

UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

34 693

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

G21C 17/013 (2006.01)

G21C 17/00 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2020-38192**

(22) Přihlášeno: **04.11.2020**

(47) Zapsáno: **22.12.2020**

(73) Majitel:
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 užitého vzoru:
**Systém robotické transportní platformy
řízeného symetrického průjezdu kruhovým
profilem simulačního úložného vrtu
ukládacích obalových souborů s vyhořelým
jaderným palivem**

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

5 Oblast techniky

Řešení 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.

Dosavadní stav techniky

15 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 a 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 do mírně vrchního 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 35 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 45 (<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/fahrwaagen-system>), 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 55

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/>).

- 5 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.

10

Podstata technického řešení

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 je po stranách rámu 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 elektro výbavou 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 jsou vedle bateriového bloku 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.

35

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

Výhody systému jsou

40

- že robotická transportní platforma vyplňuje celý profil kruhového simulačního vrtu a že její kola jsou s vrtem v kontaktu pouze ve spodní části;

45

- že konstrukční řešení systému je unikátně aplikovatelné pro velké a těžké konstrukce dosahující až několik desítek tun; a že

- zvolená kinematika pevné nápravy v kombinaci s tvarovým běhounem hnacích kol umožňuje řízenou korekci náklonu robotické transportní platformy při průjezdu vrtem kruhového průřezu.

50

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 výkresech jsou znázorněny obrázky.

- 5 Obr. 1 je celkový axonometrický pohled na robotickou transportní plošinu, kde je patrna pryžová bandáž tvarového kola vhodná pro jízdu v kruhové dráze.

Obr. 2 je podélný vodorovný řez tvarovými koly a pevnými nápravami s vloženými prvky elektro a elektroovládání, navíc jsou zde patrné mechanické prvky řízení náprav.

10

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

15 Příklady uskutečnění technického řešení

- 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 kyvně 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 kuželovitého tvaru s bombírováním 10.
- 20

- Souměrně k pevné nápravě 3 je po stranách rámu 2 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.
- 25

- 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.
- 30

- V prostorách rámu 2 jsou vedle bateriového bloku 20 uloženy řídicí jednotky 23 synchronizace motorů kol a řídicí jednotky 24 synchronizace motorů lineárních aktuátorů 11. 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.
- 35
- 40

- 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.
- 45

- Základním a nosným dílem je rám 2, do kterého jsou kyvně 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 s otvorem uprostřed pro průchod kabelů k elektropohonu 6 tvarového kola 5.
- 50

- Na obvodu tvarového kola 5 je pryžová bandáž 9 kuželovitého tvaru s bombírováním 10, 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 v podélné ose rámu 2 těla 7 nápravy pro zajištění řízeného pohybu zkušební tunelovou dráhou 14.
- 55

- bez příčného naklání, tj. pohyb je uskutečňován symetricky vůči svislé ose průřezu dráhy. Toto řízení pohybu bez příčného naklání 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
- 5 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 a umístěnou na protilehlé straně rámu 2 vůči lineárnímu aktuátoru 11.
- 10 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 tyto podélně dělené. Na koncích zkušební tunelové dráhy 14 jsou pružné dorazy 17, sloužící k havarijnímu zastavení robotické transportní platformy 1 tak, že na jejích koncích jsou na rámu 2
- 15 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.
- 20 Robotická transportní platforma 1 je osazena potřebnou elektro výbavou. 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.
- 25 V prostorách rámu 2 jsou vedle bateriového bloku 20 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 se robotická transportní platforma 1 jako celek pohybovala při srovnávání náklonu po šroubovici. V těchto
- 30 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.

Průmyslová využitelnost

- 35 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
- 40 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.

45

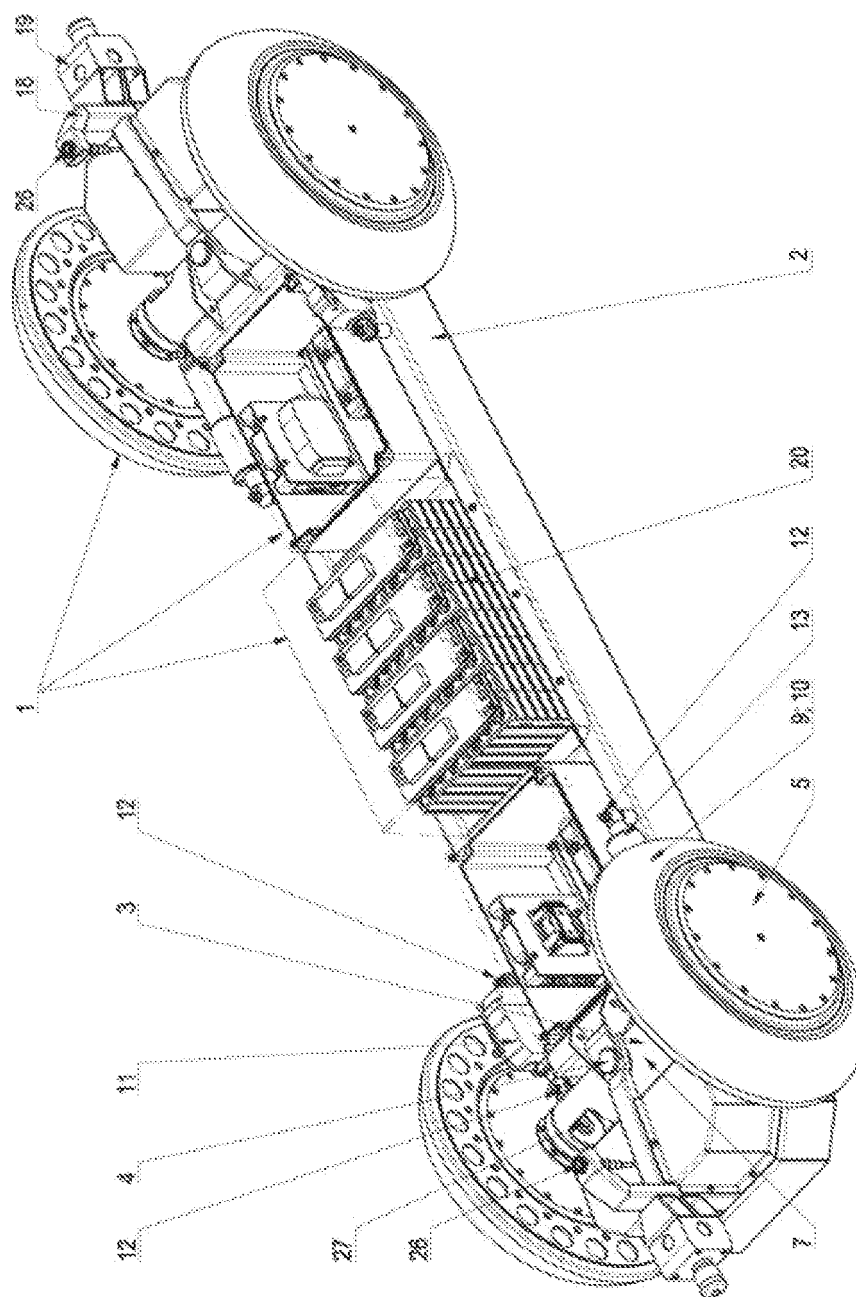
NÁROKY NA OCHRANU

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), přičemž
 10 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 souměrně k pevné nápravě (3) je po stranách rámu (2) na něm na jedné straně umístěn
 15 lineární aktuátor (11) s oboustranným kyvným propojením (12), přičemž na protilehlé straně rámu (2) je stejným způsobem umístěna tlačná pružinová jednotka (13),
- přičemž robotická transportní platforma (1) je součástí zkušební tunelové dráhy (14) kruhového
 20 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), přičemž na rámu (2) jsou na čelních tvarových nástavcích (18) rámu (2) umístěna stop tlačítka (19),
- přičemž robotická transportní platforma (1) je osazena elektrovýbavou umístěnou na rámu (2),
 25 která je tvořena bateriovým blokem (20) umístěným uprostřed rámu (2) a zároveň v podélné ose robotické transportní platformy (1), 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),
- přičemž v prostorách rámu (2) jsou vedle bateriového bloku (20) uloženy řídicí jednotky (23)
 30 synchronizace motorů kol a řídicí jednotky (24) synchronizace motorů lineárních aktuátorů, přičemž 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).
- 35
2. Systém robotické transportní platformy řízeného symetrického průjezdu kruhovým profilem
 simulačního úložného vrtu úložných obalových souborů s vyhořelým jaderným palivem podle
 nároku 1, **vyznačující se tím, že**
- 40 tvarová kola (5) jsou opatřena pryžovou bandáží (9) kuželovitěho tvaru s bombírováním (10).

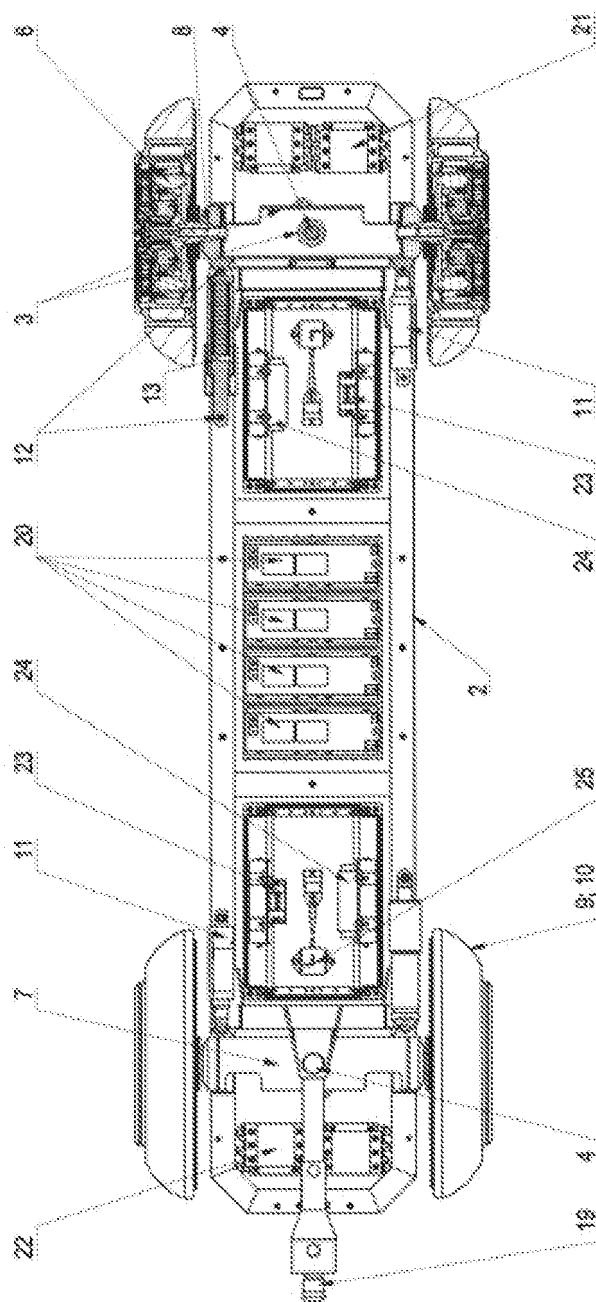
3 výkresy

Seznam vztahových značek:

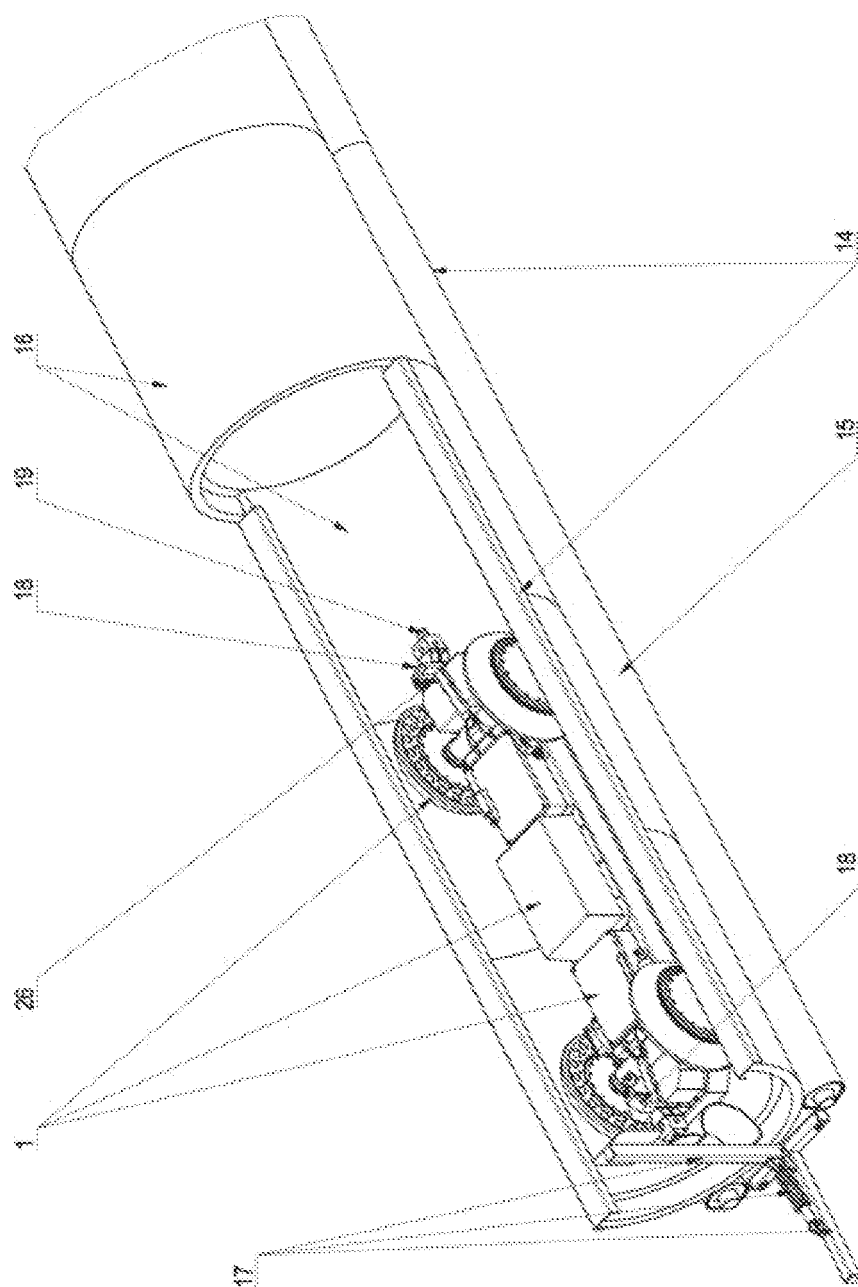
- 1 robotická transportní platforma
- 2 rám
- 3 pevná náprava
- 4 svislý čep
- 5 tvarové kolo
- 6 elektropohon
- 7 tělo nápravy
- 8 kuželové uložení
- 9 pryžová bandáž
- 10 bombírování
- 11 lineární aktuátor
- 12 kyvné propojení
- 13 tlačná pružinová jednotka
- 14 zkušební tunelová dráha
- 15 rám dráhy
- 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 lineárních aktuátorů
- 25 senzor příčného náklonu
- 26 senzor polohy
- 27 dutá hřídel.



Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3