



Odborný posudek vedoucího bakalářské práce

Student: **Jiří ŠLAPÁK**

Název práce: **Posouzení vlivu elektrifikace trati Klatovy – Železná Ruda na jízdní doby a spotřebu energie**

Student měl v rámci své bakalářské práce za úkol posoudit vliv případné elektrifikace trat'ového úseku Klatovy – Železná Ruda-Alžbětín na jízdní doby a spotřebu energie, k čemuž měl využít modelování jízdy vlaku. Konkrétně bylo zadání práce specifikováno do následujících šesti bodů:

- popis vyšetřovaného trat'ového úseku,
- popis vybraných vlakových souprav se zaměřením na jejich technické (trakční) parametry,
- vypracování vhodného postupu pro numerické řešení úlohy,
- porovnání jízdních dob vybraných vlakových souprav,
- porovnání spotřeby energie vybraných vlakových souprav včetně zohlednění možnosti rekupe-
račního brzdění v elektrické trakci
- a celkové zhodnocení přínosu případné elektrifikace vyšetřovaného trat'ového úseku.

Student předložil práci o rozsahu 72 stran (a 16 stran grafů v přílohách), která je přehledně členěna do sedmi kapitol, které přibližně korespondují s jednotlivými body zadání. V kap. 2 je uveden stručný popis vyšetřovaného trat'ového úseku, ve které je kladen důraz na rychlostní profil trati po proběhlé modernizaci a na sklonové poměry na trati; rychlostní i redukovaný sklonový profil jsou vhodně doplněny grafickým zobrazením v přílohách 1 a 2. V kap. 3 jsou popsány vybrané vlakové soupravy, které lze rozdělit do dvou kategorií z hlediska obsaditelnosti cestujícími; jsou to jednak soupravy o kapacitě přibližně 350 sedících cestujících a jednak soupravy o kapacitě zhruba 150 cestujících. V každé z těchto kategorií jsou zástupci jak motorové trakce (stávající soupravy, jež jsou na trati provozovány, tedy souprava vozů tažená motorovou lokomotivou a motorový vůz s přípojným vozem, ale také moderní motorová jednotka), tak i soupravy elektrické trakce, jejichž nasazení by připadalo v úvahu po elektrifikaci trati (v současné době nasazovaná souprava vozů, avšak tažená elektrickou lokomotivou, a dále dvouvozová a pětivozová elektrická jednotka). V této kapitole jsou definovány základní technické parametry jednotlivých souprav, potřebné pro následné výpočty, včetně vozidlového odporu a trakčních, příp. i brzdných, charakteristik.

V kap. 4 student vysvětluje, jakým způsobem pracoval s jednotlivými veličinami, které tvoří vstupy pro řešení pohybu vlaku. Vysvětleny jsou zde některé použité hodnoty součinitelů rotačních hmot; o aktivním přístupu studenta k řešení práce pak svědčí použitá metoda matematizace trakčních (ale také brzdných) charakteristik pro přímé použití při numerickém řešení pohybové rovnice vlaku. V kap. 5 je pozornost věnována samotnému numerickému řešení pohybové rovnice vlaku; je obecně popsán postup, kterým student přistoupil k řešení jednotlivých fází jízdy vlaku. Podkapitoly 5.5 a 5.6 obsahují výsledky ve formě teoretických jízdních dob jednotlivých souprav v jednotlivých směrech a příslušných hodnot spotřeby energie. Z hlediska energetické náročnosti je zde – za daných předpokladů – hodnocena jednak vykonaná trakční práce a jednak očekávaná spotřeba energie, která je stanovena na základě obvyklých hodnot účinnosti vozidel motorové a elektrické trakce. Získané výsledky se zdají být správné.

Zvláštní pozornost je na konci kap. 5 věnována vlivu rekuperačního elektrodynamického brzdění, které je využitelné v případě uvažovaných elektrických jednotek. Zajímavé jsou teoretické hodnoty úspory energie, kterých by mohlo být v provozu dosaženo. V kap. 5.7 je také kvantifikován vliv případné jízdy vlaku odbočkou (a tedy sníženou traťovou rychlostí) v jednotlivých stanicích na trati na jízdní doby; tyto výsledky by mohly být v příslušných případech prakticky využity pro stanovení přírážek k teoretickým jízdním dobám. Ač je spotřeba energie jednotlivých vlakových souprav porovnávána již v kap. 5, zabývá se porovnáním spotřeby energie ještě také kap. 6, kde je tato spotřeba porovnávána v měrných veličinách, tedy ve vztahu k přepravnímu výkonu udávanému jednak v kWh/1000 tkm a jednak v kWh/100 oskm. Významné jsou zde závěry, z nichž vyplývá, že měrná spotřeba energie posuzovaných vlaků v motorové trakci je zhruba dvojnásobná oproti vlakům v trakci elektrické; při zohlednění vlivu rekuperačního brzdění, kterým lze při uvažovaných výkonech teoreticky ušetřit přibližně třetinu spotřeby energie, je tento rozdíl ještě větší. V kap. 6.1 jsou pak vypočtené hodnoty měrné spotřeby energie přepočteny na cenu za energii.

V závěru práce jsou shrnuty poznatky, kterých student provedením příslušných výpočtů dosáhl. Přínosný je zejména závěr, že ačkoliv trať prošla v nedávné době modernizací spojenou s místním zvýšením traťové rychlosti, tak při nasazení některých souprav, které jsou na trati dnes provozovány, nejsou tyto soupravy vlivem svých trakčních parametrů a sklonových poměrů na trati tuto vyšší rychlost schopny plně využít, čímž je přínos provedené modernizace degradován. Tato skutečnost je názorně ukázána v dráhových tachogramech uvedených v příslušných přílohách. Uvažované soupravy elektrické trakce tak vycházejí jak z hlediska jízdních dob (resp. využití parametrů infrastruktury), tak z hlediska měrné spotřeby energie (zejména v případě využití možnosti rekuperačního brzdění) provozně výhodněji. Student však v závěru správně poznamenává, že práce se nezaobírá celkovými náklady na elektrifikaci trati a pořízení odpovídajících vozidel, ale pouze hodnocením případné elektrifikace, o níž bylo v minulosti již několikrát uvažováno, z hlediska provozního.

K předložené bakalářské práci mám pouze následující drobné připomínky a dotazy:

- Na str. 23 je v tab. 4 uvedeno, že motorový vůz řady 842 má 80 míst k sezení, což ovšem není pravda, neboť ř. 842 disponuje pouze 64 místy k sezení. Záměna tohoto údaje sama o sobě příliš významná není, avšak projeví se v hodnotě hmotnosti na sedadlo v tab. 9 na str. 34 (640,8 kg/sed. namísto 579,8 kg/sed.), ale zejména při hodnocení měrné spotřeby energie vztažené na oskm. V rámci obhajoby práce by proto bylo vhodné uvést, jak významně se opravou tohoto údaje změní příslušný graf v příloze 10, resp. hodnoty v tab. 21 a 22.
- V tab. 9 na str. 34 neodpovídá v případě soupravy s lokomotivou ř. 754 uváděná hmotnost na sedadlo podílu hmotnosti vlaku a počtu cestujících, resp. sedadel.
- V kap. 4.4.2 by bylo vhodné shodu matematického vyjádření trakčních charakteristik (zejména v případě ř. 842, 642, 754 a 363) deklarovat např. zakreslením původní a aproximované trakční charakteristiky do jednoho grafu. Oprávněnost použití navrženého matematického vyjádření při výpočtu by pak byla názornější.
- Navržený postup hledání matematického vyjádření adhezního omezení trakční charakteristiky, který je popsán na str. 49 a 50 je sice originální a v principu správný, ale nabízí se otázka, zda by nestačilo využít adhezního omezení podle Curtiuse-Knifflera, příp. jeho úpravu odpovídající nižšímu rozjezdovému součiniteli adheze.
- Z tab. 13 na str. 52 není zcela zřejmé, jak je počítáno s brzdou silou rekuperační EDB v rozsahu rychlostí 0 až 5 km/h. Jde o lineární nárůst z nuly na maximální hodnotu, jak naznačují trakční charakteristiky v grafech na obr. 12 a 16?
- Uvažované konstantní brzděné odrychlení, uvedené na str. 56, zřejmě nevyplývá z TSI LOC&PAS (lit. [1]), jak je v práci uvedeno.
- Na prvním listu přílohy 4.2 je uveden dráhový průběh trakčního příkonu hnacího vozidla ř. 754. Jde zřejmě o trakční výkon dělený uvažovanou účinností, což lze takto přijmout. Není mi však

jasná následující věc. V tratových úsecích, kde lokomotiva ř. 754 není s daným vlakem schopna dosáhnout tratové rychlosti, logicky vyvíjí maximální tažnou sílu, kterou je při dané rychlosti jízdy schopna vyvinout a která by měla přibližně odpovídat maximálnímu výkonu lokomotivy. Proč se tedy zhruba v km 28 vyskytuje špička odpovídající výrazně vyššímu výkonu? A obdobné špičky se nacházejí i zhruba v km 13 a v km 14. Proč?

- Z hlediska formálního se v práci místy vyskytují drobné překlepy, chyby a nepřesnosti, které však významně nesnižují celkovou úroveň práce.

I přes uvedené připomínky hodnotím celkovou odbornou i formální úroveň práce jako vysokou, přičemž některé závěry by bylo možné zobecnit pro potřeby hodnocení přínosu elektrifikace regionálních železničních tratí. Dokážu si představit, že by nejdůležitější výsledky a závěry práce byly po případném dopracování zpracovány ve formě odborného článku a následně publikovány. Student při řešení bakalářské práce prokázal, že si osvojil principy trakční mechaniky a samostatně zvládnul problematiku modelování jízdy vlaku s využitím numerických metod.

Předložená bakalářská práce splňuje všechny body zadání. Při jejím zpracování student postupoval samostatně a velmi aktivně a plně přitom využíval jak získané podklady, tak možnosti konzultací s vedoucím práce. Na základě výše uvedeného bakalářskou práci doporučuji k obhajobě a hodnotím ji stupněm

výborně.

V České Třebové dne 9. června 2016



Tomáš Michálek