



VÝZKUM, VÝVOJ A ZKUŠEBNICTVÍ KOLEJOVÝCH VOZIDEL
Bucharova 1314/8, Stodůlky, 158 00 Praha 5

CERTIFIKOVANÁ METODIKA

Ověřování obrysu vozidla praktickou zkouškou

Autoři:

Vypracoval Ing. Lukáš Jetenský
Spolupracoval
Přezkoušel Ing. Petr Šindelář Technický ředitel
Schválil Ing. Zdeněk Malkovský, Ph.D. Generální ředitel

Certifikovaná metodika je výstupem z řešení projektu TAČR č. TE01020038
„Centrum kompetence drážních vozidel“

Praha, 10/2019

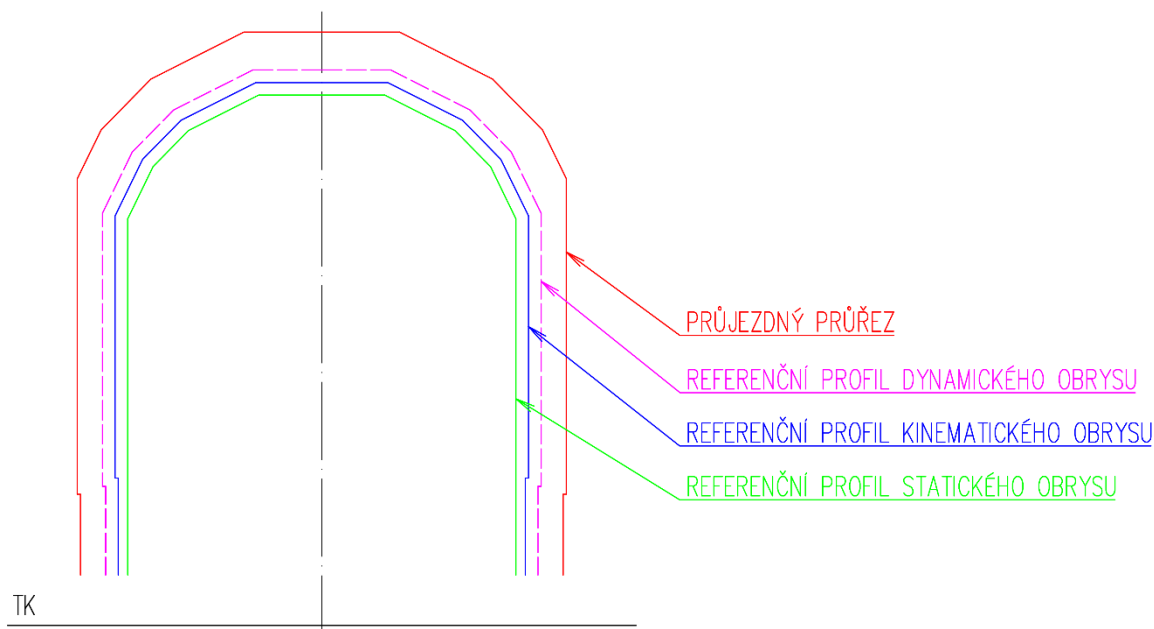
OBSAH

1	Úvod	3
1.1	Obecně	3
1.2	Způsoby ověřování obrysu vozidel	3
2	Cíl metodiky	4
3	Pojmy a zkratky	5
3.1	Seznam symbolů	5
3.2	Seznam indexů	6
3.3	Seznam zkratk a akronym	7
4	Popis metodiky	8
4.1	Všeobecně	8
4.2	Zkušební podmínky	8
4.3	Definice základního souřadného systému vozidla	8
4.4	Ověření shody vozidla s obrysem	10
4.5	Ověření parametrů vozidla	12
4.5.1	Jmenovitá výška vozidla	12
4.5.2	Polohy kritických bodů	12
4.5.3	Vzdálenost otočných čepů podvozků (parametr a)	13
4.5.4	Rozvor podvozku (parametr p)	14
4.5.5	Rozchod dvojkolí (parametr d)	14
4.5.6	Příčné vůle v řetězci mezi dvojkolím a skříní vozidla (parametry q a w)	15
4.5.7	Velikost vzduchové mezery (parametr m)	18
4.5.8	Rozteč pružin vypružení (parametr $2b$)	18
4.5.9	Svislé výchylky vypružení (parametr z)	19
4.5.10	Průhyb vozové skříně nebo spodku vozidla (parametr f)	20
4.5.11	Součinitel poddajnosti, výška pólu naklonění (parametry s a h_c)	20
4.5.12	Statická nesymetrie vozidla (parametr η_0)	21
4.5.13	Velikost svislé vůle v úrovni postranních kluznic (parametr J)	21
4.5.14	Rozteč postranních kluznic (parametr $2b_g$)	22
4.6	Ověření shody rozměrů sběrače s obrysem pro sběrač	23
4.6.1	Výška dolního kloubu sběrače nad TK (parametr h_t)	23
4.6.2	Poddajnost sběrače (parametr t)	23
4.6.3	Úhel vyplývající z tolerance seřízení vypružení (parametr θ)	24
4.6.4	Výrobní a montážní tolerance sběrače (parametr τ)	25
5	Srovnání novosti postupů proti původní metodice	26
6	Popis uplatnění certifikované metodiky	26
7	Seznam použité související literatury	27
8	Seznam publikací, které předcházely metodice	27

1 Úvod

1.1 Obecně

Shoda vnějších rozměrů vozidla s obrysem je jedním z klíčových faktorů interoperability vozidla. Obecně je obrys definován jako soubor pravidel, zahrnující definici referenčního profilu (dříve používaný pojem vztažná linie obrysu) a přidružená pravidla pro výpočet omezení rozměrů ve svislém a příčném směru. Pomocí těchto pravidel lze definovat maximální přípustné vnější rozměry vozidla (tzv. obrys pro konstrukci vozidla) anebo prostor, do kterého nezasahuje infrastruktura (tzv. průjezdný průřez). Obrys lze zkontrolovat pomocí statické, kinematické nebo dynamické metody výpočtu.



Obr. 1 Schématické znázornění vztahu mezi průjezdným průřezem a referenčními profily různých typů obrysů

Statická metoda výpočtu obrysu je založena ve svislém směru na uvažování statických výchylek stojícího vozidla a v příčném směru vůlemi ve vztahu dvojkolí-kolej a ve vypružení vozidla. Dynamické výchylky vozidla jsou v tomto případě vzaty v úvahu formou pevných rozměrových přírážek na straně infrastruktury a jsou tak respektovány též v definici referenčního profilu statického obrysu.

Naproti tomu **kinematická metoda** výpočtu obrysu uvažuje nejen statické svislé a příčné výchylky, ale také dynamické svislé výchylky a také část příčných kvazistatických výchylek částí vozidla vyvolaných možnou úhlovou výchylkou kolem pólu naklonění. Ta je při výpočtu zohledněna v hodnotě kinematického zúžení. Zbývající část kvazistatických výchylek vozidla, nepřekračující určité specifikované hodnoty, je zahrnuta do přírážek na straně infrastruktury.¹

Další metodou výpočtu obrysu je **dynamická metoda**. Ta je založena na stanovení obálky poloh vozidla při různých stavech zatížení, v různých traťových poměrech a v různých režimech jízdy. Na základě této obálky se stanoví maximální prostor, který vozidlo může zaujmout. Aby byla prokázána shoda vozidla s obrysem, je nutné, aby se vypočtená obálka výchylek nacházela uvnitř dynamického obrysu pro konstrukci (jedná se o tzv. **absolutní metodu** výpočtu dynamického obrysu), nebo aby nepřekračovala obálku výchylek referenčního vozidla, které je schváleno k provozu na dané infrastruktuře (jedná se o tzv. **srovnávací metodu** výpočtu dynamického obrysu).

1.2 Způsoby ověřování obrysu vozidel

Ověření shody vnějších rozměrů s deklarovaným obrysem je součástí procesu schvalování typu vozidla. V platných legislativních dokumentech TSI WAG a TSI LOC&PAS je citována norma ČSN EN 15273-2, která se zabývá problematikou obrysu vozidel. V této normě je v příloze R uveden seznam dokumentů, kterými je potřeba doložit shodu vozidla s obrysem při jeho certifikaci. Norma ale neobsahuje informace, jak kontrolu obrysu reálně existujícího vozidla fyzicky provést.

¹ Pro provoz vozidel na infrastruktuře SŽDC se vyžaduje, aby obrys pro konstrukci vozidla byl stanoven kinematickou metodou.

V normě ČSN 28 0312 je uvedena metoda ověření obrysu vozidla obrysnicí. Tato metoda spočívá v tom, že na přímé, nerozšířené koleji je umístěna obrysnice, což je tuhá konstrukce (šablona), která má tvar referenčního profilu. Tvar obrysnice může odpovídat statickému, nebo kinematickému referenčnímu profilu. Princip kontroly obrysu spočívá v tom, že se v rozhodujících průřezích vozidla (např. uprostřed vozidla, v místě otočného čepu, na představku vozidla, atd.) změří příčná vzdálenost mezi kontrolovaným bodem na vozidle a obrysnicí a tato vzdálenost se porovná s vypočtenou hodnotou jednostranného zúžení. Nedostatkem této metody je skutečnost, že se vozidlo nemusí nacházet ve své jmenovité poloze a tudíž odměřené hodnoty jednostranného zúžení nemusí odpovídat skutečnosti. Obrys pro konstrukci vozidla je vypočten na základě hodnot některých parametrů, které u stojícího vozidla ověřit nelze – např. parametry ovlivňující náklon vozidla². Samotné měření v obrysnici tedy není schopno poskytnout potřebný důkaz o tom, že vozidlo je ve shodě s deklarovaným obrysem.

Z výše uvedeného tedy vyplývá, že v současné době prakticky neexistuje obecně dostupný dokument, který by popisoval všechny aspekty kontroly shody reálného vozidla s deklarovaným obrysem. Cílem této metodiky je odstranit výše uvedené nedokonalosti a stanovit nové postupy, jak toto ověření provést.

2 Cíl metodiky

Kompletní vozidlo je složitou mechanickou soustavou, ve které se na vzájemné poloze jednotlivých částí projeví individuální nesymetrie a hystereze. U tohoto systému je prakticky nemožné provést kontrolu obrysu jednoduchou ucelenou zkouškou. Cílem této metodiky je ověřit obrys vozidla na základě zpracování výsledků souboru dílčích praktických zkoušek ke zjištění hodnot těch parametrů, které jsou významné z hlediska dosažení shody vozidla s obrysem.

² Tyto parametry se ověřují samostatnou zkouškou. Podrobnosti viz kap. 4.5.11.

3 Pojmy a zkratky

3.1 Seznam symbolů

Pro účely této metodiky platí symboly uvedené v tabulce 1, které jsou převzaty z normy ČSN EN 15273-2. Pouze v případě, že norma pro některé z parametrů symbol neobsahuje, jsou použity symboly vlastní.

Symbol	Název	Jednotka
$2s$	vzdálenost styčných kružnic	m
A_r	rozkolí	m
a	rozvor krajních dvojkolí u vozidel bez podvozků nebo vzdálenost středů podvozků	m
b	polovina šířky nebo vzdálenost rovnoběžná s jízdní plochou koleje měřená od osy koleje nebo vozidla	m
b_1	polovina rozteče pružin prvního stupně vypružení	m
b_2	polovina rozteče pružin druhého stupně vypružení	m
b_G	polovina rozteče postranních kluznic	m
d	rozchod dvojkolí	m
Flc, f^3	průhyb vozové skříně nebo spodku vozidla	m
h	výška vůči jízdní ploše koleje	m
h_c	výška pólu naklonění	m
h_t	výška zástavby dolního kloubu sběrače od jízdní plochy koleje	m
h_{jm}	jmenovitá výška vozidla	m
J	skutečná vůle ve svislém směru v úrovni postranních kluznic	m
m	velikost vzduchové mezery	m
n	vzdálenost od uvažovaného řezu k přilehlému krajnímu dvojkolí nebo nejbližšímu otočnému čepu	m
n_i	n pro řezy vně dvojkolí nebo středu podvozků	m
n_a	n pro řezy mezi dvojkolími nebo středy podvozků	m
p	rozvor podvozku	m
P_{oa}	omezení v horní poloze ověřovaného bodu sběračů umístěných vně středů podvozků	m
P_{oi}	omezení v horní poloze ověřovaného bodu sběračů umístěných mezi středy podvozků	m
P_{ua}	omezení v dolní poloze ověřovaného bodu sběračů umístěných vně středů podvozků	m
P_{ui}	omezení v dolní poloze ověřovaného bodu sběračů umístěných mezi středy podvozků	m
q	příčná vůle mezi dvojkolím a rámem podvozku nebo dvojkolím a skříní u vozidel bez podvozků (možnost posuvu ze střední polohy v jednom směru)	m
R	poloměr oblouku	m
s	součinitel poddajnosti	

³ Průhyb spodku vozidla je v normě ČSN EN 15273-2 definován dvěma symboly.

S_d	tloušťka okolku	m
t	příčné posunutí způsobené poddajností sběrače zvednutého na 6,5 m a při působení příčné síly 300 N v úrovni hlavice	m
w	příčná vůle mezi podvozkem a skříní (možnost posuvu ze střední polohy v jednom směru)	m
w_a	příčná vůle mezi podvozkem a skříní směrem na vnější stranu oblouku měnící se jako funkce poloměru oblouku	m
w_i	příčná vůle mezi podvozkem a skříní směrem na vnitřní stranu oblouku měnící se jako funkce poloměru oblouku	m
z	svislé výchylky vypružení	m
δ	úhel naklonění převýšené koleje	°
η	úhel naklonění vozidla vzhledem k jízdni ploše	°
η_0	úhel nesymetrie vozidla vlivem výrobních tolerancí, seřízení vypružení a nerovnoměrného rozložení zátěže	°
θ	úhel vyplývající z tolerance seřízení vypružení	rad
τ	výrobní a montážní tolerance sběrače: tolerovaná odchylka mezi osou skříně vozidla a středem hlavice sběrače zvednuté do 6,5 m bez působení jakékoliv příčné síly	m

Tab. 1 - Seznam symbolů

3.2 Seznam indexů

Pro účely této metodiky platí indexy uvedené v tabulce 2.

Index	Popis
$v_{\acute{y}p}$	parametr, který vstupuje do výpočtové kontroly obrysu
L	levá strana
m	stupeň vypružení
n	pořadové číslo
P	pravá strana
R	označení poloměru oblouku
z	popis zatížení

Tab. 2 - Seznam indexů

3.3 Seznam zkratek a akronym

Pro účely této metodiky platí zkratky a akronymy uvedené v tabulce 3.

ČSN	česká technická norma
EN	evropská norma
LOC&PAS TSI	technická specifikace pro interoperabilitu subsystému „Kolejová vozidla – lokomotivy a kolejová vozidla pro přepravu osob“ transevropského konvenčního železničního systému
WAG TSI	technická specifikace pro interoperabilitu subsystému "Kolejová vozidla – nákladní vozy" transevropského konvenčního železničního systému
TK	spojnice temen kolejnicových pásů v příslušném příčném řezu
MVD	konstrukční hmotnost v provozním stavu
MXD	konstrukční hmotnost při výjimečném užitečném zatížení

Tab. 3 - Seznam zkratek a akronym

4 Popis metodiky

4.1 Všeobecně

Touto metodikou ověřování obrysu praktickou zkouškou lze provést kontrolu:

- lokomotiv;
- osobních vozů a jednotek;
- nákladních vozů (podvozkových i nepodvozkových).

U některých koncepcí vozidel lze tuto metodiku aplikovat také na vybraná speciální vozidla.

Metodiku lze aplikovat jak na vozidla s normálním rozchodem, tak i na vozidla s širokým a úzkým rozchodem.

Ověření shody rozměrů sběrače s obrysem pro sběrač je uvedeno v kap. 4.6.

Smyslem této metodiky je ověřit praktickou zkouškou ty parametry vozidla, které ovlivňují jeho obrys. Naměřené hodnoty parametrů se zapisují do protokolu ze zkoušky. Ověření shody vozidla s jeho obrysem je popsáno v kap. 4.4.

Postup stanovení některých parametrů vozidla je popsán v normativních dokumentech. V takovém případě, je v této metodice uvedený odkaz na příslušný dokument.

Tato metodika si neklade za cíl u každého měřeného parametru uvést podrobný postup měření, včetně použitých měřidel. Smyslem metodiky je u každého parametru uvést stručný popis, schéma měření, popřípadě navrhnout postup, jak tento parametr ověřit.

4.2 Zkušební podmínky

Obecně se musí zkušební podmínky stanovit takové, aby odpovídaly nejnepříznivějšímu případu z hlediska obrysu vozidel.

Zkoušené vozidlo musí být v dokončeném stavu.

Zkoušené vozidlo musí být zajištěno klíny proti případnému pohybu.

Měření nesmí být prováděno pod trolejovým vedením.

Pokud není uvedeno jinak, zkoušky se provádějí na přímé nepřevýšené koleji se jmenovitou hodnotou rozchodu koleje.

Pro měření by měla být použita měřidla s nejistotou měření:

- do 0,5 mm (u rozměrů do 200 mm);
- do 2 mm (u rozměrů nad 1000 mm).⁴

Měření by mělo být provedeno při okolní teplotě $20^{\circ} \pm 10^{\circ} \text{ C}$.

Příslušný stav ložení definovaný podle normy ČSN EN 15663 je uvedený u každého měřeného parametru.

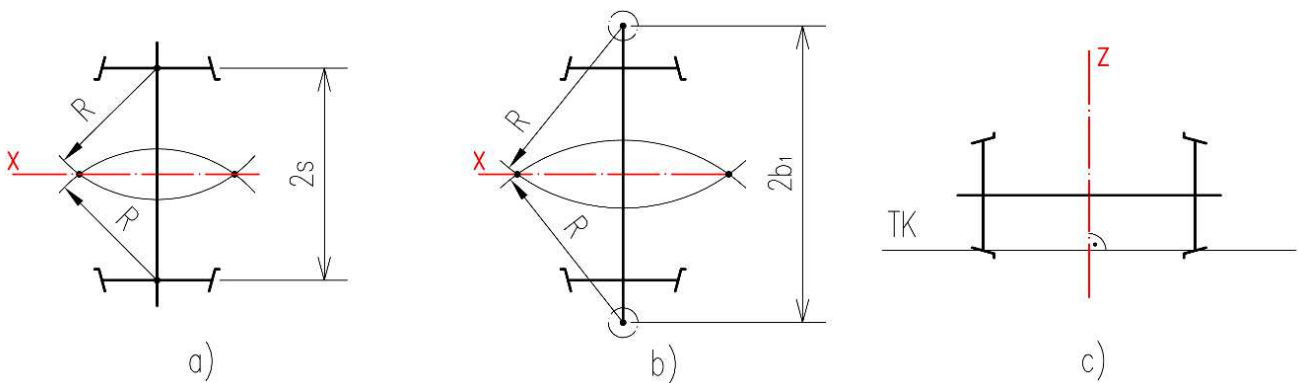
4.3 Definice základního souřadného systému vozidla

Zkoušené vozidlo se díky poddajnosti pružících prvků v příčném, ale i podélném směru nemusí nacházet ve své jmenovité poloze (např. skříň může být příčně vychýlena vůči rámu podvozku). Aby se při měření eliminoval tento vliv, je nutné definovat polohy základních rovin pro nevypružené, jednou vypružené a dvakrát vypružené hmoty. V následujících odstavcích je uvedený příklady postupů, jak tyto roviny definovat.

Všechny body, které definují příslušné roviny, by se měly nacházet přednostně na obrobených plochách rámu podvozku, hlavního rámu, nebo hlavního příčnicku.

⁴ U rozměrů větších než 200 mm a menších než 1000 mm se nejistota měření měřidla vypočte ze vztahu $0,5 + 1,5 \cdot (l - 200)/800$.

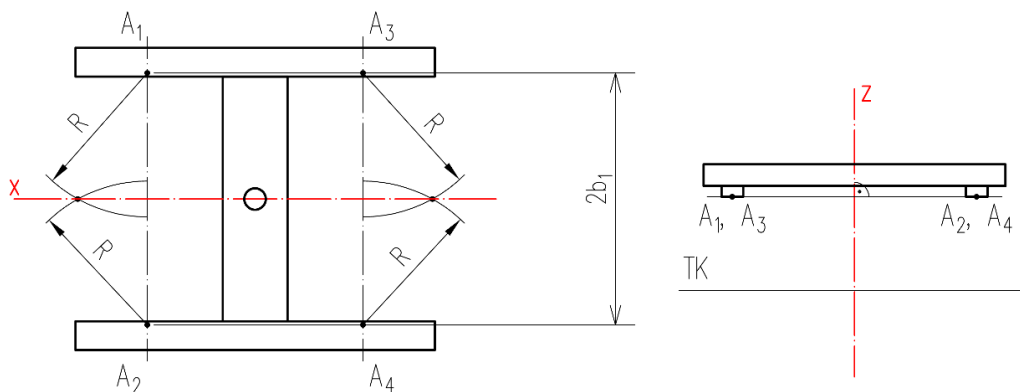
U **nevypružených hmot** je rovina XZ (v obr. 2 červeně) kolmá na spojnici TK a prochází průsečíky dvou kružnic, jejichž středy jsou umístěny, buď v místě kontaktu styčných kružnic kola dvojkolí s rovinou TK (rozteč kružnic $2s$ - obr. 2 a, c), nebo ve středu dosedacích ploch pro pružiny v prvním stupni (rozteč kružnic $2b_1$ - obr. 2 b, c).



Obr. 2 - Poloha roviny XZ u nevypružených hmot

U **jednou vypružených hmot**, rovina XZ:

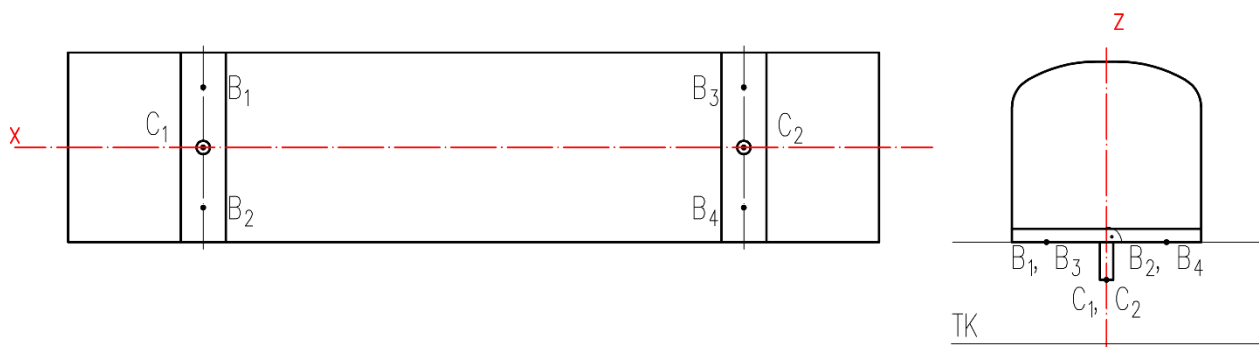
- je kolmá na rovinu procházející třemi body (A1, A2, A3) umístěnými na dosedacích plochách pružicích prvků prvního stupně vypružení, popřípadě v místě nárazek pružnic. Odlehlost čtvrtého bodu (A4) od této roviny nesmí být větší než 2 mm;
- prochází dvěma body, které jsou tvořeny průsečíky čtyř kružnic, jejichž středy (A1, A2, A3 a A4) jsou umístěny ve středu dosedacích ploch pro pružiny v prvním stupni (rozteč kružnic $2b_1$), nebo v místě nárazek pružnic.



Obr. 3 - Poloha roviny XZ u jednou vypružených hmot

U **dvakrát vypružených hmot**, rovina XZ:

- je kolmá na rovinu procházející třemi body (B1, B2, B3) umístěnými na spodních plochách hlavních příčníků (hlavního rámu), odlehlost čtvrtého bodu (B4) od této roviny nesmí být větší než 4 mm;
- prochází body (C1, C2) umístěnými na ose otočných čepů.



Obr. 4 - Poloha roviny XZ u dvakrát vypružených hmot

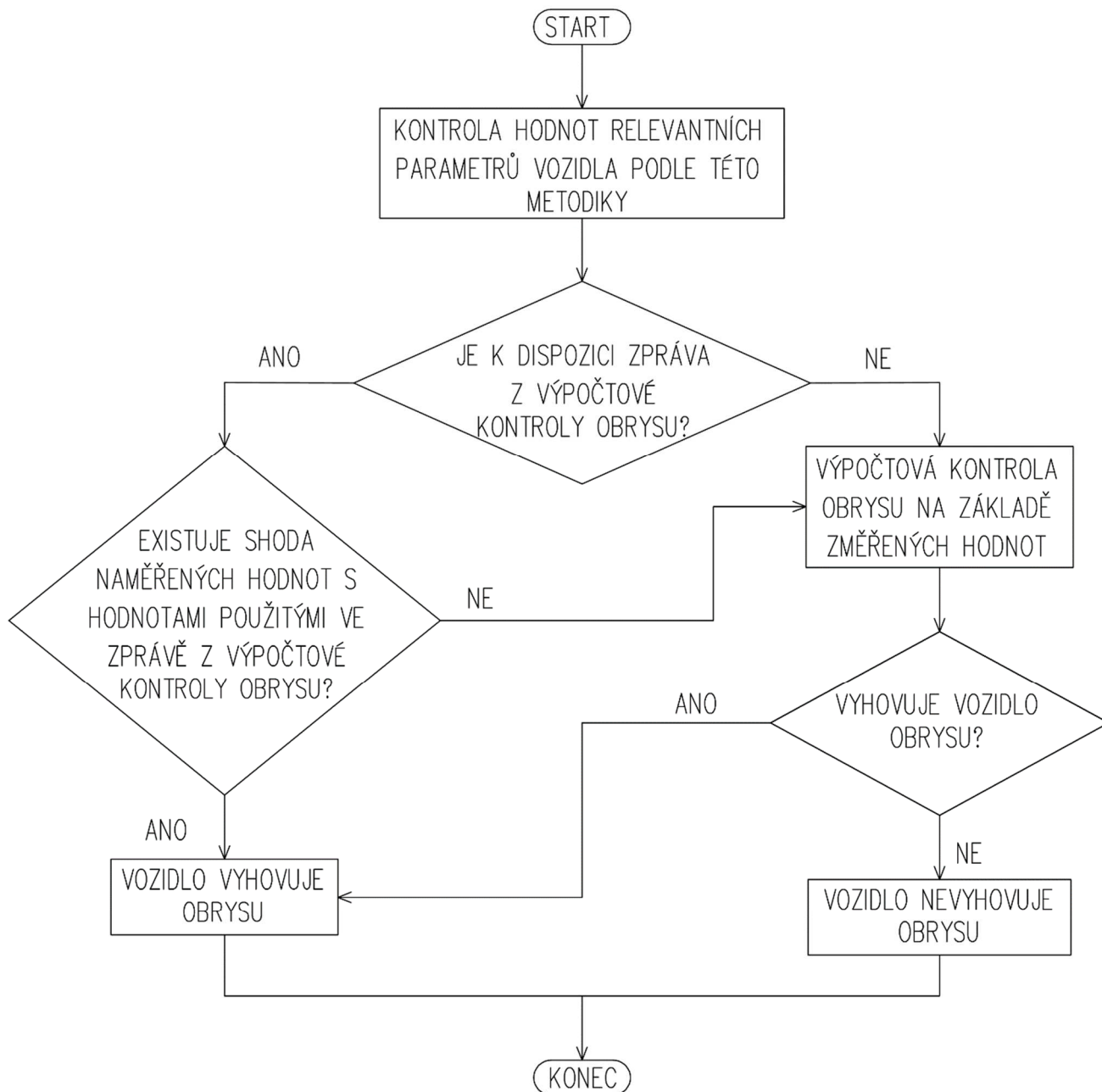
4.4 Ověření shody vozidla s obrysem

Postup ověření shody vozidla s obrysem podle této metodiky je znázorněn na diagramu v obr. 5. Vozidlo vyhovuje obrysu:

- pokud jsou splněny všechny podmínky uvedené v tabulce č. 4 mezi změřenými hodnotami parametrů vozidla podle této metodiky a vstupních parametrů uvedenými ve zprávě z výpočtové kontroly obrysu podle normy ČSN EN 15273-2, ČSN 28 0312, nebo vyhlášky UIC 505-1.
- nebo pokud se provede výpočtová kontrola obrysu na základě změřených relevantních parametrů podle této metodiky.

popis	číslo kapitoly	kritérium posouzení shody
jmenovitá výška vozidla	4.5.1	viz dokumentace vozidla
poloha kritického bodu v podélném směru	4.5.2	$n_i \leq n_{i_výp}$, resp. $n_a \leq n_{a_výp}$
poloha kritického bodu v příčném směru	4.5.2	$b \leq b_{výp}$
poloha kritického bodu ve svislém směru	4.5.2	$h \leq h_{výp}$
vzdálenost otočných čepů podvozků	4.5.3	$a \leq a_{výp}$
rozvor podvozku	4.5.4	$p \leq p_{výp}$
rozchod dvojkolí	4.5.5	$d \geq d_{výp}$
příčné vůle v řetězci mezi dvojkolím a skříní vozidla	4.5.6	$q \leq q_{výp}$ $w \leq w_{výp}$
velikost vzduchové mezery	4.5.7	$m \leq m_{výp}$
rozteč pružin vypružení	4.5.8	$b_1 \leq b_{1_výp}$ $b_2 \leq b_{2_výp}$
svislé výchylky vypružení	4.5.9	$z \leq z_{výp}$
průhyb vozové skříně nebo spodku vozidla	4.5.10	$f \leq f_{výp}$
součinitel poddajnosti	4.5.11	$s \leq s_{výp}$
výška pólu naklonění	4.5.11	$h_c \geq h_{c_výp}$
statická nesymetrie vozidla	4.5.12	$\eta_0 \leq \eta_{0_výp}$
velikost svislé vůle v úrovni postranních kluznic	4.5.13	$J \leq J_{výp}$
rozteč postranních kluznic	4.5.14	$b_g \leq b_{g_výp}$
výška dolního kloubu sběrače nad TK	4.6.1	$h_t \geq h_{t_výp}$
poddajnost sběrače	4.6.2	$t \leq t_{výp}$
úhel vyplývající z tolerance seřízení vypružení	4.6.3	$\theta \leq \theta_{výp}$
výrobní a montážní tolerance sběrače	4.6.4	$\tau \leq \tau_{výp}$

Tab. 4 – ověření shody vozidla s obrysem



Obr. 5 - Shoda vozidla s obrysem

4.5 Ověření parametrů vozidla

4.5.1 Jmenovitá výška vozidla

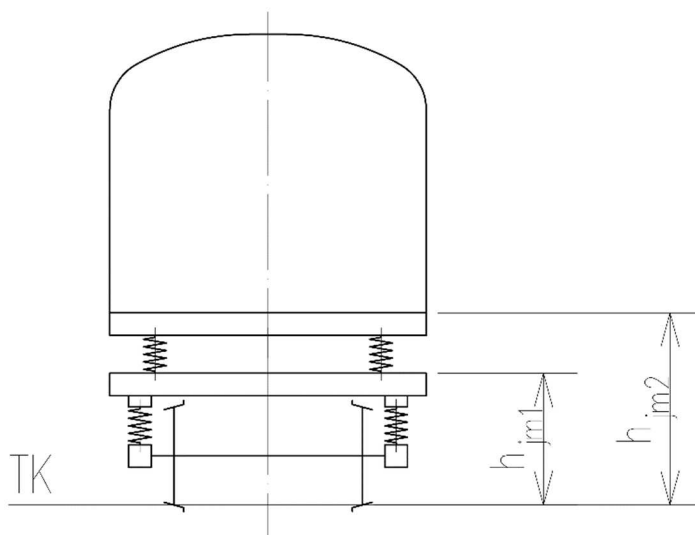
Uplatnění zkoušky	Všechna vozidla
Uplatnění pro obrys	Kinematický, statický
Stav ložení v průběhu zkoušky	MVD

Tab. 5 - Jmenovitá výška vozidla – uplatnění a stav ložení

Jedna z prvních činností při ověřování parametrů vozidla praktickou zkouškou je zdokumentování jmenovité polohy a porovnání se jmenovitou polohou uvedenou v dokumentaci vozidla. V případě, že zjištěné odchylky budou větší než tolerance uvedené v dokumentaci vozidla je potřeba ověřit:

- stav ojetí kol, resp. obnovu profilu kol soustružením a s tím související případnou kompenzací ojetí kol;
- opotřebení komponentů spojení skříně a podvozků;
- stav vzduchového vypružení (aktivní, neaktivní), pokud je jím vozidlo vybaveno.

Všechny zjištěné odchylky je nutné zohlednit při vyhodnocení jmenovité polohy vozidla. Hodnoty h_{jm} se ověřují na vozidle prostřednictvím dostupných údajů v dokumentaci vozidla.



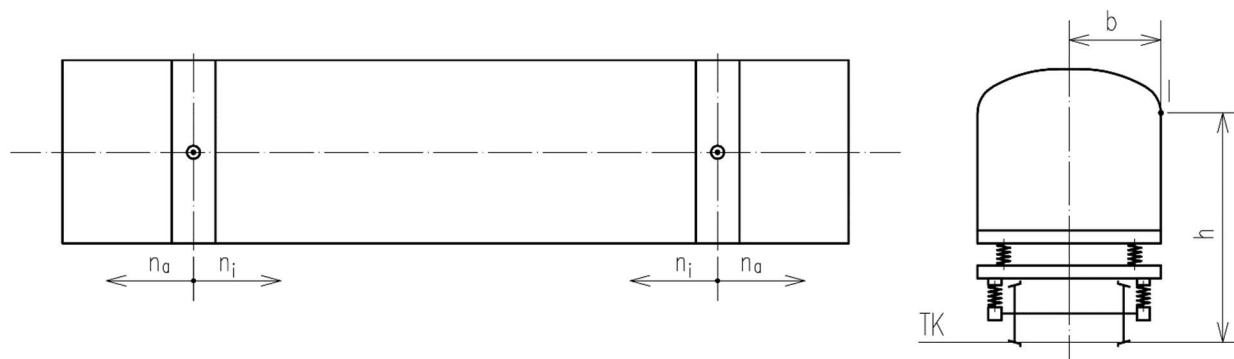
Obr. 6 - Jmenovitá poloha vozidla

4.5.2 Polohy kritických bodů

Uplatnění zkoušky	Všechna vozidla
Uplatnění pro obrys	Kinematický, statický
Stav ložení v průběhu zkoušky	MVD

Tab. 6 - Polohy kritických bodů – uplatnění a stav ložení

Z pohledu obrysu je kritický bod definován jako bod umístěný na povrchu vozidla, který se nachází v blízkosti obrysu pro konstrukci. Polohy těchto bodů jsou uvedeny buď ve zprávě z výpočtové kontroly obrysu (pokud existuje), nebo se musí na vozidle předem určit.



Obr. 7 - Poloha kritického bodu

Ověření souřadnic kritických bodů je potřeba provést minimálně pro rozhodující příčné řezy nacházející se na předním a zadním představku, v polovině vzdálenosti otočných čepů a v místě otočných čepů pro obě poloviny vozidla

Při ověřování je nutné zohlednit případnou kompenzaci jmenovité polohy vozidla v souladu s kap. 4.5.1.

Výsledkem měření jsou souřadnice kritických bodů:

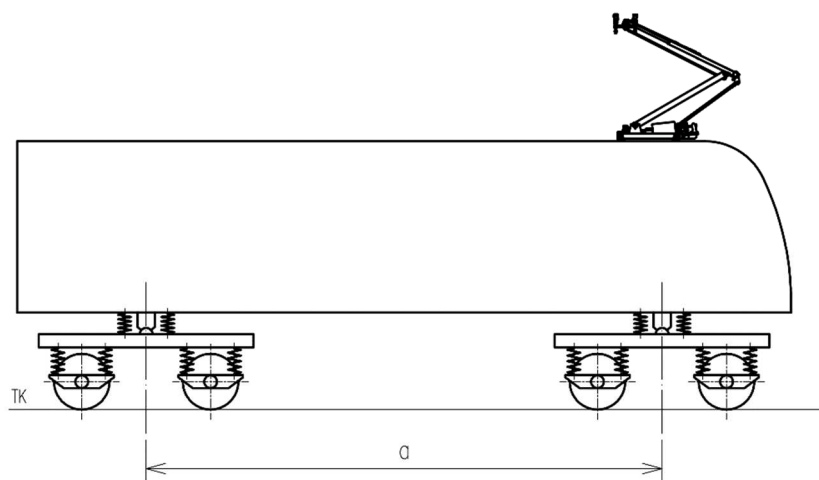
- v podélném směru n_i pro části mezi otočnými čepy (mezi dvojkolími), resp. n_a pro části vně otočných čepů (vně dvojkolí), měřené od otočného čepu (od dvojkolí);
- ve svislém směru h od TK;
- v příčném směru b od roviny XZ skříně, rámu podvozku, nebo hlavního rámu.⁵

4.5.3 Vzdálenost otočných čepů podvozků (parametr a)

Uplatnění zkoušky	Všechna vozidla
Uplatnění pro obrys	Kinematický, statický
Stav ložení v průběhu zkoušky	MVD

Tab. 7 - Vzdálenost otočných čepů – uplatnění a stav ložení

Vzdálenost otočných čepů podvozků je definována jako vzdálenost svislých os otáčení podvozků vzhledem ke spodku, hlavnímu rámu nebo mezimostu.



Obr. 8 - Vzdálenost otočných čepů

Výsledkem měření je hodnota parametru a .

V případě nákladních vozidel lze při měření aplikovat normu ČSN EN 13775-2.

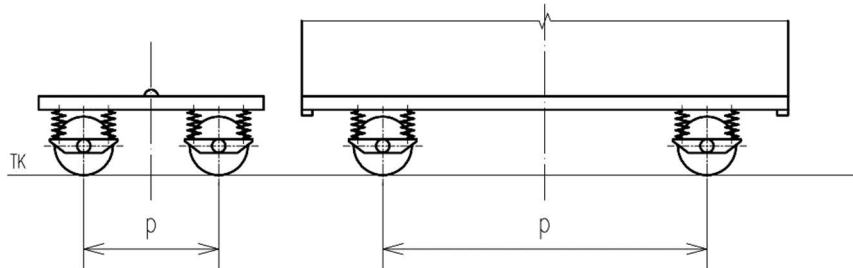
⁵ Další možností jak ověřit souřadnice kritických bodů je měření vozidla vůči obrysnici (podle normy ČSN 28 0312). V tomto případě se změří příčná a svislá vzdálenost mezi kritickým bodem na vozidle a obrysnicí a tyto vzdálenosti se porovnají s vypočtenou hodnotou jednostranného zúžení a svislých poklesů vypružených částí uvedených ve zprávě z výpočtové kontroly obrysu.

4.5.4 Rozvor podvozku (parametr p)

Uplatnění zkoušky	Všechna vozidla
Uplatnění pro obrys	Kinematický, statický
Stav ložení v průběhu zkoušky	MVD

Tab. 8 – Rozvor podvozku – uplatnění a stav ložení

Rozvor podvozku je definován jako vzdálenost os dvojkolí u bezpodvozkových vozidel, resp. vzdálenost os krajních dvojkolí v podvozku u podvozkových vozidel.



Obr. 9 - Rozvor podvozku

Měření se provádí na každé straně podvozku/pojezdu v místě kontaktu kolo-kolejnice. Výsledkem měření jsou:

- u podvozků hodnoty parametru p_{nL} a p_{nP} , kde n značí pořadové číslo podvozku;
- u bezpodvozkových vozidel hodnoty parametru p_L a p_P .

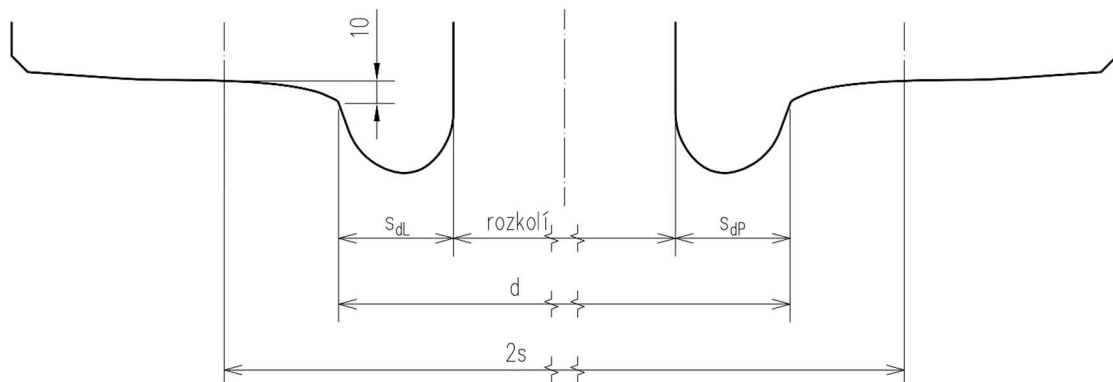
V případě nákladních vozidel lze při měření aplikovat normu ČSN EN 13775, část 3, 4, nebo 5.

4.5.5 Rozchod dvojkolí (parametr d)

Uplatnění zkoušky	Všechna vozidla
Uplatnění pro obrys	Kinematický, statický
Stav ložení v průběhu zkoušky	MXD – u podvozků s vnějším rámem MVD – u podvozků s vnitřním rámem

Tab. 9 – Rozchod dvojkolí – uplatnění a stav ložení

Hodnota rozchodu dvojkolí je definována jako vzájemná vzdálenost okolků měřená na poloměru o 10 mm větším, než je poloměr styčné kružnice kola. Tato hodnota se vlivem opotřebení kol mění.



Obr. 10 - Rozchod dvojkolí

Hodnotu rozchodu dvojkolí lze stanovit tak, že se k změřené hodnotě rozkolí připočte šířka okolku na levém a pravém kole.

$$d_n = rozkolí + S_{dnL} + S_{dnP}$$

Měření se provádí pro každé dvojkolí podvozku/pojezdu. Výsledkem jsou hodnoty parametru d_n , kde n značí pořadové číslo dvojkolí.

4.5.6 Příčné vůle v řetězci mezi dvojkolím a skříní vozidla (parametry q a w)

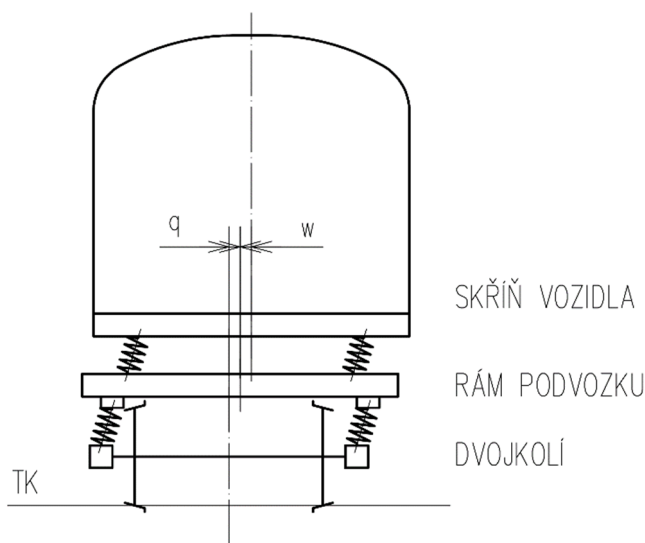
Uplatnění zkoušky	Všechna vozidla
Uplatnění pro obrys	Kinematický, statický
Stav ložení v průběhu zkoušky	MVD

Tab. 10 – Příčné vůle v řetězci mezi dvojkolím a skříní vozidla – uplatnění a stav ložení

Příčná vůle q se obvykle uplatňuje u vozidel s jedním, nebo se dvěma stupni vypružení a je definována jako možné příčné posunutí rámu podvozku vůči ložiskové skříní z jeho střední polohy na každou stranu, a to při uvažování opotřebení.

Příčná vůle w se obvykle uplatňuje u vozidel se dvěma stupni vypružení a je definována jako možné příčné posunutí:

- otočného čepu, popř. otočného čepu a kolébky vzhledem k rámu podvozku z jejich střední polohy na každou stranu;
- dorazové plochy umístěné na skříní vozidla vůči dorazovým plochám umístěným na rámu podvozku, (pokud je vozidlo vybaveno narážkami s proměnnými vůlemi v závislosti na křivosti projížděného oblouku) ze střední polohy vozové skříně na každou stranu.

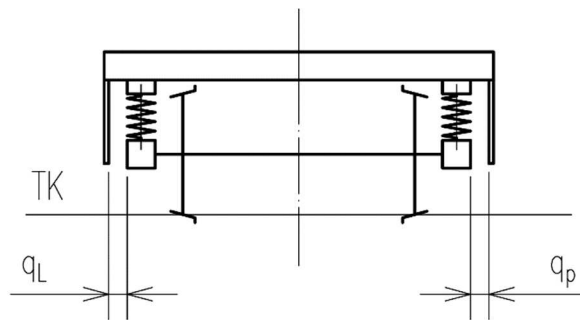


Obr. 11 - Příčné vůle v řetězci od dvojkolí po vozidlovou skřín

Postup měření těchto příčných vůlí může být za určitých okolností velmi komplikovaný. Měřené vozidlo se vlivem hysterese pružicích prvků, třecích tlumičů, postranních kluznic, atd. nemusí nacházet ve své jmenovité poloze, což silně ovlivňuje výsledky měření. Navíc, u vozidel vybavených příčnými narážkami s proměnnými vůlemi, ovlivňuje výsledky měření jednak vůle mezi otočným čepem a příčnými narážkami a dále pak poddajnost mechanismu přenášejícího tažné a brzděné síly mezi rámem podvozku a skříní. V následujících odstavcích je uvedený doporučený postup, jak tyto parametry ověřit.

Příčná vůle mezi dvojkolím a rámem podvozku:

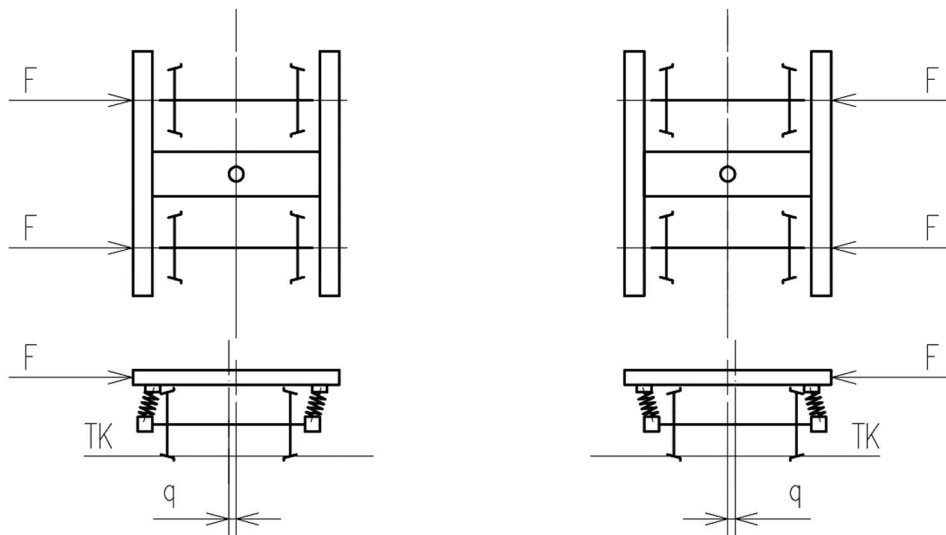
Postup měření příčné vůle q je závislý na způsobu vedení dvojkolí v podvozku. U těch vozidel, která jsou vybavena příčnými dorazy v prvním stupni vypružení, lze velikost této vůle změřit přímo na pojezdu. Typickým reprezentantem této koncepce jsou vozidla s rozsochovým vedením dvojkolí, kde lze příčné vůle q změřit mezi příložkou rozsochy a ložiskovou skříní.



Obr. 12 - Příčná vůle mezi rámem podvozku a dvojkolím u vozidel s rozsochovým vedením dvojkolí

U ostatních vozidel, která nejsou vybavena příčnými dorazy v prvním stupni vypružení, lze tyto vůli změřit na zkušebním stavu. Cílem zkoušky je vychýlit rám podvozku (popř. hlavní rám u bezpodvozkových vozidel) v příčném směru vůči ložiskovým skříním nejprve na jednu, poté na druhou stranu a zaznamenat velikost těchto vzájemných příčných výchylek. Příčné síly mohou být vyvozeny např. hydraulickými, nebo pneumatickými válci. Aby se zabránilo rotaci rámu podvozku kolem podélné osy X je potřeba, aby se působíště příčných sil nacházela co nejbližší prvků vedení dvojkolí případně pružících prvků v prvním stupni vypružení. Hodnotu měřeného parametru lze odečíst jako rozdíl příčných vzdáleností mezi rámem podvozku a ložiskovou skříní na začátku a na konci zkoušky.

V průběhu měření je nutné sledovat závislost síly na posuvu válců a v případě strmého nárůstu síly je nutno zkoušku ukončit.

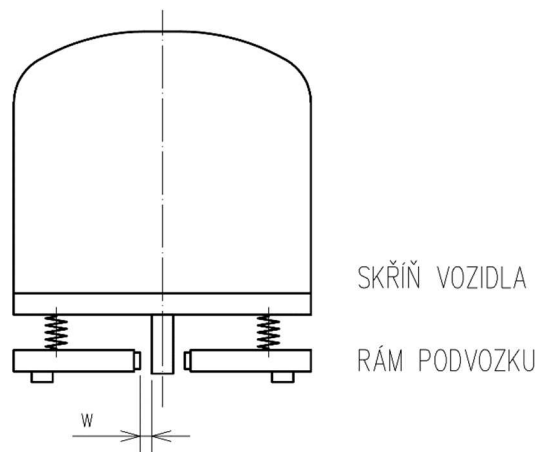


Obr. 13 - Schéma měření příčné vůle mezi dvojkolím a rámem podvozku

Měření se provádí zvlášť u každého dvojkolí. Výsledkem měření jsou hodnoty parametru q_{nL} a q_{nP} , kde symbol n značí pořadové číslo dvojkolí.

Příčná vůle mezi rámem podvozku a skříní:

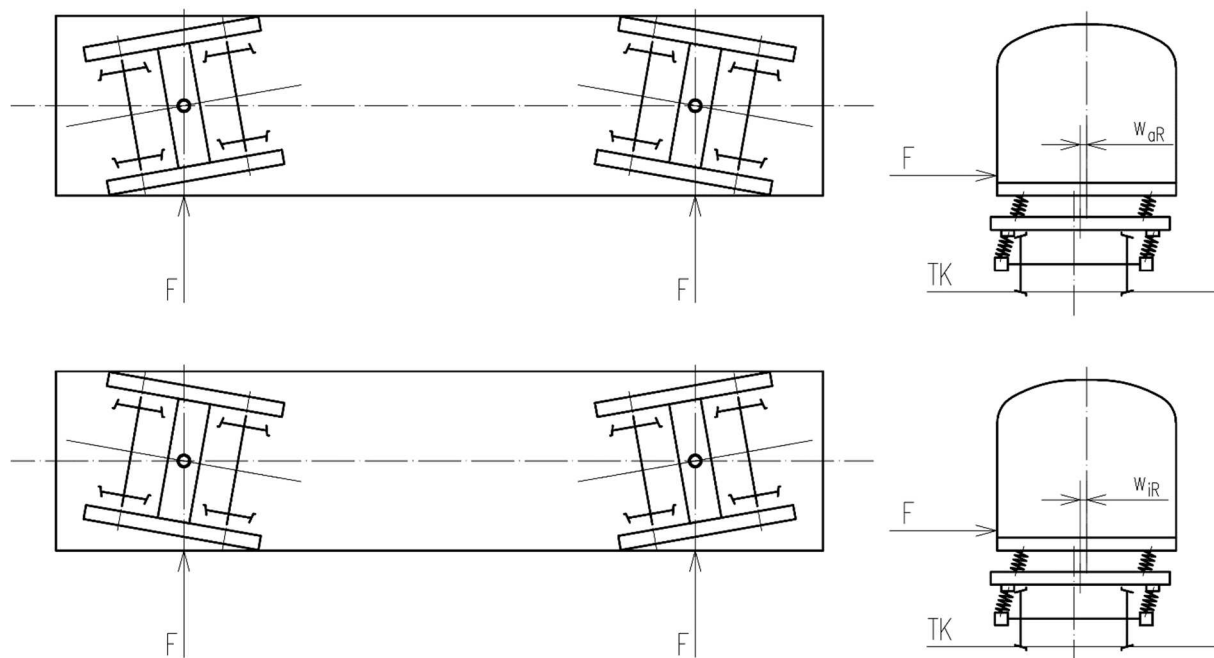
Postup měření příčné vůle w je závislý na tom, zda je tato příčná vůle konstantní v závislosti na poloměru oblouku, nebo proměnná s rozdílnými hodnotami vůlí měřenými do středu a vně oblouku. V případě konstantní vůle w , měřené v místě kontaktu příčné narážky s příslušným protikusem (kolébka, otočný čep) lze tuto hodnotu změřit přímo na vozidle.



Obr. 14 - Příčná vůle mezi rámem podvozku a skříní u vozidel s konstantním průběhem těchto vůlí

U vozidel, která mají příčné vůle proměnné v závislosti na poloměru oblouku, lze tyto vůle změřit na zkušební stavu, na kterém lze natočit podvozky vůči skříní a simulovat tím vzájemnou polohu podvozku a skříně při průjezdu vozidla obloukem určitého poloměru. Měření probíhá tak, že se zkušební vozidlo umístí na zkušební stav a provede se natočení podvozků do polohy odpovídající konkrétnímu poloměru oblouku - hodnoty příslušných poloměrů oblouků jsou uvedeny ve zprávě z výpočtové kontroly obrysu, nebo v příslušné normě (vyhláše). Cílem zkoušky je vychýlit skřín vozidla v příčném směru vůči rámu podvozku a zaznamenat velikost těchto vzájemných příčných výchylek směrem vně a do středu oblouku. Příčné síly mohou být vyvozeny např. hydraulickými, nebo pneumatickými válci. Působíště těchto sil by mělo být v ose otočných čepů, přibližně ve výšce pólu naklonění, aby se eliminovala rotace skříně kolem podélné osy X (kolébání). Síly by měly působit kolmo na skřín. Měřenou hodnotu lze odečíst jako rozdíl příčných vzdáleností mezi rámem podvozku a skříní na začátku a na konci zkoušky.

V průběhu měření je nutné sledovat kontakt proměnné narážky s kulisou, případně závislost síly na posuvu válců a v případě strmého nárůstu síly je nutno zkoušku ukončit.



Obr. 15 - Schéma měření příčné vůle mezi rámem podvozku a skříní

Před zkouškou se doporučuje zkontrolovat jmenovitou polohu vozidla v příčném směru změřením příčné vůle a pevných narážek. V případě zjištění nesrovnalostí je možné provést korekci výsledků změřených parametrů příčných vůlí na zkušební stavu.

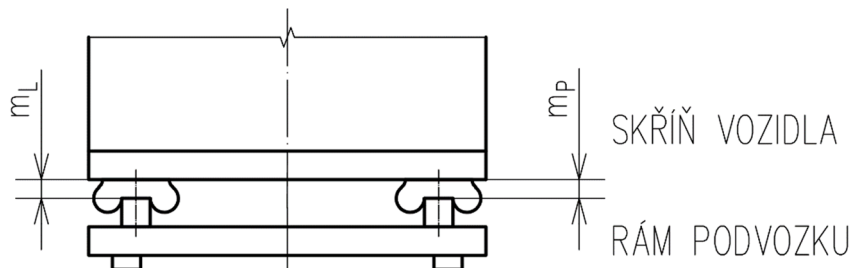
Měření se provádí zvláště u každého podvozku. Výsledkem měření jsou hodnoty parametrů $w_{n,aR}$ a $w_{n,iR}$, kde symbol n značí pořadové číslo podvozku a symbol R značí poloměr oblouku odpovídající příslušnému natočení podvozku.

4.5.7 Velikost vzduchové mezery (parametr m)

Uplatnění zkoušky	Vozidla se vzduchovým vypružením
Uplatnění pro obrys	Kinematický, statický
Stav ložení v průběhu zkoušky	MVD

Tab. 11 – Velikost vzduchové mezery – uplatnění a stav ložení

Velikost vzduchové mezery je definována jako vzdálenost spodní plochy horní upevňovací desky vzduchové pružiny a horní dosedací plochy přídatné (nouzové) pružiny.



Obr. 16 - Velikost vzduchové mezery

Hodnota velikosti vzduchové mezery je jednou ze základních parametrů, která je uvedena v měrovém listu zkoušeného exempláře vozidla. Hodnota tohoto parametru není konstantní a je ovlivněna jednak stavem ložení vozidla, tak i tečením nouzové pružiny (v případě pryžových/pryžokovových pružicích prvků).⁶

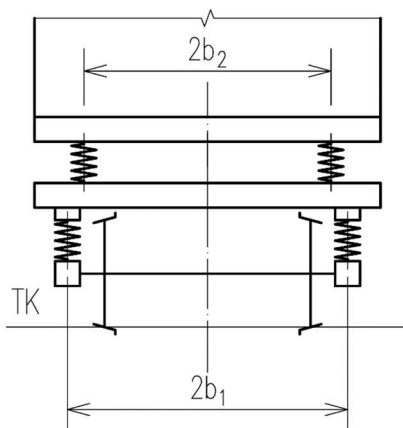
Ověření této hodnoty lze realizovat tak, že se změří výšky všech hlavních příčniců (rámu skříňe) od TK na levé a pravé straně vozidla ve stavu aktivního a neaktivního vzduchového vypružení. Rozdíl těchto naměřených výšek odpovídá velikosti vzduchové mezery m_{nL} a m_{nP} , kde symbol n značí pořadové číslo otočného čepu.

4.5.8 Rozteč pružin vypružení (parametr $2b$)

Uplatnění zkoušky	Všechna vozidla
Uplatnění pro obrys	Kinematický
Stav ložení v průběhu zkoušky	MVD

Tab. 12 – Rozteč pružin vypružení – uplatnění a stav ložení

Rozteč pružin vypružení je definována jako příčná vzdálenost os pružicích prvků v prvním, nebo ve druhém stupni vypružení.



Obr. 17 Příčná báze vypružení

⁶ Tečením nouzové pružiny se rozumí změna výšky pružiny vlivem trvalého statického zatížení v čase.

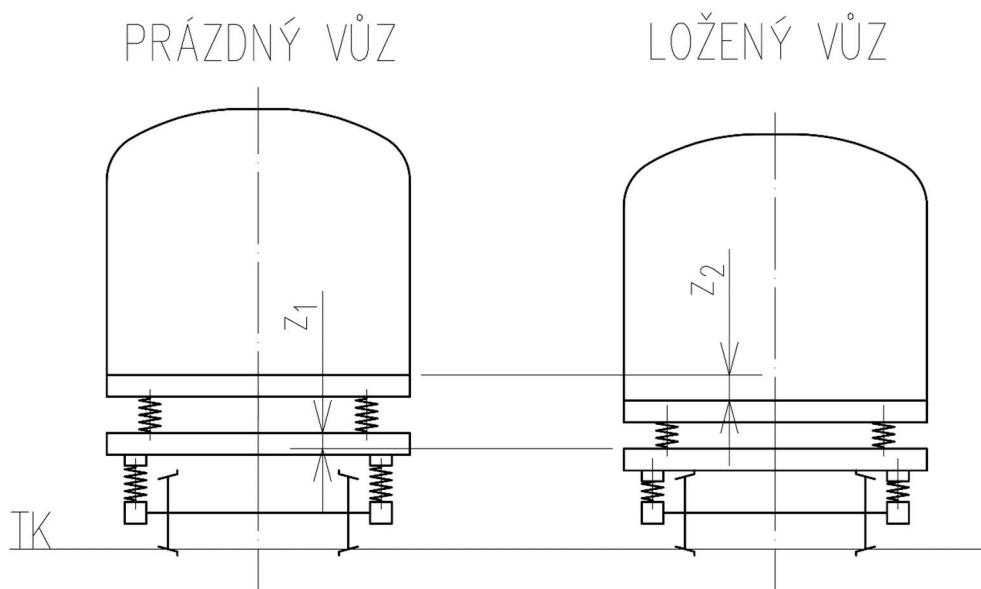
Měření se provádí zvlášť pro každou bázi vypružení. Výsledkem měření jsou hodnoty parametru $2b_{n,1}$, resp. $2b_{n,2}$, kde n značí pořadové číslo vypružení.

4.5.9 Svislé výchylky vypružení (parametr z)

Uplatnění zkoušky	Všechna vozidla
Uplatnění pro obrys	Kinematický, statický
Stav ložení v průběhu zkoušky	Viz komentář v textu kapitoly

Tab. 13 – Svislé výchylky vypružení – uplatnění a stav ložení

Vlivem tíhy užitečného zatížení vozidla a dynamických účinků na vypružené hmoty ve svislém směru dochází k deformaci vypružení.



Obr. 18 - Svislé výchylky vypružení

Pokud jsou k dispozici měrové listy všech podvozků zkoušeného vozidla, kde jsou uvedeny hodnoty stlačení vypružení ve svislém směru pro stavy zatížení definované ve zprávě z výpočtové kontroly obrysu, popřípadě v příslušné normě (vyhlášce), použijí se hodnoty stlačení z těchto dokumentů. Pokud tyto měrové listy nejsou k dispozici, anebo je vozidlo vybaveno pryžovými (pryžokovovými) pružicími prvky, jejichž charakteristiky se v průběhu času mění, je potřeba ověřit charakteristiky svislého vypružení praktickou zkouškou.

To lze provést tak, že se vozidlo ve stavu zatížení MVD (podle normy ČSN EN 15663) zatíží zkušebním zatížením a poté se změří deformace vypružení. U vozidel s lineární charakteristikou svislého vypružení je nutno provést měření pro dva stavy ložení, u vozidel s nelineární, anebo lomenou charakteristikou svislého vypružení je nutné provést měření pro více stavů ložení. Deformace vypružení se měří vždy v rovině, která prochází osou otočného čepu (popř. osou dvojkolí) a je kolmá na rovinu XZ definovanou v kap. 4.3. Měření se provádí mezi ložiskovou skříní (popř. TK) a rámem podvozku, resp. mezi rámem podvozku a vozidlovou skříní na každé straně vozidla. Na základě takto zjištěných charakteristik svislého vypružení se vypočtou svislé výchylky vypružených částí pro konkrétní stavy zatížení.

Další z možností jak ověřit svislé výchylky vypružení je vyvázat podvozky a změřit svislé výchylky (popř. charakteristiky vypružení) na zkušebním stavu.

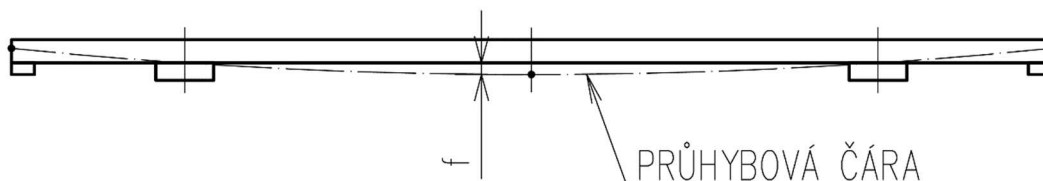
Výsledkem měření jsou hodnoty parametru $Z_{nmL,z}$ a $Z_{nmP,z}$, kde n značí pořadové číslo otočného čepu (dvojkolí), m značí stupeň vypružení, za kterým se uvede krátký popis zatížení.

4.5.10 Průhyb vozové skříně nebo spodku vozidla (parametr f)

Uplatnění zkoušky	Nákladní vozy
Uplatnění pro obrys	Kinematický
Stav ložení v průběhu zkoušky	MXD

Tab. 14 – Průhyb vozové skříně nebo spodku vozidla – uplatnění a stav ložení

Vlivem zatížení vozidla nákladem, nebo cestujícími dochází k průhybu spodku vozidla (nebo vozové skříně), který je zpravidla největší uprostřed vzdálenosti otočných čepů.



Obr. 19 - Průhyb spodku vozidla

Měření průhybu vozové skříně nebo spodku vozidla se provádí pouze u nákladních vozidel, uprostřed vzdálenosti otočných čepů, na levé a pravé straně vozidla. Při měření lze aplikovat normu ČSN EN 13775-2.

Výsledkem měření jsou hodnoty parametru maximálního průhybu f_L , resp. f_P .

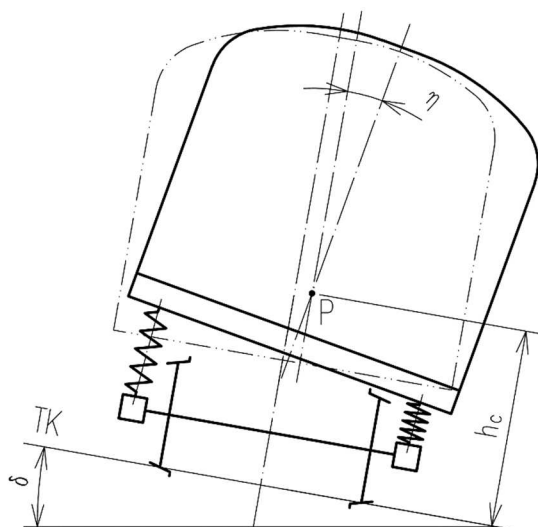
4.5.11 Součinitel poddajnosti, výška pólu naklonění (parametry s a h_c)

Uplatnění zkoušky	Všechna vozidla
Uplatnění pro obrys	Kinematický
Stav ložení v průběhu zkoušky	MVD, MXD

Tab. 15 – Součinitel poddajnosti, výška pólu naklonění – uplatnění a stav ložení

V důsledku poddajnosti vypružení dochází při jízdě vozidla obloukem za přebytku nebo nedostatku převýšení, spolu s příčnými posuny, k naklonění vypružených částí vozidla. Velikost tohoto naklonění je dána hodnotou součinitele poddajnosti. Součinitel poddajnosti je poměr úhlu γ , který svírá rovina XZ skříně (podvozku) s kolmicí na spojnici temen kolejnic a úhlu převýšení koleje δ .

Výška pólu naklonění je definována, jako výška podélné vodorovné osy rotace skříně vozidla nad TK, jestliže na ní působí nedostatek nebo přebytek převýšení.



Obr. 20 - Součinitel poddajnosti, výška pólu naklonění

Postup měření hodnoty součinitele poddajnosti a výšky pólu naklonění je uvedený v normě ČSN EN 14363 a vyhlášce UIC 505-5. Měření by mělo být provedeno pro stavy zatížení uvedené ve zprávě z výpočtové kontroly obrysu, popřípadě v příslušné normě (vyhlášce).

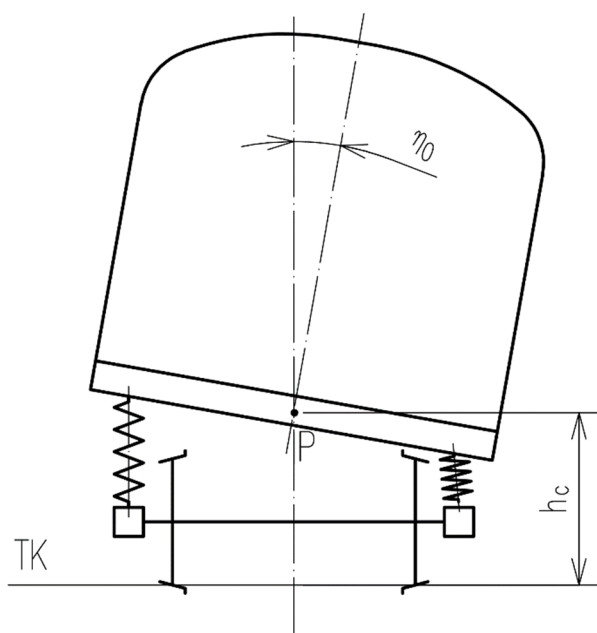
Při ověření hodnoty výšky pólů naklonění (jednou a dvakrát vypružených hmot) je nutné zohlednit případnou kompenzaci jmenovité výšky vozidla v souladu s kap. 4.5.1.

4.5.12 Statická nesymetrie vozidla (parametr η_0)

Uplatnění zkoušky	Všechna vozidla
Uplatnění pro obrys	Kinematický
Stav ložení v průběhu zkoušky	MVD, MXD

Tab. 16 – Statická nesymetrie vozidla – uplatnění a stav ložení

Statická nesymetrie je definována jako úhel, který svírá rovina XZ skříně (hlavního rámu) vozidla stojícího na nepřevýšené koleji při vyloučení vlivu tření s kolmicí na spojnici temen kolejnic. Nesymetrie vozidla může vzniknout např. výrobními tolerancemi, nerovnoměrným rozložením zátěže a seřizením vypružení.



Obr. 21 - Statická nesymetrie vozidla

Při měření tohoto parametru se musí v první řadě vyřadit z činnosti všechny třecí prvky (např. tlumiče), které by mohly ovlivnit výsledky zkoušky. V dalším kroku se na měřeném vozidle stanoví, v souladu s kap. 4.3, rovina XZ. Poté se změří úhel, který svírá rovina XZ vozidla s kolmicí na spojnici temen kolejnic. Měření se provádí v místě všech otočných čepů, popřípadě v místě všech dvojkolí (u bezpodvozkových vozidel).

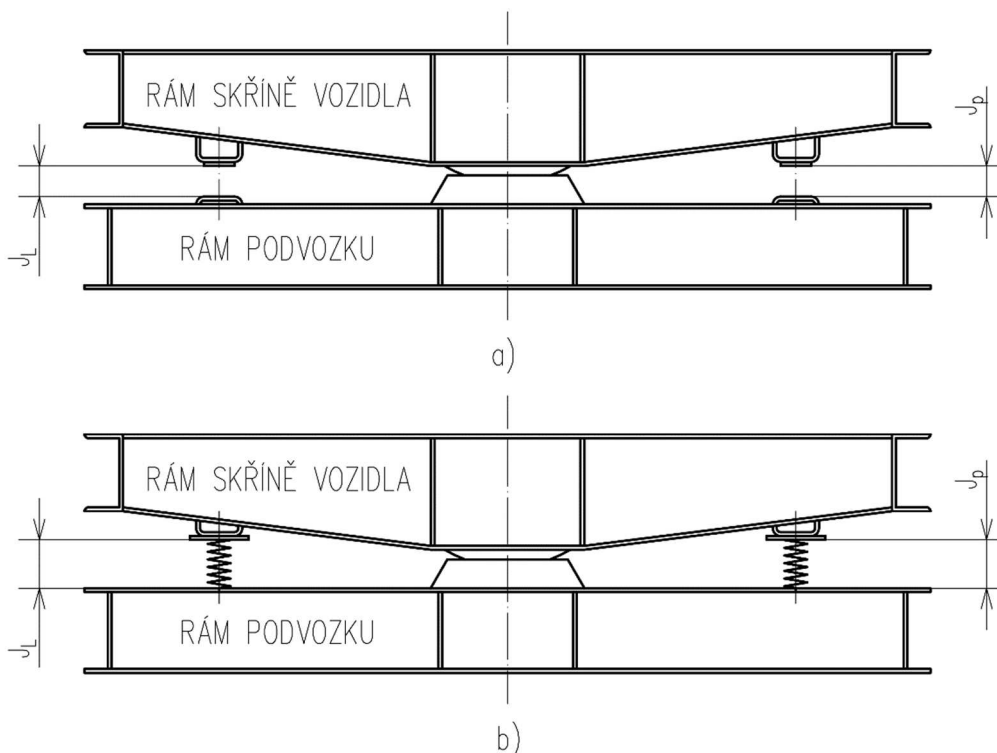
Výsledkem měření je hodnota parametru η_{0n} , kde n značí pořadové číslo otočného čepu, popř. dvojkolí.

4.5.13 Velikost svislé vůle v úrovni postranních kluznic (parametr J)

Uplatnění zkoušky	Vozidla vybavená kluznicemi
Uplatnění pro obrys	Kinematický
Stav ložení v průběhu zkoušky	MVD

Tab. 17 – Velikost svislé vůle v úrovni postranních kluznic – uplatnění a stav ložení

Kluznice plní funkci zajištění stability polohy skříně vůči podvozku. Kluznice mohou být provedeny jako pevné (obr. 22a) nebo vypružené (obr. 22b). Postranní kluznice těchto provedení jsou součástí vozidel, kde spodek je spojený s podvozkem prostřednictvím kulové torny.



Obr. 22 Vůle v úrovni kluznic

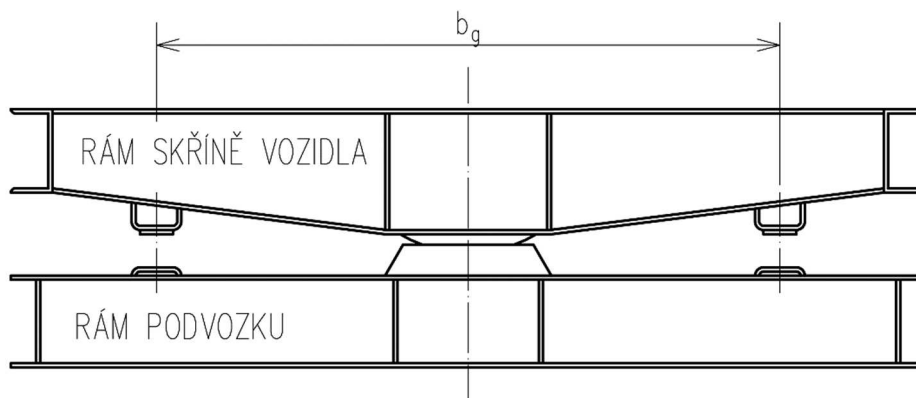
Měření se provádí u každé kluznice. Při měření lze aplikovat normu ČSN EN 13775 část 2, nebo část 4. Výsledkem měření jsou hodnoty parametru J_{nL} a J_{nP} , kde n značí pořadové číslo otočného čepu, popř. dvojkolí.

4.5.14 Rozteč postranních kluznic (parametr $2b_g$)

Uplatnění zkoušky	Vozidla vybavená kluznicemi
Uplatnění pro obrys	Kinematický
Stav ložení v průběhu zkoušky	MVD

Tab. 18 – Rozteč postranních kluznic – uplatnění a stav ložení

Rozteč postranních kluznic je definována jako příčná vzdálenost os postranních kluznic.



Obr. 23 - Příčná báze postranních kluznic

Měření se provádí pro každou dvojici postranních kluznic. Při měření lze aplikovat normu ČSN EN 13775 část 2, nebo část 4.

Výsledkem měření jsou hodnoty parametru b_{gn} , kde n značí pořadové číslo otočného čepu.

4.6 Ověření shody rozměrů sběrače s obrysem pro sběrač

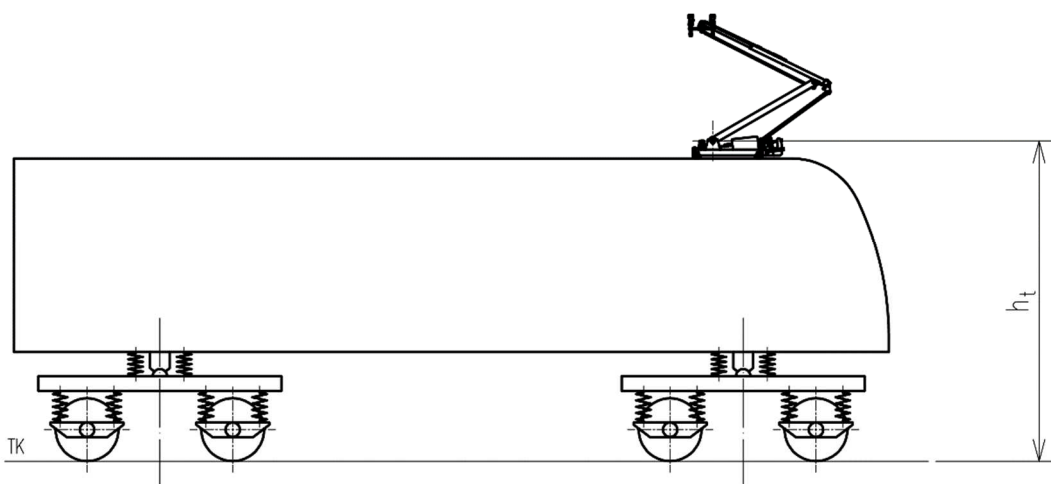
Shoda rozměrů sběrače s obrysem pro sběrač se ověřuje podle normy ČSN EN 15273-2. Důkaz o shodě rozměrů se provádí ve výpočtové výšce 5 m a 6,5 m nad TK, kdy vypočtené omezení v dolní a horní poloze ověřovaného bodu sběračů musí splňovat nerovnost $P_{oi} \leq 0$ a $P_{ui} \leq 0$, resp. $P_{oa} \leq 0$ a $P_{ui} \leq 0$.

4.6.1 Výška dolního kloubu sběrače nad TK (parametr h_t)

Uplatnění zkoušky	Vozidla se sběračem
Uplatnění pro obrys	Kinematický
Stav ložení v průběhu zkoušky	MVD

Tab. 19 – Výška dolního kloubu sběrače nad TK – uplatnění a stav ložení

Výška dolního kloubu sběrače je definována, jako svislá vzdálenost příčné osy dolního kloubu sběrače od TK.



Obr. 24 - Výška dolního kloubu sběrače od TK

Výška dolního kloubu sběrače se měří zvláště na levé a pravé straně vozidla. Měření se provádí pro každý sběrač vozidla. Při ověření je nutné zohlednit případnou kompenzaci jmenovité polohy vozidla v souladu s kap. 4.5.1.

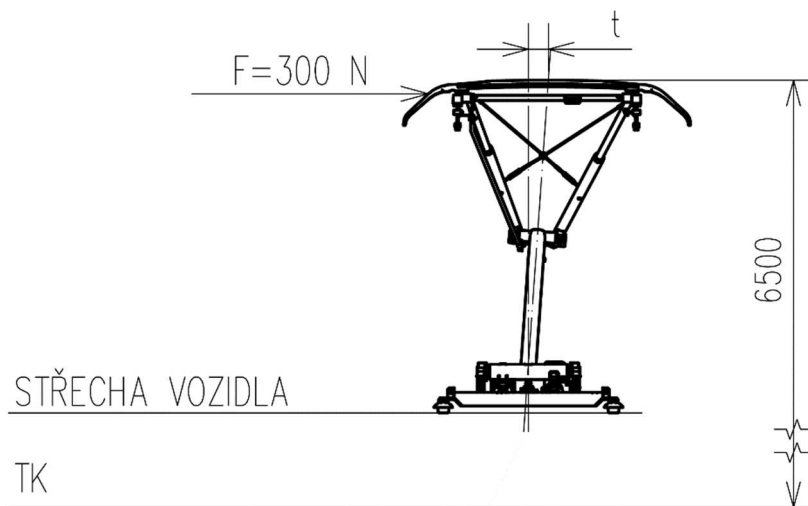
Výsledkem měření jsou hodnoty parametru h_{tnL} a h_{tnP} , kde n značí pořadové číslo sběrače.

4.6.2 Poddajnost sběrače (parametr t)

Uplatnění zkoušky	Vozidla se sběračem
Uplatnění pro obrys	Kinematický
Stav ložení v průběhu zkoušky	MVD

Tab. 20 – Poddajnost sběrače – uplatnění a stav ložení

Poddajnost sběrače je definována jako příčné vybočení lišty sběrače ve výšce 6,5 m nad TK při působení příčné síly o velikosti 300 N.



Obr. 25 - Poddajnost sběrače

Jmenovitá hodnota včetně tolerance je obvykle uvedena ve zkušebním protokolu z měření příčné poddajnosti zkoušeného exempláře sběrače.

Pokud tato hodnota není k dispozici, je nutné jí ověřit zkouškou. Ta se provede tak, že se lišta sběrače na vozidle zdvihne do výšky 6,5 m nad TK. Poté se na lištu sběrače zavede, nejprve na jednu a poté na druhou stranu, příčná síla o velikosti 300 N a měří se velikost příčného posunu lišty sběrače.

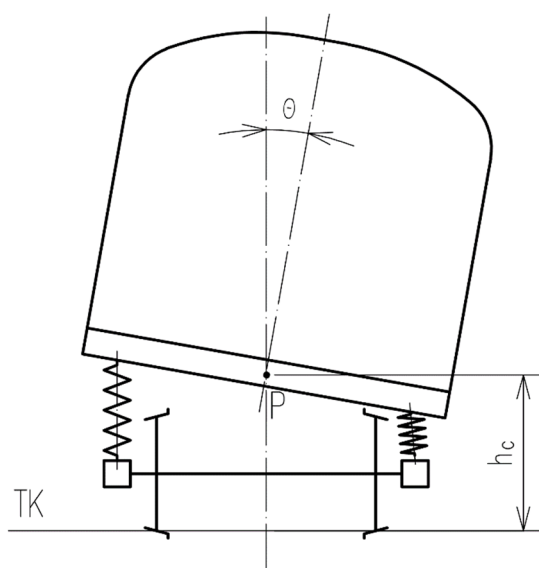
Měření se provádí pro každý sběrač vozidla. Výsledkem měření jsou hodnoty parametru t_{nL} a t_{nP} , kde n značí pořadové číslo sběrače.

4.6.3 Úhel vyplývající z tolerance seřízení vypružení (parametr θ)

Uplatnění zkoušky	Vozidla se sběračem
Uplatnění pro obrys	Kinematický
Stav ložení v průběhu zkoušky	MVD

Tab. 21 – Úhel vyplývající z tolerance seřízení vypružení – uplatnění a stav ložení

Vlivem nedokonalého seřízení vypružení dochází k naklonění vozidlové skříně.



Obr. 26 - Tolerance seřízení vypružení

Úhel vyplývající z tolerance seřízení vypružení nelze ověřit praktickou zkouškou. Důvodem je skutečnost, že při vyhodnocení změřeného náklonu skříně nelze od sebe oddělit vliv seřízení vypružení, vliv vyosení těžiště, tolerance tuhosti vypružení, atd.

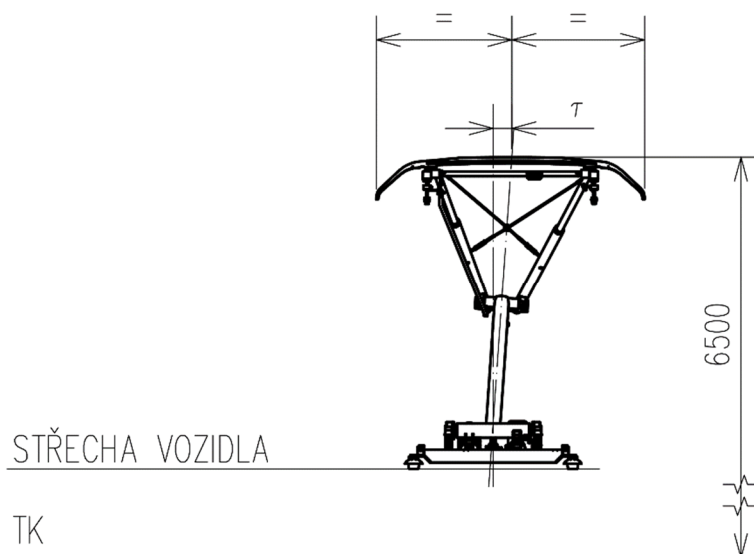
Ověření tohoto parametru se provádí výpočtem. Z výrobní a seřizovací dokumentace se na základě tolerance seřízení vypružení na levé a pravé straně vypočte úhel θ , který odpovídá toleranci seřízení vypružení.

4.6.4 Výrobní a montážní tolerance sběrače (parametr τ)

Uplatnění zkoušky	Vozidla se sběračem
Uplatnění pro obrys	Kinematický
Stav ložení v průběhu zkoušky	MVD

Tab. 22 – Výrobní a montážní tolerance sběrače – uplatnění a stav ložení

Parametr zahrnující výrobní a montážní tolerované odchylky mezi rovinou XZ vozové skříně a středem lišty sběrače na vozidle zvednuté do výšky 6,5 m nad TK. Tento parametr ovlivňuje jednak rovinnost montážních míst na střeše vozidla, ale také výrobní tolerance a nesymetrie sběrače.



Obr. 27 - Výrobní a montážní tolerance sběrače

Zkouška probíhá tak, že se v první řadě na horní ploše lišty sběrače vyznačí jeho podélná osa symetrie. Lišta sběrače se poté zvedne do výšky, kdy osa lišty je 6,5 m nad TK. V této výšce se změří příčná vzdálenost roviny XZ vozidla a osy lišty sběrače.

Měření se provádí pro každý sběrač vozidla. Výsledkem měření jsou hodnoty parametru τ_n , kde n značí pořadové číslo sběrače.

5 Srovnání novosti postupů proti původní metodice

Metodika zaměřená na ověření hodnot všech parametrů, na základě kterých je stanoven obrys pro konstrukci konkrétního vozidla a následně na ověření shody vnějších rozměrů vozidla s příslušným obrysem, dosud neexistuje. Postup, který obsahuje norma ČSN 28 0312, nazvaný „kontrola obrysu vozidel“, se zaměřuje pouze na ověření hodnot vnějších rozměrů vozidla s přihlédnutím k vypočteným hodnotám zúžení, avšak vůbec neověřuje, zda ve výpočtu zúžení jsou použity ty hodnoty relevantních parametrů, které vozidlo ve skutečnosti má.

6 Popis uplatnění certifikované metodiky

Metodika se uplatní ve všech případech, kdy je potřeba prokázat shodu vozidla s obrysem. To se provádí jak v případě schvalování typu vozidla (certifikace), tak i v případě potřeby ověřit vlastnosti stávajících, již provozovaných, vozidel. Shoda rozměrů vozidla s obrysem je jednou ze základních bezpečnostně-relevantních vlastností, která musí být prokázána už jako podmínka pro povolení vstupu vozidla na dopravní cestu pro potřeby zkušebních jízd.

7 Seznam použité související literatury

- [1] Nařízení komise (EU) č. 321/2013 ze dne 13. března 2013 o technické specifikaci pro interoperabilitu subsystému „kolejová vozidla – nákladní vozy“ železničního systému v Evropské unii a o zrušení rozhodnutí Komise 2006/861/ES ve znění Nařízení komise (EU) č.924/2015 ze dne 8. června 2015, kterým se mění nařízení (EU) č. 321/2013 – zkráceně TSI WAG
- [2] Nařízení komise (EU) č. 1302/2014 ze dne 18. listopadu 2014 o technické specifikaci pro interoperabilitu subsystému kolejová vozidla - lokomotivy a kolejová vozidla pro přepravu osob železničního systému v Evropské unii – zkráceně TSI LOC & PAS
- [3] ČSN EN 15273-1+A1 OPRAVA 1. *Železniční aplikace – Průjezdne průřezy tratí a obrysy vozidel – Část 1: Obecně – Společné zásady pro infrastrukturu a vozidla*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017.
- [4] ČSN EN 15273-2+A1. *Železniční aplikace – Průjezdne průřezy tratí a obrysy vozidel – Část 2: Obrysy vozidel*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017.
- [5] ČSN EN 14363+A1. *Železniční aplikace – Zkoušení a simulace pro schvalování železničních vozidel z hlediska jízdních vlastností – Jízdní chování a stacionární zkoušky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2019.
- [6] ČSN EN 15663+A1. *Železniční aplikace – Referenční hmotnost vozidel*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2019.
- [7] ČSN 28 0001. *Kolejová vozidla železniční – Základní termíny a definice*. Praha: Český normalizační institut, 1996.
- [8] ČSN EN 13775-1. *Železniční aplikace – Měření nových a modifikovaných nákladních vozů – Část 1: Principy měření*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2004.
- [9] ČSN EN 13775-2. *Železniční aplikace – Měření nových a modifikovaných nákladních vozů – Část 2: Podvozkové nákladní vozy*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2004.
- [10] ČSN EN 13775-3. *Železniční aplikace – Měření nových a modifikovaných nákladních vozů – Část 3: Dvounápravové nákladní vozy*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2004.
- [11] ČSN EN 13775-4. *Železniční aplikace – Měření nových a modifikovaných nákladních vozů – Část 4: Dvounápravové podvozky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005.
- [12] ČSN EN 13775-5. *Železniční aplikace – Měření nových a modifikovaných nákladních vozů – Část 5: Třínápravové podvozky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005.
- [13] UIC 505-1. *Eisenbahnfahrzeuge: Fahrzeugbegrenzungslinien*. 10. Ausgabe. Paris: Internationaler Eisenbahnverband, 2006.
- [14] UIC 505-5. *Entstehungsgeschichte, Begründungen und Kommentare zur Ausarbeitung und Entwicklung der UIC-Merkblattreihen 505 und 506 mit dem Thema Begrenzungslinie*. 3. Ausgabe. Paris: Internationaler Eisenbahnverband, 2010.

8 Seznam publikací, které předcházely metodice

- [1] JETENSKÝ, Lukáš a Tomáš HEPTNER. *Výzkum obrysů železničních vozidel - Souhrnná zpráva k řešení WP 6 v roce 2017*. Praha, VÚKV a.s., 2017.
- [2] JETENSKÝ, Lukáš a Tomáš HEPTNER. *Výzkum obrysů železničních vozidel - Souhrnná zpráva k řešení WP 6 v roce 2018*. Praha, VÚKV a.s., 2018.
- [3] JETENSKÝ, Lukáš a Tomáš HEPTNER. *Obrysy železničních vozidel pro evropský železniční systém - aktuální stav*. In: *Současné problémy v kolejových vozidlech*. 2017, s. 8. ISBN 978-80-7560-085-1.