

Příspěvek k problematice chodových vlastností vozidel na rekonstruovaných tratích I. koridoru Českých drah pro zvýšené rychlosti

Úvod

Po uvedení prvních úseků obnovených tratí do provozu, např. na úseku mezi žst. Zámrsrka a Uhersko, se cestující i železničáři často podivují nad výrazně zhoršeným příčným chodem některých vozů. Množí se různé dohady o příčinách tohoto jevu. Následující příspěvek si klade za cíl vysvětlit odborné veřejnosti skutečné příčiny a možnosti jejich odstranění. K tomu je účelné uvést podrobnou informaci o příčinách vedoucích k negativnímu ovlivnění chodu některých vozů.

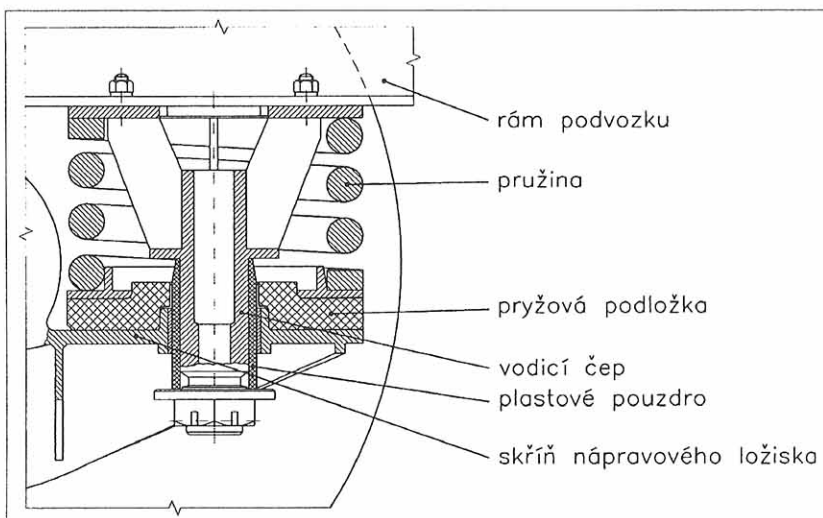
Především je nutno dodat, že problematika se týká vozů určených pro rychlosti do 140 km/h a opatřených podvozky typu **Görlitz V**, jejichž zastoupení u osobních vozů ČD je dominantní. Vedení jejich dvojkolí (obr. 1) tvoří svislé čepy s nasunutými plastovými pouzdry, která jsou vedena s minimálními vůlemi v tuhých vodicích plochách uložených v konzolách ložiskových skříní. To v novém stavu zajišťuje klidné chování vozu při jízdě až do maximálních rychlostí. Smykové vedení se však v provozu poměrně rychle opotřebuje, vzniklé vůle vyvolávají ve vedení dvojkolí rázy spojené s dalším růstem

opotřebení až časem (v současnosti po několika týdnech) se dvojkolí uvolní natolik, že je rámem podvozku vedeno již jen příčnou tuhostí pružin 1. stupně vypružení. O charakteru pohybu dvojkolí v koleji, která ani nemusí mít žádné směrové odchylky (jak vyplývá z dalšího textu), potom rozhodují hlavní měrou již jen:

- geometrické podmínky vztahu jízdních obrysů dvojkolí a koleje
- podmínky adhezní vazby kol ke kolejnicím
- setrvačné síly a momenty působící na dvojkolí při jeho vlnivém pohybu.

Problematika vztahu dvojkolí a koleje

Již v 70. letech byl pro kolejová vozidla ČSD, resp. ČD zaveden jízdní obrys dvojkolí, který vznikl jako statisticky zjištěný opotřebovaný jízdní obrys na tratích, které se vyznačují sklonem uložením kolejnic na pražcích o hodnotě 1:40, tedy na tratích DB, které dříve používaly kuželový jízdní obrys 1:40/1:20. Tento obrys označený S 1002 je u nás znám jako obrys UIC-ORE. Na tratích s uvedeným sklonem kolejnic vykazuje již velmi zpomalené procesy dalšího opotřebení a zejména změny svého tvaru a s tím spojených změn chodových vlastností vozidel. Jeho geometrický vztah ke koleji tvořené kolejnicemi UIC60 (profilem hlavy téměř shodných s R65) se vyznačuje u nás dosud neobvykle vysokou ekvivalentní kuželovitostí (tento pojem bude definován v další části příspěvku), která u volného dvojkolí, tj. s žádnou nebo jen slabou vazbou k rámu podvozku, vyvolává poměrně krátkou délku vlny jeho vlnivého pohybu. Zavedením zmíněného obrysu např. u DB, SBB a DR vznikly zcela nové požadavky na vedení dvojkolí v podmínkách - u těchto železničních správ normálních - maximálních rychlostí 160 km/h a více. Konstrukce pojezdů byla tomu již přizpůsobena z předchozího období (např. podvozky MD-30).



Obr. 1 Vedení dvojkolí v rámu podvozku typu Görlitz V

být zásadně odlišnými. Již zmíněná ekvivalentní kuželovitost jízdního obrysu je tak nízká (pro amplitudy vlnivého pohybu dvojkolí do 5 mm je nižší než 1:100), že schopnost střídit dvojkolí v ose koleje je výrazně potlačena, schopnost usnadňovat průjezd oblouky i velkých poloměrů je pak zcela minimální. Proto také zavedení tohoto obrysu nepřineslo očekávaný přínos ve snížení opotřebení dvojkolí na obloukovitých tratích. Teprve zavedení mazání okolku některých hnacích vozidel přineslo výrazné zlepšení situace v opotřebení. Délka vlny již uvedeného vlnivého pohybu dvojkolí však dosahuje řádově pětinašobku ve srovnání s poměry na kolejích se sklonem kolejnic 1:40.

Při zmíněných výzkumech byla objevena ještě jedna závažná okolnost: dotykem s kolejnicemi o sklonu 1:20 je tento obrys podroben značně vyššímu kontaktnímu namáhání soustředěnému do malé plošky, která se s příčným pohybem dvojkolí téměř nepřemísťuje, čímž se vytvářejí podmínky pro kontaktní únavu materiálu. Uvedené zkoumání vedlo v roce 1988 k návrhu jízdního obrysu, projevujícího se na domácích tratích podobnými vlastnostmi, jaké vykazuje obrys UIC-ORE na kolejnicích se sklonem 1:40, a to včetně kontaktního namáhání. Tento obrys byl označen KKVMZ podle názvu katedry, na níž vznikl. Krátce nato byl prakticky ověřován díky pochopení a přispění FMD, VÚKV Praha, VÚŽ Praha a ŽD Bohumín. Závažná zjištění motivovala zodpovědné pracovníky ČSD a dnes ČD k rozhodnutí o postupném přechodu na sklon kolejnic 1:40, zavedený u sousedních železničních správ v Německu a na hlavních tratích v Rakousku. O technické správnosti vyřešené problematiky svědčí použití jízdního obrysu KKVMZ na motorových jednotkách dodávaných firmou AEG do Řecka a jeho zkoušení na vedlejších tratích ÖBB. Rozhodnutí ČD o přechodu na sklon kolejnic 1:40 je v tomto teritoriu jistě správným krokem realizovaným již na prvních úsecích obnovených tratí, i když s sebou přineslo již výše uvedené problémy s chodovými vlastnostmi některých vozů.

Změna podmínek pro chodové vlastnosti vozidel

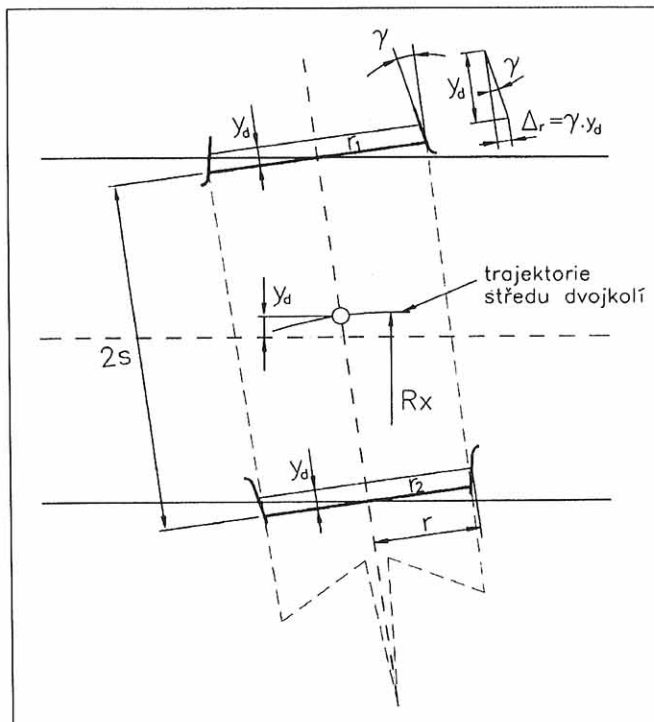
Jak už bylo řečeno, zavedením jízdního obrysu UIC-ORE na domácích vozidlech se pro chování dvojkolí na přímých úsecích tratí se sklonem kolejnic 1:20 vytvořily podmínky pro velkou délku vlny jejich vlnivého pohybu. Ten je natolik rušen již malými směrými odchylkami koleje od přímého směru, že se nemůže ani při nižších rychlostech jízdy vyvinout do výrazného periodického pohybu, který by byl zdrojem buzení pro příčný chod celého vozidla. Vlnivý pohyb s nízkou frekvencí není provázen nadměrně vysokou úrovní kinetické energie a většími setrvačnými silami a momenty vázanými na dvojkolí. To proto nevyžadovalo silnější pružnou a tlumící vazbu k rámu podvozku. Ani značně opotřebovaná vazba čepového vedení dvojkolí se neprojevovala zjizvitelným zhoršením chodových vlastností.

Situace se však podstatně změnila po změně sklonu kolejnic na hodnotu, pro níž byl jako optimální jízdní obrys UIC-ORE původně určen. Délka vlny pohybu dvojkolí se podstatně zkrátila, jeho frekvence a energie s ním spojená podstatně vzrostla. Zbytková slabá a netlumená vazba k rámu podvozku, realizovaná pouze pružinami, již nedokáže udržet dvojkolí v klidném pohybu, jak dokládají v dalším výsledky výpočtu simulačním programem.

Pro snazší pochopení dále analyzované problematiky je účelné vzpomenout základních poznání o pohybu dvojkolí na přímé koleji.

Pohyb dvojkolí po přímé dráze a tvar jízdního obrysu

Železniční dvojkolí bylo - především z důvodů konstrukční jednoduchosti - vytvořeno jako tuhý celek obou kol s nápravou, který se valí po rovině koleje tvořené dvěma kolejnicovými pásy. Valení dvojkolí ve směru přímé koleje lze zajistit za splnění podmínek přímosti koleje, přesně stejného průměru obou kol, kolmosti osy nápravy na směr koleje. Tato teoretická možnost není prakticky dosažitelná. Nadto je kolej položena i s nutnými směrovými změnami (oblouky). V obloucích vůbec není možný valivý pohyb dvojkolí s koly o stejném průměru. Proto byla jízdní plocha věnce železničního kola upravována jako kuželová: umožňuje tak, aby se na kolech odlišily průměry okamžitých valivých kružnic, jakmile se dvojkolí příčně posune z osy koleje (obr. 2).



Obr. 2 Pohyb dvojkolí s kuželovým jízdním obrysem na přímé koleji

Důsledkem příčného posunutí dvojkolí o hodnotu y_d je jeho valení po rovině koleje dotykem se dvěma kružnicemi o různých poloměrech r_1 a r_2 , tím je nuceno k pohybu po zakřivené dráze. Její okamžitý poloměr křivosti je při určení veličin podle obrázku dán vztahem

$$R_x = \frac{2 \cdot s \cdot r}{r_1 - r_2}$$

Při kuželovém jízdním obrysu kol jsou:

$$r_1 = r + \Delta_r, \quad r_2 = r - \Delta_r$$

kde:

$$\Delta_r = \lambda \cdot y_d$$

λ je kuželovitost obrysu (rovna $\tan \gamma$, pro malé úhly $\lambda = \gamma$) y_d je příčné přemístění dvojkolí.

Příklad:

pro $2s = 1500$ mm, $r = 460$ mm, $\lambda = 0,05$ (1:20) a $y = 5,5$ mm (dosažitelné maximum při jmenovitém rozchodu

koleje 1435 mm a novém jízdním obrysu) je poloměr křivosti dráhy a tedy možný poloměr oblouku, v němž se dvojkolí může pohybovat prostým valením, $R_x = 1254$ m. V obloucích o menších poloměrech proto kuželovitost nemohla plnit výše uvedenou funkci. Při zvětšení možného příčného posuvu dvojkolí, např. záměrným rozšířením rozchodu oblouku či opotřebením vnějšího kolejnicového pásu nebo okolků kol, se přiměřeně poloměr R_x zmenšuje.

Pokud se volné dvojkolí při jízdě na přímé koleji příčně vychýlí vůči ose koleje, dojde k obdobné situaci s valením dvojkolí na kružnicích s rozdílnými poloměry kol a střed dvojkolí se pohybuje po zakřivené dráze s okamžitým poloměrem křivosti R_x . V závislosti na ujeté dráze x podél osy koleje je možno tvar dráhy dvojkolí vyjádřit funkcí $y = f(x)$ získané řešením diferenciální rovnice

$$y'' \cong -\frac{1}{R_x} = -\frac{r_1 - r_2}{2 \cdot s \cdot r} = -\frac{\lambda \cdot y_d}{s \cdot r} \quad (A)$$

a to ve tvaru

$$y_d = y_{\max} \cdot \sin\left(\sqrt{\frac{\lambda}{s \cdot r}} \cdot x\right)$$

který ukazuje na sinusovou dráhu dvojkolí popsanou již před více než 100 lety Klingelem. Tato dráha má konstantní délku vlny L nezávislou na rychlosti jízdy:

$$L = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{s \cdot r}{\lambda}}$$

Vyjadřuje - na rozdíl od skutečného dvojkolí s jeho hmotnostními parametry, vazbou k rámu vozidla a adhezni vazbou ke koleji - možnou délku vlny a v závislosti na rychlosti jízdy i frekvenci samočinně se středícího pohybu dvojkolí po ideálně přímé koleji.

Ze vztahu pro délku vlny plyne, že s rostoucí kuželovitostí klesá délka vlny a roste frekvence vlnivého pohybu, s níž je spojen i růst jeho kinetické energie. Proto v období používání kuželových jízdních obrysů bylo u vozidel určených pro vyšší rychlosti přistupováno ke kuželovitosti jízdní plochy co nejmenší (např. 1:40).

Praktické užívání kuželových obrysů bylo provázeno velmi rychlým opotřebáváním zejména okolků. Uniklo však pozornosti, že se současně měnil i tvar jízdní plochy, a zejména že se z kuželového stával zakřiveným s podstatně odlišnými vlastnostmi. Tento opotřebený tvar se v provozu na určité trati ustálil a značnou část kilometrického proběhu dvojkolí byl určujícím pro chodové a vodicí vlastnosti vozidla. Bylo proto přirozené, že se výzkumní pracovníci snažili definovat takto vzniklý a ustálený jízdní obrys jako obrys jmenovitý již z výroby a přitom současně definovat i jeho vlastnosti. Těm potom bylo nutno přizpůsobit zejména systém vedení dvojkolí k zajištění potřebných vodicích vlastností při jízdě obloukem a chodových vlastností při jízdě zvýšenou nebo vysokou rychlostí na přímé koleji.

Vlastnosti takových tzv. křivkových jízdních obrysů - jakým je i obrys UIC-ORE - jsou popisovány charakteristikami geometrické vazby dvojkolí a koleje. Přitom zásadního významu nabývají i sklon uložení kolejnic na pražcích, tvar profilu hlavy kolejnic a rozchod koleje. Mezi tyto charakteristiky patří:

- **Δr funkce** vyjadřující nelineární závislost rozdílu okamžitých poloměrů valivých kružnic kol dvojkolí na jeho příčném přemístění y_d vůči ose koleje, takže

$$\Delta r \text{ funkce} = r_1 - r_2 = f(y_d) = \Delta_{r1} + \Delta_{r2} \quad (B)$$

pro kuželový jízdní obrys

$$r_1 - r_2 = 2 \cdot \Delta_r = 2 \cdot \lambda \cdot y_d$$

- **$tg\gamma$ funkce** vyjadřující závislost součtu tangent úhlů sklonu okamžitých kontaktních rovin na y_d , takže

$$tg\gamma \text{ funkce} = tg\gamma_1 + tg\gamma_2 = tg\gamma_1 - |tg\gamma_2| = \varphi(y_d)$$

pro kuželový jízdní obrys

$$tg\gamma \text{ funkce} \cong 0$$

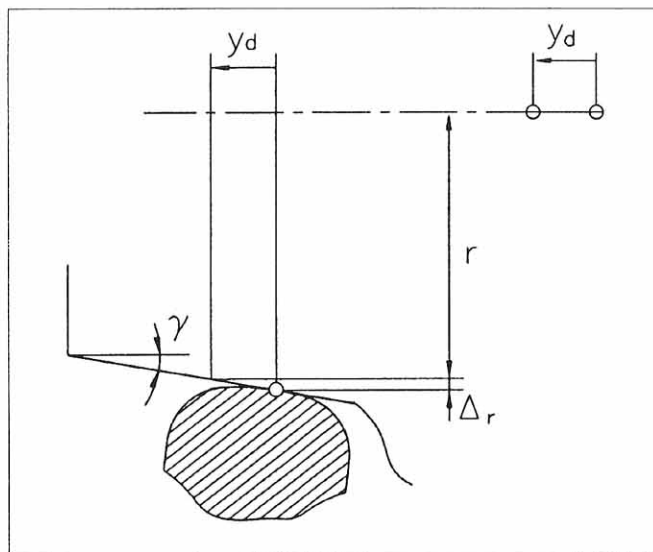
- **kuželovitost jízdního obrysu.** Poněvadž křivkový obrys již nelze charakterizovat analogicky kuželovému konstantní hodnotou kuželovitosti, zavádějí se náhradní pojmy, vycházející z porovnatelných vlastností:

- **ekvivalentní kuželovitost**, což je hodnota kuželovitosti fiktivního kuželového obrysu vykazujícího shodnou délku vlny,
- **efektivní kuželovitost**, která definuje fiktivní kuželovitost obrysu se shodným okamžitým poloměrem křivosti dráhy středu dvojkolí.

Pro další úvahy je účelné analyzovat problematiku **ekvivalentní kuželovitosti**.

Zásadním rozdílem mezi obrysem kuželovým a křivkovým je skutečnost, že u kuželového se příčné přemístění dvojkolí y_d současně rovná i posunutí dotykové kružnice na jízdním obrysu (obr. 3). Velikost změny poloměru valivé kružnice se proto rovná

$$\Delta_r = \lambda \cdot y_d \quad (C)$$



Obr. 3 Změna poloměru kola s kuželovým jízdním obrysem

U křivkového jízdního obrysu odpovídá hodnotě příčného přemístění dvojkolí y_d obecně jiná hodnota posunutí valivé kružnice, jak ukazuje obr. 4. Poloměr této kružnice má hodnotu zjistitelnou analytickým řešením podmínek kontaktu dvojkolí s hlavami kolejnic jako celku. Pro dvojkolí tak lze určit poloměry r_1 a r_2 a jejich pomocí Δr funkci podle vztahu (B).

koleje 1435 mm a novém jízdním obrysu) je poloměr křivosti dráhy a tedy možný poloměr oblouku, v němž se dvojkolí může pohybovat prostým valením, $R_x = 1254$ m. V obloucích o menších poloměrech proto kuželovitost nemohla plnit výše uvedenou funkci. Při zvětšení možného příčného posuvu dvojkolí, např. záměrným rozšířením rozchodu oblouku či opotřebením vnějšího kolejnicového pásu nebo okolků kol, se přiměřeně poloměr R_x zmenšuje.

Pokud se volné dvojkolí při jízdě na přímé koleji příčně vychýlí vůči ose koleje, dojde k obdobné situaci s valením dvojkolí na kružnicích s rozdílnými poloměry kol a střed dvojkolí se pohybuje po zakřivené dráze s okamžitým poloměrem křivosti R_x . V závislosti na ujeté dráze x podél osy koleje je možno tvar dráhy dvojkolí vyjádřit funkcí $y = f(x)$ získané řešením diferenciální rovnice

$$y'' \cong -\frac{1}{R_x} = -\frac{r_1 - r_2}{2 \cdot s \cdot r} = -\frac{\lambda \cdot y_d}{s \cdot r} \quad (A)$$

a to ve tvaru

$$y_d = y_{\max} \cdot \sin\left(\sqrt{\frac{\lambda}{s \cdot r}} \cdot x\right)$$

který ukazuje na sinusovou dráhu dvojkolí popsanou již před více než 100 lety Klingelem. Tato dráha má konstantní délku vlny L nezávislou na rychlosti jízdy:

$$L = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{s \cdot r}{\lambda}}$$

Vyjadřuje - na rozdíl od skutečného dvojkolí s jeho hmotnostními parametry, vazbou k rámu vozidla a adhezí vazbou ke koleji - možnou délku vlny a v závislosti na rychlosti jízdy i frekvenci samočinně se středícího pohybu dvojkolí po ideálně přímé koleji.

Ze vztahu pro délku vlny plyne, že s rostoucí kuželovitostí klesá délka vlny a roste frekvence vlnivého pohybu, s níž je spojen i růst jeho kinetické energie. Proto v období používání kuželových jízdních obrysů bylo u vozidel určených pro vyšší rychlosti přistupováno ke kuželovitosti jízdní plochy co nejmenší (např. 1:40).

Praktické užívání kuželových obrysů bylo provázeno velmi rychlým opotřebáváním zejména okolků. Uniklo však pozornosti, že se současně měnil i tvar jízdní plochy, a zejména že se z kuželového stával zakřiveným s podstatně odlišnými vlastnostmi. Tento opotřebený tvar se v provozu na určité trati ustálil a značnou část kilometrického proběhu dvojkolí byl určujícím pro chodové a vodicí vlastnosti vozidla. Bylo proto přirozené, že se výzkumní pracovníci snažili definovat takto vzniklý a ustálený jízdní obrys jako obrys jmenovitý již z výroby a přitom současně definovat i jeho vlastnosti. Těm potom bylo nutno přizpůsobit zejména systém vedení dvojkolí k zajištění potřebných vodicích vlastností při jízdě obloukem a chodových vlastností při jízdě zvýšenou nebo vysokou rychlostí na přímé koleji.

Vlastnosti takových tzv. křivkových jízdních obrysů - jakým je i obrys UIC-ORE - jsou popisovány charakteristikami geometrické vazby dvojkolí a koleje. Přitom zásadního významu nabývají i sklon uložení kolejnic na pražcích, tvar profilu hlavy kolejnic a rozchod koleje. Mezi tyto charakteristiky patří:

- **Δr funkce** vyjadřující nelineární závislost rozdílu okamžitých poloměrů valivých kružnic kol dvojkolí na jeho příčném přemístění y_d vůči ose koleje, takže

$$\Delta r \text{ funkce} = r_1 - r_2 = f(y_d) = \Delta_{r1} + \Delta_{r2} \quad (B)$$

pro kuželový jízdní obrys

$$r_1 - r_2 = 2 \cdot \Delta_r = 2 \cdot \lambda \cdot y_d$$

- **$tg\gamma$ funkce** vyjadřující závislost součtu tangent úhlů sklonu okamžitých kontaktních rovin na y_d , takže

$$tg\gamma \text{ funkce} = tg\gamma_1 + tg\gamma_2 = tg\gamma_1 - |tg\gamma_2| = \varphi(y_d)$$

pro kuželový jízdní obrys

$$tg\gamma \text{ funkce} \cong 0$$

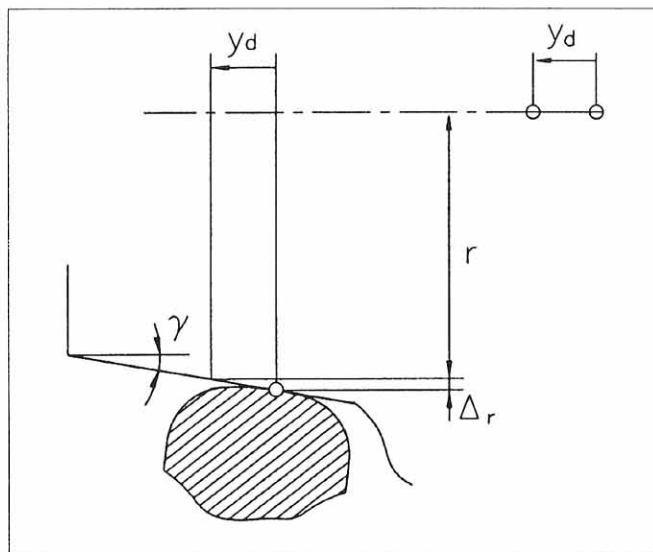
- **kuželovitost jízdního obrysu.** Poněvadž křivkový obrys již nelze charakterizovat analogicky kuželovému konstantní hodnotou kuželovitosti, zavádějí se náhradní pojmy, vycházející z porovnatelných vlastností:

- **ekvivalentní kuželovitost**, což je hodnota kuželovitosti fiktivního kuželového obrysu vykazujícího shodnou délku vlny,
- **efektivní kuželovitost**, která definuje fiktivní kuželovitost obrysu se shodným okamžitým poloměrem křivosti dráhy středu dvojkolí.

Pro další úvahy je účelné analyzovat problematiku **ekvivalentní kuželovitosti**.

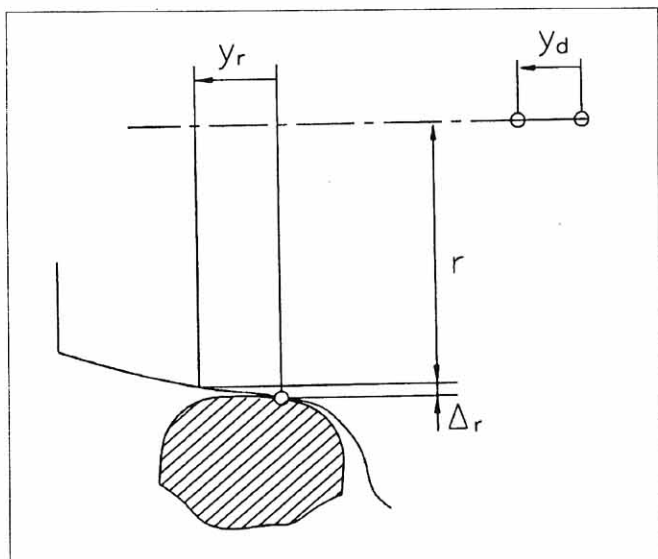
Zásadním rozdílem mezi obrysem kuželovým a křivkovým je skutečnost, že u kuželového se příčné přemístění dvojkolí y_d současně rovná i posunutí dotykové kružnice na jízdním obrysu (obr. 3). Velikost změny poloměru valivé kružnice se proto rovná

$$\Delta_r = \lambda \cdot y_d \quad (C)$$



Obr. 3 Změna poloměru kola s kuželovým jízdním obrysem

U křivkového jízdního obrysu odpovídá hodnotě příčného přemístění dvojkolí y_d obecně jiná hodnota posunutí valivé kružnice, jak ukazuje obr. 4. Poloměr této kružnice má hodnotu zjistitelnou analytickým řešením podmínek kontaktu dvojkolí s hlavami kolejnic jako celku. Pro dvojkolí tak lze určit poloměry r_1 a r_2 a jejich pomocí Δr funkci podle vztahu (B).



Obr. 4 Změna poloměru kola s křivkovým jízdním obrysem

Dosadí-li se takto určená Δr funkce na místo původně konstantní hodnoty Δ_r do diferenciální rovnice (A) pro trajektorii dráhy volného dvojkolí, přejde v rovnici nelineární

$$y'' = -\frac{\Delta_{r1} + \Delta_{r2}}{2 \cdot s \cdot r} = -\frac{f(y_d)}{2 \cdot s \cdot r} \quad (D)$$

Jejím řešením (např. numerickým) je obecná periodická křivka (nyní již nikoliv sinusoida), jejíž délka vlny L_k , na rozdíl od sinusového pohybu u kuželového jízdního obrysu, závisí na amplitudě y_0 tohoto pohybu. Je tedy $L_k = f(y_0)$. Jejím porovnáním s hodnotou délky vlny u sinusového pohybu dvojkolí s kuželovým jízdním obrysem

$$L = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{s \cdot r}{\lambda}} = L_k(y_0)$$

získáme vztah pro

$$\lambda = \lambda_{ekv} = \frac{4\pi^2 \cdot s \cdot r}{L_k^2(y_0)} = \Phi(y_0)$$

kteřá se nazývá **ekvivalentní kuželovitost**.

Její hodnota se stanoví pro každou amplitudu y_0 tak, že numerickým řešením rovnice (D) se určí délka vlny vlnivého pohybu dvojkolí L_k . Průběhy drah vlnivého pohybu měnící se v závislosti na amplitudě příčného rozkmitu názorně ukazuje obr. 5, a to pro případ jízdního obrysu UIC-ORE na koleji s kolejnicemi R65 při jejich sklonu 1:20.

Implicitně tedy na délce vlny pohybu dvojkolí závisí frekvence vlnivého pohybu při dané rychlosti. Přitom s touto délkou vlny souvisí velikost jeho amplitudy, která se spolu s ostatními okolnostmi podílí na výsledných chodových vlastnostech vozidel.

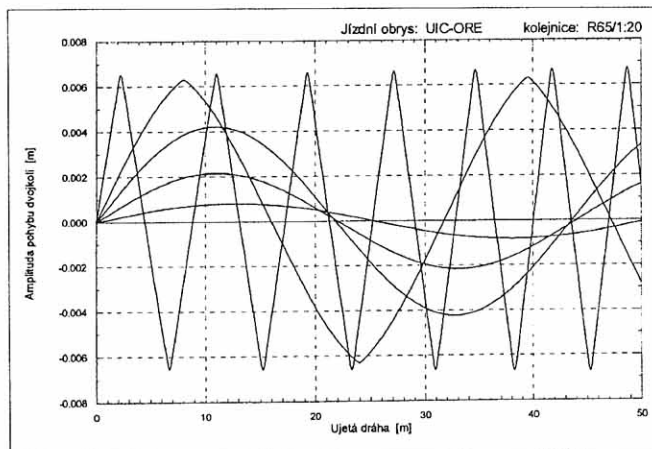
Z hlediska chodových vlastností, požadovaných u vozidel pro vysoké rychlosti, se za akceptovatelné maximum amplitudy vlnivého pohybu dvojkolí, jenž vzniká jako mezní cyklus při interakci dvojkolí s kolejí a dvojkolí s vozidlem, považuje hodnota do 3 mm. Tato nemá být překročena ani v případě, že ekvivalentní kuželovitost jízdního obrysu dosahuje na dané koleji hodnoty

$$\lambda_{ekv} = 0,4$$

Při větších amplitudách již lze hovořit o tzv. pohybu nestabilním.

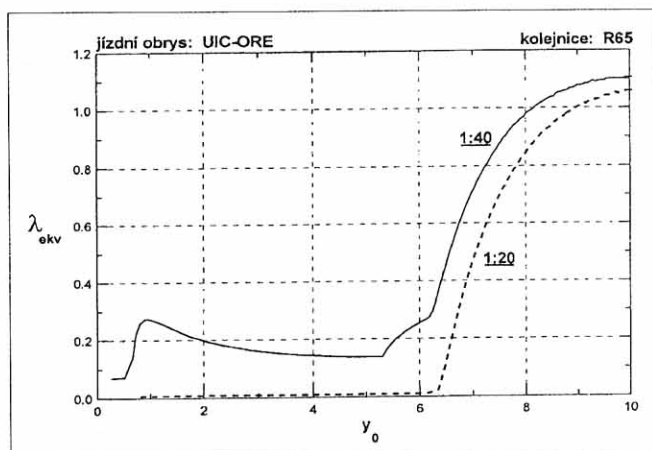
Z toho důvodu je velikost ekvivalentní kuželovitosti - kromě ostatních již uvedených charakteristik geometrické vazby dvojkolí s kolejí - středem zájmu odborníků zabývajících se chodovými vlastnostmi kolejových vozidel.

Zvláštní pozornosti zasluhují průběhy ekvivalentní kuželovitosti jízdního obrysu UIC-ORE na koleji s oběma zmiňovanými sklony kolejnic. V obr. 6 jsou znázorněny její hodnoty v závislosti na amplitudě pohybu dvojkolí. Jak se



Obr. 5 Numerické řešení vlnivého pohybu středu dvojkolí pro různé amplitudy

odlišnost této veličiny, charakterizující jízdní obrys, projeví na chování podvozku **Görlitz V** ve stavu již značně opotřebovaného vedení dvojkolí při rychlosti 120 km/h a na zcela přímé koleji, ukazuje výsledek počítačové simulace jízdy vozu řady **Ba** (obr. 7), jehož některé hmotnostní parametry byly odhadnuty. Po záměrném počátečním vychýlení pouze prvního dvojkolí z osy koleje se dostává zadní dvojkolí prvního podvozku a přenosem vibrací vozovou skříň postupně i obě dvojkolí zadního podvozku do periodického pohybu o délce vlny 6,7 m s amplitudou pohybu více než 6 mm provázeného příčnými rázy kol na kolejnici (obr. 7). Při kontrolním výpočtu, u něhož byla pouze příčná tuhost vedení snížena oproti odhadnuté skutečnosti na polovinu, se amplituda snížila na 4 mm a délka vlny se prodloužila na 10 m. Na rozdíl od ukázaného byl proveden i výpočet pro tentýž podvozek a vůz s vedením dvojkolí

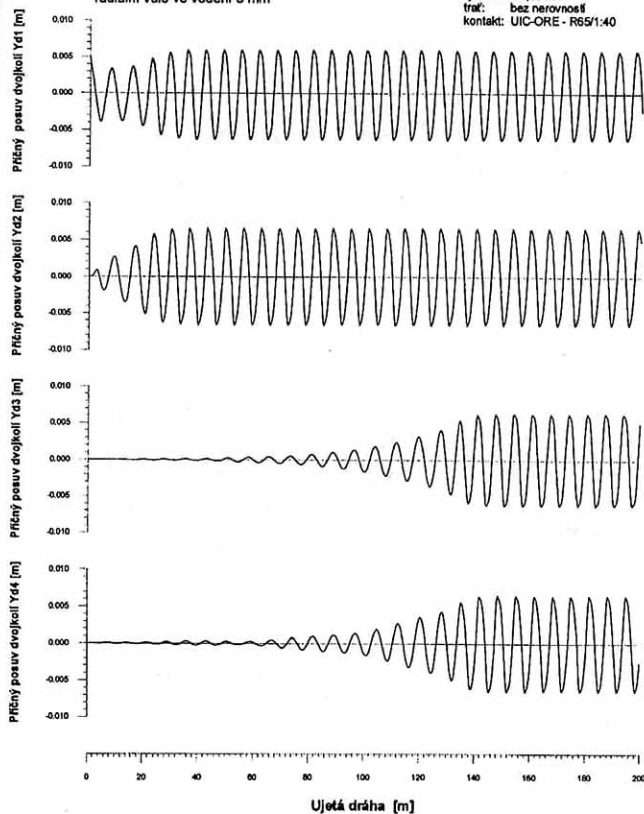


Obr. 6 Ekvivalentní kuželovitost v závislosti na amplitudě vlnivého pohybu

Podvozek Görlitz V s opotřebeným vedením dvojkolí

tuhost vedení ložiska 1600 kN/m ($k_x=k_y$)
radiální vůle ve vedení 5 mm

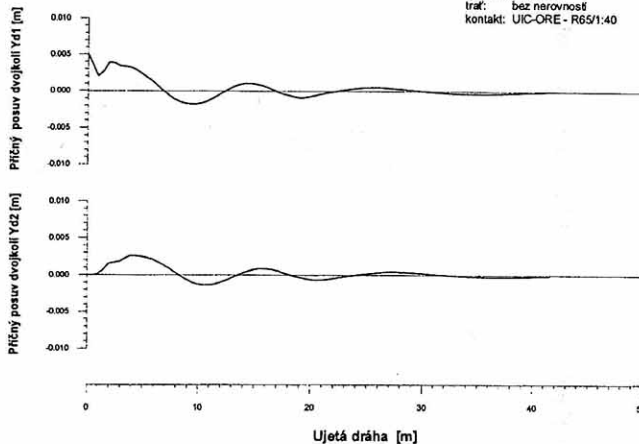
rychlost: 33,33 m/s
trať: bez nerovností
kontakt: UIC-ORE - R65/140



Podvozek Görlitz V s rekonstruovaným vedením dvojkolí

tuhost vedení ložiska 13200 kN/m ($k_x=k_y$)

rychlost: 48,8 m/s
trať: bez nerovností
kontakt: UIC-ORE - R65/140

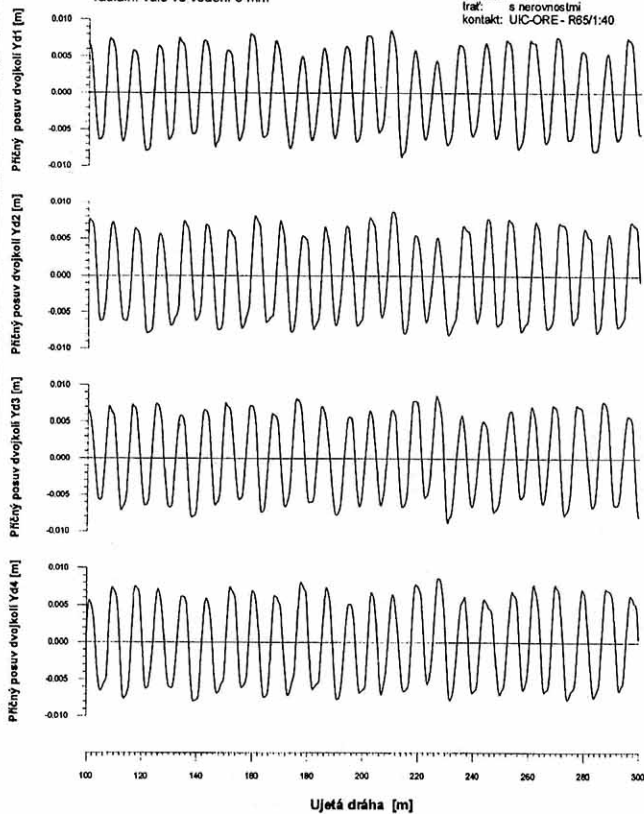


Obr. 7, 8

Podvozek Görlitz V s opotřebeným vedením dvojkolí

tuhost vedení ložiska 1600 kN/m ($k_x=k_y$)
radiální vůle ve vedení 5 mm

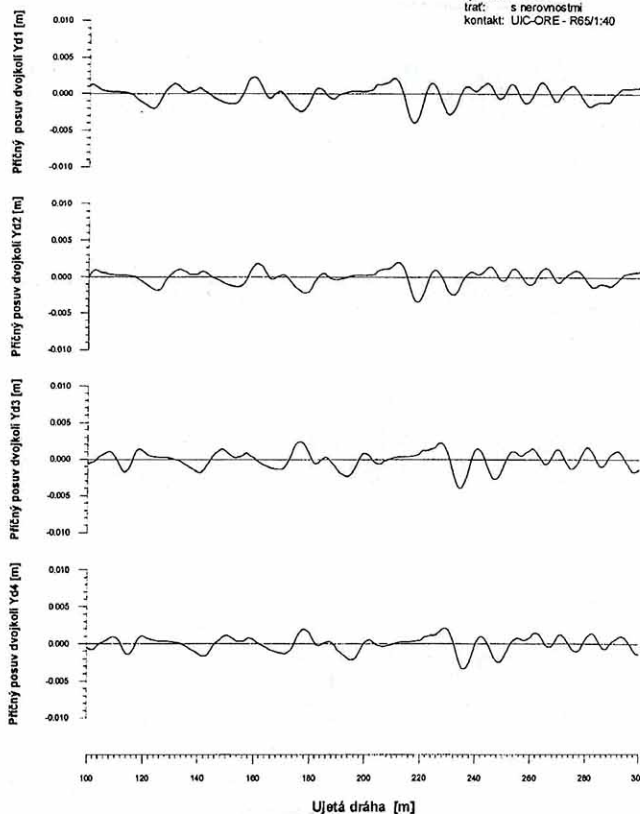
rychlost: 33,33 m/s
trať: s nerovnostmi
kontakt: UIC-ORE - R65/140



Podvozek Görlitz V s rekonstruovaným vedením dvojkolí

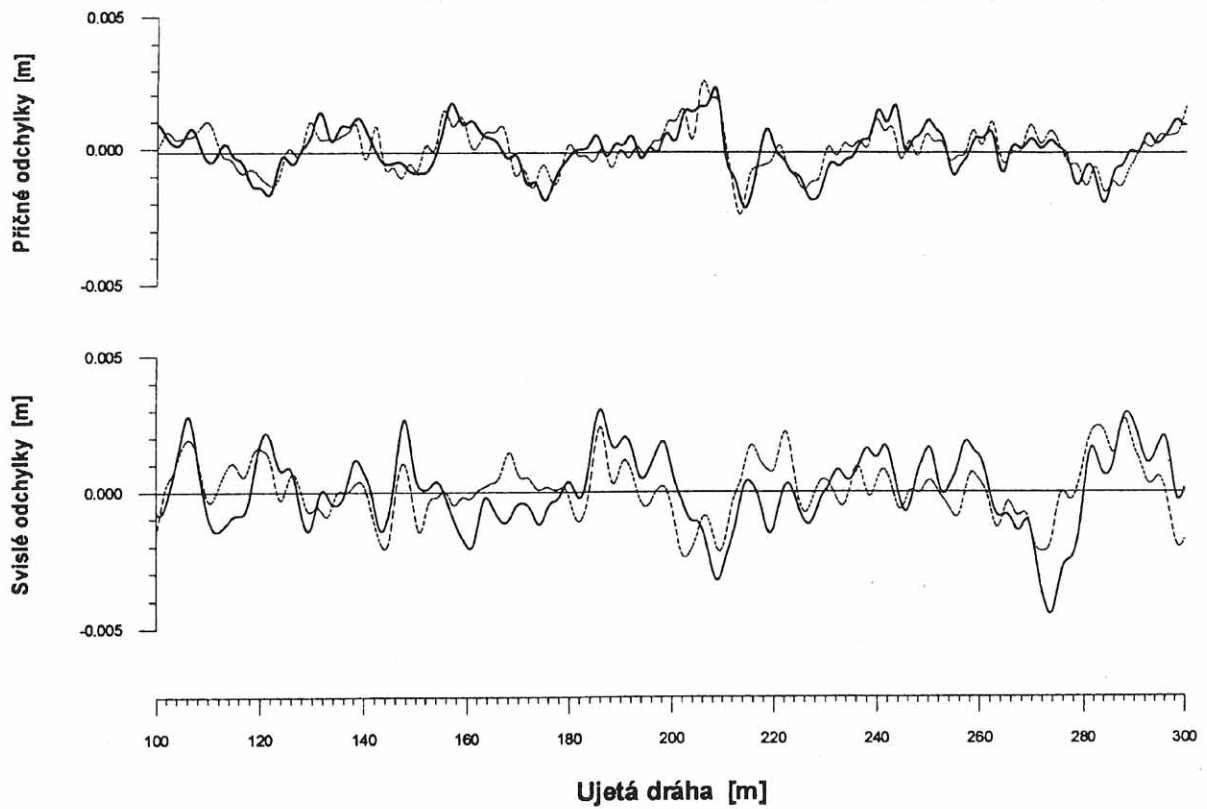
tuhost vedení ložiska 13200 kN/m ($k_x=k_y$)

rychlost: 33,33 m/s
trať: s nerovnostmi
kontakt: UIC-ORE - R65/140



Obr. 9a, 9b

Směrové a výškové nerovnosti kolejnicových pásů

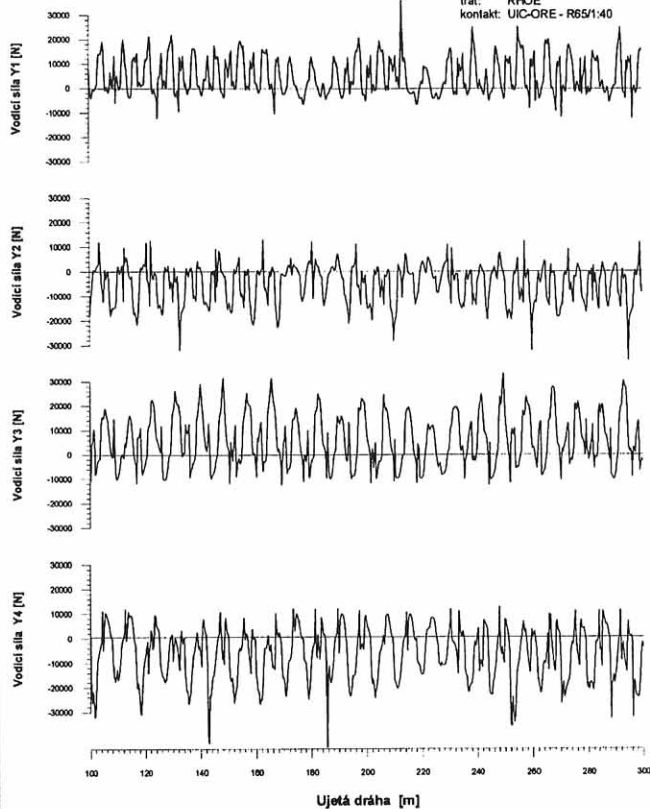


Obr. 10

Podvozek Görlitz V s opotřeбенým vedením dvojkoli

tuhost vedení ložiska 1600 kN/m ($k_x=k_y$)
radiální vůle ve vedení 5 mm

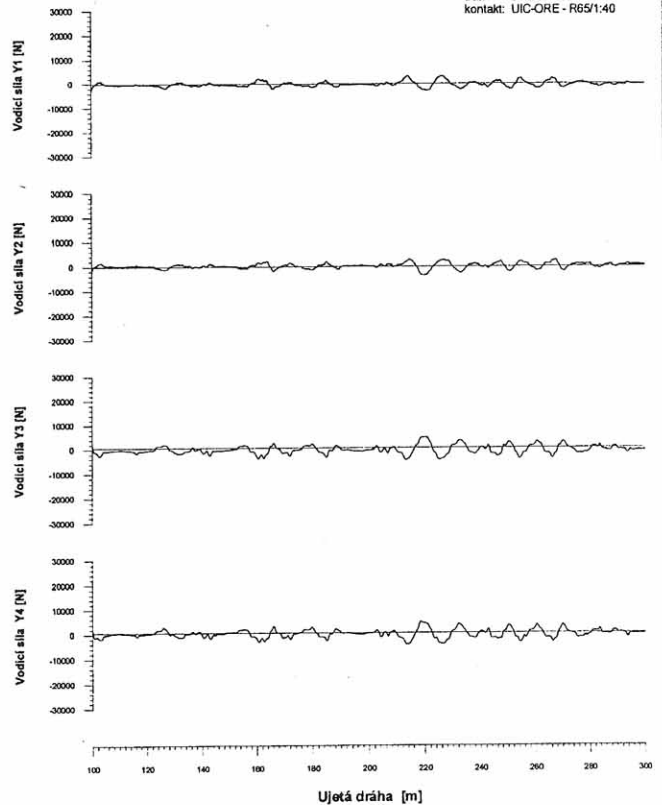
rychlost: 33,33 m/s
trať: RHOE
kontakt: UIC-ORE - R65/140



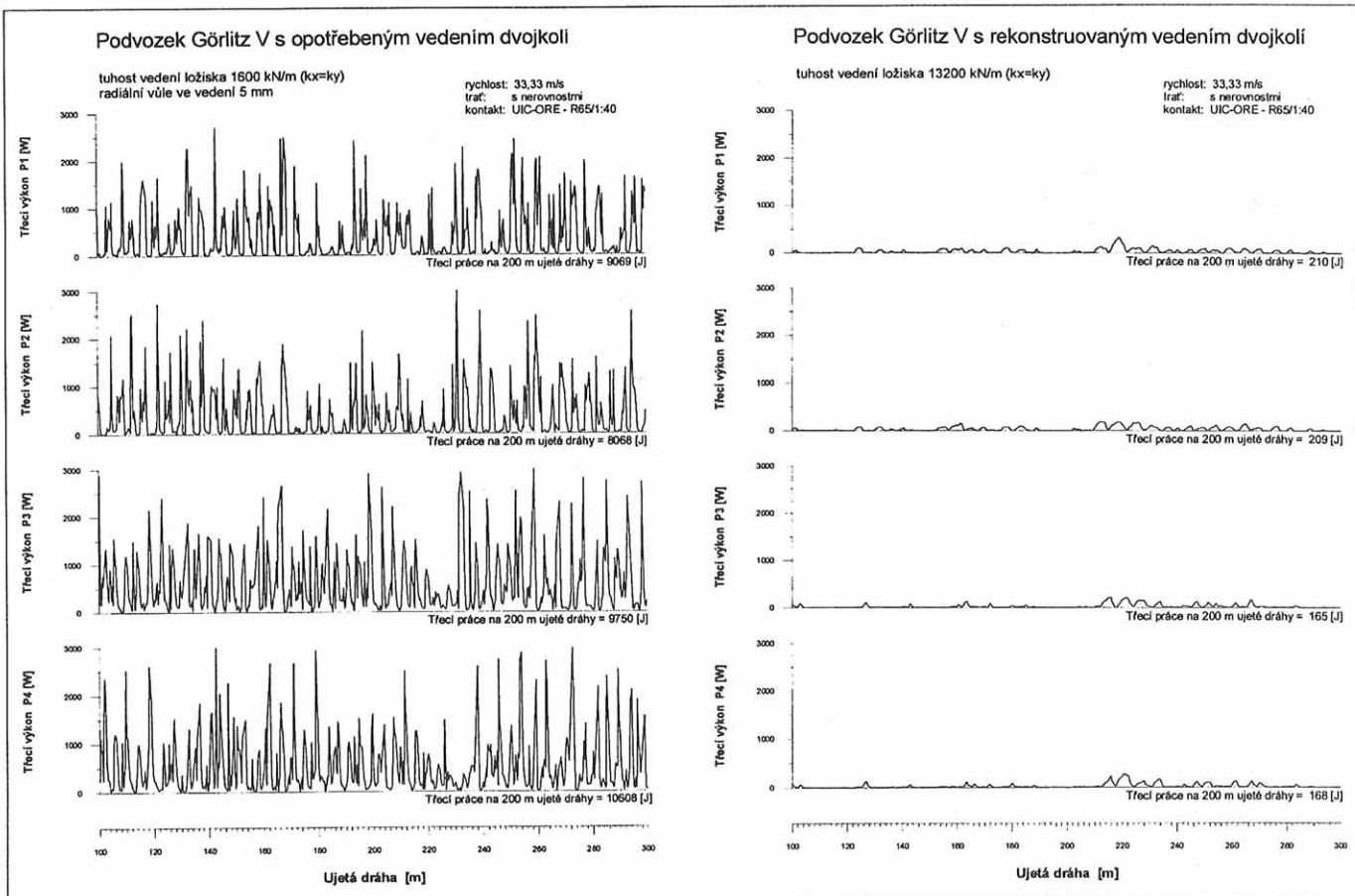
Podvozek Görlitz V s rekonstruovaným vedením dvojkoli

tuhost vedení ložiska 13200 kN/m ($k_x=k_y$)

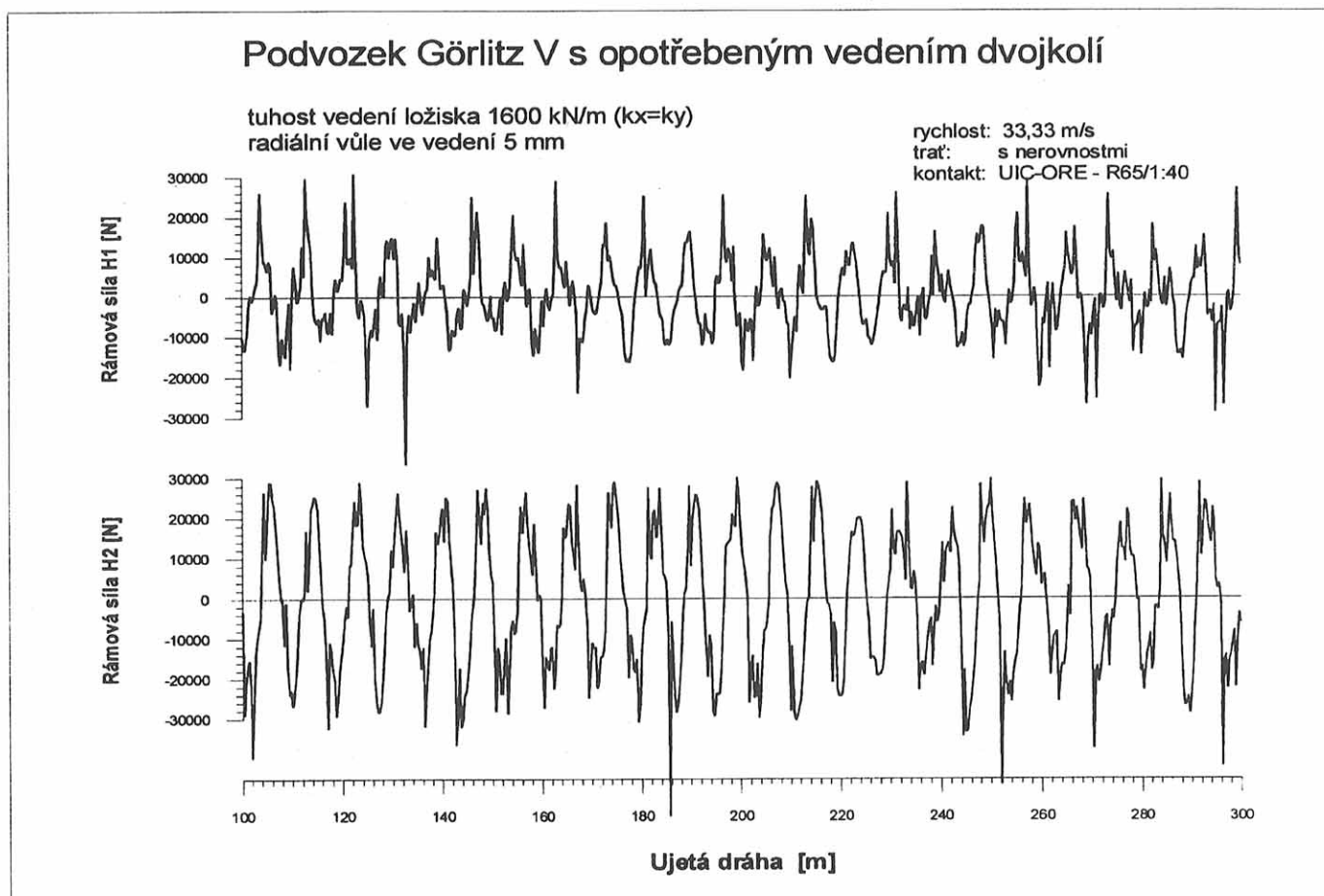
rychlost: 33,33 m/s
trať: s nerovnostmi
kontakt: UIC-ORE - R65/140



Obr. 11a, 11b



Obr. 12a, 12b



Obr. 13

upraveným tak, že tuhost vazby dvojkolí byla zvýšena na hodnotu odpovídající radiální poddajnosti pryžových prstenců používaných ve vedení dvojkolí VÚKV. Z obr. 8 je patrné, že v tomto případě i při rychlosti 176 km/h se dvojkolí zcela uklidní a jízda všech dvojkolí vozu je naprosto stabilní.

Uvedené ukázky jízdy na ideálně přímé koleji slouží pouze k posouzení již zmíněné stability pohybu dvojkolí. Porovnání chování obou podvozků, tedy podvozku s opotřebeným a rekonstruovaným vedením dvojkolí při jízdě rychlostí 120 km/h na koleji s odchylkami koleje v příčném i svislém směru náhodného charakteru, ukazují obrázky 9 a, b. Přitom úroveň těchto odchylek odpovídá koleji, na níž jsou provozovány rychlosti do 200 km/h (obr. 10). Odpovídající průběhy vodicích sil (příčných sil mezi koly a kolejnicemi) a průběhy třecích výkonů na kolech vždy prvního podvozku jsou zřejmé z obr. 11 a 12.

Pohyb dvojkolí podvozku s opotřebeným vedením vykazuje obdobně jako v případě jízdy na ideálně přímé koleji velmi intenzivní periodický pohyb o délce vlny asi 8,7 m; to odpovídá frekvenci 3,8 Hz, která je srovnatelná s reálnou frekvencí pocívanou cestujícími.

Předvedené výsledky ukazují na přímo katastrofální důsledky příčných účinků podvozku **Görlitz V** s opotřebeným vedením dvojkolí na nově položené úseky tratí se sklonem kolejnic 1:40. Hodnoty vodicích sil a zejména třecích výkonů mezi koly a kolejnicemi se liší o řády, rámové síly (obr. 13) dosahují u zadního dvojkolí až 85% z mezní příčné síly v hodnotě 35,6 kN (Prud'home).

Simulační výpočty byly provedeny na katedře dopravních prostředků Dopravní fakulty Jana Pernera Univerzity Pardubice, dislokovaném pracovišti v České Třebové pomocí vlastního programového systému, který byl již v roce 1991 vyvinut autory článku na VŠDS v Žilině. S velkým přispěním vedení ČSD a dnes ČD byl a je tento programový systém simulace jízdy železničního kolejového vozidla stále rozšiřován a zdokonalován.

Závěr

Autoři článku si kladli za cíl seznámit čtenáře s vysvětlením nově vzniklého problému u ČD na rekonstruovaných úsecích tratí prvního koridoru. V souvislosti s tím bylo provedeno i seznámení s pojmem ekvivalentní kuželovitosti jízdního obrysu dvojkolí, s pojmem stabilita jízdy dvojkolí a s možnostmi využití počítačové simulace jízdy celého vozidla na koleji s reálnými odchylkami od geometrické polohy.

Z výše uvedeného vyplývá, že příčinou onoho znepokojujícího zhoršení chodu podvozků **Görlitz V** na nových úsecích koleje se sklonem kolejnic 1:40 je značně opotřebené vedení dvojkolí podvozku, jehož koncepce není již na úrovni doby. Ačkoliv byly výpočty, hodnotící podvozek se značným opotřebením vedení dvojkolí ve srovnání s vedením rekonstruovaným, provedeny pro jmenovité hodnoty jízdního obrysu UIC-ORE a hlavy kolejnice R65 při suché koleji, lze soudit, že naprosto kvalitativní rozdíl ve výsledcích je známkou, že i ve skutečných poměrech bude porovnání obdobné.

Od doby uvedení podvozků **Görlitz V** do provozu došlo:

- k přechodu na nový jízdní obrys (UIC-ORE) umožňující mnohonásobné kilometrické proběhy dvojkolí bez jeho reprofilace s příznivými účinky na kontaktní namáhání mezi kolem a kolejnicí. Předpokladem ovšem je provoz na kolejích se sklonem 1:40.

- ke změně sklonu kolejnic z 1:20 na 1:40 na nově rekonstruovaných tratích. Tím vzniklá poměrně vysoká hodnota kuželovitosti ve vztahu dvojkolí - kolej přispívá i k výraznému zlepšení vodicích vlastností při jízdě oblouky. Vyžaduje však patřičně tuhou vazbu dvojkolí k rámu podvozku s ohledem na stabilitu pohybu dvojkolí v přímé koleji při vyšších rychlostech.

Postupným opotřebením obrysu UIC-ORE na kolejnicích se sklonem 1:20 se jeho ekvivalentní kuželovitost zvyšuje. Při přechodu na kolejnice se sklonem 1:40 lze pak očekávat hodnoty ekvivalentní kuželovitosti ještě větší, než ukazuje obr. 6.

Co lze učinit při současném zanedbaném stavu těchto podvozků? Jsou v podstatě dvě možnosti. V první řadě je možné dosáhnout zlepšení chodových vlastností návratem ke kuželovému obrysu dvojkolí s tím, že bude pocívaná zrychlená opotřebení okolků na obloukovitých kolejích a postupně zhoršování chodových vlastností tak, jak se obrys bude přetřansformovávat do tvaru obrysu opotřebeného. V druhé řadě je možné přikročit k rekonstrukci vedení dvojkolí, kterou by se dosáhlo zvýšení tuhosti vedení a současně omezení jeho opotřebení. Podle názoru autorů by si potřebná rekonstrukce tohoto uzlu podvozku nevyžadovala příliš vysoké náklady. Výměna podvozků za podvozky GP 200, které uvedenými potížemi netrpí, nepřichází z ekonomických důvodů v úvahu. Výjimkou by měly být vozy lůžkové a lehké již z důvodu současného přechodu na kotoučovou brzdu, která výrazně snižuje hlučnost uvnitř vozu.

Lektoroval: Ing. Josef Novotný

Příspěvek k problematice chodových vlastností vozidel na rekonstruovaných tratích I. koridoru Českých drah pro zvýšené rychlosti

V článku jsou vysvětleny příčiny zhoršeného příčného chodu některých vozů na úsecích I. koridoru ČD rekonstruovaných pro rychlost 160 km/h a možnosti jejich odstranění. Problematika se týká osobních vozů určených pro rychlosti do 140 km/h s podvozků typu Görlitz V.

Beitrag zur Problematik des Fahrzeugaufverhaltens auf den für die erhöhte Geschwindigkeit ausgebauten Strecken des I. Korridors der Tschechischen Bahnen

Der Beitrag befasst sich mit den Ursachen des verschlechterten Seitenlaufs einigen Eisenbahnwagen auf den für die Geschwindigkeit von 160 km/h ausgebauten Streckenabschnitten des I. Korridors der ČD und mit Möglichkeiten ihrer Beseitigung. Die Problematik betrifft die Reisezugwagen, die für die Höchstgeschwindigkeit 140 km/h bestimmt und mit Drehgestellen Görlitz V ausgerüstet sind.

Contribution to the Problem of Vehicle Running Behavior on Upgraded Lines of Czech Railways' First Corridor

The paper deals with causes of worsened lateral running of some passenger coaches on lines of Czech Railways' First Corridor upgraded for speed of 160 km/h and with possibilities of their elimination. The problem concerns the coaches built for speed 140 km/h and equipped with Görlitz V-type bogies.