

Vladimír Igielski

Geometrické parametry kolejí pro jednotky s naklápěcími skříněmi (NS)

Klíčová slova : *technické parametry pro naklápěcí systém, základní návrhové parametry pro provoz jednotek, aktivace naklápění, kompenzační faktor, jízdní komfort, korekční signál*

A. Úvod

Při rozhodování o způsobech modernizace vybrané sítě ČD byla přijata varianta s využitím provozu jednotek s naklápěcími skříněmi. Hlavním cílem modernizace je dosažení větších cestovních rychlostí. Podstatné zvýšení traťových rychlostí při využití klasických souprav i s využitím modernizačních prvků geometrických parametrů koleje (dále jen GPK) s ohledem na převážně členité území, kterým koridory modernizované sítě ČD procházejí, by si vyžádalo značné investiční náklady na přeložky tratí (zvětšení poloměrů oblouků). Využití jednotek s naklápěcími skříněmi (dále jen NS) s možností zvýšení rychlosti v obloucích o 20 až 30% umožní provedení modernizace (optimalizace) v převážném rozsahu na stávajícím tělese trati, zatím co přeložky se účelně navrhnou jen zcela výjimečně v místech, která nejvíce limitují traťovou rychlost s přihlédnutím k navazujícím úsekům trati.

V r. 1995 se uskutečnila veřejná obchodní soutěž na výrobu deseti 7 vozových elektrických jednotek NS pro ČD, vítězem soutěže se stalo konsorcium ČKD Praha Holding a.s., Moravskoslezská vagónka Studénka a.s., Fiat s.p.A. Torino a Siemens AG Berlin. V závěru r. 1995 byly schváleny základní technické podmínky pro výrobu jednotek. Dodavatelem podvozků a naklápěcího systému je firma Fiat Ferroviaria Savigliano.

Technické parametry stanovené pro naklápěcí systém jsou společně se základními návrhovými parametry pro provoz jednotek u ČD určující při posuzování možnosti zvýšení rychlosti jednotek NS v daném místě nebo při navrhování úpravy geometrických parametrů koleje v přípravné i projektové dokumentaci jednotlivých staveb modernizované sítě ČD, na kterých se uvažuje provoz jednotek NS. Je účelné navrhnout hodnoty geometrických parametrů koleje GPK (tj. pro geometrické uspořádání zejména stanovení potřebných délek přechodnic a z hlediska konstrukčního uspořádání stanovení hodnoty převýšení) co nejvstřícněji vlastnostem naklápěcího systému, aby návrh byl co nejefektivnější a zachoval plynulost traťové rychlosti pro rychlost jednotek NS (dále jen V_k). Z toho důvodu byly zásady pro návrh GPK z hlediska provozu jednotek NS zahrnuty do

Ing. Vladimír Igielski, nar. 1939. Absolvent Vysoké školy dopravní Praha 1961, zaměření údržba a rekonstrukce tratí. Systémový specialista odboru stavebního ČD-Divize dopravní cesty.

novelisované ČSN 73 6360 „Konstrukční a geometrické uspořádání koleje železničních drah a její prostorová poloha, část 1: Projektování“, příloha E (účinnost od 1. 8. 1997).

Aktivní naklápací systém firmy Fiat Ferroviaria využívá nucené naklápění vozových skříní podle povelů elektronických počítačů na každém voze jednotky. Pověly jsou určeny vyhodnocením signálů snímačů na vozech (gyroskopy na předním podvozku čelního tzv. hlavového vozidla, snímače bočního zrychlení na obou podvozcích hlavového vozidla a na vozové skříní každého vozu, snímače rychlosti na hlavových vozech a dva snímače úhlu naklopení na každém voze). Naklápění se uskutečňuje hydraulicky, naklápací zařízení je umístěné pod podlahou vozů.

B. Technické parametry jednotek NS (ř. 680), určené pro vývoj u ČD, a základní návrhové parametry pro provoz jednotek u ČD, které mají vliv na návrh (posouzení) GPK a další související zásady pro projektování

1) Maximální úhel naklopení

Maximální úhel naklopení vozových skříní je 8° . Z důvodu funkce primárního a sekundárního vypružení při max. hodnotách nedostatku převýšení je max. efektivní hodnota naklopení vozové skříně nižší o $1,5^{\circ}$, tj. využije se hodnota $\beta = 6,5^{\circ}$.

2) Maximální eliminace nedostatku převýšení odpovídající úhlu naklopení $\beta = 6,5^{\circ}$ je

$$\max I_{ke} = 170 \text{ mm.}$$

3) Maximální neeliminovaný nedostatek převýšení na vozové skříní, který pocítí cestující, je stanoven jako základní návrhový parametr pro provoz jednotek u ČD

$$\max I_{kn} = 100 \text{ mm}$$

(tj. neeliminované příčné zrychlení max $0,65 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$).

4) Maximální hodnota nedostatku převýšení na podvozku

$$\max I_k = \max I_{ke} + \max I_{kn} = 270 \text{ mm} \quad (1)$$

(tj. nevyrovnané příčné zrychlení = $1,76 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$), viz obr.1.

Max I_k je základní návrhový parametr pro projektování u ČD (ČSN 73 6360 - 1, příloha E) a vlastně v rozhodující míře určuje možnost zvýšení rychlosti jednotek NS. Z hlediska vlivu na železniční svršek lze připustit tuto větší hodnotu I_k (2,7 resp. 2,2 - krát větší než u klasických vozidel), neboť jednotky NS mají hmotnost na nápravu jenom 13,5 t.

Ze základního vztahu

$$I_k = p_{tk} - p = \frac{11,8 \cdot V_k^2}{r} - p \quad (2)$$

$$\text{vychází: } \max V_k = 0,291 \cdot \sqrt{r(p + 270)}, \quad (3)$$

$$\text{pro } p = 150 \text{ mm : } \max V_k = 5,96 \cdot \sqrt{r} \quad (3a)$$

Při porovnání s max. rychlostí klasických souprav při $I = 100\text{mm}$, tj. $\max V = 4,60 \sqrt{r}$, se jedná o zvýšení rychlosti pro $p = 150\text{mm}$ o 30%. Ve skutečnosti jsou časové úspory

v konkrétních traťových úsecích i se složitými směrovými poměry jen asi 15%, což vyplývá z porovnání tachogramů jízd obou druhů vozidel v celé délce traťových úseků.

Některé zahraniční železniční správy (zejména DB) využívají větších hodnot I_k , např. až 320 mm (připouští se však větší hodnota neeliminovaného nedostatku převýšení na vozové skříně než 100 mm, což je na úkor komfortu jízdy).

Sledování vlivu maximální hodnoty nedostatku převýšení I_k bude předmětem ověřovacího provozu prototypu jednotky NS. Podle posledních zkušeností zahraničních železničních správ se nedoporučuje využívat maximálních hodnot I_k podle výrazu (1) v obloucích o malých poloměrech. Při zpracování projektové dokumentace je třeba v obloucích s poloměrem menším než 300 m počítat s hodnotou $\max I_k = 240$ mm.

Uvedená hodnota $\max I_k = 270$ mm platí pro běžnou kolej. V koleji s pevnými místy nelze se zvýšením nedostatku převýšení prakticky uvažovat. Pevnými místy se rozumějí místa, kde se mění tuhost koleje a místa, která nebývají zahrnuta do pravidelného propracování koleje (výhybky, mostní konstrukce bez kolejového lože, pevné přejezdy). Přitom přejezdy s celopryžovou konstrukcí se za pevná místa nepovažují, protože jejich konstrukce umožňuje průběžně pružné uložení koleje. V koleji s pevnými místy je třeba počítat s hodnotou I_k :
v oblasti výhybek a kolejových křižovatek s pevnými srdcovkami

$$\max I_k = 110 \text{ mm,}$$

v oblasti výhybek a kolejových křižovatek s pohyblivými hroty srdcovek, pevných úroňových přejezdů, mostů bez průběžného kolejového lože, dilatačních zařízení a přechodů z koleje s kolejovým ložem na kolej bez kolejového lože

$$\max I_k = 130 \text{ mm.}$$

Výhledově se předpokládá, že na základě provozních zkoušek jednotek NS mohou být hodnoty I_k v koleji s pevnými místy poněkud zvětšeny. Doporučuje se proto navrhovat délky přechodnic s jistou rezervou (zejména v limitních místech).

V obloucích bez přechodnic a bez převýšení se neuvažuje dle těchto zásad se zvýšením I_k (a tedy se zvýšením rychlosti) ve srovnání se zásadami pro klasická vozidla.

5) Kompensační faktor

Naklápění se uskutečňuje v závislosti na změřené hodnotě příčného zrychlení (nedostatku převýšení I_k) na podvozcích hlavového vozidla.

Po aktivaci naklápění ve vstupu je hodnota eliminovaného příčného zrychlení pomocí naklonění (I_{ke}) určena zadaným kompenzačním faktorem α

$$I_{ke} = \alpha \cdot I_k \quad (4)$$

Podle technických podmínek pro vývoj jednotek NS pro ČD je hodnota kompenzačního faktoru stanovena $\alpha = 0,8$. Kompensační faktor se zavádí z toho důvodu, aby v přechodnici k oblouku s velkou hodnotou I_k se zmenšil rozdíl mezi hodnotou I_k v oblouku a hodnotou I_k v místě přechodnice, kde se dosáhne max. hodnota naklonění $\max \beta = 6,5^\circ$. Při zadané hodnotě $\alpha = 0,8$ nastane max. naklonění $6,5^\circ$ až v místě, kde $I_k = 170:0,8 = 213$ mm. Náhlý nekompenzovaný nárůst neeliminovaného příčného zrychlení (neboli I_k) v závěru přechodnice je potom zmenšený ve srovnání se situací, kdyby naklápění krylo plně hodnotu I_k až do hodnoty, která odpovídá úhlu $6,5^\circ$ tj. do hodnoty $\max I_{ke} = 170$ mm (obr. 4 a 5). Vztah úhlu

naklopení β a kompenzačního faktoru α je na obr. 2. Zadanou hodnotu kompenzačního faktoru lze po ověření upravit (např. $\alpha = 0,7$).

6) Podmínky pro aktivaci naklápění (prahové hodnoty)

a) Prahová hodnota převýšení pro aktivaci a urychlení naklápění hlavového vozidla je zadána $p = 13$ mm při jízdě ve vzetupnici z přímé do oblouku a $\Delta p = 13$ mm pro urychlení naklápění při jízdě v mezilehlé vzetupnici a ve vzetupnici z oblouku do přímé. Znamená to, že naklápění hlavového vozidla započne až v té části přechodnice, kde integrací signálu gyroskopu na 1. podvozku hlavového vozidla je zjištěna hodnota $p = 13$ mm (gyroskop snímá úhlovou rychlost naklápění nápravy ve vzetupnici). Aby bylo jednoznačně zjištěno, že se jedná o oblouk s převýšením, u kterého má nastat naklápění, je třeba s ohledem na provozní odchylky v převýšení navrhovat nominální hodnotu převýšení $p \geq 30$ mm. Z hlediska funkce naklápění ve vzetupnici se doporučuje navrhovat $p \geq 40$ mm. Tato zásada se týká i rozdílu převýšení v sousedních částech složeného oblouku s převýšením (mezilehlá vzetupnice). V oblouku bez převýšení se naklápění podle uvedených zásad neaktivuje.

Pro návrh GPK v oblouku bez převýšení platí pro jednotky NS zásady pro návrh GPK klasických vozidel pro navrhovanou rychlost V_k .

Ve staničních kolejích (mimo koleje hlavní) a v kolejových spojkách se neuvažuje se zvýšením rychlosti jednotek NS ve srovnání s rychlostí pro klasické soupravy.

b) Minimální hodnota nevyrovnaného příčného zrychlení neboli nedostaku převýšení I_k na podvozku je pro aktivaci naklápěcího systému $0,1 \text{ m.s}^{-2}$ neboli $I_k = 15$ mm. Z doporučeného vztahu pro projektování $I_k = 1,8 \cdot p$ vyplývá, že prahová hodnota nedostatku převýšení pro aktivaci naklápění $I_k = 15$ mm se zpravidla neuplatní (uplatňuje se především prahová hodnota převýšení $p = 13$ mm) a má tedy úlohu při vypínání naklápěcí činnosti na konci přechodnice při jízdě do přímé koleje. Zatím co při jízdě z přímé do oblouku bez převýšení se naklápění neaktivuje, při jízdě ve složeném oblouku z části s převýšením do části bez převýšení zůstane naklápěcí zařízení v činnosti.

c) Minimální rychlost pro aktivaci naklápění je stanovena > 65 km/h . To znamená, že zvýšení rychlosti s využitím naklápění se má navrhovat jenom v těch úsecích, kde GPK vyhovují pro traťovou rychlost klasických souprav ≥ 70 km/h. Při rychlosti klasických souprav < 70 km/h se zvýšení rychlosti pro jednotky NS nenavrhuje. Volba minimální rychlosti pro aktivaci naklápění je předmětem zadání technických podmínek pro jednotky NS.

7) Součinitel sklonu vzetupnice

Vzetupnice lineární : normální 8. V_k , zmenšený 6. V_k

Vzetupnice podle Blossie : normální 5. V_k , zmenšený 4. V_k

Ve vzetupnici podle Blossie se vztahuje uvedená hodnota součinitele sklonu vzetupnice na její střed (SP).

Využit menších hodnot součinitele sklonu vzestupnic ve srovnání s klasickými vozidly je možné z důvodu dobré přizpůsobivosti podvozků jednotek NS jízdy ve vzestupnici.

8) Maximální rychlost naklápění

Postupné naklápění v přechodnici se uskutečňuje v závislosti na hodnotě nevyrovnaného příčného zrychlení zjištěné akcelerometrem na 1. podvozku. Rychlost naklápění V_{β} je max $5^0 \cdot s^{-1}$, tj. $131 \text{ mm} \cdot s^{-1}$. Tato maximální rychlost naklápění (rotace) je blokována.

Zahraniční směrnice pro provoz jednotek NS s naklápěcím systémem firmy Fiat sice neuvádějí nutnost zvláštního posouzení délky přechodnice s ohledem na max. rychlost naklápění, je však doporučena zásada navrhovat GPK tak, aby hodnoty I_k a p byly ve vzájemném poměru

$$I_k : p = \max I_k : \max p, \quad (5)$$

tj. v podmínkách pro ČD v poměru $270 : 150 = 1,8$

Pokud bychom přísně dodržovali zásadu $I_k = 1,8 \cdot p$, nebylo by třeba z hlediska funkce naklápění (max. rychlost naklápění $5^0/s$) žádnou kontrolu délky přechodnice provádět, protože ta by byla vždy zajištěna určením potřebné délky vzestupnice, a to i v případě použití nejmenšího součinitele sklonu vzestupnice podle ČSN 73 6360 - 1, příloha E, tj. pro lineární vzestupnici

$$l_{p \min} \geq \frac{6 \cdot V_k \cdot p}{1000} \quad (6)$$

Při dodržení zásady $I_k = 1,8 \cdot p$ bychom ovšem v oblouku u nástupiště např. pro $p = 60 \text{ mm}$ mohli využít jenom $I_k = 108 \text{ mm}$, tj. naklápěcí zařízení by nepřineslo u oblouků s nutnou menší hodnotou převýšení žádný efekt. V italské literatuře se uvádí, že od zásady $I_k : p = \max I_k : \max p$ (tj. např. poměr 1,8 uvažovaný v podmínkách ČD) lze udělat jistou odchylku. V ČSN 73 6360 - 1, příloha E, je uvedené omezení

$$I_k \leq 3 \cdot p \quad (7)$$

Při použití hodnoty $I_k > 1,8 \cdot p$ proto musíme provést posouzení délky přechodnice s ohledem na rychlost naklápění max $5^0/s$ podle vztahu:

$$l_p \geq \frac{2,2 \cdot V_k \cdot I_k \cdot p}{1000 \cdot (p - 13)} \quad \begin{array}{l} \text{(vzorec platí pro} \\ \text{přechodnici s lin.} \\ \text{vzestupnicí)} \end{array} \quad (8)$$

tak, aby k plnému naklopení došlo v převážné míře v průběhu jízdy v přechodnici a aby nenastalo doklápění v čistém oblouku.

Výraz (8) je určen na základě prahové hodnoty pro aktivaci naklápění $p = 13 \text{ mm}$ a s určitou rezervou pro reakci hydraulického systému (0,2 s).

Nutnost posouzení u přechodnice s lineární vzestupnicí podle výrazu (8) přichází v úvahu jen pro menší hodnoty převýšení ($p < 112 \text{ mm}$, kdy délka vzestupnice určená podle výrazu (6) nezajišťuje vždy zároveň i požadovanou délku přechodnice pro naklopení).

9. Posouzení na časovou změnu nedostatku převýšení (boční ráz)

Při použití faktoru kompensace 0,8 je hodnota bočního rázu na vozové skříni při naklápění, tj. v rozhodující části přechodnice, snížena na 20% bočního rázu na podvozku. Tím je zajištěn z hlediska bočního rázu na vozové skříni dostatečný komfort jízdy. Hodnota kompenzačního faktoru se projeví příznivě i v závěrečné části přechodnice k obloukům s velkou hodnotou I_k (kde faktor kompensace 0,8 příznivě zkracuje délku s plnou hodnotou bočního rázu i na vozové skříni) - viz obr. 2 a obr. 5. Podle ČSN 73 6360 - 1, příloha E, se připouští ve složitých poměrech poměr I_k a p :

$$3,0 \cdot p < I_k \leq 3,5 \cdot p, \quad (9)$$

avšak s podmínkou posouzení délky přechodnice s lineární vzestupnicí na boční ráz v počáteční části přechodnice před místem, kde převýšení dosáhne hodnotu $p = 13 \text{ mm}$ (prahovou hodnotu pro aktivaci naklápění) :

$$l_p \geq \frac{3,2 \cdot V_k \cdot I_k}{1000} \quad (10)$$

Dodržením délky přechodnice dle výrazů (6) a (10) bude zajištěna vyhovující hodnota bočního rázu i v části přechodnice před $KP = ZO$, je-li $213 < I_k \leq 270$ (obr.5 - část délky přechodnice s plnou hodnotou bočního rázu i na vozové skříni - viz též bod 5).

Pro dobrou funkci naklápěcího systému je nutné, aby délka přechodnice byla stejná jako délka vzestupnice.

Z uvedeného vyplývá, že při dodržení zásad navrhování a posuzování délky přechodnice podle ČSN 73 6360 - 1, příloha E, bude zajištěn dostatečný komfort jízdy z hlediska časové změny nedostaku převýšení (bočního rázu) na vozové skříni v přechodnici. Větší hodnota bočního rázu na podvozku bude z hlediska vlivu na konstrukci koleje kompenzována menší hodnotou hmotnosti na nápravu, tj. 13,5 t .

10) Korekční signál

Jednotky s naklápěcí technikou, vyvíjené pro ČD, mají řízené naklápění podle systému firmy Fiat Ferroviaria v závislosti na hodnotě nevyrovnaného příčného zrychlení, které se určuje v každém místě podle signálu akcelerometru umístěného na předním podvozku prvního vozu jednotky. Signál akcelerometru je po filtraci zpožděný o $\Delta T = 0,5$ až $0,6 \text{ s}$ a proto se pro naklápění 1. vozu využívá též signálu gyroskopu na předním podvozku. Další vozy jednotky jsou naklápěny již jen podle akcelerometrického signálu s časovým odstupem dle okamžité rychlosti a v závislosti na vzdálenosti od čela jednotky.

Ze signálu gyroskopu (tj. úhlová rychlost naklápění nápravy ve vzestupnici) se dá v každém místě získat údaj o sklonu vzestupnice $1:n$ a integrací signálu hodnota převýšení $p_{(t)}$ (v mezilehlé vzestupnici $\Delta p_{(t)}$), přičemž časové opoždění při zpracování signálu gyroskopu cca $0,1 \text{ s}$ lze již zanedbat. Signálu gyroskopu se využívá pro získání korekčního signálu, který se sčítá s opožděným signálem akcelerometru a tento součet se přibližuje okamžité hodnotě příčného zrychlení, které se použije pro regulaci naklápění 1.vozu jednotky (naklopením se kryje 0,8 hodnoty příčného zrychlení na podvozku - kompenzační faktor α). Významné je stanovení hodnoty potřebného korekčního signálu. Využívá se opět stanovené zásady, že projektované hodnoty odpovídají zpravidla poměru

$$I_k : p = \max I_k : \max p = 270 : 150 = 1,8.$$

To znamená, že velikost korekčního signálu pro opravu (urychlení) signálu akcelerometru je určena podle stanoveného vztahu

$$I_k = 1,8 \cdot p \quad (11)$$

Potřebná hodnota korekčního signálu $k_{(t)}$ v přechodnici v daném místě pro vyrovnání opoždění akcelerometrického signálu o ΔT je určena teoretickým výrazem využívajícím hodnot průběhu převýšení ve vzestupnici, zjištěných integrací signálu gyroskopu :

$$k_{(t) \text{ m/s}^2} = \frac{1,8 \cdot (p_{(t)} - p_{(t-\Delta T)})}{153}, \quad (12)$$

tj. předpokládá se, že projektovaná hodnota nevyrovnaného příčného zrychlení (na podvozku) se navrhuje

$$a_n = \frac{1,8 \cdot p}{153} \quad (\text{neboli } I_k = 1,8 \cdot p)$$

Hodnota korekčního signálu ve střední části lineární vzestupnice je konstantní (obr. 3,4,5). Tato hodnota je určena podle výrazů (11) nebo (12) ve vztahu :

$$K_{(m/s^2)} = \frac{I_k}{153} \cdot \frac{\Delta T}{T_{(lp)}} = \frac{1,8 \cdot p \cdot \Delta T \cdot V_k}{153 \cdot 3,6 \cdot l_p} = \frac{3,27 \cdot V_k \cdot \Delta T}{n}, \quad (13)$$

přítom $1 : n$ je sklon lineární vzestupnice.

V krajní části přechodnice s lin. vzestupnicí na vzdálenost $l_{\Delta T}$ (délka odpovídající opoždění filtrovaného akceler. signálu) se uskutečňuje nárůst korekčního signálu lineárně v závislosti na okamžité hodnotě převýšení $p_{(t)}$. Sestupná část korekčního signálu se v navazující části kružnicového oblouku za přechodnicí vytvoří obdobně.

Obrazec korekčního signálu v přechodnici s lineární vzestupnicí je uveden na obr. 3, 4 a 5. Přítom jeho velikost K je vyznačena ve velikosti korekce nedostatku převýšení dle vztahu

$$K_{(mm)} = 153 \cdot K_{(m/s^2)}. \text{ Lze též vyjádřit } K_{(mm)} = 1,8 \cdot p_{\Delta T}.$$

Aby korekční signál co nejúčinněji opravil signál akcelero-metru, bylo by nutné navrhovat přibližně $I_k = 1,8 \cdot p$, čili

$$p = \frac{4,2 \cdot V_k^2}{r} \quad (14)$$

Výraz (14) vlastně odpovídá výrazům pro výpočet doporučeného převýšení pro klasické soupravy se zvýšením rychlosti V_k o 30 resp. 25% .

Pokud volíme ve složitých směrových poměrech $I_k > 1,8 \cdot p$, tj. odchýlně od výrazů (11) a (14), je třeba délku přechodnice upravovat (kontrolovat) rovněž podle bodu 8) a 9). Tím se zajistí příznivé podmínky pro komfort jízdy čelního vozidla i z toho hlediska, že korekční signál neopraví v plné hodnotě opožděný akcelerometrický signál, ale pouze částečně .

Pro zajištění správné funkce předklápení dle korekčního signálu pro 1. vůz jednotky jsou uvedeny některé zásady v ČSN 73 6360 -1, příloha E, např. aby nárůst I_k byl stejného smyslu jako změna převýšení (týká se mezilehlé přechodnice se vzestupnicí ve složeném oblouku).

C. Otázky bezpečnosti

Při pojiždění kolejových oblouků vyšší rychlostí musí být dodržena stejná kritéria bezpečnosti (podle vyhl. UIC 518 VE), jako u hnacích vozidel a jednotek klasického provedení .

1) Odpor proti příčnému posunutí koleje

Mezní hodnota pro příčnou pevnost koleje se posuzuje podle Prud'hommeova kritéria :

$$(\sum Y)_{2m} \leq 1,0 \cdot \left(10 + \frac{2 \cdot Q_0}{3} \right) \quad (\text{kN}),$$

kde Q_0 je nominální kolová síla .

2) Maximální hodnota poměru vodící a kolové síly (Y/Q)

Bezpečnost proti vykolejení je prokázána , je-li splněna podmínka

$$Y / Q < 0,8$$

3) Maximální kvazistatická hodnota vodící síly :

$$Y_{qst} \leq 60 \text{ kN}$$

4) Maximální kvazistatická hodnota svislé kolové síly:

$$Q_{qst} \leq 145 \text{ kN}$$

Hodnoty $(\sum Y)_{2m}$, Y_{qst} a Q_{qst} na vnějším kolejnicovém pásu s narůstajícím bočním zrychlením na podvozku se zvětšují. Toto zvětšení je eliminováno ve srovnání s klasickými vozidly nižší hmotností jednotek NS na nápravu 13,5t.

Poměr Y/Q z hlediska bezpečnosti proti vykolejení zůstává při zvýšení rychlosti téměř konstantní. Konstrukce podvozků je řešena vzájemným pružným spojením podélníků rámu s přirozenou větší přizpůsobivostí jízdy v koleji se vzájemným sklonem kolejnicových pásů.

Nasazení jednotek s naklápěcí technikou bude vyžadovat dobrý standard v údržbě GPK. **Hodnocení odchylek GPK** dle ČSN 73 6360 - 2, zjištěných měřicími vozy musí odpovídat podmínkám pro vyšší traťovou rychlost jednotek NS. Ověřuje se možnost vybavení prototypu jednotky NS (ř. 680) měřicím zařízením pro kontrolu GPK z hlediska odezvy vozidla s hodnocením jednak dle bodů C.1) až 4) a hodnocením velikosti nevyrovnaného příčného zrychlení na podvozku a_n . Kolej musí být zásadně bezstyková a jejímu zřizování a údržbě bude nutné věnovat zvýšenou pozornost.

Při **posouzení únosnosti kolejnic** je třeba počítat s větší boční silou v obloucích při jízdě s větším nevyrovnaným příčným zrychlením (prostorová napjatost) . V podmínkách zadání pro vývoj jednotek NS je stanovena max. hmotnost na nápravu obsazené jednotky 13,5 t, čímž se kompenzuje větší hodnota složky namáhání kolejnic od sil působících v příčném směru. Pro výhledové nasazení jednotek NS se doporučuje použít zásadně kolejnic tv. UIC 60. Využití větších hodnot I_k než hodnot platných pro klasická vozidla (tj. max 100mm, výjimečně 130mm) v koleji tv. S49 musí být posouzeno podle konkrétních traťových poměrů

(požadovaná rychlost, charakter GPK) a doporučuje se max. hodnotu I_k (270 mm) uvedenou dle bodu B.4) omezit.

D. Závěr

Zavádění naklápěcí techniky je bezesporu přínosem pro záměry na zvyšování rychlosti osobní dopravy při snaze úspory nákladů na rekonstrukce tratí. Využití se předpokládá především na silně provozovaných hlavních tratích, v současné době v rámci realizace a přípravy modernizace (optimalizace) vybrané sítě ČD.

DB AG v r. 1992 s úspěchem zavedla provoz dvoudílných dieselelektrických jednotek VT 610 s naklápěcími skříněmi pro max. rychlost 160 km/h na některých vybraných regionálních tratích, čímž se dosáhlo podstatné zkrácení jízdních dob.

Zavádění provozu jednotek NS bude úkol dlouhodobý, a to jak z hlediska vývoje a výroby jednotek , tak i z hlediska stavební přípravy. Zajištění provozu jednotek NS vyžaduje vysoký standard údržby železničního svršku a spodku, jde ale v podstatě pouze o naplnění toho, co už léta máme v předpisech, tzv. „normový“ stav. Bude nutné věnovat pozornost i skladbě ostatního provozovaného vozidlového parku na těchto tratích, především jeho technickému stavu, aby svými dynamickými účinky neznehodnocoval kvalitu GPK nezbytnou pro provoz jednotek NS a nezvyšoval tak náklady na údržbu tratí.

Na základě koncepce výhledového provozu jednotek NS je třeba veškerou stavební činnost na vybraných tratích přizpůsobit tomuto záměru, a to i z hlediska navrhování parametrů GPK. Zvýšenou pozornost je třeba věnovat odstraňování pevných míst v koleji. Při zpracování a posuzování návrhů GPK je nutné přihlížet současně k zásadám platným pro klasická kolejová vozidla i pro jednotky s naklápěcími skříněmi.

Významné z hlediska provozu jednotek NS bude i zavádění nové zabezpečovací techniky. Naprosto nezbytné bude vybavení jednotek NS mobilní částí a traťových úseků stabilní traťovou částí systému pro automatické vedení vlaku zejména z hlediska řízení rychlosti jednotek podle hodnot traťové rychlosti V_k . Zavádění nové zabezpečovací techniky může ovlivnit i možnosti zdokonalení řízení naklápění.

Použité značky a zkratky :

a_n	nevyrovnané příčné zrychlení	($m.s^{-2}$)
β	účinný úhel naklonění vozové skříně	($^\circ$)
GPK	geometrické parametry koleje	
I	nedostatek převýšení	(mm)
I_k	nedostatek převýšení v kolejích s provozem jednotek NS	(mm)
I_{ke}	dtto eliminovaný naklopením	(mm)
I_{kn}	dtto neeliminovaný	(mm)
l_p	délka přechodnice	(m)
$k_{(t)}$, K	Korekce signálu akcelerometru	($m.s^{-2}$),(mm)
α	faktor kompensace (podíl $I_{ke} : I_k$)	
n_k	součinitel sklonu vzestupnice pro koleje s provozem jednotek NS	

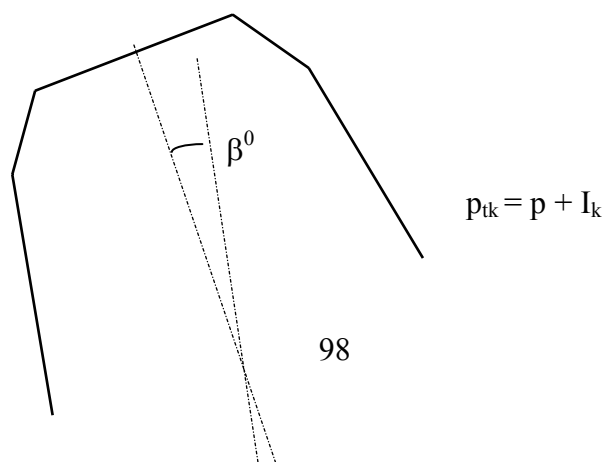
NS	naklápěcí skříně	
p	projektované převýšení koleje	(mm)
p_{tk}	teoretické převýšení pro rychlost V _k jednotek NS	(mm)
r	poloměr kružnicového oblouku	(m)
V	rychlost	(km.h ⁻¹)
V_k	rychlost jednotek NS	(km.h ⁻¹)
V_β	rychlost naklápění	(°.s ⁻¹), (mm.s ⁻¹)

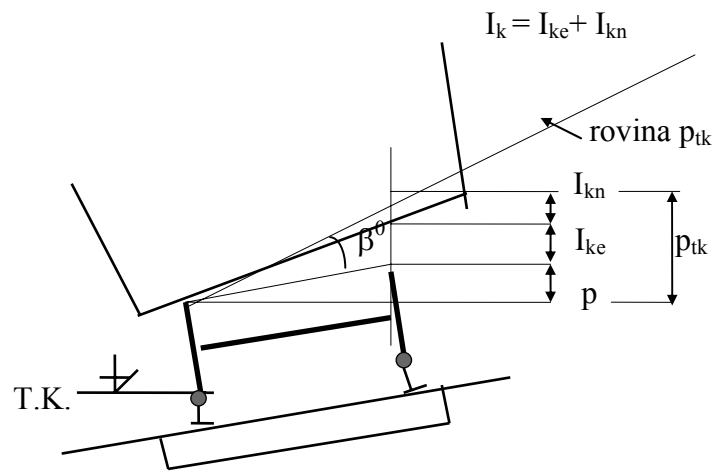
Literatura :

- BIANCHI,CASINI,ELIA,LOSA. Dall' ETR 401 all' ETR 450.
La tecnica professionale, Maggio 1989,no.5.
- KOTTENHAHN. *NeiTech-Systeme bei der DB AG*. Příspěvek na oborovém dni fy Siemens v Praze 22.8.1995.
- KOZINKA,KVARDA. Italská jednotka ETR 401 Pendolino na tratích ČSD. *Železniční technika*, 1990, č.3.
- HŘEBAČKA, KREJČIŘÍKOVÁ. Podmínky provozu vozidel s výkyvnými skříněmi ve vztahu k jejich účinkům na konstrukci koleje.
Nová železniční technika, 1995, č.2.
- *Fiat Ferroviaria.Vysokorychlostní železniční doprava*.
Praha: ČD-Technická ústředna provozu, 1995.
- Technické podmínky pro elektrickou třísoustavovou jednotku s naklápěním vozových skříní v tlakotěsném provedení na rychlost 230 km/h.(Vývoj ČD). 1995.
- ČSN 73 6360 Konstrukční a geometrické uspořádání koleje železničních drah a její prostorová poloha. Část 1. Projektování. Část 2.Stavba a přejímka, provoz a údržba.

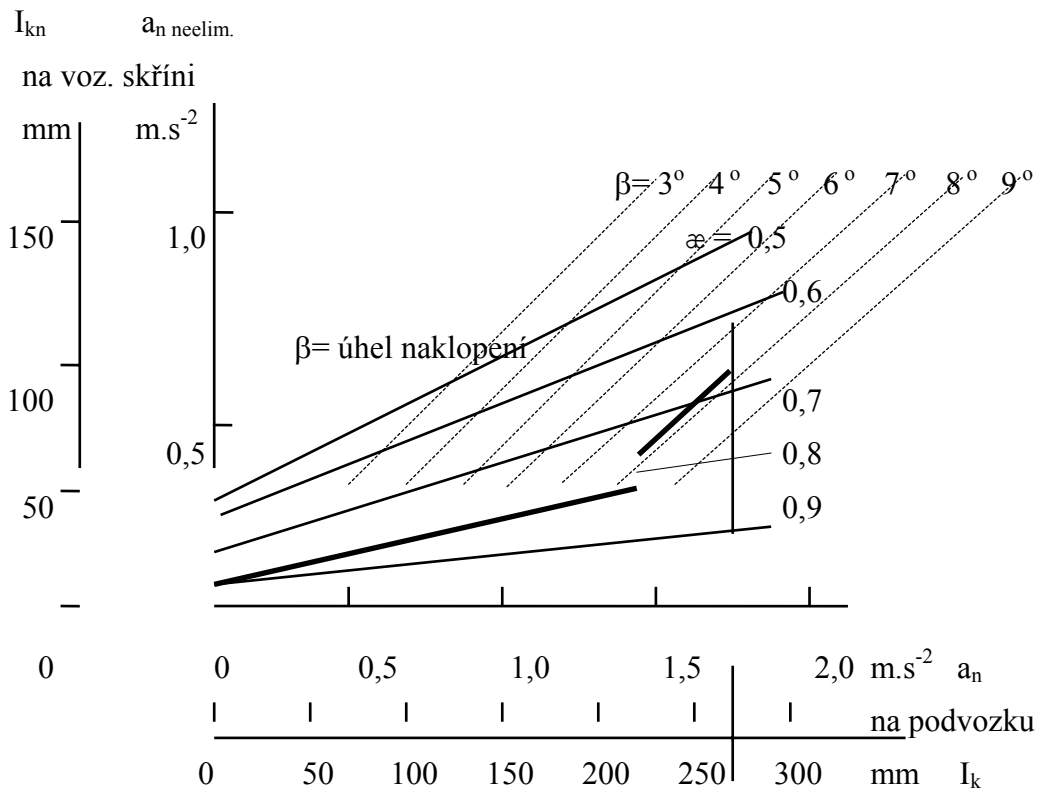
Praha, duben 1998

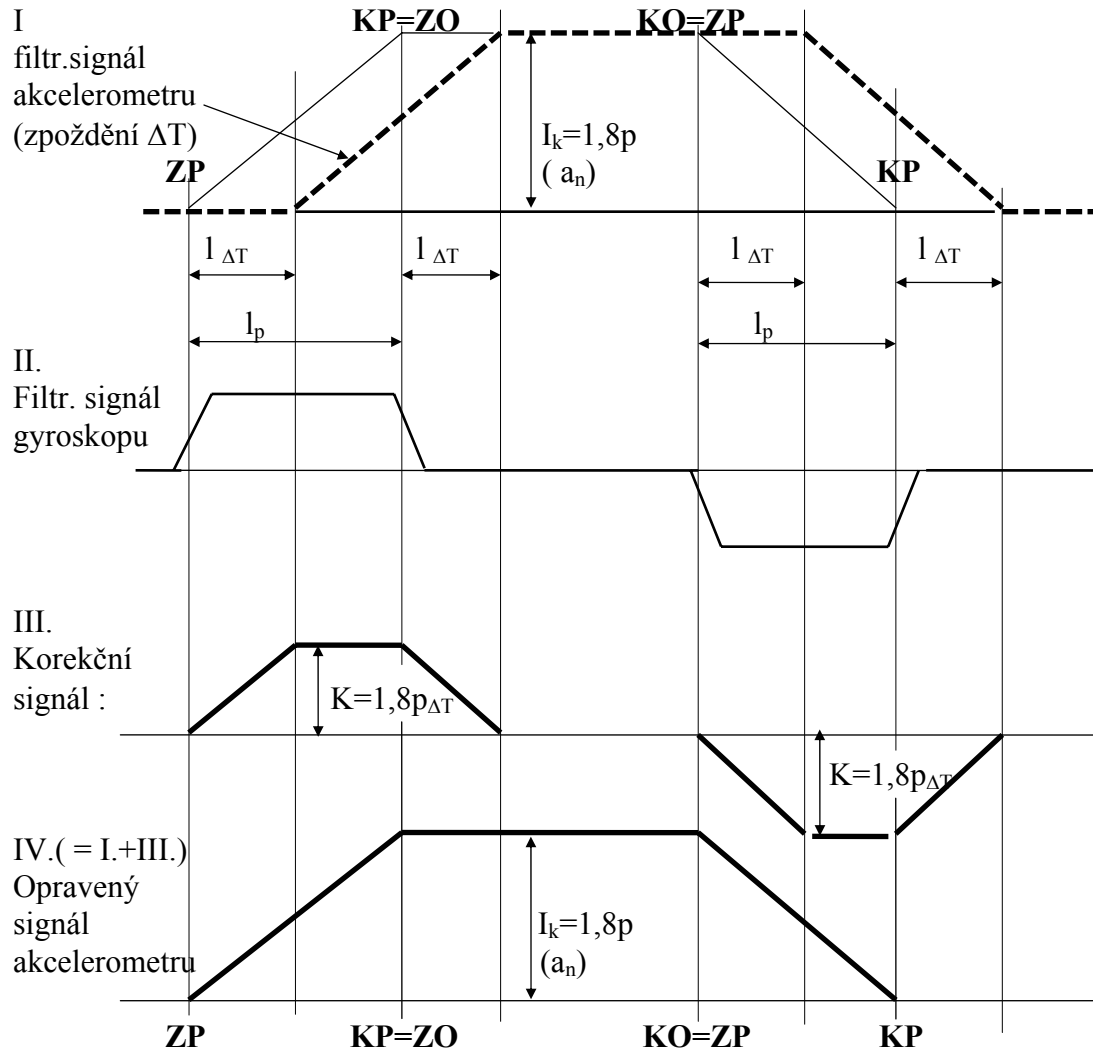
Lektorovala : Ing. D.Marusičová
ředitelka odboru stavebního ČD-DDC





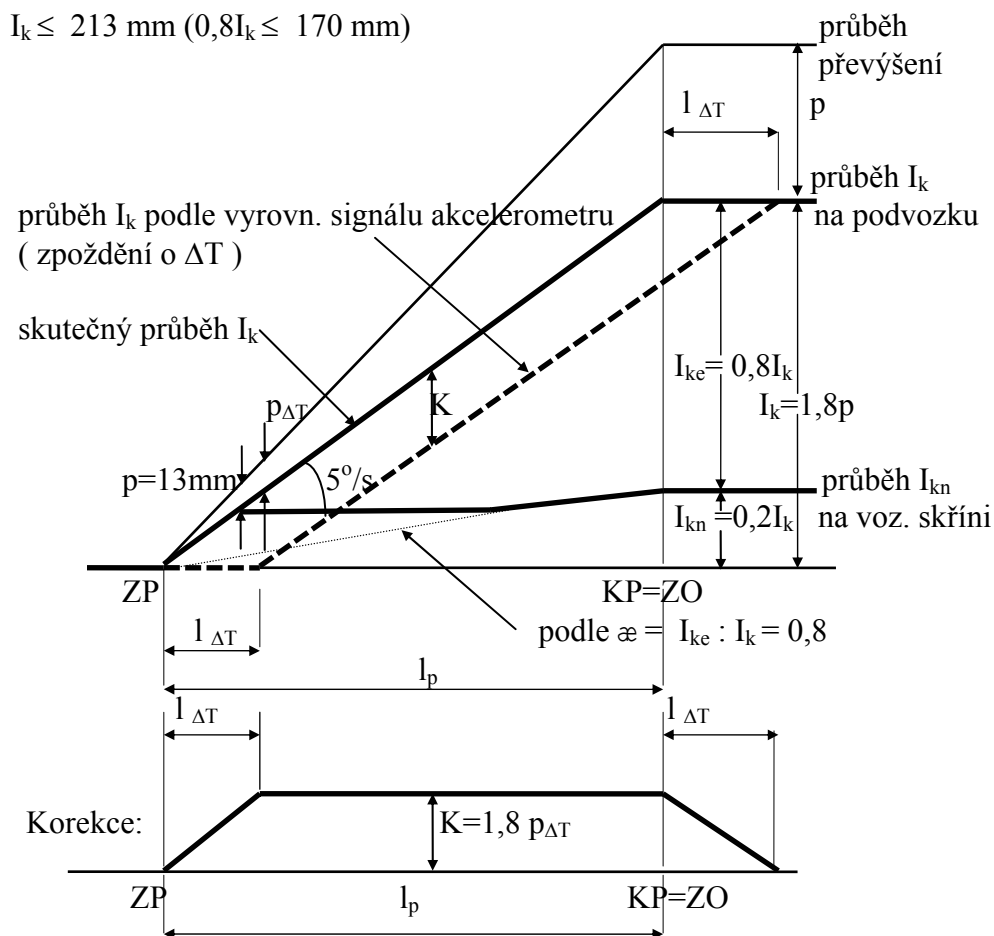
Obr. 1 Naklonění vozové skříně v oblouku s převýšením



Obr. 2 Faktor (koeficient) kompenzace α 

Obr.3 Korekce signálu akcelerometru pro naklápění 1.vozu v přechodnicích s lineár. vzesupnicemi

Pozn. : Obrázek vyjadřuje případ úplné opravy akcelerometrického signálu , tj. pro vztah projektovaných hodnot $I_k=1,8 \cdot p$. Naklápění hlavového vozidla se řídí podle opraveného akcelerometrického signálu IV.

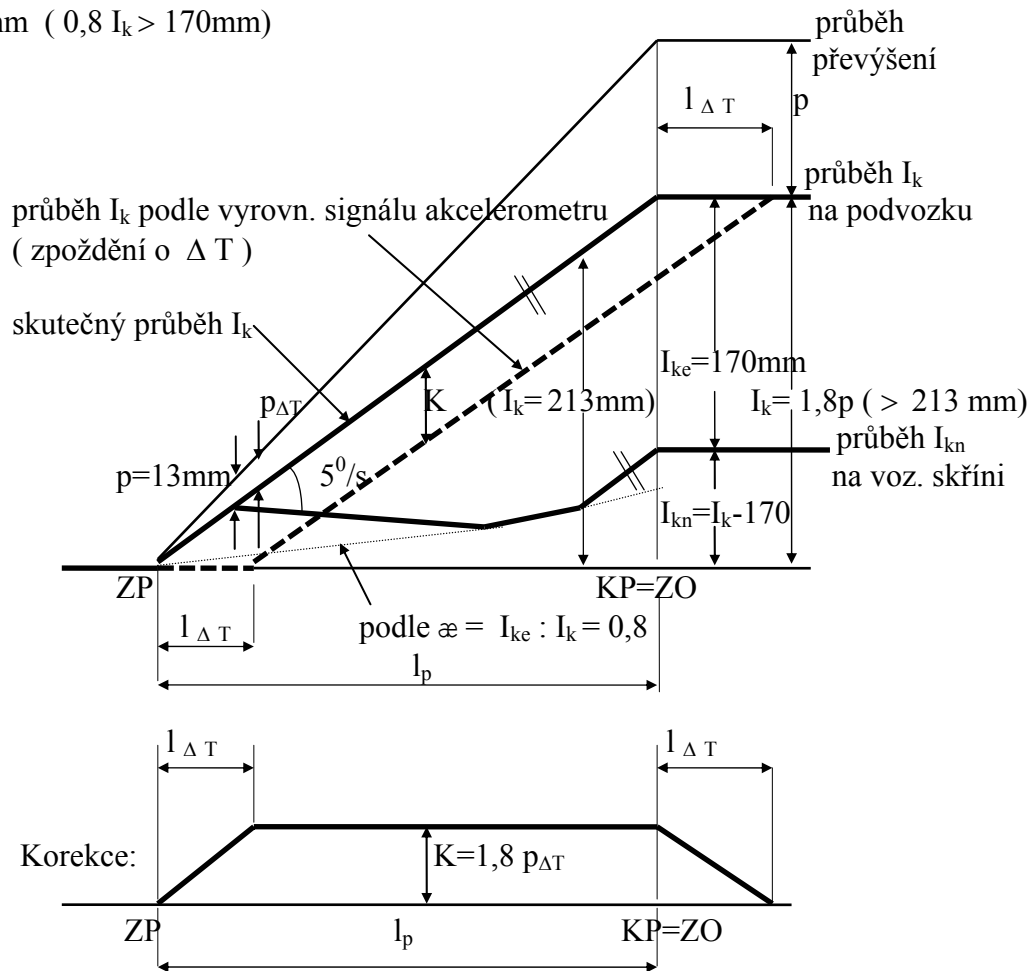


Obr. 4 Korekce signálu akcelerometru pro naklápění
1. vozu v přechodnici a průběh naklápění

Pozn.: Naklápění znázorňuje průběh hodnoty I_{ke} . O hodnotu naklopení I_{ke} je zmenšena hodnota I_{kn} na vozové skříni ve srovnání s velikostí hodnoty nedostatku převýšení I_k na podvozku. Naklápění započne v místě prahové hodnoty převýšení $p = 13 \text{ mm}$. Průběh převýšení je znázorněn v horní části obrázku. Na tomto obrázku je znázorněn případ $I_k \leq 213 \text{ mm}$ ($0,8 \cdot I_k \leq 170 \text{ mm}$). Obrázek platí pro vztah projektovaných hodnot $I_k = 1,8 \cdot p$.

Naklápění 2. a dalších vozů jednotky je uskutečňováno již podle skutečného akcelerometrického signálu dle vztahu $\varepsilon = I_{ke} : I_k = 0,8$ i v přední části přechodnice za ZP.

$$I_k > 213\text{mm} \quad (0,8 I_k > 170\text{mm})$$



Obr.5 Korekce signálu akcelerometru pro naklápění

1. vozu v přechodnici

Pozn.: Naklápění znázorňuje průběh hodnoty I_{ke} . O hodnotu naklonění I_{ke} je zmenšena hodnota I_{kn} na vozové skříní ve srovnání s velikostí hodnoty nedostatku převýšení I_k na podvozku. Naklápění započne v místě prahové hodnoty převýšení $p = 13\text{mm}$. Průběh převýšení je znázorněn v horní části obrázku. Na tomto obrázku je znázorněn případ $I_k > 213\text{mm}$ ($0,8 \cdot I_k > 170\text{mm}$). Max. účinné naklonění $\beta = 6,5^\circ$ (odpovídá $I_{ke} = 170\text{mm}$) nastane ještě v přechodnici před $KP = ZO$ a v krátké závěrečné části přechodnice je nárůst I_{kn} stejně náhlý jako nárůst I_k . Obrázek platí pro vztah projektovaných hodnot $I_k = 1,8 \cdot p$.

Naklápění 2. a dalších vozů jednotky je uskutečňováno v přední a střední části přechodnice podle skutečného akcelerometr. signálu dle vztahu $a = I_{ke} : I_k = 0,8$.