

VEDENÍ TRAMVAJOVÉHO DVOJKOLÍ PŘI PRŮJEZDU PŘES DVOJITÉ SRDCOVKY

GUIDANCE OF TRAM WHEELSET PASSING OVER OBTUSE CROSSING

Aleš HÁBA¹

e-ISBN: 978-80-7560-564-1
DOI: 10.46585/spkv20252696

ISSN: 3029-8342



Abstrakt

Příspěvek je zaměřen na hodnocení vztahu dvojkolí–kolej při průjezdu dvojitou srdcovkou v tramvajovém provozu. Rozbor obsahuje dva nejčastější případy z hlediska konstrukce koleje – křížení s hlubokými žlábkami v konstrukci koleje z Vignolových kolejnic a křížení s mělkými žlábkami. Je využita metoda posuzování průjezdu přes dvojitě srdcovky definovaná ve vyhlášce UIC 510-2, která je aplikována do oblasti tramvajového provozu. Rozbor vztahu dvojkolí–kolej je proveden pro různé hodnoty klíčových rozměrových parametrů dvojkolí a koleje za účelem stanovení základních požadavků pro zajištění spolehlivého vedení tramvajového dvojkolí při průjezdu dvojitou srdcovkou.

Klíčová slova

tramvaj, dvojkolí, kolejnice, okolek, přídržnice, dvojitá srdcovka, hluboký žlábek, mělký žlábek, hrot srdcovky

Abstract

This paper is concerned to the assessment of a wheelset–track interaction in the obtuse crossing of a tram operation. The analysis contains the two most common cases in terms of a tram track structure – the crossing with the deep grooves in the tram track structure of the Vignol rails and the crossing with the flat grooves. The method of the assessment of a wheelset passing over the obtuse crossing defined in the code UIC 510-2 is used and applied to the tram operation. The analysis of a wheelset–track interaction is performed for the different values of the key dimensional parameters of a wheelset and a track for the purpose of the determination of the basic requirements to ensure the reliable tram wheelset guidance passing over the obtuse crossing.

Keywords

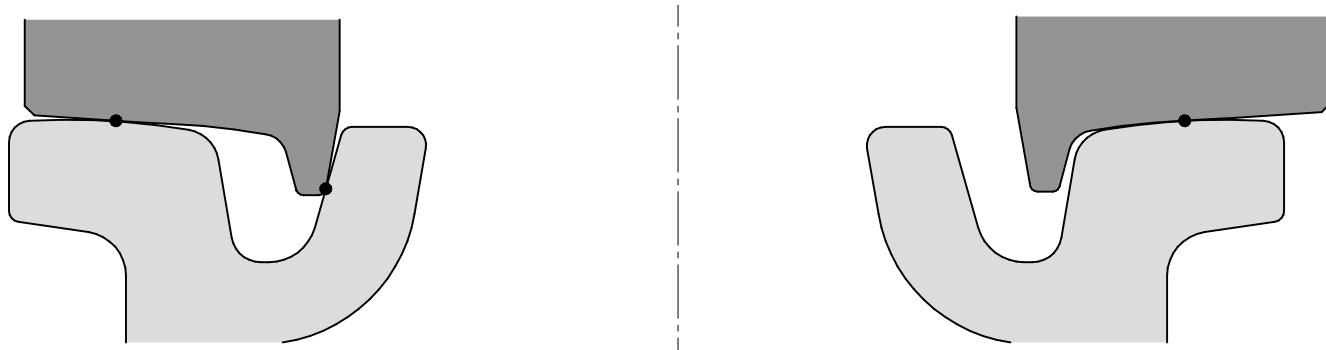
tram, wheelset, rail, flange, guard rail, obtuse crossing, deep groove, flat groove, double frog

1 ÚVOD

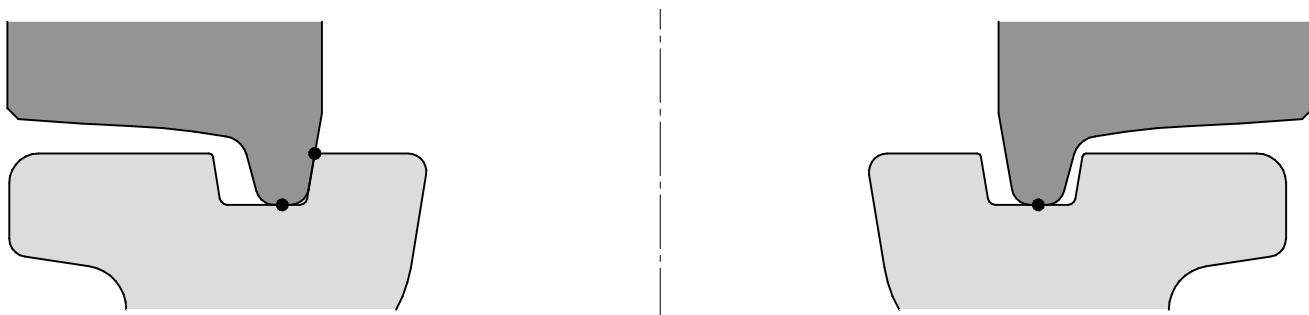
Vztah dvojkolí – kolej v podmínkách tramvajového provozu je z části poněkud odlišný od železnice. Tato odlišnost je dána používáním žlábkových kolejnic, kde se při bočním opotřebení kolejnice a nebo opotřebení vnější hrany okolku kola připouští vedení dvojkolí přírubou (viz obr. 1). Další a značně významná odlišnost tramvajového provozu od železnice je běžné pojíždění dvojkolí po temeni okolku v mělkých žlábkách. Tento způsob pojíždění dvojkolí v koleji je nezbytný v těch místech, kde se vyskytuje

¹ Ing. Aleš Hába, Ph.D., © 0000-0002-0360-661X. Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, Katedra mechaniky, materiálů a částí strojů. Dislokované pracoviště Česká Třebová, Pražského 547, 560 02 Česká Třebová, Česká republika, tel.: +420 466 037 428, e-mail: ales.haba@upce.cz

velký úhel křížení kolejí (obvykle nad 15°). Zde je naopak přímo žádoucí, aby bylo dvojkolí vedeno vnitřní hranou žlábků, tedy na vnitřní straně okolku odpovídajícího kola dvojkolí (viz obr. 2). Obě zmíněná specifika vedení dvojkolí jsou však spojena s provozem v koleji, která je minimálně v křižovatkách součástí silniční komunikace uvnitř městské zástavby, a tudíž rychlostí maximálně 50 km/h.



Obr. 1 Vedení tramvajového dvojkolí přírubou žlábkové kolejnice v případě opotřebení vnější hrany okolku kola



Obr. 2 Vedení tramvajového dvojkolí v mělkém žlábk

S rozšiřováním tramvajového provozu i mimo centra měst, kde je obvykle tramvajová trať již zcela oddělena od silniční komunikace, se využívají Vignolovy, tedy železniční kolejnice. Výhybky a křížení jsou pak konstruovány obdobně jako na železnici (včetně nadvýšení přídržnic), avšak s přihlédnutím ke jmenovitým hodnotám rozkolí a šířky tramvajového okolku. Provoz tramvají na tomto typu svršku je pak obvykle spojen i s vyšší rychlostí až do 80 km/h.

Prezentovaný příspěvek představuje geometrickou (kinematickou) studii průjezdu dvojkolí přes dvojitou srdcovku za účelem zmapování této problematiky v rámci specifík tramvajového provozu. Na železnici jsou parametry koleje z hlediska interoperability přesně stanoveny a jakékoliv nové vozidlo se jim musí svými parametry pojezdu a zejména dvojkolí přizpůsobit. Jednotlivé tramvajové provozy jsou však oddělené, často využívají vlastní parametry dvojkolí, a z toho vyplývají různé parametry koleje i při stejném rozchodu. Jakákoliv nová geometrie v konstrukci takové koleje musí respektovat parametry provozovaných vozidel, aby vztah dvojkolí – kolej byl stále vyhovující. V rámci této teoretické studie jsou pro názornost použity reálné příklady dvojkolí a koleje, avšak bez odkazu na konkrétní označení. Výsledky rozboru uvedené v kap. 5 jsou tedy pouze orientační a pro jednotlivé tramvajové provozy se mohou mírně odlišovat.

2 DVOJITÁ SRDCOVKA V TRAMVAJOVÉM PROVOZU

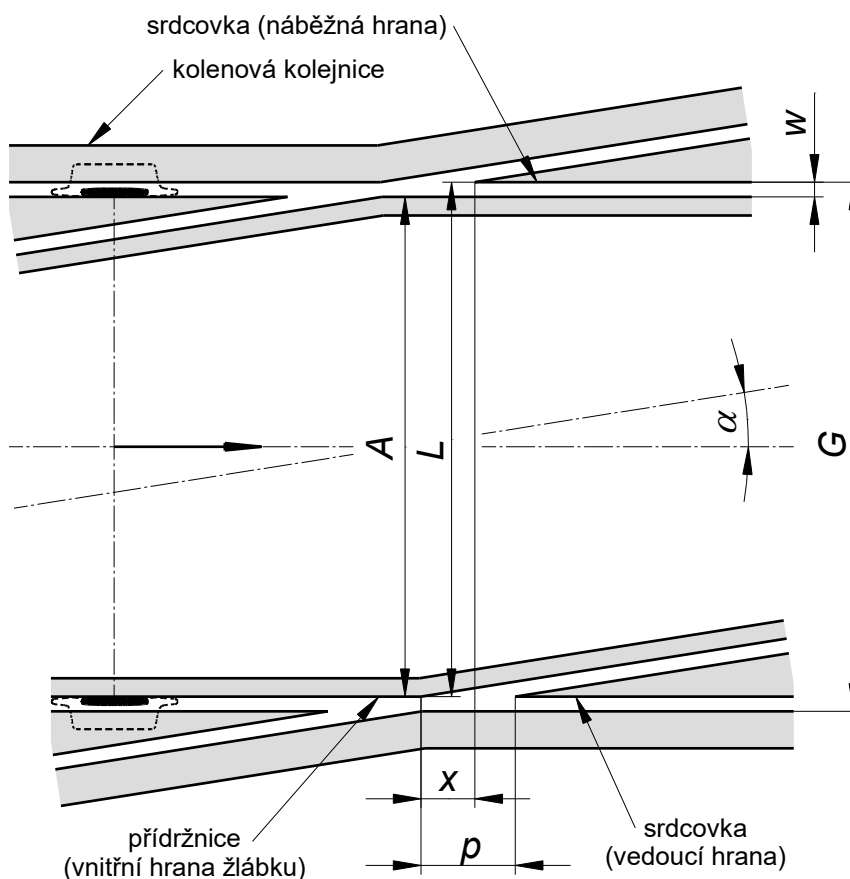
V místě, kde dochází ke křížení dvou kolejí (tzv. kolejové křížení) se vždy nachází proti sobě dvě srdcovky (viz obr. 3). Proto, aby bylo dvojkolí při opuštění kolenové kolejnice a nájezdu na hrot srdcovky spolehlivě vedeno, slouží v případě konstrukce koleje z Vignolových kolejnic u obou kolejnicových pásů přídržnice. Ty však musí být ve středu křížení z podstaty zahnuté, a z toho důvodu nejsou schopny omezit příčný pohyb dvojkolí na celé jeho dráze při opuštění kolenové kolejnice a nájezdu na hrot srdcovky, jako je tomu u jednoduché výhybky. V případě mělkého žlábků doplňuje roli přídržnic vnitřní

hrana žlábků. Ta však v běžné tramvajové křižovatce, která je součástí vozovky, z principu nemůže být nadvýšená. V obr. 3 jsou vyznačeny základní parametry v oblasti dvojité srdcovky v naznačeném směru jízdy. Projíždějící dvojkolí je reprezentováno dvěma řezy – čárkovanou čarou je znázorněn řez vedený úrovní nadvýšení přídržnic a černou výplní je znázorněn řez vedený rovinou dotyku okolků s hrotem srdcovky (viz kap. 4).

Vztah dvojkolí – kolej v oblasti dvojité srdcovky tedy ovlivňují následující základní parametry:

- úhel křížení α ,
- nadvýšení přídržnice z ,
- poloměr oblouku R
- průměr kola d ,
- výška okolků kola h ,
- šířka kola b ,
- rozvor podvozku a

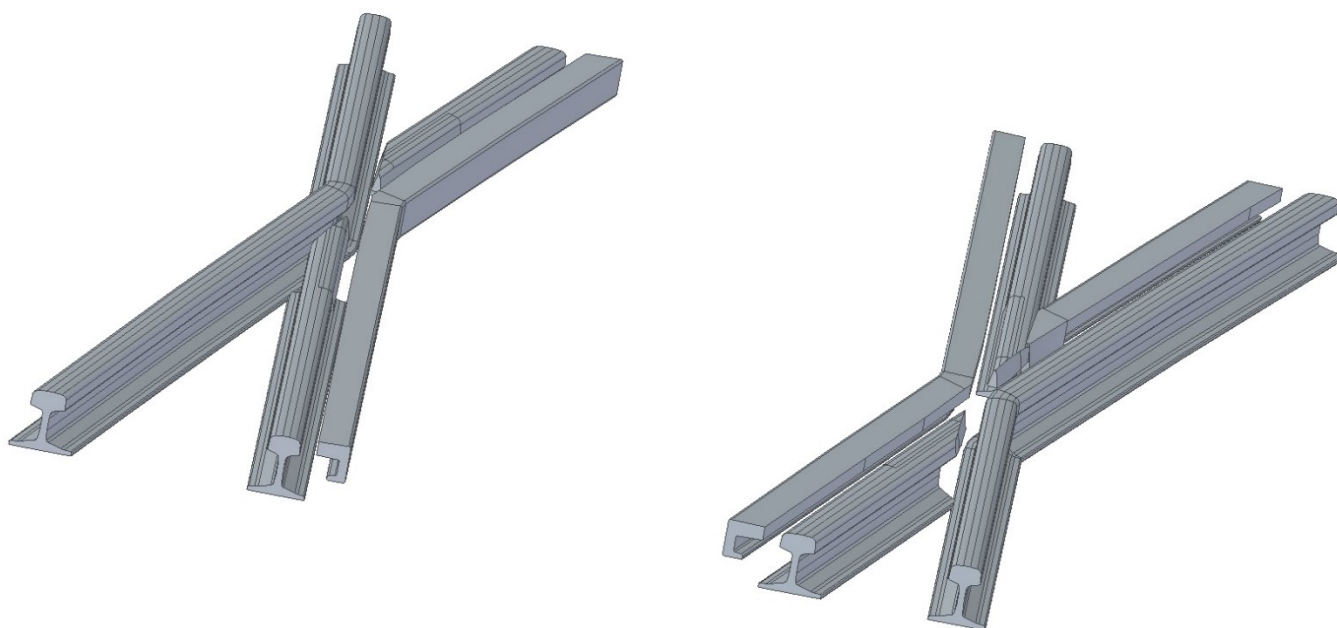
Ostatní parametry jsou buď pro daný tramvajový provoz jednotné (např. rozchod koleje a rozkolí) nebo přímo souvisí s některým z výše uvedených parametrů. Konkrétně šířka žlábků w závisí na poloměru oblouku R . Je to z důvodu postavení podvozku v oblouku, kdy vzniká úhel náběhu dvojkolí, a tedy se zmenšujícím se poloměrem oblouku R se zvětšuje šířka žlábků w . Význam úhlu křížení α , nadvýšení přídržnice z , průměru kola d a výšky okolků kola h je objasněn níže v rámci provedeného rozboru v kap. 5. V této souvislosti je též vhodné definovat tzv. efektivní výšku okolků h_e , což je výška okolků relevantní pro vedení dvojkolí přídržnicí, tedy měřená od roviny styčné kružnice po začátek zaoblení vnitřní hrany okolků. Šířka kola b pak ovlivňuje maximální hodnotu úhlu křížení α , pro kterou je možné použít hluboký žlábek [3]. Rozvor podvozku má přímý vliv na úhel náběhu kola vzniklý v důsledku geometrického postavení a vzpříčené polohy podvozku v oblouku, tedy pro případ, že se dvojitá srdcovka nachází v oblouku.



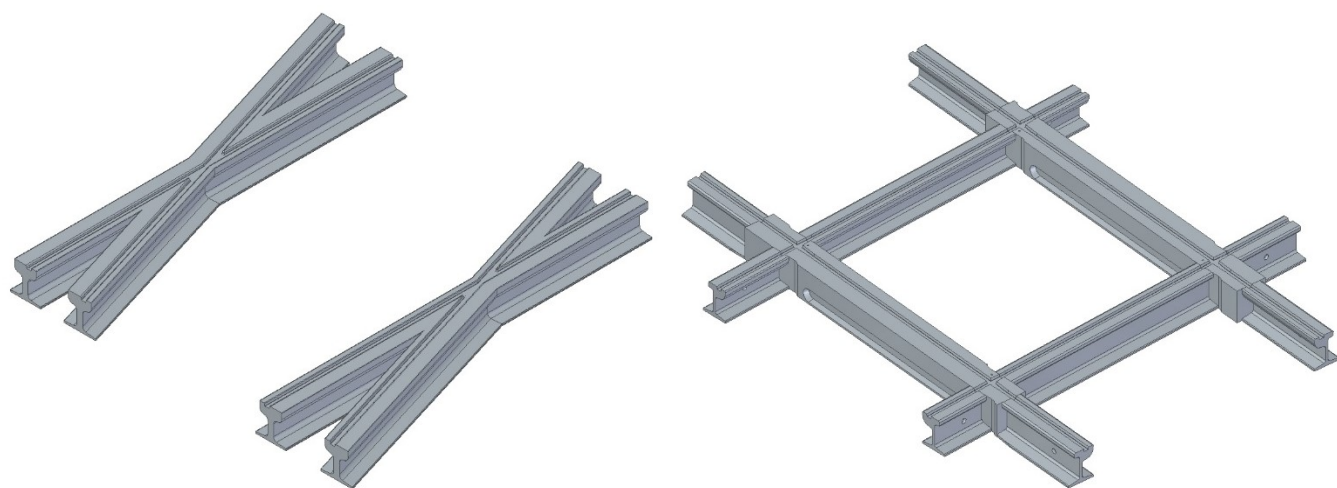
Obr. 3 Základní části a parametry dvojité srdcovky v naznačeném směru průjezdu

Kolejová křížení, a tedy i dvojité srdcovky, lze v zásadě rozdělit do dvou základních kategorií – s hlubokým žlábkem a s mělkým žlábkem.

Hluboký žlábek (viz obr. 4) lze použít jen tehdy, je-li úhel křížení α malý. Konkrétní maximální velikost úhlu křížení α pro hluboké žlábkové se stanoví na základě šířky žlábků w , šířky kola b a přípustného bočního opotřebení okolku tak, aby přejezd kola z kolenové kolejnice na hrot srdcovky byl dostatečně plynulý, tzn. aby zejména hrot srdcovky plnil nosnou funkci až při tomu odpovídající šířce. Zároveň malému úhlu křížení odpovídá velká vzdálenost x od ohybu přídržnice k hrotu srdcovky, která je dále nazývána jako teoretická nevedená délka. Z toho důvodu je pro spolehlivé vedení dvojkolí v tomto případě nezbytností nadvýšená přídržnice. S rostoucím nadvýšením přídržnice se totiž ve dvojité srdcovce zkracuje délka úseku, kde příčný pohyb dvojkolí není dostatečně omezen. Použití nadvýšené přídržnice je však obvykle spojeno jen s konstrukcí koleje z Vignolových kolejnic.



Obr. 4 Dvojitá srdcovka s hlubokým žlábkem v konstrukci koleje z Vignolových kolejnic



Obr. 5 Dvojitá srdcovka s mělkým žlábkem a malým úhlem křížení (vlevo)
a pravouhlé křížení kolejí s mělkým žlábkem (vpravo)

Není-li zajištěn dostatečně plynulý přejezd kola z kolenové kolejnice na hrot srdcovky, pak musí dvojkolí pojíždět po temeni okolků kol v **mělkém žlábk** (viz obr. 5 vlevo), přičemž roli přídržnic se ujímají vnitřní hrany žlábků. Ty ale nadvýšené být nemohou (jedná se zejména o kolej, která je součástí silniční komunikace v křižovatce), nicméně s rostoucím úhlem křížení α se ve dvojité srdcovce zkracuje

délka úseku, kde příčný pohyb dvojkolí není dostatečně omezen. Blíží-li se úhel křížení hodnotě 90° , typicky u křížení kolejí na pravoúhlé křižovatce (viz obr. 5 vpravo), pak už o dvojitě srdcovce obvykle ani nehovoříme. Při průjezdu takovým křížením se totiž u téhož dvojkolí nachází u jednoho kola dvojitá srdcovka a u druhého kola jednoduchá srdcovka (jednoduché srdcovky jsou také součástí každého kolejového křížení a při malém úhlu křížení se nachází na jeho koncích).

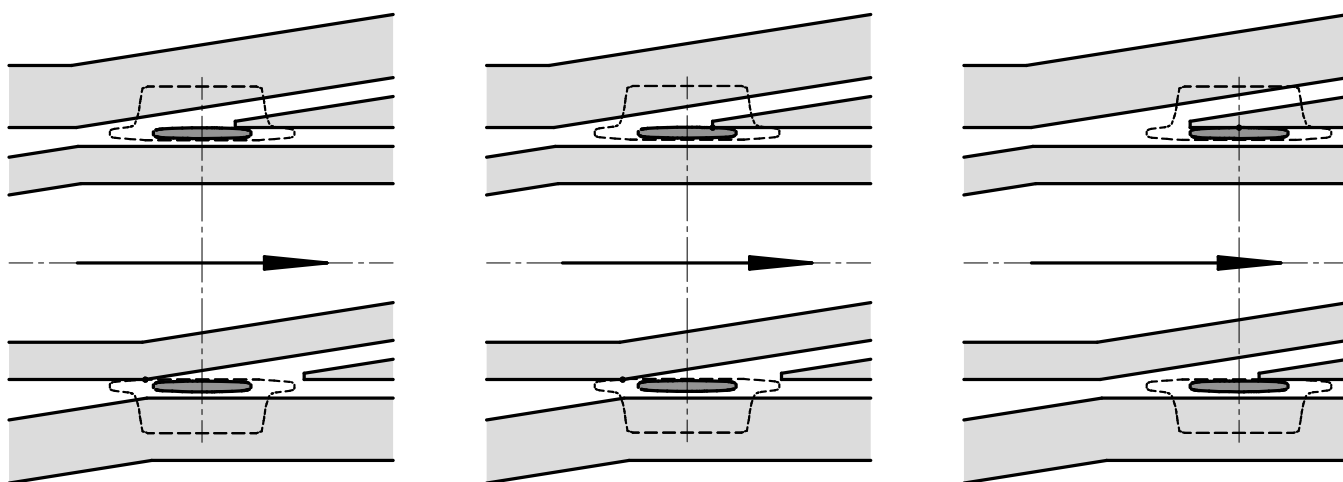
Teoreticky existuje ještě třetí možnost konstrukce dvojitě srdcovky, a sice s hlubokým žlábkem v konstrukci koleje ze žlábkových kolejnic. Jednalo by se o blokové provedení srdcovek, které by mohl být vyrobeno vyfrézováním hlubokých žlábků. Nicméně jak už bylo výše uvedeno, hluboký žlábek je možné použít jen v případě malých úhlů křížení. Tudíž by zde vznikla dlouhá teoretická nevedená délka x . Bez nadvýšení vnitřní hrany žlábků by však dvojkolí v tomto provedení dvojitě srdcovky nebylo spolehlivě vedeno (viz kap. 4). Nadvýšení vnitřní hrany žlábků je však v tomto případě buď zcela nemožné (je-li křížení kolejí součástí silniční komunikace v křižovatce) nebo obtížně technicky proveditelné.

3 PRŮJEZD DVOJKOLÍ DVOJITOU SRDCOVKOU

Průjezd vozidla dvojitou srdcovkou můžeme z pohledu vedení dvojkolí rozdělit do několika fází (viz obr. 6).

Nejdříve (viz obr. 6 vlevo) sledujeme **pohyb kola, které opouští kolenovou kolejnici, aby najelo spolehlivě na hrot srdcovky** (jedná se o levé kolo ve směru jízdy na obr. 6). Přídržnice však u opačného kola (na obr. 6 pravého ve směru jízdy) omezuje příčnou polohu dvojkolí jen po určitou dráhu, přesně do okamžiku, než se svislá plocha vnitřního čela tohoto kola dostane k ohybu přídržnice. Následně může dojít k tomu (zejména tehdy, nachází-li se dvojitá srdcovka v oblouku), že dvojkolí stále respektuje nejméně příznivou příčnou polohu, tzn. klouže po přídržnici až do toho okamžiku, než přebere spolehlivě (viz kap. 4) vodící funkci pojížděný hrot srdcovky (viz obr. 6 uprostřed). Při nejmenší přípustné vzdálenosti L (od vedoucí hrany přídržnice po pojížděnou hranu hrotu srdcovky) pak v této fázi nastává nejméně příznivá situace pro dvojkolí s největší hodnotou vodící šířky, tedy pro jmenovitý jízdní obrys kol a maximální hodnotu rozkolí, nebudeme-li uvažovat opotřebení do jízdní plochy v tramvajovém provozu za dominantní (tedy, že v provozu nedochází ke zvětšování šířky okolků).

V další fázi (viz obr. 6 vpravo), kdy už **původně sledované kolo je nejen vedeno, ale i neseno hrotem srdcovky** (jedná se o levé kolo ve směru jízdy na obr. 6 vpravo), je naopak zapotřebí se zaměřit na opačné kolo (pravé ve směru jízdy na obr. 6 vpravo). To musí být vzhledem k jemu odpovídajícímu vedoucímu hrotu srdcovky rovněž ve vyhovujícím vztahu (viz kap. 4). Při největší přípustné vzdálenosti L (od hrany vedoucího hrotu srdcovky po pojížděnou hranu hrotu srdcovky) pak v této fázi nastává nejméně příznivá situace pro dvojkolí s nejmenší hodnotou vodící šířky, tedy pro minimální přípustnou šířku okolků kola v kombinaci s minimální hodnotou rozkolí.

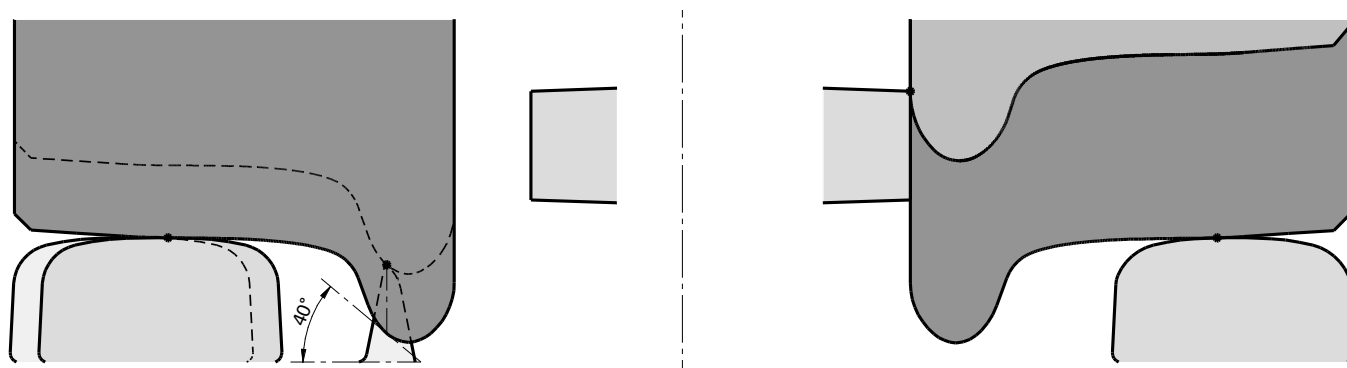


Obr. 6 Klíčové pozice dvojkolí při průjezdu dvojitou srdcovkou

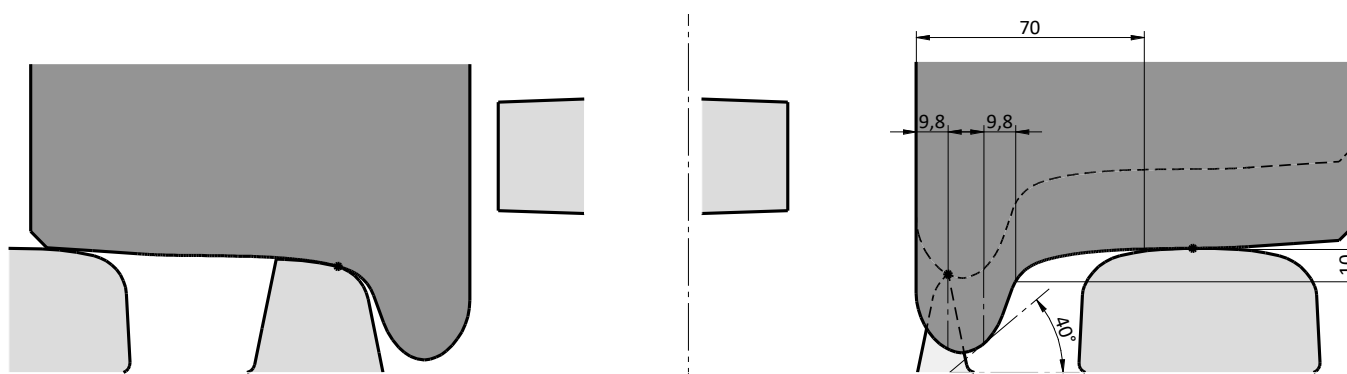
4 POSOUZENÍ VEDENÍ DVOJKOLÍ VE DVOJITÉ SRDCOVCE

V kap. 3 bylo uvedeno, že vztah kola a začátku hrotu srdcovky musí být vyhovující, přičemž toto posuzujeme jak u pojížděného hrotu, tak u vedoucího hrotu. V problematice vztahu dvojkolí – kolej v podmínkách tramvajového provozu neexistuje žádný normativní dokument, který by se zabýval posuzováním tohoto vztahu ve dvojité srdcovce. Pro případ konstrukce dvojité srdcovky z Vignolových kolejnic lze však aplikovat metodiku, která je pro železnici uvedena ve vyhlášce UIC 510-2 [1] a také v ČSN EN 14363 [2] s přihlédnutím na jisté odlišnosti specifické pro tramvajový provoz. Na železnici je totiž nezbytné prokázat spolehlivost vedení dvojkolí při průjezdu dvojitou srdcovkou u všech vozidel, která mají průměr kol menší než 840 mm. U takových kol totiž vzniká riziko nespolehlivého vedení v oblasti dvojité srdcovky. Je též vhodné poznamenat, že uvedené normativní dokumenty se zabývají průjezdem železničního dvojkolí přes dvojitou srdcovku umístěnou v oblouku. Jedním z nezbytných opatření pro zlepšení situace na straně vozidla je větší výška okolku, čímž dojde ke zkrácení vzdálenosti, kde dvojkolí není spolehlivě vedeno v uvažovaném směru jízdy. Posouzení pak vychází z reálné nejméně příznivé polohy dvojkolí v koleji při průjezdu celou kritickou oblastí dvojité srdcovky (viz obě zmíněné fáze v kap. 3), přičemž se uvažuje úhel náběhu vzniklý v důsledku postavení dvojkolí v oblouku (v rámci rozvoru podvozku či vozidla), v důsledku podélné vůle ve vedení dvojkolí a v důsledku vzpříčené polohy podvozku či vozidla ve volném jízdním kanálu koleje.

Za nejzazší spolehlivou polohu dvojkolí ve dvojité srdcovce se v železničním provozu považuje kontakt vnější hrany okolku kola s pojížděnou hranou hrotu srdcovky dle obr. 7 a vnitřní hrany okolku kola s vedoucí hranou hrotu srdcovky dle obr. 8 [1].



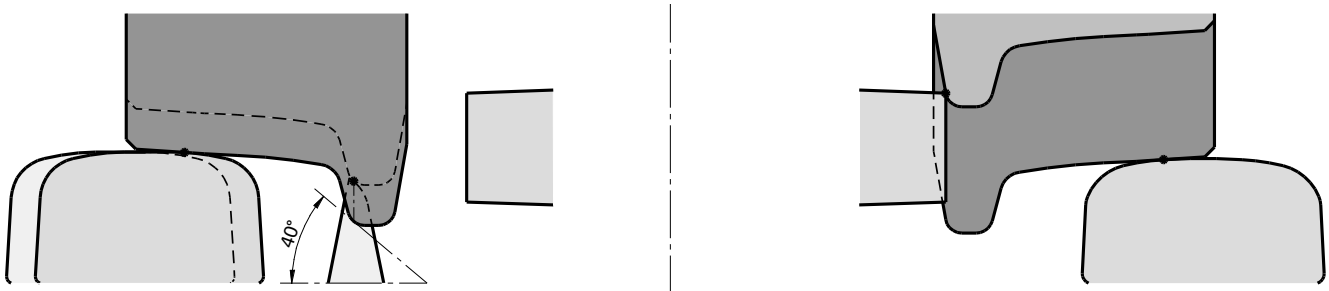
Obr. 7 Nejzazší spolehlivý kontakt vnější hrany okolku kola s pojížděnou hranou hrotu srdcovky v železničním provozu



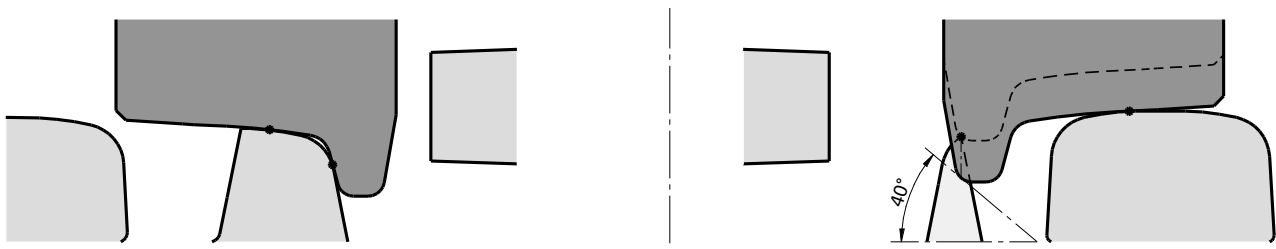
Obr. 8 Nejzazší spolehlivý kontakt vnitřní hrany okolku kola s vedoucí hranou hrotu srdcovky v železničním provozu

Pro případ hlubokých žlábků v tramvajovém provozu nastává tentýž problém (viz obr. 9 a 10), jelikož průměr kol v současnosti provozovaných tramvají je max. 700 mm. Navíc tramvajová kola mají menší výšku okolku, která se v provozu v důsledku pojíždění v mělkých žlábkách opotřebením může

zmenšovat. S ohledem na obvyklý tvar okolku tramvajového kola, přizpůsobený pojíždění po jeho temeni v mělkých žlábkách, je v zásadě přípustný kontakt vnitřní hrany okolku kola s vedoucí hranou hrotu srdcovky rovněž pod úhlem maximálně 40° , a to s ohledem na skutečnost, že i vnitřní hrana okolku kola se v provozu opotřebovává (viz obr 10).



Obr. 9 Nejzazší spolehlivý kontakt vnější hrany okolku kola s pojížděnou hranou hrotu srdcovky u tramvajového kola



Obr. 10 Nejzazší spolehlivý kontakt vnitřní hrany okolku kola s vedoucí hranou hrotu srdcovky u tramvajového kola

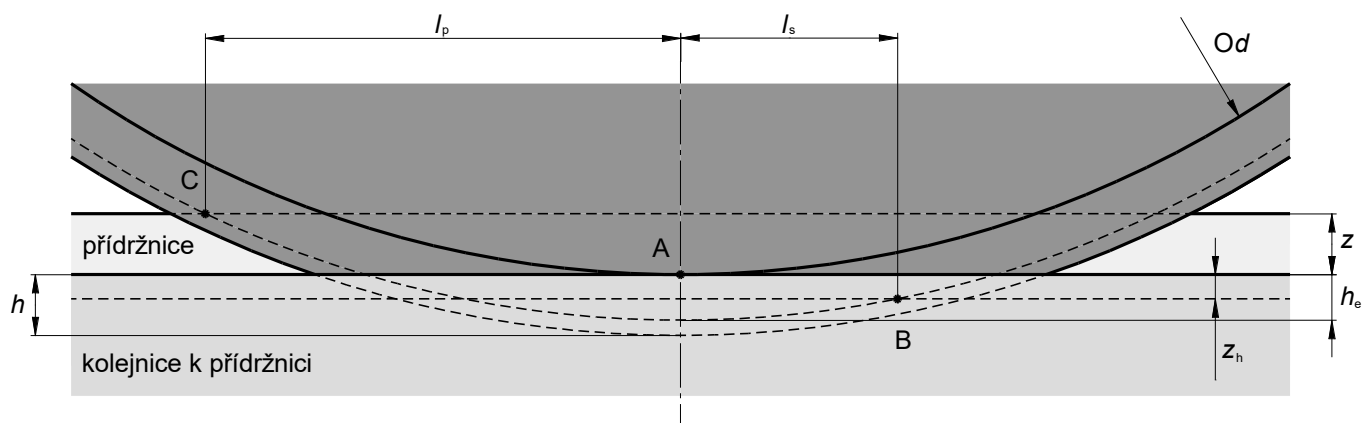
V případě mělkých žlábků však rovněž nesmí docházet k situacím, které by znamenaly riziko vyšplhání okolku nad hranu žlábků, třebaže se ve dvojitých srdcovkách mělkých žlábků připouští výrazně nižší rychlost jízdy.

Je nutné poznamenat, že ve všech uvedených případech na obr. 7, 8, 9 a 10 je dotkový bod na okolku počátečním kontaktním bodem okolku s hrotem srdcovky, a to v předstihu před dotkovým bodem jízdní plochy a kolenové kolejnice, protože kolo je stále neseno kolenovou kolejnicí. Hrot srdcovky má v tomto případě za úkol spolehlivě navést dvojkolí do odpovídající a bezpečné příčné polohy.

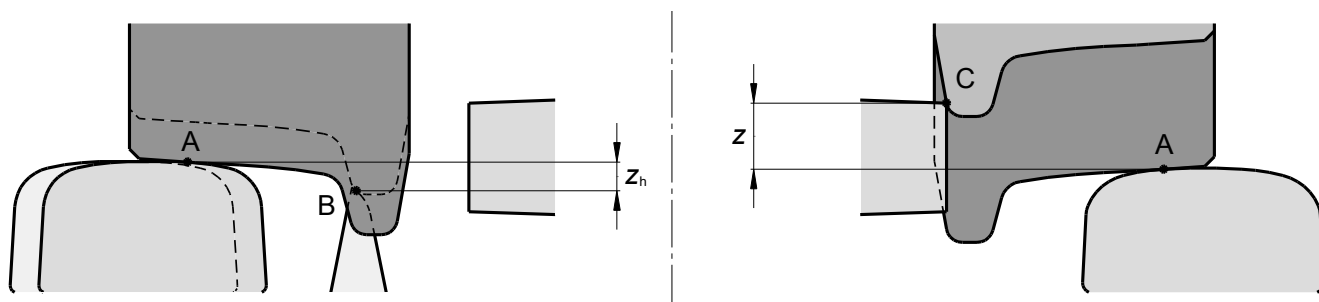
5 ROZBOR VLIVU ZÁKLADNÍCH PARAMETRŮ VZTAHU DVOJKOLÍ–KOLEJ NA VEDENÍ DVOJKOLÍ PŘI PRŮJEZDU DVOJITOU SRDCOVKOU

Základním parametrem ovlivňujícím způsob vedení dvojkolí ve dvojitě srdcovce je úhel křížení α , který spolu s šířkou žlábků w určuje teoretickou nevedenou délku x (viz obr. 3). To, jaká část z této délky představuje dráhu, po kterou není dvojkolí v srdcovce spolehlivě vedeno, je ovlivněno průměrem kola d , nadvýšením přídržnice z , efektivní výškou okolku h_e , a výškou z_h představující svislou vzdálenost dotkového bodu vnější hrany okolku s hrotem srdcovky od dotkového bodu jízdní plochy kola s hlavou kolenové kolejnice, tedy přibližně od úrovně TK (viz obr. 11 a 12). Pro kolo tak dle obr. 11 stanovíme vzdálenost l , relevantní pro vedení dvojkolí. Jedná se o součet polovin odpovídajících tětiv kola l_p a l_s :

$$l = l_p + l_s = \sqrt{\left(\frac{d}{2} + h_e\right)^2 - \left(\frac{d}{2} - z\right)^2} + \sqrt{\left(\frac{d}{2} + h_e\right)^2 - \left(\frac{d}{2} + z_h\right)^2}, \quad (1)$$



Obr. 11 Stanovení vzdálenosti $l = l_p + l_s$ relevantní pro vedení dvojkolí ve dvojité srdcovce



Obr. 12 Znázornění příčného řezu dvojkolím a kolejí ve dvojité srdcovce a jednotlivých dotkových bodů A, B a C na příkladu tramvajového dvojkolí

Nadvýšení přidržnice je v obr. 12 pro názornost uvedeno jako vzdálenost od hrany přidržnice k dotkovému bodu jízdní plochy kola s hlavou kolenové kolejnice. To je však vzdálenost srovnatelná se skutečně definovaným (a tedy i měřitelným) nadvýšením přidržnice, které představuje výšku temene přidržnice (která má vždy skloněnou horní plochu) nad TK.

Ve vztahu ke dvojité srdcovce pak můžeme porovnat vzdálenost l s teoretickou nevedenou délkou x , která se z geometrie dvojité srdcovky stanoví dle následujícího vztahu (viz obr. 3):

$$x = \frac{w}{\tan \alpha} - \frac{A}{\sin \alpha} (1 - \cos \alpha) \quad (2)$$

Skutečná nevedená délka x_{10} je však větší. Uvažujeme-li totiž dle [3] začátek hrotu srdcovky v místě, kde je jeho šířka 10 mm, pak skutečnou nevedenou délku x_{10} stanovíme následovně:

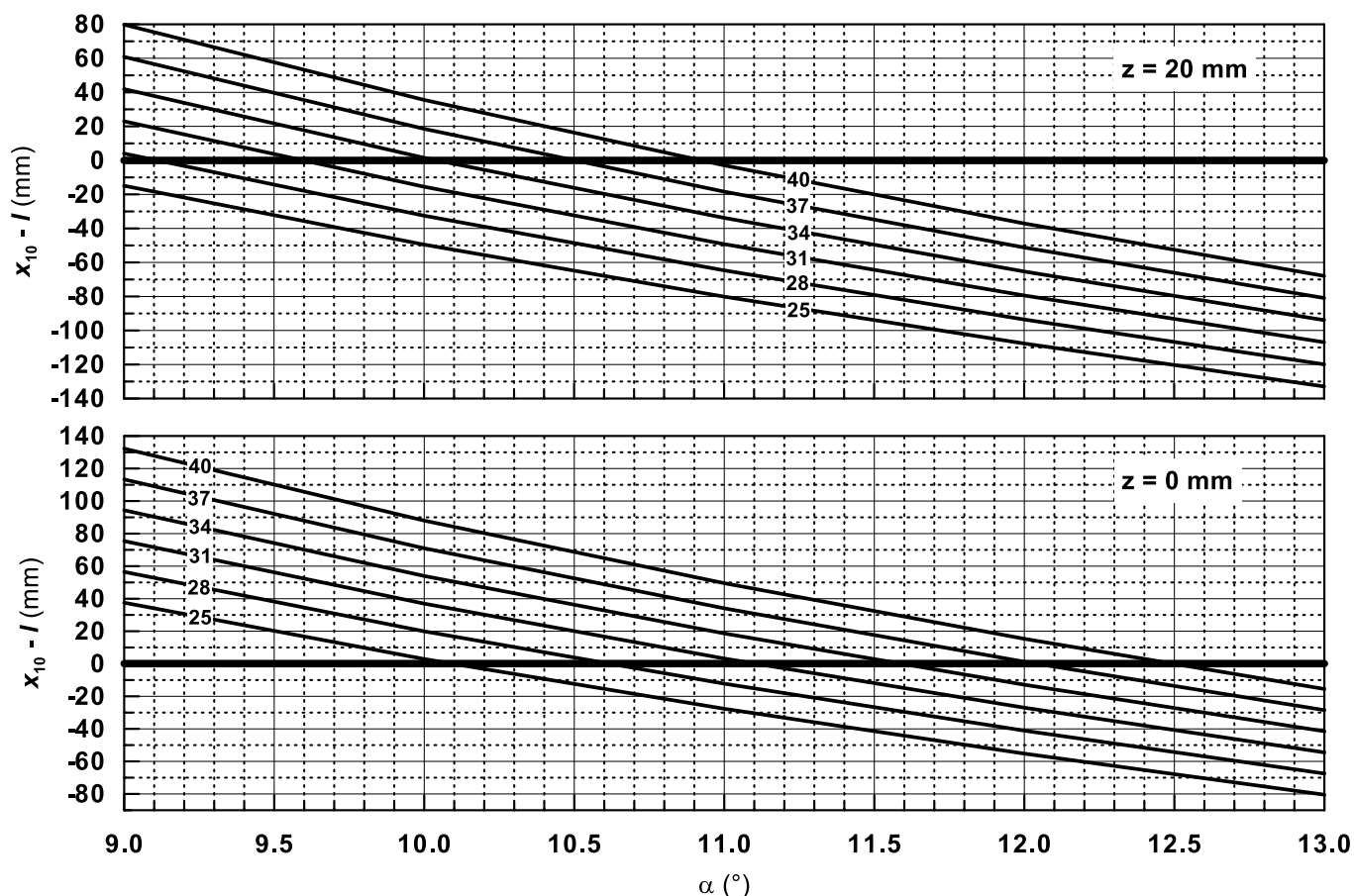
$$x_{10} = x + \frac{10 \text{ mm}}{\tan \alpha} \quad (3)$$

Uvažujme nejdříve případ ze železničního provozu takový, pro který není nutné posuzovat vedení dvojkolí ve dvojité srdcovce, tzn. průměr kola $d = 840$ mm, efektivní výška okolku $h_e = 10$ mm, šířka žlábků $w = 40$ mm, nadvýšení přidržnice $z = 40$ mm, úhel křížení $\alpha = 9^\circ$ a rozkolí $A = 1360$ mm. Pak v okamžiku, kdy vnitřní čelo kola opouští hranu přidržnice ve svém směru jízdy, vnější hrana okolku opačného kola přesahuje začátek hrotu srdcovky o 34 mm (jedná se o hodnotu získanou jako $l - x_{10}$). Avšak pro případ menšího průměru kola už nemusí být délka tělvisy l dostatečná k tomu, aby vnější hrana okolku vůbec dosáhla hrotu srdcovky v okamžiku, kdy opačné kolo opouští hranu přidržnice ve svém směru jízdy.

V případě tramvajového provozu budeme uvažovat nejméně příznivou situaci představující maximálně opotřeбенý stav jízdního obrysu kola s efektivní výškou okolku $h_e = 10$ mm a minimálním průměrem kola $d = 550$ mm. Hodnotu rozkolí, která ovlivňuje vzdálenost A , uvažujeme 1380 mm. Ze vztahu (2) je však patrné, že změna rozkolí v rámci obvyklých hodnot používaných v tramvajovém provozu (1375÷1385 mm) nemá na výslednou hodnotu teoretické nevedené délky x významný vliv.

Zbývají tedy dva základní parametry dvojité srdcovky, a to šířka žlábků w a úhel křížení α , jež jistým způsobem spolu souvisí. Nachází-li se dvojitá srdcovka v oblouku, pak menšímu poloměru oblouku odpovídá nejen větší šířka žlábků, jak již bylo uvedeno v kap. 2, ale i větší úhel křížení. Konkrétní závislost je však dána rozvozem podvozku a používaným tvarem jízdního obrysu kola, u kterého významnou roli hraje tloušťka okolku, v případně nadvýšených přídržnic pak šířka okolku.

Z grafů na obr. 13 lze pak vyčíst, pro jaké hodnoty úhlu křížení α a šířky žlábků w není zapotřebí posuzovat spolehlivost vedení dvojkolí při průjezdu dvojitou srdcovkou, tedy za jakých podmínek délka tětiny kola l relevantní pro vedení dvojkolí je větší než skutečná nevedená délka x_{10} ($x_{10} - l < 0$). Pro kolej bez nadvýšení přídržnic (obr. 13 dole) se to týká úhlů křížení větších než přibližně 12° , uvažujeme-li maximální šířku žlábků v tramvajovém provozu 34 mm. To lze aplikovat i pro případ mělkých žlábků, které tedy nelze použít pro úhly křížení menší než 12° . Avšak úhel křížení menší než 12° už si zpravidla ani nevynucuje použití mělkého žlábků i při malé šířce kola. Nicméně i hluboký žlábek s úhlem křížení pod 10° bez nadvýšených přídržnic může být značně problematický právě z hlediska spolehlivosti vedení dvojkolí ve dvojité srdcovce, zejména v kombinaci s větší šířkou žlábků. Je-li však kolej konstruována s nadvýšenými přídržnicemi, pak se situace logicky zlepší. Z grafu na obr. 13 nahoře, který je zpracován pro nadvýšení přídržnic 20 mm, je zřejmé, že pro úzké žlábků 25÷27 mm nebude zapotřebí posuzovat spolehlivost vedení dvojkolí ve dvojité srdcovce vůbec ani pro nejmenší úhel křížení 9° . Ale i pro širší žlábků 28÷34 mm není hodnocený přesah $x_{10} - l$ příliš velký (do 45 mm). To napovídá, že bez nutnosti upravovat další parametry (např. jmenovitou a minimální výšku okolku) bude možné spolehlivé vedení ve dvojité srdcovce prokázat.



Obr. 13 Přesah skutečné nevedené délky x_{10} ve dvojité srdcovce přes vzdálenost l , v závislosti na úhlu náběhu α a šířce žlábků w pro kolej bez nadvýšené přídržnice (dole) a s nadvýšením přídržnice 20 mm (nahore)

6 ZÁVĚR

Provedený teoretický rozbor ukázal, že otázka spolehlivého vedení dvojkolí při průjezdu dvojitou srdcovkou je v tramvajovém provozu stejně aktuální, jako u železničních vozidel využívajících kola o průměru menším než 840 mm, a to právě proto, že průměr výrazně pod 840 mm je typický pro tramvaje. Problematické mohou být v tomto ohledu malé úhly křížení (přibližně do 12°). Ty jsou však typické pro hluboké žlábků, obvykle spojené s konstrukcí koleje z Vignolových kolejnic, kde je možné snadno realizovat nadvýšení přídržnic a tím spolehlivé vedení ve dvojité srdcovce zajistit. V mělkých žlábkách je pak spolehlivý průjezd dvojitou srdcovkou obvykle zajištěn velkým úhlem křížení, který sám o sobě si použití mělkých žlábků vynucuje. Při malém úhlu křížení (přibližně do 12°), kde není možné realizovat nadvýšení přídržnice (např. kolejové rozvětvení v křižovatce s malým úhlem odbočení), pak při obvyklé konstrukci koleje nelze spolehlivé vedení dvojkolí ve dvojité srdcovce vůbec zajistit.



Literatura

- [1] UIC CODE 510-2:2004 ed 4. *Trailing stock: wheels and wheelsets. Conditions concerning the use of wheels of various diameters.*
- [2] ČSN EN 14363+A2:2024. *Železniční aplikace – Zkoušení a simulace pro schvalování železničních vozidel z hlediska jízdních vlastností – Jízdní chování a stacionární zkoušky.*
- [3] ENDE, R., JENSEN, L., OTTO, K., OTTO, W., SLADEK, H.: *Superstructure Guidelines and Supplementary Superstructure Guidelines for Urban Rail Systems according to BOStrab.* VDV Recommendation 600. Cologne: Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e. V., 2018.

Zasláno / received: 24. 06. 2025, přijato / accepted: 27. 07. 2025, publikováno / published: 17. 09. 2025.

Příspěvek recenzovali / The paper was reviewed by: Ing. Libor Výmola (DT – Výhybkárna a strojárna, a.s.), Ing. Tomáš Heptner (VÚKV a.s.).