

SOULAD PARAMETRŮ TRATÍ A VOZIDEL

Jiří POHL

Ing. Jiří Pohl, Siemens Kolejová vozidla s.r.o.

Výstavba nových vysokorychlostních tratí je technicky náročnou a finančně nákladnou investicí. Avšak ve světě, který je propojen technicky i finančně, přestává být problém získat potřebné technické znalosti a dovednosti i finanční zdroje a novou trať postavit. Evropské technické normy a zejména Technické specifikace pro interoperabilitu představují vydatný zdroj technických informací a zkušeností, jak mají být moderní železnice řešeny. Banky, respektive konsorcia bank jsou připraveny financovat státem či evropskými strukturami podporované stavby.

1 Ekonomické souvislosti

Veřejnost, politická reprezentace a státní orgány stále více chápou kvantitativní meze rozvoje automobilizmu, dané negativním vlivem intenzivního provozu automobilů na život ve městech a v obcích i jeho závislostí na stále více dražších kapalných uhlovodíkových palivech. Navíc je v současnosti hospodářství na vzestupu, společnost vytváří hodnoty, které lze investovat. Proto lze oprávněně očekávat, že myšlenka výstavby nových vysokorychlostních tratí nalezne i v České republice veřejnou podporu.

Rovněž lze očekávat podporu tohoto záměru od průmyslu a stavebnictví. Vždyť program modernizace koridorových tratí se pozvolna chýlí k finále. Je logické, že stavební a průmyslové společnosti budou mít zájem participovat na obdobně velkorysém a dlouhodobém programu. Zcela přirozeně budou směřovat k ještě náročnějším a rozsáhlejším investičním akcím. Tedy například k vysokorychlostní dopravě.

Lze tedy oprávněně předpokládat, že dosavadní nezúčastněnost České republiky na procesu budování sítě evropských vysokorychlostních železnic vystředává aktivita. Zcela správná a existenčně nutná prohlubující se liberalizace ekonomiky povede k tomu, že základní otázkou příštích let nebude jak peníze na výstavbu vysokorychlostního železničního systému získat, kde si je vypůjčit, ale to jak je splácet. Tedy jak zjistit, aby byla investice do budování vysokorychlostního železničního dopravního systému rentabilní.

Přirozený vývoj vede k tomu, aby úhrada dosud anonymně poskytovaných služeb přecházela na ty, kteří je skutečně využívají. Zavedení poplatků za využívání železniční i silniční dopravní cesty jsou dokladem zahájení tohoto procesu. Soudobé technické prostředky z oblasti informačních technologií umožňují přenést nikoliv jen na dopravce, ale i na konečného spotřebitele přepravních služeb veškeré náklady, spojené s konkrétní přepravou.

Lze diskutovat o tom, zda přenesení nákladů za mobilitu z anonymní společnosti na konkrétní osoby potrvá desetiletí či roky, ale vývoj k tomu nepochybně směřuje. Není jiný způsob, jak zastavit plýtvání dopravou. Rovněž lze diskutovat o tom, zda tvrdě ekonomický přístup k otázkám dopravy povede k podpoře železnic, či zda pro ně bude nevýhodou. Ale i tato diskuse je v podstatě zbytečná, nekompromisní ekonomická pravidla budou platit.

Je tedy zřejmé, že od vysokorychlostních železnic bude očekávána rentabilita, byť se zahrnutím mnoha zatím opomíjených složek nákladů a výnosů. Proto je nutné systém vysokorychlostní železniční dopravy optimalizovat. A to nejen na úrovni jeho jednotlivých dílčích subsystémů, ale především na úrovni celku.

2 Role vozidel

Z hlediska střednědobého horizontu nejsou vozidla rozhodující složkou nákladů investovaných do tvorby vysokorychlostního železničního dopravního systému, tou je stavební část. Jsou však propojovacím prvkem, se kterým hraničí jak infrastruktura (v podstatě lze říci, že tratě jsou stavěny pro vozidla), tak i cestující a přepravci (v podstatě lze říci, že vozidla jsou stavěna pro cestující, respektive pro zboží, které přepravují). Proto je potřebné se vozidly zabývat již v období počátečních úvah a studií. A to i s vědomím, že do doby uvedení dopravního projektu v život projdou vozidla dalšími inovacemi.

V současnosti se předpokládá, že první úsek vysokorychlostní železnice by mohl být v České republice uveden do provozu zhruba kolem roku 2020. To není dlouhá doba a k naplnění tohoto cíle ji bude potřebné intenzivně využít. Přesto však nelze přehlédnout jednu velmi významnou neznámou v oblasti motivace: bude v té době (celosvětově, nikoliv jen v České republice) vysokorychlostní železniční doprava ještě jen v roli konkurenčního soupeře dominantní automobilové a letecké dopravy, nebo spíše již za ně bude náhradou?

3 Mobilita a energetika

Nelze přehlížet, že mobilita, která je jedním ze základních principů fungování a rozvoje současné společnosti, je z 95 % závislá na spotřebě uhlovodíkových kapalných paliv. Ta jsou dnes z téměř absolutní většiny získávána z přírodní ropy, tedy z neobnovitelného zdroje energie. Prudký růst tržní ceny ropy (za rok zhruba na dvojnásobek: za 60 na 120 USD za barel) vůbec nesouvisí s náklady na těžbu (ty jsou stále kolem 5 až 10 USD za barel), ale s převisem poptávky nad nabídkou. To je a bude trvalý trend, neboť rostoucí spotřeba je v kontrastu s přírodními limity intenzity těžby ropy.

Náhrada ropy biopalivy vyráběnými z intenzivně pěstovaných plodin je klamnou nadějí. Přeměna slunečního záření na energii v biopalivech má velmi nízkou účinnost, a vyžaduje proto tak rozsáhlé pěstební plochy, které není Země schopna poskytnout. Logickým důsledkem těchto snah je eskalace cen potravin.

Zatím jediným reálným nositelem všeobecněji získatelné energie pro dopravu je elektřina. V současnosti však dokáže elektrickou energii využívat prakticky jen kolejová doprava. Ta má i další energetické přednosti – nízký valivý odpor a schopnost vozidel tvořit vlak a tím minimalizovat aerodynamický odpor. Tyto energetické přednosti kolejové dopravy jsou všeobecně známé. Zatím však náklady na energii nemají pro pozici dopravního systému zásadnější význam, neboť energie jsou levné a ve veřejné dopravě nejsou rozhodující složkou nákladů. Bude-li však dosavadní trend zvýšení cen energií pokračovat, stanou se náklady na energii limitujícím faktorem mobility.

3.1 Dva scénáře

Je otázka, jak silně již budou v nejbližších letech tyto trendy působit. Pokud bude cena energie stoupat pomalu, bude nadále pokračovat kvantitativní i kvalitativní růst silniční a automobilové dopravy. Železnice se jim bude snažit konkurovat, hlavní důraz bude proto u železniční vysokorychlostní dopravy na kvalitu – tedy na rychlost, četnost spojů, pohodlí, pravidelnost, spolehlivost, na související služby a návaznou dopravu. Rozhodující bude, aby železnice dokázala nabídnout cestujícím více, než automobil či letadlo.

Pokud však bude cena energie stoupat velmi rychle (například bude pokračovat trend několika posledních let), tak dojde bez jakýchkoliv restrikcí i bez jakékoliv propagandy k přirozenému poklesu zájmu velké části obyvatelstva o energeticky náročné a na kapalných palivech závislé dopravní systémy. Tedy zejména o individuální automobilismus a o lety na kratší vzdálenosti. V zájmu zajištění potřebné mobility vyvstane požadavek, aby železnice nabídla příslušné přepravní kapacity. Půjde tedy v první řadě o kvantitu a to zejména v kapacitě spojů, ale i v rozsahu budované sítě i v rychlosti výstavby nových tratí a v rychlosti nákupu nových vozidel. Avšak ani kvalita nemůže jít v případě strachy, neboť cestující navyklí jezdit soudobými automobily a létat soudobými letadly nebudou akceptovat standardy minulosti.

3.2 Řešení

Hlavní tratě, které tvoří základ železniční sítě České republiky, jsou zhruba sto padesát let staré. Existují dva důvody k tomu, proč tuto síť doplnit (podobně jako se tomu již řadu let děje v řadě evropských i mimoevropských zemí) o novostavby vysokorychlostních železnic:

- vytvořit podmínky pro zvýšení rychlosti dálkových (meziměstských) vlaků,
- zvýšit kapacitu tratí v okolí velkých měst, neboť souběh dálkové osobní i nákladní dopravy s dopravou příměstskou vede k nedostatku volné kapacity.

Oba tyto cíle spolu souvisejí:

- čím je rychlost dálkových vlaků vyšší, tím nižší je při souběžném provozu se zastávkovými vlaky dopravní výkonnost tratě,
- pokud má být dopravní kapacita tratě zvýšena nemusí to být řešeno doplněním dalších kolejí sledujících původní stopu. Mimo původní stopu lze postavit novou trať, umožňující vyšší rychlost jízdy.

Z uvedeného je zřejmé, že výstavba nových vysokorychlostních tratí vyhovuje oběma scénářům dalšího vývoje dálkové železniční dopravy:

- v případě dalšího pokračování rozvoje automobilizmu a letectví (tedy za předpokladu dostatku uhlovodíkových paliv) budou nové tratě budovány především pro zvýšení rychlosti, tedy aby

zvýšily atraktivnost cestování po železnici. Avšak zároveň též zvýší přepravní kapacitu železniční sítě,

- v případě útlumu automobilizmu a letectví (z důvodu vysokých cen uhlovodíkových paliv) budou nové tratě budovány především pro zvýšení kapacity železniční sítě, ale zároveň též přinesou zvýšení rychlosti jízdy dálkových vlaků.

Právě pro splnění obou rolí nových tratí je nutné, aby (na rozdíl od praxe koridorových tratí) nevznikaly nové tratě přestavbou tratí původních, ale jako další přídatné tratě doplňující železniční síť. Původní tratě formovaly sto padesát let urbanizaci okolního území a proto dodnes mají ve svém okolí početnou klientelu cestujících v příměstské a regionální dopravě a tuto její funkci je potřeba zachovat. Jde v zásadě o určitou analogii k doplňování sítě silnic o dálnice.

4 Vozidla

Vlivem kinetické energie proudícího vzduchu roste aerodynamický odpor s druhou mocninou rychlosti jízdy. Trakční výkon, tedy součin síly a rychlosti, narůstá s třetí mocninou rychlosti. V současnosti jsou v České republice používány pro dopravu vlaků jedoucích rychlostmi 140 až 160 km/h především vlaky sestavené ze samostatných vozů a tažené lokomotivami o výkonu 3 až 4 MW. Zdvojnásobení rychlosti jízdy takových vlaků na zhruba 300 km/h by účinkem třetí mocniny vyžadovalo osmkrát větší výkon, tedy zhruba na hodnotu 24 až 32 MW. Takový výkon nejsou schopna vyvinout soudobá trakční vozidla, ani jej nejsou schopná přenést soudobá pevná trakční zařízení. Takový způsob dopravy by navíc byl energeticky velmi náročný, a tedy i nevhodný. Rychlé vlaky nemohou mít hranaté tvary a výstupky, ale musí mít protáhlá čela a hladké linie v celé délce soupravy. Tak lze snížit tvarovou konstantu vlaku ze současné hodnoty (zhruba $C_x = 3$) na přibližně třetinu. Pak postačuje pro jízdu rychlostí kolem 300 km/h trakční výkon kolem 8 MW. To již je reálná hodnota jak pro trakční vozidla (ucelená jednotka v délce kolem 200 m), tak i pro pevná trakční zařízení (avšak nikoliv při použití dosud v České republice zavedených systémů 3 kV DC či 25 kV 50 Hz v jeho současné podobě, nýbrž při použití systémů 2 x 25 kV 50 Hz, nebo 15 kV 16,7 Hz).

Principy aerodynamicky a tedy energeticky příznivých vlaků je účelné uplatňovat nejen v oblasti nejvyšších rychlostí, ale v celé šíři železniční dopravy. V návaznosti na dokončení modernizace koridorových tratí lze v České republice očekávat dva další trendy:

- další zvyšování rychlostí na původních tratích k hodnotě 200 až 230 km/h,
- výstavba nových tratí pro rychlost 300 až 350 km/h.

Který z obou uvedených způsobů bude v konkrétní relaci použit, je především určeno tím, jaké přírodní podmínky v daném úseku jsou. Tedy zda ještě dovolují zvýšení rychlosti v původní trase, nebo zda již je nutno původní stopu opustit a stavět železnici novou - v tom případě již na nejvyšší rychlost. Dalším kritériem je přepravní zatížení. Jde o to, zda je z kapacitních důvodů ještě možný souběh místní a dálkové dopravy, nebo zda již je potřebné stavbou nové tratě celkovou kapacitu zvýšit.

V souladu s tím jsou k vyvinutí a dodávání dva typy vozidel:

- vozidla pro rychlost 230 km/h, reprezentované progresivním směrem ucelených souprav (netrakčních jednotek) dopravovaných lokomotivou,
- vozidla pro rychlost 350 km/h reprezentovaná soudobým hi-tech řešením v podobě ucelených jednotek s distribuovaným trakčním pohonem.

4.1 Vozidla a cestující

Cestující očekává od dopravního prostředku bezpečnou a spolehlivou, ničím nerušenou klidnou jízdu. Převážnou část jízdního odporu rychle jedoucího vlaku tvoří aerodynamický odpor, který nezávisí na hmotnosti. Rychle jedoucí vlak má sice značnou kinetickou energii, ale na rozdíl od zastávkového vlaku ji maří brzděním až po ujetí značné vzdálenosti, takže ani z tohoto důvodu není případná vyšší hmotnost vysokorychlostních vozidel na závadu. To je zcela opačná situace než u příměstských a regionálních vlaků, které se neustále rozjíždějí a v zápětí brzdí, tedy vytvářejí a likvidují kinetickou energii. Na jejich energetiku má hmotnost zásadní vliv, proto je snaha ji minimalizovat. Současná typická hodnota hmotnosti připadající na jedno sedadlo je u příměstských elektrických jednotek kolem 550 kg.

U vysokorychlostních vlaků je hlavním cílem bezpečná a klidná jízda s vysokým komfortem. Vozidlo musí být patřičně pevné a tuhé, musí být vybaveno náležitě velkým trakčním výkonem (měrný výkon zhruba 20 kW/t), distribuovaným pohonem 50 % dvojkolí a z bezpečnostních důvodů musí mít, podobně jako letadlo, všechny důležité systémy zálohovány – jde o ochranu proti uvíznutí v dlouhých

tunelech či viaduktech, které jsou pro vysokorychlostní tratě typické. Vyžadována je též vysoká odolnost proti požáru, tedy instalace požárně dělicích konstrukcí.

4.1. Pohodlí

Z důvodu odolnost vůči působení tlakových rázů, ke kterým dochází zejména při míjení vlaků a v tunelech, musí být vysokorychlostní vozidla řešena jako tlakotěsná, tedy musí cestujícím zajistit uvnitř vozu stálý tlak bez ohledu na vnější podmínky. Každý cestující trvale produkuje teplo, vodní páru a oxid uhličitý – to vše musí klimatizační systém odvést z hermeticky uzavřeného prostoru ven z vozu a cestujícím zajistit tepelnou pohodu a dostatek čerstvého vzduchu. A též prostředí bez hluku a vibrací, způsobených jízdou či činnostmi agregátů. To vše vede k tomu, že jsou vysokorychlostní vozidla ve srovnání s příměstskými jednotkami v přepočtu na sedadlo zhruba dvojnásobně těžší (dosahují kolem 1 000 až 1 100 kg na sedadlo). Tato hmotnost však v zásadě nijak výrazně neovlivňuje spotřebu energie, neboť ta je z rozhodující části určena aerodynamikou. Pro ni je důležitý dlouhý štíhlý tvar. V tomto ohledu jsou vysokorychlostní vlaky, ve kterých je v zákrytu za čelní stěnou umístěno zhruba sto řad sedadel s cestujícími, výrazně lepší než silniční vozidla (automobil se dvěma řadami sedadel či autobus s deseti až patnácti řadami sedadel za čelní stěnou), ale i štíhlejší než letadla (byť ta využívají pro svou aerodynamiku v letové hladině kolem 10 km s výrazně řidším vzduchem).

Skutečnost, že vysokorychlostní vozidla vycházejí v důsledku instalace mnoha nezbytných systémů a zařízení v přepočtu na jedno sedadlo poměrně těžká (a aniž by to mělo výraznější negativní dopad na spotřebu energie), vede k tomu, že není nutno na vybavení interiéru tak šetřit, jako například v letadlech. Cestujícím lze dopřát pohodlná sedadla, audiovizuální informační a zábavní systémy i stravovací služby. Rovněž dopad tohoto vybavení na cenu vozidla je nepodstatný, neboť náklady jsou určeny především nezbytnými technickými zařízeními vozidla.

4.1.2 Přijatelné jízdné

Vysokorychlostní vozidla nejvyšší kategorie (s nejvyšší provozní rychlostí 300 až 350 km/h) jsou ve srovnání s příměstskými a regionálními jednotkami poněkud dražší, v přepočtu na jedno sedadlo téměř trojnásobně (přibližně: 1,9 mil. Kč na sedadlo versus 0,7 mil. Kč na sedadlo). Ale ani tato skutečnost je nijak nediskriminuje. Vlivem výrazně vyšší cestovní rychlosti (190 km/h versus 60 km/h v příměstské dopravě) jsou schopny v průběhu své životnosti ujet podstatně více kilometrů, než příměstské jednotky. Pokud ujede vysokorychlostní jednotka za svoji životnost 20 milionů km, tak připadá z její nákupní ceny na kilometr a sedadlo jen 0,09 Kč, zatímco u sice levnější příměstské jednotky, avšak s průběhem za životnost 6 mil. km vychází z její nákupní ceny na kilometr a sedadlo částka 0,12 Kč. Skutečnost, že v dálkové meziměstské přepravě je dosahováno větší střední obsazení (zhruba 50 %) než v příměstské zastávkové dopravě (zhruba 25 %), zvětšuje rozdíl mezi rychlou dálkovou a příměstskou dopravou v nákladech na nákup vozidla v přepočtu na přepravené osoby na 0,18 Kč na osobu a kilometr, a rychlé dálkové dopravy vůči 0,48 Kč na osobu a kilometr v regionální dopravě.

Tyto jednoduché ilustrativní výpočty dokládají, že principy dobře známé a aplikované v dálkové autobusové i v letecké dopravě, platí i na železnici: pokud vozidlo, nestojí, nýbrž převážnou část dne jede, a to co nejrychleji a pokud je náležitě obsazeno platícími cestujícími, tak je velmi efektivní.

4.2 Vozidla a infrastruktura

Snad v době Karlem Gölsdorfem navrhovaných a v První Českomoravské v Libni již od roku 1901 vyráběných dvouspřežných rychlíkových lokomotiv s dvoumetrovými koly řady 108 kkStB, které dokázaly při zkouškách jezdit rychlostí až 148 km/h, vznikl názor, že rychlíkové lokomotivy jsou sice rychlé, ale nepřilíživě silné, takže se hodí jen na nenáročnou rovinatou trať. V podstatě to nebyla pravda ani v éře parních lokomotiv – vždyť zmíněné stoosmičky (již jako řada 275.0 ČSD) vozily rychlíky z Prahy na Protivín a zvládaly i náročné stoupání přes Milín.

4.2.1 Velké sklony

Tím méně platí úsudek o nevhodnosti rychlých vozidel pro tratě se strmými sklony pro soudobé vysokorychlostní jednotky. Pro překonání aerodynamických ztrát ve velkých rychlostech jsou vysokorychlostní jednotky obdařeny velmi výkonným trakčním pohonem. Jejich měrný výkon dosahuje již zmíněných 20 kW/t, tedy více než obvykle mívají příměstské jednotky. Z více důvodů (distribuovaným pohonem rovnoměrně rozložená hmotnost po všech vosech jednotky – podle TSI HS RST nejvýše jen 17 t na dvojkolí, nízké neodpružené hmoty na jednotlivých dvojkolích, nízké požadavky na adhezi při jízdě vysokými rychlostmi, vysoký podíl elektrodynamického rekuperačního brzdění, ...) mají moderní vysokorychlostní elektrické jednotky poháněno 50 % dvojkolí a disponují rozjezdovým zrychlením přes 0,6 m/s² – to je akcelerace vhodná i pro často se rozjíždějící zastávkové vlaky.

Vysokorychlostní jednotky musí být schopny dosáhnout s přijatelnou hodnotou konečného zrychlení svoji maximální rychlost, tedy zhruba 300 až 350 km/h. Při jízdě nižší rychlostí stoupá za stálého výkonu po hyperbole jejich tažná síla. Jízdní odpor však se snižující rychlostí výrazně klesá. Jeho dominantní aerodynamická složka klesá po parabole. Vozidlo tedy získává s poklesem rychlosti mohutný přebytek tažné síly. Ten může využít k jízdě do stoupání, sklon 30 ‰ zvládne vysokorychlostní jednotka ustálenou rychlostí 200 km/h.

4.2.2 Kinetická energie

Ještě větší možnosti dává rychle jdoucím vlakům jejich kinetická energie. Rychlosti jízdy 300 km/h odpovídá kinetická energie, která je schopná zvednout vlak do výšky téměř 400 m. Při jízdě po rampě se stoupáním 40 ‰ v délce 1 km spotřebuje vlak jen 10 % své kinetické energie. Ta je úměrná druhé mocnině rychlosti, takže k uvolnění této energie poklesne rychlost jen o zhruba 5 %, tedy ze 300 na přibližně 285 km/h.

Princip přeměny kinetické energie na potenciální a zpět lze využít při úsporném trasování vysokorychlostních tratí. Strmé rampy, které rychle jedoucí vlaky zvládají setrvačností, umožňují zkrátit umělé stavby. Tunely jsou umísťovány co nejbližše vrcholu a mosty u dna údolí a navzájem jsou spojovány strmými rampami. Vlaky překonávají tyto terénní vlny bez potřeby brzdění, tedy bez ztrát energie, ta pouze mění svoji formu.

4.2.3 Optimalizace poloměrů oblouků

Odstředivé zrychlení roste s druhou mocninou rychlosti jízdy. Tato skutečnost vede k tomu, že vysokorychlostní trasy vyžadují velké poloměry oblouků, což komplikuje vedení trasy členitým terénem. Ve snaze usnadnit budování tratě jsou vysokorychlostní vozidla řešena tak, že odolávají příčnému nevyrovnanému zrychlení $0,98 \text{ m/s}^2$ (chybějící převýšení 150 mm). To spolu s použitím vysokých hodnot stavebního převýšení (až 180 mm) vede k znatelnému snížení poloměru oblouků a tím k větší flexibilitě tratě v terénu. I pro rychlost 300 km/h postačuje za těchto podmínek oblouk o poloměru pouze 3 200 m.

4.2.4 Tunely

Tunely a mosty umožňují tratím překonávat terénní překážky. Proto jsou na vysokorychlostních trasách, které se nedokáží díky velkým poloměrům oblouků překážkám vyhnout, ve zvláště velmi členité krajině velmi četné. Tato skutečnost má kromě pozitiv i četná negativa. V prvé řadě jde o drahé stavby s poměrně dlouhou dobou přípravy a budování. Závažnou skutečností jsou i bezpečnostní rizika. Ta nejsou dána nebezpečností samotných staveb, ale skutečností, že komplikují mimořádné situace, které mohou v průběhu jízdy nastat. Zvláště přísně je posuzována požární bezpečnost vlaků v tunelech.

Je evidentní, že průběh požáru, jeho hašení i evakuace cestujících jsou v tunelu mnohem problematictější, než na otevřené trati. Proto vznikla nová kategorizace tunelů podle jejich délky. Vozidla, která jsou schválena pro provoz na tratích s tunely musí svým řešením splňovat požadavky odpovídající určité rizikové skupině. Jde nejen o volbu materiálů, ale i zabudování požárně dělících konstrukcí a o zachování určitých funkcí při požáru. Proto musí být na takových vozidlech řešeny všechny jejich základní systémy redundantně.

Dalším závažným projevem tunelů je jejich vliv na aerodynamiku projíždějícího vlaku. V prvé řadě jde o zvýšení aerodynamické složky jízdního odporu a tím i spotřeby energie. Dalším jevem jsou tlakové vlny. V otevřené krajině se tlaková vlna vytvářená čelem vlaku rozptýluje do stran. To v tunelu není možné, a proto je její amplituda výrazně vyšší. V tunelu ubíhá přetlaková vlna rychlostí zvuku před jedoucím vlakem směrem k přednímu portálu. Odrazí se od něho a vrací se zpět jako podtlaková vlna. Setká se s jedoucím vlakem a působí na něj svými účinky a pokračuje k zadnímu portálu, od kterého se odrazí a znovu běží tunelem a předbíhá vlak a přitom na něj působí přetlakovými účinky. Tento jev se opakuje, dokud vlak neopustí tunel.

Zvýšení aerodynamické složky jízdního odporu i amplituda tlakových vln závisí na poměru plochy příčného průřezu vozidla a příčného průřezu tunelu. V zájmu potlačení obou těchto jevů jsou tunely na vysokorychlostních tratích stavěny výrazně volněji, než na konvenčních tratích.

4.2.5 Tlakové ochrany

Vzniklé tlakové rázy jsou pro člověka nepříjemné – způsobují zaléhání až bolesti v uších. Proto jsou vozové skříně řešeny jako tlakotěsné. Musejí však svojí pevností i tuhostí odolávat rozdílům vnějšího i vnitřního tlaku. Aby nebyla hermetičnost vozu by narušována činnost klimatizačního zařízení musí klimatizace při průjezdu tunelem přecházet do režimu 100 % recirkulace, tedy nenasávat vnější vzduch – jde o pasivní tlakovou ochranu.

Zastavení přívodu vnějšího vzduchu však postupem času vede ke zhoršování kvality ovzduší uvnitř vozu. To se projevuje zejména nárůstem koncentrace oxidu uhličitého. Ten do vozu vydechují cestující. Pokud jsou tunely krátké a převládají úseky trati v otevřené krajině, zlepšuje se kvalita vzduchu ve voze v průběhu jízdy vně tunelu. Pokud však jsou tunely příliš dlouhé nelze použít pasivní, nýbrž aktivní tlakovou ochranu ventilačního systému. Ta založena na funkci speciálních ventilátorů, které přivádějí do interiéru čerstvý vzduch i za jízdy tunelem a zároveň vytvářejí potřebný tlakový spád mezi vnitřkem vozu a okolím.

4.2.6 Minimalizace délek tunelů

Tunely umožňují překonávat přírodní překážky, a proto jsou na vysokorychlostních tratích velmi potřebné a velmi časté. Avšak pro snížení investičních nákladů i pro zmenšení komplikací, které tunely na vysokorychlostních tratích přináší (bezpečnostní požadavky, tlakové vlny, zvýšená spotřeba energie vlivem vyšší aerodynamické složky jízdního odporu, tlaková ochrana ventilačního systému, ...), je snaha jejich délku minimalizovat. Nástrojem k tomu jsou již uvedené velké sklony a zmenšené poloměry oblouků – oboje s cílem trať lépe přimknout k povrchu terénu.

4.2.7 Charakter provozu

Z hlediska dopravní výkonnosti tratě je žádoucí, aby všechny vlaky jely zhruba stejně rychle – rovnoběžný grafikon. Proto je rozumné vyhradit nově budované tratě pouze pro vysokorychlostní vlaky a ostatní vlaky nechat na původní trati. V takovém případě je nová trať poněkud levnější, neboť může využívat vysoké hodnoty podélných sklonů a výrazně menší poloměry oblouků, využívajících plných hodnot stavebního převýšení, neboť jimi žádné pomalé vlaky neprojíždějí. Rovněž vystačí menší počet dopraven, respektive v nich může být zřízeno méně dopravních kolejí, neboť stejně rychle jedoucí vlaky je nepotřebují.

V případě smíšeného provozu vysokorychlostních a pomalých vlaků by bylo potřebné řešit otázku účinku tlakových vln vyvolaných rychle jedoucími vlaky na konvenční vlaky, které nemají patřičnou tlakovou odolnost. Obě v úvahu přicházející řešení – zvětšení vzdálenosti os kolejí nebo snížení rychlosti vysokorychlostních vlaků v období smíšeného provozu, jsou nepříznivá. Proto v současnosti převládá po nedobrych zkušenostech s univerzálními tratěmi (stavebně drahé, provozně problematické) orientace na racionálně pojaté vysokorychlostní tratě, určené výhradně jen pro vysokorychlostní vozidla.

Původní síť se využívá jak pro místní osobní dopravu, neboť prochází oblastmi, jejichž osídlení železnice již více než sto let formovala, tak i pro nákladní dopravu. Zároveň může být využívána jako záložní trasa. Nepřehlédnutelnou výhodou dvou prakticky samostatných sítí je provozem na původní trati nerušená výstavba nové trati a výstavbou nové trati nerušený provoz na původní trati.

4.2.8 Přechod mezi oběma sítěmi

Železniční osobní doprava má nejen tahový charakter (zajišťování dopravy z místa A do místa B s tím, že svoz a rozvoz cestujících obstarávají jiné dopravní systémy), ale i rozptylový charakter (vlak sbírá cestující z více míst a rozváží je na více míst). Proto nemůže fungovat síť vysokorychlostních železnic bez vazeb na síť konvenčních železnic. Sběr cestujících před jízdou vysokou rychlostí, respektive jejich rozvoz po této jízdě, lze v zásadě uskutečnit dvěma způsoby:

- přechodem konvenčních na vysokorychlostní tratě,
- přechodem vysokorychlostních vozidel na konvenční tratě.

Prvý z těchto způsobů (jízda konvenčních vozidel po vysokorychlostní trati) by nepřinášel významný efekt (nevyužití možnosti jet rychle) a prodražoval by výstavbu vysokorychlostní tratě jejich přizpůsobením i pro pomalá vozidla (menší sklony, menší stavební převýšení v obloucích a tím nutnost větších poloměrů oblouků, větší vzdálenost os kolejí, větší počet dopraven pro s kolejemi pro předjíždění, ...). Proto je vhodnější druhý způsob – přechod vysokorychlostních vlaků do konvenční sítě. V řadě zemí je úspěšně praktikován, konvenční tratě působí jako napáječ vysokorychlostních úseků a tím zvyšují jejich využití. V podstatě jde o analogii s automobilovou dopravou: rychlá vozidla mohou z dálnic na silnice, ale pomalá vozidla ze silnic na dálnice nesmí.

4.2.9 Nákladní doprava

U vozidel pro osobní dopravu, prakticky v celé šíři jejího spektra od regionální přes příměstskou až po vysokorychlostní, již několik let probíhá proces přechodu od samostatně zařaditelných vozidel k uceleným jednotkám. Tím se tato vozidla odpoutala od historické kompatibility s řadou tradičních standardů železnice (nárazníky a tažný hák se šroubovou, pneumaticky řízená brzda, netěsné

mezivozové přechody, zásobování vozů vysokým napětím, ...), které již jsou v současnosti technicky překonány a nahrazeny modernějšími, funkčně dokonalejšími a mnohdy i levnějšími principy. Tento trend se pro své přednosti již rozšířil i na netrakovní jednotky (ucelené soupravy osobních vozů) dopravované lokomotivou.

V nákladní dopravě dosud podobný proces v tak širokém měřítku nenastal. Podstatná část nákladních vlaků, nebo skupin nákladních vozů, cestuje od počátku cesty až k cíli bez potřeby rozřazování na seřadištích. Výhodu respektování tradičního a univerzálního mezivozového spřahovacího standardu vůbec nevyužívá, ale je jím omezována. Přitom spřahovací kompatibilita s tradičním vozovým parkem limituje nákladní dopravu možná vydatněji, než dopravu osobní:

- konvenční tažné a narážecí ústrojí (nárazníky a tažný hák se šroubovou) omezují nejen velikost mezi vozy přenášených podélných sil, ale i parametry vypružení vozu. Nevelká přípustná tolerance výšky nárazníků nad temenem kolejnic určuje dovolený průhyb vypružení. To v superpozici s velkým poměrem hmotnosti plně loženého ku prázdnému vozu (u moderních nákladních vozů až téměř 4 ve srovnání s čísly kolem 1,2 u železničních osobních vozů) umožňuje u nákladních vozů využívat jen poměrně tvrdé vypružení. Dopad tvrdého vypružení na chodové vlastnosti, limit nejvyšší dovolené rychlosti i hlučnost vozu jsou evidentní,
- již zhruba před sto lety zavedené řízení brzd stačeným vzduchem prostřednictvím hlavního potrubí a vozových rozvaděčů je u nákladních vlaků (s ohledem na jejich délku) ještě více problematické než u vlaků osobní přepravy. Buď lze při jejich vozbě využít I. způsob brzdění (P), který omezuje délku vlaku, nebo II. způsob brzdění (G), který omezuje rychlost vlaku. Přechod na elektropneumatickou přímočinnou brzdu, která je dnes standardem u ucelených jednotek pro osobní přepravu od metra až po vysokorychlostní vlaky, přinese v nákladní dopravě větší efekt než v dopravě osobní.

Rovněž aerodynamika, a to jak ve vztahu k jízdnímu odporu, tak i ve vztahu k odolnosti vůči účinku tlakových vln při míjení vlaků, je u nákladních vlaků ještě závažnějším tématem, než u vlaků osobní přepravy.

Proto je nutno jak v osobní, tak i v nákladní dopravě ctít zásadu, že konvenční vozidla mohou jezdit jen po konvenčních tratích, ale vysokorychlostní vozidla mohou jezdit po konvenčních i vysokorychlostních tratích. Železnice dokáží odlehčit dálnice nejen od osobní, ale i od nákladní dopravy. Podle charakteru zboží je možné si vybrat, zda jej dopravovat v konvenčních vozech v režimu S nebo SS po konvenčních tratích, nebo zda jej naložit do speciálních ucelených nákladních jednotek (obdobu kamionů) schopných i jízdy po vysokorychlostních tratích. Soustředování výroby a prodeje do velkých center vytváří příznivé podmínky pro uplatnění moderní železnice při převozu zboží.

Závěr

Vozidla mají podstatně kratší životnost než tratě. Na trati se v průběhu její existence vystřídá několik generací vozidel. Přesto je potřebné vzít při návrhu nových tratí v úvahu, jaká vozidla odpovídají aktuálnímu stavu techniky v době stavby nové trati a kam vývoj směřuje. Vozidla mají s tratěmi mnoho společných rozhraní. Ta je potřeba analyzovat s cílem dosáhnout co nejlepší parametry celého dopravního systému. Na jedné straně je potřebné vyjít vozidlům vstříc, na druhé straně lze využitím vlastností vozidel přispět k optimalizaci stavby.

V České republice se postupně bude chýlit do finále modernizace koridorových tratí na rychlost 160 km/h. Logickým pokračováním je další upgrade některých jejich částí na rychlost 200 až 230 km/h i výstavba zcela nových tratí na rychlost 300 až 350 km/h. V obou případech jak z pohledu tuzemských přepravních potřeb, tak i ve vazbě na sousední státy. Koordinace parametrů tratí a vozidel tak dostává velmi konkrétní podobu.