



26. MEDZINÁRODNÁ KONFERENCIA
„SÚČASNÉ PROBLÉMY V KOLĎAJOVÝCH
VOZIDLÁCH - PRORAIL 2023“
20. – 22. septembra 2023, Žilina, Slovensko

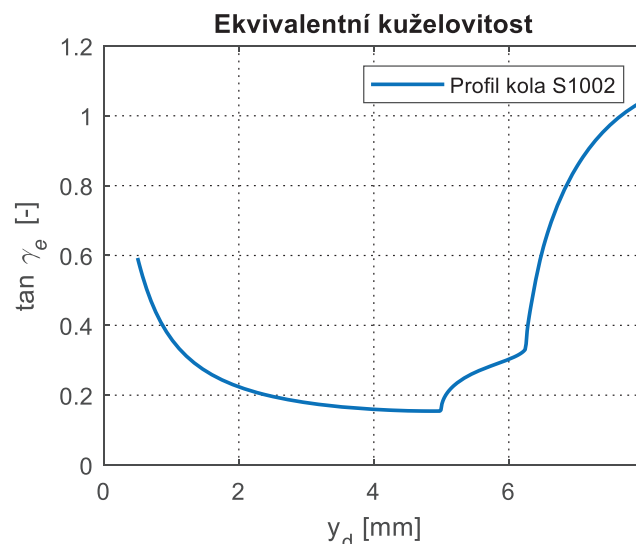
<https://doi.org/10.26552/spkv.Z.2023.1.23>

JEDNODUCHÁ METODA NÁVRHU PROFILU KOLA PRO DOSAŽENÍ POŽADOVANÝCH HODNOT EKVIVALENTNÍ KUŽELOVITOSTI *A SIMPLE METHOD OF WHEEL PROFILE DESIGN FOR TARGET VALUE OF EQUIVALENT CONICITY*

Jan KALIVODA^{*)}

1 ÚVOD

Ekvivalentní kuželovitost $\tan \gamma_e$ patří mezi nejdůležitější parametry dvojice dvojkolí-kolej. Hodnota ekvivalentní kuželovitosti závisí na průběhu změny velikosti valivých poloměrů kol v závislosti na příčné výchylce dvojkolí, tzv. δ_R funkci, a velikosti amplitudy příčné výchylky dvojkolí pro kterou je ekvivalentní kuželovitost vyhodnocována. Způsoby výpočtu ekvivalentní kuželovitosti dvojice dvojkolí-kolej jsou stanoveny v ČSN EN 15302 [1]. Hodnota ekvivalentní kuželovitosti významným způsobem ovlivňuje jízdní dynamiku a stabilitu vozidla. Při posuzování stability vozidla dle ČSN EN 13363 [2] je proto předepsána minimální hodnota ekvivalentní kuželovitosti v traťových úsecích, kde je stabilita vozidla vyhodnocována. Tyto požadované minimální hodnoty se v závislosti na rychlosti jízdy pohybují v rozsahu 0,4 pro $v \leq 120$ km/h, po 0,2 pro $v \geq 300$ km/h. V rozsahu rychlostí 120 až 300 km/h pak požadovaná minimální hodnota ekvivalentní kuželovitosti lineárně klesá z hodnoty 0,4 na hodnotu 0,2. Velikost ekvivalentní kuželovitosti se zpravidla vyhodnocuje pro amplitudu příčné výchylky dvojkolí $y_{d,A} = 3$ mm. Na obrázku **obr. 1** je zobrazen průběh ekvivalentní kuželovitosti pro nominální parametry normálně rozchodné koleje s kolejnicemi 60E1 dle ČSN EN 13674 [3] a dvojkolí s průměrem kol



Obr. 1 Ekvivalentní kuželovitost profilu kola S1002

Fig. 1 Equivalent conicity of wheel profile S1002

^{*)} **Ing. Jan KALIVODA, Ph.D.**, ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Technická 4, Praha 6, tel. +420 224 352 493, Jan.Kalivoda@fs.cvut.cz

920 mm a profilem oběžné plochy kola S1002 dle ČSN 13715 [4]. Výpočet byl proveden v prostředí Matlab za předpokladu dokonale tuhých těles dvojkolí a koleje metodou harmonické linearizace dle [1], příloha G. Stejným způsobem byly provedeny i všechny další výpočty ekvivalentní kuželovitosti prezentované v tomto článku. Je zřejmé, že v případě nominálních parametrů geometrie dvojkolí a koleje není požadované minimální hodnoty $\tan \gamma_e$ pro posuzování stability vozidla dle [2] dosaženo. Proto jsou v rámci zkoušek stability vozidla zpravidla vybavována speciálními dvojkolími s upraveným profilem kola. Tvar speciálních profilů kol, které jsou při těchto zkouškách používány, nebývá veřejně publikován. Jedná se často o know-how jednotlivých zkušeben, případně bývá přímo předepsán správcem železniční infrastruktury. Tyto speciální profily kol nenacházejí uplatnění pouze v rámci jízdních zkoušek vozidel, ale i při řadě počítačových simulací zaměřených na jízdní dynamiku kolejových vozidel. Vzniká tak poptávka pro nalezení metody syntézy oběžné plochy profilu kola pro dosažení požadované hodnoty ekvivalentní kuželovitosti.

Syntézou profilu oběžné plochy železničního kola se v posledních desetiletích zabývala řada autorů a institucí. Přehled literatury k tomuto tématu lze nalézt např. v [5]. Obecně je syntéza oběžné plochy profilu kola složitá multikriteriální optimalizační úloha, neboť tvar oběžné plochy kola musí splňovat řadu často protichůdných požadavků. Pokud úlohu omezíme pouze na dosažení požadované hodnoty jednoho parametru, v tomto případě ekvivalentní kuželovitosti, přechází tato úloha na úlohu jednokriteriální. Jednokriteriální úlohy optimalizace oběžné plochy kola se zpravidla řeší jednou z těchto metod:

- **Metoda diskretních bodů** – profil kola je rozdělen do diskretních bodů. Část těchto bodů je považována za fixní (například v oblasti okolku), část za pohyblivé. Změnou polohy pohyblivých bodů se snažíme dosáhnout splnění požadovaného kritéria [6].
- **Metoda elementů** – profil kola je rozdělen do několika sekcí (přímkové části, kruhové oblouky, spline křivky, apod.). Změnou parametrů těchto úseků (koncové body, sklon, křivost, ...) se snažíme dosáhnout splnění zvoleného kritéria [7].

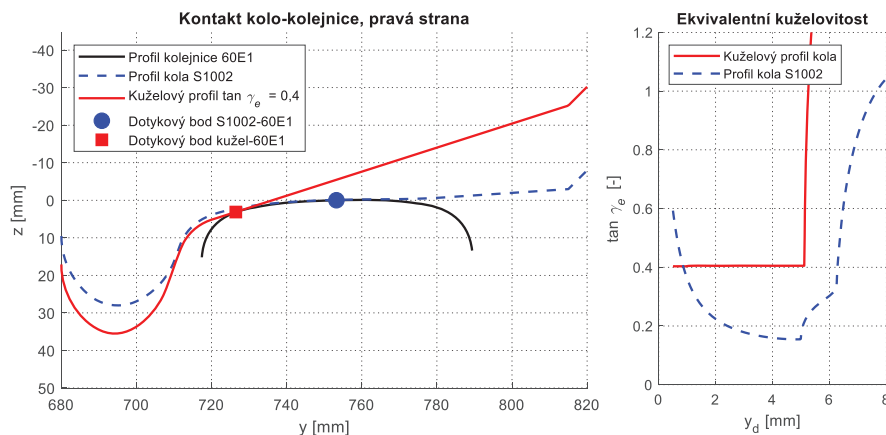
V obou případech je profil popsán řadou parametrů. Jejich počet závisí na počtu diskretních bodů, případně na počtu parametrů křivek, ze kterých je profil složen. V každém případě vedou oba tyto přístupy na multiparametrické optimalizační úlohy. Jejich řešení může být při větším počtu parametrů a zvolené metodě náročné na výkon počítače i čas. Navíc, v závislosti na zvolené metodě a nastavení počátečních parametrů, může multiparametrická optimalizace nalézt pouze lokální extrém hodnotící funkce, který nemusí být nutně nejlepším řešením optimalizační úlohy.

Proto byl stanoven cíl nalézt jednoduchou, analytickou metodu sestavení profilu oběžné plochy kola vykazující požadovanou hodnotu ekvivalentní kuželovitosti.

2 SYNTÉZA PROFILU OBĚŽNÉ PLOCHY KOLA

2.1 Přímkový profil kola

Triviálním řešením dané úlohy je vytvořit kuželový profil kola s kuželovostí odpovídající požadované hodnotě ekvivalentní kuželovitosti. Na **Obr. 2** vlevo je zobrazen kuželový profil kola pro ekvivalentní kuželovitost 0,4. Z grafu na **Obr. 2** vpravo je pak zřejmé, že v takovém případě lze dosáhnout prakticky konstantní hodnoty ekvivalentní kuželovitosti v celém rozsahu vůle v kolejovém kanálu. Oproti standardnímu profilu S1002 však dojde výrazné změně polohy dotykového bodu kolo-kolejnice v nominální poloze dvojkolí a to vede ke změnám dalších parametrů kontaktní geometrie dvojice kolo-kolejnice. Jedná se především o změnu vzdálenosti styčných kružnic a změnu sklonu normály v dotykovém bodě.



Obr. 2 Kuželový profil kola pro $\tan \gamma_e = 0,4$; vlevo profil kola a kolejnice, vpravo průběh ekvivalentní kuželovitosti

Fig. 2 Conical wheel profile for $\tan \gamma_e = 0.4$; left – wheel and rail profiles, right – equivalent conicity

2.2 Oběžná plocha kola tvořená jedním kružnicovým obloukem

Možností, která teoreticky umožňuje dosáhnout požadované hodnoty ekvivalentní kuželovitosti kola a zároveň zachovat polohu dotykového bodu v nominální poloze dvojkolí je vytvořit profil kola jako kružnicový oblouk. Náhrada profilů kola a kolejnice kružnicovými oblouky se používá například při linearizaci kontaktní geometrie. Poloměr oblouku profilu kola R_w a profilu kolejnice R_r lze vypočítat pomocí vztahů (1) [8].

$$\tan \delta_0 = \frac{e_0 \sigma}{e_0 + r_0 \sigma}, \quad R_w = \frac{e_0 \lambda}{(\varepsilon - \sigma) \sin \delta_0}, \quad R_r = \frac{e_0 (\lambda - \sigma)}{\varepsilon \sin \delta_0} \tag{1}$$

kde

δ_0 je úhel sklonu normály v dotykovém bodě,

λ je ekvivalentní kuželovitost,

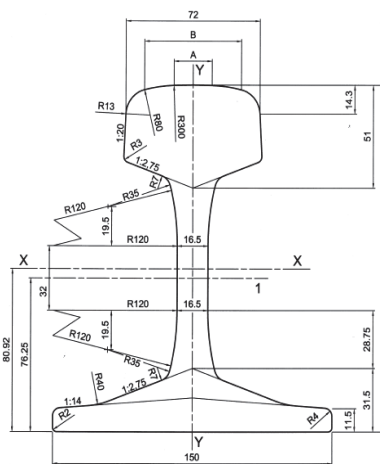
σ je tzv. roll parametr,

ε je tzv. contact angle parametr,

e_0 je polovina vzdálenosti styčných kružnic,

r_0 je poloměr kola.

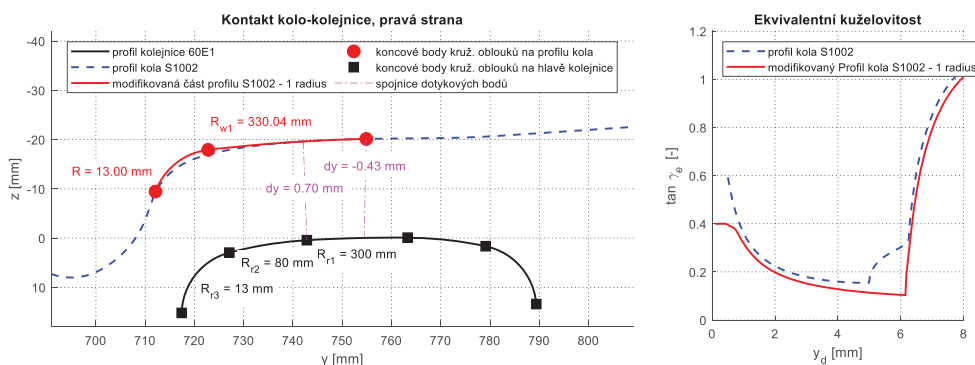
Parametr σ závisí na průběhu úhlu natočení dvojkolí kolem podélné osy v závislosti na příčné výchylce dvojkolí, analogicky parametr ε závisí na průběhu sklonu normály v dotykovém bodě, blíže viz [8]. Ze známého poloměru profilu hlavy kolejnice v okolí dotykového bodu $R_r = 300$ mm (**obr. 3**) a sklonu normály v dotykovém bodě $\tan \delta_0 = 0,035130$, který odpovídá sklonu kolejnic 1/40 a vzdálenosti styčných kružnic 1500 mm, lze ze vztahů (1) vyjádřit poloměr oblouku profilu kola vztahy:



Obr. 3 Profil kolejnice 60E1
Fig. 3 Rail profile 60E1 [3]

$$\sigma = \frac{e_0 \tan \delta_0}{e_0 - r_0 \tan \delta_0}, \quad \varepsilon = \frac{e_0 (\lambda - \sigma)}{R_r \sin \delta_0}, \quad R_w = \frac{e_0 \lambda}{(\varepsilon - \sigma) \sin \delta_0} \quad (2)$$

Pro průměr kola 920 mm a požadovanou hodnotu ekvivalentní kuželovitosti $\tan \gamma_e = 0,4$ obdržíme dle (2) hodnotu poloměru profilu kola $R_w = 330,04$ mm. **obr. 4** zobrazuje profil kola složený z vnější části profilu kola S1002 na kterou je tečně navázán kružnicový oblouk o poloměru $R_w = 330,04$ mm. Přechod mezi tímto obloukem a okolkem je tvořen zaoblením o poloměru $R = 13$ mm.



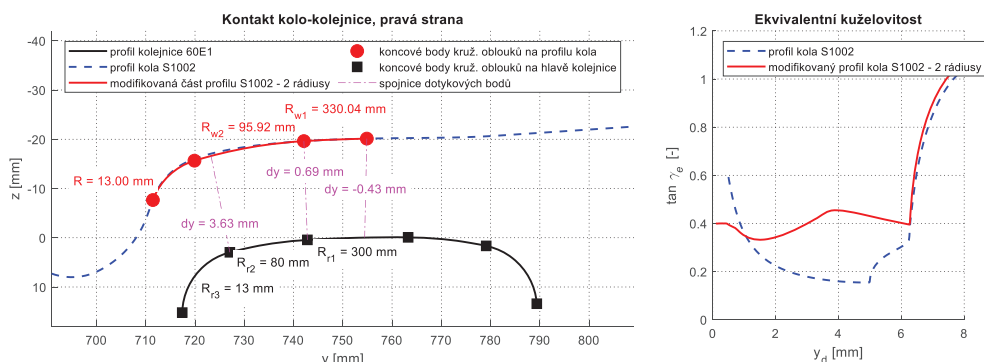
Obr. 4 Oběžná plocha kola pro $\tan \gamma_e = 0,4$ tvořená jedním kružnicovým obloukem; vlevo profil kola a kolejnice, vpravo průběh ekvivalentní kuželovitosti

Fig. 4 The running surface of a wheel for $\tan \gamma_e = 0.4$ formed by one circular arc; left – wheel and rail profiles, right – equivalent conicity

Z **obr. 4** je zřejmé, že kontakt kružnicových oblouků na hlavě kolejnice a profilu kola vykazuje konstantní hodnotu ekvivalentní kuželovitosti, a že dle vztahů (2) lze pro stanovenou hodnotu ekvivalentní kuželovitosti potřebnou hodnotu poloměru profilu kola dopočítat. Avšak platí to pouze pro poměrně malé výchylky dvojkolí. Při příčné výchylce dvojkolí $y_d = 0,43$ mm opouští kontaktní bod kolo-kolejnice oblouk $R_{w1} = 330,04$ mm na profilu kola a při příčné výchylce dvojkolí $y_d = 0,70$ mm opouští dotkový bod oblouk $R_{r1} = 300$ mm na hlavě kolejnice. Obě tyto změny vedou k porušení předpokladu kontaktu dvou kružnicových oblouků, a tedy i ke změně průběhu ekvivalentní kuželovitosti. Čím vyšší je hodnota požadované ekvivalentní kuželovitosti, tím menší jsou příčné výchylky dvojkolí, při kterých dotkový bod opouští kružnicové oblouky. Tento postup proto nelze použít pro vytvoření profilu kola, který by při amplitudě příčné výchylky dvojkolí $y_{d,A} = 3$ mm vykazoval vysoké hodnoty ekvivalentní kuželovitosti vyžadované v [2].

2.3 Oběžná plocha kola tvořená dvěma kružnicovými oblouky

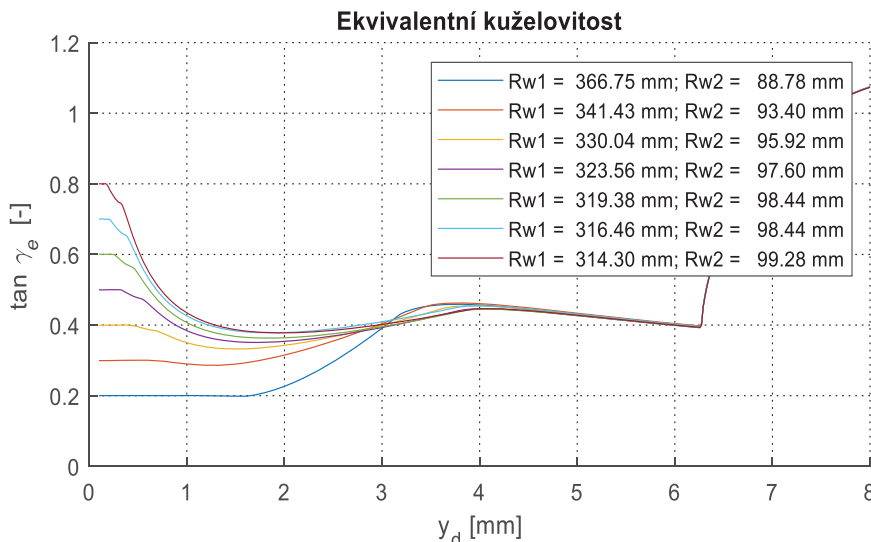
Obr. 5 ukazuje profil kola vytvořený pro požadovanou hodnotu ekvivalentní kuželovitosti $\tan \gamma_{e,3mm} = 0,4$ který se skládá ze dvou kružnicových oblouků. Způsob vytvoření oběžné plochy pomocí dvou kružnicových oblouků vychází z metody popsané výše. V okolí nominální polohy dvojkolí je oběžná plocha kola tvořena kružnicovým obloukem vypočteným dle (2). V místě, kde dotkový bod opouští oblouk $R_{r1} = 300$ mm na hlavě kolejnice, je na oblouk R_{w1} na oběžné ploše kola tečně navázán oblouk R_{w2} . Jeho poloměr je vypočten tak, aby při příčné výchylce dvojkolí $y_{d,A}$ bylo dosaženo požadované hodnoty ekvivalentní kuželovitosti. Přechod mezi okolkem a obloukem R_{w2} je tvořen zaoblením o poloměru 13 mm.



Obr. 5 Ob eţn  plocha kola pro $\tan \gamma_{e,3mm} = 0,4$ tvořen  dvěma kruţnicov mi oblouk mi; vľavo profil kola a kolejnice, vpravo pr b eh ekvivalentní kuţelovitosti

Fig. 5 The running surface of a wheel for $\tan \gamma_{e,3mm} = 0,4$ formed by two circular arcs; left – wheel and rail profiles, right – equivalent conicity

Sloţen m ob eţn  plochy kola ze dvou kruţnicov ch oblouků, bylo poţadov ne hodnoty ekvivalentní kuţelovitosti $\tan \gamma_{e,3mm} = 0,4$ dosaţeno. Tímto postupem lze vytvořit profily kola vykazující širok  rozsah hodnot ekvivalentních kuţelovitosti. Zároveň není nezbytn  nutné, aby hodnota poloměru R_{w1} , kter  je v kontaktu s hlavou kolejnice p  malých výchylkách dvojkolí, odpovídala požadování hodnot  ekvivalentní ku elovitosti p  výchylce $y_{d,A}$. Volbou různých po ate n ch hodnot ekvivalentní ku elovitosti v nominální poloze dvojkolí dospějeme k r zn m hodnot m poloměrů oblouků R_{w1} a R_{w2} a tím i k r zn m tvarům ob eţn  plochy kola a průběhům ekvivalentní ku elovitosti. Avšak všechny tyto profily spl ňuj  požadavek na hodnotu $\tan \gamma_{e,3mm} = 0,4$, viz **obr. 6**.



Obr. 6 Pr b ehy ekvivalentní ku elovitosti profilů kola vygenerov n ch pro $\tan \gamma_{e,3mm} = 0,4$ p  různých hodnotách poloměru R_{w1}

Fig. 6 Equivalent conicity of the wheel profiles generated for pro $\tan \gamma_{e,3mm} = 0,4$ with several values of radius R_{w1}

2.4 Profil kola složený z více kružnicových oblouků

Lze ukázat, že průběh ekvivalentní kuželovitosti může významným způsobem ovlivnit dynamické chování vozidla. Vozidlo vybavené koly se stejnou hodnotou ekvivalentní kuželovitosti může v závislosti na jejím průběhu vykazovat odlišné dynamické vlastnosti a průběhy limitního cyklu [9]. Proto byly definovány parametry nelinearity ekvivalentní kuželovitosti λ_N , které umožňují porovnávat různé dvojice dvojkolí-kolej se shodnou hodnotou ekvivalentní kuželovitosti. Parametr λ_N v podstatě představuje sklon funkce $\tan\gamma_e = f(y_d)$ v okolí amplitudy příčné výchylky dvojkolí $y_{d,A} = 3$ mm, pro kterou je ekvivalentní kuželovitost definována. Rozlišují se dva parametry nelinearity ekvivalentní kuželovitosti $\lambda_{N,1}$ a $\lambda_{N,2}$, které se liší rozsahem amplitud příčných výchylek [9]:

$$\lambda_{N,1} = \frac{\lambda_4 - \lambda_2}{2}, \lambda_{N,2} = \frac{\lambda_5 - \lambda_1}{4} \quad (3)$$

kde $\lambda_{1,2,4,5}$ jsou hodnoty ekvivalentní kuželovitosti pro amplitudy příčných výchylek dvojkolí 1, 2, 4 a 5 mm. Jak je vidět z **obr. 6**, profily oběžných ploch kol složené ze dvou kruhových oblouků vykazují poměrně úzký rozsah parametrů $\lambda_{N,1}$ a $\lambda_{N,2}$ a vždy se jedná o kladná čísla. Chceme-li vytvořit profil oběžné plochy kola který bude mít nejen stanovenou hodnotu ekvivalentní kuželovitosti, ale i parametru nelinearity λ_N , je třeba nejprve stanovit požadované hodnoty ekvivalentní kuželovitosti pro jednotlivé amplitudy příčných výchylek dvojkolí.

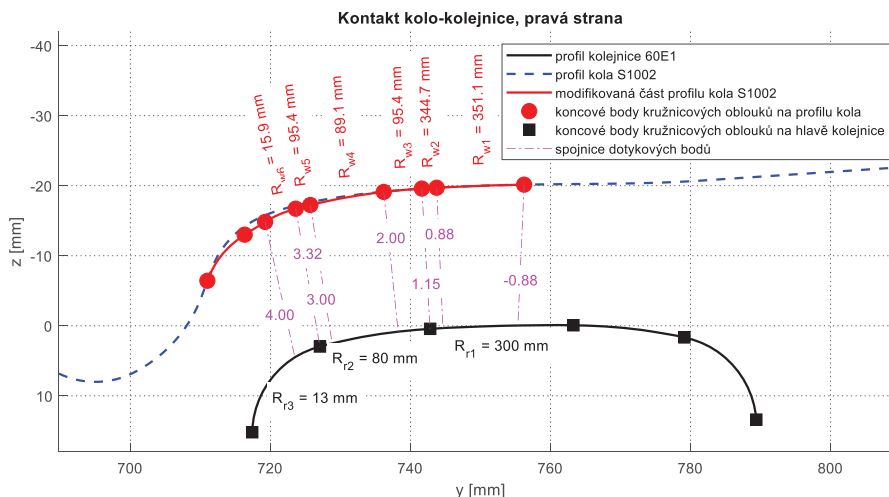
$$\lambda_2 = \tan\gamma_{e,3mm} - \lambda_{N,1}, \quad \lambda_4 = \tan\gamma_{e,3mm} + \lambda_{N,1} \quad (4)$$

$$\lambda_1 = \tan\gamma_{e,3mm} - 2\lambda_{N,2}, \quad \lambda_5 = \tan\gamma_{e,3mm} + 2\lambda_{N,2} \quad (5)$$

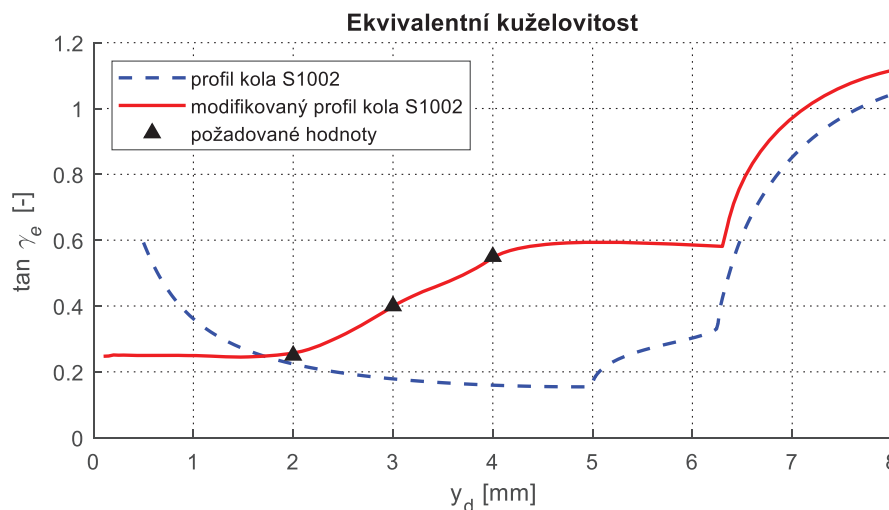
Dostáváme tak trojici uzlových bodů $\{[2, \lambda_2], [3, \tan\gamma_{e,3mm}], [4, \lambda_4]\}$ respektive $\{[1, \lambda_1], [3, \tan\gamma_{e,3mm}], [5, \lambda_5]\}$, kterými má závislost $\tan\gamma_e = f(y_d)$, nově vytvořeného profilu kola procházet. V takovém případě je možné profil složit z více tečně navázaných kružnicových oblouků. Ke změně poloměru oblouku dochází ve dvou situacích:

- i. Dotykový bod kolo kolejnice se na hlavě kolejnice přesouvá z jednoho poloměru na další.
- ii. Je dosaženo amplitudy příčné výchylky dvojkolí jednoho z uzlových bodů.

Obr. 7 a **8** ukazují profil kola vygenerovaný tímto způsobem pro dosažení $\tan\gamma_{e,3mm} = 0,4$ a $\lambda_{N,1} = 0,15$. Poloměr oblouku R_{w1} je vypočten pomocí vztahů (2) a to tak aby bylo dosaženo ekvivalentní kuželovitosti λ_2 . Při amplitudě příčné výchylky dvojkolí $y_d = 0,88$ mm, opouští dotykový bod kolo-kolejnice na vnější straně kola oblouk R_{w1} . V tomto bodě je na oblouk R_{w1} navázaný oblouk R_{w2} . Jeho poloměr je vypočten tak, aby bylo v uzlovém bodě $[2, \lambda_2]$ dosaženo požadované hodnoty ekvivalentní kuželovitosti. Avšak při amplitudě příčné výchylky $y_d = 1,15$ mm, opouští dotykový bod oblouk R_{r1} na kolejnici a proto je na kole na oblouk R_{w2} navázán oblouk R_{w3} . V uzlovém bodě $[2, \lambda_2]$ je tak v kontaktu oblouk R_{r2} na kolejnici s obloukem R_{w3} na kole a hodnota ekvivalentní kuželovitosti je rovna λ_2 . V tomto místě je poloměr oblouku oběžné plochy kola změněn na hodnotu R_{w4} a analogicky je postupováno dále pro dosažení požadované hodnoty ekvivalentní kuželovitosti v dalších uzlových bodech. Přechod mezi okolkem a posledním obloukem oběžné plochy kola R_{w6} je realizován zaoblením o poloměru 13 mm.



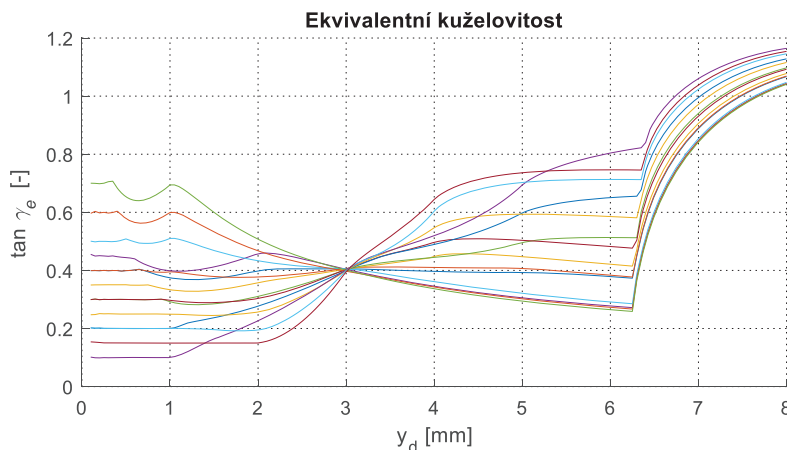
Obr. 7 Ob \acute{e} žn \acute{a} plocha kola pro $\tan\gamma_{e,3mm} = 0,4$ a $\lambda_{N,1} = 0,15$ tvořen \acute{a} v $\acute{ı}$ ce oblouky
Fig. 7 Running surface of a wheel for $\tan\gamma_{e,3mm} = 0.4$, and $\lambda_{N,1} = 0.15$ formed by several arcs



Obr. 8 Pr \acute{u} b \acute{e} h ekvivalentn \acute{i} kuřelovitosti profilu vygenerovan \acute{e} ho pro $\tan\gamma_{e,3mm} = 0,4$, a $\lambda_{N,1} = 0,15$

Fig. 8 Equivalent conicity of the profile generated for $\tan\gamma_{e,3mm} = 0.4$, and $\lambda_{N,1} = 0.15$

S využit $\acute{ı}$ m tohoto algoritmu lze vytvořit řadu profilů kola, které vykazují shodnou hodnotu ekvivalentn \acute{i} kuřelovitosti při amplitud \acute{e} p \acute{r} čn \acute{e} v \acute{y} chylky dvojkol \acute{i} $y_{d,A} = 3$ mm, ale lišící se hodnotami parametrů nelinearity $\lambda_{N,1}$ a $\lambda_{N,2}$. Příklad pr \acute{u} b \acute{e} hů hodnot ekvivalentn \acute{i} kuřelovitosti takto vytvořen \acute{y} ch profilů je zobrazen na **obr. 9**. Všechny profily vykazují ekvivalentn \acute{i} kuřelovitost $\tan\gamma_{e,3mm} = 0,4$. Liší se hodnotami parametrů nelinearity ekvivalentn \acute{i} kuřelovitosti v rozsahu od +0,25 do -0,05.



Obr. 9 Průběhy ekvivalentní kuželovitosti profilů kola vygenerovaných pro $\tan\gamma_{e,3mm} = 0,4$ a různé hodnoty $\lambda_{N,1,2}$

Fig. 9 Equivalent conicity of the wheel profiles profile generated for $\tan\gamma_{e,3mm} = 0.4$ and several values of $\lambda_{N,1,2}$

3 ZÁVĚR

Pro posuzování stability vozidla dle [2] je nezbytné použít profil kola vykazující vysokou hodnotu ekvivalentní kuželovitosti. Zejména pak pro provádění simulačních výpočtů je žádoucí mít nástroj, pomocí kterého lze profil kola s odpovídajícími parametry ekvivalentní kuželovitosti vygenerovat. Výše popsaná metoda, která je založena na postupném složení oběžné plochy kola z tečně navázaných kružnicových oblouků, je jednoduchá a zároveň splňuje stanovený cíl. Pomocí ní je možné vygenerovat profil kola vykazující nejen požadovanou hodnotu ekvivalentní kuželovitosti při stanovené amplitudě příčné výchylky dvojkolí, ale i při dalších amplitudách. Je tak možné vygenerovat profil, který vykazuje předem stanovenou hodnotu parametrů nelinearity ekvivalentní kuželovitosti. Zcela shodný algoritmus lze použít i v případě většího počtu uzlových bodů a vygenerovat tak profil kola splňující předem stanovenou závislost ekvivalentní kuželovitosti na příčné výchylce dvojkolí.

Literatura

- [1] ČSN EN 15302. Železniční aplikace - metoda stanovení ekvivalentní konicity - Definice a metody vyhodnocení. 2022. ÚTNMZ, 2022.; [2] ČSN EN 14363:2020. Železniční aplikace - Zkoušení a schvalování železničních vozidel z hlediska jízdních vlastností - Jízdní chování a stacionární zkoušky. 2020. ÚTNMZ, 2020.; [3] ČSN EN 13674-1+A1. Železniční aplikace - Kolej - Kolejnice - Část 1: Vignolovy železniční kolejnice o hmotnosti 46 kg/m a větší. ÚTNMZ, 2018.; [4] ČSN EN 13715. Železniční aplikace - Dvojkolí a podvozky - Kola - Jízdní obrysy kol. 2021. ÚTNMZ, 2021.; [5] YE, Y., Yayun QI, SHI, D., SUN Y, ZHOU, Y. a HECHT, M.. Rotary-scaling fine-tuning (RSFT) method for optimizing railway wheel profiles and its application to a locomotive. Railway Engineering Science [online]. 2020, 28(2), 160-183 [cit. 2023-01-24]. ISSN 2662-4745. Dostupné z: doi:10.1007/s40534-020-00212-z, [6] PERSSON, I., NILSSON, R., BIK, U., LUNDGREN M. a IWICKI, S.. Use of a genetic algorithm to improve the rail profile on Stockholm underground. Vehicle System Dynamics [online]. 2010, 48(1), 89-104 [cit. 2023-06-12]. ISSN 0042-3114. Dostupné z: doi:10.1080/00423111003668245; [7] SANTAMARIA, J., HERREROS, J., VADILLO, E.G., CORREA, N. a OYARZABAL, O.. Wheel Profile Optimization for High Speed Railways

Considering Equivalent Conicity. In: Proceedings of the First International Conference on Railway Technology: Research, Development and Maintenance [online]. Stirlingshire, Scotland: Civil-Comp Press, 2012, s. - [cit. 2023-01-24]. Dostupn e z: doi:10.4203/ccp.98.32; [8] MAUER, L., ed. The Modular Description of the Wheel to Rail Contact within the Linear Multibody Formalism. In: KISILOWSKI, Jerzy a Klaus KNOTHE. Advanced Railway Vehicle System Dynamics. Warsaw: Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 1991, s. 206-244. ISBN 83-204-1348-6.; [9] POLACH, O.. Characteristic parameters of nonlinear wheel/rail contact geometry. Vehicle System Dynamics [online]. 2010, 48(1), 19-36 [cit. 2023-01-16]. ISSN 0042-3114. Dostupn e z: doi:10.1080/00423111003668203

Acknowledgments

The paper was created with the financial support of the Technology Agency of the Czech Republic, project No TE01020054 "Bo ek Vehicle Engineering - National Competence Center".



Resum e

Norma EN 14363 jako  i předpisy řady národních železničních správ předepisují ověření stability jízdy vozidla p  stanovených hodnotách ekvivalentní ku elovitosti. Protože jsou tyto hodnoty zpravidla v znamn  v   i než hodnoty, kterých dosahuje kombinace nominálních tvarů profilů kol a kolejnic, je pro proveden  zkoušek i jejich simulací nezbytn  pou it modifikovan  profily kol.

V článku je popsána jednoduch  analytick  metoda, která umožňuje upravu profilu kola tak, aby bylo dosa eno po adovan  hodnoty ekvivalentní ku elovitosti p  zachování ostatních důležitých geometrických parametrů dvojice dvojkolí-kolej jako je poloha dotykového bodu kolo-kolejnice a sklon normály v dotykovém bod  v nominální poloze dvojkolí.

Summary

The EN 14363 standard as well as the regulations of several national railway administrations prescribe the verification of vehicle running stability at specified values of equivalent conicity. As these values are usually significantly higher than the values achieved by the combination of nominal shapes of wheel profiles and rails, it is necessary to use modified wheel profiles for conducting vehicle stability tests and their simulations.

The article describes a simple analytical method that enables the modification of the wheel profile in order to achieve the desired value of equivalent conicity while maintaining other important geometric parameters of the wheel-rail pair, such as the position of the wheel-rail contact point and the gradient of the normal at the contact point in the nominal position of the wheelset.

