ZKOUŠKY ŽELEZNIČNÍCH VOZŮ OPAKOVANÝMI NÁRAZY S MĚŘENÍM NAPĚTÍ A ZBYTKOVÝCH DEFORMACÍ

Ing Zdeněk Žižka
Výzkumný ústav kolejových vozidel,Praha

Pro železniční vozidla,zvláště pro nákladní vozy,je namáhání nárazy v podélném směru jedním ze základních a škody při nárazech vzniklé značně ovlivňují životnost vozidla.

Postupně s vývojem měřicí techniky byla podélná pevnost vozidel experimentálně vyšetřována nejprve staticky,zatěžováním zvolenou silou (většinou 2 MN) na čelník vozu.Tato zkouška je jednou z nejdůležitějších v řadě zkoušek nového vozidla i nyní,kdy je možno měřit napětí i dynamicky při nárazech,a to z důvodu snadné reprodukovatelnosti a možnosti měření napětí ve velkém počtu míst.

Dynamická,t.j.nárazová zkouška,kdy zkoušený vůz najíždí stupňovanou rychlostí na vůz jiný (beran) nebo obráceně,bývala prováděna nejprve pouze jako informativní zkouška omezeným počtem nárazů s měřením nájezdové rychlosti,případně s odhadováním nárazové síly podle deformace válečků z plastického materiálu (čistá měď nebo hliník),vložených mezi nárazníky.Odolnost vozidla byla posuzována podle rozsahu vzniklých trvalých deformací připrohlídce patrných nebo změřených.

Po zavedení elektrické tenzometrie do tohoto druhu zkoušek (což nebylo bez problémů,neboť tenzometrickou a registrační aparaturu není možno umístit na měřěném voze) se provádělo měření dynamických a zbytkových napětí v omezeném počtu měřicích míst při několika nárazech stupňovanou a mezní rychlostí.Při těchto zkouškách je někdy problematické hodnocení jejich výsledku podle naměřených hodnot napětí,neboť pro dynamické napětí ležící pod i nad mezí kluzu použitého materiálu mohou být zbytkové deformace buď nulové,nebo mohou vzniknout zbytkové deformace,jejichž velikost se se zvyšujícím se počtem nárazů stabilizuje nebo konečně velikost zbytkových deformací s počtem nárazů stále stoupá.Vzhledem k tomu,že až poslední uvedený případ jednoznačně ukazuje na

nedostatečnou pevnost konstrukce vozidla,začala se v rámci ORE (mezinárodní organizace pro výzkum v rámci Mezinárodní unie železniční) hledat cesta,jak bezpečně prokázat zkouškou odolnost nákladních vozů při nárazech.Při návrhu metody zkoušky se vyšlo ze statistiky nárazů,kterým musí vůz odolat během doby 16 let (životnost do generální opravy).Vzhledem k účinku těchto nárazů a praktické možnosti provedení bylo po výzkumu a porovnávacích zkouškách stanoveno provést s vozem z celého zjištěného spektra nárazů pouze 40 nárazů s maximální silou, t.j. 1500 ±200 kN na nárazník,přičemž součtová síla na čelník je limitována hodnotou 3000 kN a nájezdová rychlost nemá překročit hodnotu 15 km/h.Pevnost vozu je podle této metody prokázána tehdy,nepřekročí-li celková hodnota poměrné deformace 2‰, její hodnota se do 30.nárazu stabilizuje,nedojde-li k jiným deformacím a závadám na voze a k poruše jeho funkce.Tato metoda byla zprávou ORE mezinárodně doporučena pro použití u členských železničních správ.

Stáli jsme tedy před úkolem tuto metodu zkoušky ověřit jak co se týká organizace zkoušky,tak co se týká použité měřicí techniky a vyhodnocování výsledků a dále zjistit účinek předepsaných nárazů na vůz,typický pro hrobý provoz,jehož pevnost byla experimentálně ověřována dřívějšími metodami.

Ke zkouškám byl vybrán čtyřnápravový vysokostěnný nákladní vůz řady Eas-u/Uaes,běžně používaný pro dopravu uhlí.Použití vozu loženého sypkým substrátem komplikovalo organizaci a provedení zkoušky tím,že bylo nutno vždy po několika nárazech provést stejný počet nárazů na opačné čelo vozu ke zpětnému přesunu nákladu,který by se jinak pěchoval a přepadával přes čelní stěnu na narážené straně.Zkoušený vůz o vlastní hmotnosti cca 23 t byl ložen na celkovou hmotnost 80 t prachovým uhlím, jako beran sloužil vůz stejného typu,ložený škvárou rovněž na celkovou hmotnost 80 t.

Zkoušky byly prováděny na svážném pahrbku VÚKV,zvláště zřízeném pro účely nárazových zkoušek,kde je možno volbou výšky,z níž se narážející vůz spouští,poměrně s dostatečnou přesností volit rychlost.S dodržením nárazové síly jsou podstatně větší problémy,neboť její velikost záleží jak na nárazové rychlosti,tak na podélné tuhosti obou vozů,která se podstatně mění s postupným pěchováním nákladu.

Ze zkušenosti bylo odhadnuto a provedenými zkouškami potvrzeno,že požadovaných 10 nárazů postupně zvyšovanou nárazovou rychlostí a silou až do předepsaného maxima a 40 nárazů předepsanou nárazovou silou včetně přibližně stejného počtu nárazů na opačné čelo vozu pro přesun nákladu trvá pět pracovních směn,tedy týden.V tomto časovém rozpětí tedy bylo nutno zajistit stabilitu nuly a měřítka použitých přístrojů.

S měřením dynamických napětí při nárazech nebyly potíže, tato měření se provádějí delší dobu.Stabilita měřítka může být dle potřeby před každým nárazem kontrolována.

Problémy přináší až elektrické měření zbytkových deformací, kdy je třeba měřit na rozsáhlém a venku umístěném objektu absolutní hodnotu deformací v časovém období týdne a kdy výsledky nemají být ovlivněny kolísáním teploty,vlhkostí,přemisťováním vozu a připojováním aparatury při každém měření.

Po předchozích zkušenostech z jiných měření byly pro snímání napětí voleny samokompenzační tenzometry vyrobené SVÚSS Běchovice.Pro měření byl použit poměrně spolehlivý a snadno ovladatelný příruční tenzometrický můstek DMD 20 firmy Hottinger-Baldwin,pro všechna měřená místa byl použit společný kompenzační tenzometr stejného druhu.Spojení mezi měřenými místy a můstkem bylo při předběžných zkouškách prováděno letováním, později se však ukázalo,že spojení pětikolíkovými konektory, běžně používanými při dynamických měřeních,přináší chybu $\pm 3\ \mu m/m$, což je pro daný případ zanedbatelná hodnota.

Na základě předchzích zkušeností s řadou statických a nárazových zkoušek vozů stejného typu bylo zvoleno 15 měřených míst,z nichž polovina byla čelní partii spodku vozu,polovina na kostře čelní klapky.

Mimo napětí byla měřena síla na náraznících tenzometrickými siloměry a rychlost nájezdu fotobuňkou spojenou s čítačem.

Zkouška byla provedena v předpokládaném časovém rozsahu jednoho pracovního týdne.Opět se potvrdilo,že je obtížné volit nájezdové rychlosti tak,aby nárazové síly ležely v požadovaném tolerančním poli.Snaha,aby horní mez síly nebyla překročena - stalo se tak pouze jednou na konci zkoušky - vedla k tomu , že při několika nárazech nebylo dosaženo dolní hranice síly, tyto nárazy se tedy do celkového počtu 40 nárazů nepočítaly.

Vyhodnocením oscilografických záznamů dynamických napětí (měřeno při každém nárazu) a statických měření zbytkových napětí (měřeno před a po každé serii tří zkušebních nárazů,mezi něž byly vloženy 3 nárazy na opačné čelo vozu) byly zjištěny hodnoty, které jsou pro některá měřená místa (jako příklad) graficky vyneseny na obr 1 a 2.

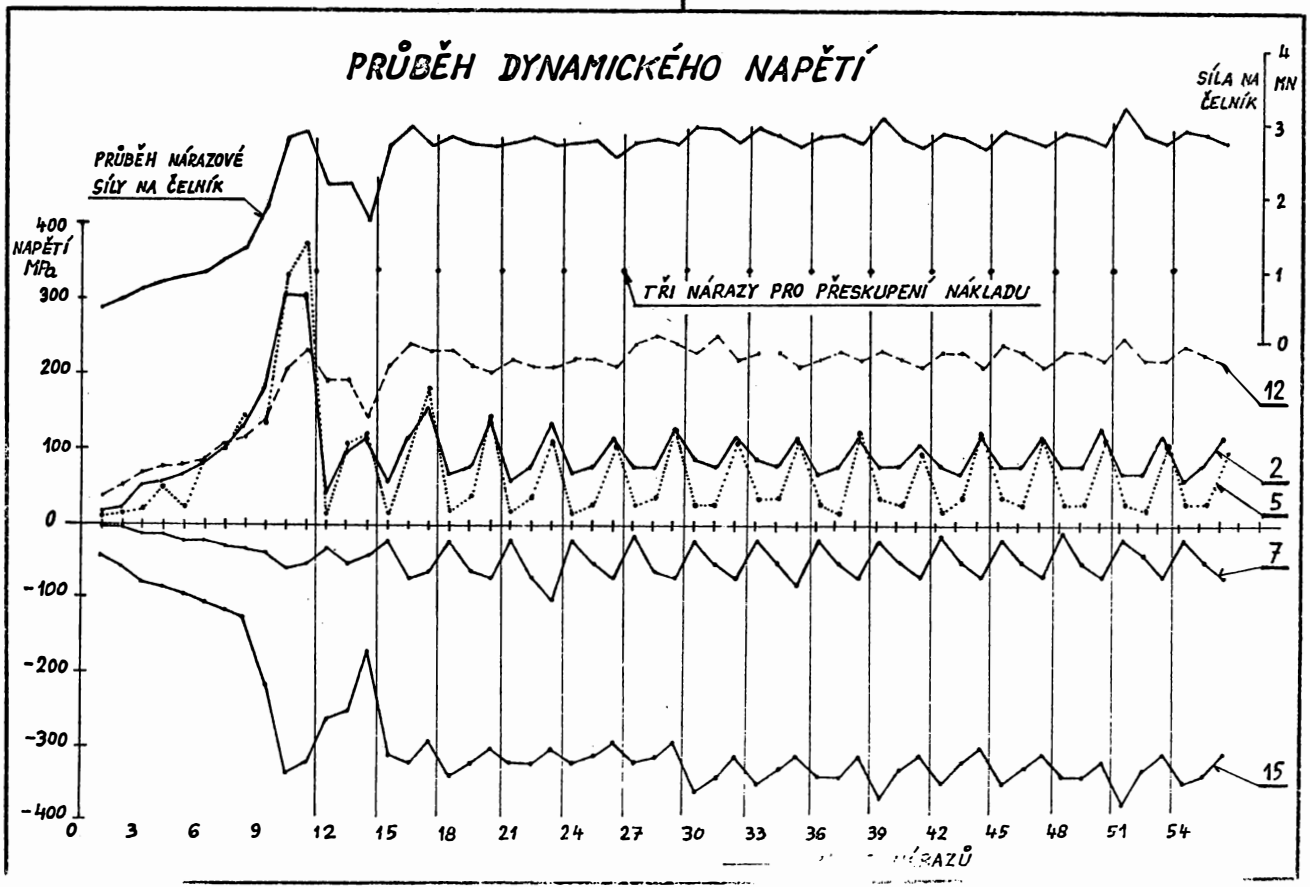
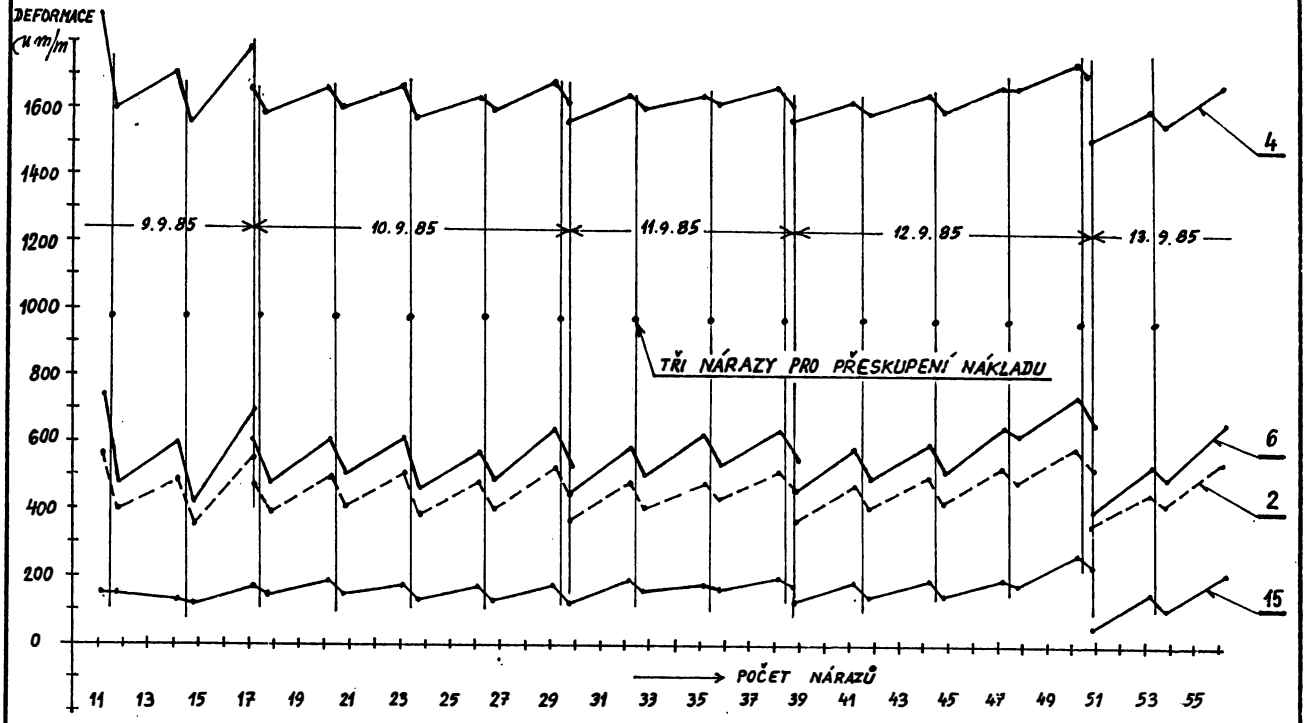
Na obr 1 jsou vynesena dynamická napětí při jednotlivých nárazech.Místa 2,5 a 7 jsou na čelní klapce (ovlivněna pěchováním nákladu),místa 12 a 15 na spodku vozu.Pro informaci je v diagramu rovněž vynesena velikost nárazové síly na čelník. Rovněž je označeno,mezi kterými nárazy ležely serie 3 nárazů v opačném spěru pro zpětný přesun nákladu.

Na obr 2 jsou graficky znázorněny zbytkové deformace od počátku zkoušky,měřené před a po každé serii zkušebních nárazů. Rovněž je označeno,kde ležely serie po 3 nárazech v opačném směru.

Z výsledků měření je patrno,že dynamické napětí v některých místech vozu (ku př.místo 12) jsou přímo úměrná velikosti nárazové síly,v jiných místech stoupají s počtem nárazů po přesunu nákladu,přičemž se rozdíly mezi maximen a minimem vlivem pěchování nákladu a tím zřejmě zvyšováním předpětí zmenšují.

Zbytkové deformace narostly při první serii nárazů a poté více či méně kolísaly v závislosti na pěchování a přesunech nákladu.Byla však pozorována celková tendence narůstání hodnot deformací během dne a jejich pokles během noci,což svědčí jednak o uvolňování prožného předpětí (které je rovněž zahrnuto do měřené deformace),jednak jde patrně o závislost na teplotě, neboť rozdíly mezi denními a nočními teplotami byly největší v poslední dny zkoušky,kdy rovněž kolísání naměřených zbytkových hodnot deformací bylo markantní.

Z výsledků zkoušky je patrno,že požadavkům metody zkoušky, vypracované ORE,bylo vyhověno,t.j.zbytkové deformace koncem serie 40 nárazů předepsanou silou nenarůstaly a celkové deformace od začátku zkoušky nepřesáhly hodnotu 2 ‰.


PRŮBĚH DYNAMICKÉHO NAPĚTÍ
SÍLA NA ČELNÍK
MN
4
3
2
1
0
PRŮBĚH NÁRAZOVÉ SÍLY NA ČELNÍK
400
NAPĚTÍ MPa
300
200
100
0
-100
-200
-300
-400
TŘI NÁRAZY PRO PŘESKUPENÍ NÁKLADU
12
2
5
7
15
0
3
6
9
12
15
18
21
24
27
30
33
36
39
42
45
48
51
54

PRŮBĚH ZBYTKOVÝCH DEFORMACÍ