

SCIENTIFIC PAPERS
OF THE UNIVERSITY OF PARDUBICE

Series B

The Jan Perner Transport Faculty

2 (1996)

**OVĚŘENÍ FUNKČNOSTI SPECIÁLNÍHO PÁKOVÉHO
MECHANISMU UMOŽŇUJÍCÍHO RADIÁLNÍ STAVĚNÍ
DVOJKOLÍ V OBLOUKU KOLEJE**

Michael LATA

Katedra dopravních prostředků

ÚVOD

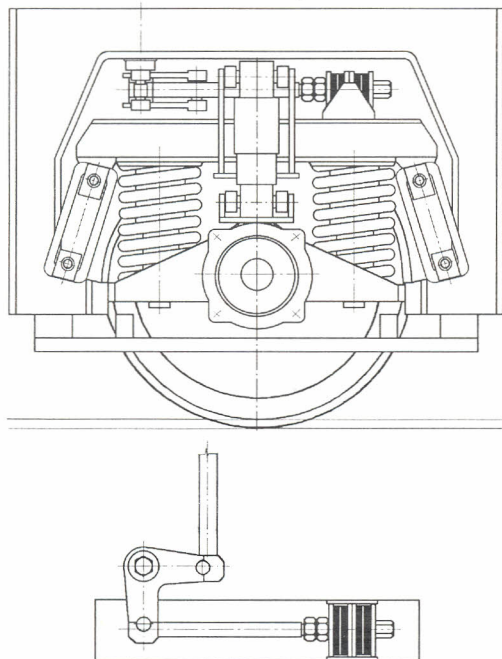
Průjezd vozidla obloukem koleje tvoří významný problém zejména z hlediska zvýšeného namáhání kol i pojezdových částí vozidel, kolejnic, s tím souvisejícího opotřebení, energetických ztrát v důsledku zvýšení jízdních odporů, bezpečnosti proti vykolejení a ekologických faktorů (zejména hluk). V zásadě jde o to, aby vedení dvojkolí minimalizovalo negativní účinky z jízdy obloukem tím, že svou podélnou vůlí umožní skluzovým silám, vznikajícím ve stykových ploškách, natočit dvojkolí do radiální polohy vzhledem k oblouku. Rejdovností se minimalizuje zejména úhel náběhu, definovaný jako úhel mezi okamžitou normálou k oblouku a osou nápravy dvojkolí. Minimalizuje se téměř na nulu okamžitý třecí výkon mezi koly a kolejnicemi, který u velmi tuhé podélné vazby (téměř pevného vedení) dosahuje 3 000 - 5 000 W, v extrémních podmínkách až 10 000 W na 1. kolo. Se zvyšujícími se nároky na rychlosti a výkony vznikl trend volit u dvojnápravových (zejména tažných) vozidel vazbu poměrně tuhou, připojením k hlavnímu rámu prostřednictvím táhel s pryžovými prvky. Tomuto trendu napomohla i představa na základě zkušeností (zhruba 70. léta), že volné dvojkolí v oblouku nerejduje, naopak se staví do antiradiální polohy s ještě větším úhlem náběhu. O opaku hovoří na DP

DFJP UPA provedené počítačové simulační výpočty jízdy vozidel řady 810 s modelově vnesenou rejdovností [8] a simulace jízdy kolejového pluhu KP 900, kde byla prakticky aplikována rejdovnost dvojkolí prostřednictvím speciálního pákového mechanismu [6], umožňujícího nezávislý přenos podélných tažných i brzdných sil. Navíc data, experimentálně naměřena na KP 900 významným způsobem vzájemně verifikují správnou funkci rejdovnosti na vozidle KP 900, správnost použitého simulačního modelu včetně vstupních dat a věrohodnost měření samotného. Dvounápravový pojezd kolejového pluhu KP 900, na němž byl aplikován mechanismus rejdovnosti dvojkolí, byl navržen v roce 1989 na katedře kořajových vozidel motorov a zdvihadiel, Vysoké školy dopravy a spojov v Žilině (*obr. 1*). Příčné a podélné vypružení i tlumení pohybů v těchto směrech je realizováno šikmo uloženými hraníkovými závěsy, v krajních polohách pak pryžovými prvky svislých vodících čepů. Protože kolejový pluh KP 900 je v podstatě tažné vozidlo, mezi dvojkolím a rámem vozidla je nutno v podélném směru přenést tažné síly, stejně tak i síly brzdné. Pouze prostřednictvím hraníkových závěsů je to nevhodné - s největší pravděpodobností by docházelo k vyčerpávání podélných vůlí. Podélné síly se proto v takovémto případě obvykle přenáší přidávanými podélnými vazbami na rám vozidla s poměrně velkou tuhostí, prakticky realizovanými podélnými táhly s pryžovými prvky (srovnatelnou koncepcí pojezdu má např. motorový vůz ř. 810). Pokud by dvojice táhel (vždy pro jedno dvojkolí) byla připojena přímo na rám vozidla, úhlová tuhost dvojkolí by dosahovala značných hodnot - dvojice vratných podélných sil ve vazbách by nebyla schopna dostat se do rovnováhy s dvojicí podélných skluzových sil vznikajících v oblouku. Prakticky by to znamenalo, že podélné skluzové síly nejsou schopny dvojkolí přirozeně natočit a tím snížit úhel náběhu. Navržený pákový mechanismus [6] řeší uvedený rozpor. Umožňuje velmi tuhý přenos podélných tažných sil a zároveň umožňuje natáčení dvojkolí - úhlová tuhost je v takovémto případě nezávislá na tuhostech podélných táhel. Navíc je umožněno příčné posunutí dvojkolí, nezávisle na jeho natočení. Je však nutno si rovněž uvědomit, že snižování úhlové tuhosti má negativní vliv na stabilitu jízdy v přímé zejména při vyšších rychlostech a určitých geometrických podmínkách vazby kolo - kolejnice.

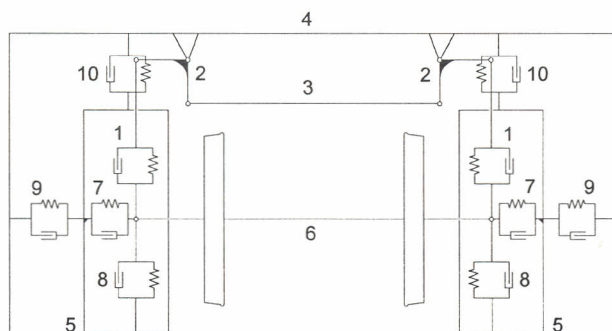
TEORETICKÁ ČÁST

Na *obr. 2* je znázorněn model vazby dvojkolí 6 na rám vozidla 4 jednak prostřednictvím závěsek 9 v příčném směru, 10 v podélném směru a jednak prostřednictvím pákového mechanismu 1, 2, 3. Navíc je dvojkolí vázáno k podélným nosníkům 5 rovněž pružně, a to prostřednictvím pryžových prvků vodících čepů 7, 8. Toto schéma je účelné zjednodušit, aniž by však byla podstatně postižena podobnost modelu se skutečností.

Michael Lata:



Obr. 1 Pojezd kolejového pluhu KP 900



Obr. 2 Vazba dvojkolí na rám

Vozidlo může zaujmout vzhledem ke koleji v oblouku nekonečné množství poloh, v rámci statické rovnováhy. Každá zaujatá poloha (v rámci každého časového řezu) je výsledkem okamžité rovnováhy sil, působících na vozidlo z koleje a uvnitř soustav těles vozidla a těles koleje. Časový průběh polohy vozidla ke koleji a silového působení je tím bližší realitě, čím větší množství faktorů,

významným způsobem se uplatňujících jsme schopni postihnout. Jsou to zejména tyto: geometrický vztah dvojkolí - kolej, odchylky profilu kola od jmenovitého, odchylky profilu hlavy kolejnice od jmenovitého, odchylky polohy kolejnicových pásů od své jmenovité polohy (svislý a příčný směr), adhezní vazba mezi kolem a kolejnicí a související skluzový mechanismus, vozidlo jako dynamický systém těles, spojených pružnými vazbami a tlumícími prvky, kolej jako dynamický systém těles, spojených pružnými vazbami a tlumícími prvky, uvažování nelinearit v charakteristikách pružných vazeb a tlumících prvků, rozjezd nebo brzdění; vliv tažných či brzdných účinků, vzájemná interakce mezi několika spřaženými vozidly. Tyto vlivy je možné více či méně zahrnout při dynamickém modelování v čase, neboli simulačních výpočtech.

Principem simulačních výpočtů obecně je řešení systému rovnic, tvořících matematický model, v každém časovém okamžiku (i -tém integračním kroku) $t_{i+1} = t_i + dt$ daného děje. Většinou jde o diferenciální rovnice s časem jako nezávisle proměnnou. Matematický model lze rozdělit na model koleje a model vozidla. Každý tento model je (většinou v prostoru) tvořen hmotnými tělesy, navzájem spojenými pružnými vazbami. Mezi modelem vozidla a modelem koleje existuje vazba, jejíž parametry jsou tak závažné, že podstatně ovlivňují chování celého systému. Je to vazba vzájemného kontaktu kolo - kolejnice. Za předpokladu určité konstantní rychlosti jízdy vozidla je výhodné přejít na simulaci dráhovou, tj. řešení systému diferenciálních rovnic v každém dráhovém úseku $x_{i+1} = x_i + dx$. Volba dráhového integračního kroku dx má vliv na konvergenci výpočtu na straně jedné, na časovou a paměťovou náročnost simulace na straně druhé, a je do značné míry volena na základě zkušeností pro každý konkrétní případ ($dx = 5 \cdot 10^{-4} - 5 \cdot 10^{-5}$ m). V průběhu simulace se mění vstupní parametry (např. trasování). Poněvadž ve většině případů se jedná o diferenciální rovnice nelineární, je nutné použít numerických metod. V tomto případě je použita metoda konečných diferencí, pro svou relativní snadnost algoritmizace v porovnání s metodami např. Runge - Kutta.

Při řešení problematiky bylo provedeno poměrně velké množství simulačních výpočtů jízdy KP 900 po reálné koleji v oblouku, ale i v přímé, při různých parametrech pružných vazeb, trasování, kontaktní geometrie, pro dvě modifikace modelu vozidla KP 900. Jako ukázkou uvedme simulaci s parametry jízdy i trasování shodnými s dále popsaným měřením (pro 1. modifikaci - model zahrnující rejdrovnost dvojkolí), v porovnáním se simulací pro 2. modifikaci - modelově vytvořenou tuhou vazbou. Kromě třecích výkonů (*obr. 4*) byly vykreslovány a analyzovány ještě další průběhy veličin (příčný pohyb dvojkolí vzhledem ke koleji, úhel náběhu, deformace příčných a podélných vazeb, vodící, rámové a kolové síly, hysterezní pracovní charakteristiky vazeb). Jako vstupy pro 1. modifikaci bylo použito trasování s nerovnostmi, rychlost $40 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, kontakt UIC-ORE/R65/1:20. Přední dvojkolí putovalo od začátku přechodnice k vnějšímu kolejnicovému pásu,

na který nalehlo a kopírovalo příčné nerovnosti. Zadní dvojkolí po krátkém vychýlení k pravému pásu putovalo také na levý (vnější kolejnicový pás). Vozidlo jelo obloukem ve vnější těťivové poloze. Křížový propad, nacházející se zhruba ve 2/3 délky přechodnice sice způsobí příčnou výchylku obou dvojkolí, ale na výsledné postavení vozidla nemá vliv. Střední hodnota úhlu náběhu u prvního dvojkolí dosahuje nepatrných hodnot, u druhého je nulový (*obr. 3*). Jsou tedy prokazatelně minimalizovány téměř na nulu vlivem radiálního natočení dvojkolí. Tomu odpovídají i průběhy třecích výkonů. S natočením dvojkolí korespondují rovněž průběhy podélných deformací, které mají právě svůj smysl ve verifikaci s níže popsaným praktickým experimentem. Z většího rozptylu u zadního dvojkolí lze usuzovat, že nalehnutí na vnější kolejnicový pás není tak intenzivní jako u dvojkolí prvního a dvojkolí se pohybuje poněkud volněji. Ani v jednom případě nedošlo k vyčerpání vůlí a nebyly dosaženy ani body prvního zlomu vazební charakteristiky v příčném a podélném směru. Průběhy deformací podélných vazeb (korespondující s úhly natočení dvojkolí) jsou znázorněny na *obr. 5*. U 2. modifikace modelu byla modelově rejdovnost nahrazena tuhou podélnou vazbou přímo na rám vozidla - odebrání stupně volnosti úhlovým pákám rejdovného mechanismu (narozdíl od 1. modifikace se zde na úhlové tuhosti podílí i podélná táhla). Vozidlo zaujmulu polohu vzpříčenou, kdy zadní dvojkolí putuje k vnitřnímu kolejnicovému pásu již v 10 - 20 m přechodnice. Průběh úhlu náběhu (*obr. 3*) u předního dvojkolí zřetelně kopíruje zlomové body trasování a v oblouku dosahuje poměrně vysoké střední hodnoty cca $0.011 \text{ rad} = 0.63^\circ$. U zadního dvojkolí je nižší, cca $0.0025 \text{ rad} = 0.14^\circ$. Podélné vazby se téměř nedeformují, což je patrné i z jejich pracovních charakteristik. V důsledku tuhé vazby je patrný rovněž nárůst vodících sil a třecích výkonů (*obr. 4*), které dosahují hodnot přesahujících 3 000 W. Dále byla provedena řada výpočtů jízdy v přímé pro různé parametry.

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

V roce 1991 proběhla měření na kolejovém pluhu KP 900 na trati Vrútky - Diviaky - Martin. Měření provedla katedra KKVMZ na zakázku pro MTH Vrútky spol. s r.o., [7]. Byla měřena zrychlení, potřebná k určení známek jakosti chodu, což byla při tomto měření otázka prioritní. Dále byly měřeny relativní pohyby ložiskových skříní ve vswlém, příčném i podélném směru. Naměřené záznamy, týkající se relativních pohybů v příčném a podélném směru z tohoto hlediska v rámci uvedené zakázky zpracovávány nebyly. Byly částečně vyhodnoceny pro potřeby jiných výzkumných prací a pro účely této práce. Záznamy, pořízené klasickým analogovým způsobem na měřicí magnetofony, byly přehrávány a konfrontovány se slovním komentářem, nahraným na 4 stopě. Takovýmto opakovaným způsobem byly vytipovány dále zpracované úseky prostřednictvím počítačadla magnetofonu a osciloskopu se zaměřením na synchronizaci důležitých bodů trasování se

změřenými datovými průběhy. V dalším byly datové soubory digitalizovány (vzorkovány), soubory byly cejchovány a centrovány. Byla věnována pozornost rovněž numerické filtraci. Pro tento účel byl sestaven jednoduchý filtrační program pracující na principu pohyblivého průměrování a simulující v podstatě dolnofrekvenční propust. Rovněž byly počítány (pro přímé úseky jízdy) spektrální výkonové hustoty výchylek. Průběhy (obr. 5) představují ukázkou relativních pohybů ložiskových skříní vůči rámu vozidla, ve vodorovné rovině x-y, porovnané s průběhy počítačové simulace.

Bylo použito označení veličin a znaménkové orientace shodné s označením v simulacích.

Průběhy byly filtrovány pohyblivým oknem šířky 27, což při rychlosti $40 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a původní vzorkovací frekvenci 250 Hz odpovídá cca 10 Hz (přesně 9,259 Hz). Je však nutno říci, že tento fakt nemá rozhodující vliv na střední hodnoty průběhů a navíc výpočtem spektrálních výkonových hustot výchylek byl zjištěn jednoznačně nízkofrekvenční charakter děje, soustředěný kolem 1,5 Hz. Z většího rozkmitu u dvojkolí zadního lze usuzovat pouze na volnější charakter jeho pohybu ve volném kanálu koleje. Z velikostí deformací lze jednoznačně říci, že došlo v obou případech k téměř radiálnímu natočení dvojkolí.

ZÁVĚR - ZJIŠTĚNÉ SKUTEČNOSTI A JEJICH PRAKTICKÉ DŮSLEDKY

Nastíněná problematika je předmětem [1] resp. [2] a konkrétně bylo řešeno a provedeno:

- ♦ sestavení matematického simulačního modelu dvojnápravového vozidla včetně matematické definice trasování a zjednodušeného modelu kontaktu kolo - kolejnice, na základě poznatků z teorie vedení vozidla kolejí a modelování dynamiky jízdy železničních kolejových vozidel,
- ♦ sestaven a otestován simulační program SIM1,
- ♦ pro vlastní simulace byl použit programový systém SIMULA; byly provedeny jeho modifikace pro vozidlo KP 900, zejména týkající se vazeb a trasování,
- ♦ byla uskutečněna řada simulací jízdy s měněnými vstupními parametry
- ♦ byly navzorkovány vytipované analogové záznamy relativních pohybů ložiskových skříní, z konkrétního měření na kolejovém pluhu KP 900
- ♦ záznamy byly cejchovány a dále zpracovány, byl použit vlastní dolnofrekvenční numerický filtr,
- ♦ shodným způsobem byl zpracován úsek měření na přímé, při průjezdu traťovou nerovností; byly počítány spektrální výkonové hustoty,
- ♦ bylo provedeno zhodnocení zjištěných skutečností.

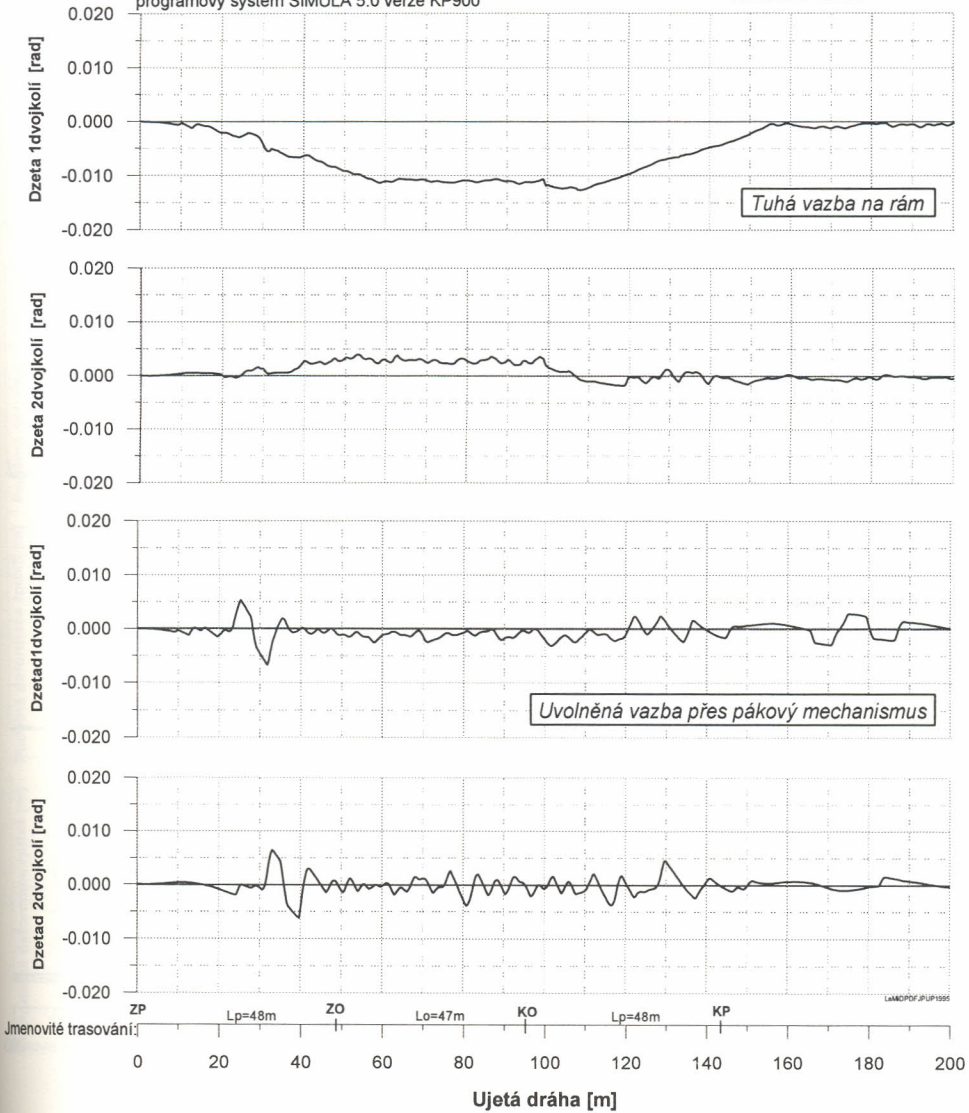
SIMULAČNÍ VÝPOČET JÍZDY DVOJNÁPRAVOVÉHO VOZIDLA OBLOUKEM

Porovnání úhlů náběhu pro verzi s vazbou tuhou a uvolněnou

kolejový pluh KP-900
ydz1.dat, ydz6.dat
30.12.1995 15:52

rychlost: 40 km/h
trať: s nerovnostmi
kontakt: UIC - ORE - R65/1:20
Robluku: 452 m

programový systém SIMULA 5.0 verze KP900



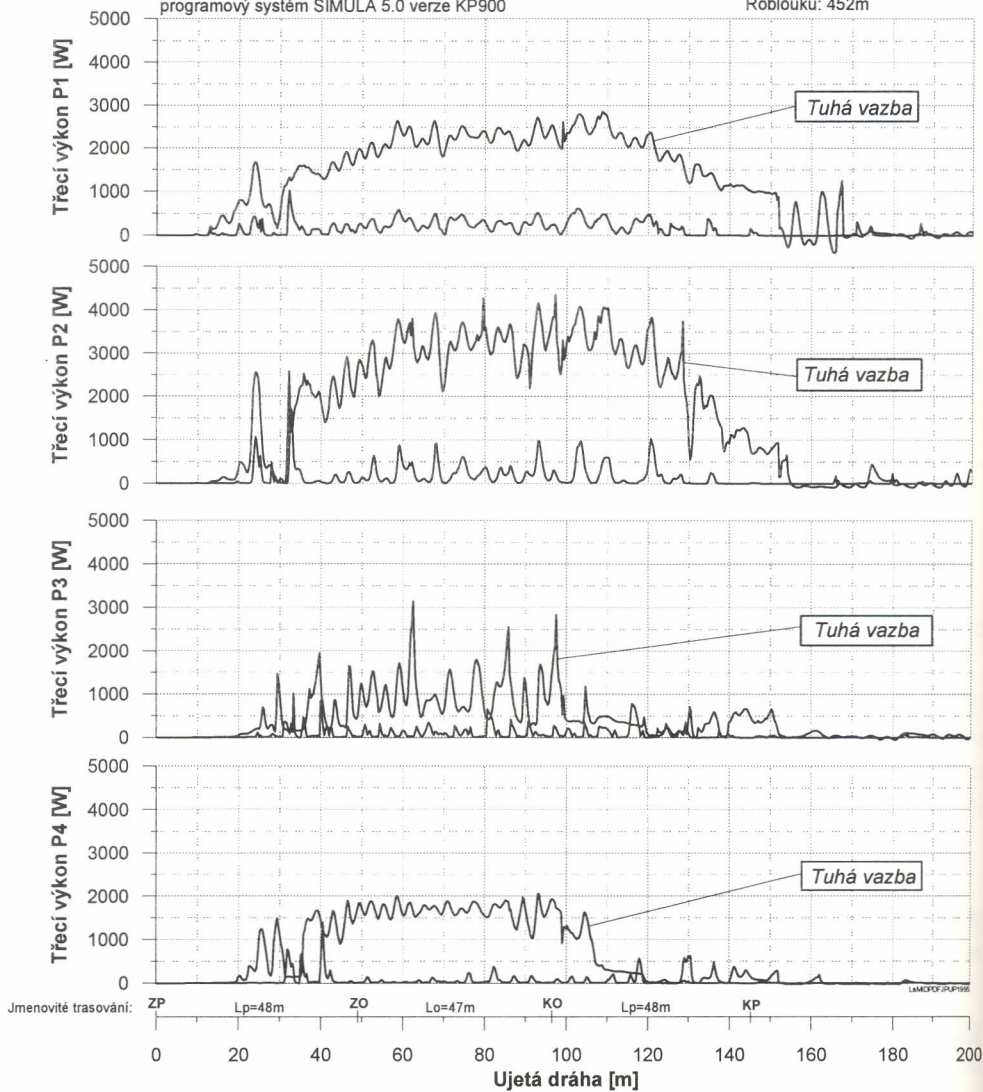
Obr. 3

SIMULAČNÍ VÝPOČET JÍZDY DVOJNÁPRAVOVÉHO VOZIDLA OBLOUKEM

Porovnání třecích výkonů s vazbou tuhou a uvolněnou

kolejový pluh KP-900
p1.dat, p6.dat
1.1.1996 16:23
programový systém SIMULA 5.0 verze KP900

rychlost: 40 km/h
trať: s nerovnostmi
kontakt: UIC - ORE - R65/1:20
Robluku: 452m



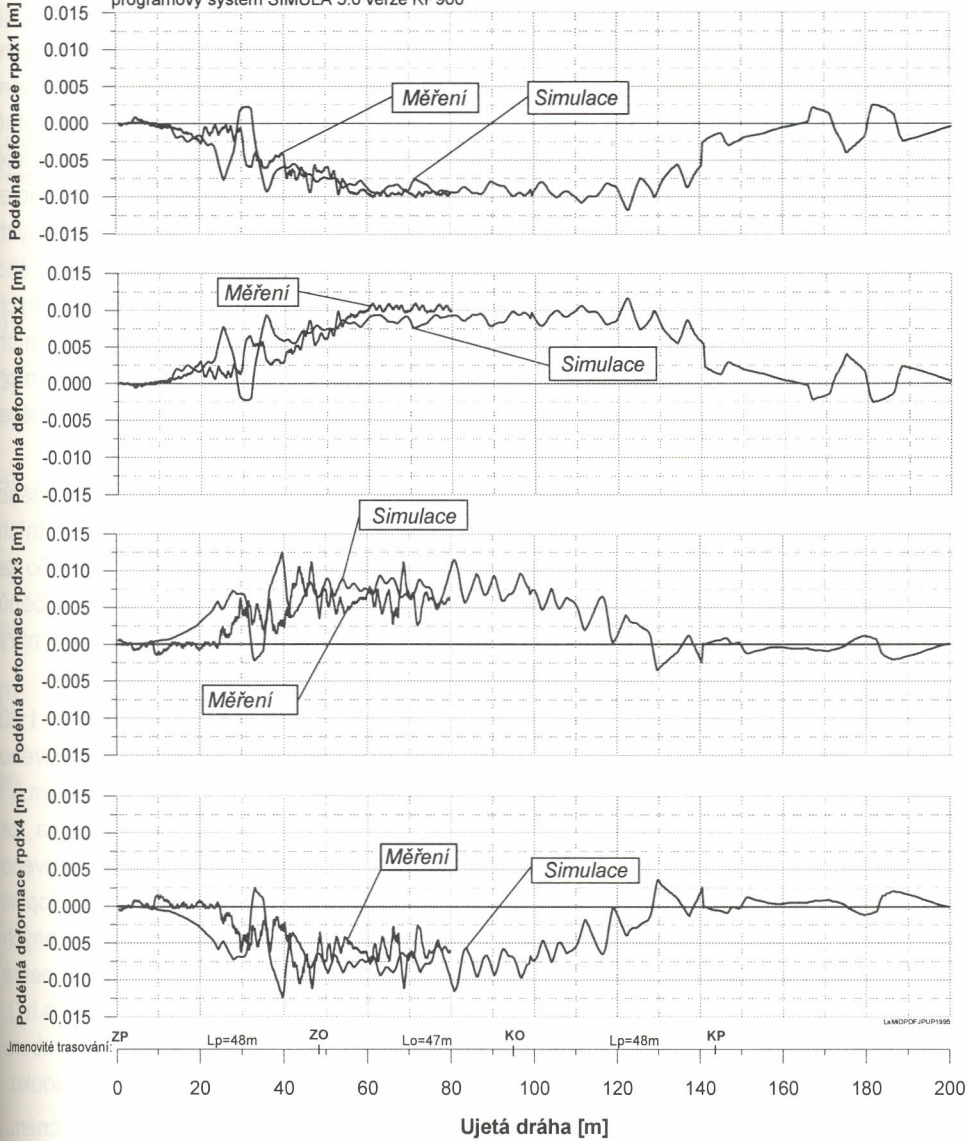
Obr. 4

**SIMULAČNÍ VÝPOČET JÍZDY DVOJNÁPRAVOVÉHO VOZIDLA OBLOUKEM
A PRŮBĚHY NAMĚŘENÝCH DAT - Porovnání**

kolejový pluh KP-900
29.11.1991 - měření (filtrováno)
29.12.1995 14:21 - simulace

rychlost: 40 km/h
trať: s nerovnostmi
kontakt: UIC - ORE - R65/1:20
Robluku: 452 m

programový systém SIMULA 5.0 verze KP900



Obr. 5

Verifikaci experimentálních a simulací získaných průběhů deformací vazeb (obr. 5) lze hodnotit kladně zejména porovnáním středních hodnot průběhů. Časová neshoda v průbězích je pochopitelná a způsobena zcela jinou nerovnostní charakteristikou koleje při měření. Pro získání shody by musela být k dispozici měření geometrie na příslušném úseku trati (geometrie jízdních obrysů by měřena nemusela být za předpokladu, že vozidlo mělo nová kola s neopotřebovaným obrysem UIC-ORE). Znamená to potvrzení správnosti měření i jeho vyhodnocení a správnost matematického modelu programu SIMULA ver. KP 900 včetně zadaných vstupních parametrů. Tím se rovněž jednoznačně potvrzuje funkce rejdrovnosti dvojkolí v oblouku a funkce pákového mechanismu na tomto vozidle. A sice, že pákový mechanismus umožní přes svá podélná táhla přenos podélných sil mezi hlavním rámem vozidla a podélníky (tažná a brzdná síla, vliv připojeného vozidla - nárazníky) nezávisle na schopnosti natáčet se v oblouku vlivem podélných skluzových sil, jen prostřednictvím podstatně měkčí vazby - závěsů (v krajních polohách pryžová pouzdra vodících čepů). Dvojkolí se natáčejí téměř do radiálních poloh s nulovým úhlem náběhu a třecími výkony, aniž by výrazně byla ovlivněna stabilita jízdy v přímé.

V teoretické části se při tvorbě programu SIM1 potvrdil zásadní vliv přesného popisu kontaktní geometrie kolo - kolejnice. Ukázalo se, že linearizace kontaktních funkcí ale i jiná zjednodušení nemusí vždy poskytovat požadované výsledky. Co se týče v SIM1 použitého adhezního mechanismu, na základě vykreslených průběhů pracovních adhezních křivek a porovnání s literaturou lze říci, že do značné míry vystihuje skutečnost a byl aplikován správně.

Dále lze říci, že i při své maximální rychlosti jede vozidlo na sklonu 1:20 stabilně. Při jízdě na sklonu 1:40 je patrný sklon snižovat amplitudu vlnivého pohybu a k nestabilnímu chodu. Sklon k nestabilnímu chodu při rychlosti $80 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (a zřejmě vyšších) na sklonu 1:40 je nutným důsledkem změkčení vazeb a lze předpokládat, že by mohl být odstraněn zařazením KONI tlumiče k tlumení vlnivého pohybu. Pro provoz tohoto vozidla na 1:40 by stálo za úvahu jeho vedení doplnit vhodnými tlumícími prvky, navrženými například na základě provedených ověřovacích simulačních výpočtů. Nutno ještě dodat, že schopnost rejdrovat nemá negativní vliv na stabilitu chodu na sklonu 1:20 při maximální rychlosti ($80 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$). Dále vyšlo najevo, že křížový propad, záměrně zařazen do nerovnostního souboru do oblasti přechodnice, nemá podstatný vliv na výslednou polohu vozidla v oblouku.

Z průběhů spektrálních výkonových hustot deformací vazeb v příčném, podélném i svislém směru se potvrzuje, že hlavní těžiště frekvenčních spekter leží poměrně úzce v oblasti kolem 1,5 Hz. Pro posuzování makropohybů (např. v tomto případě natočení dvojkolí v oblouku) proto není zapotřebí řešit problematiku z frekvenčního hlediska.

Jak z měření tak ze simulačních výpočtů vyplývá, že pojezd kolejového pluhu KP 900 je z hlediska chodu i rejdovnosti v oblouku navržen poměrně kvalitně a jistě by našel uplatnění i u jiných vozidel než u traťových strojů. Vzhledem ke své relativně jednoduché konstrukci a nízké prostorové náročnosti by mohl širší uplatnění nalézt i uváděný pákový mechanismus, zlepšující rejdovnost dvojkolí v oblouku.

Lektoroval: Doc. Ing. Daniel Kalinčák, CSc.

Předloženo v říjnu 1996.

Literatura

- [1] Lata, M.: Dvojnápravové vozidlo s rejdovnými dvojkolými v oblouku koleje. Doktorandská dizertační práce. Česká Třebová, 1996.
- [2] Lata, M.: Autoreferát doktorandské dizertační práce. VŠDS Žilina, 1996.
- [3] Izer, J. - Zelenka, J.: Výzkum dynamických vlastností železničních vozidel. Sborník prací Dopravní fakulty Jana Pernera. Univerzita Pardubice, Pardubice, 1993.
- [4] Kalinčák, D. - Lata, M. - Pomietlo, P.: The experimental validation of the running gear of the two axles vehicle. XI Konferencja Naukowa „Pojazdy szynowe“. Kraków, Polsko, 1995.
- [5] Lata, M.: Dvojnápravový traťový stroj s nápravami v oblouku staviteľnými. Mezinárodní seminář „Traťové stroje - teória a konštrukcia“. Žilina, 1995.
- [6] Kalinčák, D., Izer, J., Janda, J.: Štúdia pojazdu koľajového pluhu KP 900. Správa k VHČ HZ č. 73/2019/88, č. spr.: KV-01-89, VŠDS Žilina, 1989.
- [7] Kalinčák, D., Izer, J., Fitz, P., Polách, O., Smieško, J., Žáková, M.: Meranie chodových vlastností prototypov OV 2 a KP 900. Správa k VHČ HZ č. 19/199/91, č. spr.: KKVMZ-01-91/DMZ. VŠDS Žilina, 1991.
- [8] Opolzer, T.: Konstrukční úprava vozidel řady 810 a Baafx ke zlepšení rejdovnosti dvojkolí. Diplomová práce, Dopravní fakulta Jana Pernera, Univerzita Pardubice. Česká Třebová, 1995.

Resumé

OVĚŘENÍ FUNKČNOSTI SPECIÁLNÍHO PÁKOVÉHO MECHANISMU UMOŽŇUJÍCÍHO RADIÁLNÍ STAVĚNÍ DVOJKOLÍ V OBLOUKU KOLEJE

Michael LATA

Příspěvek se týká problematiky rejdovných dvojkolí. V teoretické části je popsána metodika počítačového modelování jízdy vozidla, aplikace a prezentace výsledků. V experimentální části je popsáno měření relativních pohybů ložiskových skříní při jízdě obloukem, zpracování naměřených dat a prezentace výsledků. Experimentální výsledky jsou vzájemně porovnány s výsledky počítačových simulací a jsou vysloveny závěry.

Summary

THE VERIFICATION OF FUNCTION OF THE SPECIAL LEVER MECHANISM THAT ENABLE THE RADIAL STEERING OF WHEEL SET ON THE CURVE

Michael LATA

The paper relates to problem of steering wheel sets. The methodology of computer simulating of driving vehicle, the application and presentation of results are described in the theoretical part. The description of measuring relative movements of axle-box cases running at curve, treatment of measured data and presentation of results are in the experimental part. The experimental results are compared with results of computer simulations and conclusions are pronounced.

Zusammenfassung

DIE FUNKTIONELE NACHPRÜFUNG DES SPECIALEN HEBELSMCHANISMUS, DER DEN LENKACHSEPRINZIP BEIM GLEISBOGENLAUF ERMÖGLICHT

Michael LATA

Der Beitrag behandelt die Problematik des Radsatzes mit dem Lenkachseprinzip. Im theoretischen Teil wird die Methodik der Computermodellierung des Fahrzeuglaufes, die Applikationen und die Ergebnispräsentierung beschrieben. Im experimentellen Teil wird das Messen der relativen Bewegungen der Achslagerungen beim Gleisbogenlauf, die Verarbeitungen der abgemessenen Daten und die Ergebnispräsentierung beschrieben. Die experimentellen Ergebnisse werden mit den Ergebnissen der Computersimulationen gegenseitig verglichen und die Schlüßergebnisse ausgesprochen.