

## **Problematika železničních dvojkolí nákladních vozů dopravního režimu SS**

Klíčová slova: *dopravní režim železničních nákladních vozů, nadměrné tepelné zatížení věnců celistvých kol, zbytkové tangenciální napětí ve věnci celistvého kola.*

### *Charakteristika dopravního režimu SS*

Podle platných předpisů UIC, zejména vyhlášky UIC 432 jsou železniční nákladní vozy provozovány v zásadě ve dvou dopravních režimech:

S (tzv. normální režim) největší přípustná rychlost je 100 km/h

SS (tzv. rychlý režim) největší přípustná rychlost je 120 km/h,

přičemž největší přípustná hmotnost na nápravu loženého vozu je 22,5 tuny. Způsobilost každého typu nákladního žel. vozu pro provozování v těchto dopravních režimech je podmíněna:

- \* vyhovujícím dynamickým chováním pro zajištění bezpečnosti jízdy,
- \* brzdícími schopnostmi stanovenými ve vyhlášce UIC 543.

Ve vyhlášce UIC 432 je m.j. také stanoveno, že vozy musí být vybaveny průběžnou tlakovou pneumatickou brzdou s možností použití v režimu P nebo G. Ve vyhlášce UIC 543 je podmínka, podle které je minimální brzdící procento 65% pro vozy provozované v dopravním režimu S a 100% pro vozy dopravního režimu SS, a to při maximální hmotnosti na nápravu. Vzhledem k omezeným možnostem špalíkové brzdy, resp. s cílem omezit riziko nadměrného tepelného namáhání věnců celistvých kol dvojkolí vozů dopravního režimu SS je ve vyhlášce UIC 543 dále stanoveno, že minimální brzdící procento pro vozy se špalíkovou brzdou je 100 % při maximální hmotnosti na nápravu 18 tun. Návazně na příslušné vyhlášky

specializace provoz a údržba kolejových vozidel. U ČD (ČSD) zaměstnán od roku 1976 v různých funkcích, nyní systémový specialista odboru kolejových vozidel ČD DOP.

UIC jsou konkrétní technické požadavky na brzdovou výstroj železničních vozidel stanoveny v Technických podmínkách č. TP 1-315/89.

### *Nákladní železniční vozy dopravního režimu SS provozované Českými drahami s.o.*

S cílem dosáhnout co nejlepších užitných vlastností nákladních vozů byly již před léty zkonstruovány a zahraničními železnicemi do provozu zařazeny nákladní vozy dopravního režimu SS. Obdobně České dráhy s.o. na konci roku 1996 zařadily do provozu první vlastní nákladní vozy tohoto druhu. Jedná se o speciální čtyřnápravové plošinové vozy řady Sgnss, určené pro přepravu kontejnerů ISO 60' a výměnných nástaveb. V následujícím roce 1997 začaly České dráhy s.o. provozovat další druh nákladních železničních vozů dopravního režimu SS: dvounápravové kryté vozy s přesuvnými stěnami s označením Hbbillnss. Oba jmenované druhy žel. vozů jsou konstruovány na hmotnost 22,5 tuny na nápravu při největší provozní rychlosti 100 km/h a 20 tun na nápravu při největší provozní rychlosti 120 km/h.

Stavba a vybavení těchto vozů je v plném souladu s platnými ustanoveními příslušných vyhlášek UIC. V souvislosti s tématem tohoto příspěvku je třeba zdůraznit, že vozy jsou vybaveny:

- \* pneumatickou tlakovou samočinnou špalíkovou brzdou typu DAKO - GP - A se samočinným brzděním podle hmotnosti na nápravu, která v souladu s vyhláškami UIC 543 a 541-04 zajišťuje obrzdění:

	Sgnss	Hbbillnss
při hmotnosti na nápravu 18 tun.....	100,2 %	101,8 %,
při hmotnosti na nápravu 20 tun.....	90 %	91,62 %,
při hmotnosti na nápravu 22,5 tuny.....	80,1 %	81,44 %,

- \* brzdovými zdržemi dvoušpalíkovými,
- \* dvojkolími s celistvými koly o jmenovitém průměru 920 mm (typ 428), jízdní obrys UIC ORE,
- \* celistvými koly z oceli jakosti R7T (v souladu s ustanoveními vyhlášky UIC 510-2, resp. 812-3 je věnec těchto kol, z důvodu zajištění větší odolnosti proti vzniku a šíření trhlin,

tepelně zušlechtěn, čímž je ve věnci celistvého kola vytvořeno zbytkové tlakové tangenciální napětí v rozmezí 100 až 110 MPa).

Ke dni 20.09.1999 disponovaly České dráhy s.o. celkem 180 železničními vozy řady Sgnss a 200 vozy řady Hbbillnss.

### *Nadměrné tepelné zatížení věnců celistvých kol dvojkolí železničních vozů ČD dopravního režimu SS a jeho důsledky*

Během provozování železničních vozů řady Sgnss a Hbbillnss, v podstatě již v 1. pololetí roku 1997, zaznamenaly České dráhy, s.o. závažné poruchy jejich dvojkolí, projevující se příznaky charakteristickými pro závadu dosud známou pod pojmem "tepelně ovlivněný monoblok". Tyto vnější příznaky jsou:

- ⇒ spálený ochranný nátěr a případné nečistoty na povrchu desky celistvého kola až do vzdálenosti 150 mm od věnce kola. Spálený nátěr je lokálně zduřelý, místy v šupinách opadaný,
- ⇒ na jízdni ploše celistvého kola se nacházejí šupiny, odlupky, plochá místa,
- ⇒ změněná barva povrchu brzdových špalíků do cihlově červeného odstínu,
- ⇒ materiál brzdových špalíků na jejich funkčních plochách nataven, popř. brzdový špalík zcela obroušen,
- ⇒ spálený nátěr a případné nečistoty na povrchu botek zdrží, jejich povrch zbarven do cihlově červeného odstínu, v ojedinělých případech jejich materiál obroušen a nataven.

Tyto poruchy mají původ v nadměrném tepelném zatížení celistvých kol dvojkolí žel. vozů špalíkovou brzdou. Teplo vznikající při maření kinetické energie třením brzdového špalíku o jízdni plochu kola je absorbováno věncem celistvého kola a brzdovým špalíkem. Přesto, že se část tepla vyzáří do okolí, zvětšuje se jejich teplota. Je-li kolo vystaveno brzděnému výkonu dlouhodobě nebo je-li tento brzdový výkon nadměrný, může teplota věnce celistvého kola přesáhnout hodnotu 300°C, při které začínají mechanické vlastnosti materiálu celistvého kola degradovat (zmenšuje se pevnost v tahu a mez kluzu). Takové tepelné zatížení věnce celistvého kola také způsobí přerozdělení zbytkového napětí v kole, což má za následek trvalou deformaci postiženého celistvého kola (změna axiální polohy věnce vůči náboji kola = změna rozkolí, rozchodu dvojkolí) nebo vznik a rozvoj tepelných trhlin.

## *Přezkoušení zbytkových napětí ve věncích tepelně poškozených celistvých kol a následná opatření*

V souladu s ustanoveními ve vyhlášce UIC 510-2 a na základě poznatků ČD VÚŽ Praha, že poškození celistvých kol dvojkolí žel. vozů dopravního režimu SS nadměrným tepelným zatížením je v některých případech takového rozsahu, že jejich další používání v železničním provozu navozuje nehodovou situaci, rozhodl odbor kolejových vozidel Divize obchodně provozní, o.z. vykonat mimořádné zkoušky měřením zbytkových tangenciálních napětí ve věncích celistvých kol některých železničních vozů ř. Sgnss a ř. Hbbillnss. K těmto zkouškám byly určeny ty žel. vozy, na jejichž dvojkolích byly v předcházejícím období zjištěny výše vyjmenované příznaky tepelného poškození celistvých kol. Zkoušky vykonala metalurgická laboratoř závodu železniční dvojkolí ŽDB a.s. Bohumín nedestruktivní metodou přístrojem zn. DEBBIE, využívající závislost rychlosti šíření ultrazvukových vln na velikosti napětí v prozvučovaném materiálu celistvého kola. O výsledcích dílčích zkoušek vydala jmenovaná metalurgická zkušebna příslušné protokoly.

Vzhledem k tomu, že ve stávajících předpisech ČD nejsou ustanovení o takových zkouškách věnců celistvých kol, bylo nutné stanovit způsob správného vyhodnocení zkouškou zjištěných a v protokolech zaznamenaných hodnot zbytkových napětí, včetně určení příslušných opatření.

Použitá zkušební metoda vyžaduje měření napětí alespoň na třech různých místech rovnoměrně rozdělených po obvodu věnce kola, přičemž pro další hodnocení je směrodatná vždy největší hodnota z nich ( $\sigma_{\max.}$ ). Každá přístrojem zaznamenaná hodnota napětí je střední hodnotou z výsledků tří měření vykonaných na témže místě přiložení sondy přístroje na věnec cel. kola. Z toho důvodu je každá hodnota naměřeného napětí doplněna tolerancí různé velikosti ( $\pm \Delta$ ), kterou je nutné při hodnocení naměřených hodnot napětí zohlednit. Navíc podle údajů metalurgické zkušebny ŽDB a.s. jsou naměřené hodnoty napětí zatíženy ještě možnou chybou  $\pm 30$  MPa, vyplývající z provozních podmínek při zkoušení. Tuto "přesnost" měření je nutné rovněž zohlednit při hodnocení naměřených hodnot napětí. Největší možná hodnota zbytkového tangenciálního napětí ve věnci konkrétního celistvého kola se tedy vypočítá podle vzorce:

$$\begin{aligned}\sigma_{\max.\text{skut.}} &= |\sigma_{\max.}| - \Delta - 30 \quad [\text{MPa}] \quad \text{pro tlakové napětí,} \\ \sigma_{\max.\text{skut.}} &= \sigma_{\max.} + \Delta + 30 \quad [\text{MPa}] \quad \text{pro tahové napětí}\end{aligned}\tag{1}$$

V souladu s ustanoveními ve vyhlášce UIC 510-2 a s doporučením ČD VÚŽ Praha byla stanovena maximální dovolená hodnota tahového tangenciálního zbytkového napětí ( $\sigma_{lim.max.}$ ) ve věnci celistvého kola z materiálu jakosti R7T takto:

a)  $\sigma_{lim.max.} = + 300$  MPa pro celistvé kolo o průměru 920 mm,

b)  $\sigma_{lim.max.} = + 240$  MPa pro celistvé kolo o průměru 845 mm.

Prahová hodnota tahového tangenciálního zbytkového napětí ( $\sigma_{lim.max.}$ ) ve věnci celistvého kola o průměru  $920 \text{ mm} > D_i > 845 \text{ mm}$  se stanoví podle vzorce

$$\sigma_{lim.max.} = 0,8 D_i - 436 \text{ [MPa]} \quad (2)$$

Vyhodnocení stavu každého celistvého kola spočívá v porovnání naměřené hodnoty zbytkového tangenciálního napětí v jeho věnci ( $\sigma_{max.skut.}$ ) s maximální dovolenou hodnotou tohoto napětí ( $\sigma_{lim.max.}$ ) stanovenou dle vzorce (2) pro konkrétní celistvé kolo. Od výsledku tohoto vyhodnocení závisí následná opatření:

$$\Rightarrow \text{Je-li } +\sigma_{max.skut.} \geq \sigma_{lim.max.}, \quad (3)$$

je posuzované celistvé kolo pro další žel. provoz nepoužitelné a je nutné ho vyřadit.

$$\Rightarrow \text{Je-li } \sigma_{lim.max.} \geq +\sigma_{max.skut.} \geq \sigma_{lim.max.} - 50 \text{ MPa}, \quad (4)$$

je celistvé kolo ještě použitelné v žel. provozu, ale jen za předpokladu, že se na jeho jízdni ploše nevyskytuje vada charakteru příčné trhliny. Z tohoto důvodu je nutné jízdni plochu takového celistvého kola podrobit defektoskopické zkoušce metodou ultrazvukovou, povrchovými vlnami podle Technologického postupu TD VIII č. 2.076 vyhotoveného Hlavním defektoskopickým střediskem kolejových vozidel v Nymburku pro aplikaci na neopracovanou jízdni plochu. Nepřípustné indikace je nutno ověřit vizuální kontrolou, resp. metodou magnetickou práškovou podle Technologického postupu TD X č. 014. Zjistí-li se, že ve věnci celistvého kola je trhlina, kterou nelze odstranit oprávněním jízdni plochy, celistvé kolo se v souladu s ustanoveními v předpisu ČD V 99/1 vyřadí.

$$\Rightarrow \text{Je-li } +\sigma_{max.skut.} \leq \sigma_{lim.max.} - 50 \text{ MPa}, \quad (5)$$

je celistvé kolo z hlediska mechanických vlastností materiálu věnce kola nadále použitelné v žel. provozu.

V průběhu zkoušek však bylo zjištěno, že použitá metoda zkoušení celistvých kol má určitá omezení. Měření nelze uskutečnit:

- na celistvém kole, na kterém se vyskytuje tzv. převálcování jízdní plochy do vnějšího čela věnce, popř. jiné mechanické vady, které znemožňují dokonalé přiložení sondy přístroje DEBBIE na vnější čelo věnce celistvého kola. Vykonání zkoušky je tím zcela znemožněno;
- není-li plocha vnějšího čela věnce celistvého kola dostatečně velká pro dokonalé a úplné přiložení vyzařovací destičky sondy měřícího přístroje. Při aplikaci sondy přístroje na nedostatečně velkou plochu vnějšího čela věnce celistvého kola (její zmenšení je důsledkem opracování jízdního obrysu kola) by byl výsledek měření chybný;
- není-li teplota zkoušených celistvých kol v rozmezí 10 až 40°C s ohledem na používaný vazební prostředek mezi sodnou přístroje a povrchem měřeného kola.

Celistvá kola, jejichž reziduální napětí ve věnci nebylo možné zkouškou zjistit, je nutné považovat alespoň za celistvá kola s hodnotou zbytkových tangenciálních napětím dle vztahu (4) a uskutečnit na nich příslušná bezpečnostní opatření.

#### *Výsledky prohlídek dvojkolí a zkoušek měřením zbytkových tangenciálních napětí ve věncích celistvých kol*

Z dosud platných ustanovení v předpisech ČD, zejména V 62, V 67 a z návazných opatření (opatření ředitele bývalého odboru vozového hospodářství ÚŘ ČSD č.j. 140/89-015 ze dne 11.04.1989) vyplývá, že dvojkolí s celistvými koly poškozenými nadměrným tepelným zatížením se prohlédne a změní jeho základní rozměry. Není-li při této kontrole zjištěna na dvojkolí závada dle předpisu ČD V 67, čl. 52 a 53 a jsou-li jeho rozměry v dovolených tolerancích, opraví se spálený nátěr kol a dvojkolí je možné nadále používat v železničním provozu.

Na základě zjištěných příznaků poškození celistvých kol nadměrným tepelným zatížením bylo v období od 01.01.1997 do 20.09.1999 z provozu postupně vyřazeno celkem 32 vozů řady Sgnss a 85 vozů řady Hbbillnss, některé z nich i opakovaně. Z prohlídek postižených dvojkolí a z měření jejich základních rozměrů vyplývá, že cca 60% z nich má nesprávný rozměr rozkolí (naměřena hodnota větší než 1363 mm nebo rozdíl hodnot rozkolí větší než 1 mm) nebo rozměr rozchodu dvojkolí (naměřen rozměr větší než 1426 mm).

Mimořádným zkouškám měření zbytkových tangenciálních napětí ve věncích celistvých kol, které se uskutečnily v době od 15.04.1999 do 08.09.1999, byla podrobena

dvojkolí 29 vozů ř. Sgnss a 60 vozů ř. Hbbillnss. Z vyhodnocení výsledků těchto zkoušek vyplývá, že z celkového množství zkoušených celistvých kol (472 kusů) je nutné z provozu ihned vyřadit 124 kusů (t.j. cca 26 %) celistvých kol, jejichž zbytkové tangenciální napětí ve věncích je tahové a větší než jeho limitní hodnota dle vztahu (2). Z tohoto důvodu je do doby opravy postižených dvojkolí z provozu dočasně vyřazeno 17 vozů ř. Sgnss a 44 vozů ř. Hbbillnss. Je třeba zdůraznit, že byly zjištěny i hodnoty napětí značně překračující největší dovolenou mez 300 MPa: např. 372 MPa, 423 MPa, atd.

Během krátkého období provozování vozů ř. Sgnss a Hbbillnss bylo nadměrným tepelným zatížením celkem poškozeno cca 180 celistvých kol, které je nutno vyřadit z provozu a nahradit novými. Je to cca 8 % všech celistvých kol nákladních železničních vozů dopravního režimu SS.

#### *Příčiny nadměrného tepelného zatížení celistvých kol nákladních vozů dopravního režimu SS a preventivní opatření*

Na počátku zjišťování příčiny nadměrného tepelného zatížení věnců celistvých kol špalíkovou brzdou byl zkoumán technický stav pneumatických brzd postižených vozů. Hypotéza, že zvětšený tlak v brzdovém válci nad dovolenou hodnotu  $3,8 \pm 0,1$  baru (Technické podmínky č. TP 1-315/89) způsobí nadměrný přítlak brzdových špalíků ke kolům a z tohoto důvodu vznikne nadměrný ohřev věnce celistvého kola, se nepotvrdilo. Kontrolní výpočet naopak dokázal, že ani úplné selhání brzdového rozvaděče a tedy naplnění brzdového válce tlakem 4,14 baru, za podmínky provozního brzdění, nezpůsobí tepelné poškození celistvého kola. Technický stav pneumatické brzdy postižených vozů byl buď sledován v souladu s Technickými podmínkami č. TP 1-315/89 nebo případné závady nebyly v příčinné souvislosti s nadměrným tepelným zatížením celistvých kol. Obdobně nebylo prokázáno nedodržení kvality materiálu celistvých kol vozových dvojkolí.

Je třeba konstatovat, že dosavadním šetřením nebyla jednoznačná příčina nadměrného tepelného zatížení celistvých kol dvojkolí nákladních vozů dopravního režimu SS stanovena. Návazně na poznatky zahraničních železnic o důsledcích brzdění vlaků sestavených z nákladních vozů dopravního režimu S i SS při jejich jízdách po tratích s dlouhým spádem, byla vyslovena hypotéza o nadměrném tepelném zatížení celistvých kol, které má původ ve

značně větším brzdícím výkonu vozů dopravního režimu SS oproti nákladním vozům dopravního režimu S, resp. nákladním vozům provozovaným s využitím výjimky z předpisů RIV, známé pod označením ”\*”. V souladu s touto hypotézou jsou postupně realizována tato preventivní opatření:

1. provozování nákladních vozů dopravního režimu SS v ucelených vlacích, což lze zajistit pro speciální plošinové vozy řady Sgnss,
2. zmenšení brzdného výkonu pneumatické brzdy vozu dopravního režimu SS. Toho lze dosáhnout
  - a) trvalým zmenšením tlaku v brzdových válcích na  $2,37 \pm 0,05$  baru, což odpovídá parametrům pro pneumatickou brzdu nákladních vozů dopravního režimu S. Taková změna parametrů pneumatické brzdy, jejímž důsledkem je však zmenšení užitných vlastností vozu, je připravována pro vozy řady Hbbillnss,
  - b) přidavným brzdovým zařízením, tzv. limitním ventilem, omezujícím tlak v brzdovém válci nákladního vozu dopravního režimu SS v oblasti provozního brzdění. Takové zařízení je v současné době testováno na některých železničních vozech řady Sgnss.

Kromě výše uvedené hypotézy je pravděpodobné, že celistvá kola nákladních vozů dopravního režimu SS jsou vystavena nadměrnému tepelnému zatížení při vlečení zabrzděného nebo přibrzděného vozu ve vlaku po poměrně dlouhé dráze. To ve spojitosti s jejich velkým brzdícím výkonem je pak příčinou výrazného tepelného poškození dotýčných celistvých kol. Takové nestandardní provozování vozů dopravního režimu SS může mít řady příčin: od nedodržení technologické kázně provozních zaměstnanců železnice až po technickou nedokonalost zařízení hnacích vozidel ovládajících brzdu vlaku. Z toho je zřejmé, že úplné odstranění všech těchto příčin je problematické.

### *Závěr*

Z analýzy výsledků zkoumání příčin a následků nadměrného tepelného zatížení celistvých kol dvojkolí železničních vozů dopravního režimu SS vyplývají tyto závěry:

1. dosavadní pokyny pro posuzování dvojkolí s celistvými koly poškozenými nadměrným tepelným zatížením jsou z hlediska dalšího bezpečného provozování zejména vozů



dopravního režimu SS nedostatečné, neboť nezaručují zjištění údajů o důležitých mechanických vlastnostech materiálu celistvých kol,

2. v železničním provozu ČD byly (a pravděpodobně i nadále jsou) používány nákladní železniční vozy dopravního režimu SS s dvojkolými, u kterých mechanické vlastnosti materiálu jejich celistvých kol natolik degradovaly, že jejich další používání v žel. provozu navozuje nehodovou situaci,
3. přes veškerá připravovaná nebo již uskutečněná preventivní opatření nelze zcela vyloučit možnost tepelného poškození věnců celistvých kol v železničním provozu.

To jsou dostatečné argumenty pro urychlené uskutečnění změny dosavadních opatření a pro zahájení zkoušek měřením zbytkových tangenciálních napětí ve věncích celistvých kol jako jediné objektivní metody ověření mechanických vlastností materiálu celistvých kol. Takové zkoušky jsou nutné vykonávat při periodické údržbě těchto vozů, jakož i při každém podezření na tepelné poškození celistvých kol.

Důležitým poznatkem z uskutečněných zkoušek měřením zbytkových tangenciálních napětí ve věncích celistvých kol je i zjištění, že přístroj zn. DEBBIE (ve stávajícím provedení a používaný podle stávající metodiky) není vhodný pro používání v opravárenství, neboť jej nelze použít k měření na kolech s tloušťkou věnce zmenšenou opracováním jízdního obrysu (při zmenšení průměru kola na  $D_i \leq 900$  mm). Negativní vlastností této metody zkoušení napětí je i nedostatečná přesnost měření v podmínkách opraven, jakož i poměrně složitý způsob vyhodnocování naměřených hodnot. Z tohoto důvodu bude nutné zajistit pro účely těchto zkoušek jiné zkušební zařízení vhodnější pro podmínky opravárenství ŽKV, což si vyžádá jistě nemalé úsilí.

Prozatím odbor kolejových vozidel ČD Divize obchodně provozní, o.z. nařídil, s platností od 01.08.1999, vykonávat při periodických opravách vozů dopravního režimu SS alespoň defektoskopické zkoušky jízdních ploch celistvých kol podle Technologického postupu TD VIII č. 2.076.

Na závěr je možné zmínit ještě jedno řešení eliminace následků velkých brzdných výkonů nákladních vozů dopravního režimu SS: použití dvojkolí s celistvými koly odolnějšími tepelnému zatížení spalíkovou brzdou. Účinnost tohoto nového typu dvojkolí s nově tvarovanou deskou kola je v současné době ověřována v železničním provozu na vybraných 2 vozech řady Sgnss a 4 vozech řady Hbbillnss. Dosavadní výsledky zkoušek poskytují jistou naději. Průběh zkoušek a analýza dosažených výsledků přesahuje rámec tohoto příspěvku, může však být příštím tématem.

## **Literatura:**

1. Závěrečná zpráva úkolu "Celistvá kola vozů pro režim SS", ČD VÚŽ Praha, prosinec 1998
2. Technické dodací a přejímací podmínky ČD TÚP/TDPP 1105/I, I.vydání, účinnost od 01.01.1996
3. Technické podmínky čtyřnápravového plošinového vozu na přepravu kontejnerů řady Sgnss, typ 9-539.8 (rozchod 1435 mm), č. TP MSV 95/96, ve znění Dodatku č. 1 a 2
4. Technické podmínky dvounápravového nákladního vozu s přesuvnými stěnami řady Hbbillnss, č. VČL 2/96, ve znění Dodatku č. 1 a 2
5. Technické podmínky - Brzda železničních vozidel, TP 1-315/89, ve znění 1. doplňku
6. Technické podmínky - Limitní ventil DAKO LV 3, TP B 0379/98, I. vydání, účinné od 17.12.1998
7. Vyhláška UIC 432 - Nákladní vozy - Jízdní rychlosti - Závazné technické podmínky, 12. vydání ze dne 01.07.1998
8. Vyhláška UIC 543 - Brzda - Předpisy pro výstroj tažených vozidel, 10. vydání ze dne 01.08.1990, ve znění 3. změny ze dne 01.01.1998
9. Vyhláška UIC 541-04 - Brzda - Předpisy pro stavbu různých částí brzdy - Brzdová zařízení samočinně působící v závislosti na zatížení a samočinné ovládací zařízení prázdný - ložený, 1. vydání ze dne 01.07.1992, ve znění 3. změny ze dne 01.01.1997
10. Vyhláška UIC 510-2 - Vozidla tažená - Kola a dvojkolí - Podmínky používání kol různých průměrů, 2. vydání ze dne 01.01.1998
11. Vyhláška UIC 812-3 - Technické podmínky pro dodávku celistvých kol z válcované nelegované oceli pro železniční vozy trakční a tažené, 5. vydání ze dne 01.01.1984  
Praha, září 1999

Lektoroval: Ing. Jan Kout, CSc.

ČD VÚŽ Praha