

Křivkový profil tramvajového kola

Dopravní podnik města Brna provozuje tramvajovou síť o celkové délce asi 80 km dvojkolejných tratí. Z velké části (30 %) je síť tvořena úseky na samostatném drážním tělese. V síti je provozováno 319 tramvajových vozidel pocházejících od jediného českého výrobce - ČKD Tatra, a to v typové skladbě T2, T3, K2 a KT8D5. V poslední době podnik provádí rozsáhlou systémovou přestavbu používaných typů kolejového svršku s orientací na kolejnice S49 a Ri59. Dosavadní různorodá směs používaných typů kolejnic (NT1, NP3, TV60, TV65, S180) je výsledkem dřívějšího bilancování přídělů kolejnic a dnes způsobuje nepříjemné provozní potíže při hledání optimální varianty spolupráce kola a kolejnice. Jednotný profil tramvajového kola se obtížně přizpůsobuje rozdílnému geometrickému uspořádání jednotlivých typů kolejnic a dochází proto ke značnému provoznímu opotřebení jak tramvajových kol, tak i zpětně kolejnic.

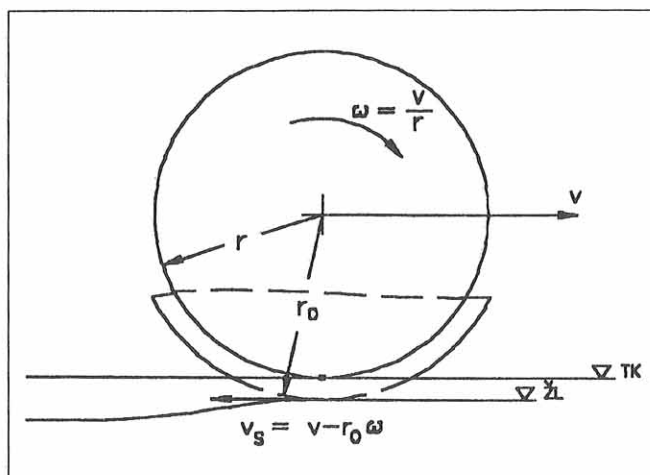
Katedra Dopravních prostředků Dopravní fakulty Jana Pernera Univerzity Pardubice byla požádána Dopravním podnikem města Brna o spolupráci při návrhu nového profilu kola. Cílem bylo navrhnout takový profil, který bude vyhovovat současným obtížným provozním podmínkám DPmB a který, kromě zajištění příznivých jízdních a vodicích vlastností, odstraní i problém mimořádně rychlého stranového a výškového opotřebení okolků. Základním zadáním pro nový profil byl požadavek zajištění potřebné bezpečnosti proti vykolejení při kompromisní spolupráci s řadou typů kolejnic použitých v kolejové síti DPmB.

V souvislosti s návrhem nového profilu byl proveden rozbor příčin dosavadního rychlého opotřebení kol v podmínkách Dopravního podniku města Brna. Za zmínku stojí charakterizování dvou základních mechanismů opotřebení.

- a) V podmínkách provozu tramvajů na kolejích se žlábkovými kolejnicemi, s jejich výhybkami a křížením jsou místa, po kterých musí kolo pojíždět po vrcholech okolků. Tento zcela nepřírodní způsob valení kol je o to závažnější, že se děje zpravidla jen na jednom z kol dvojkolí.

Doc. Ing. Jiří Izer, CSc., Ing. Jaromír Zelenka, CSc., Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, katedra Dopravních prostředků, dislokované pracoviště Česká Třebová, Slovanská 452
 Ing. Rudolf John, technický náměstek ředitele Dopravního podniku města Brna, Ing. Milan Matula, vedoucí technického odboru DPmB, Hlinky 151, 656 46 Brno

Tím, při nemožnosti okamžitého pohybu dvojkolí po kruhové dráze, vznikají na obvodu okamžitých jízdních ploch o různých poloměrech obou kol značné podélné skluzy s nutným rozdílem obvodových rychlostí (obr. 1). Z nich je větší skluzová rychlost na úzkém temeni okolku vlivem většího měrného tlaku. Tyto skluzy jsou tak značné, že překračují mez adheze. Při výšce okolku 25 mm vzniká totiž relativní skluz o velikosti $s_x = 0,035$. Meze adheze se přitom dosahuje při skluzu o velikosti řádově $s_x = 0,01$. Zejména na počátku nájezdu okolku ve žlábků je tento skluz nejzřetelnější.

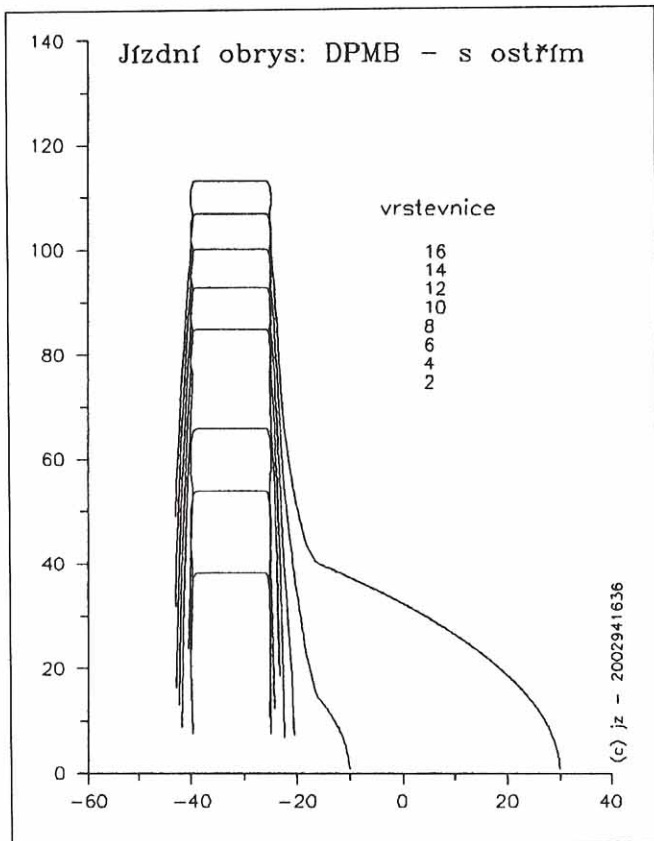


Obr. 1 Podélný skluz na temeni okolku při mělkém žlábků

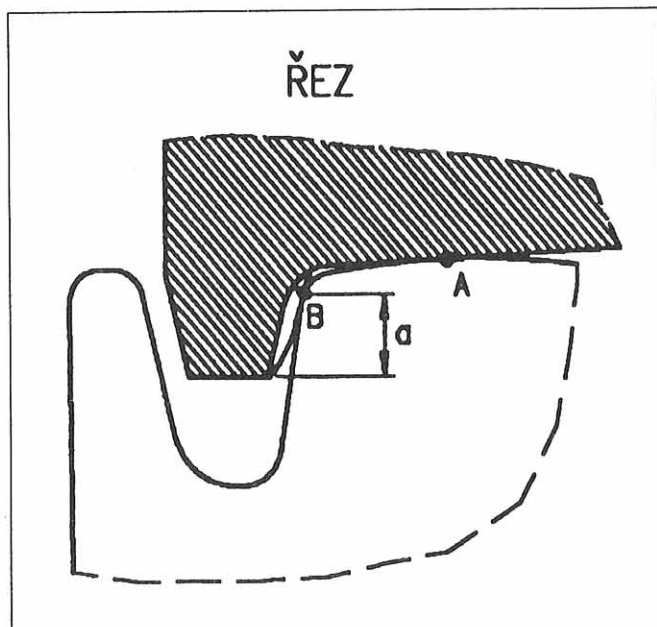
I když podíl těchto jevů na celkově ujeté dráze není dominantní, zesiluje se jeho účinek při vyvíjení tažné síly. Na kole s jízdu na okolku má totiž výše uvedný skluz stejný směr jako směr nutného skluzu při přenosu tažné síly. Obdobně nepříjemné účinky na okolek přináší jízda v místech se silně znečištěnými žlábků kolejnic, kdy je okolek vystaven působení větší brusné rychlosti v místě jeho kontaktu s lisovaným blátem a pískem. Tyto jevy jsou nejvýraznější u nových profilů kol s ještě vysokými okolky.

- b) S jízdu tramvaje po okolcích je spojen ještě mnohem závažnější jev. Značný měrný tlak na temeni okolku způsobuje jeho pěchování. Okolek se tím v oblasti temena poměrně rychle rozšiřuje.

S tím je potom spojena závažná změna v interakci okolku s kolejnicí v oblouku koleje, v němž především první náprava zaujímá vůči kolejnici nezanedbatelný úhel náběhu. Situaci ozřejmí obrázek, v němž jsou zobrazeny vodorovné řezy okolků v různých úrovních mezi temenem okolku a rovinou temena kolejnice (vrstevnice). Okolek je již s „převisy“, které tvoří modelově výstupek o poloměru 1 mm.

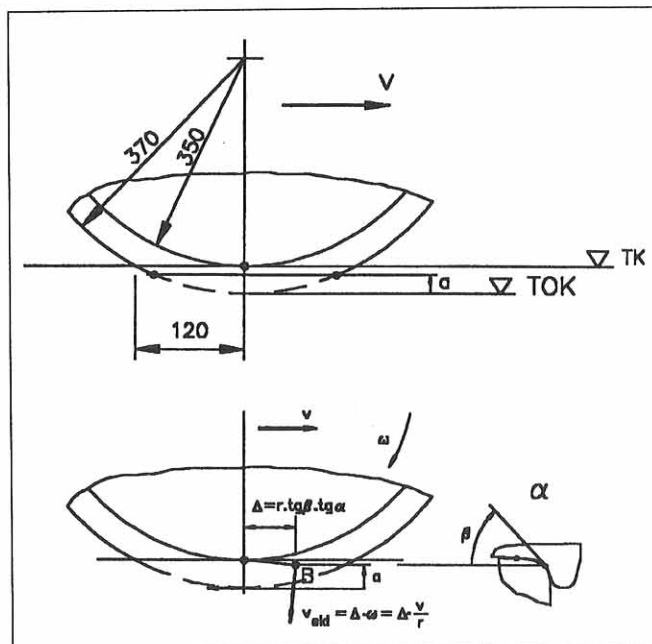


Obr. 2 Vrstevnicové řezy okolkem s vyznačením směru vodící hrany kolejnice



Obr. 3 Vznik dvoubodového kontaktu nabíhajícího okolku s vyznačením bodu B na vrstevnici a od temena okolku.

Znázornění skluzových a kontaktních poměrů kola s definicí polohy vrstevnice okolku přináší obr. 3 a 4. Je zde i dokreslen vznik dvoubodového kontaktu kola s kolejnicí v příslušné vrstevnici (body A a B). Čím je dotykový bod B vzdálenější od svislého kontaktu kola s temenem kolejnice, tím je větší skluzová rychlost. Ta je potom do značné míry také mírou rychlosti „obrábění“ okolku a kolejnice.

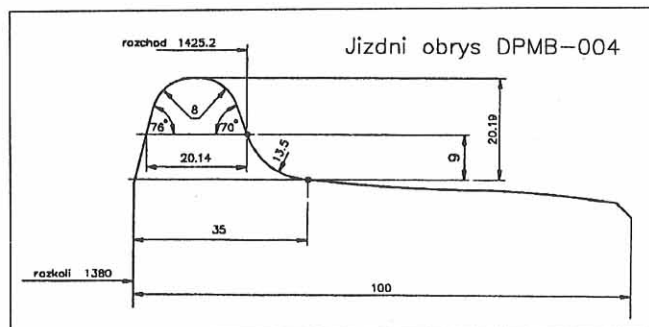


Obr. 4 Znázornění skluzových a kontaktních poměrů s definicí polohy vrstevnice okolku (vzdálenost a od TOK)

Oproti normálnímu profilu, pokud existuje okolek s ostrou hranou převisu, vzniká zde místo s úhlem sklonu okolku 90° (nebo alespoň výrazně větší, než odpovídá jmenovité kuželovitosti okolku). Předstih dotykového bodu okolku se tak posouvá až téměř na konec jeho vrstevnic a skluzové rychlosti mezi okolkem a kolejnicí se více než zdvojnásobují.

Stručně řečeno: Z okolku se stává obráběcí nástroj, byť tupý, který odřezává z kolejnice a sám ze sebe všechn materiál, který mu předchází pěchování okolku pro tento proces připravilo. „Řezná“ rychlost je přitom rovna téměř jedné třetině rychlosti jízdy tramvaje, protože předstih podle výšky okolku a stavu již opotřebené kolejnice (s malým poloměrem zaoblení) tvoří téměř 1/3 poloměru kola.

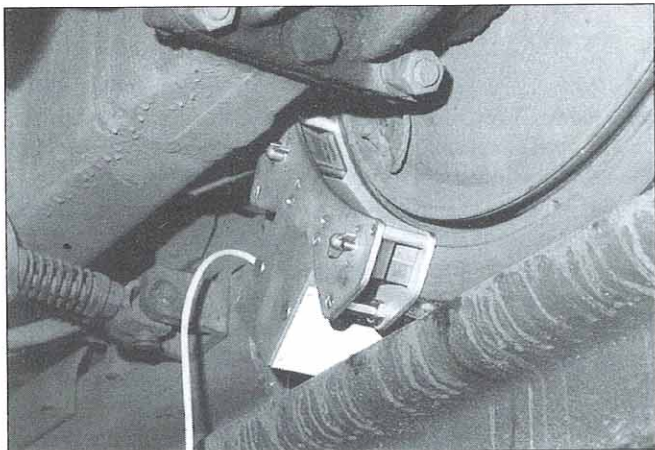
Výsledkem spolupráce katedry Dopravních prostředků Dopravní fakulty Jana Pernera a Dopravního podniku města Brna byl návrh jízdního profilu s označením DPMB-004.



Obr. 5 Nově navržený jízdní obrys DPMB-004

Jeho tvar je výsledkem nutného kompromisu pro spolupráci s kolejnicí S49 a s kolejnicemi žlábkovými s rozdílnými poloměry zaoblení hlavy. Aby mohly být odstraněny příčiny nadměrného opotřebení okolků, vznikající jako důsledek pojíždění kolejnicových míst po vrcholcích okolků - křížení a výhybky, bylo navrženo rozšíření kola z 86 na 100 mm. Tím byl vytvořen předpoklad, aby vedení dvojkolí přes křížení a výhybky nebylo závislé na okolku a mělkém žlábků.

Rozšíření šířky kola umožnilo následně i úpravu rozkolí z 1385 na 1380 mm, což přispělo k vytvoření takového křivkového jízdního obrysu, jehož kontakt s hlavou kolejnice je příznivější, než by bylo možné u kol úzkých. S ohledem na určení profilu pro kompromisní spolupráci s různými geometrickými tvary kolejnic se počítá s časově omezenou aplikací tohoto profilu. Po dokončení sjednocení typové řady kolejnic bude nutné navrhnout profil konečný, který bude pravděpodobně vycházet z tzv. profilů přirozeného opotřebení, jako jsou profily KKVMZ či UIC-ORE.



Obr. 6 Zařízení pro měření profilu tramvajového kola, které používá výhradně Dopravní podnik města Brna, vyrobila pod označením ROT-HS (VARE) firma KŽV s.r.o. (foto Miroslav Slaný)

Pro stávající profil DPMB-004 se počítá s omezením výšky okolku na 20 mm, neboť vyšší okolek je zatím při současných poměrech v kolejové síti poměrně rychle opotřebováván na hodnoty 16 - 18 mm. Sklon okolku $\beta = 70^\circ$ zohledňuje spolu s délkou jeho strmé části dostatečnou bezpečnost proti vykolejení. Mezní poměr dosahuje pro nejnepříznivější skluzové poměry mezi kolem a kolejnicí hodnoty $Y/Q = 1,2$.

Pokyny pro autory

Své příspěvky zasílejte na adresu redakce ve strojopisu (též z tiskárny počítače) 1 + 1 (originál + kopie), s 30 řádky na stránce, v rozsahu max. 6 stran, pokud možno bez rukopisných oprav a škrťů. Příspěvek pokud možno dodat i na disketě. Každý příspěvek doplňte stručnou anotací (max. 5 řádků), vystihující obsah a závěry příspěvku. Doporučujeme téma příspěvku projednat osobně, písemně nebo telefonicky s redaktorem (tel.: 41321101/kl.290) nebo se členy redakční rady. Pokud v příspěvku použijete údaje z literatury, uveďte vždy odkazy s bibliografickými údaji

(autor, název díla, publikace, rok vydání, číslo časopisu, strany). Doprovázejí-li text vyobrazení, očíslovte obrázky na rubu a k textu připojte popisky pod obrázky, případně označte v textu (tužkou po straně) místo pro umístění obrázku a obrázky přiložte odděleně. Pěrovky (technické nákresy, schémata, diagramy) mohou být kresleny tuší na pauzovacím papíru nebo bílém nelesklém papíru (i xerografické reprodukce, ale jen čisté, s ostrými zřetelnými stranami), pokud možno 2x větší než uvažovaná velikost v tisku. Fotografie černobílé i barevné, kontrastní, formátu nejméně 9x12 cm.

Při použití zkratk (i běžně známých) je třeba při prvním použití uvést význam zkratky. Nepoužívejte slangovou odbornou terminologii. K zaslání příspěvku připojte **přesné označení Vašeho pracoviště a korespondenční adresu** ke zveřejnění. Dále prosíme o uvedení **telefonního nebo faxového spojení**.

Redakce časopisu si vyhrazuje právo dát nabídnuté příspěvky posoudit odborným lektorům a případně zveřejnit se stanoviskem lektora, dále provést stylistické a pravopisné úpravy v textu a po dohodě s autorem i větší úpravy nebo krácení textu.

V současné době probíhá v Dopravním podniku města Brna, se souhlasem Ministerstva dopravy ČR, provozní ověřování nasazení nového profilu DPMB-004 na větším vzorku tramvajů. Zároveň byl u firmy Komerční železniční výzkum objednan snímač tvaru profilu kola (vychází z již existujícího měřicího zařízení pro měření podélných nerovností hlav kolejnic), který napomůže zpracování přesného vyhodnocení provozního nasazení křivkového profilu tramvajového kola vzniklého ve spolupráci katedry Dopravních prostředků Dopravní fakulty Jana Pernera Univerzity Pardubice a Dopravního podniku města Brna. Věříme, že osvědčené propojení teorie s praxí přispěje významným dílem k vyřešení obtížného provozního problému.

Lektoroval: Ing. Zdeněk Sahánek

Křivkový profil tramvajového kola

Jednotný profil tramvajového kola se obtížně přizpůsobuje rozdílnému geometrickému uspořádání jednotlivých typů kolejnic a dochází proto ke značnému provoznímu opotřebení kol i zpětně kolejnic. Nově navržený jízdní profil s označením DPMB-004 vyhovuje obtížným provozním podmínkám, zajistí příznivé jízdní a vodící vlastnosti a odstraní problém rychlého stranového a výškového opotřebení okolků.

Kurvenprofil des Strassenbahnwagenrads

Das einheitliche Profil des Strassenbahnwagenrads adaptiert sich schwerlich auf die verschiedenen geometrischen Gestalten der einzelnen Schienenformen. Daraus folgt der erhebliche Verschleiss der Räder und folglich auch der Schienen. Das neu entworfene Laufflächenprofil mit Bezeichnung DPMB-004 genügt den komplizierten Betriebsbedingungen, garantiert die günstigen Lauf- und Führungseigenschaften und beseitigt das Problem der schnellen Seiten- und Höhenabnutzung der Spurkränze.

Curved Tramcar Wheel-tread Contour

Unified tramcar wheel-tread contour adapts difficult to the different geometric forms of particular rail profiles, which leads to the enormous wear of the wheels and followingly of the rails. The newly designed wheel-tread contour DPMB-004 complies with the difficult operational conditions, guarantees running and guiding qualities and eliminates the problem of fast side and vertical wheel flange wear.