

PATENTOVÝ SPIS

(11) Číslo dokumentu:

306 036

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.:

G01L 5/20 (2006.01)
G01L 5/16 (2006.01)
G01L 1/18 (2006.01)
G01M 17/10 (2006.01)
B61K 9/12 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2015-112**
 (22) Přihlášeno: **19.02.2015**
 (40) Zveřejněno: **07.07.2016**
(Věstník č. 27/2016)
 (47) Uděleno: **25.05.2016**
 (24) Oznámení o udělení ve věstníku: **07.07.2016**
(Věstník č. 27/2016)

(56) Relevantní dokumenty:

US 5492002 A; EP 0580969 A1; EP 2246681 A2; EP 2439508 A1; EP 1886110 A1; CZ 20080657 A3; CZ 9803201 A3; ES 2334529 A1.

(73) Majitel patentu:
VÚKV a.s., Praha 5, CZ

(72) Původce:
Ing. Jan Čapek, Ph.D., Praha 9, CZ
Ing. Petr Bauer, Ph.D., Praha 7, CZ
prof. Ing. Bohumil Culek, CSc., Staré Hradiště u
Pardubic, CZ
Ing. Ota Strnad, Praha 6, CZ
Ing. Jiří Malinský, Praha 4, CZ

(74) Zástupce:
Loskotová & partneři, patentová a známková
kancelář, Ing. Jarmila Loskotová, K Závětinám 727,
155 00 Praha 5

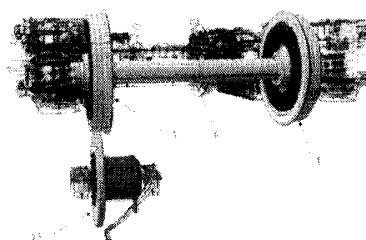
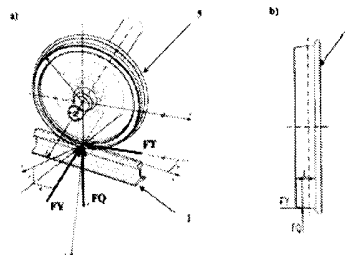
nebo kola dvojkolí (6). Počet zatěžujících kladek (15) je dvě a každá kladka (15) zatěžuje jedno kolo (5) dvojkolí, přičemž díky zástavbovým rozměrům a konstrukci je kalibrační stav umístitelný pod vozidlo (16), ve kterém je umístěno kolo (5) nebo dvojkolí (6), pro kalibraci – zatěžování. Příčnou polohu zatěžující kladky (15) nebo kladek a opěrných bodů lze měnit vkládáním redukčního rámu (20) různé šířky pro různé rozchody kolejnic, přičemž kalibrační stav je mobilní.

(54) Název vynálezu:

Systém pro měření silových účinků v kontaktu mezi kolem kolejového vozidla a kolejnicí, způsob jeho kalibrace a kalibrační stav

(57) Anotace:

Princip systému pro měření silových účinků mezi kolem kolejového vozidla a kolejnicí při jízdě kolejového vozidla spočívá ve zjišťování deformací kol dvojkolí prostřednictvím tenzometrického systému umístěného na jedné straně kola na jedné roztečné kružnici a složeného z Wheatstoneových úplných mostů, přičemž uspořádání tenzometrického systému je jednoznačně definováno poloměrem roztečné kružnice R , počtem Wheatstoneových úplných mostů, úhlem rozevření mostu δ , úhlovou roztečí mostů φ a úhlem natočení tenzometru od radiální polohy β . Uspořádání tenzometrického systému je optimalizováno na zjišťování tangenciálních sil FT , čehož je docíleno natočením tenzometru od radiální polohy o úhel β , přičemž nejvyšší přesnosti měření sil FT je dosahováno při úhlu β okolo hodnoty 45° . Při kalibraci je kolo (5) nebo dvojkolí (6) otáčející se okolo své osy rotace zatěžováno otáčející se kladkou (15), která se dotýká na svém obvodu obvodu kola (5)



CZ 306036 B6

Systém pro měření silových účinků v kontaktu mezi kolem kolejového vozidla a kolejnicí, způsob jeho kalibrace a kalibrační stav

5 Oblast techniky

Vynález se týká systému měřicího zařízení silových účinků v kontaktu mezi kolem kolejového vozidla a kolejnicí, zejména tangenciálních sil, způsobu jeho kalibrace a zařízení pro kalibraci.

10

Dosavadní stav techniky

Silové účinky mezi kolem jedoucího kolejového vozidla a kolejnicí jsou zjišťovány na základě měřených deformací kola kolejového vozidla. Známá řešení jsou popsána v patentových spisech
 15 EP 2 246 681 A2, EP 2 439 508 A, CZ EP 1 886 110, CZ PV 2008–657. Tato řešení se navzájem odlišují především počtem zjišťovaných složek silového působení mezi kolem kolejového vozidla a kolejnicí (FQ – svislé síly, FY – příčné síly, FT – podélné tangenciální síly, případně L – poloha dotykového bodu kolo–kolejnice na jízdním obrysu kola v příčném směru, způsobem umístění snímačů deformací – tenzometrů – na kole kolejového vozidla, na tzv. měřicím kole, a
 20 zapojením tenzometru v systému.

Poloha dotykového bodu L – poloha dotykového bodu kolo–kolejnice na jízdním obrysu kola v příčném směru bude dále označována jako příčná poloha dotykového bodu L .

25 Kolo kolejového vozidla v systému pro měření silových účinků v kontaktu mezi kolem kolejového vozidla a kolejnicí bude dále označováno jako měřicí kolo. U kolejových vozidel jsou kola spojena pevnou nápravou do tzv. dvojkolí. V praxi se proto často vyskytuje pojem měřicí dvojkolí. Řešení podle uvedených spisů CZ EP 1 886 110 a CZ PV 2008–657 nevyžadují mechanické opracování měřicího kola nebo dvojkolí, jelikož tenzometry jsou umístěny pouze na jedné straně
 30 desky měřicího kola. V případě, že jsou tenzometry umístěny na obou stranách kola, je tak nezbytné vytvořit v kole otvor za účelem tohoto propojení, tenzometry je nutné vzájemně elektricky propojit. Z těchto dvou uvedených řešení pak pouze řešení podle CZ EP 1 886 110 umožňuje měření všech složek silového působení, FQ – svislé síly, FY – příčné síly, FT – podélné tangenciální síly, řešení podle CZ PV 2008–657 neumožňuje měření tangenciální síly FT .

35

Známá řešení, včetně řešení podle CZ EP 1 886 110, umožňující měření všech složek zatížení FQ , FY , FT , jsou podle textu ve spisech navržena s ohledem na dosažení vysoké přesnosti zjišťování sil FQ a FY . To však ve svém důsledku znamená, že tangenciální síla FT není zjišťována s dostatečnou přesností. Důkazem tohoto tvrzení je fakt, že tenzometry, kterými jsou měřeny
 40 deformace kola, jsou ve všech řešeních umístěny na měřicím kole v radiálním nebo tangenciálním směru. Takto umístěné tenzometry mají dostatečnou citlivost na síly FQ a FY , nikoliv však na síly FT – viz odstavce příklady uskutečnění vynálezu.

45 Známá řešení jsou rovněž z důvodu měření složek FQ a FY silového působení značně složitá, jak co do výroby měřicího systému, tak i co do vyhodnocení sil z naměřených deformací měřicího kola. Tím jsou také velice nákladná.

V oboru kolejových vozidel přitom existují požadavky na měření tangenciálních sil FT s vysokou přesností, např. při zkoušení a ladění pohonů vozidel.

50

Aby bylo možné z měřených deformací měřicího kola vyhodnotit silové působení mezi kolem kolejového vozidla a kolejnicí, je nutné nejprve měřicí systém nakalibrovat, tzn. zatížit měřicí kolo známým zatížením a z tohoto známého zatížení a jemu odpovídajících naměřených deformací pak určit tzv. kalibrační konstanty, které vystupují ve vztazích pro výpočet sil z měřených

deformací kola za jízdy vozidla. Tento proces se dále nazývá kalibrací. Způsob kalibrace je pro výslednou přesnost měření silových účinků klíčový.

- 5 V dosavadním stavu techniky je prováděna pouze statická kalibrace tak, že nepohybující se měřicí kolo je zatěžováno pomocí jednoduchých přípravků různými hodnotami zatížení v několika vybraných polohách po obvodu měřicího kola. Tento způsob je pracný a časově náročný, neboť mezi jednotlivými hodnotami zatížení je nutné přestavit zatěžující podpory či natočit měřicí kolo do příslušné polohy, což ve svém důsledku znamená omezený počet realizovaných zatížení.
- 10 Další nevýhodou statického zatížení je odlišnost takto prováděného zatěžování od reálné provozní situace, kdy je odvalující se kolo zatěžováno při jízdě vozidla po koleji.

- 15 Odlišnost zatížení od reálné situace u jedoucího vozidla po koleji a omezené množství realizovaných zatížení po obvodu kola, ze kterých jsou kalibrační konstanty vyhodnoceny, jsou faktory, které mají negativní vliv na výslednou přesnost zjištění silových účinků mezi kolem a kolejnicí u jedoucího kolejového vozidla.

Podstata vynálezu

- 20 Výše uvedené nevýhody odstraňuje řešení, systém pro měření silových účinků v kontaktu mezi kolem kolejového vozidla a kolejnicí, způsob jeho kalibrace a kalibrační stav, jehož podstata spočívá v tom, že zahrnuje systém pro měření silových účinků mezi kolem kolejového vozidla a kolejnicí, tj. síly FQ , FY , FT a příčnou polohu dotykového bodu L , přičemž tento systém může
- 25 být zredukován pro individuální měření pouze tangenciální síly FT s velmi vysokou přesností měření za výrazného zjednodušení měřicího systému, přičemž systém dále zahrnuje způsob kalibrace, který je pro výslednou přesnost měření silových účinků klíčový a dále zahrnuje kalibrační stav, na kterém se provádí kalibrace, který může být i mobilní.
- 30 Kalibrace je nedílnou součástí v procesu měření silových účinků a určuje přesnost měřených sil. Bez kalibrace není měření sil možné.

- 35 Kola dvojkolí jedoucího vozidla, na které působí síly v kontaktech mezi koly a kolejnicemi, jsou tímto silovým působením deformována. Princip měřicí metody spočívá ve zjišťování těchto deformací, ze kterých jsou pak výpočtem vyhodnoceny působící síly.

- 40 Jako měrný element slouží standardní kola (dvojkolí) kolejového vozidla, tzv. měřicí kola (dvojkolí) bez nutnosti jejich nevratných mechanických poškození. Měřicí systém vychází z řešení CZ PV 2008 – 657, které je schopno měřit svislé kolové síly FQ , příčné vodící síly FY a polohu dotykového bodu L . Měřicí systém podle předkládaného měření je schopen měřit i jen tangenciální síly FT . Měřicí systém může být uzpůsoben vhodným uspořádáním tenzometrického systému pouze pro měření tangenciální síly FT , což jednak výrobu měřicího systému značně zjednodušuje a zlevňuje, ale především je pak možné dosáhnout vysoké přesnosti měření této síly. V oboru kolejových vozidel existují požadavky na měření tangenciálních sil FT s vysokou přesností,
- 45 např. při zkoušení a ladění pohonů vozidel. V případě, že deformace desky kola kolejového vozidla se nachází v oblasti Hookeova zákona, platí jednoznačná závislost mezi působícími silami – svislé kolové síly FQ , příčné vodící síly FY a podélné tangenciální síly FT – a napětím σ v desce kola. Napětí jsou zjišťována prostřednictvím tenzometru měřících vyvolané deformace na povrchu desky kola. Závislost mezi napětím σ a silovým působením lze popsat vztahem:

$$50 \quad \sigma = FQ \cdot (a \cdot L + b) + FY \cdot (c \cdot L + d) + FT \cdot (j \cdot L + k)$$

kde L je příčná poloha dotykového bodu kolo–kolejnice, a , b , c , d , j , k jsou konstanty. V této rovnici vystupují 4 neznámé veličiny (FQ , FY , FT , L). Hodnoty konstant jsou určeny při kalibraci. Jedná se tedy o nelineární rovnici o 4 neznámých.

Avšak na rovnici může být také nahlíženo jako na lineární rovnici o 6 neznámých (FQ , FY , FT , $FQ \cdot L$, $FY \cdot L$, $FT \cdot L$), čehož je při praktickém řešení využito.

Ke zjištění šesti neznámých je třeba vyřešit soustavu šesti rovnic:

$$\begin{aligned}\sigma_1 &= FQ \cdot (a_1 \cdot L + b_1) + FY \cdot (c_1 \cdot L + d_1) + FT \cdot (j_1 \cdot L + k_1) \\ \sigma_2 &= FQ \cdot (a_2 \cdot L + b_2) + FY \cdot (c_2 \cdot L + d_2) + FT \cdot (j_2 \cdot L + k_2) \\ &\dots\end{aligned}$$

$$\sigma_6 = FQ \cdot (a_6 \cdot L + b_6) + FY \cdot (c_6 \cdot L + d_6) + FT \cdot (j_6 \cdot L + k_6)$$

nebo-li po roznásobení:

$$\sigma_1 = a_1 \cdot FQ \cdot L + b_1 \cdot FQ + c_1 \cdot FY \cdot L + d_1 \cdot FY + j_1 \cdot FT \cdot L + k_1 \cdot FT$$

$$\sigma_2 = a_2 \cdot FQ \cdot L + b_2 \cdot FQ + c_2 \cdot FY \cdot L + d_2 \cdot FY + j_2 \cdot FT \cdot L + k_2 \cdot FT$$

...

$$\sigma_6 = a_6 \cdot FQ \cdot L + b_6 \cdot FQ + c_6 \cdot FY \cdot L + d_6 \cdot FY + j_6 \cdot FT \cdot L + k_6 \cdot FT$$

5

Napětí σ_1 až σ_6 jsou zjištěná napětí na šesti různých místech desky kola vyvolaná zatížením silami FQ , FY , FT v poloze L . Soustavu lineárních rovnic (3) lze přepsat do maticového tvaru:

$$\begin{bmatrix} \sigma_1 \\ \sigma_2 \\ \sigma_3 \\ \sigma_4 \\ \sigma_5 \\ \sigma_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1 & b_1 & c_1 & d_1 & j_1 & k_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 & d_2 & j_2 & k_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 & d_3 & j_3 & k_3 \\ a_4 & b_4 & c_4 & d_4 & j_4 & k_4 \\ a_5 & b_5 & c_5 & d_5 & j_5 & k_5 \\ a_6 & b_6 & c_6 & d_6 & j_6 & k_6 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} FQ \cdot L \\ FQ \\ FY \cdot L \\ FY \\ FT \cdot L \\ FT \end{bmatrix}$$

nebo-li:

10

$$\sigma = A \cdot F$$

Rovnice v maticovém zápisu má pro vektor F následující řešení:

15

$$F = A^{-1} \cdot \sigma$$

nebo-li:

$$\begin{bmatrix} FQ \cdot L \\ FQ \\ FY \cdot L \\ FY \\ FT \cdot L \\ FT \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{QL1} & C_{QL2} & C_{QL3} & C_{QL4} & C_{QL5} & C_{QL6} \\ C_{Q1} & C_{Q2} & C_{Q3} & C_{Q4} & C_{Q5} & C_{Q6} \\ C_{YL1} & C_{YL2} & C_{YL3} & C_{YL4} & C_{YL5} & C_{YL6} \\ C_{Y1} & C_{Y2} & C_{Y3} & C_{Y4} & C_{Y5} & C_{Y6} \\ C_{TL1} & C_{TL2} & C_{TL3} & C_{TL4} & C_{TL5} & C_{TL6} \\ C_{T1} & C_{T2} & C_{T3} & C_{T4} & C_{T5} & C_{T6} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \sigma_1 \\ \sigma_2 \\ \sigma_3 \\ \sigma_4 \\ \sigma_5 \\ \sigma_6 \end{bmatrix}$$

20 Konstanty C_{Qn} , C_{Yn} , C_{Tn} , C_{QLn} , C_{YLn} , C_{TLn} jsou funkcí konstant a_n , b_n , c_n , d_n , j_n , k_n . Po roznásobení dostaneme řešení soustavy rovnic (3) ve tvaru:

$$\begin{aligned}
FQ \cdot L &= C_{QL1} \cdot \sigma_1 + C_{QL2} \cdot \sigma_2 + C_{QL3} \cdot \sigma_3 + C_{QL4} \cdot \sigma_4 + C_{QL5} \cdot \sigma_5 + C_{QL6} \cdot \sigma_6 \\
FQ &= C_{Q1} \cdot \sigma_1 + C_{Q2} \cdot \sigma_2 + C_{Q3} \cdot \sigma_3 + C_{Q4} \cdot \sigma_4 + C_{Q5} \cdot \sigma_5 + C_{Q6} \cdot \sigma_6 \\
FY \cdot L &= C_{YL1} \cdot \sigma_1 + C_{YL2} \cdot \sigma_2 + C_{YL3} \cdot \sigma_3 + C_{YL4} \cdot \sigma_4 + C_{YL5} \cdot \sigma_5 + C_{YL6} \cdot \sigma_6 \\
FY &= C_{Y1} \cdot \sigma_1 + C_{Y2} \cdot \sigma_2 + C_{Y3} \cdot \sigma_3 + C_{Y4} \cdot \sigma_4 + C_{Y5} \cdot \sigma_5 + C_{Y6} \cdot \sigma_6 \\
FT \cdot L &= C_{TL1} \cdot \sigma_1 + C_{TL2} \cdot \sigma_2 + C_{TL3} \cdot \sigma_3 + C_{TL4} \cdot \sigma_4 + C_{TL5} \cdot \sigma_5 + C_{TL6} \cdot \sigma_6 \\
FT &= C_{T1} \cdot \sigma_1 + C_{T2} \cdot \sigma_2 + C_{T3} \cdot \sigma_3 + C_{T4} \cdot \sigma_4 + C_{T5} \cdot \sigma_5 + C_{T6} \cdot \sigma_6
\end{aligned}$$

Při znalosti konstant C_{Qn} , C_{Yn} , C_{Tn} , C_{QLn} , C_{YLn} , C_{TLn} a známých (zjištěných měření) hodnot napětí σ_n lze z rovnic (8) zjistit hodnoty působících sil FQ , FY , FT a polohu působistě těchto sil L .

- 5 Konstanty C_{Qn} , C_{Yn} , C_{Tn} , C_{QLn} , C_{YLn} , C_{TLn} jsou určeny při kalibraci měřicího dvojkolí.

Symboly FQ , FY , FT , L jsou značeny skutečné zatěžující síly a příčná poloha působistě, symboly Q , Y , T , X jsou značeny zjištěné síly a jejich poloha (síly vyhodnocené měřicím systémem). Rovnice platí nejen pro napětí mechanická σ , ale i pro elektrická napětí na jednotlivých tenzometrech. Jelikož jsou tyto rovnice lineární, platí navíc i pro napětí, která vzniknou jejich libovolnou lineární kombinací, tedy i napětí na jednotlivých tenzometrických mostech B [mV/V], do kterých jsou tenzometry zapojeny.

- 15 Do rovnic jsou tak dosazena napětí mostů B . Z těchto rovnic pak mohou být při znalosti kalibračních konstant C_{QB} , C_{YB} , C_{TB} , C_{QLB} , C_{YLB} , C_{TLB} vypočítány síly Q , Y , T (a poloha dotykového bodu X):

$$\begin{aligned}
Q &= C_{QB,1} \cdot B_1 + C_{QB,2} \cdot B_2 + C_{QB,3} \cdot B_3 + C_{QB,4} \cdot B_4 + C_{QB,5} \cdot B_5 + C_{QB,6} \cdot B_6 \\
Y &= C_{YB,1} \cdot B_1 + C_{YB,2} \cdot B_2 + C_{YB,3} \cdot B_3 + C_{YB,4} \cdot B_4 + C_{YB,5} \cdot B_5 + C_{YB,6} \cdot B_6 \\
T &= C_{TB,1} \cdot B_1 + C_{TB,2} \cdot B_2 + C_{TB,3} \cdot B_3 + C_{TB,4} \cdot B_4 + C_{TB,5} \cdot B_5 + C_{TB,6} \cdot B_6 \\
Q \cdot X &= C_{QLB,1} \cdot B_1 + C_{QLB,2} \cdot B_2 + C_{QLB,3} \cdot B_3 + C_{QLB,4} \cdot B_4 + C_{QLB,5} \cdot B_5 + C_{QLB,6} \cdot B_6 \\
Y \cdot X &= C_{YLB,1} \cdot B_1 + C_{YLB,2} \cdot B_2 + C_{YLB,3} \cdot B_3 + C_{YLB,4} \cdot B_4 + C_{YLB,5} \cdot B_5 + C_{YLB,6} \cdot B_6 \\
T \cdot X &= C_{TLB,1} \cdot B_1 + C_{TLB,2} \cdot B_2 + C_{TLB,3} \cdot B_3 + C_{TLB,4} \cdot B_4 + C_{TLB,5} \cdot B_5 + C_{TLB,6} \cdot B_6
\end{aligned}$$

- 20 Řešení Q , Y , T a X se teoreticky rovnají zatěžujícím silám FQ , FY , FT a poloze dotykového bodu L pouze v případě, že kolo se nachází v poloze, pro kterou byly zjištěny konstanty C_{QB} , C_{YB} , C_{TB} , C_{QLB} , C_{YLB} , C_{TLB} – v poloze, ve které byla provedena kalibrace. Polohou kola se rozumí jeho natočení kolem jeho osy rotace.

- 25 Cílem kalibrace je zjištění kalibračních konstant $C_{QB,i}$, $C_{YB,i}$, $C_{TB,i}$, $C_{QLB,i}$, $C_{YLB,i}$, $C_{TLB,i}$, $i = 1$ až 6 vystupujících ve vztazích pro výpočet Q , Y , T a X . Kalibrace může být obecně provedena pro jakoukoliv polohu kola. Pro každou tuto polohu jsou kalibrací zjištěny konstanty $C_{QB,i}$, $C_{YB,i}$, $C_{TB,i}$, $C_{QLB,i}$, $C_{YLB,i}$, $C_{TLB,i}$. Pro výpočet kalibračních konstant se využijí vztahy.

- 30 Pro zjištění kalibračních konstant je potřeba kolo v poloze, ve které se provádí kalibrace, zatížit obecně alespoň 6 různými zatíženími $[FQ_j, FY_j, FT_j, L_j]$, $j = 1$ až min. 6. Pro jednu kalibrovanou polohu kola tak dostaneme v případě 6 různých zatížení 6 soustav o 6 rovnicích:

$$\begin{aligned}
FQ_1 &= C_{QB,1} \cdot B_{1,1} + C_{QB,2} \cdot B_{1,2} + C_{QB,3} \cdot B_{1,3} + C_{QB,4} \cdot B_{1,4} + C_{QB,5} \cdot B_{1,5} + C_{QB,6} \cdot B_{1,6} \\
FQ_2 &= C_{QB,1} \cdot B_{2,1} + C_{QB,2} \cdot B_{2,2} + C_{QB,3} \cdot B_{2,3} + C_{QB,4} \cdot B_{2,4} + C_{QB,5} \cdot B_{2,5} + C_{QB,6} \cdot B_{2,6} \\
&\dots \\
FQ_6 &= C_{QB,1} \cdot B_{6,1} + C_{QB,2} \cdot B_{6,2} + C_{QB,3} \cdot B_{6,3} + C_{QB,4} \cdot B_{6,4} + C_{QB,5} \cdot B_{6,5} + C_{QB,6} \cdot B_{6,6}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
FY_1 &= C_{YB,1} \cdot B_{1,1} + C_{YB,2} \cdot B_{1,2} + C_{YB,3} \cdot B_{1,3} + C_{YB,4} \cdot B_{1,4} + C_{YB,5} \cdot B_{1,5} + C_{YB,6} \cdot B_{1,6} \\
FY_2 &= C_{YB,1} \cdot B_{2,1} + C_{YB,2} \cdot B_{2,2} + C_{YB,3} \cdot B_{2,3} + C_{YB,4} \cdot B_{2,4} + C_{YB,5} \cdot B_{2,5} + C_{YB,6} \cdot B_{2,6} \\
&\dots \\
FY_6 &= C_{YB,1} \cdot B_{6,1} + C_{YB,2} \cdot B_{6,2} + C_{YB,3} \cdot B_{6,3} + C_{YB,4} \cdot B_{6,4} + C_{YB,5} \cdot B_{6,5} + C_{YB,6} \cdot B_{6,6} \\
FT_1 &= C_{TB,1} \cdot B_{1,1} + C_{TB,2} \cdot B_{1,2} + C_{TB,3} \cdot B_{1,3} + C_{TB,4} \cdot B_{1,4} + C_{TB,5} \cdot B_{1,5} + C_{TB,6} \cdot B_{1,6} \\
FT_2 &= C_{TB,1} \cdot B_{2,1} + C_{TB,2} \cdot B_{2,2} + C_{TB,3} \cdot B_{2,3} + C_{TB,4} \cdot B_{2,4} + C_{TB,5} \cdot B_{2,5} + C_{TB,6} \cdot B_{2,6} \\
&\dots \\
FT_6 &= C_{TB,1} \cdot B_{6,1} + C_{TB,2} \cdot B_{6,2} + C_{TB,3} \cdot B_{6,3} + C_{TB,4} \cdot B_{6,4} + C_{TB,5} \cdot B_{6,5} + C_{TB,6} \cdot B_{6,6} \\
FQ_1 \cdot L_1 &= C_{QLB,1} \cdot B_{1,1} + C_{QLB,2} \cdot B_{1,2} + C_{QLB,3} \cdot B_{1,3} + C_{QLB,4} \cdot B_{1,4} + C_{QLB,5} \cdot B_{1,5} + C_{QLB,6} \cdot B_{1,6} \\
FQ_2 \cdot L_2 &= C_{QLB,1} \cdot B_{2,1} + C_{QLB,2} \cdot B_{2,2} + C_{QLB,3} \cdot B_{2,3} + C_{QLB,4} \cdot B_{2,4} + C_{QLB,5} \cdot B_{2,5} + C_{QLB,6} \cdot B_{2,6} \quad (13) \\
&\dots \\
FQ_6 \cdot L_6 &= C_{QLB,1} \cdot B_{6,1} + C_{QLB,2} \cdot B_{6,2} + C_{QLB,3} \cdot B_{6,3} + C_{QLB,4} \cdot B_{6,4} + C_{QLB,5} \cdot B_{6,5} + C_{QLB,6} \cdot B_{6,6} \\
FY_1 \cdot L_1 &= C_{YLB,1} \cdot B_{1,1} + C_{YLB,2} \cdot B_{1,2} + C_{YLB,3} \cdot B_{1,3} + C_{YLB,4} \cdot B_{1,4} + C_{YLB,5} \cdot B_{1,5} + C_{YLB,6} \cdot B_{1,6} \\
FY_2 \cdot L_2 &= C_{YLB,1} \cdot B_{2,1} + C_{YLB,2} \cdot B_{2,2} + C_{YLB,3} \cdot B_{2,3} + C_{YLB,4} \cdot B_{2,4} + C_{YLB,5} \cdot B_{2,5} + C_{YLB,6} \cdot B_{2,6} \\
&\dots \\
FY_6 \cdot L_6 &= C_{YLB,1} \cdot B_{6,1} + C_{YLB,2} \cdot B_{6,2} + C_{YLB,3} \cdot B_{6,3} + C_{YLB,4} \cdot B_{6,4} + C_{YLB,5} \cdot B_{6,5} + C_{YLB,6} \cdot B_{6,6} \\
FT_1 \cdot L_1 &= C_{TLB,1} \cdot B_{1,1} + C_{TLB,2} \cdot B_{1,2} + C_{TLB,3} \cdot B_{1,3} + C_{TLB,4} \cdot B_{1,4} + C_{TLB,5} \cdot B_{1,5} + C_{TLB,6} \cdot B_{1,6} \\
FT_2 \cdot L_2 &= C_{TLB,1} \cdot B_{2,1} + C_{TLB,2} \cdot B_{2,2} + C_{TLB,3} \cdot B_{2,3} + C_{TLB,4} \cdot B_{2,4} + C_{TLB,5} \cdot B_{2,5} + C_{TLB,6} \cdot B_{2,6} \\
&\dots \\
FT_6 \cdot L_6 &= C_{TLB,1} \cdot B_{6,1} + C_{TLB,2} \cdot B_{6,2} + C_{TLB,3} \cdot B_{6,3} + C_{TLB,4} \cdot B_{6,4} + C_{TLB,5} \cdot B_{6,5} + C_{TLB,6} \cdot B_{6,6}
\end{aligned}$$

Řešením těchto soustav jsou kalibrační konstanty $C_{QB,i}$, $C_{YB,i}$, $C_{TB,i}$, $C_{QLB,i}$, $C_{YLB,i}$, $C_{TLB,i}$ příslušející jedné poloze kola. Tímto způsobem se provede zjištění kalibračních konstant pro všechny kalibrované polohy.

Z uvedeného je zřejmé, že měření sil FQ , FY a FT je možné nakalibrovat bez nutnosti znalosti příčné polohy dotykového bodu L kolo–kolejnice. Pomocí soustav je tak možné určit pouze kalibrační konstanty $C_{QB,i}$, $C_{YB,i}$, $C_{TB,i}$, $C_{QLB,i}$, $C_{YLB,i}$, $C_{TLB,i}$ příslušející těmto silám.

Při statické kalibraci je stojící, nerotující kolo zatěžováno staticky v každé kalibrované poloze obecně 6 různými zatíženími $[FQ_j, FY_j, FT_j, L_j]$, $j = 1$ až 6. Tím dostaneme soustavy 6 rovnic. Řešením těchto soustav rovnic jsou kalibrační konstanty $C_{QB,i}$, $C_{YB,i}$, $C_{TB,i}$, $C_{QLB,i}$, $C_{YLB,i}$, $C_{TLB,i}$.

Dynamická kalibrace probíhá za rotace dvojkolí. Kalibrační koeficienty jsou pak určeny z velkého množství naměřených dat, nikoliv pouze ze 6 statických zatížení (pro každou kalibrovanou polohu kola). Tím dostaneme soustavy o více rovnicích než je neznámých:

$$\begin{aligned}
FQ_1 &= C_{QB,1} \cdot B_{1,1} + C_{QB,2} \cdot B_{1,2} + C_{QB,3} \cdot B_{1,3} + C_{QB,4} \cdot B_{1,4} + C_{QB,5} \cdot B_{1,5} + C_{QB,6} \cdot B_{1,6} \\
FQ_2 &= C_{QB,1} \cdot B_{2,1} + C_{QB,2} \cdot B_{2,2} + C_{QB,3} \cdot B_{2,3} + C_{QB,4} \cdot B_{2,4} + C_{QB,5} \cdot B_{2,5} + C_{QB,6} \cdot B_{2,6}
\end{aligned}$$

...

$$FQ_k = C_{QB,1} \cdot B_{k,1} + C_{QB,2} \cdot B_{k,2} + C_{QB,3} \cdot B_{k,3} + C_{QB,4} \cdot B_{k,4} + C_{QB,5} \cdot B_{k,5} + C_{QB,6} \cdot B_{k,6}$$

$$FY_1 = C_{YB,1} \cdot B_{1,1} + C_{YB,2} \cdot B_{1,2} + C_{YB,3} \cdot B_{1,3} + C_{YB,4} \cdot B_{1,4} + C_{YB,5} \cdot B_{1,5} + C_{YB,6} \cdot B_{1,6}$$

$$FY_2 = C_{YB,1} \cdot B_{2,1} + C_{YB,2} \cdot B_{2,2} + C_{YB,3} \cdot B_{2,3} + C_{YB,4} \cdot B_{2,4} + C_{YB,5} \cdot B_{2,5} + C_{YB,6} \cdot B_{2,6}$$

...

$$FY_k = C_{YB,1} \cdot B_{k,1} + C_{YB,2} \cdot B_{k,2} + C_{YB,3} \cdot B_{k,3} + C_{YB,4} \cdot B_{k,4} + C_{YB,5} \cdot B_{k,5} + C_{YB,6} \cdot B_{k,6}$$

$$FT_1 = C_{TB,1} \cdot B_{1,1} + C_{TB,2} \cdot B_{1,2} + C_{TB,3} \cdot B_{1,3} + C_{TB,4} \cdot B_{1,4} + C_{TB,5} \cdot B_{1,5} + C_{TB,6} \cdot B_{1,6}$$

$$FT_2 = C_{TB,1} \cdot B_{2,1} + C_{TB,2} \cdot B_{2,2} + C_{TB,3} \cdot B_{2,3} + C_{TB,4} \cdot B_{2,4} + C_{TB,5} \cdot B_{2,5} + C_{TB,6} \cdot B_{2,6}$$

...

$$FT_k = C_{TB,1} \cdot B_{k,1} + C_{TB,2} \cdot B_{k,2} + C_{TB,3} \cdot B_{k,3} + C_{TB,4} \cdot B_{k,4} + C_{TB,5} \cdot B_{k,5} + C_{TB,6} \cdot B_{k,6}$$

$$FQ_1 \cdot L_1 = C_{QLB,1} \cdot B_{1,1} + C_{QLB,2} \cdot B_{1,2} + C_{QLB,3} \cdot B_{1,3} + C_{QLB,4} \cdot B_{1,4} + C_{QLB,5} \cdot B_{1,5} + C_{QLB,6} \cdot B_{1,6}$$

$$FQ_2 \cdot L_2 = C_{QLB,1} \cdot B_{2,1} + C_{QLB,2} \cdot B_{2,2} + C_{QLB,3} \cdot B_{2,3} + C_{QLB,4} \cdot B_{2,4} + C_{QLB,5} \cdot B_{2,5} + C_{QLB,6} \cdot B_{2,6}$$

...

$$FQ_k \cdot L_k = C_{QLB,1} \cdot B_{k,1} + C_{QLB,2} \cdot B_{k,2} + C_{QLB,3} \cdot B_{k,3} + C_{QLB,4} \cdot B_{k,4} + C_{QLB,5} \cdot B_{k,5} + C_{QLB,6} \cdot B_{k,6}$$

$$FY_1 \cdot L_1 = C_{YLB,1} \cdot B_{1,1} + C_{YLB,2} \cdot B_{1,2} + C_{YLB,3} \cdot B_{1,3} + C_{YLB,4} \cdot B_{1,4} + C_{YLB,5} \cdot B_{1,5} + C_{YLB,6} \cdot B_{1,6}$$

$$FY_2 \cdot L_2 = C_{YLB,1} \cdot B_{2,1} + C_{YLB,2} \cdot B_{2,2} + C_{YLB,3} \cdot B_{2,3} + C_{YLB,4} \cdot B_{2,4} + C_{YLB,5} \cdot B_{2,5} + C_{YLB,6} \cdot B_{2,6}$$

...

$$FY_k \cdot L_k = C_{YLB,1} \cdot B_{k,1} + C_{YLB,2} \cdot B_{k,2} + C_{YLB,3} \cdot B_{k,3} + C_{YLB,4} \cdot B_{k,4} + C_{YLB,5} \cdot B_{k,5} + C_{YLB,6} \cdot B_{k,6}$$

$$FT_1 \cdot L_1 = C_{TLB,1} \cdot B_{1,1} + C_{TLB,2} \cdot B_{1,2} + C_{TLB,3} \cdot B_{1,3} + C_{TLB,4} \cdot B_{1,4} + C_{TLB,5} \cdot B_{1,5} + C_{TLB,6} \cdot B_{1,6}$$

$$FT_2 \cdot L_2 = C_{TLB,1} \cdot B_{2,1} + C_{TLB,2} \cdot B_{2,2} + C_{TLB,3} \cdot B_{2,3} + C_{TLB,4} \cdot B_{2,4} + C_{TLB,5} \cdot B_{2,5} + C_{TLB,6} \cdot B_{2,6}$$

...

$$FT_k \cdot L_k = C_{TLB,1} \cdot B_{k,1} + C_{TLB,2} \cdot B_{k,2} + C_{TLB,3} \cdot B_{k,3} + C_{TLB,4} \cdot B_{k,4} + C_{TLB,5} \cdot B_{k,5} + C_{TLB,6} \cdot B_{k,6}$$

Soustavy rovnic je možné řešit aproximační metodou. Každá jedna rovnice v těchto soustavách odpovídá jednomu odečtu veličin (FQ , FY , FT , L , B_1 až B_6) při měření na rotujícím dvojkolí. Hodnoty jsou odečítány právě tehdy, když se kolo nachází v kalibrované poloze.

5

Tím, že při kalibraci za rotace jsou kalibrační konstanty zjištěny z výrazně většího množství naměřených dat v porovnání se statickou kalibrací a dále že při tomto způsobu kalibrace je zatěžováno rotující kolo kladkou s profilem kolejnice, čímž jsou simulovány reálné podmínky pohybu-
jícího se dvojkolí na koleji, je tímto způsobem kalibrace dosaženo vyšší přesnosti měřicího sys-
tému.

10

Měřicí systém silových účinků v kontaktu mezi kolem kolejového vozidla a kolejnicí sestává z části rotující na kole (dvojkolí) a pevné části umístěné na nerotující části vozidla. K rotující části patří tenzometrický systém, měřicí zesilovače, AD převodník a část systému napájení a přenosu dat.

15

K pevné části měřicího systému patří systém napájení a přenosu dat a vyhodnocovací PC. Naměřená data mohou být přenášena z rotující na pevnou část přes systém kontaktního napájení nebo bezkontaktně.

- 5 Tenzometrický systém umístěný na povrchu desky kola sestává z několika Wheatstoneových úplných tenzometrických mostů. Tenzometry jsou umístěny na jedné roztečné kružnici na jedné straně desky kola. Jeden tenzometrický most je složen ze čtyř tenzometru. Rozmístění tenzometru na roztečné kružnici je charakterizováno těmito parametry:

- poloměr roztečné kružnice R
- 10 • počet tenzometrických mostů
- úhel rozevření mostu δ
- úhlová rozteč mostů φ
- úhel natočení tenzometru od radiální polohy β

- 15 Teoreticky je možné rozmístit tenzometry s libovolnými hodnotami výše uvedených parametrů. Způsob rozmístění tenzometru má zejména vliv na přesnost určení sil působících na kolo. Klíčová je potom hodnota úhlu natočení tenzometru β . Přesnost odpovídající příslušnému rozmístění je možné určit na základě výsledků výpočtu napjatosti desky kola pomocí MKP nebo experimentálně.

- 20 Uspořádání tenzometrického systému je optimalizováno na zjišťování tangenciálních sil FT , čehož je docíleno natočením tenzometru od radiální polohy o úhel β , přičemž nejvyšší přesnosti měření sil FT je dosahováno při úhlu β okolo hodnoty 45° .

- 25 Na základě těchto analýz tedy vyplývá, že pro vyhodnocení síly FT je z hlediska přesnosti nejvhodnější úhel natočení tenzometru blízký hodnotě 45° .

Pro vyhodnocení tangenciální síly FT je minimální počet tenzometrických mostů 2.

- 30 Dále je popsáno řešení uspořádání tenzometrického systému, které je optimalizováno s ohledem na zjišťování sil FT .

- 35 Tenzometrický systém je uspořádaný tak, že je v určitých polohách kola – jeho natočení kolem osy rotace – symetrický kolem svislé osy procházející bodem dotyku L kola kolejového vozidla s kolejnicí. Rozložení deformace kola kolejového vozidla od sil FQ a FY je rovněž symetrické kolem této osy. Napětí na tenzometrických mostech, která vzniknou odečtením napětí dvou symetricky uspořádaných mostů, tak nejsou závislá na silách FQ a FY , ale pouze na síle FT a poloze bodu dotyku L . Vliv polohy bodu dotyku L kola kolejového vozidla s kolejnicí je na napětí, deformaci kola, výrazně menší než vliv tangenciální síly FT . Zatěžující síla FT je pak vyhodnocena ze vztahu, který vznikne ze soustavy rovnic (9) ponecháním pouze složky související se silou FT :

$$T = C_{TS,1} \cdot S_1$$

kde $C_{TS,1}$ je kalibrační konstanta a S_1 je napětí, které vznikne odečtením symetricky uspořádaných tenzometrických mostů:

$$S_1 = B_1 - B_8$$

- 45 Z uvedeného vyplývá, že minimální počet tenzometrických mostů je v tomto případě 2 a počet poloh kola, kdy dochází ke kompenzaci účinků od sil FQ , FY je 2 za jednu otáčku kola. Pro tyto polohy jsou určeny kalibrační konstanty a v těchto polohách je vyhodnocována zatěžující síla FT .

Pro kalibraci měřicího systému je určen kalibrační stav.

5 Dvojkolí je v tomto stavu zatěžováno na obvodu kola vnějšími silami známých velikostí a dle těchto hodnot je kalibrován elektrický signál dvojkolí. Kalibrovány jsou signály svislých, příčných i podélných sil v kontaktu kolo–kolejnice.

Tento kalibrační stav umožňuje kalibrovat jak dvojkolí zabudovaná v kolejovém vozidle, tak i samostatná dvojkolí z kolejového vozidla vymontovaná.

10 V případě, že je kalibrováno dvojkolí zabudované v kolejovém vozidle, je kalibrační stav umístěn během kalibrace na koleji pod vozidlem a podpírá dvojkolí, které je předmětem kalibrace. Kalibrační stav spočívá na koleji na čtyřech pojezdových kolech, umožňujících zasunutí stavu pod vozidlo zvednuté na lokomotivních zvedácích.

15 Kalibrované dvojkolí je podepřeno konzolami za ložiskové komory.

Během kalibrace je otáčející se dvojkolí zatěžováno prostřednictvím rotující kolejnice, kladky na jízdním obrysu kola postupně různými úrovněmi a kombinacemi zatížení svislými, příčnými a podélnými silami.

20 Mobilní kalibrační stav je složen ze dvou zrcadlově symetrických hlavních rámu, které jsou navzájem spojeny přes redukční rám.

Vkládáním redukčního rámu různé šířky umožňuje kalibraci dvojkolí o různém rozchodu.

25 V jednom nebo obou hlavních rámech je zabudována kladka pro zatěžování kola nebo obou kol dvojkolí. V případě, že je kladka zabudována pouze v jednom hlavním rámu, ve druhém hlavním rámu je zabudována třetí brzda druhého kola dvojkolí, která umožňuje vyvození tangenciální síly na kalibrované kolo.

30 Pohon kladky zajišťuje elektromotor, který je uložen přímo na hřídeli kladky. Hřídel kladky je uložena ve dvojici ložiskových domků. Reakce statoru elektromotoru je zachycena pomocí reakčního táhla se siloměrnou vložkou přímo do upínacího rámu kladky.

35 Upínací rám kladky s pohonem je zavěšen přes čtyři svislé závěsy ke stolu příčného stavění. V závěsech jsou zabudovány siloměrné vložky pro měření svislé síly. Zbývající tři stupně volnosti mezi upínacím rámem kladky a stolem příčného stavění – posun v podélném směru, posun v příčném směru a rotace kolem svislé osy – odebírají dvě podélná a jedno příčné táhlo. Příčné táhlo je opatřeno siloměrnou vložkou sloužící pro měření příčné síly.

40 Stůl příčného stavění je uložen na stole svislého stavění prostřednictvím čtyř dvojic lineárních válečkových vedení. Sestava dvou lineárních vedení se skládá ze dvou lineárních válečkových vedení a radiálně axiálního ložiska se svisle orientovanou osou rotace. Lineární vedení jsou k sobě, v rámci každé dvojice, natočena o 90°, aby umožňovala příčný, podélný a rotační pohyb 45 kolem svislé osy. Příčný posuv a úhel náběhu – natáčení kolem svislé osy – obstarávají dva příčné lineární pohony. Podélné reakční síly mezi stolem příčného stavění a stolem svislého stavění zajišťují dvě kladičky umístěné na bocích stolu příčného stavění.

50 Svislý pohyb dotykového bodu mezi kladkou a kolem dvojkolí je realizován naklápěním stolu svislého stavění kolem osy vodorovně umístěné v krajní části hlavního rámu. Hřídel naklápění je uložen ve dvou ložiskových domech se soudečkovými ložisky. Naklápění zajišťuje svislý lineární pohon.

Zatížení kola je měřeno pomocí šesti siloměrných vložek.

55

Pro měření tangenciální síly se využívá táhlo reakčního momentu motoru, na kterém je umístěna siloměrná vložka.

5 Měření příčné síly probíhá prostřednictvím příčného táhla, na kterém je umístěna siloměrná vložka.

Svislá síla je měřena prostřednictvím čtyř siloměrých vložek, které jsou zabudovány ve svislých závěsech, kterými je rám kladky s pohonem zavěšen ke stolu příčného stavění.

10

Objasnění výkresů

Vynález je dále objasněn pomocí přiložených výkresů, kde na obr. 1a je znázorněno v prostorovém provedení kolo dvojkolí a kolejnice s vyznačením sil působících v kontaktu mezi kolem a kolejnicí, na obr. 1b je v pohledu zepředu znázorněno kolo dvojkolí s působícími silami včetně vyznačení příčné polohy dotykového bodu, na obr. 2 je schematicky znázorněn tenzometrický systém na kole s vyznačením poloměru roztečné kružnice, úhlu rozevření mostu, úhlové rozteče mostu a úhlu natočení tenzometru od radiální polohy, na obr. 3 je schematicky zobrazen tenzometrický systém pro měření tangenciálních sil T , složený ze dvou úplných tenzometrických mostů, na obr. 4 je schematicky zobrazeno zapojení tenzometru do úplného tenzometrického mostu, na obr. 5 je schematicky zobrazeno celkové uspořádání měřicího systému sil v kontaktu mezi kolem a kolejnicí, na obr. 6 jsou formou grafu zobrazeny naměřené odezvy jednotlivých tenzometru umístěných na kole radiálně, tečně a pod úhlem 45° na působící tangenciální sílu, na obr. 7 a obr. 8 je v prostorovém provedení zobrazen podvozek kolejového vozidla s dvojkolím, jehož jedno kolo je zatěžováno rotující kladkou, na obr. 9 je v prostorovém provedení zobrazeno kolejové vozidlo, jehož jedno dvojkolí je umístěno na mobilním kalibračním stavu, který je umístěn na koleji, na obr. 10 je v prostorovém vyobrazení celkový pohled na mobilní kalibrační stav, na obr. 11 je v prostorovém provedení zobrazen detail upínacího rámu kladky s motorem a kladkou, na obr. 12 v prostorovém provedení zobrazena sestava stolu příčného stavění se zavěšeným rámem kladky, na obr. 13 je v prostorovém provedení zobrazena sestava stolu svislého stavění, na kterém je uložen stůl příčného stavění se zavěšeným upínacím rámem kladky, na obr. 14 je v prostorovém provedení zobrazen způsob uložení stolu příčného stavění na stole svislého stavění, na obr. 15 je v prostorovém provedení zobrazen způsob uložení stolu příčného stavění na stole svislého stavění v jiném pohledu tak, aby byly dobře patrné rovněž kladičky pro zamezení pohybu stolu příčného stavění v podélném směru, na obr. 16 je v prostorovém provedení zobrazen detail lineárního vedení stolu příčného stavění s radiálně axiálním ložiskem, na obr. 17 je v prostorovém provedení zobrazena polovina kalibračního stavu, kde hlavní rám je částečně zprůhledněn tak, aby byl dobře patrný způsob svislého stavění stolu, na obr. 18 je v prostorovém provedení zobrazen stůl svislého stavění s mechanismem stavění, na obr. 19 je v prostorovém uspořádání zobrazena zabudovaná siloměrná vložka tangenciální síly, na obr. 20 je v prostorovém uspořádání zobrazena zabudovaná siloměrná vložka pro měření příčné síly, na obr. 21 jsou v prostorovém uspořádání zobrazeny siloměrné vložky pro měření svislé síly a na obr. 22 je v prostorovém vyobrazení v pohledu ze spodu znázorněn mobilní kalibrační stav na kolejích, kdy jsou patrné pojezdová kola, hlavní rám a redukční rám.

45

Příklady uskutečnění vynálezu

50 Měřicí systém silových účinků v kontaktu mezi kolejnicí a kolem kolejového vozidla je složen zčásti rotující na kole 13 (dvojkolí) a pevné části 14 umístěné na nerotující části vozidla. K rotující části 13 patří tenzometrický systém 8, nízkošumové měřicí zesilovače 9 (jeden zesilovač na jeden tenzometrický most), signálový procesor s 12bitovým AD převodníkem 10 a část systému napájení a přenosu dat 11. K pevné části měřicího systému 14 patří systém napájení a přenosu dat 11 a vyhodnocovací PC 12. Naměřená data jsou přenášena protokolem TCP/IP sítí Ethernet,

např. kontaktně pomocí tzv. Powerline Ethernet přes systém kontaktního napájení, kdy na napájecí napětí je namodulován vysokofrekvenční signál.

5 Tenzometrický systém 8 umístěný na povrchu desky kola sestává z několika Wheatstoneových úplných tenzometrických mostů. Tenzometry 7 jsou umístěny na jedné roztečné kružnici na jedné straně desky kola. Jeden tenzometrický most je složen ze čtyř tenzometrů. Rozmístění tenzometru na roztečné kružnici je charakterizováno těmito parametry:

- poloměr roztečné kružnice R
- počet tenzometrických mostů
- 10 • úhel rozevření mostu δ
- úhlová rozteč mostů φ
- úhel natočení tenzometru od radiální polohy β

Teoreticky je možné rozmístit tenzometry s libovolnými hodnotami výše uvedených parametrů. Způsob rozmístění tenzometru má zejména vliv na přesnost určení sil působících na kolo. Klíčová je potom hodnota úhlu natočení tenzometru β . Přesnost odpovídající příslušnému rozmístění je možné určit na základě výsledků výpočtu napjatosti desky kola pomocí MKP nebo experimentálně.

20 Na základě těchto analýz vyplývá, že pro vyhodnocení síly FT je z hlediska přesnosti nejvhodnější úhel natočení tenzometru blízký hodnotě 45° .

Pro vyhodnocení tangenciální síly FT je minimální počet tenzometrických mostů 2.

25 Dále je popsáno řešení uspořádání tenzometrického systému, které je optimalizováno s ohledem na zjišťování sil FT .

30 Tenzometrický systém je uspořádaný tak, že je v určitých polohách kola – jeho natočení kolem osy rotace – symetrický kolem svislé osy procházející bodem dotyku L kola kolejového vozidla s kolejnicí. Rozložení deformace kola kolejového vozidla od sil FQ a FY je rovněž symetrické kolem této osy. Napětí na tenzometrických mostech, které vzniknou odečtením napětí dvou symetricky uspořádaných mostů, tak nejsou závislá na silách FQ a FY , ale pouze na síle FT a poloze bodu dotyku L . Vliv polohy bodu dotyku L je na napětí, deformaci kola, výrazně menší než vliv tangenciální síly FT . Zatěžující síla FT je pak vyhodnocena ze vztahu, který vznikne ze soustavy rovnic (9) ponecháním pouze složky související se silou FT .

$$35 \quad T - C_{TS,1} \cdot S_1 \quad (22)$$

kde $C_{TS,1}$ je kalibrační konstanta a S_1 je napětí, které vznikne odečtením symetricky uspořádaných tenzometrických mostů:

$$S_1 = B_1 - B_8 \quad (23)$$

40 Z uvedeného vyplývá, že minimální počet tenzometrických mostů je v tomto případě 2 a počet poloh kola, kdy dochází ke kompenzaci účinků od sil FQ , FY je 2 za jednu otáčku kola. Pro tyto polohy jsou určeny kalibrační konstanty a v těchto polohách je vyhodnocována zatěžující síla FT .

Při kalibraci se vychází ze vztahů (10) až (21) s tím, že jsou ponechány pouze složky související se silou FT a namísto napětí na tenzometrických mostech B jsou dosazovány jejich rozdíly S .

45 Pro kalibraci měřicího systému je určen mobilní kalibrační stav 17.

50 Dvojkolí 6 je v tomto stavu 17 zatěžováno vnějšími silami známých velikostí a dle těchto hodnot je kalibrován elektrický signál dvojkolí. Kalibrovány jsou signály svislých, příčných i podélných sil v kontaktu kolo–kolejnice.

Tento kalibrační stav 17 umožňuje kalibrovat jak dvojkolí 6 zabudovaná v kolejovém vozidle 16, tak i samostatná dvojkolí z kolejového vozidla vymontovaná.

- 5 V případě, že je kalibrováno dvojkolí 6 zabudované v kolejovém vozidle 16, je kalibrační stav 17 umístěn během kalibrace na koleji 2 pod vozidlem 16 a podpírá dvojkolí 6, které je předmětem kalibrace. Kalibrační stav 17 spočívá na koleji 2 na čtyřech pojezdových kolech 44, umožňujících zasunutí stavu 17 pod vozidlo 16 zvednuté na lokomotivních zvedácích.

- 10 Kalibrované dvojkolí 6 je v kalibračním stavu 17 podepřeno za ložiskové komory.

Během kalibrace je otáčející se dvojkolí 6 zatěžováno prostřednictvím rotující kolejnice (kladky) 15 na jízdním obrysu kola postupně různými úrovněmi a kombinacemi zatížení svislými, příčnými a podélnými silami.

- 15 Mobilní kalibrační stav 17 je složen ze dvou zrcadlově symetrických hlavních rámu 18 a 19, které jsou navzájem spojeny přes redukční rám 20.

Vkládáním redukčního rámu 20 různé šířky umožňuje kalibraci dvojkolí 6 o různém rozchodu.

- 20 V jednom nebo obou hlavních rámech 18, 19 je zabudována kladka 15 pro zatěžování kola 5 nebo obou kol dvojkolí 6. V případě, že je kladka 15 zabudována pouze v jednom hlavním rámu 18, ve druhém hlavním rámu 19 je zabudována třetí brzda druhého kola dvojkolí 4, která umožňuje vyvození tangenciální síly na kalibrované kolo 3.

- 25 Pohon kladky zajišťuje elektromotor 21, který je uložen přímo na hřídeli kladky 22. Hřídel kladky 22 je uložena ve dvojici ložiskových domků 23. Reakce statoru elektromotoru 40 je zachycena pomocí reakčního táhla 48 se siloměrnou vložkou 41 přímo do upínacího rámu kladky 24.

- 30 Upínací rám kladky 24 s pohonem je zavěšen přes čtyři svislé závěsy 25 ke stolu příčného stavění 26. V závěsech 25 jsou zabudovány siloměrné vložky 43 pro měření svislé síly. Zbývající tři stupně volnosti mezi upínacím rámem kladky 24 a stolem příčného stavění 26 – posun v podélném směru, posun v příčném směru a rotace kolem svislé osy – odebírají dvě podélná 27 a jedno příčné táhlo 28. Příčné táhlo 28 je opatřeno siloměrnou vložkou 42 sloužící pro měření příčné síly.

- 35 Stůl příčného stavění 26 je uložen na stole svislého stavění 29 prostřednictvím čtyř dvojic lineárních válečkových vedení 31. Sestava dvou lineárních vedení 31 se skládá ze dvou lineárních válečkových vedení 32 a radiálně axiálního ložiska 33 se svisle orientovanou osou rotace. Lineární vedení 32 jsou k sobě, v rámci každé dvojice, natočena o 90°, aby umožňovala příčný, podélný a rotační pohyb kolem svislé osy. Příčný posuv a úhel náběhu – natáčení kolem svislé osy – obstarávají dva příčné lineární pohony 30. Podélné reakční síly mezi stolem příčného stavění 26 a stolem svislého stavění 29 zajišťují dvě kladičky 34 umístěné na bocích stolu příčného stavění.

- 45 Svislý pohyb dotykového bodu mezi kladkou 15 a kolem 5 dvojkolí je realizován naklápěním stolu svislého stavění 29 kolem osy vodorovně umístěné v krajní části hlavního rámu 18. Hřídel naklápění 37 je uložena ve dvou ložiskových domcích 39 se soudečkovými ložisky. Naklápění zajišťuje svislý lineární pohon 30.

- 50 Zatížení kola 5 je měřeno pomocí šesti siloměrných vložek 41, 42 a 43.

Pro měření tangenciální síly se využívá táhlo reakčního momentu motoru 48, na kterém je umístěna siloměrná vložka 41.

- 55 Měření příčné síly probíhá prostřednictvím příčného táhla 28, na kterém je umístěna siloměrná vložka 42.

Svislá síla je měřena prostřednictvím čtyř siloměrných vložek 43, které jsou zabudovány ve svislých závěsech 25, kterými je upínací rám kladky 24 zavěšen ke stolu příčného stavění 26.

5 Průmyslová využitelnost

Silové účinky mezi kolem a kolejnicí přímo ovlivňují bezpečnosti kolejového vozidla proti vykojení při jízdě a určují opotřebení kol a kolejnic. Znalost těchto silových účinků s dostatečnou přesností je tak nezbytná při návrhu nových, bezpečnějších vozidel s nižšími provozními náklady.

10

PATENTOVÉ NÁROKY

15

1. Systém pro měření silových účinků mezi kolem kolejového vozidla a kolejnicí při jízdě kolejového vozidla, jehož princip spočívá ve zjišťování deformací kol dvojkolí prostřednictvím tenzometrického systému umístěného na jedné straně kola na jedné roztečné kružnici a složeného z Wheatstoneových úplných mostů, **vyznačující se tím**, že uspořádání tenzometrického systému je jednoznačně definováno poloměrem roztečné kružnice R , počtem Wheatstoneových úplných mostů, úhlem rozevření mostu δ , úhlovou roztečí mostů φ a úhlem natočení tenzometru od radiální polohy β .
2. Systém podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že uspořádání tenzometrického systému je optimalizováno na zjišťování tangenciálních sil FT , čehož je docíleno natočením tenzometru od radiální polohy o úhel β , přičemž nejvyšší přesnosti měření sil FT je dosahováno při úhlu β okolo hodnoty 45° .
3. Systém podle nároku 1 a/nebo 2, **vyznačující se tím**, že minimální počet Wheatstoneových úplných mostů na koleje 2.
4. Způsob kalibrace měřicího systému, podle nároků 1 až 3, **vyznačující se tím**, že při kalibraci je kolo (5) nebo dvojkolí (6) otáčející se okolo své osy rotace zatěžováno otáčející se kladkou (15), která se dotýká na svém obvodu obvodu kola (5) nebo kola dvojkolí (6).
5. Způsob kalibrace podle nároku 4, **vyznačující se tím**, že kolo (5) nebo dvojkolí (6) je zatěžováno v čase proměnným zatížením, přičemž proměnnost zatížení je způsobena relativním pohybem, zatěžující kladky (15) vůči kolu (5) nebo kolu dvojkolí (6) anebo působením hnacího nebo brzdného momentu na zatěžující kladku (15).
6. Kalibrační stav pro provádění způsobu podle nároků 4 a 5, **vyznačující se tím**, že je vněm uchyceno kolo (5) nebo dvojkolí (6), které je v tomto zařízení otočné kolem své osy rotace, a jehož součástí je rotující kladka (15), prostřednictvím které je otáčející se kolo (5) nebo kolo dvojkolí (6) na svém obvodu zatěžováno.
7. Kalibrační stav podle nároku 6, **vyznačující se tím**, že poloha kladky (15) vůči zatěžujícímu kolu (5) nebo kolu dvojkolí (6) je měnitelná ve svislém a příčném směru a natočení kolem svislé osy a na zatěžující kladku (15) je způsobeno prostřednictvím hnacího nebo brzdného momentu od motoru.
8. Kalibrační stav podle nároku 5 a/nebo 6, **vyznačující se tím**, že počet zatěžujících kladek (15) je dvě a každá kladka (15) zatěžuje jedno kolo (5) dvojkolí.

50

9. Kalibrační stav podle kteréhokoliv nároku 5 až 7, **vyznačující se tím**, že díky zástavbovým rozměrům a konstrukci je umístitelný pod vozidlo (16), ve kterém je umístěno kolo (5) nebo dvojkolí (6), pro kalibraci – zatěžování.

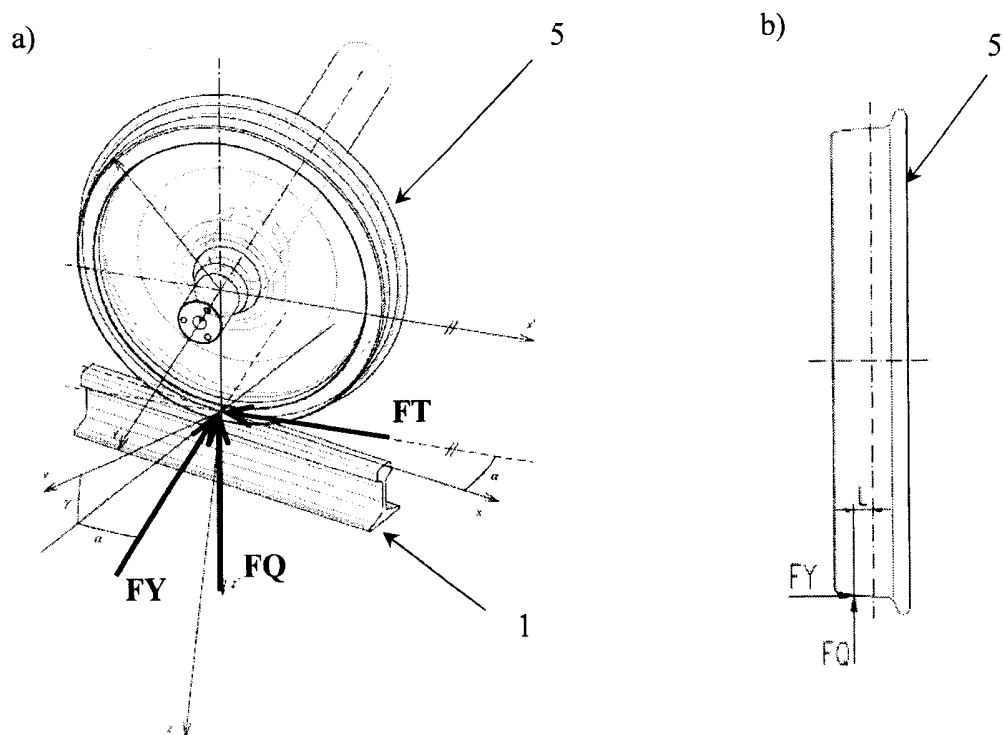
5 10. Kalibrační stav podle kteréhokoliv nároku 6 až 9, **vyznačující se tím**, že příčná poloha zatěžující kladky (15) nebo kladek a opěrných bodů je měnitelná vkládáním redukčního rámu (20) různé šířky.

10 11. Kalibrační stav podle kteréhokoliv nároku 6 až 10, **vyznačující se tím**, že je mobilní.

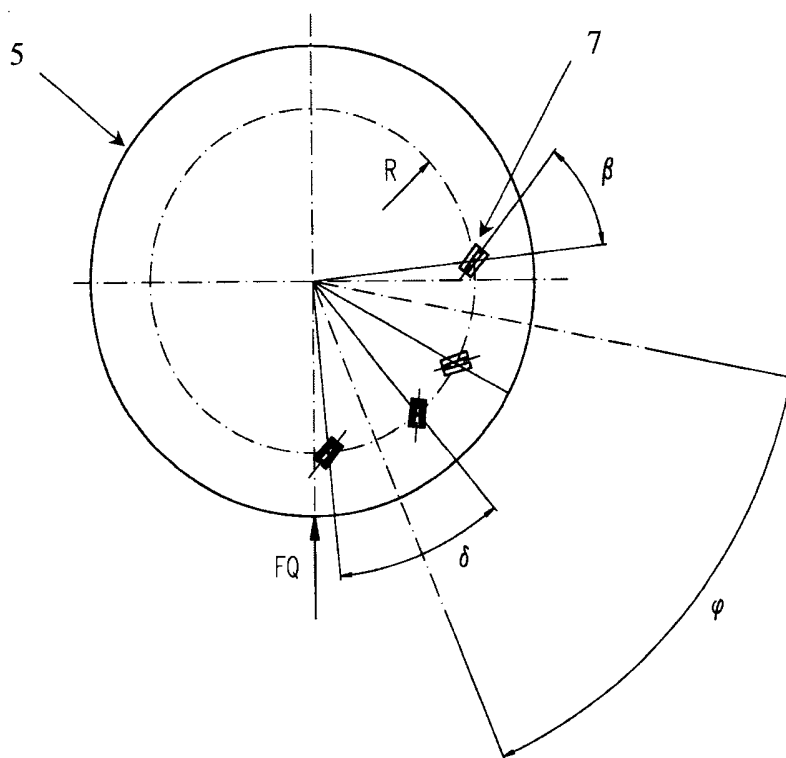
15 12. Kalibrační stav podle kteréhokoliv nároku 6 až 11, **vyznačující se tím**, že jeho součástí jsou pojezdová kola (44), prostřednictvím kterých je možné se zařízením pojíždět po železniční koleji.

12 výkresů

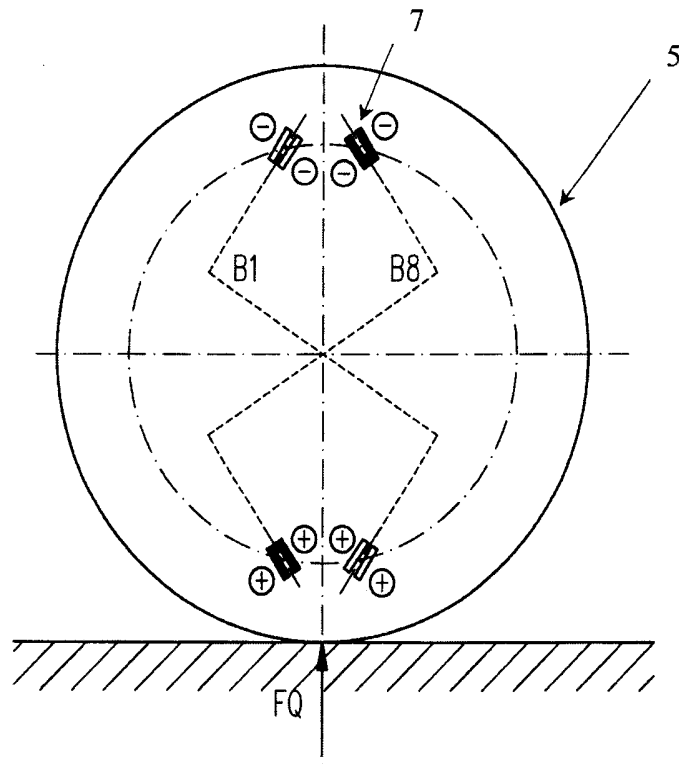
20



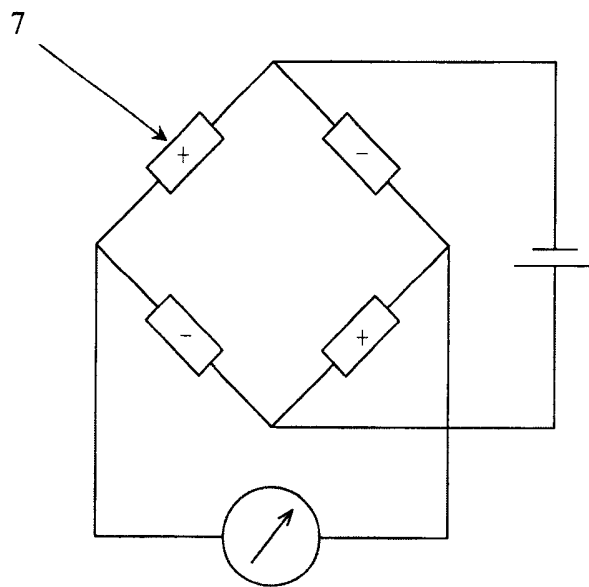
Obr. 1



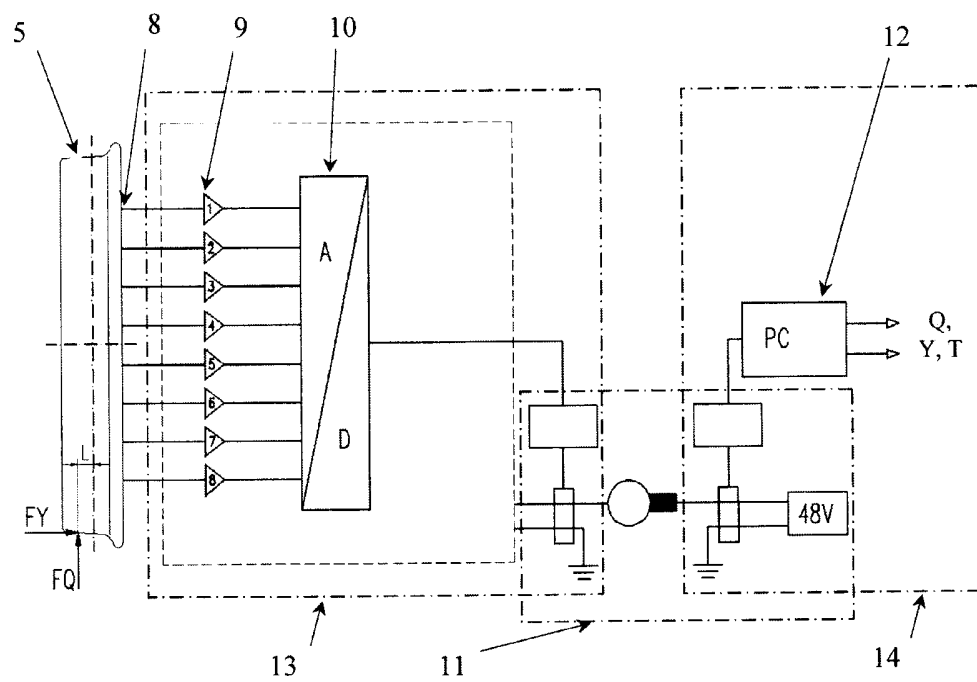
Obr. 2



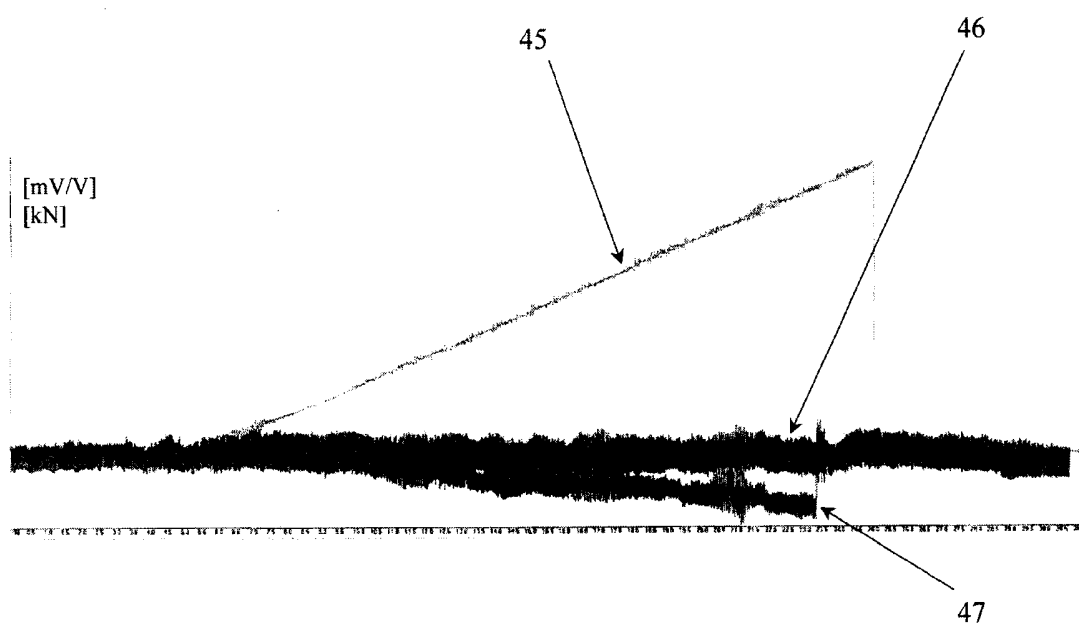
Obr. 3



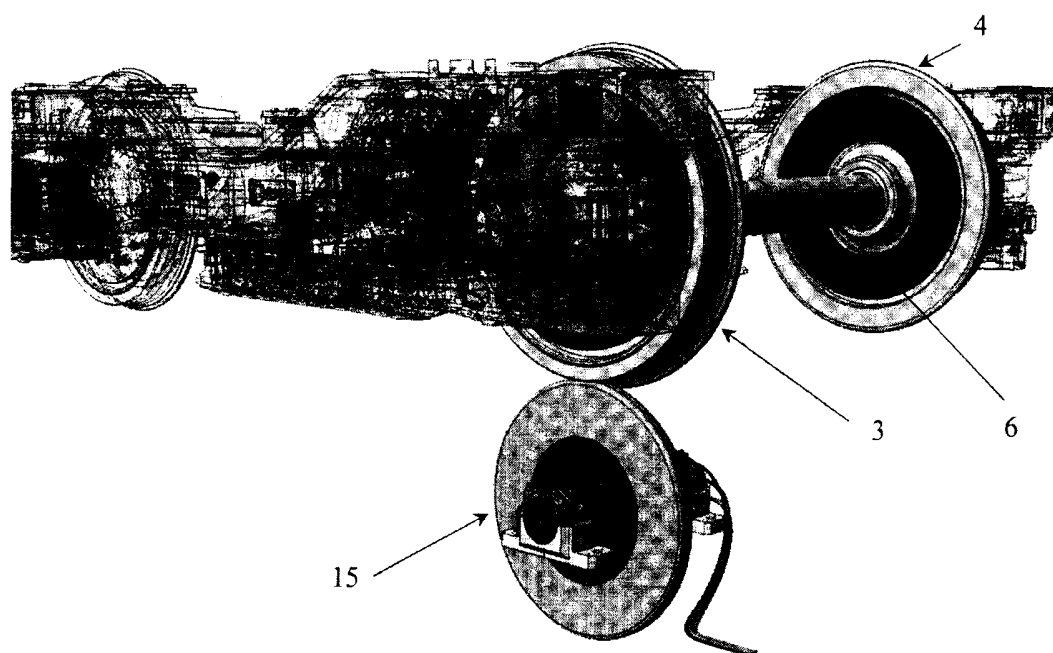
Obr. 4



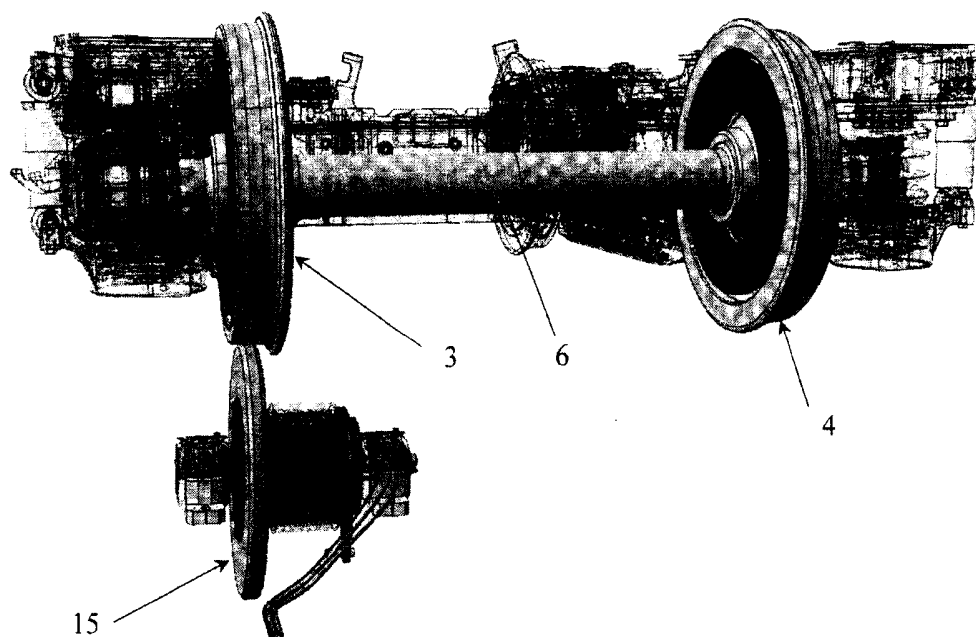
Obr. 5



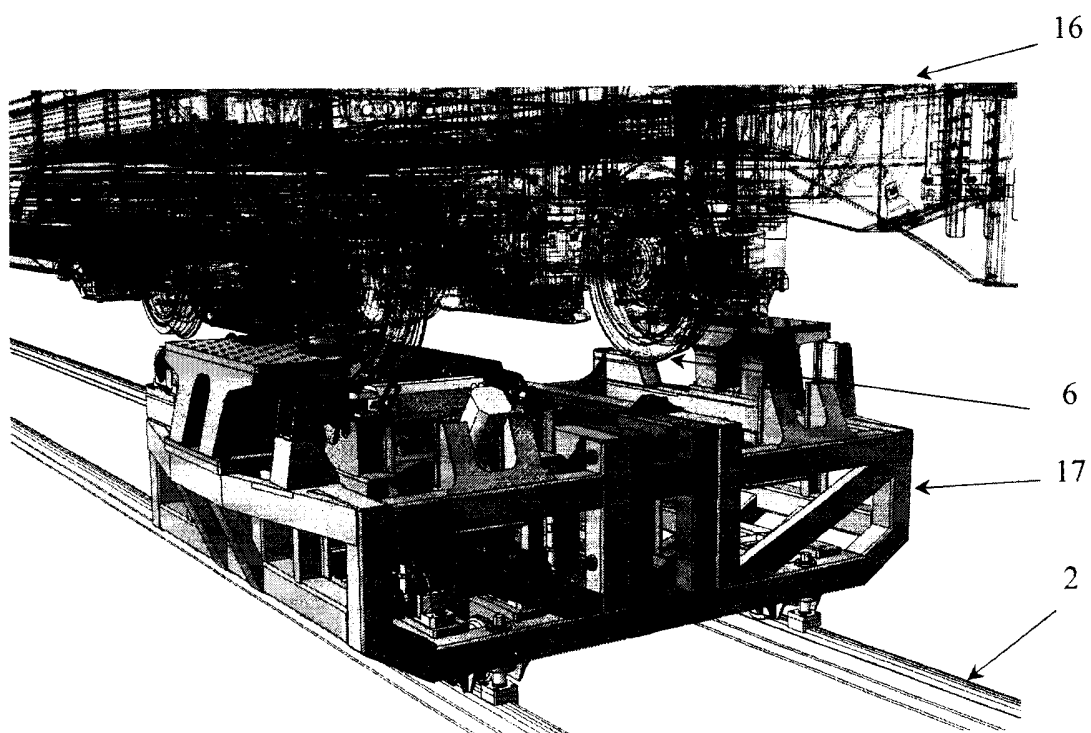
Obr. 6



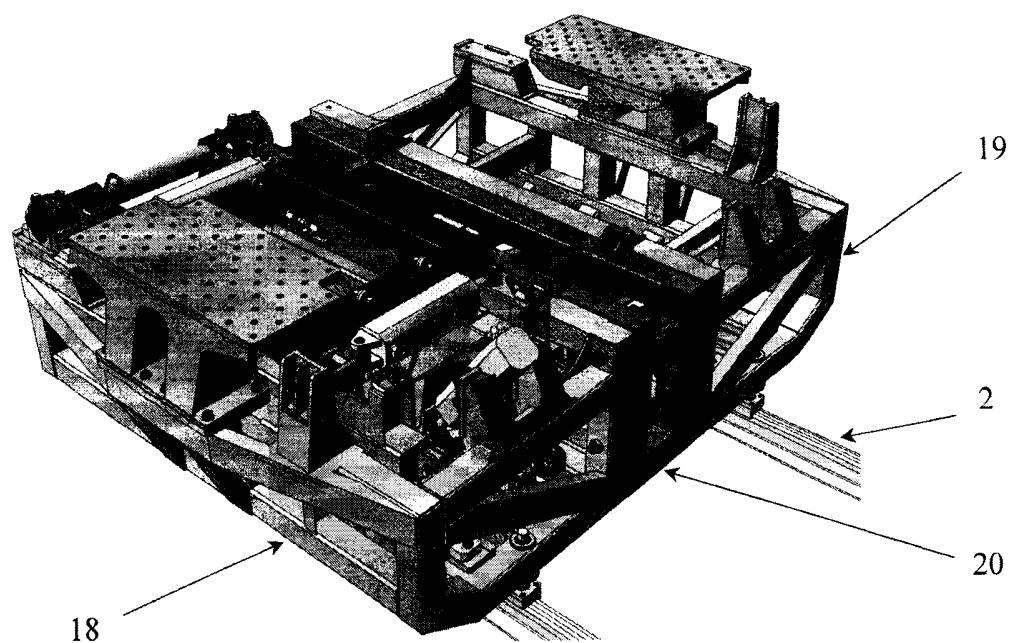
Obr. 7



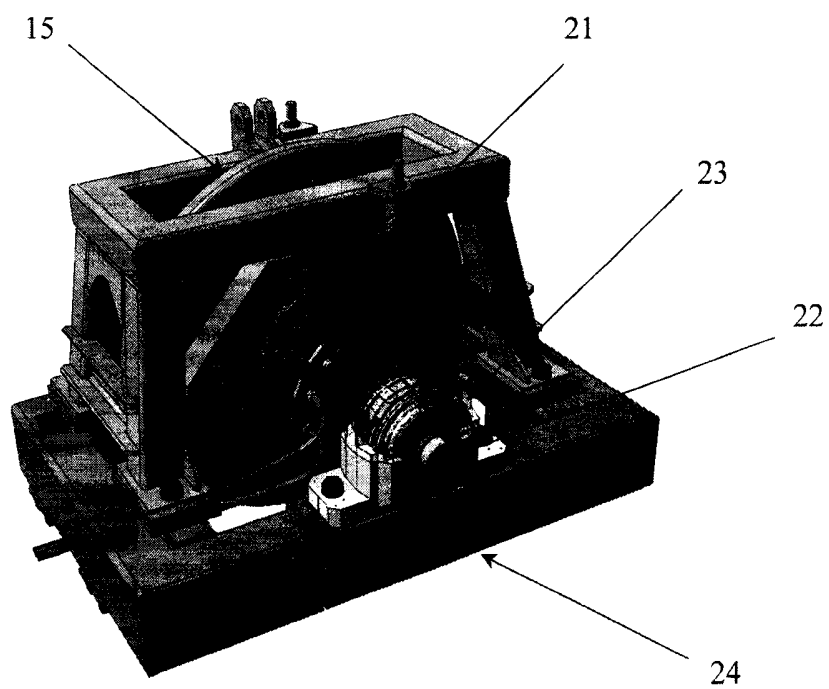
Obr. 8



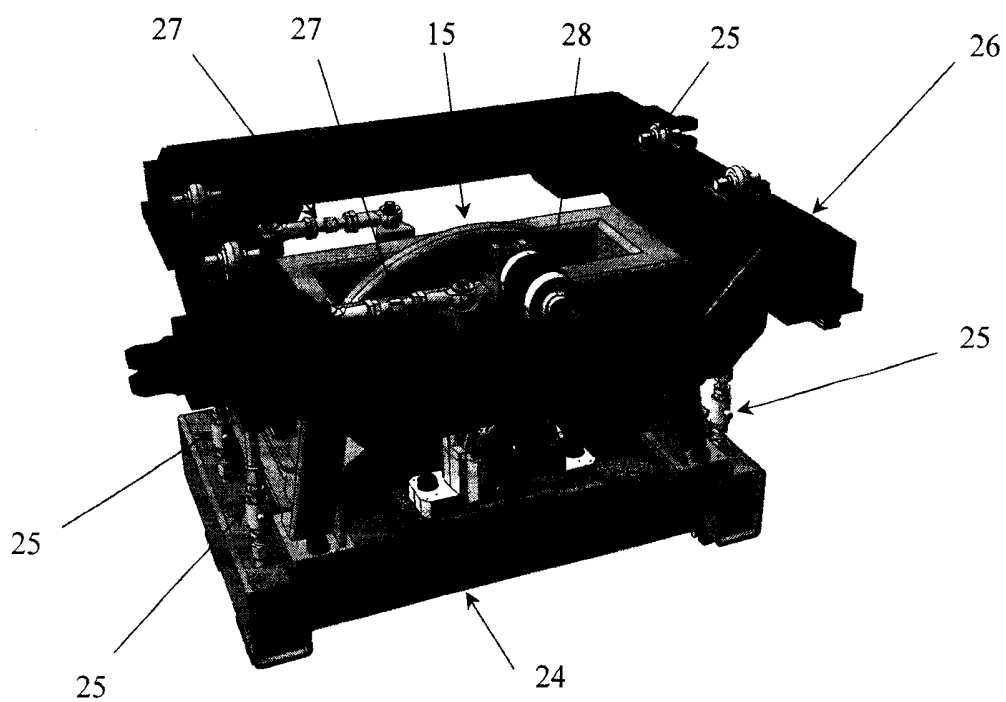
Obr. 9



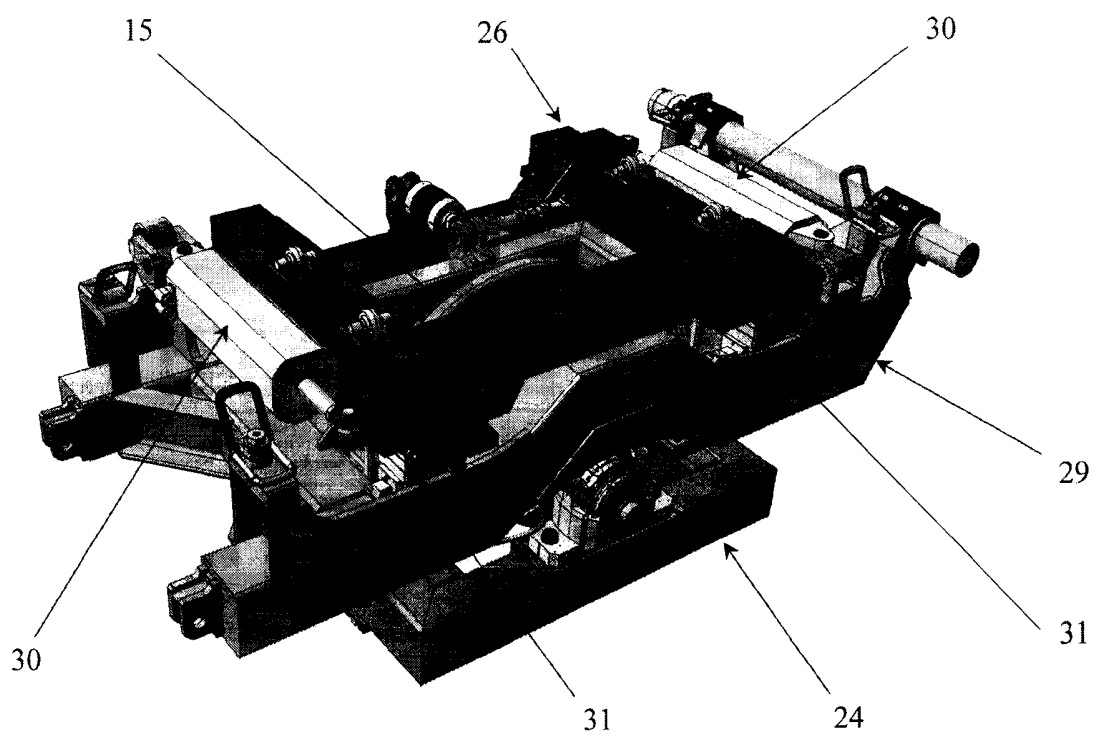
Obr. 10



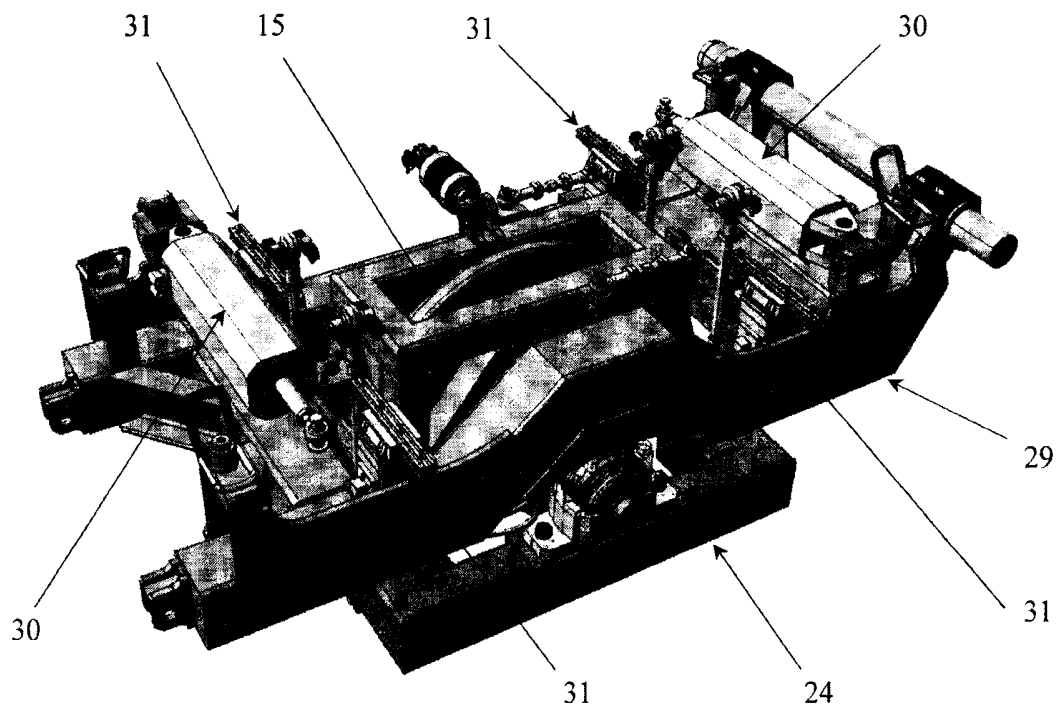
Obr. 11



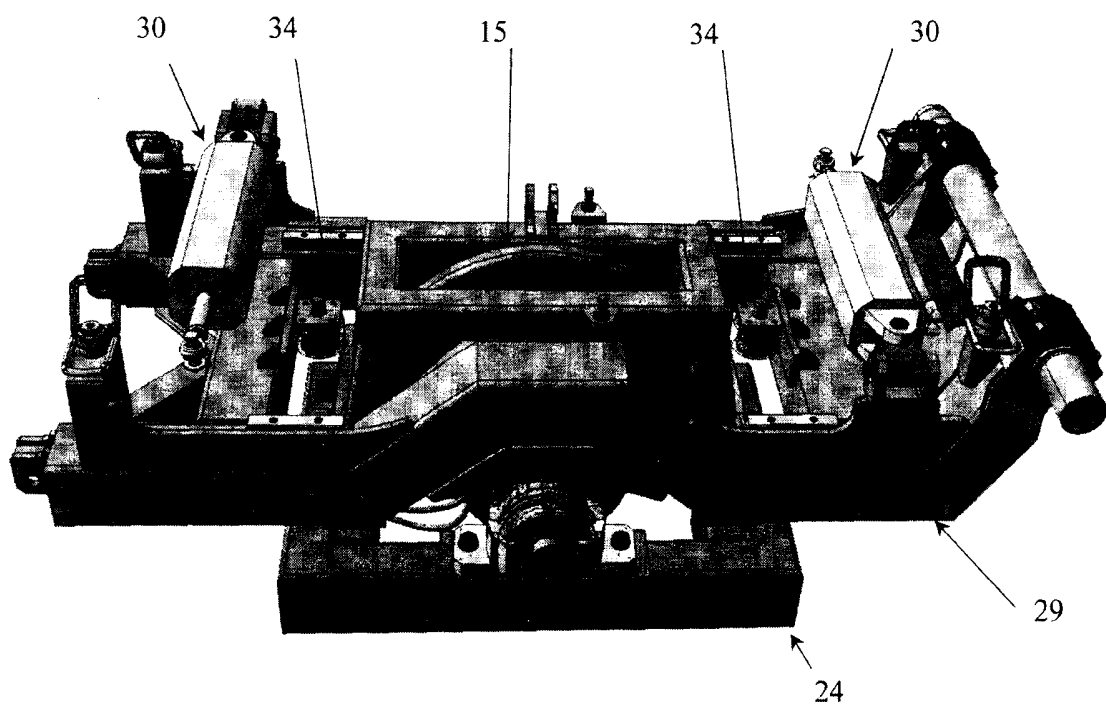
Obr. 12



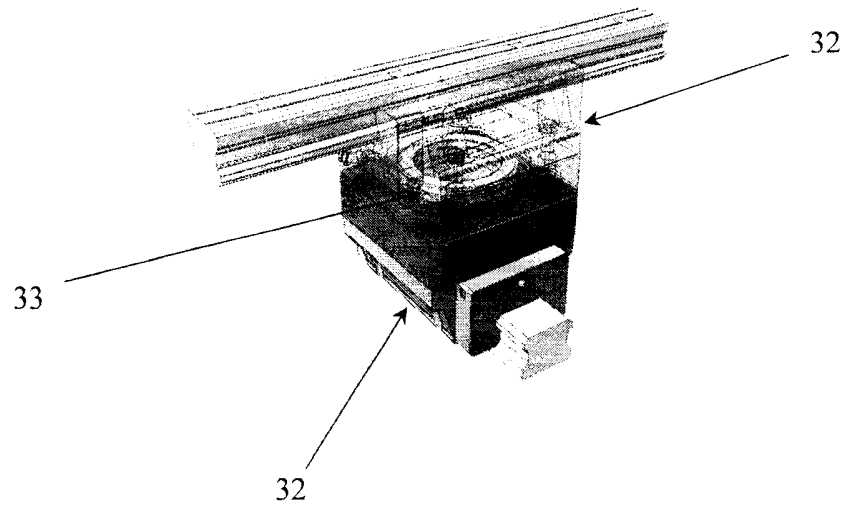
Obr. 13



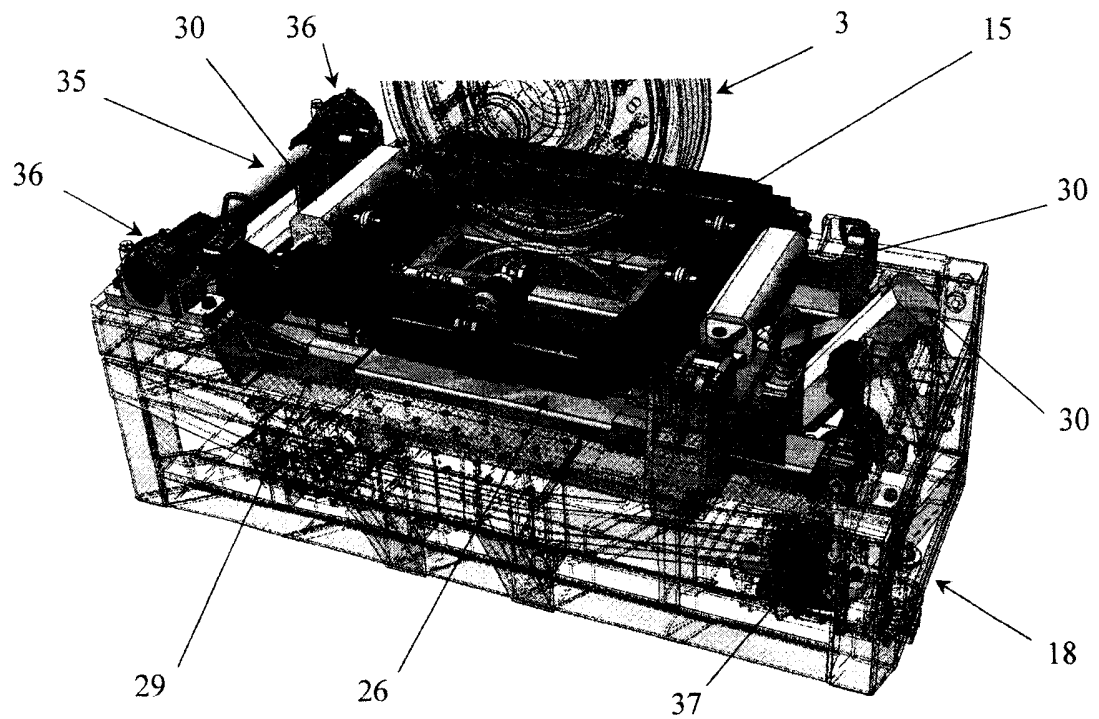
Obr. 14



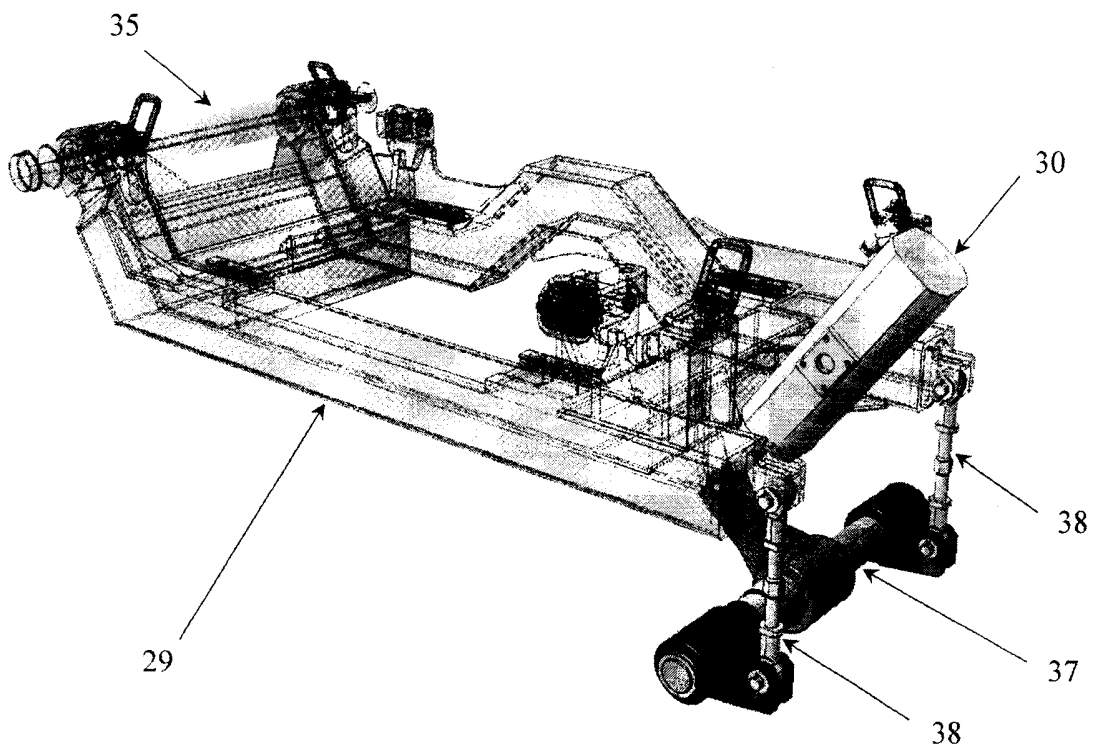
Obr. 15



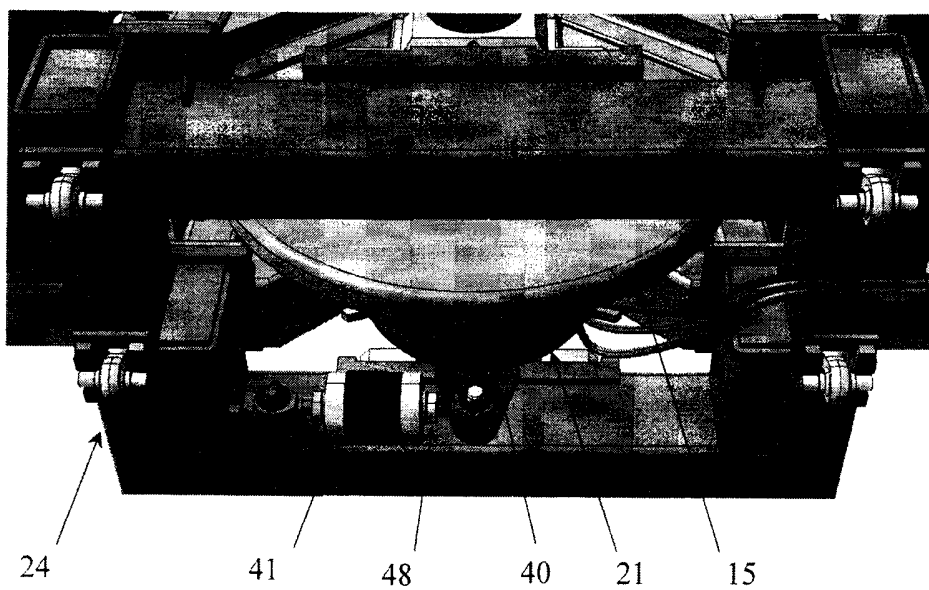
Obr. 16



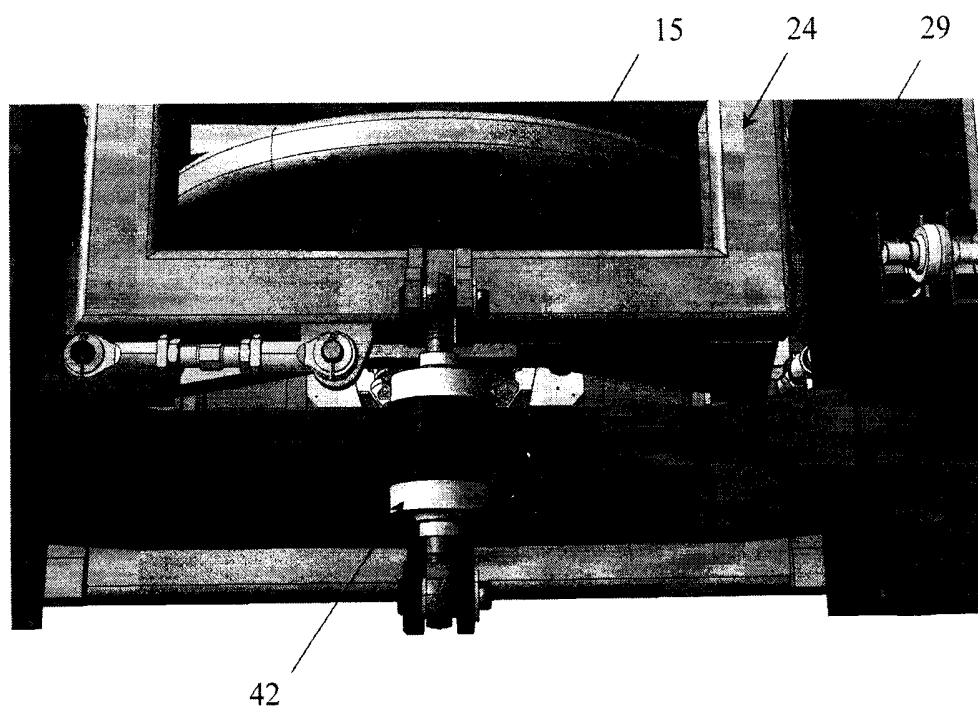
Obr. 17



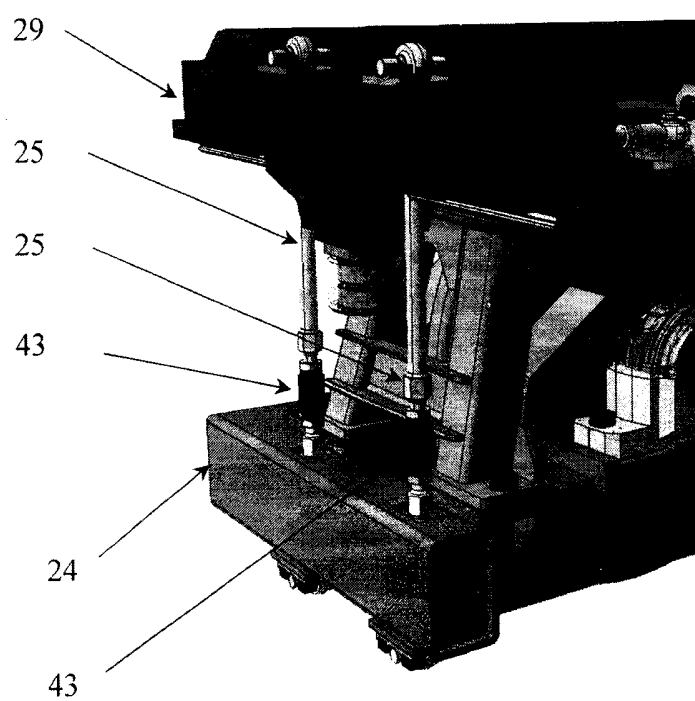
Obr. 18



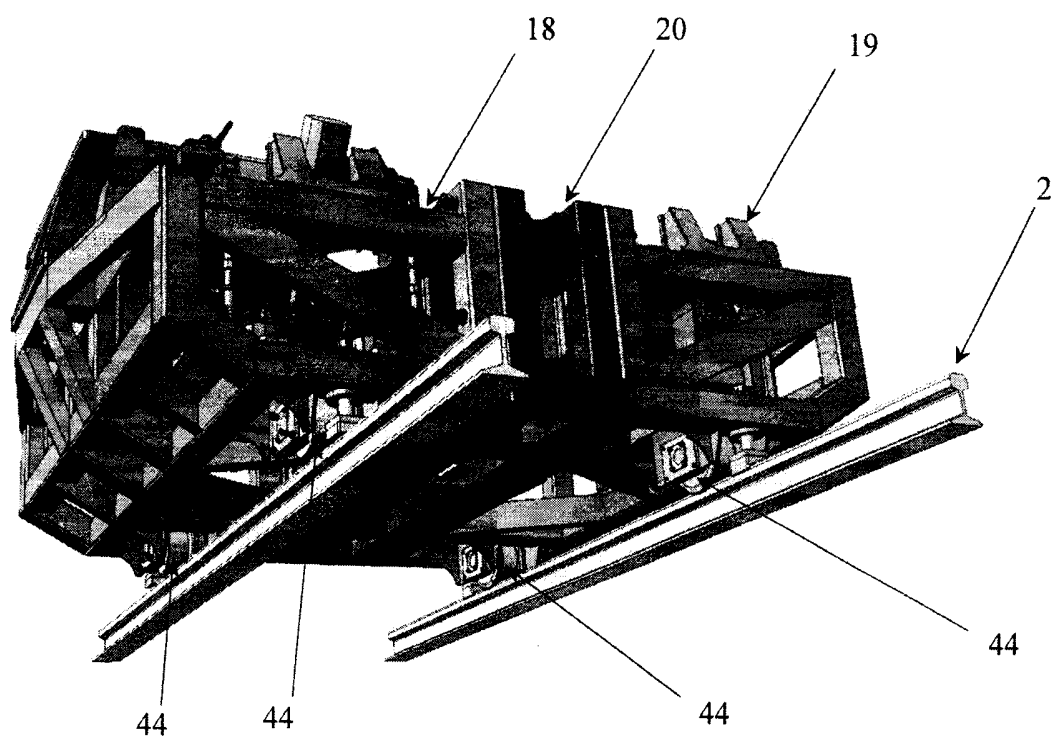
Obr. 19



Obr. 20



Obr. 21



Obr. 22

Konec dokumentu
