



Odborný posudek vedoucího bakalářské práce

Student: **Pavel KRÁLÍK**

Název práce: **Vozidlový odpor současných kolejových vozidel**

Student měl v rámci své bakalářské práce za úkol zpracovat problematiku vozidlových odporů současných železničních kolejových vozidel, zejména se zaměřením na kontejnerové vlaky provozované společností METRANS Rail s.r.o. Konkrétně bylo zadání práce specifikováno do čtyř bodů:

- zpracování teoretického rozboru vozidlového odporu a jeho jednotlivých složek,
- vypracování metodiky pro stanovení závislosti vozidlového odporu na rychlosti jízdy na základě dat získaných výběhovou zkouškou,
- aplikace metodiky na moderní elektrickou jednotku, jakožto zástupce současné osobní dopravy,
- a aplikace metodiky právě na kontejnerové vlaky společnosti METRANS Rail.

Student předložil práci o rozsahu 53 stran, která je přehledně členěna do sedmi kapitol, které korespondují s jednotlivými body zadání. V úvodu práce student uvádí důvody, proč je zejména v nákladní dopravě problematika vozidlových odporů v dnešní době stále aktuální, tedy zejména skutečnost, že stávající vzorce pro výpočet vozidlového odporu se v případě moderních kolejových vozidel provozovaných na kvalitních tratích rychlostí až 120 km/h jeví jako konzervativní, neodpovídají zcela realitě a negativně se promítají do stanovených technických normativů hmotnosti vlaků. To ve svém důsledku vede vlivem nižší efektivnosti využití vozidel i personálu až k nižší konkurenceschopnosti železnice v porovnání s ostatními druhy dopravy, a proto by mělo být cílem železničních dopravců, ale i správce infrastruktury pozorovaný rozpor mezi normativně určenými a reálnými vozidlovými odpory napravit.

V kap. 2 se student zabývá podrobným rozbohem vozidlového odporu kolejových vozidel a jeho jednotlivých složek, přičemž čerpá informace jak z příslušných skript, tak i z článků a přednášek zohledňujících nejnovější poznatky v dané problematice. Je třeba ocenit komplexní přístup, kdy jsou (konkrétně v kap. 2.2.4) kromě běžně uváděných složek vozidlového odporu uvedeny také další faktory, jakými jsou odpor nabíjecího generátoru osobních vozů, výběhový jízdní odpor hnacích vozidel apod.

V dalších kapitolách se student zabývá samotným jádrem řešení bakalářské práce, kterým je stanovení vozidlového odporu různých vlaků na základě provedených výběhových zkoušek. V kap. 3 je zpracován postup, pomocí něhož lze na základě dráhového, nebo časového tachogramu výběhu vlaku (resp. vozidla) při znalosti traťových poměrů určit koeficienty polynomu charakterizujícího tento měrný vozidlový odpor. Aby byl tento polynom získán v požadovaném tvaru (tedy: $o = a + c \cdot V^2$), jsou v práci s využitím metody nejmenších čtverců odvozeny příslušné výpočtové vztahy. V kap. 3.1.1 student zmiňuje i faktory, které ovlivňují přesnost získaných výsledků. V kap. 4 je pak provedeno hodnocení výběhové zkoušky třívozové elektrické jednotky, která byla realizována na VŽZO ZC VUZ Velim, a to z maximální rychlosti 160 km/h až do zastavení. Student zde provádí jednak hodnocení výběhové zkoušky jako celku, ale také se na základě hodnocení v přímé a v oblouku zvláště pokouší o stanovení odporu z jízdy obloukem. Výsledky celkového hodnocení výběhu se jeví jako reálné; nadto je zde kvantifikován i vliv ne zcela přesně známého součinitele rotačních hmot. Hodnocení v přímé a v oblouku zvláště bohužel nevede k uspokojivým výsledkům.

Kap. 5 je věnována tzv. provozním výběhovým zkouškám provedeným v rámci možností běžného provozu s kontejnerovými vlaky dopravce METRANS Rail. Celkem je provedeno hodnocení 12 výběhů, pro které jsou na základě zpracované metodiky vypočteny příslušné koeficienty vzorců měrného vozidlového odporu. Získané hodnoty koeficientů však vykazují značný rozptyl, přičemž některé lze rovnou označit za nereálné. Student se proto dále soustředí na výběhy vlaku č. „4“, které byly provedeny v širokém rozsahu rychlostí a jejichž výsledky se dají považovat za reálné a zřejmě i opakovatelné. Zajímavé je však i porovnání výsledků pro různé metody záznamu rychlosti (ruční vs. pomocí GPS) v případě vlaku č. „2“. Nad rámec zadání práce jsou v kap. 5.4 hodnoceny výsledky úvodního měření vozidlového odporu kontejnerových vozů vybavených různými typy brzdových špalíků (litinové vs. nekovové). Toto měření bylo provedeno s prázdnými vozy v dílnách METRANS DYKO v Kolíně. I přes provizorní podmínky měření student dokázal z výsledků získat určité měřitelné rozdíly v odporu vozů vybavených různými typy brzdových špalíků.

V kap. 6 a v závěru student shrnuje získané poznatky a zamýšlí se nad možnostmi přesnějšího výpočtu vozidlových odporů, včetně přehodnocení kategorizace odporů z jízdy tunelem a z jízdy obloukem, které jsou ovlivněny i parametry vozidla a nejen trat'ovými poměry, jak je obvykle prezentováno. Za přínosnou lze považovat především myšlenku zavedení nové kategorie vozidlového odporu pro kontejnerové vozy, resp. vlaky, které svými parametry mnohdy neodpovídají dnešní kategorizaci vozidlových odporů dle předpisu V7, a také návrh na vyčlenění aerodynamické složky vozidlového odporu z „klasického“ vzorce, které se zejména v případě kontejnerových vlaků jeví z fyzikálního hlediska správnější, neboť aerodynamika vlaku loženého kontejnery je při dané délce vlaku prakticky nezávislá na hmotnosti těchto kontejnerů. Pro potřeby revize vzorců vozidlového odporu student v závěru práce doporučuje realizaci většího počtu výběhových zkoušek, které by – i na základě získaných zkušeností s hodnocením výsledků realizovaných výběhů – měly být provedeny v co možná nejširším pásmu rychlostí, příp. až do zastavení.

K bakalářské práci mám pouze následující drobné připomínky a dotazy:

- v kap. 2.2.1 je zmiňováno rozložení napětí v kontaktní ploše dle Hertzovy teorie, znázornění na obr. 2.2 tomu však neodpovídá;
- konstantní složka měrného vozidlového odporu lokomotivy ř. 230, uvedená v tab. 2.6, se zdá být (v porovnání s vozidly obdobnými z hlediska řešení pojezdu a pohonu – např. ř. 140) příliš nízká;
- v kap. 3.1.1 jsou zmiňovány ztráty v pohonu HV – je to však ve výpočtech zohledněno, příp. jak?
- v kap. 4.2.1 není zcela zřejmé, zda byl při výpočtu koeficientů polynomu měrného vozidlového odporu uvažován měrný odpor z jízdy obloukem dle vztahu (4.2), nebo zda měl být dopočítán na základě předpokládaných rozdílů mezi přímou a obloukem a uvažován byl pouze sklon koleje;
- v obr. 4.3 bych považoval – s ohledem na provedený odhad součinitele rotačních hmot jednotky (viz vztah (4.1)) – za vhodnější uvažovat vzorec odpovídající součiniteli rotačních hmot $\rho = 0,05$;
- je pozorovaný jev, kdy konstanty polynomů charakterizujících měrný vozidlový odpor elektrické jednotky v dílčích úsecích klesají s klesající rychlostí, ovlivněn spíše nepřesnostmi měření (resp. krátkou délkou jednotlivých hodnocených úseků a tomu odpovídající malou změnou rychlosti), nebo jde o nějaký fyzikálně odůvodnitelný jev?
- proč vychází v případě výběhu vlaku č. „1“ (viz str. 43) záporný konstantní člen polynomu měrného vozidlového odporu, přestože byl výběh zrealizován pro velmi velký rozsah rychlostí?
- lze nějak vysvětlit, proč rozjezdový odpor prázdných kontejnerových vozů s nekovovými, resp. litinovými brzdovými špalíky (viz str. 49) vychází přibližně 1,7 N/kN, resp. 3,0 N/kN, když předpokládané hodnoty měrného vozidlového odporu zjišťovaného výběhovými zkouškami pro tyto vozy se pro rychlost blížící se nule pohybují zhruba v rozmezí 1,0 až 1,5 N/kN?
- i s ohledem na předešlý dotaz, ale zejména kvůli zvoleným metodám měření bych byl prozatím opatrný při zobecňování závěrů týkajících se kvantifikace rozdílu rozjezdového odporu vozů s nekovovými a litinovými brzdovými špalíky (viz poslední větu předposledního odstavce závěru na str. 52);

- z hlediska formálního lze v práci místy najít ne zcela přesné formulace a překlepy;
- některé citace uvedené v seznamu použité literatury na str. 53 nejsou uvedeny ve standardním formátu, příp. jsou neúplné.

I přes uvedené připomínky hodnotím celkovou odbornou i formální úroveň práce jako vysokou, přičemž některá zjištění a doporučení lze využít v praxi jako výchozí bod pro případnou revizi metodiky výpočtu vozidlových odporů (zejména kontejnerových) vlaků. Předložená bakalářská práce splňuje všechny body zadání. Při jejím zpracování student postupoval samostatně a aktivně se podílel i na přípravě a realizaci úvodního experimentu, provedeného za účelem stanovení rozjezdového odporu kontejnerových vozů. Problematikou vozidlových odporů se přitom v rámci studia začal zabývat již v roce 2013, kdy se podílel na přípravě příspěvku na konferenci Současné problémy v kolejových vozidlech. Každopádně doporučuji zabývat se touto problematikou v rámci možností i nadále a pokusit se na základě hodnocení případných dalších měření a výběhových zkoušek dotáhnout do konce navrženou úpravu výpočtu vozidlového odporu, která by byla založena na aplikaci vztahu (6.1).

Na základě výše uvedeného bakalářskou práci doporučuji k obhajobě a hodnotím ji stupněm

výborně minus.

V České Třebové dne 4. června 2014



Tomáš Michálek