

G21C 17/013 (2006.01)
G21C 17/00 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: 2020-595
(22) Přihlášeno: 04.11.2020
(40) Zveřejněno: 15.09.2021
(Věstník č. 37/2021)
(47) Uděleno: 04.08.2021
(24) Oznámení o udělení ve věstníku: 15.09.2021
(Věstník č. 37/2021)

(56) Relevantní dokumenty:
CZ 32004 U1; CZ 34019 U1; FR FR.2837415 A1.

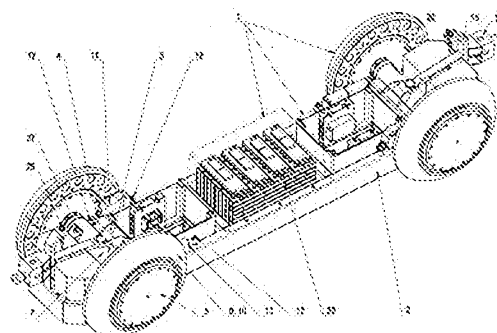
(73) Majitel patentu:
HOPAX s.r.o., Červenka, CZ
ROBOTSYSTEM, s.r.o., Ostrava, Moravská
Ostrava, CZ

(72) Původce:
Ing. Pavel Bak, Uničov, CZ
Roman Pavlík, Litovel, CZ
Ing. Daniel Polák, Ph.D., Ostrava, Heřmanice, CZ
Pavel Halada, Havířov, Město, CZ

(54) Název vynálezu:
**Systém robotické transportní platformy
řízeného symetrického průjezdu kruhovým
profilem simulačního úložného vrtu
ukládacích obalových souborů s vyhořelým
jaderným palivem**

(57) Anotace:
Systém robotické transportní platformy řízeného symetrického průjezdu kruhovým profilem simulačního úložného vrtu úložných obalových souborů s vyhořelým jaderným palivem je tvořen robotickou transportní platformou (1) a zkušební tunelovou dráhou (14), přičemž robotická transportní platforma (1) je tvořena rámem (2), v němž jsou kyvně ve svislém čepu (4) zavěšeny pevné nápravy (3), přičemž každá z pevných náprav (3) je osazena tvarovým kolem (5) s vloženým elektropohonem (6), propojeným s tělem (7) nápravy prostřednictvím pevného kuželového uložení (8), přičemž robotická transportní platforma (1) je součástí zkušební tunelové dráhy (14) kruhového průřezu, složené z rámu (15) dráhy a ve vstupních částech dělených betonových skruží (16), přičemž na obou koncích zkušební tunelové dráhy (14) jsou umístěny pružné dorazy (17), a na rámu (2) jsou na čelních tvarových nástavcích (18) rámu (2) umístěna stop tlačítka (19), přičemž robotická transportní platforma (1) je osazena elektro výbavou umístěnou na rámu (2), která je tvořena bateriovým blokem, hlavními bezpečnostními stykači (21) a zdrojem (22) sníženého napětí, přičemž v prostorách rámu (2), vedle bateriového bloku (20), jsou uloženy řídicí jednotky (23) synchronizace motorů kol a řídicí jednotky (24) synchronizace motorů lineárních aktuátorů, a v těchto

prostorách jsou zároveň umístěny senzory (25) příčného náklonu a na konci čelních tvarových nástavců (18) rámu (2) jsou uloženy senzory (26) polohy, přičemž všechny silové a ovládací kabely procházejí dutou hřídelí (27) tvarového kola (5) přes otvor kuželového uložení (8).



Systém robotické transportní platformy řízeného symetrického průjezdu kruhovým profilem simulačního úložného vrtu ukládacích obalových souborů s vyhořelým jaderným palivem

5

Oblast techniky

Vynález se týká testovacího modelu subsystému mobility ukládacího robotu sloužícího pro ověření schopnosti jízdy ukládacího robotu pro ukládání ukládacích obalových souborů s vyhořelým jaderným palivem ve vrtu kruhového průřezu simulačního úložného vrtu při řízeném zachování symetrie. Technologie umožňuje pohyb ukládacího robotu ve vrtu kruhového průřezu bez kolejí nebo jiných tvarových uzpůsobení.

15 Dosavadní stav techniky

Robotická transportní platforma představuje testovací model subsystému mobility ukládacího robotu, sloužící pro ověření schopnosti jízdy ukládacího robotu ve vrtu kruhového průřezu při řízeném zachování symetrie. V současné době neexistuje, v oblasti ukládání kontejnerů s vyhořelým jaderným palivem, analogická technologie, která by umožňovala pohyb ukládacího robotu ve vrtu kruhového průřezu bez kolejí nebo jiných tvarových uzpůsobení. Z technologií pro ukládání kontejnerů s vyhořelým jaderným palivem můžeme jmenovat řešení švýcarské národní kooperativy pro nakládání s radioaktivním odpadem NAGRA, která disponuje technologií pro ukládání kontejnerů s vyhořelým jaderným palivem do dlouhých horizontálních vrtů kruhového průřezu, které jsou ovšem vybaveny kolejemi. Ukládací vrt je navíc mírně skloněn směrem dolů, vůz s kontejnerem je po kolejích na laně gravitačně spouštěn dolů na požadovanou pozici. Navrhované řešení rovněž slouží k ukládání vyhořelého jaderného paliva do horizontálních vrtů, ale technologie je zcela odlišná a námi navrhované řešení, kdy ukládací robot, vybavený subsystémem mobility s hnacími koly s tvarovým běhounem, dopraví kontejner na ukládací místo do dlouhého, mírně dovrchního ukládacího vrtu kruhového průřezu. Charakteristickým rysem navrhovaného řešení je, že i přes to, že robotická transportní platforma, respektive ukládací robot v podstatě vyplňuje celý profil kruhového vrtu, její kola jsou s vrtem v kontaktu pouze ve spodní části.

Jelikož se jedná o podvozek pohybující se v kruhovém profilu, můžeme zde, kromě specifických technologií pro horizontální ukládání kontejnerů s vyhořelým jaderným palivem, uvést také existující technologie pro inspekci potrubí. Na trhu jsou dostupná různá řešení s kolovým nebo pásovým podvozkem. Existující řešení můžeme rozdělit do dvou skupin.

V první skupině jsou řešení, která mají kola, nebo pásové segmenty rozmístěny symetricky do kruhu (nejčastěji tři prvky po 120°), přičemž inspekční technologie je umístěna mezi prvky lokomočního systému. Tato řešení vždy vyplňují celý profil potrubí, jejich centrální osa je shodná s centrální osou potrubí a mohou se při pohybu v potrubí libovolně otáčet kolem centrální osy potrubí. Toto řešení je však z hlediska průjezdu kruhovým profilem irrelevantní, neboť je principiálně i funkčně zcela odlišné. Do této skupiny patří například řešení společnosti JettyRobot (<https://www.jettyrobot.com/>), nebo zařízení VT100 Vertical Crawler od firmy Eddyfi Technologies (<https://www.eddyfi.com/en/product/vt100-vertical-crawler>).

Ve druhé skupině jsou systémy, mající pouze dvě nebo více náprav, podobně jako je tomu v navrhovaném případě. Zde můžeme nalézt malé a lehké podvozky s koly se speciálním tvarovým běhounem, nebo s pásovými segmenty, obvykle řízené diferenčně, které se ale mohou pohybovat v potrubí, jehož průměr je znatelně větší, než je velikost inspekční technologie. Zde můžeme jmenovat inspekční robot řady VEGA od firmy Forbest Europe GmbH (<https://en.forbest-online.com/fahrwagen-svstem>), nebo robot Gecko 9060 od společnosti Fiberscope (<https://www.fiberscope.net/pipe-inspection-robot-gecko-9040.html#section-overview>). Nebo

zde také patří řešení se speciálními koly, vybavenými magnety nebo volně otočnými valivými elementy, které společně s gravitací zajišťují, že se robot během jízdy kolem osy potrubí neotáčí. Obě tato řešení, jak s magnety, tak i s volně otočnými elementy, nabízí u svých inspekčních robotů firma Honeybee Robotics (<https://honeybeerobotics.com/portfolio/pipe-inspection-robot/>).

V tomto případě sice může být vnitřní průměr potrubí podobně velký, jako inspekční robot, ale dané řešení je aplikovatelné pouze pro malé a lehké konstrukce, jako jsou tyto malé a lehké inspekční roboty, nikoliv však u řešení subsystému mobility ukládacího robotu, jehož celková hmotnost, včetně kontejneru s vyhořelým jaderným palivem, bude činit několik desítek tun.

Podstata vynálezu

Uvedené nevýhody do značné míry odstraňuje Systém robotické transportní platformy řízeného symetrického průjezdu kruhovým profilem simulačního úložného vrtu úložných obalových souborů s vyhořelým jaderným palivem jejíž součástí je tvarové kolo s vloženým elektropohonem, který je tvořen robotickou transportní platformou a zkušební tunelovou dráhou, přičemž robotická transportní platforma je tvořena rámem v němž jsou kyvné ve svislém čepu zavěšeny pevné nápravy, přičemž každá z pevných náprav je osazena tvarovým kolem s vloženým elektropohonem, propojeným s tělem nápravy prostřednictvím pevného kuželového uložení, přičemž souměrně k pevné nápravě, po stranách rámu je na něm na jedné straně umístěn lineární aktuátor s oboustranným kyvným propojením, přičemž na protilehlé straně rámu je stejným způsobem umístěna tlačná pružinová jednotka, přičemž robotická transportní platforma je součástí zkušební tunelové dráhy kruhového průřezu, složené z rámu dráhy a ve vstupních částech dělených betonových skruží, přičemž na obou koncích zkušební tunelové dráhy jsou umístěny pružné dorazy, přičemž na rámu jsou na čelních tvarových nástavcích rámu umístěna stop tlačítka, přičemž robotická transportní platforma je osazena elektrovýbavou umístěnou na rámu, která je tvořena bateriovým blokem umístěným uprostřed rámu a zároveň v podélné ose robotické transportní platformy, dále je tvořena hlavními bezpečnostními stykači uloženými v jednom z čel rámu a zdrojem sníženého napětí uloženého v protilehlém čele rámu, přičemž v prostorách rámu, vedle bateriového bloku, jsou uloženy řídicí jednotky synchronizace motorů kol a řídicí jednotky synchronizace motorů lineárních aktuátorů, přičemž v těchto prostorách jsou zároveň umístěny senzory příčného náklonu a na konci čelních tvarových nástavců rámu jsou uloženy senzory polohy, přičemž všechny silové a ovládací kabely procházejí dutou hřídelí tvarového kola přes otvor kuželového uložení.

Dále je výhodné, když jsou tvarová kola opatřena pryžovou bandáží kuželovitého tvaru s bombírováním.

Výhody systému

- přesto, že robotická transportní platforma vyplňuje celý profil kruhového simulačního vrtu, její kola jsou s vrtem v kontaktu pouze ve spodní části
- konstrukční řešení systému je unikátně aplikovatelné pro velké a těžké konstrukce dosahující až několik desítek tun
- zvolená kinematika pevné nápravy v kombinaci s tvarovým běhounem hnacích kol umožňuje řízenou korekci náklonu robotické transportní platformy při průjezdu vrtem kruhového průřezu.

V současné době v oblasti ukládání kontejnerů s vyhořelým jaderným palivem neexistuje žádný analogický systém, který by umožňoval pohyb ukládacího robotu ve vrtu kruhového průřezu při řízeném zachování symetrie bez kolejí nebo jiných tvarových uzpůsobení.

Objasnění výkresů

Na přiložených listech jsou znázorněny obrázky, kde:

5

obr. 1 představuje celkový axonometrický pohled na robotickou transportní plošinu, kde je patrna pryžová bandáž tvarového kola vhodná pro jízdu v kruhové dráze;

10

obr. 2 představuje podélný vodorovný řez tvarovými koly a pevnými nápravami s vloženými prvky elektro a elektro ovládání, navíc jsou zde patrné mechanické prvky řízení náprav; a

obr. 3 celkový axonometrický pohled na zkušební tunelovou dráhu s vloženou robotickou transportní platformou a s pružnými dorazy na koncích dráhy.

15

Příklady uskutečnění vynálezu

Robotická transportní platforma 1 se skládá ze základního dílu, kterým je rám 2, v němž jsou zavěšeny dvě pevné nápravy 3, z nichž každá je zavěšena uprostřed kyvné, ve svislém čepu 4. Každá z pevných náprav 3 zahrnuje tvarové kolo 5 s vloženým elektropohonem 6, propojené s tělem 7 nápravy prostřednictvím pevného kuželového uložení 8. Tvarová kola 5 jsou opatřena pryžovou bandáží 9 kuželovitěho tvaru 10 s bombírováním.

Souměrně k pevné nápravě 3, po stranách rámu 2 je na něm na jedné straně umístěn lineární aktuátor 11 s oboustranným kyvným propojením 12. Na protilehlé straně rámu 2 je stejným způsobem umístěna tlačná pružinová jednotka 13. Robotická transportní platforma 1 je k simulačním účelům vložena do zkušební tunelové dráhy 14 kruhového průřezu, složené z rámu 15 dráhy a betonových skruží 16, ve vstupních částech dělených.

Na obou koncích zkušební tunelové dráhy 14 jsou umístěny pružné dorazy 17, přičemž na rámu 2 jsou na čelních tvarových nástavcích 18, rámu 2, na odpovídající úrovni umístěna stop tlačítka 19. Robotická transportní platforma 1 je osazena potřebnou elektro výbavou. Je to především stejnosměrný zdroj ve formě bateriového bloku 20, uprostřed rámu 2 a zároveň v podélné ose robotické transportní platformy 1. Dále jsou to hlavní bezpečnostní stykače 21, uložené v jednom z čel rámu 2 přičemž v protilehlém čele rámu 2 je zdroj 22 sníženého napětí.

V prostorách rámu 2, vedle bateriového bloku 20, jsou uloženy řídicí jednotky 23 synchronizace motorů kol a řídicí jednotky 24 synchronizace motorů lineárních aktuátorů. V těchto prostorách jsou zároveň umístěny senzory 25 příčného náklonu a na konci čelních tvarových nástavců 18 rámu 2 jsou uloženy senzory 26 polohy. Všechny silové a ovládací kabely procházejí dutou hřídelí 27 tvarového kola 5 přes otvor kuželového uložení 8.

Robotická transportní platforma 1 je určena k simulačnímu testování řízeného, vůči svislé ose kruhového průřezu zkušební tunelové dráhy 14 symetrického průjezdu, určeného k převážení úložného obalového souboru s uloženým vyhořelým jaderným palivem. Tomu odpovídá i konstrukční řešení robotické transportní platformy 1.

Základním a nosným dílem je rám 2 do kterého jsou kyvné, prostřednictvím svislého čepu 4 uloženy pevné nápravy 3 s tvarovými koly 5, z nichž každé je hnané elektropohonem 6. Tvarová kola 5 jsou s tělem 7 nápravy pevně propojena prostřednictvím kuželového uložení 8 s dutou hřídelí 27 uprostřed, s otvorem pro průchod kabelů k elektropohonu 6 tvarového kola 5.

Na obvodu tvarového kola 5 je pryžová bandáž 9 kuželovitěho tvaru 10 s bombírováním, která se tečně přimyká k příčnému průřezu kruhovému obvodu zkušební tunelové dráhy 14 a tím určuje jízdní vlastnosti a do jisté míry i způsob opotřebení pryžové bandáže 9. Svislý čep 4 je uprostřed

těla 7 nápravy, v podélné ose rámu 2 a pro zajištění řízeného pohybu zkušební tunelovou dráhou 14 bez příčného naklánění, tj. pohyb je uskutečňován symetricky vůči svislé ose průřezu dráhy. Toto řízení pohybu bez příčného naklánění je umožněno jemným souhlasným natáčením obou pevných náprav 3 tak, že korekce dráhy je provedena pohybem robotické transportní platformy 1 po vnitřní šroubovici zkušební tunelové dráhy 14. To je umožněno synchronním kyvným pohybem obou pevných náprav 3 ve svislém čepu 4 tak, že každá pevná náprava 3 je ovládána lineárním aktuátorem 11 s oboustranným kyvným propojením 12 mezi rámem 2 a tělem 7 nápravy. Vzhledem k tomu, že ovládání pevné nápravy 3 musí být velmi přesné, jsou všechny vůle natáčení pevné nápravy 3 vymezeny tlačnou pružinovou jednotkou 13, uloženou opět v kyvných propojeních 12, umístěné na protilehlé straně rámu 2 vůči lineárnímu aktuátoru 11.

K praktickému odzkoušení robotické transportní platformy 1 slouží zkušební tunelová dráha 14, skládající se z rámu 15 dráhy, do níž jsou vloženy betonové skruže 16, přičemž na okrajích dráhy jsou podélně dělené. Na koncích zkušební tunelové dráhy 14 jsou pružné dorazy 17, sloužící k havarijnímu zastavení robotické transportní platformy 1 tak, že na jejich koncích, na rámu 2, jsou čelní tvarové nástavce 18 a na nich jsou pevně uložena stop tlačítka 19, která po najetí na pružný doraz 17 způsobí havarijní zastavení. Součástí čelních tvarových nástavců 18 jsou i kapacitní senzory 26 polohy směřované nahoru a ty indikují vyjetí robotické transportní platformy 1 z uzavřené části zkušební tunelové dráhy 14.

Robotická transportní platforma 1 je osazena potřebnou elektrovýbavou. Je to především stejnosměrný zdroj ve formě bateriového bloku 20, jehož napětí se uplatňuje přes hlavní bezpečnostní stykače 21 na napájení motorů elektropohonů 6 přes duté hřídele 27 s kuželovými uloženími 8 tvarových kol 5.

V prostorách rámu 2, vedle bateriového bloku 20, jsou uloženy řídicí jednotky 23 synchronizace motorů kol ovládající elektropohony 6 tvarových kol 5 a řídicí jednotky 24 synchronizace motorů aktuátorů ovládající pohyb lineárních aktuátorů 11 tak, aby při korekcích náklonu robotické transportní platformy 1 se jako celek pohybovala při srovnávání náklonu po šroubovici. V těchto prostorách rámu 2 jsou zároveň umístěny senzory 25 příčného náklonu. Dále bateriový blok 20 napájí zdroj 22 sníženého napětí, který potom napájí elektroniku robotické transportní platformy 1 a brzdy umístěné ve tvarových kolech 5, a to opět přes duté hřídele 27.

35

Průmyslová využitelnost

Systém robotické transportní platformy je využitelný jako testovací model pro simulační testování schopnosti jízdy ukládacího robotu ve vrtu kruhového průřezu při řízeném zachování symetrie. Jedná se tedy o specifickou technologii využitelnou především pro robotické systémy v jaderné energetice, a to zejména v oblasti ukládání ukládacích obalových souborů s vyhořelým jaderným palivem do dlouhých horizontálních vrtů. Kromě této specifické oblasti může najít systém robotické transportní platformy najít své uplatnění také v oblasti technologií a systémů určených k inspekci potrubí.

40

PATENTOVÉ NÁROKY

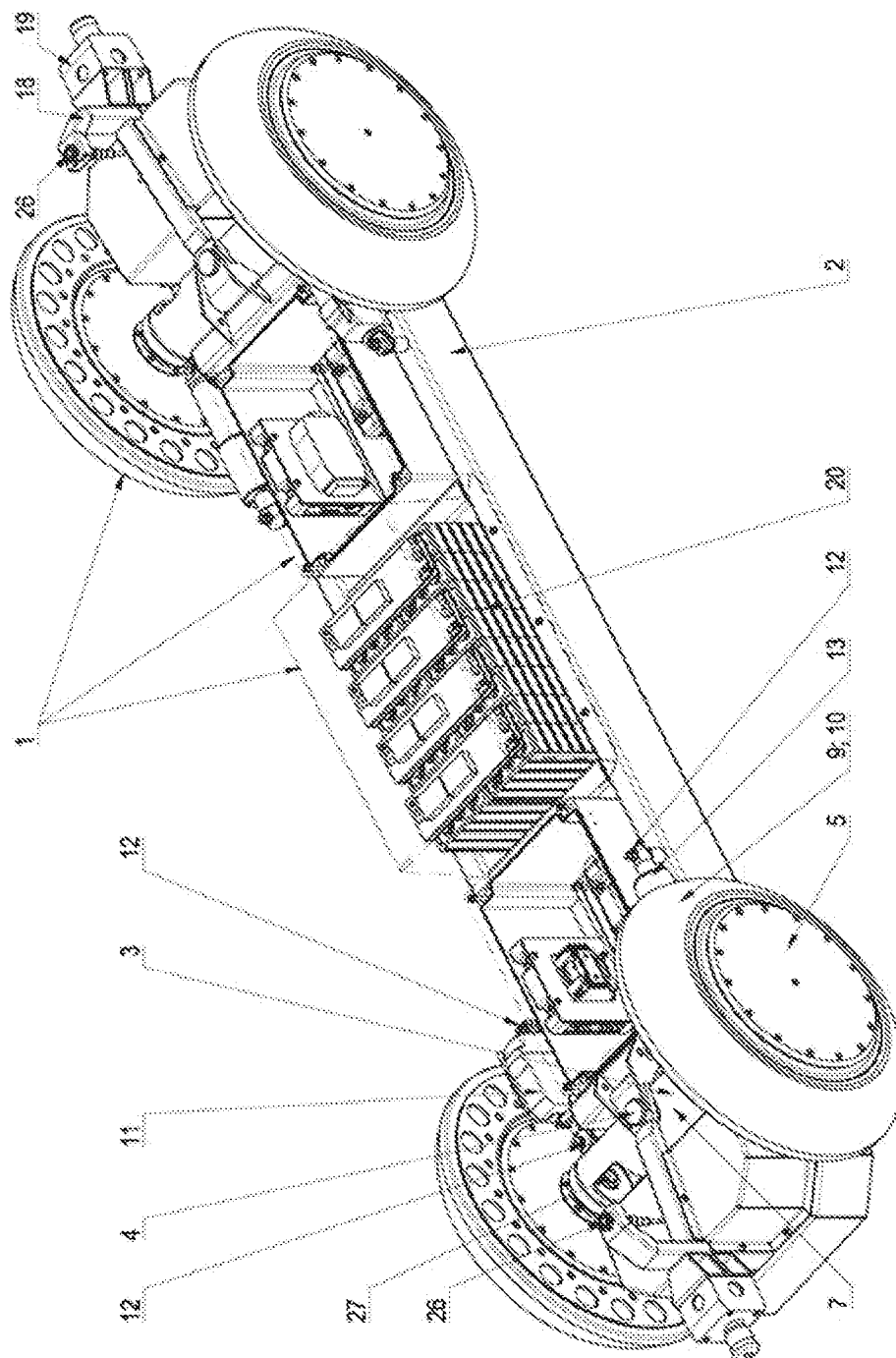
1. Systém robotické transportní platformy řízeného symetrického průjezdu kruhovým profilem
 5 simulačního úložného vrtu úložných obalových souborů s vyhořelým jaderným palivem jejíž součástí je tvarové kolo (5) s vloženým elektropohonem (6), **vyznačující se tím**, že
- je tvořen robotickou transportní platformou (1) a zkušební tunelovou dráhou (14),
- 10 přičemž robotická transportní platforma (1) je tvořena rámem (2), v němž jsou kyvně na svislém čepu (4) zavěšeny pevné nápravy (3),
- přičemž každá z pevných náprav (3) je osazena tvarovým kolem (5) s vloženým elektropohonem (6), propojeným s tělem (7) nápravy prostřednictvím pevného kuželového uložení (8),
- 15 přičemž souměrně k pevné nápravě (3), po stranách rámu (2) je na něm na jedné straně umístěn lineární aktuátor (11) s oboustranným kyvným propojením (12), a na protilehlé straně rámu (2) je stejným způsobem umístěna tlačná pružinová jednotka (13),
- 20 přičemž robotická transportní platforma (1) je součástí zkušební tunelové dráhy (14) kruhového průřezu, složené z rámu (15) dráhy a ve vstupních částech dělených betonových skruží (16), přičemž na obou koncích zkušební tunelové dráhy (14) jsou umístěny pružné dorazy (17), a na rámu (2) jsou na čelních tvarových nástavcích (18) rámu (2) umístěna stop tlačítka (19),
- 25 přičemž robotická transportní platforma (1) je osazena elektro výbavou umístěnou na rámu (2), která je tvořena bateriovým blokem (20) umístěným uprostřed rámu (2) a zároveň v podélné ose robotické transportní platformy (1), a dále je tvořena hlavními bezpečnostními stykači (21) uloženými v jednom z čel rámu (2) a zdrojem (22) sníženého napětí uloženého v protilehlém čele rámu (2),
- 30 přičemž v prostorách rámu (2), vedle bateriového bloku (20), jsou uloženy řídicí jednotky (23) synchronizace motorů kol a řídicí jednotky (24) synchronizace motorů lineárních aktuátorů, a v těchto prostorách jsou zároveň umístěny senzory (25) příčného náklonu a na konci čelních tvarových nástavců (18) rámu (2) jsou uloženy senzory (26) polohy, a všechny silové a ovládací
- 35 kabely procházejí dutou hřídelí (27) tvarového kola (5) přes otvor kuželového uložení (8).
2. Systém robotické transportní platformy řízeného symetrického průjezdu kruhovým profilem
 40 simulačního úložného vrtu úložných obalových souborů s vyhořelým jaderným palivem jejíž součástí je tvarové kolo (5) s vloženým elektropohonem (6), **vyznačující se tím**, že
- tvarová kola (5) jsou opatřena pryžovou bandáží (9) kuželovitého tvaru s bombírováním (10).

3 výkresy

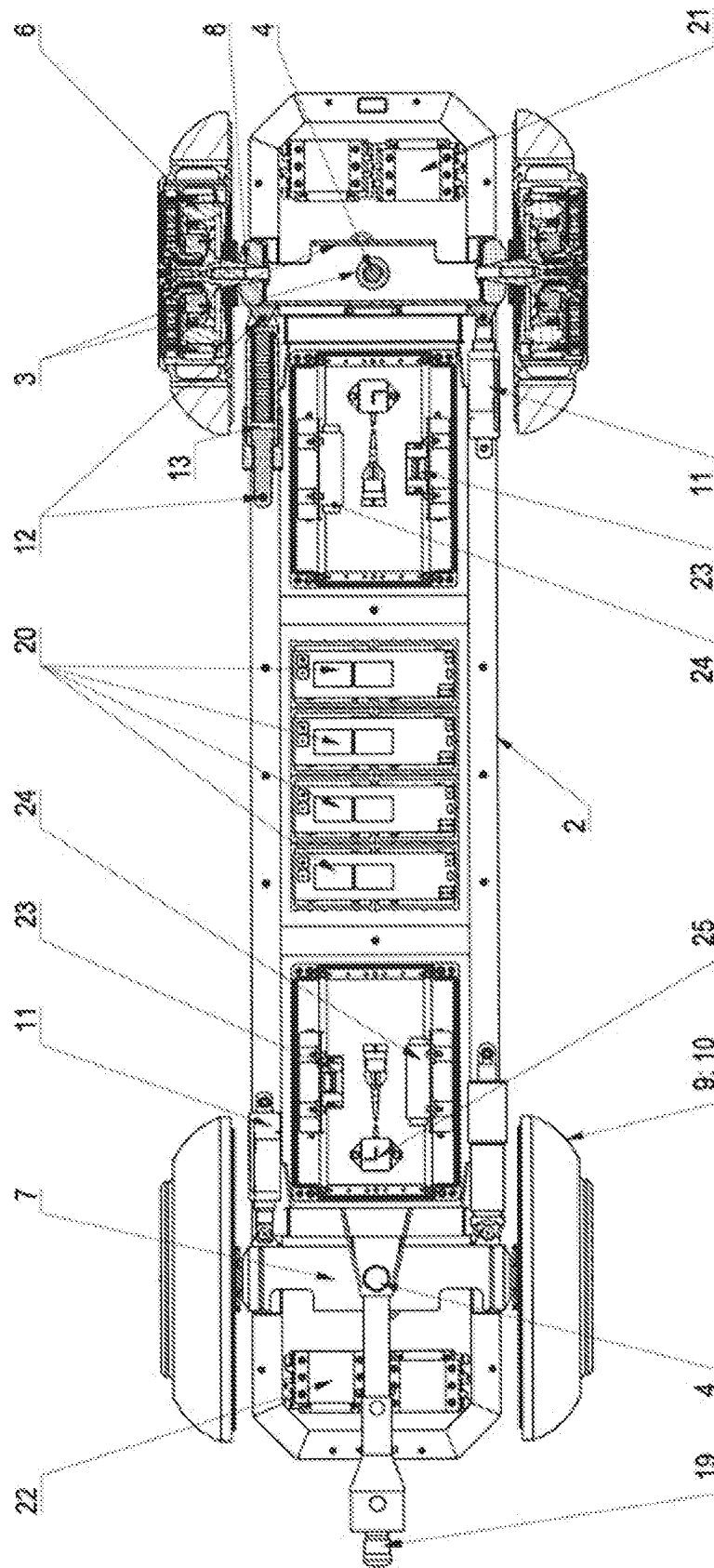
Seznam vztahových značek

- 1 robotická transportní platforma
- 2 rám
- 3 pevná náprava
- 4 svislý čep
- 5 tvarové kolo
- 6 elektropohon
- 7 tělo nápravy
- 8 kuželové uložení

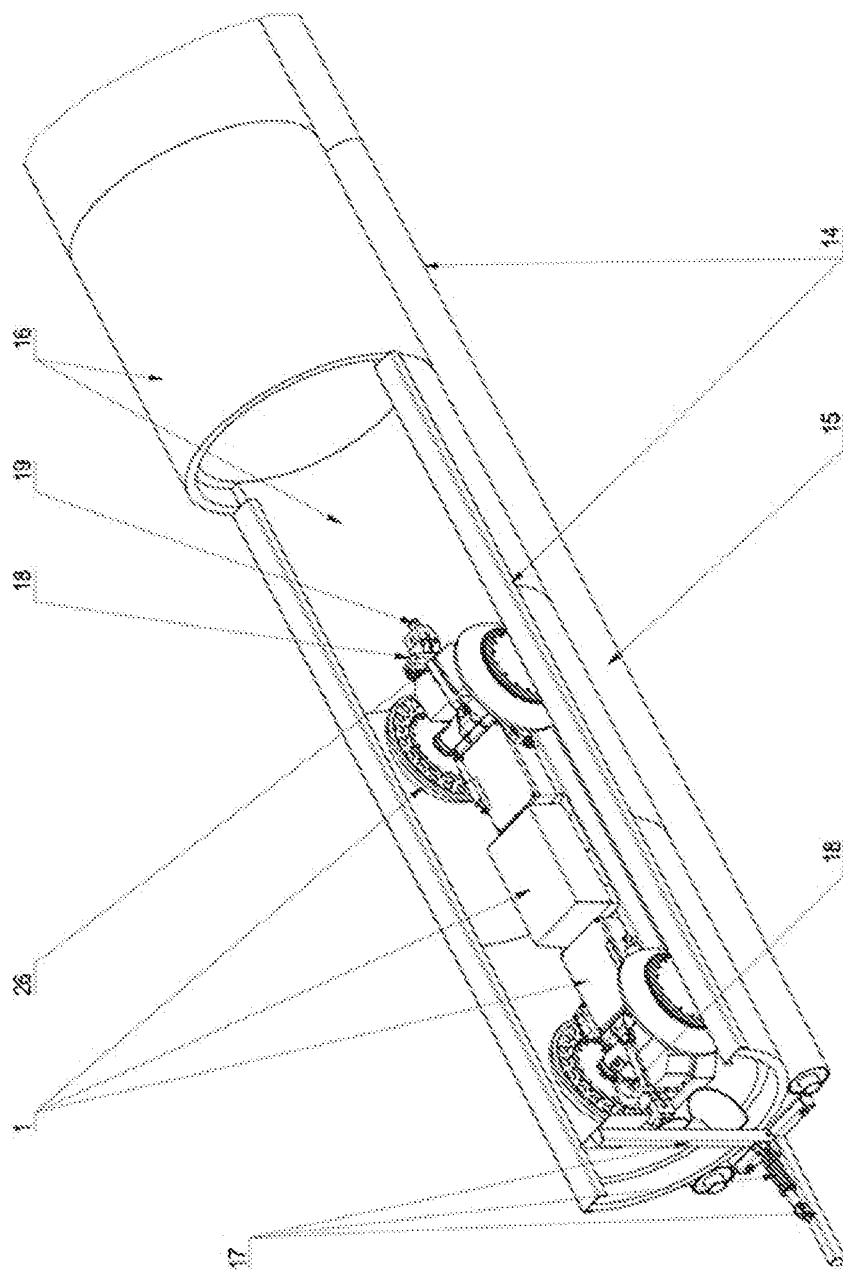
- 9 pryžová bandáž
- 10 kuželovitý tvar s bombírováním
- 11 lineární aktuátor
- 12 kyvné propojení
- 13 tlačná pružinová jednotka
- 14 zkušební tunelová dráha
- 15 rám dráhy
- 16 betonová skruž
- 17 pružný doraz
- 18 čelní tvarový nástavec
- 19 stop tlačítko
- 20 bateriový blok
- 21 hlavní bezpečnostní stykač
- 22 zdroj sníženého napětí
- 23 řídicí jednotka synchronizace motorů kol
- 24 řídicí jednotka synchronizace motorů aktuátorů
- 25 senzor příčného náklonu
- 26 senzor polohy
- 27 dutá hřídel



Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3