větší jízdní odpory a tedy i spotřeba paliva. Zcela zobecnit to ale nejde, protože pro každé vozidlo existuje určitá spodní hranice. Pod touto nejnižší ekonomickou rychlostí (zpravidla 50 – 60 km/hod) už se motor špatně plní a vozidlo nemá optimální setrvačnost, potřebnou pro zdolávání stoupání.

Při vyšších rychlostech pak ale spotřeba roste, a to exponenciálně. Z pohledu spotřeby paliva je nejhorší jízda na plný plyn. Oproti využití výkonu motoru jen ze $\frac{3}{4}$ vzroste spotřeba paliva při plně sešlápnutém pedálu dvojnásobně.

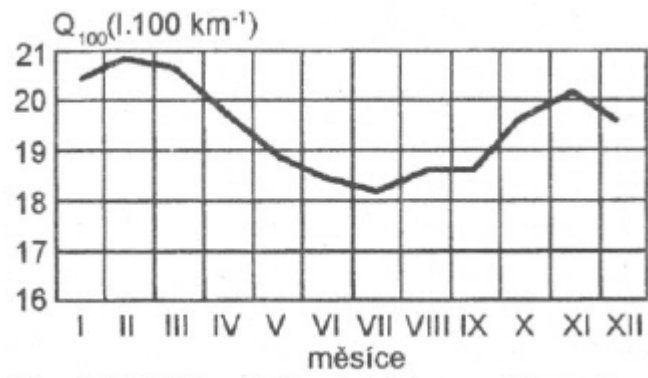
1.5 Vliv vnějšího prostředí

[3] Spotřebu paliva ovlivňuje především druh vozovky a roční období (zejména teplota vzduchu). Změnu spotřeby paliva při různém nákladu m_N a typu vozovky ukazuje obr. 23.



Obr. 23 Vliv typu vozovky na spotřebu paliva. [3]

Nejmenší měrná spotřeba paliva se dosahuje na únosných rovných vozovkách. Roční období, ve kterém je vozidlo provozováno ovlivňuje teplotu motoru, viskozitu oleje, ale i charakter jízdy (např. častý smyk na kluzké vozovce). Podle toho se mění i spotřeba paliva (Obr. 24).



Obr. 24 Vliv ročního období na spotřebu paliva [3]

2 Měření spotřeby paliva

2.1 Přístroje pro měření spotřeby paliva

[1] Měřiče měrné spotřeby paliva jsou komplexní systémy, založené na principu současného měření výkonových parametrů a spotřebovaného množství paliva. V současnosti se měření měrné spotřeby realizuje na stacionárních zkušebnách motorů, tj. brzdových stanovištích, vyžadujících demontáž a instalaci měřeného motoru, nebo se měření měrné spotřeby paliva provádějí na válcových dynamometrech, bez nutnosti demontáže motoru.

[2] Měření spotřeby paliva na válcovém dynamometru je velmi přesné a je vhodné zejména pro kontrolu technického stavu motorových vozidel v souvislosti s prováděním pravidelných prohlídek systémem bezdemontážní diagnostiky. Porovnáním údajů skutečných spotřeb naměřených za stejných a opakovatelných podmínek na válcovém dynamometru je možné pravidelně hodnotit technický stav vozidel z hlediska hospodárnosti spotřeby paliva. Porovnávají se údaje naměřené buď u určitého vozidla v pravidelných časových intervalech, nebo u několika vozidel stejného typu a provedení.

[1] Se současným rozvojem a klesajícími pořizovací hodnotou výpočetní techniky se naskytá možnost měřit měrnou, respektive absolutní spotřebu paliva, rovněž při akceleračních způsobech měření výkonových parametrů. Akcelerační způsoby měření měrné spotřeby paliva kladou ovšem na konstrukci použitých měřičů spotřeby paliva podstatně vyšší nároky, než je tomu u klasických brzdových způsobů měření. Především se jedná o přesnost, jemné rozlišení, a zejména pak co nejnižší setrvačnost mechanických systémů použitého palivoměru.

Pro akcelerační měření měrné spotřeby paliva se používá princip odměrné nádoby, u kterého ovšem není prozatím vyřešen problém plynulého odečítání spotřeby, např. výšky hladiny paliva z odměrného válce. Pro akcelerační způsob měření měrné spotřeby paliva, případně absolutní spotřeby, se také využívá princip tzv. aktivních palivoměrů, které reagují na podtlak v sací větvi palivové soustavy. Pro akcelerační měření lze rovněž použít běžné komerční palivoměry. V takovém případě je ovšem nezbytně nutné eliminovat časové zpoždění odečítání spotřeby, způsobené zejména setrvačností mechanismů a pasivními odpory použitého typu palivoměru.

Měření spotřeby paliva pomocí průtokoměrů

je poměrně jednoduché, ale má některé problémy, které souvisí především s jeho správným umístěním do palivové soustavy měřeného spalovacího motoru a také s měřením a načítáním spotřeby paliva v průběhu dynamických režimů.

Při připojení palivoměru nesmí být ovlivněny správné provozní parametry palivové soustavy a musí být respektováno zpětné vracení přebytečného paliva do nádrže. Za těchto dvou podmínek je zcela bezproblémové připojení palivoměru do starší soustavy vznětových motorů s neproplachovaným vstříkovacím čerpadlem a zážehových motorů s karburátorem. Problém s proplachováním soustavy je třeba řešit tak, aby byly zachovány všechny funkce proplachování a současně nebyla měřená spotřeba paliva proplachovacím množstvím zvětšena.

Akcelerační způsob měření spotřeby paliva klade na konstrukci měřiče podstatně vyšší nároky, než je tomu u klasického statického zatěžování. Především se jedná o přesnost, jemné rozlišení a co nejnižší setrvačnost mechanických a hydraulických systémů použitého palivoměru.

V současnosti jsou ve stádiu zkoušek nové konstrukce palivoměrů, které jsou označovány jako aktivní palivoměry, ale bohužel nedosahují zatím potřebné přesnosti. Aktivní palivoměry reagují na podtlak v sací větvi palivové soustavy.

Ani jeden z experimentů uvedených metod však nedosahuje přesností, které jsou běžné pro servisní průtokoměry tj. cca 1,5 až 2 %. Nadějněji se jeví počítání spotřeby paliva na základě metody konstatního ředění emisních plynů.

[2] Požadavky na průtokoměry:

- Přesnost měření.
- Provozní spolehlivost.
- Dostatečná životnost.
- Jednoduchá montáž do vozidla.
- Dobrá čitelnost naměřených hodnot.
- Dostupnost/cena.

[1] Měřiče spotřeby paliva lze rozdělit podle různých kritérií do skupin:

➤ **Podle principu měření:**

- Volumetrické (pracují na principu měření objemu spotřebovaného paliva).
- Gravimetrické (pracují na principu měření hmotnosti spotřebovaného paliva).
- Emisní (pracují na principu složení emisí).

➤ **Podle principu konstrukce:**

- Průtokové měřiče spotřeby paliva.
- Měřiče okamžité spotřeby paliva.
- Měřiče celkové spotřeby paliva.

➤ **Podle charakteru použití**

- Palivoměry pro měření spotřeby za jízdy.
- Palivoměry určené pro měření na brzdách a zkušebnách.

Podle principu měření:

- a) Volumetrické (pracují na principu měření objemu spotřebovaného paliva).
- b) Gravimetrické (pracují na principu měření hmotnosti spotřebovaného paliva).
- c) Emisní (měření dle emisí).

2.2 Metody měření spotřebovaného paliva

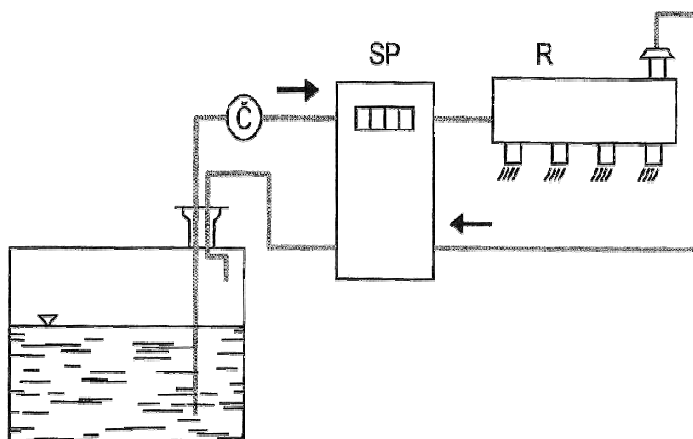
2.2.1 Objemové měření spotřeby paliva

[2] Při objemovém měření spotřeby se měří proteklé množství paliva do motoru.

Měřicí aparatura napojená na palivový okruh:

- u karburátorového motoru je aparatura zapojena mezi palivové čerpadlo a karburátor,
- je-li motor vybaven přepadem paliva zpět do nádrže, musí být zajištěno, aby palivo prošlo skrze měřicí zařízení pouze jednou.

U motorů s přepadem paliva se používá speciálních diferenčních palivoměrů měřících rozdíl průtoků mezi přívodem paliva do motoru a přepadem zpět do nádrže.



Obr. 25 Připojení diferenčního spotřeboměru k motoru s vratkou paliva

Nevýhodou v tomto případě je malá nabídka tohoto typu spotřeboměru a možné problémy s měřením přepadu, pokud v něm vzniknou z nejrůznějších důvodů parní bubliny.

Legenda: Č – čerpadlo,
SP – spotřeboměr,
R – palivová rampa.

Volumetrické zařízení pro měření spotřeby paliva od firmy AVL [7]:

Zařízení Pierburg Instruments:



Obr. 26 PLU 401/108 [7]

Výhody:

- Mobilní měřicí přístroj.
- Jednoduchá instalace.
- Jednoduchá obsluha.
- Průběžné měření.
- Měřicí rozsah:
 - 0,4 ... 60 l/h,
 - 1 ... 120 l/h,
 - 1,5 ... 160 l/h.

Měřicí systém Pierburg Instruments

KMA 4000

Pro motorové a vozidlové zkušebny

- Vestavěná kondice.
- Velký rozsah měření až do 500 l/h.
- Možnost automatické změny paliva.



Obr. 27 Měřicí systém Pierburg Instruments KMA 4000 [7]

2.2.2 Hmotnostní měření spotřeby paliva

Oproti objemovému měření má hmotnostní měření výhodu v tom, že se nemusí korigovat naměřené hodnoty na teplotu paliva. V případě potřeby přepočítat hmotnostní spotřebu na spotřebu objemovou, je nutno znát hustotu paliva při referenční teplotě.

Nevýhodou hmotnostní metody je její obtížná realizovatelnost, proto je vhodná především pro laboratorní podmínky.

Příklady gravimetrických metod [7]:

- "Fuel Balance",
- Continuous Fuel Balance,
- přístroje AVL Fuel Balance,
- princip Coriolisova zrychlení,
- nástroje Fuel Mass Flow Meter.

2.2.3 Měření dle emisí [2]

- Výpočet spotřeby paliva se na základě znalostí emisí motoru se začal používat cca od počátku 90. let.
- Výpočet spotřeby paliva z emisí je navíc snadno realizovatelný i pro alternativní paliva (LPG, CNG).
- Potřebujeme znát vyprodukované množství emisí při daném jízdním cyklu.
- Pro měření je nutné použít tzv. referenční palivo, kde známe jeho přesné chemické složení.

Měření spotřeby paliva z emisí:

je závazný způsob pro homologační měření od 1.1. 1997 v rámci Evropského společenství. Dnes se zpracovávají výsledky měření na počítači a není problém vypočítat z vyprodukovaného CO, CO₂ a HC množství spotřebovaného paliva.

Výhodou způsobu zjišťování spotřeby paliva ze spalin je to, že není třeba zasahovat do palivové soustavy automobilu připojením externího měřícího zařízení. To je u moderních palivových soustav obtížné a pracné a v některých případech dokonce nemožné. Nevýhodou jsou zejména podstatně vyšší investice na celý měřící systém.

Metoda počítané spotřeby paliva ze spalin se vyvinula z měření emisí vozidlových motorů. Při „klasickém“ odběru vzorku z výfukového traktu spalovacího motoru je při dodržování stejných podmínek pro spalování koncentrace škodlivin přibližně stálá a se změnou režimu běhu motoru (klapka, otáčky) se mění výrazně průtok spalin. Pro výpočet spotřeby paliva z těchto tzv. neředěných plynů je nutno zajistit přesné a kontinuální měření nasávaného množství vzduchu.

Naopak při velkém průtoku ředícího vzduchu, několikanásobku průtoku spalin, se při změně režimu běhu mění výrazně koncentrace škodlivin a průtok zředěných spalin je takřka neproměnný. V tomto případě není nutné zajistit kontinuální měření hltnosti motoru, je však nutné zajistit konstantní ředění.

$$FC_{norm} = \frac{0,1154}{\rho} (0,866 \cdot HC + 0,429 \cdot CO + 0,273 \cdot CO_2) \dots\dots \text{benzínové motory}$$

$$FC_{norm} = \frac{0,1155}{\rho} (0,866 \cdot HC + 0,429 \cdot CO + 0,273 \cdot CO_2) \dots\dots \text{vzněznět motory}$$

$$FC_{norm} = \frac{0,1212}{0,538} (0,825 \cdot HC + 0,429 \cdot CO + 0,273 \cdot CO_2) \dots\dots \text{motory na LPG}$$

$$FC_{norm} = \frac{0,1336}{0,654} (0,749 \cdot HC + 0,429 \cdot CO + 0,273 \cdot CO_2) \dots\dots \text{motory na CNG}$$

kde: ρ hustota paliva v g.cm^{-3} při 15°C ,
 HC změřené emise HC v g.km^{-1} ,
 CO změřené emise CO v g.km^{-1} ,
 CO₂ změřené emise CO₂ v g.km^{-1} .

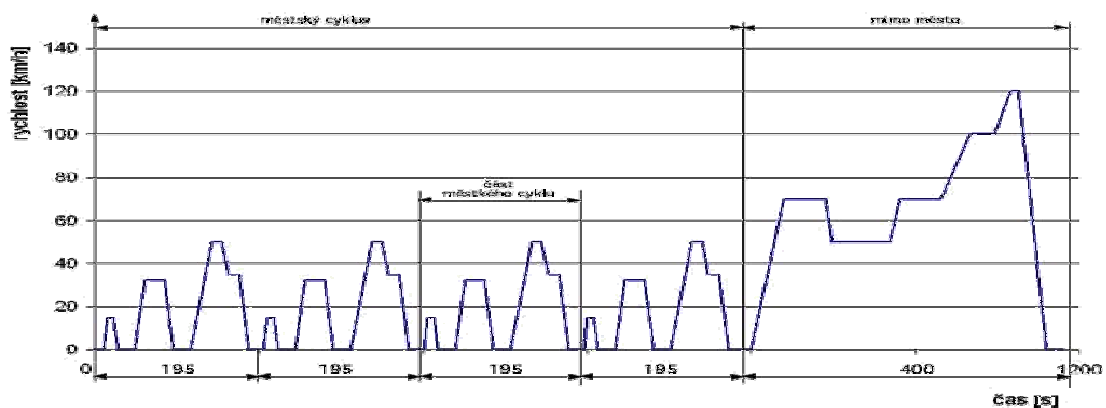
2.2.3.1 Kombinovaná spotřeba

Od roku 1996 byl zaveden nový evropský jízdní cyklus (NEDC-New European Driving Cycle, NEFZ – Neuer Europäischer Fahrzyklus). V současné době platná směrnice 93/116/ECE, podle které jsou získávány tři hodnoty spotřeb pro městský, mimoměstský a kombinovaný cyklus.

Základní měřenou veličinou je hmotnost CO₂, který automobil vyprodukuje během testu.

Pro zážehové motory platí: **spotřeba=množství CO₂[g/km]/24,**

pro vznětové motory platí: **spotřeba=množství CO₂[g/km]/26,7.**



Obr. 28 Kombinovaná spotřeba

$$FC_{comb} = \frac{FC_m \cdot d_m + FC_{mm} \cdot d_{mm}}{d_m + d_{mm}}$$

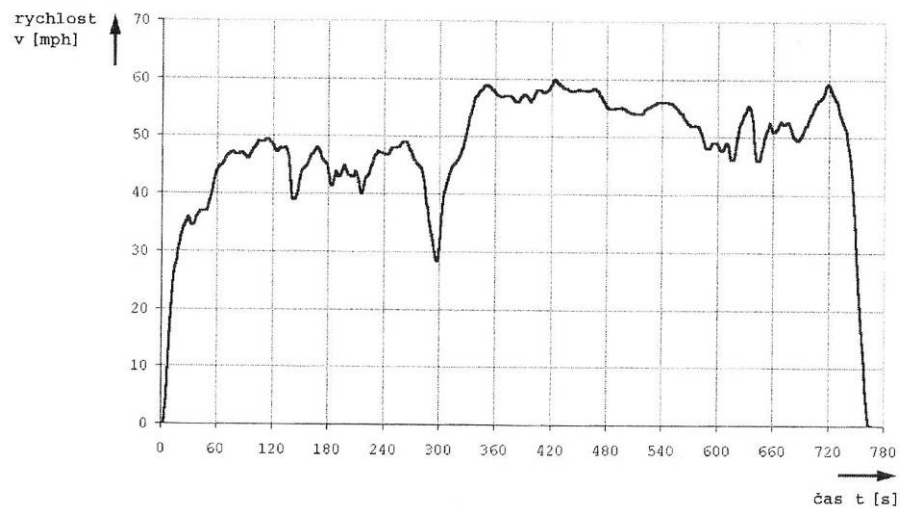
kde: FC_m spotřeba paliva v městském cyklu,
 FC_{mm} spotřeba paliva v mimoměstském cyklu,
 d_m vzdálenost ujetá v městském cyklu,
 d_{mm} vzdálenost ujetá v mimoměstském cyklu.

$d_m = 4,05$ km,

$d_{mm} = 6,96$ km.

2.2.3.2 Test HFE

HFE – Highway Fuel Economy, udává spotřebu při průměrném meziměstském provozu v USA. Spotřeba se určí z emisí při absolvování předepsaného jízdního režimu. Určuje se, kolik automobil ujede mil na jeden galon paliva (MPG, Miles Per Galon)

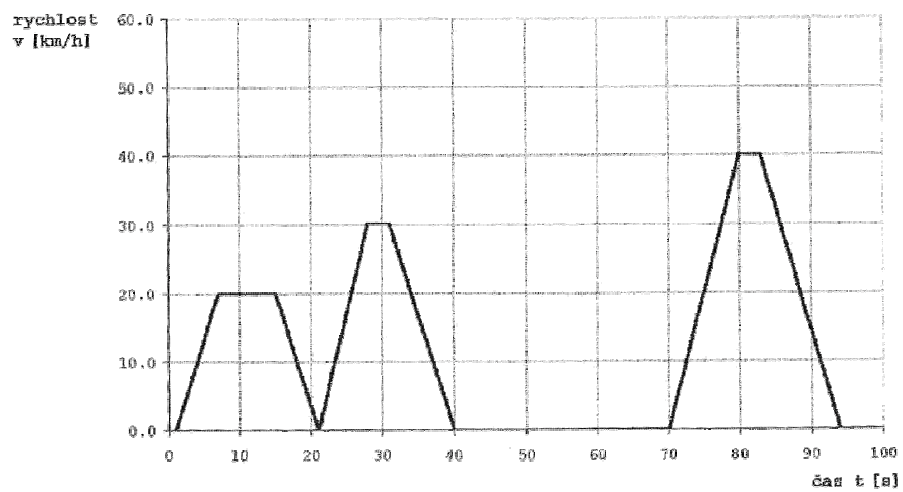


Obr. 29 Rychlostní profil testu HFE

2.2.3.3 Mnichovský jízdni cyklus

Mnichovský jízdni cyklus

Cyklus, který používají v Německu dopravní podniky pro porovnání spotřeby paliva autobusů v městském provozu.



Obr. 30 Jízdni režim tzv. těžkého mnichovského cyklu

2.3 Možnosti výpočtu spotřeby paliva

[3] V praxi se můžeme setkat s následujícími spotřebami:

1. Základní spotřeba paliva podle ČSN 300510 (pro osobní automobily) – je to srovnatelná hodnota pro posuzování hospodárnosti vozidla. Je vždy uvedena v technické dokumentaci takto: „Základní spotřeba paliva podle ČSN 300510 X litrů/100 km při rychlosti Y km.h⁻¹.“
2. Spotřeba paliva zjišťovaná podle ČSN 300515 (pro nákladní automobily a autobusy). Je platná pro ČR od r.1987.
3. Spotřeba podle EHK – měří se podle norem E/ECE/324 a E/ECE/TRANS/505/Rev.1 pomocí následujících zkoušek:
 - cykl napodobující městský provoz,
 - při ustálené rychlosti 90 km.h⁻¹,
 - při ustálené rychlosti 120 km.h⁻¹.

Nejvíce používanou jednotkou spotřeby paliva je počet litrů na 100 km, nebo někdy počet litrů na jednu motohodinu.

V technické praxi se dále používají následující jednotky spotřeby:

a) Měrná spotřeba – měřítko hospodárnosti spotřeby spalovacího motoru.

$$m_{pe} = 1000 \cdot \frac{Q_0}{P_m} \quad (\text{g.kW}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}) \quad (2-1)$$

kde: m_{pe} měrná spotřeba (g.kW⁻¹.h⁻¹),

Q_0 skutečná spotřeba paliva za hodinu (kg.h⁻¹),

P_m efektivní výkon motoru při měrné spotřebě (kW).

b) Spotřeba na 100 km – měřítko hospodárnosti spotřeby paliva vozidla:

$$Q_{100} = Q_0 \cdot \frac{100}{V} = m_{pe} \cdot \frac{P_m}{10 \cdot V} \quad (\text{kg.100km}^{-1}) \quad (2-2)$$

V rychlost automobilu (km.h⁻¹).

Pro udání spotřeby v litrech, pak:

$$Q'_{100} = m_{pe} \cdot \frac{P_m}{V \cdot \rho} \cdot 10^2 \quad (\text{l.100km}^{-1}) \quad (2-3)$$

ρ měrná hmotnost paliva (kg.m^{-3}).

- c) Spotřeba na 100 tkm (100 tunokilometrů) – charakterizuje spotřebu paliva pro ujetou vzdálenost a přepravený náklad.

$$Q'_{tkm} = \frac{Q'_{100}}{m_N} \quad (\text{l.100Tkm}^{-1}) \quad (2-4)$$

m_N hmotnost nákladu (t),

nebo:

$$Q_{tkm} = \frac{Q_{100}}{m_N} \quad (\text{kg.100tkm}^{-1}) \quad (2-5)$$

- d) Faktor spolehlivosti – určuje, jakou vzdálenost vozidlo ujede s jedním kilogramem, nebo litrem paliva.

$$H = \frac{100}{Q_{100}} = \frac{V}{Q_0} \quad (\text{km.kg}^{-1}) \quad (2-6)$$

$$H' = \frac{100}{Q'_{100}} = \frac{V}{Q'_0} \quad (\text{km.l}^{-1}) \quad (2-7)$$

3 Metodika experimentu

3.1 Výběr metody měření spotřeby paliva

Při hledání vhodné metody jsem vybíral ze tří metod měření spotřeby paliva popsanych v odstavci 2.2. Metodu měření dle emisí jsem zavrhl z důvodu, protože je nutné znát vyprodukované množství emisí při daném jízdním cyklu. Což se neobejde bez zvláštního vybavení a tudíž tato metoda není vhodná pro většinu řidičů. O objemovém měření spotřeby paliva jsem zprvu vážně uvažoval, ale odradila mě především pořizovací cena těchto průtokoměrů. A vzhledem k tomu, že karburátor je vybaven přepadem paliva, bylo by nutné umístit buď speciální diferenční průtokoměr nebo použít dva klasické průtokoměry a jeden osadit před karburátor a druhý za karburátor a naměřené hodnoty od sebe odečíst. Což svědčí o složitosti situace. Nejschůdnější a nejpřesnější měření pro mě představuje hmotnostní měření paliva. Přestože literatura uvádí její obtížnou realizaci, která je vhodná spíše pro laboratorní podmínky, pro mě byla přímo ideální. A to díky snadné realizaci a umístění měřicí aparatury.

3.2 Určení typu zkoušky

Jako nejvhodnější typ zkoušky pro moje měření jsem si vybral měření spotřeby paliva při stálé rychlosti a to ze dvou důvodů. Za prvé je možno zkoušky provádět na krátkém úseku, což je výhodné zejména z časových a ekonomických důvodů. Za druhé při jízdě při stálé rychlosti dosáhnou přesnějších výsledků při opakování experimentu. Konkrétně jsem si zvolil rychlost 60 km/h při zařazeném 3. rychlostním stupni. Této rychlosti dosáhnou plynulým zrychlováním z 0 km/h při postupném řazení 1., 2., a 3. rychlostního stupně při řazení ve 2 500 ot/min. Zrychlování musí být plynulé bez rychlého sešlápnutí plynového pedálu, aby nedošlo k aktivaci akcelerační pumpičky, což by výrazně ovlivnilo výsledek experimentu a toto měření by jsme nemohli považovat za správné. Konec úseku jsem projel 60-ti kilometrovou rychlostí a okamžitě vypnul motor a následně zvážil množství benzínu. Rychlost 60 km/h při zařazeném 3. rychlostním stupni jsem vybral jako nejvýhodnější z důvodu, že při tomto převodovém stupni jsem schopen udržet konstantní rychlost při všech jízdních podmínkách v závislosti na zatížení.

3.3 Příprava měřicí aparatury

Celá aparatura se skládá z:

- odměrné nádoby s objemem 2 litry,
- digitální váhy s přesností +/- 5 g,
- stojan,
- držák hadiček,
- 2 x hadička na benzín,
- 4 x utahovací svorka.



Obr. 31 Měřicí aparatura ve vozidle

Příprava: (viz fotky v příloze)

- 1) odhrnutí podložky v zavazadlovém prostoru,
- 2) odšroubování dvou vrutů držící krycí plech v podlaze kufru k nádrži paliva,
- 3) povolení dvou svorek utěšňující hadičky na nádrži,
- 4) sejmutí hadiček od nádrže,
- 5) nastavení hadiček o cca 50 cm,

- 6) utáhnutí svorkami 4x,
- 7) vložení hadiček do stojanu.

3.4 Protokol z měření

- 1) zapsání času a data měření do protokolu,
- 2) změření teploty vzduchu (měřeno na západní straně na stíněném místě pomocí dvou teploměrů – ke vzájemné kontrole),
- 3) změření tlaku v pneumatikách (k měření tlaku byl použit tlakoměr kalibrovaný do 3/2010 firmou Tiptop zapůjčený autoservisem Horák Týn nad Vltavou),
- 4) rychlost a směr větru,
- 5) počasí,
- 6) typ vozidla a počet najetých kilometrů,
- 7) typ pneumatik,
- 8) spotřebované množství paliva,
- 9) hmotnost vozidla.

3.5 Jízdní zkoušky

Při $t = 2^{\circ}\text{C}$ a 20°C :

- jízda s řidičem,
- jízda s 5 osobami včetně řidiče,
- jízda s 5 osobami včetně řidiče a přívěsem.

Jako měřicí úsek jsem si vybral silnici č.141 vedoucí od Záluží do vesnice Temelín (viz příloha č. 7). Jedná se o 4,1 kilometrů dlouhý úsek, který je ideální pro můj experiment. Každé měření se skládá ze 4 jízd, tj. 2 tam a 2 zpátky. Jednotlivá měření jsou zaznamenána v protokolech v příloze.

3.6 Podmínky zkoušky měření spotřeby

Určení podmínek pro provádění experimentu je nutné z důvodu opakovatelnosti pokusu.

➤ Obecný stav vozidla:

- Vozidlo musí být čisté, okna a vstupy vzduchu uzavřeny a při zkoušce smí být v provozu pouze zařízení nezbytná k provozu vozidla. Je-li na vstupu do karburátoru ručně řízené zařízení k předehřívání vzduchu, musí být toto zařízení v poloze "léto". Pomocná zařízení potřebná k běžnému provozu vozidla musí být v činnosti.
- Jestliže je ventilátor chladiče řízen v závislosti na teplotě, musí pracovat jako normálně na vozidle. Systém vyhřívání prostoru pro cestující nesmí být v činnosti, rovněž tak systém klimatizace, avšak jeho kompresor musí pracovat normálně.
- Jestliže je osazeno přeplňovací dmychadlo, musí pracovat jako normálně při zkušební rychlosti.
- Vozidlo musí být po záběhu a musí mít před zkouškou najeto nejméně 3000 km.
- Vozidlo musí zahřáto na provozní teplotu.

➤ Maziva:

- Všechna maziva, která se použijí, musí být doporučena výrobcem vozidla.

➤ Pneumatiky:

- Pneumatiky musí být jednoho z typů uvedených výrobcem vozidla jako původní vybavení a musí být nahuštěny na tlak doporučený pro zkušební zatížení a rychlosti (v případě potřeby přizpůsobený pro provoz na zkušebním stavu za podmínek zkoušky). Tyto tlaky se musí uvést ve zkušebním protokolu.

➤ Měření spotřeby paliva:

- Palivo musí být dodáváno do motoru zařízením schopným odměřovat spotřebované množství s přesností $\pm 2 \%$; toto zařízení nesmí ovlivňovat běžný přívod paliva. Je-li měřicí systém objemový, musí být v místě měření objemu měřena teplota paliva.

- Pro rychlé přepojování z běžného přívodu paliva na měřicí systém musí být namontován potřebný systém ventilů. Přepojení nesmí trvat déle než 0,2 s.

Měřený úsek:

- Zkušební dráha musí být minimálně 2 km dlouhá.
- Zkušební dráha musí umožňovat udržení stálé rychlosti.
- Podmínkou je rovněž dobrý stav povrchu vozovky.

Průběh zkoušky:

- Během každé zkoušky se musí udržovat ustálená rychlost. Průměrná rychlost se při žádné ze zkoušek nesmí odchýlit od referenční rychlosti o více než 2 km/h.
- Ke stanovení spotřeby při každé referenční rychlosti se provedou 4 jízdy.

Pokud nejsou splněny podmínky z průběhy zkoušky musí se zkušební jízda opakovat.

3.7 Vyhodnocení výsledků měření

Objemové množství spotřebovaného paliva na měřeném úseku se vypočte dle vzorce:

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

kde: m hmotnost spotřebovaného paliva [kg],
 ρ hustota měřeného paliva při referenční teplotě [kg.m⁻³],
 V objem spotřebovaného paliva [m³].

Objem spotřebovaného paliva na 4,1 kilometrů dlouhém úseku přepočtu na objem spotřebovaného paliva na 100 km, tj. na průměrnou spotřebu paliva v l/100km.

Po převedení na stejné jednotky mohou provést výpočet pomocí trojčlenky:

$$V_{100} = V_{4,1} \cdot \frac{100}{s} \quad [\text{l}/100\text{km}] \quad (3-2)$$

kde: V_{100} průměrná spotřeba paliva [l/100 km],

$V_{4,1}$ průměrná spotřeba paliva [l/4,1 km],
s měřený úsek [m].

t = 2° C	Hmotnost spotřebovaného paliva [g]		Průměrná spotřeba paliva [l/100km]	
	TAM ^(*)	ZPĚT ^(**)	TAM ^(*)	ZPĚT ^(**)
Jízda s vozíkem + 5 lidí	349	294	11,40	9,61
	362	278	11,83	9,08
Jízda s plným obsazením	272	201	8,89	6,57
	254	187	8,30	6,11
Jízda s řidičem	177	143	5,78	4,67
	164	156	5,36	5,10

Tab. 1 Spotřeba paliva v závislosti na zatížení při t = 2° C

t = 20° C	Hmotnost spotřebovaného paliva [g]		Průměrná spotřeba paliva [l/100km]	
	TAM ^(*)	ZPĚT ^(**)	TAM ^(*)	ZPĚT ^(**)
Jízda s vozíkem + 5 lidí	343	291	11,43	9,70
	358	279	11,93	9,30
Jízda s plným obsazením	263	198	8,76	6,60
	252	205	8,40	6,83
Jízda s řidičem	165	151	5,50	5,03
	158	148	5,26	4,93

Tab. 2 Spotřeba paliva v závislosti na zatížení při t = 20° C

(*) od Záluží do vesnice Temelín

(**) od Temelína do Záluží

Při teplotě t = 20°C má uvažované palivo Natural 95 hustotu 732 kg.m⁻³. Pro teplotu 2°C slouží přepočít podle tabulek [5]. Z tabulek vyčteme, že při teplotě 20°C a hustotě 730 až 760 kg.m⁻³ je koeficient pro přepočít hustoty 0,80, což je oprava pro změnu teploty o 1°C.

$$\text{rozdíl teplot: } 20 - 2 = 18^\circ\text{C} \Rightarrow 18 \times 0,80 = 14,4 \quad [\text{kg.m}^{-3}]$$

Výsledná hustota paliva pro +2°C: $732 + 14,4 = 746,4$ [kg.m⁻³]

Pro +2°C	746,4 kg.m ⁻³
Pro +20°C	732,0 kg.m ⁻³

Tab. 3 Hustoty paliva při různých teplotách

3.8 Technická data automobilu Lada 2104

Osobní automobil Lada 2104 je čtyřdvéřový pětimístné kombi s motorem vpředu a s pohonem zadních kol.

Je určený na přepravu cestujících po vozovkách všech kategorií, kromě polních cest v extrémních terénních podmínkách, při teplotách venkovního vzduchu od + 50 °C do - 40 °C.

Hlavní rozměry a hmotnosti:

Délka automobilu	4 073 mm
Šířka automobilu	1 611 mm
Výška – při pohotovostní hmotnosti	1 440 mm
– při celkové hmotnosti	1 382 mm
Světlá výška (při celkové hmotnosti a statickém poloměru pneumatik 272 mm)	
- pod příčným nosníkem přední nápravy	175 mm
- pod skříní zadního mostu	170 mm
- pod spodním víkem motoru	182 mm
Rozvor náprav	2 424 mm
Rozchod předních kol	1 345 mm
Rozchod zadních kol	1 304 mm
Pohotovostní hmotnost automobilu	945 kg
Celková hmotnost automobilu	1 345 kg
Dovolené užitečné zatížení	400 kg
Rozložení pohotovostní hmotnosti na nápravy	
- přední náprava	512 kg
- zadní náprava	433 kg

Rozložení celkové hmotnosti na nápravy

- přední náprava	632 kg
- zadní náprava	713 kg

MOTOR

Typ	VAZ 2104
Druh	benzínový, karburátorový, čtyřdobý, jednořadý, čtyřválec, chlazený kapalinou
Průměr válce, zdvih pístu	76/80 mm
Zdvihový objem	1452 cm ³
Kompresní poměr	8,5
Maximální výkon při 5 600 l/min	55
Maximální krouticí moment při 3 400 ot/min	92 Nm
Střední pístová rychlost při 5 600 l/min	12,32 m/s
Rozvod	OHC

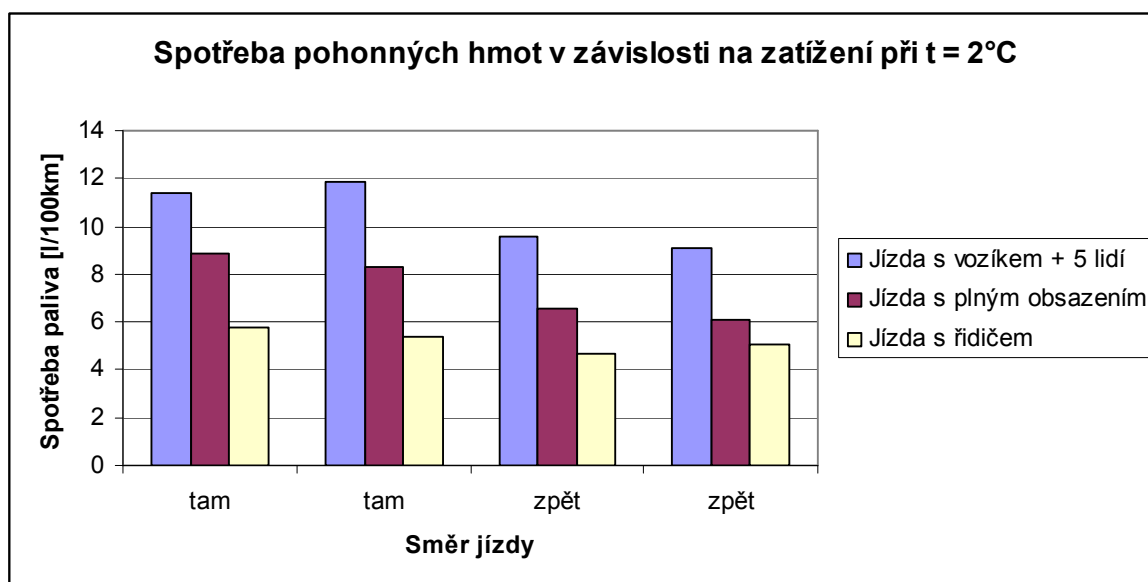
Rozměry přívěsného vozíku (SPZ: 3C3 3632):

Šířka	1 450 mm
Délka	2 000 mm
Výška	1 700 mm
Světlá výška	500 mm
Zkosení (šířka x výška)	600 x 500 mm
Pohotovostní hmotnost	210 kg

4 Vyhodnocení

Výsledkem mé práce je zjištění dvou zásadních poznatků:

- a) Teplota vzduchu neovlivní spotřebu paliva. Vliv teploty se uvažuje hlavně při studených startech, kdy je aktivován sytič a spotřeba paliva tak rapidně roste. To se projeví zejména při častých startech v zimním období. Viskozita oleje a maziv je závislá na teplotě. Proto dokud se motor nezahřeje je viskozita maziv nízká a dochází ke zvýšenému opotřebení součástí.
- b) Spotřebu paliva výrazně ovlivňuje celková hmotnost automobilu. Toto potvrzuje i Horníček: *Při provozování vozidla v městském provozu je zbytečné vozit plno náhradních dílů, náradí a plnou nádrž paliva. Stačí standardní výbava vozidla a 1/3 až 1/2 paliva v nádrži* [6]. Každý by se proto měl zamyslet, co všechno vozí v autě přebytečně. Jak už jsem psal v kapitole 1.2 na každých 100 kg připadá spotřeba 0,7 l/100 km navíc dle [8].

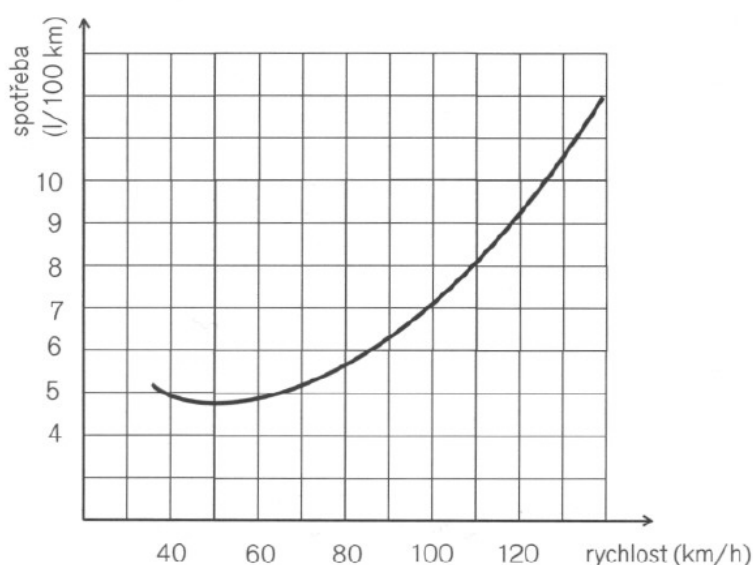


Graf 1 Spotřeba paliva v závislosti na zatížení při t = 2°C

Poznámka: „tam“ – (Záluží – Temelín), „zpět“ – (Temelín – Záluží)

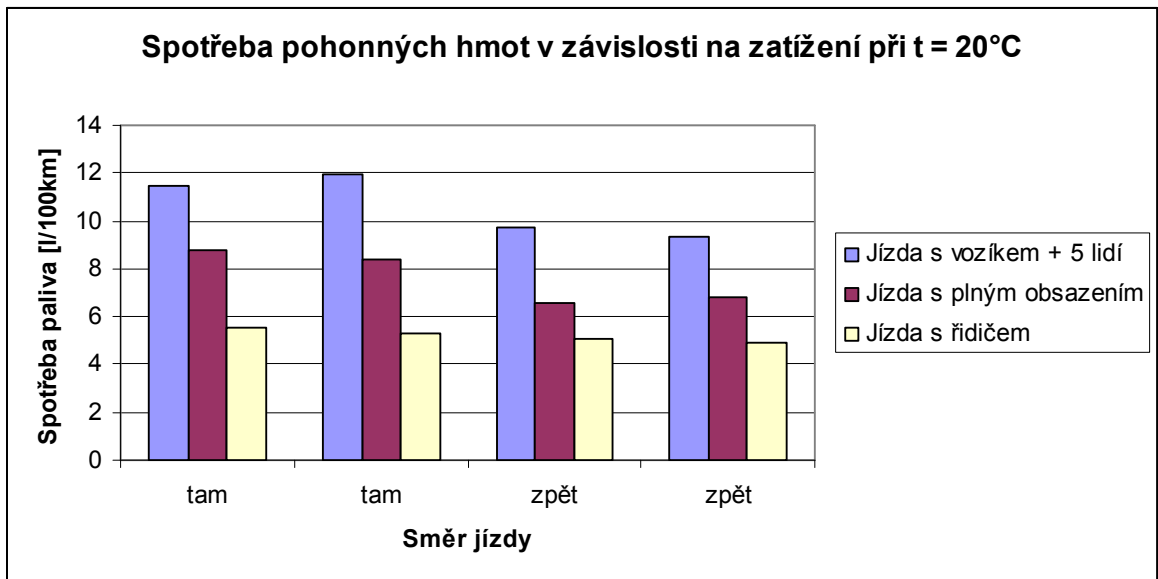
Z grafu 1 vyplývá, že se zvyšujícím zatížením roste spotřeba pohonných hmot. To je dáno součtem jízdních odporů uvedených v odstavci 1. Z jízdních odporů tu má největší

vliv odpor valení, protože je v něm zahrnuta hmotnost vozidla. Výrazný rozdíl mezi jízdou „tam“ a „zpět“ projevující se hlavně při plném zatížení a jízdou s přívěsem je dán odporem do stoupání, protože úsek, na kterém bylo prováděno měření nebyl ideálně rovný. Už z výsledků je vidět, že při jízdě „tam“ jsem musel překonat mírné stoupání, kde se projevil výrazně odpor do stoupání a při jízdě „zpět“ naopak odpor do stoupání napomáhal jízdě, tudíž při výpočtech se uvažuje se znaménkem mínus. Dále musíme uvažovat odpor vzduchu, i když minimální, protože výrazněji se projevuje až při vyšších rychlostech (viz Obr. 32). Dle [9] se při rychlosti nad 75 km/h spotřebuje až polovina energie z paliva na překonání odporu vzduchu.



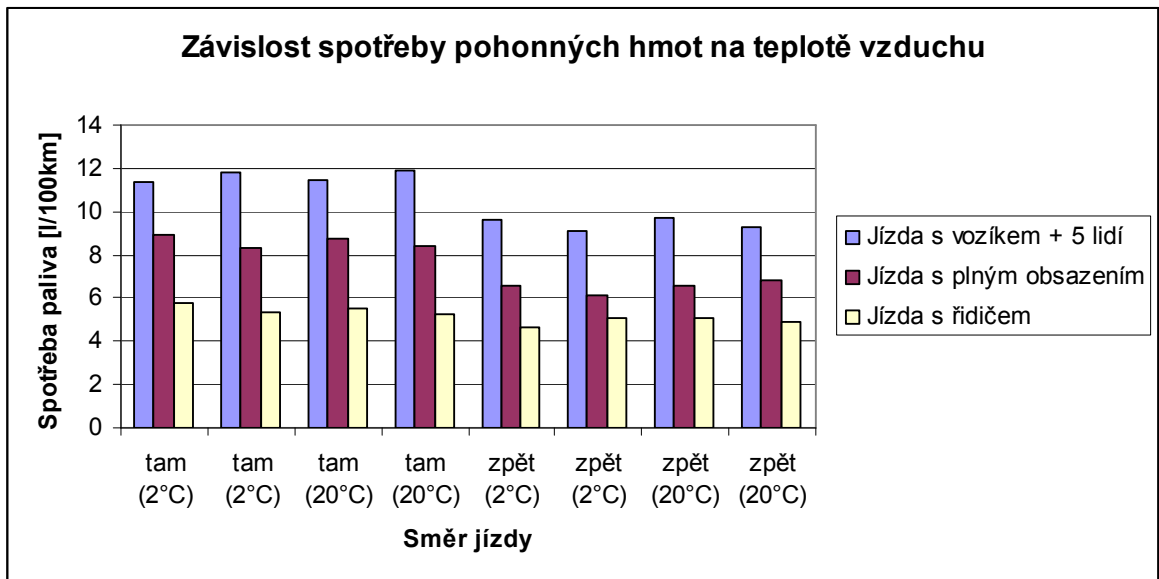
Obr. 32 Závislost spotřeby paliva na rychlosti jízdy

Proto jsem také zvolil rychlost při experimentu 60 km/h, abych co nejvíce vyloučil tento odpor. Výrazněji se mi projeví až při jízdě s přívěsem, kde je velká čelní plocha nástavby na vozíku. Její rozměry činí $1\,450 \times 1\,700 = 2,465 \text{ m}^2$. Navíc za automobilem vzniká vírové pole, které naráží na čelní plochu vozíku a dochází tak k brzdění. V obou případech měření bylo bezvětří dle informací meteorologické stanice na Temelíně, která mi tyto údaje poskytla. Tato stanice se nachází v bezprostřední blízkosti měřeného úseku (viz mapka v Příloze č 7), tudíž její vyjádření považuji za použitelné pro toto měření.



Graf 2 Spotřeba paliva v závislosti na zatížení při t = 20° C

Poznámka: „tam“ – (Záluží – Temelín), „zpět“ – (Temelín – Záluží)



Graf 3 Závislost spotřeby paliva na teplotě vzduchu

Poznámka: „tam“ – (Záluží – Temelín), „zpět“ – (Temelín – Záluží)

	průměrná spotřeba paliva l/100km	
	t = 2°C	t = 20°C
Jízda s vozíkem + 5 lidí	10,48	10,59
Jízda s plným obsazením	7,47	7,65
Jízda s řidičem	5,23	5,18

Tab. 4 Průměrné spotřeby paliva v závislosti na zatížení a teplotě

Z grafu č. 3 i z průměrných hodnot v tabulce č. 4 vyplývá, že spotřeba paliva nezávisí na teplotě vzduchu. Je to dáno tím, že všechny zkoušky se prováděly na motoru zahřátém na provozní teplotu a motor si již tedy nasával teplý vzduch od sběrače na výfukovém potrubí (sání vzduchu nastaveno na zimní provoz). Obecně známé rčení, že automobil v zimě má větší spotřebu je dáno studenými starty, kdy se řidičům spotřeba prudce zvýší. Po nastartování je totiž aktivován sytič, který dodává bohatší směs. (viz Příloha č 4) Např. u automobilu Škoda Felicie je spotřeba větší až o 300% při teplotě -10°C oproti jízdě při teplotě +5°C. To se právě výrazně projeví při častých studených startech v průměrné spotřebě paliva. [6]

5 Závěr

V této práci je popsána většina vlivů působících na spotřebu paliva. Zároveň jsou zde uvedeny metody měření spotřeby.

V bakalářské práci jsou shrnuty výsledky řešené problematiky závislosti spotřeby paliva na jízdních podmínkách automobilu Lada 2104. Experimenty probíhaly při teplotách 2°C a 20°C u zahřátého motoru na provozní teplotu při třech různých zatížení. Výsledky vyvrátily, že automobil má s klesající teplotou vzduchu zvýšenou spotřebu paliva. Na vyšší spotřebu pohonných hmot mají vliv časté starty v zimních měsících, kdy je motor studený a po startu je aktivován sytič, který dodává bohatší směs paliva se vzduchem.

Při zkouškách se projevil velký vliv zatížení automobilu a odporu přívěsu na spotřebu paliva. Proto pro minimalizaci spotřeby pohonných hmot je třeba co nejvíce zvýšit aerodynamiku vozu a snížit jeho hmotnost. Toto je úkol hlavně pro konstruktéry nových automobilů, kteří vhodným návrhem karosérie a použitím lehkých materiálů dosáhnou snížení spotřeby paliva.

Tato práce se snaží oslovit vývojové inženýry, kteří mají možnost ovlivnit budoucí automobily konstrukcí a snížit tak jejich spotřebu paliva. Protože snížením spotřeby pohonných hmot je možno splnit stále přísnější požadavky na snížení emisí vozidla a neznečišťovat tak životní prostředí.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] DIBĎÁK, A. *Minimalizace spotřeby PHM autobusu Irisbus PS09D1 (diplomová práce)*. Pardubice, 2004. 67 s.
- [2] GONDŽÁR, A., GONDŽÁR, R. *Automobily a spotřeba paliva..* Praha: Nakladatelství dopravy a spojů, 1990. 2. vyd. 284 s. ISBN 80-7030-085-X.
- [3] VALA, M., TESAŘ, M. *Teorie a konstrukce silničních vozidel I.* Pardubice: Univerzita Pardubice, 2002. 1. vyd. 229 s. ISBN 80-7194-503-X.
- [4] VLK, F. *Dynamika motorových vozidel*. Brno: Nakladatelství a vydavatelství Vlk, 2000. 1. vyd. 434 s. ISBN 80-238-5273-6.
- [5] ANDRLÍK, K. a kol. *Chemické tabulky*. Alfa Bratislava, 1967.
- [6] HORNÍČEK, J. *Jezdíme ekonomicky*. Brno: Computer Press, 2008. 1. vydání 147 stran ISBN 978-80-251-1624-1.
- [7] Měření spotřeby paliva [online]. 2008. Dostupné na WWW: <<http://www.avlcechy.cz/list-spotreba.html>>.
- [8] Příručka řidiče třídy A [online]. 2008. Dostupné na WWW: <<http://www.uspornajizda.cz/files/Prirucka-ridice-tridy-A.pdf>>.
- [9] Pojem valivý odpor http [online]. 2008. Dostupné na WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Valiv%C3%BD_odpor#Valiv.C3.BD_odpor>.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1	Působení valivého odporu celého vozidla	13
Obr. 2	Vliv huštění pneumatiky na odpor valení	14
Obr. 3	Vliv huštění pneumatiky na součinitel valivého odporu	14
Obr. 4	Vliv rychlosti jízdy a druhu pneumatiky na velikost součinitele odporu valení	15
Obr. 5	Vliv šířky pneumatiky na tvar stopy	16
Obr. 6	Vliv směrové úchytky na odpor valení	16
Obr. 7	Rozložení statických tlaků – Škoda 105/120	17
Obr. 8	Vliv úhlu náběhu vzduchu na součinitel přilnavosti	18
Obr. 9	Vliv součinitele odporu vzduchu na spotřebu paliva	19
Obr. 10	Vliv spoileru na spotřebu paliva	19
Obr. 11	Vliv sklonu spoileru	20
Obr. 12	Vznik odporu do stoupání	21
Obr. 13	Zjednodušená soustava setrvačných sil	22
Obr. 14	Setrvačný odpor vozidla	23
Obr. 15	Vliv celkového převodu na součinitel rotačních částí pro osobní automobily	23
Obr. 16	Odpor přívěsu a jeho působiště na tahači	24
Obr. 17	Síly působící na přívěs	24
Obr. 18	Hnací síla potřebná na překonání jízdních odporů	25
Obr. 19	Vliv nákladu na spotřebu paliva	27
Obr. 20	Vliv huštění na spotřebu paliva	28
Obr. 21	Vliv sbíhavosti kol na spotřebu paliva	28
Obr. 22	Vliv techniky jízdy na spotřebu paliva	29
Obr. 23	Vliv typu vozovky na spotřebu paliva	30
Obr. 24	Vliv ročního období na spotřebu paliva	31
Obr. 25	Připojení diferenčního spotřeboměru k motoru s vratkou paliva	35
Obr. 26	PLU 401/108	35
Obr. 27	Měřicí systém Pierburg Instruments KMA 4000	36
Obr. 28	Kombinovaná spotřeba	39
Obr. 29	Rychlostní profil testu HFE	40
Obr. 30	Jízdní režim tzv. těžkého mnichovského cyklu	40
Obr. 31	Měřicí aparatura ve vozidle	44
Obr. 32	Závislost spotřeby paliva na rychlosti jízdy	52

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Spotřeba paliva v závislosti na zatížení při $t = 2^{\circ} \text{C}$	48
Tab. 2 Spotřeba paliva v závislosti na zatížení při $t = 20^{\circ} \text{C}$	48
Tab. 3 Hustoty paliva při různých teplotách	49
Tab. 4 Průměrné spotřeby paliva v závislosti na zatížení a teplotě	54

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 Spotřeba paliva v závislosti na zatížení při $t = 2^\circ$	51
Graf 2 Spotřeba paliva v závislosti na zatížení při $t = 20^\circ \text{C}$	53
Graf 3 Závislost spotřeby paliva na teplotě vzduchu.....	53

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 Protokol o naměřené zkoušce při $t = 2^{\circ}\text{C}$

Příloha č. 2 Protokol o naměřené zkoušce při $t = 20^{\circ}\text{C}$

Příloha č. 3 Příklad užití průtokoměru v praxi

Příloha č. 4 Závislost spotřeby paliva na teplotě při spuštění motoru

Příloha č. 5 Instalace měřícího zařízení

Příloha č. 6 Automobil Lada 2104 s přívěsem

Příloha č. 7 Úsek měření

Přílohy

PROTOKOL O NAMĚŘENÉ ZKOUŠCE

Datum:	21.4.2009
Čas na začátku (na konci):	15:10 (17:23)
Teplota na začátku (na konci) [°C]:	2 měřeno ve stínu na západní straně, (1,5)
Délka měřeného úseku [m]:	4 110 m
Vítr [m/s]:	bezvětří
Vozovka:	suchá
Pneumatiky:	165R13, zimní
Huštění pneumatik [kPa]:	180/200 (přední/zadní)
Hmotnost osob zúčastněných zkoušky [kg]:	Horčíčka Pavel – 85 kg (+ 4 kg oblečení) = 89 kg
	Horčíčka Vladimír – 95 kg (+ 4 kg oblečení) = 99 kg
	Horčíčková Ladislava – 63 kg (+ 4 kg oblečení) = 67 kg
	Horčíčková Alena – 70 kg (+ 4 kg oblečení) = 74 kg
	Peřina Pavel – 72 kg (+ 4 kg oblečení) = 76 kg
Pohotovostní hmotnost automobilu [kg]:	1020
Hmotnost přívěsu [kg]:	210
Počet km na vozidle:	57 635
Vozidlo:	Lada 2104
Typ zkoušky:	S pevným startem, s plynulým řazením až na 3.rychl.st., při 3 000 ot/min a v = konst = 60 km/h

NÁZEV ZKOUŠKY	DOBA JÍZDY [s]	PRŮM.RYCHLOST [km/h]	JÍZDA DO TEMELÍNA	JÍZDA ZPĚT	SPOTŘEBA BENZÍNU [g]	SPOTŘEBA BENZÍNU [l/100km]
Jízda s řidičem	250	59,2	X		349	11,40
	254	58,3		X	294	9,61
	246	60,1	X		362	11,83
	240	61,7		X	278	9,08
Jízda s plným obsazením	242	61,1	X		272	8,89
	258	57,3		X	201	6,57
	252	58,7	X		254	8,30
	238	62,2		X	187	6,11
Jízda s plným obsazením a přívěsem	240	61,7	X		177	5,78
	256	57,8		X	143	4,67
	246	60,1	X		164	5,36
	245	60,4		X	156	5,10

PROTOKOL O NAMĚŘENÉ ZKOUŠCE

Datum:	12.4.2009
Čas na začátku (na konci):	13:19 (15:32)
Teplota na začátku (na konci) [°C]:	20 měřeno ve stínu na západní straně, (18,5)
Délka měřného úseku [m]:	4 110 m
Vítr [m/s]:	bezvětří
Vozovka:	suchá
Pneumatiky:	165R13, letní
Huštění pneumatik [kPa]:	180/200 (přední/zadní)
Hmotnost osob zúčastněných zkoušky [kg]:	Horčíčka Pavel – 85 kg (+ 2 kg oblečení) = 87 kg Horčíčka Vladimír – 95 kg (+ 2 kg oblečení) = 97 kg Horčíčková Ladislava – 63 kg (+ 2 kg oblečení) = 65 kg Horčíčková Alena – 70 kg (+ 2 kg oblečení) = 72 kg Peřina Pavel – 72 kg (+ 2 kg oblečení) = 76 kg
Pohotovostní hmotnost automobilu [kg]:	1020
Hmotnost přívěsu [kg]:	210
Počet km na vozidle:	63 235
Vozidlo:	Lada 2104
Typ zkoušky:	S pevným startem, s plynulým řazením až na 3.rychl.st., při 3 000 ot/min a v = konst = 60 km/h

NÁZEV ZKOUŠKY	DOBA JÍZDY [s]	PRŮM. RYCHLOST [km/h]	JÍZDA DO TEMELÍNA	JÍZDA ZPĚT	SPOTŘEBA BENZÍNU [g, ml]	SPOTŘEBA BENZÍNU [l/100km]
Jízda s řidičem	255	58,0	X		343	11,43
	247	59,9		X	291	9,70
	253	58,5	X		358	11,93
	245	60,4		X	279	9,30
	249	59,4	X		263	8,76
Jízda s plným obsazením	243	60,9		X	198	6,60
	239	61,9	X		252	8,40
	247	59,9		X	205	6,83
	236	62,7	X		165	5,50
	240	61,7		X	151	5,03
Jízda s plným obsazením a přívěsem	236	62,7	X		158	5,26
	243	60,9		X	148	4,93

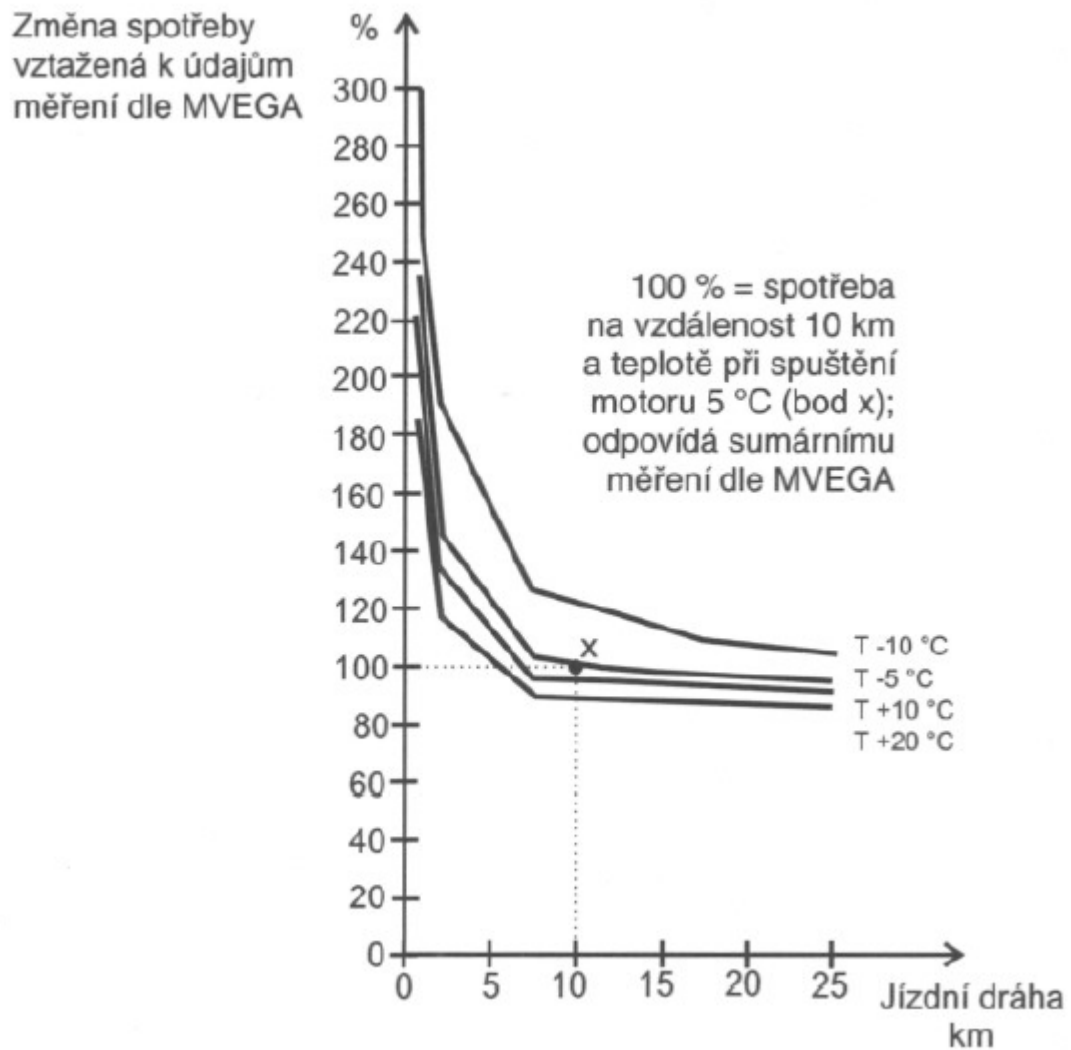


Vozidlo vybavené průtokovým měřičem PHM



Detail otevřené skříňky měřiče PHM

Příloha č. 4



Spotřeba paliva automobilu Škoda Felicia na prvních kilometrech jízdy v závislosti na teplotě při spuštění motoru

Příloha č. 5



Příloha č. 6



Příloha č. 7

