

ODVOZENÍ PŘEPOČTOVÝCH KOEFICIENTŮ SILNIČNÍCH VOZIDEL V DOPRAVNÍM PROUDU DLE JEJICH DYNAMICKÝCH CHARAKTERISTIK

DERIVATION OF COEFFICIENTS OF ROAD VEHICLES IN TRAFFIC FLOW ACCORDING TO ITS DYNAMIC CHARACTERISTICS

Vladislav Křivda¹

Anotace: Příspěvek se zabývá problémem určení přepočtových koeficientů silničních vozidel v dopravním proudu podle jejich základních dynamických charakteristik. Článek je založen na výsledcích činnosti v rámci Laboratoře silniční dopravy a Laboratoře silničních vozidel při Institutu dopravy, VŠB-TU Ostrava.

Klíčová slova: dopravní proud, silniční doprava, jednotkové vozidlo

Summary: The paper deals with problems of derivation of coefficient of road vehicles in traffic flow according to its basic dynamic characteristics. The paper is based on results of activities in Laboratory of Road Transport and Laboratory of Road Vehicles (Institute of Transport, VSB-TU Ostrava).

Key words: Traffic Flow, Road Transport, Unit Vehicle

1. ÚVOD

Při sledování dopravních proudů v silniční dopravě se mj. sleduje jeho rychlost, intenzita, hustota a v neposlední řadě jeho složení. Obecně se sledují počty osobních a nákladních automobilů, návěsových a přívěsových jízdních souprav a jejich kombinací, různých typů autobusů atp. Při kapacitních výpočtech, resp. v jiných případech, je nezbytně nutné (především pro zjednodušení výpočtů) provést tzv. homogenizaci dopravního proudu. Jde o přepočet na tzv. jednotková vozidla, což je srovnávací výpočetní jednotka, vyjadřující vliv různých druhů vozidel v dopravním proudu. Jako reprezentant jednotkového vozidla je běžně, a zcela logicky, uvažován osobní automobil. Přepočtové koeficienty se však stále liší podle různých autorů – více viz [1].

Určení přepočtových koeficientů na jednotková vozidla lze provést několika způsoby, např. porovnáváním jejich rozměrových parametrů (viz např. [1]), podle dynamických vlastností základních druhů silničních vozidel atp. A právě analýzou dynamických charakteristik vozidel k potřebě určení přepočtových koeficientů se zabývá tento příspěvek.

¹ Ing. Vladislav Křivda, Ph.D., VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, Laboratoř silniční dopravy, 17. listopadu 15, 708 33 Ostrava-Poruba, Tel. +420 59 732 5210, Fax +420 597 324 330, E-mail: vladislav.krivda@vsb.cz, <http://www.id.vsb.cz/krivda>

2. ZÁKLADNÍ DYNAMICKÉ CHARAKTERISTIKY SILNIČNÍCH VOZIDEL

2.1. Přehled základních dynamických charakteristik

K základním dynamickým charakteristikám silničních vozidel řadíme především výkonové, momentové a rozjezdové charakteristiky [2].

Výkonové charakteristiky zobrazují závislost mezi výkonem motoru (P [kW]), momentem (M [N.m]) a otáčkami (n [s^{-1}]). Základní vztah mezi těmito veličinami je:

$$P = M \cdot n$$

Další dynamickou charakteristikou silničního vozidla je jeho zrychlení z klidu. To lze určit jednak z rovnováhy sil nebo rovnováhy měrných sil podle [2]. Hledané zrychlení a se pak určí dle známého vztahu:

$$a = \frac{g}{\delta} \cdot (p - o_f) \dots \text{jízda po rovině, bez přívěsu (podrobněji viz [2])}$$

Vzhledem k tomu, že silniční vozidla nelze při zjišťování přepočtových koeficientů srovnávat mezi kategoriemi podle maximálního výkonu nebo maximálního momentu, byla zvolena jako porovnávací veličina zrychlení vozidla do 60 km/h. Pro výpočty byl použit software Akcel, jenž simuluje dynamické vlastnosti vozidla pro nastavené a zadané parametry (viz také [4]). Výsledky jsou zobrazovány jak textově, tak v podobě grafických charakteristik, které přesně popisují chování vozidla. Informace jsou získávány pomocí potřebných výpočtů dle [2]. Program počítá maximální rychlosti vozidla na jednotlivé stupně, maximální rychlost vozidla, zrychlení z 0 do 60 km/h a z 0 do 100 km/h, za jakou dobu ujede vozidlo vzdálenost 400 m a 1 000 m. Graficky znázorňuje momentové a výkonové charakteristiky závislé na otáčkách, charakteristiku rychlostní a dráhovou závislou na čase a další.

Výpočty byly prováděny pro dvojí zatížení vozidla, resp. soupravy a to jednak pro největší přípustnou celkovou hmotnost vozidla m_c a jednak pro pohotovostní hmotnost m_p zvýšenou o 180 kg. Pro výpočet zrychlení příslušného vozidla je nutné znát nejdůležitější parametry o vozidle, momentovou charakteristiku závislou na otáčkách, převodové poměry, stálý převod hnací nápravy, čelní plochu vozidla, součinitel odporu vzduchu, součinitel odporu valení, poloměr valení pneumatiky, celkovou a pohotovostní hmotnost.

2.2. Charakteristiky základních druhů, resp. skupin vozidel

Na tomto místě nutno zopakovat jednotlivě zvolené skupiny vozidel (a jejich označení), určené pro potřebu zjišťování přepočtových koeficientů – viz tab. 1 (a viz také [1]).

Skupina OA

Jako reprezentant této skupiny bylo zvoleno vozidlo Škoda Felicia 1.3 MPI. Jeho nejvyšší výkon motoru je $P^P = 50$ kW při otáčkách $n = 5\,000$ min^{-1} a nejvyšší točivý moment motoru $M^M = 106$ N.m při otáčkách $n = 2\,600$ min^{-1} . Celková hmotnost $m_c = 1\,450$ kg, pohotovostní hmotnost $m_p = 935$ kg. Grafické znázornění vybraných charakteristik je na obr. 1-a. Zjištěné zrychlení z 0 km/h na 60 km/h pro m_c je $a_{c60} = 8,4$ s a pro m_p (+ 180 kg) pak $a_{p60} = 6,5$ s.

Křivda - Odvození přepočtových koeficientů silničních vozidel v dopravním proudu dle jejich 63 dynamických charakteristik

Tab. 1 - Skupiny vozidel pro určení přepočtových koeficientů na jednotková vozidla [1]

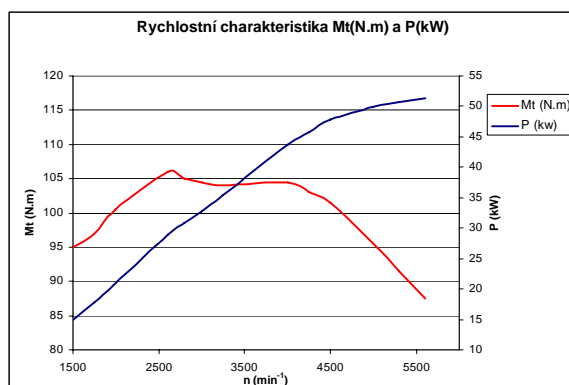
Označení skupiny	Reprezentující vozidla
OA (1 j.v.)	osobní automobily kategorie M1 + nákladní automobily kategorie N1
NA	nákladní automobily kategorie N2
JS	nákladní automobily kategorie N3 + jízdní soupravy složené z vozidel kategorie N2+(O2 nebo O3 nebo O4) nebo N3+(O2 nebo O3 nebo O4)
AB2	vozidla kategorie M2 nebo M3 dvounápravové + trolejbusy (analogicky)
AB3	vozidla kategorie M2 nebo M3 třínápravové, resp. kloubové + trolejbusy (analogicky)

Skupina NA

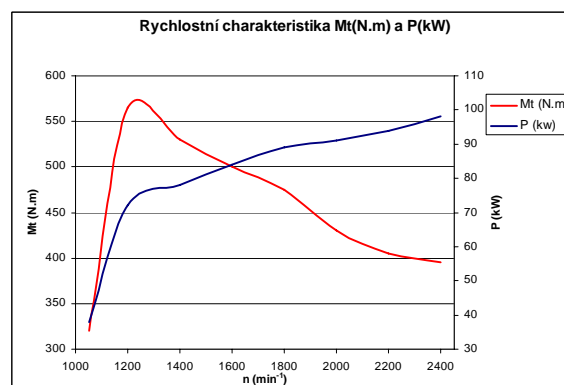
Reprezentantem této skupiny bylo zvoleno vozidlo Daewoo Avia AD 100 (motor D 422.100). Jeho nejvyšší výkon motoru je $P^P = 98 \text{ kW}$ při otáčkách $n = 2\,400 \text{ min}^{-1}$ a nejvyšší točivý moment motoru $M^M = 565 \text{ N.m}$ při otáčkách $n = 1\,200 \text{ min}^{-1}$. Celková hmotnost $m_c = 9\,000 \text{ kg}$, pohotovostní hmotnost $m_p = 2\,970 \text{ kg}$. Grafické znázornění vybraných charakteristik je na obr. 1-b. Zjištěné zrychlení z 0 km/h na 60 km/h pro m_c je $a_{c60} = 22,9 \text{ s}$ a pro m_p (+ 180 kg) pak $a_{p60} = 9,1 \text{ s}$.

Skupina JS

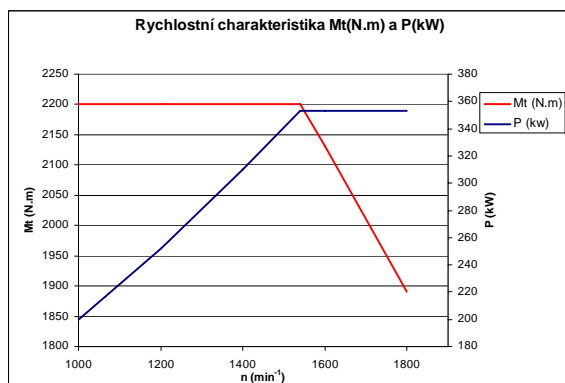
V této skupině bylo zvoleno vozidlo Iveco Stralis AS 440 S 48 Euro 5. Jeho nejvyšší výkon motoru je $P^P = 353 \text{ kW}$ při otáčkách $n = 1\,900 \text{ min}^{-1}$ a nejvyšší točivý moment motoru $M^M = 2\,200 \text{ N.m}$ při otáčkách $n = 1\,540 \text{ min}^{-1}$. Celková hmotnost $m_c = 38\,000 \text{ kg}$, pohotovostní hmotnost $m_p = 18\,000 \text{ kg}$. Grafické znázornění vybraných charakteristik je na obr. 1-c. Zjištěné zrychlení z 0 km/h na 60 km/h pro m_c je $a_{c60} = 24,2 \text{ s}$ a pro m_p (+ 180 kg) pak $a_{p60} = 10,9 \text{ s}$.



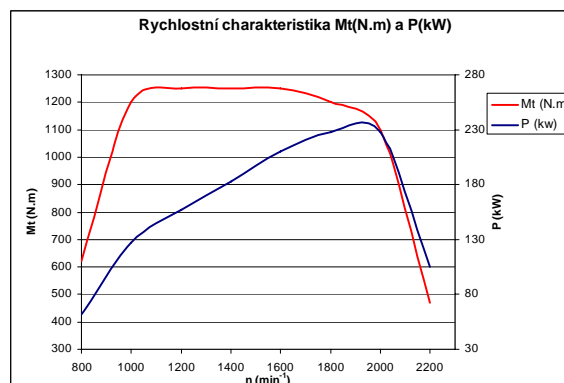
a) Škoda Felicia 1.3 MPI



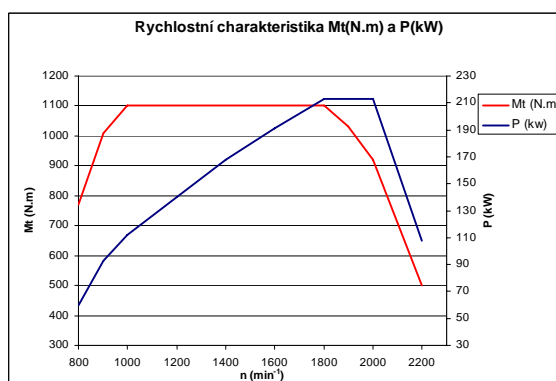
b) Daewoo Avia AD 100



c) Iveco Stralis AS 440 S 48 Euro 5



d) Karosa C 954



e) Karosa B 961

Obr. 1 - Vybrané dynamické charakteristiky pro jednotlivé skupiny vozidel

Skupina AB2

Jako reprezentant této skupiny byla zvolen autobus Karosa C 954. Jeho nejvyšší výkon motoru je $P^P = 228 \text{ kW}$ při otáčkách $n = 2050 \text{ min}^{-1}$ a nejvyšší točivý moment motoru $M^M = 1250 \text{ N.m}$ při otáčkách $n = 1700 \text{ min}^{-1}$. Celková hmotnost $m_c = 18000 \text{ kg}$, pohotovostní hmotnost $m_p = 10800 \text{ kg}$. Grafické znázornění vybraných charakteristik je na obr. 1-d. Zjištěné zrychlení z 0 km/h na 60 km/h pro m_c je $a_{c60} = 19,4 \text{ s}$ a pro $m_p (+180 \text{ kg})$ pak $a_{p60} = 12,1 \text{ s}$.

Skupina AB3

Reprezentantem této skupiny této skupiny byla zvolen autobus Karosa B 961. Jeho nejvyšší výkon motoru je $P^P = 213 \text{ kW}$ při otáčkách $n = 2050 \text{ min}^{-1}$ a nejvyšší točivý moment motoru $M^M = 1100 \text{ N.m}$ při otáčkách $n = 1800 \text{ min}^{-1}$. Celková hmotnost $m_c = 26000 \text{ kg}$, pohotovostní hmotnost $m_p = 13870 \text{ kg}$. Grafické znázornění vybraných charakteristik je na obr. 1-e. Zjištěné zrychlení z 0 km/h na 60 km/h pro m_c je $a_{c60} = 31,0 \text{ s}$ a pro $m_p (+180 \text{ kg})$ pak $a_{p60} = 14,4 \text{ s}$.

3. URČENÍ PŘEPOČTOVÝCH KOEFICIENTŮ

Jak již bylo řečeno, jsou jako základní reprezentant jednotkového vozidla považována vozidla skupiny OA. S hodnotami zrychlení zjištěnými pro m_c a m_p v této skupině byly

Křivda - Odvození přepočtových koeficientů silničních vozidel v dopravním proudu dle jejich 65 dynamických charakteristik

srovnávány hodnoty zrychlení v dalších skupinách a následně určeny jednotlivé přepočtové koeficienty na jednotková vozidla podle následujícího příkladu pro koeficient skupiny NA zjištěný pro m_c :

$$k_{NA(c)} = \frac{a_{c60_NA}}{a_{c60_OA}} = \frac{22,9}{8,4} = 2,73,$$

přičemž a_{c60_NA} je zrychlení z 0 km/h na 60 km/h pro m_c skupiny NA a a_{c60_OA} je zrychlení z 0 km/h na 60 km/h pro m_c skupiny OA. Jednotlivé další zjištěné přepočtové koeficienty jsou uvedeny v tab. 2.

Tab. 2 - Přepočtové koeficienty zjištěné podle zrychlení vozidla

Skupina vozidel	Označení	Výpočet dle m_c	Výpočet dle m_p
OA	k_{OA}	1,00	1,00
NA	k_{NA}	2,73	1,40
JS	k_{JS}	2,88	1,68
AB2	k_{AB2}	2,31	1,86
AB3	k_{AB3}	3,69	2,22

4. ZÁVĚR

Z výše uvedených výsledků lze konstatovat závěry o vlivu okamžité hmotnosti na zrychlení vozidla. Pro hmotnost m_c jsou v některých případech přepočtové koeficienty téměř dvojnásobné než pro hmotnost m_p navýšenou o 180 kg. Přepočtové koeficienty určené na základě zrychlení vozidla nejsou sice zcela přesné (nikdy nelze přesně určit, jakou má vozidlo okamžitou hmotnost), přesto nám tyto hodnoty vypovídají, že pomocí zrychlení vozidla se dá docílit porovnání různých druhů silničních vozidel a z nich následně orientační určení přepočtových koeficientů na jednotková vozidla. Výsledky uvedené v tomto příspěvku se opírají o analýzy provedené v rámci činnosti Laboratoře silniční dopravy (www.id.vsb.cz/lsd) ve spolupráci s Laboratoří silničních vozidel (www.id.vsb.cz/lsv) při Institutu dopravy, VŠB-TU Ostrava.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Křivda, V. *Problematika homogenizace dopravního proudu v silniční dopravě* [on-line]. Perner's Contact - srpen 2008, č. III, roč. třetí. Elektronický odborný časopis o technologii a logistice v dopravě (10/2008, 5. 8. 2008). [cit. 13. 10. 2008]. Dostupný z WWW: <<http://pernerscontacts.upce.cz>>. ISSN 1801-674X
- [2] Matějka, R. *Vozidla silniční dopravy*. Bratislava: Alfa Bratislava, 1990, 213 s. ISBN 80-05-00392-7
- [3] Szymanek A. *Wybrane problemy teorii i metodologii badań bezpieczeństwa w technice i bezpieczeństwa ruchu drogowego*. II Konferencja Naukowo-Techniczna „Logistyka. Systemy Transportowe. Bezpieczeństwo w Transportcie” LOGITRANS 2005, Szczyrk 12 – 14 kwiecień 2005. s. 251 – 269

- [4] Tkáč, M. *Určení koeficientů základních druhů silničních vozidel pro přepočet na jednotková vozidla*. Ostrava: Laboratoř silniční dopravy, Institut dopravy, FS, VŠB-TU Ostrava, 2008, 64 s.

Recenzent: Ing. Michaela Ledvinová, Ph.D.
Univerzita Pardubice, DFJP, Katedra technologie a řízení dopravy