

# PATENTOVÝ SPIS

(11) Číslo dokumentu:

## 306 578

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.:

*G01F 13/00* (2006.01)

(19)  
ČESKÁ  
REPUBLIKA



ÚŘAD  
PRŮMYSLOVÉHO  
VLASTNICTVÍ

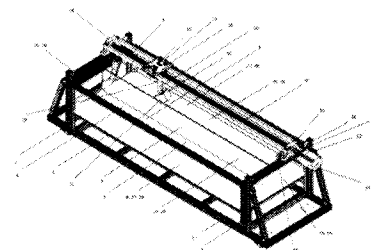
(21) Číslo přihlášky: **2015-200**  
(22) Přihlášeno: **20.03.2015**  
(40) Zveřejněno: **29.09.2016**  
**(Věstník č. 39/2016)**  
(47) Uděleno: **01.02.2017**  
(24) Oznámení o udělení ve věstníku: **15.03.2017**  
**(Věstník č. 11/2017)**

(56) Relevantní dokumenty:

CZ PVZ2012-39344.

(73) Majitel patentu:  
Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava,  
Ostrava-Poruba, CZ

(72) Původce:  
Ing. Martin Žídek, Opava, CZ  
Ing. Jiří Rozbroj, Ph.D., Zlaté Hory, CZ  
prof. Ing. Jiří Zegzulka, CSc., Ludgeřovice, CZ  
Ing. Jan Nečas, Ph.D., Ostrava-Hrabová, CZ  
doc. Ing. Marian Marschalko, Ph.D., Ostrava-  
Poruba, CZ



(54) Název vynálezu:  
**Validační systém tažných a tlačných nástrojů**

(57) Anotace:  
Vynález se týká zjišťování vlivu vlastností sypkých (partikulárních) hmot na funkčnost dopravy. Řeší provádění kontrolních a simulačních experimentů, které mají vliv na procesy v oblasti shrabování, hnutí, přesunu, odebírání a překládání materiálu. Řešení používá k návrhu nových tažných či tlačných nástrojů metodu DEM (discreet element method). Na základě naměřených hodnot fyzikálních a mechanických vlastností reálného materiálu se pomocí programování v software EDEM vytvoří reálná směs pro dynamickou simulaci. Potřebné optimalizační parametry se získají měřeními na fyzickém prototypu, který je tvořen validačním zařízením (1) stavebnicového typu, ke kterému je prostřednictvím řídicí jednotky připojeno vyhodnocovací zařízení, dále je tvořen snímačem (29) otáček, vibračním čidlem (31), nejméně jednou vysokorychlostní kamerou (23) umístěnou vně validačního zařízení (1) a volitelně též vstupem (35) a výstupem (36) pro látky.

CZ 306578 B6

## Validační systém tažných a tlačných nástrojů

### Oblast techniky

5 Vynález se týká zjišťování vlivu vlastností sypkých (partikulárních) hmot na funkčnost dopravy. Řeší provádění kontrolních a simulačních experimentů, zejména simulaci procesu dopravy, simulaci proudových a rychlostních polí, interakce mezi konstrukčními prvky a dopravovanými hmotami, majícími vliv na procesy v oblasti shrabování, hnutí, přesunu, odebírání a překládání materiálu.

10

### Dosavadní stav techniky

15 Návrhy dopravních zařízení se v praxi realizují na základě znalostí vstupních parametrů. Nová zařízení by měla být konstruována s ohledem na vlastnosti dopravovaných hmot. Klíčovým parametrem vstupujícím do takového systému je znalost mechanicko-fyzikálních vlastností sypkých hmot, které se dopravují. Na základě měření a zjištění těchto vlastností lze dále provádět kalibrace a ověření chování modelů těchto hmot pomocí výpočetní techniky. Všechny aplikace konkrétních typů procesů v oblasti shrabování, hnutí, přesunu, odebírání a překládání materiálu vyžadují 20 své specifické přístupy. Ty s sebou přinášejí i nové nutné postupy v návrhu jak dopravních systémů, tak i způsobu jejich optimalizace a vývoje.

Je známo, že při vytváření nového typu zařízení pro dopravu sypkých (partikulárních) hmot, je zapotřebí provést reálné zkoušky funkčnosti zařízení. Pokud se jedná o nekonvenční typ zařízení, 25 jsou většinou výstupní parametry v oblasti odhadů či rozsahů empirických hodnot. Na základě prvních reálných zkoušek na prototypu lze teprve optimalizovat proces dopravy úpravou konstrukčního řešení, či změnou hodnot vstupních parametrů pohonu, nebo úpravou vlastností dopravované sypké hmoty. Například změnou otáček pohonu hřídele pohybového šroubu, lze měnit rychlost pohybu zařízení pro shrabování, hnutí, přesun, odebírání a překládání materiálů, avšak z 30 hlediska ekonomického spotřebuje tento pohon více energie a zvyšuje se hlučnost a opotřebení funkčních částí zařízení. V současné době se vychází obecně z norem, avšak tyto normy nezahrnují všechny možné stavy, které v oblasti procesu dopravy sypkých hmot na nekonvenčních dopravních mohou nastat. Úpravy již vytvořeného inženýrského díla v procesu užívání a při jeho požadované činnosti jsou nežádoucí z hlediska odstávky systému dopravy, kteréhož je zařízení 35 součástí. V oblasti shrabování, hnutí, přesunu, odebírání a překládání materiálů není zcela specifikovaný vliv tvaru částic dopravované hmoty na proces dopravy. Řešení tohoto problému zařízení v povýrobním procesu není z hlediska jeho existence optimální. Problém částečně řeší matematický model pohybu částic při plnění dopravního systému s tažnými a tlačnými nástroji, ale nezahrnuje všechny možné situace, které mohou nastat. Jedině globální pohled a jednotlivá vyřešená dílčí opatření spojená v celek mohou dát objektivní obraz k řešení konkrétního problému. Samotný princip urychlování částic u procesů v oblasti shrabování, hnutí, přesunu, odebírání a 40 překládání materiálů je ovlivněn navazujícím konstrukčním řešením na vstupu a výstupu. Individuální nastavení zařízení, aby splnilo očekávané parametry, bez předešlé objektivní predikce a zjištění konkrétních ovlivňujících parametrů není z hlediska možného dalšího širšího užití zařízení 45 ní vhodné.

Validační systém tažných a tlačných nástrojů se v praxi často používá k manipulaci či dopravě sypkých (partikulárních) hmot. Jelikož jsou tyto hmoty různorodé a jejich konzistenci, tvar, vlhkost apod. není možno dopředu přesně odhadnout, jsou tyto produkty problematické jak pro dopravu, tak i uskladnění. 50

Nové partikulární hmoty v mnoha případech přináší problémy, protože již navržené dopravní linky nejsou uzpůsobeny na tento druh suroviny a při průchodu dopravním uzlem částice degradují, nebo způsobují jiné problémy, které mohou vést až k poruchám těchto zařízení, k odstávce

zařízení a ztrátě nemalých financí. Naopak nově navrhovaná zařízení nelze uzpůsobit tak, aby vyhovovala celému spektru materiálů a dopravních podmínek.

5 Dnes již je v konstrukčních firmách poměrně dobře zaveden 3D návrh dopravních a skladovacích zařízení. Výstupem jsou 3D modely, ze kterých lze určit velké množství neznámých, jako jsou například hmotnost, objem, design, pevnostní parametry, těžiště atd. 3D modely také napomáhají při tvorbě výkresové dokumentace a kontrole chyb a tím se samozřejmě zlevňuje a urychluje návrh zařízení. Ovšem to nejdůležitější, zdali bude zařízení fungovat s danou partikulární hmotou, ověřit bez výroby prototypu a následného odzkoušení doposud nešlo. Jelikož nároky na nově navrhované zařízení jsou daleko vyšší než v minulosti a výrobci dopravních zařízení nemají s novými materiály zkušenosti, je třeba vytvořit pro vývoj a kontrolu dopravních zařízení nový způsob návrhu.

15 Konstrukční uspořádání systémů tažných a tlačných nástrojů (například pluhu, radlice na shrabování a hrabání materiálu) jsou popsána například v Bezděkovský M., Nevoral J., Škubna J.: Stroje a zařízení v rostlinné výrobě, Praha 1990 nebo v: Jobbágy J., Kováč J.: Stavební stroje a lesná technika. Slovenská poľnohospodárska univerzita Nitra, 2014, ISBN 978-80-552-1233-3. V patentové literatuře jsou konstrukce tažných či tlačných zařízení popsány například v GB 1 563 448, který řeší problematiku vibračního pluhu, v US 2 548 261, který řeší problematiku kopacího pluhu, v JP 200 902 800, který řeší problematiku konstrukce zařízení pro drážkování zemin, v US 4 356 644, který řeší problematiku zařízení pro vytahování kořenů, v CN 201 928 587, který popisuje pluh tvořící 3 příčné brázdy a v GB 1 180 741, který řeší problematiku dopravy materiálu pomocí unášecích křídel a pluhu upevněných na nekonečném řetězu. Validační systém použitý na pásovém dopravníku pracujícím na principu indukce je pak popsán v EP 0 614 848. Validační systém v aplikaci na tažná či tlačná zařízení však popsán není.

### Podstata vynálezu

30 Uvedené nevýhody dosavadního stavu techniky u procesů v oblasti shrabování, hnutí, přesunu, odebírání a překládání materiálů, řeší způsob a zařízení pro validaci kinetiky pohybu částic sypké (partikulární) hmoty podle vynálezu.

35 Konstrukčně je toto zařízení řešeno tak, že měřicí box, kde probíhá měření, umožňuje úpravu velikosti, a to ve všech směrech. Dno měřicího boxu lze nezávisle na měřicím boxu výškově nastavit, zatímco šířku a délku měřicího boxu lze měnit vložením prepážek, což umožňuje měření pohybu materiálu v různých stavech daného zařízení. Validační zařízení zahrnuje vyztužený nosný rám, pohon a šroubové vedení. Toto vedení zahrnuje pohybový šroub umístěný mezi dvěma ložiskovými domky, který převádí rotační pohyb na pohyb přímočarý, dále pojezd pohybující se 40 přímočaře axiálním směrem po pohybovém šroubu a dvojici vodících tyčí vymezujících přímočarý pohyb pojezdu. Na pojezd jsou pomocí mezikusů připojeny dále uvedené tažné či tlačné nástroje. Další součástí jsou již zmiňované pohyblivé dno a průhledné i neprůhledné bočnice, které mohou být odnímatelné z nosného rámu. Pro sledování pohybu materiálu, je kolem tohoto systému tažných a tlačných zařízení rozmístěna jedna nebo více vysokorychlostních kamer.

45 Validační systém tažných a tlačných zařízení je dále opatřen nejméně jednou vysokorychlostní kamerou a/nebo minimálně jedním váhovým čidlem a/nebo minimálně jedním tenzometrickým čidlem a/nebo minimálně jedním vlhkostním čidlem a/nebo minimálně jedním průmyslovým tomografem a/nebo minimálně jedním snímačem otáček a/nebo minimálně jedním teplotním 50 čidlem a/nebo minimálně jedním vibračním čidlem a/nebo minimálně jedním snímačem polohy, jejichž výstupy jsou spojeny s vyhodnocovacím zařízením, přičemž snímač otáček je také připojen na pohybový šroub se zpětnou vazbou do řídicí jednotky.

55 Vysokorychlostní kamerou se sejmou z několika poloh několik po sobě jdoucích snímků v krátkém časovém intervalu, které po vyhodnocení ve vyhodnocovací jednotce pomocí PIV metody

vytvoří vektorové pole rychlosti pohybu částic. Za účelem vytvoření 3D mapy vektorových polí je nutno snímat obraz 2 nebo výhodněji více kamerami.

5 Validačním systémem tažných a tlačných zařízení podle vynálezu je myšlen typ dopravního systému pro zařízení tvořící procesy v oblasti shrabování, hnutí, přesunu, odebírání a překládání materiálů.

10 Vyhodnocovacím zařízením podle vynálezu je myšleno zařízení, které vyhodnocuje údaje ze snímačů a čidel, ukládá je do paměti, vysílá povely do řídicí jednotky, zpracovává povely z řídicí jednotky a validuje je s pomocí metody DEM. Vyhodnocovacím zařízením může být PC, tablet apod.

15 Řídicí jednotkou podle vynálezu je myšleno zařízení, které reguluje otáčky a výkon pohonu, otevírá a zavírá vstupy a výstupy energií a látek, zapíná a vypíná pohyby a natáčení specifických zařízení, nastavení pohyblivého dna. Do řídicí jednotky vstupují údaje ze snímače otáček a pohonu. Z řídicí jednotky vystupují povely pro pohon, pohyb a natáčení tažných a tlačných nástrojů, povely pro vstupy a výstupy energií a látek a povely pro vyhodnocovací jednotku.

20 Pohonem podle vynálezu je myšlen jakýkoli typ motoru, např. elektro-převodovka. Pojmem snímač hluku podle tohoto vynálezu je myšlen mikrofon. Pojmem tažné a tlačné nástroje podle tohoto vynálezu je myšleny nástroje pro procesy v oblasti shrabování, hnutí, přesunu, odebírání a překládání materiálů, např. pluh, hrabice, radlice, hrábě, rýče, lopaty, stírací a shrabovací lišty a zařízení pro úpravu zemin.

25 Validační zařízení umožňuje více způsobů dávkování a odběru materiálů. Měřicí box může být naplněn materiálem a umožňuje dané množství materiálů měnit. Dále umožňuje před začátkem dopravního cyklu přivést dané množství materiálů a pomocí jednoho či více výpustných otvorů materiál odvádět. Také umožňuje měřicí box na začátku dopravního cyklu ponechat prázdný a v průběhu času materiál přidávat. Dále lze výše uvedené způsoby dávkování kombinovat. Během  
30 dopravního cyklu je možno také průběžně zjišťovat, jakým způsobem se materiál mění (zda degraduje apod.).

U validačního systému tažných a tlačných nástrojů je možno za účelem dosažení optimálního způsobu shrabování, hnutí, přesunu, odebírání a překládání materiálů, tyto nástroje měnit. Díky změně jednotlivých nástrojů lze pozorovat procesy, které jsou určeny daným konkrétním nástro-  
35 jům.

40 Podstatou vynálezu je optimalizace a validace vlastností komponentů systému tažných a tlačných nástrojů a vlastností dopravovaných materiálů. Optimalizuje se a validuje se tvar daných tažných a tlačných nástrojů v závislosti na průchodu nástrojů materiálem, urychlování částic v závislosti na rychlosti a hmotnosti dopravovaných částic, mechanicko-fyzikálních vlastnostech hmoty a na rychlosti či odporu nástrojů vůči dopravovanému materiálu v jednotlivých konstrukčních úsecích. Cílem je zvýšení efektivity optimalizace dopravy za účelem úspory energie a celkových nákladů na výrobu, a to i z hlediska časového v rámci vývoje nového prototypu či modifikovaného typu  
45 zařízení.

Jedna z možností, jak provést validaci celého principu a procesu provozu je založena na optickém měření a snímání dopravníku a dopravovaného materiálu vysokorychlostními kamerami v jednotlivých konstrukčně funkčních a procesně dopravních úsecích zařízení, kde dochází k rozdílnému  
50 urychlování částic dopravovaného materiálu.

Výhodou je možnost identifikace a validace kritických konstrukčních a principiálních dopravně procesních přechodových míst, či kritických nastavovacích optimalizačních parametrů v oblasti efektivní dopravy a urychlování částic materiálu nebo možnost mapování vlivu mechanicko-fyzikálních vlastností a konkrétního množství materiálu pro různé zátěže v měřicím boxu validačního  
55

zařízení. Další výhodou je zejména zjištění a dosažení efektivní bezztrátové dopravy a úpravy materiálu pomocí nástrojů v případech, kdy dochází ke shlukům a hromadění částic.

5 Výhodou je též možnost identifikace vzniku blokování, nebo brzdění nástrojů částicemi dopravovaného materiálu i s ohledem na degradaci těchto částic a možnost mapování frekvence vzniku tohoto nežádoucího procesu u konkrétního konstrukčního a tvarového řešení nástrojů pro různá nastavení optimalizačních vstupních parametrů na řídicí jednotce.

10 Výše obecně popsané optimalizační a validační metody využívají k simulaci nejčastěji metody MKP (Metoda konečných prvků), DEM (Discrete element method) nebo CFD (Computational fluid dynamics) a jako vyhodnocovací software nejčastěji programy ANSYS, EDEM nebo FLU-ENT.

15 V řešení podle vynálezu je užita simulační metoda DEM v kombinaci s vyhodnocovacím programem EDEM. Kombinací těchto metod lze značně zvýšit efektivnost jak dopravování a hrnutí materiálu v systému, tak i snížit finanční náročnost systému, a to jak na vývoj, tak na provoz.

20 DEM simulace je moderní způsob 4D virtuálního návrhu, u kterého je možno na 3D zmodelovaném zařízení nebo situaci nasimulovat dynamický tok materiálu. Vstupní zadávané hodnoty pro použití této metody jsou mechanicko-fyzikální vlastnosti materiálu, jako je zrnitost (granulometrie), vlhkost, sypaná hmotnost, sypaný úhel, počáteční soudržné napětí, úhel vnitřního a vnějšího tření, valivý odpor, koeficient restituace atd.

25 Aby bylo možno vytvořit simulaci dynamického procesu, je třeba nadefinovat a vymodelovat dopravovaný materiál. U částic materiálu se nastaví rozměr a mechanicko-fyzikální vlastnosti. Ty jsou pak v programu EDEM programovány v procesech podle naměřené granulometrie a dalšího souboru vstupních naměřených hodnot a vytvoří se tak reálná směs pro dynamickou simulaci.

30 Další podmínkou k uskutečnění simulace je tvorba pracovního prostředí. Zde se nabízejí dvě možnosti. První je modelování situace nebo zařízení v externích 3D modelovacích programech jako jsou Autodesk Inventor, Solidworks, Catia, ProEngineer a jiné. Takto vytvořené modely je nutné převést na příslušný formát, který se pak importuje do aplikace pro simulace DEM. Další možnost je modelace zařízení přímo v programu EDEM, což je ovšem z hlediska složitosti ovládní při tvorbě modelu náročnější. Řešení podle vynálezu využívá obou těchto možností.

35 Z praxe je známo, že i ten sebelepší software prozatím nedokáže úplně nahradit skutečnost. I tyto simulace je třeba validovat a kalibrovat v jednoduchých procesech, aby při použití ve složitějších procesech na dopravních, úpravních a skladovacích zařízeních byly stejné, nebo s co nejmenší odchylkou se blížily reálné situaci. Každé dopravní a skladovací zařízení je něčím specifické a dynamické procesy chování materiálu na těchto zařízeních také. Je třeba tyto simulace validovat a kalibrovat přímo na příslušném zařízení, které s touto problematikou souvisí. Metoda podle tohoto vynálezu využívá zařízení, které je určeno přímo ke kalibraci a validaci těchto dynamických procesů na systému tažných a tlačných zařízení. Tato kalibrace se provádí tak, že na vytipovaných místech zkušebních zařízení, na kterých se výrazně mění dynamický tok materiálu, se měří mechanicko-fyzikální vlastnosti metodou přímou i nepřímou. Těmi jsou pak validovány a korigovány výpočetní modely v metodě DEM.

50 Pokud jsou základní dynamické procesy pro daný materiál validovány a kalibrovány všemi nutnými zkouškami, je možno začít s vyhodnocením dynamiky simulace při procesu dopravy. V 3D modelu zařízení se naprogramují příslušné rychlosti nástrojů, dále se nastaví množství materiálu vstupujícího do systému a čas trvání simulace. Po ukončení výpočtu se nastaví barevné spektrum rychlostí, momentů, energií a je možno přímo na animaci sledovat změny vlastností partikulární hmoty v daném okamžiku. Všechny tyto hodnoty je možno v závislosti na čase uložit do grafů, animací obrázků a následně je možno je využít k optimalizaci celého dopravního systému. Vý-

stupními hodnotami jsou tedy tabulky, grafy, a diagramy které blíže popisují problémy a negativní účinky na systém.

5 Pomocí DEM lze ověřit správnost postupů v návrhu jak zařízení, tak i procesu samotné dopravy. Nelze však tak učinit bez znalostí chování dopravovaného materiálu.

10 Hlavními vstupními parametry do metody DEM jsou třecí koeficienty, měrná hmotnost materiálu částic, koeficient restituice, velikost a tvar částic a pro měření sil hodnoty modulu pružnosti ve smyku a Poissonova konstanta. Většinu těchto parametrů je zapotřebí reálně naměřit a provést ověřovací modelové a simulační zkoušky v DEM. V dalším kroku je nutné mít srovnání s reálným procesem dopravy, kde se zkoušky provádějí nejčastěji snímáním pomocí vysokorychlostních kamer a vyhodnocením snímků pomocí PIV vyhodnocovací metody. Podstatou kalibrace hmoty v DEM je dosáhnout stavu chování jak je tomu u skutečné hmoty.

15 Hodnoty třecích koeficientů (třecích úhlů) lze získat obecně nejlépe za pomoci smykových strojů. Správnost měření byla porovnána s přímočarým a rotačním smykovým zařízením. V obou případech byl naměřen stejný úhel vnějšího tření a lze tyto metodiky považovat z hlediska měření za správné. Avšak z úhlu pohledu vstupního parametru pro metodu DEM jsou tyto hodnoty diskutabilní. Je zapotřebí znát také hodnoty statického tření, jelikož výpočetní jádro programu EDEM je postaveno na užití této hodnoty. Z hlediska chování částic materiálu, je však smyková zkouška pro porovnání s hodnotami statického tření důležitá. Jedině tak lze přisoudit vlastnosti a schopnosti vnitřnímu pohybu částic, který je dán tvarem jednotlivých částic. Smykové zkoušky jsou omezeny velikostí částice. Výhodnější jsou zkoušky rotační, zejména pro určování vnitřního tření. V aplikaci dopravy pomocí tažných a tlačných nástrojů má i vnitřní tření tak velkou důležitost jako tření vnější, a z hlediska pohybu jednotlivých částic je zapotřebí znát obě tyto hodnoty, které by mohly mít přímou či nepřímou souvislost s hodnotou statického tření mezi jednotlivými částicemi dopravované hmoty. Není vyloučeno, že při kalibraci DEM se simulační model nebude chovat reálněji při užití hodnot vnitřního tření jakožto parametru interakce tření mezi jednotlivými částicemi.

30 Další parametr ovlivňující simulaci je tření valivé, které lze naměřit na nakloněné rovině. Z hlediska přesného měření se tato metoda komplikuje s užitím částic, které podléhají deformaci, či degradaci při procesu měření.

35 Dalším vstupním parametrem potřebným k simulaci dopravy hmot je koeficient restituice. Jedná se o popis odrazových vlastností materiálů. Experimentálně lze změřit odskoky částic pomocí vysokorychlostní kamery (kterou se nasnímá odskok částice) a dále pomocí software pro vyhodnocení trasy odskoku lze získat potřebná data pro určení potřebného koeficientu restituice. Tato metoda je nejvhodnější pro tvary částic materiálu, které mají ve všech třech osách podobné rozměry. Vlivem odrazu však dochází k rotacím částic a ty znesnadňují přesné trasování odražené částice. Je proto zapotřebí pro užití DEM provést zkoušky pro všechny druhy materiálu vstupující do simulace.

45 Hodnoty jako modul pružnosti ve smyku a Poissonova konstanta lze ve většině případů určit z tabulek. Tyto dva parametry jsou používány zejména pro vyhodnocení sil, které působí na konstrukční geometrie a dopravovaný materiál v DEM.

50 Konečnou simulaci v DEM je zapotřebí ještě ověřit na reálném modelu. K tomu se používají základní validační experimenty vedoucí ke kalibraci simulace pomocí vstupních naměřených parametrů, které se získávají laboratorním měřením. Tyto hodnoty nejsou absolutní, ale vždy se pohybují v určitých mezích, které se využijí pro kalibraci modelu v DEM. Po dosažení žádané shody kalibračního DEM modelu s reálným experimentem pomocí volby vstupních parametrů DEM, lze užít tyto vstupy do další složitější simulace popisující proces při dopravě materiálu v systému tažných a tlačných nástrojů. Výstupem ze simulací DEM jsou hodnoty rychlostních polí, kinetické a potenciální energie, či například hodnoty rychlostí pohybu taženého či tlačného

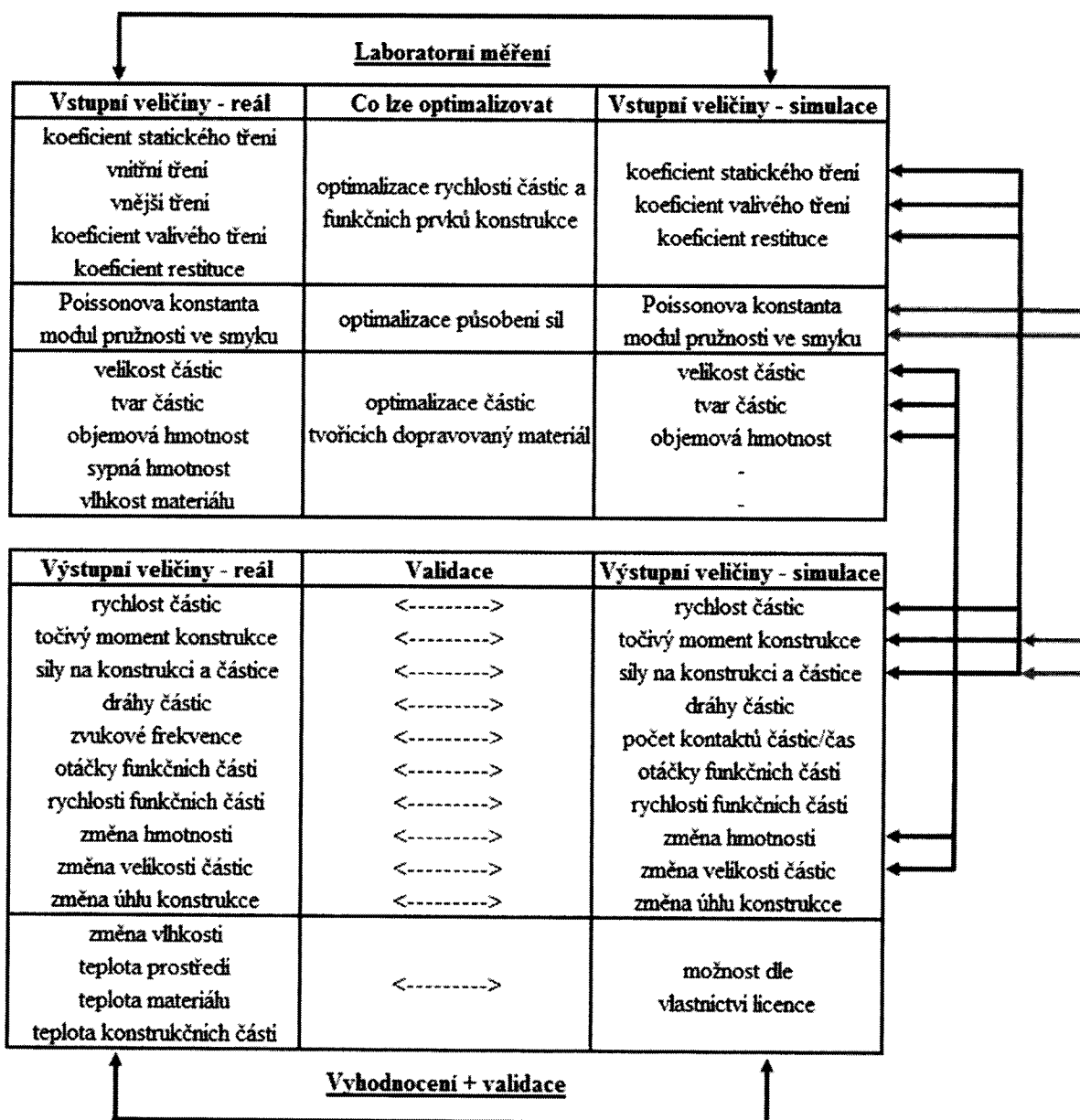
materiálu. Získané výsledky nemají žádnou hodnotu, pokud nejsou nijak srovnávány s reálnými experimenty. Validace je umožněna využitím PIV metody, pomocí které se vyhodnocují snímky pohybu či změny polohy dopravovaných částic pořízené vysokorychlostními kamerami.

- 5 Pro optimalizaci systému je tedy nutno najít potřebné optimalizační parametry pro řešení problematiky spojené s daným dopravním systémem, které se získají měřením na reálných modelech či dopravních systémech. Pomocí získaných parametrů lze poté optimalizovat (validovat) dopravní systém pomocí DEM na virtuálně vytvořeném 3D modelu. Pomocí získaných parametrů je možno vytvořit řadu virtuálních měření, která v průběhu vyhodnocování lze korigovat a tak optimalizovat systém. Při optimalizaci s využitím matematického modelování a simulace procesů, kde není nutno fyzické výroby prototypů, které se vkládají do dopravního systému, stačí pouze vytvořit virtuální model systému či dopravního úseku a podle potřeby měnit a optimalizovat prvky přímo v daném virtuálním modelu.
- 15 Souhrnně lze říci, že pro návrh nového nebo optimalizaci stávajícího dopravníku se použije simulační metoda, podle tohoto vynálezu metoda DEM. Simulační metody je třeba ověřit, např. matematickými metodami, podle tohoto vynálezu pomocí programu EDEM. K ověřování a validaci je nutno také postavit fyzický model (prototyp) zařízení tažných a tlačných nástrojů. Toto ověřovací zařízení slouží k validaci matematických metod, aby bylo možno potvrdit, že výsledky simulace odpovídají realitě a tyto výsledky jsou v praxi použitelné. Při této simulaci prostředí zařízení se provádí snímání mechanických veličin elektronickou cestou (tlak, otáčky, hluk, vibrace, vlhkost, spotřeba energie, tření apod.). Oblastí zájmu jsou především oblasti, kde se výrazně mění dynamický tok materiálu, což jsou především místa plnění a vyprazdňování zařízení. Sleduje se jak materiál dopravovaný, tak i materiál, ze kterého je validační systém sestaven. Snímání se provádí přímými metodami - na zařízení jsou umístěna čidla (teplotní čidla, vlhkostní čidla, tenzometrická čidla, vibrační čidla, váhová čidla, snímače otáček) i nepřímými metodami - vizuálním způsobem (kamerami), přičemž pomocí PIV metody je pak možno vytvořit vektorovou mapu rychlostí. Poté se pomocí vyhodnocovací jednotky provede porovnání matematického modelu s měřicím zařízením. Výsledkem je optimalizace matematického modelu, tzn. obecný validační princip na posuzování validačního systému.
- 20
- 25
- 30

Na základě sledování a vyhodnocování dynamických procesů partikulární hmoty pomocí DEM simulací, dojde v procesech vývoje ke zkvalitnění, urychlení a zlevnění navrhovaných zařízení. Opravy a neplánované odstávky problémových zařízení se pomocí této metodiky návrhu omezí na minimum.

35

Pro lepší ilustraci jsou vztahy mezi vstupními a výstupními veličinami jak z reálného, tak simulačního prostředí, a vztahy mezi tím co lze optimalizovat a validovat shrnuty tabulce 1:



Tabulka 1

5 Objasnění výkresů

Vynález je blíže ilustrován s pomocí výkresů, kde:

obrázek 1 znázorňuje validační zařízení tažných a tlačných nástrojů,

obrázek 2 znázorňuje detail pohonné jednotky a spínače,

10 obrázek 3 znázorňuje detail pojezdu lineárního vedení,

obrázek 4 znázorňuje možná umístění snímačů a čidel na validačním zařízení,

obrázek 5 znázorňuje možné rozmístění vysokorychlostních kamer,

obrázek 6 znázorňuje možné variantní řešení validačního zařízení tažných a tlačných nástrojů,

obrázek 7 znázorňuje příklady možných tlačných a tažných nástrojů,

15 obrázek 8 znázorňuje validační zařízení pro příklad provedení,



obrázek 9 znázorňuje blokové schéma validačního systému a

obrázek 10 znázorňuje graf naměřených rychlostí vyhodnocených pomocí PIV metody a rychlostí simulovaných v DEM na fyzickém prototypu zařízení podle příkladu uskutečnění vynálezu.

5

### Příklady uskutečnění vynálezu

Validační systém tažných a tlačných nástrojů 22 podle obrázku 1 až 8 je tvořen validačním zařízením 1, ke kterému je prostřednictvím řídicí jednotky 33 připojeno vyhodnocovací zařízení 34, dále je tvořen snímačem 29 otáček, vibračním čidlem 31, nejméně jednou vysokorychlostní kamerou 23 umístěnou vně validačního zařízení 1 a volitelně též vstupem 35 a výstupem 36 pro látku.

Validační zařízení 1 je tvořeno nosným rámem 2, ke kterému je rozebíratelným spojením připevněno lineární vedení 4, které je umístěno nad průhledným měřicím boxem 3. Lineární vedení 4 je sestaveno z pohybového šroubu 10, vodicích tyčí 11, ložiskových domků 12, pohonné jednotky 13, měřicí stolice 14 a koncových spínačů 15. Pohonná jednotka 13 se skládá z pohonu 18, rozpěrných trubek 17 a pružné spojky 16. Pohon 18 je pomocí rozpěrných trubek 17 připojen k ložiskovému domku 12 a spojen pomocí pružné spojky 16 s pohybovým šroubem 10. Pohybový šroub 10 je umístěn mezi dvěma ložiskovými domky 12, které jsou připevněny rozebíratelným spojením ke konstrukci nosného rámu 2. K ložiskovým domkům 12 jsou připojeny dvě vodicí tyče 11. Vodicí tyče 11 jsou umístěny rovnoběžně s osou směru pohybu měřicí stolice 14, která je připojena k pohybovému šroubu 10. Měřicí stolice 14 se skládá z pojezdu 19, který je prostřednictvím upevnění 20 spojen se snímacím zařízením 21, ke kterému je připojen tažný či tlačný nástroj 22. Na obou koncích pohybového šroubu 10 jsou umístěny na nosném rámu 2 koncové spínače 15. Průhledný měřicí box 3 se skládá z průhledných bočnic 8 a přepážky 9, které jsou rozebíratelným spojením připevněny k nosnému rámu 2. Dovnitř měřicího boxu 3 je vloženo nastavitelné dno 5, které je k rámu 2 připevněno pomocí upevňovacích kolíků 7. Na dno 5 je vložena vyměnitelná deska 6. Dovnitř měřicího boxu 3 se vloží materiál a případně další látka, ve kterých se pohybuje daný tažný či tlačný nástroj 22. Průhledný měřicí box 3 je opatřen nejméně jedním čidlem 24, 25, 26, 28, 30, 31 a /nebo snímačem 27, 32 mechanicko-fyzikálních vlastností. Měřicí stolice 14 je opatřena nejméně jedním čidlem 24, 25, 26, 31 a /nebo nejméně jedním snímačem 27 mechanicko-fyzikálních vlastností. Pohonná jednotka 13 je opatřena nejméně jedním snímačem 29 otáček.

35

V průhledném měřicím boxu 3 se nastaví pomocí přepážky 9 a nastavitelného dna 5 potřebná velikost provozní částí. Dále se uvede do pohybu pohon 18 pomocí řídicí jednotky 33, která umožňuje změnu vstupních parametrů pohonu 18. Na pohybový šroub 10 se přes pružnou spojku 16 převádí z pohonu 18 rotační pohyb. Prostřednictvím měřicí stolice 14 je rotační pohyb transformován na pohyb přímočarý. Tento pohyb je přenášen prostřednictvím upevnění 20 na snímací zařízení 21 a dále na tažný či tlačný nástroj 22. Přímocharý pohyb tímto vykonává také tažný či tlačný nástroj 22, čímž také vykonává práci v daném materiálu a/nebo látce. Po ukončení své trasy narazí měřicí stolice 14 na koncové spínače 15 a zastaví/reverzují chod. Pomocí koncových spínačů 15 lze zajistit automatizovaný pohyb a práci určenou pro daný tažný či tlačný nástroj 22 v daném měřicím prostředí.

45

V dráze pohybu tažného či tlačného nástroje 22 jsou, jak na nosném rámu 2, tak i na nastavitelném dnu 5 a výměnné desce 6 umístěna čidla 24, 25, 26, 28, 30, 31 a snímače 27, 29, pomocí nichž jsou zjišťovány hodnoty mechanicko-fyzikálních veličin. Tyto naměřené hodnoty zpracovává vyhodnocovací jednotka 34. Řídicí jednotka 33 je nastavena pevně neměnně nebo do automatického režimu, který ji nastavuje optimálně dle naměřených parametrů na potřebný stav chodu. Pro zjištění reálných rychlostí, polohy a směru pohybu materiálu a pohybujících se částí validačního zařízení 1, je skrz průhledné bočnice 8 snímán tento pohyb nejméně jednou vysokorychlostní kamerou 23. Snímky jsou vyhodnocovány prostřednictvím vyhodnocovací jednotky 34.

50

Vyhodnocením snímků z kamery 23 umístěné uvnitř nebo vně validačního zařízení 1, je možno vytvořit pomocí PIV metody plošnou mapu vektorových polí. Kombinací snímků zachycených jak vysokorychlostní kamerou 23 umístěnou na snímacím zařízení 21 uvnitř validačního zařízení 1, tak i vysokorychlostní kamerou 23 umístěnou vně validačního zařízení 1, je možno vytvořit pomocí PIV metody prostorovou mapu vektorových polí.

Aby bylo možno upravovat mechanicko-fyzikální vlastnosti materiálu během dopravy, je na validačním zařízení 1 v různých místech umístěn nejméně jeden vstup 35 a nejméně jeden výstup 36 pro látky ovlivňující mechanicko-fyzikální vlastnosti. Pro ověřování a validaci celého spektra problémů tažných a tlačných nástrojů 22 je konstrukce validačního zařízení 1 rozměrově upravitelná. Díky rozebíratelnému stavebnicovému systému je možno validaci přizpůsobit na daný problém či materiál.

Po provedení validačního měření se naměřené a uložené hodnoty ze snímačů a čidel vynesou do srovnávacích tabulek a grafů tak, aby časově korespondovaly s vygenerovanými hodnotami ze simulační metody DEM. Po srovnání hodnot se zkoriguje výpočet metody DEM úpravou vstupních parametrů, provede se nový výpočet, a pokud se vygenerované hodnoty blíží naměřeným hodnotám z reálného validačního zařízení 1, je možno hodnoty uložit do knihoven dynamického pohybu materiálu, kde jsou připraveny pro optimalizaci vývoje nebo úprav tažných či tlačných nástrojů 22 pomocí metody DEM. Pokud se generované hodnoty z metody DEM neblíží reálným hodnotám z validačního zařízení 1, tak se korekce a výpočet opakuje.

Validační zařízení 1 může být provozováno vodorovně i úkloně.

Příklad výstupu naměřených hodnot rychlostí z reálného prostředí a simulace DEM jsou uvedeny v tabulce 2 a na obrázku 10.

	Čas (s)	Rychlost DEM (m/s)	Rychlost PIV (m/s)		Čas (s)	Rychlost DEM (m/s)	Rychlost PIV (m/s)		Čas (s)	Rychlost DEM (m/s)	Rychlost PIV (m/s)		Čas (s)	Rychlost DEM (m/s)	Rychlost PIV (m/s)
0	0	0	0	26	0.71997	0.897223	0.897223	52	1.44003	0.886943	0.886943	78	2.17002	0.896703	0.896703
1	0.02999	0.503983	0.503983	27	0.74995	0.819196	0.819196	53	1.47001	0.892827	0.892827	79	2.18997	0.941277	0.941277
2	0.05998	0.493813	0.493813	28	0.78004	0.90146	0.90146	54	1.5	0.851306	0.851306	80	2.21996	0.868096	0.868096
3	0.08003	0.533943	0.533943	29	0.81002	0.906382	0.906382	55	1.52998	0.915463	0.915463	81	2.25004	0.830871	0.830871
4	0.11002	0.562743	0.562743	30	0.82998	0.837487	0.837487	56	1.55997	0.916857	0.916857	82	2.28003	0.64682	0.64682
5	0.14001	0.561061	0.561061	31	0.85997	0.8822	0.8822	57	1.58003	0.882515	0.882515	83	2.31002	0.665206	0.665206
6	0.16999	0.51968	0.51968	32	0.88995	0.90679	0.90679	58	1.61001	0.914198	0.914198	84	2.32998	0.500625	0.500625
7	0.19005	0.547171	0.547171	33	0.92004	0.878682	0.878682	59	1.64	0.930691	0.930691	85	2.35996	0.498403	0.498403
8	0.22003	0.52726	0.52726	34	0.94	0.870949	0.870949	60	1.66999	0.839887	0.839887	86	2.39005	0.371429	0.371429
9	0.25002	0.56133	0.56133	35	0.96998	0.9157	0.9157	61	1.69004	0.885357	0.885357	87	2.42003	0.378138	0.378138
10	0.28001	0.660029	0.660029	36	0.99997	0.890138	0.890138	62	1.72003	0.919157	0.919157	88	2.43999	0.207294	0.207294
11	0.30999	0.650199	0.650199	37	1.02995	0.909871	0.909871	63	1.75001	0.876945	0.876945	89	2.46998	0.186981	0.186981
12	0.32995	0.682565	0.682565	38	1.06004	0.908663	0.908663	64	1.78	0.913301	0.913301	90	2.49996	0.183495	0.183495
13	0.36003	0.665638	0.665638	39	1.08	0.898015	0.898015	65	1.80999	0.88932	0.88932	91	2.53005	0.287607	0.287607
14	0.39002	0.746979	0.746979	40	1.10998	0.885291	0.885291	66	1.83004	0.898554	0.898554	92	2.56003	0.179049	0.179049
15	0.42001	0.736947	0.736947	41	1.13997	0.928053	0.928053	67	1.86003	0.944733	0.944733	93	2.57999	0.158866	0.158866
16	0.43996	0.749477	0.749477	42	1.16995	0.913525	0.913525	68	1.89001	0.926381	0.926381	94	2.60998	0.0879747	0.0879747
17	0.46995	0.726116	0.726116	43	1.19001	0.879433	0.879433	69	1.92	0.941373	0.941373	95	2.63996	0.174501	0.174501
18	0.50004	0.761481	0.761481	44	1.22	0.883163	0.883163	70	1.93996	0.893006	0.893006	96	2.67005	0.279768	0.279768
19	0.53002	0.917978	0.917978	45	1.24998	0.891589	0.891589	71	1.97004	0.875858	0.875858	97	2.69001	0.0671907	0.0671907
20	0.56001	0.911907	0.911907	46	1.27997	0.869391	0.869391	72	2.00003	0.93346	0.93346	98	2.71999	0.0501987	0.0501987
21	0.57997	0.884773	0.884773	47	1.30996	0.88855	0.88855	73	2.03002	0.8645	0.8645				
22	0.60995	0.823615	0.823615	48	1.33001	0.911925	0.911925	74	2.06	0.923629	0.923629				
23	0.64004	0.855663	0.855663	49	1.36	0.853874	0.853874	75	2.07996	0.888801	0.888801				
24	0.67002	0.876511	0.876511	50	1.38998	0.881954	0.881954	76	2.11004	0.860972	0.860972				
25	0.68998	0.875884	0.875884	51	1.41997	0.898736	0.898736	77	2.14003	0.915563	0.915563				

Tabulka 2

## PATENTOVÉ NÁROKY

5 1. Validační systém tažných a tlačných nástrojů zahrnující validační zařízení, řídicí jednotku, vyhodnocovací zařízení, snímač otáček, vibrační čidlo a minimálně jednu vysokorychlostní kameru, kde samotné validační zařízení zahrnuje nosný rám, ke kterému je připevněno lineární vedení, které je umístěno nad průhledným měřicím boxem, přičemž lineární vedení zahrnuje pohybový šroub, vodící tyče, ložiskové domky, měřicí stolicu, koncové spínače a pohonnou jednotku tvořenou pružnou spojkou, rozpěrnými trubkami a pohonem a opatřenou nejméně jedním snímačem otáček, kde pohybový šroub je umístěn mezi dvěma ložiskovými domky, které jsou připevněny rozebíratelným spojem k nosnému rámu, na obou koncích pohybového šroubu jsou umístěny koncové spínače, které jsou připevněny k nosnému rámu, k ložiskovým domkům jsou připojeny vodící tyče umístěné rovnoběžně s osou pohybového šroubu, **vyznačující se**  
 10 **tím**, že se jedná o stavebnicový systém, kdy na lineárním vedení s pohybovým šroubem (10), vodícími tyčemi (11), ložiskovými domky (12), koncovými spínači (15) a pohonnou jednotkou (13) je umístěna měřicí stolice (14), která je připevněna k pohybovému šroubu (10) a zahrnuje pojezd (19), který je prostřednictvím upevnění (20) spojen se snímacím zařízením (21), ke kterému je připojen tažný či tlačný nástroj (22) a je opatřena nejméně jedním váhovým čidlem (24)  
 15 a/nebo nejméně jedním tenzometrickým čidlem (25) a/nebo nejméně jedním vlhkostním čidlem (26) a/nebo nejméně jedním teplotním čidlem (30) a/nebo nejméně jedním vibračním čidlem (31) a/nebo nejméně jedním snímačem (27) hluku, pohon (18) je pomocí rozpěrných trubek (17) připojen k ložiskovému domku (12) a spojen pomocí pružné spojky (16) s pohybovým šroubem (10), měřicí box (3) se skládá z průhledných bočnic (8) a přepážky (9), které jsou rozebíratelným  
 20 spojením připevněny k nosnému rámu (2) a dovnitř měřicího boxu (3) je vloženo nastavitelné dno (5), které je k rámu (2) připevněno pomocí upevňovacích kolíků (7) a na dno (5) je vložena vyměnitelná deska (6) a je opatřen nejméně jednou vysokorychlostní kamerou (23) a nejméně jedním váhovým čidlem (24) a/nebo nejméně jedním tenzometrickým čidlem (25) a/nebo nejméně jedním vlhkostním čidlem (26) a/nebo nejméně jedním tomografickým čidlem (28) a/nebo  
 25 nejméně jedním teplotním čidlem (30) a/nebo nejméně jedním vibračním čidlem (31) a/nebo nejméně jedním snímačem (27) hluku a/nebo nejméně jedním snímačem (29) otáček a/nebo nejméně jedním snímačem (32) polohy validačního zařízení (1),

35 přičemž validační zařízení (1), je prostřednictvím řídicí jednotky (33) připojeno vyhodnocovacímu zařízení (34).

40 2. Validační systém tažných a tlačných nástrojů podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že na validačním zařízení (1) je dále umístěn nejméně jeden vstup (42) a nejméně jeden výstup (43) pro látky ovlivňující mechanicko-fyzikální vlastnosti.

45 3. Validační systém tažných a tlačných nástrojů podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že měřicí stolice (14) se skládá z horního pojezdového lože (I), ke kterému je pomocí rozebíratelného spoje (V) připevněné dolní pojezdové lože (II), přičemž mezi horní pojezdové lože (I) dolní pojezdové lože (II), je vložena minimálně jedna pohybové matice (IV), která je připevněna k hornímu pojezdovému loži (I) a dolnímu pojezdovému loži (II) pomocí rozebíratelného spoje (V), dále je na horní pojezdové lože (I) připevněn minimálně jeden pojezdový váleček/ložisko (III) na osách, které jsou pojištěny pomocí přídržných destiček (II), které jsou připevněny pomocí rozebíratelného spoje (V), pomocí přídržného čepu (IV), jsou pojezdové válečky/ložiska (III) přichyceny k dolnímu pojezdovému loži (II) pomocí rozebíratelného spoje (V), tyto pojezdové válečky/ložiska (III) umístěné na horním pojezdovém loži (I) a dolním pojezdovém loži (II), aretují vertikální pohyb a výchylky měřicí stolice (14) a dále, na horním pojezdovém loži (I), jsou zespod na bocích připevněny pojezdové válečky/ložiska (III) pomocí přídržných čepů (IV) a rozebíratelného spoje (V), tyto pojezdové válečky/ložiska (III) poté aretují boční pohyb a výchylky měřicí stolice (14).

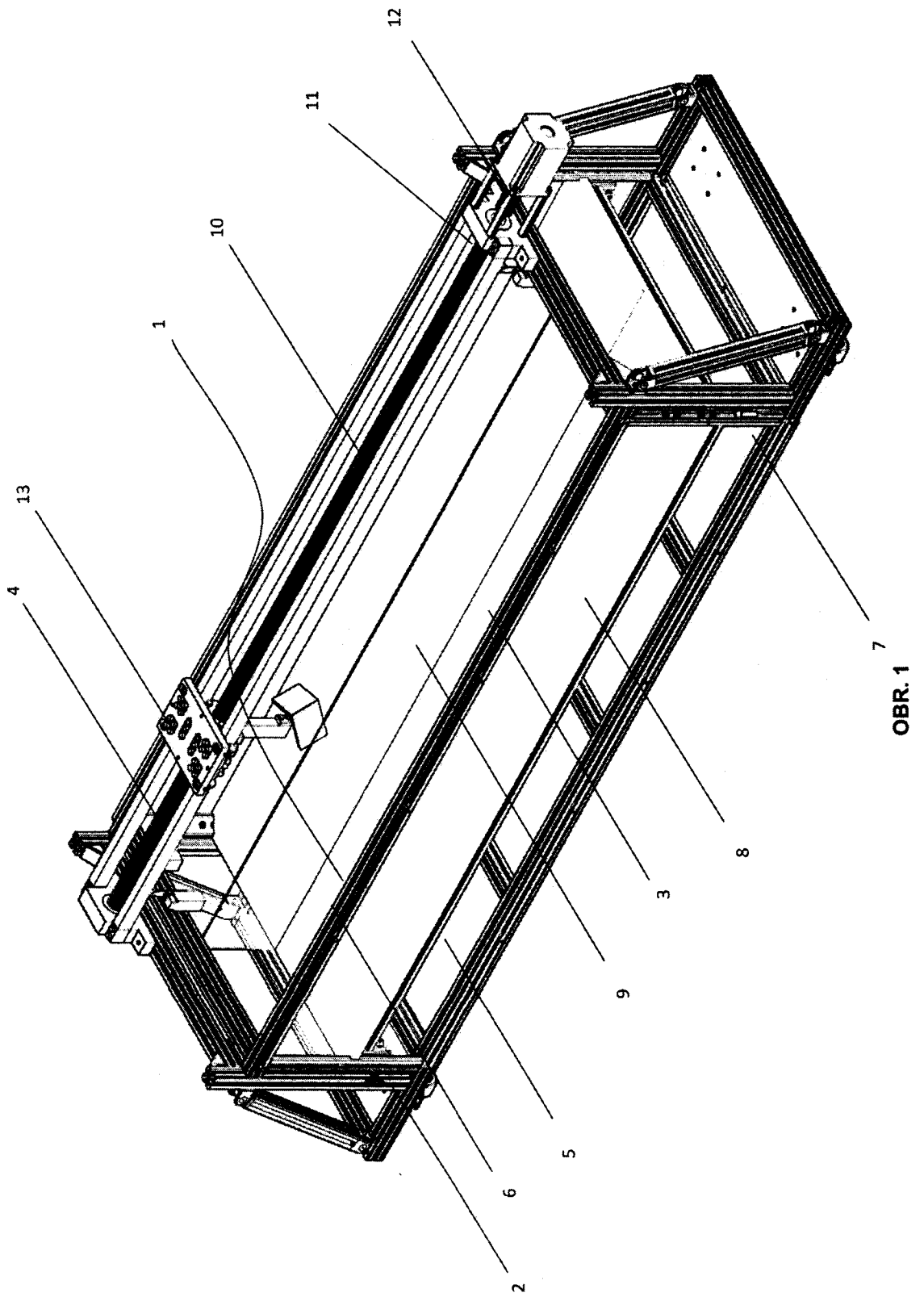
4. Validační systém tažných a tlačných nástrojů podle nároku 3, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že pojezdové válečky/ložiska (III) se aretují pomocí vodících tyčí (11) a přímočarý pohyb vzniká pomocí transformace rotačního pohybu přes pohybový šroub (10) a pohybovou matici (IV).
5. Způsob modelování mechanických procesů pomocí validačního systému podle nároků předchozích nároků, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že je upraven stavebnicový systém validačního zařízení tedy se nejprve pomocí přepážky (9) a výškově nastavitelného dna (5) upraví potřebná velikost provozní části měřicího boxu (3) a dále se nejprve s kalibračním standardem a poté s jedním nebo více validovanými materiály provedou následující kroky: dovnitř měřicího boxu (3) se vloží materiál případně další látka, na snímací zařízení (21) se připevní vybrané tažné či tlačné zařízení (22), uvede se do pohybu pohon (18), případně se parametry pohonu (18) upraví pomocí řídicí jednotky (33), zařízení (22) se přímočaře pohybuje vloženým materiálem až do okamžiku, kdy měřicí stolice (14) narazí na koncové spínače (15) a zastaví nebo reverzuje chod, přičemž během pohybu zařízení (22) jsou pomocí čidel (24, 25, 26, 28, 30, 31) a/nebo snímačů (27, 29, 32) snímány hodnoty mechanicko-fyzikálních veličin, které jsou následně zpracovávány vyhodnocovací jednotkou (34) a současně je jak přímo v měřicím boxu (3), tak i skrz průhledné bočnice (8) pomocí vysokorychlostních kamer (23) snímán pohyb materiálu, z jehož záznamu se vytvoří vektorová mapa rychlostí, přičemž se také provede softwarové modelování taženého či tlačného materiálu a jeho simulace a po provedení validačního měření se naměřené hodnoty ze snímačů a/nebo čidel vynesou do srovnávacích tabulek a grafů tak, aby časově korespondovaly s vygenerovanými hodnotami ze simulace, po srovnání hodnot se zkoriguje výpočet vstupních parametrů simulace jejich úpravou, provede se nový výpočet, přičemž se korekce a výpočet opakují tak dlouho, dokud se vygenerované hodnoty neblíží naměřeným hodnotám z reálného validačního zařízení (1).
6. Způsob modelování mechanických procesů podle nároku 5, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že mechanicko-fyzikální vlastnosti se ovlivňují přidáním látek přiváděných do validačního zařízení (1) pomocí vstupů (35) a/nebo odebráním látek pomocí výstupů (36).

## 10 výkresů

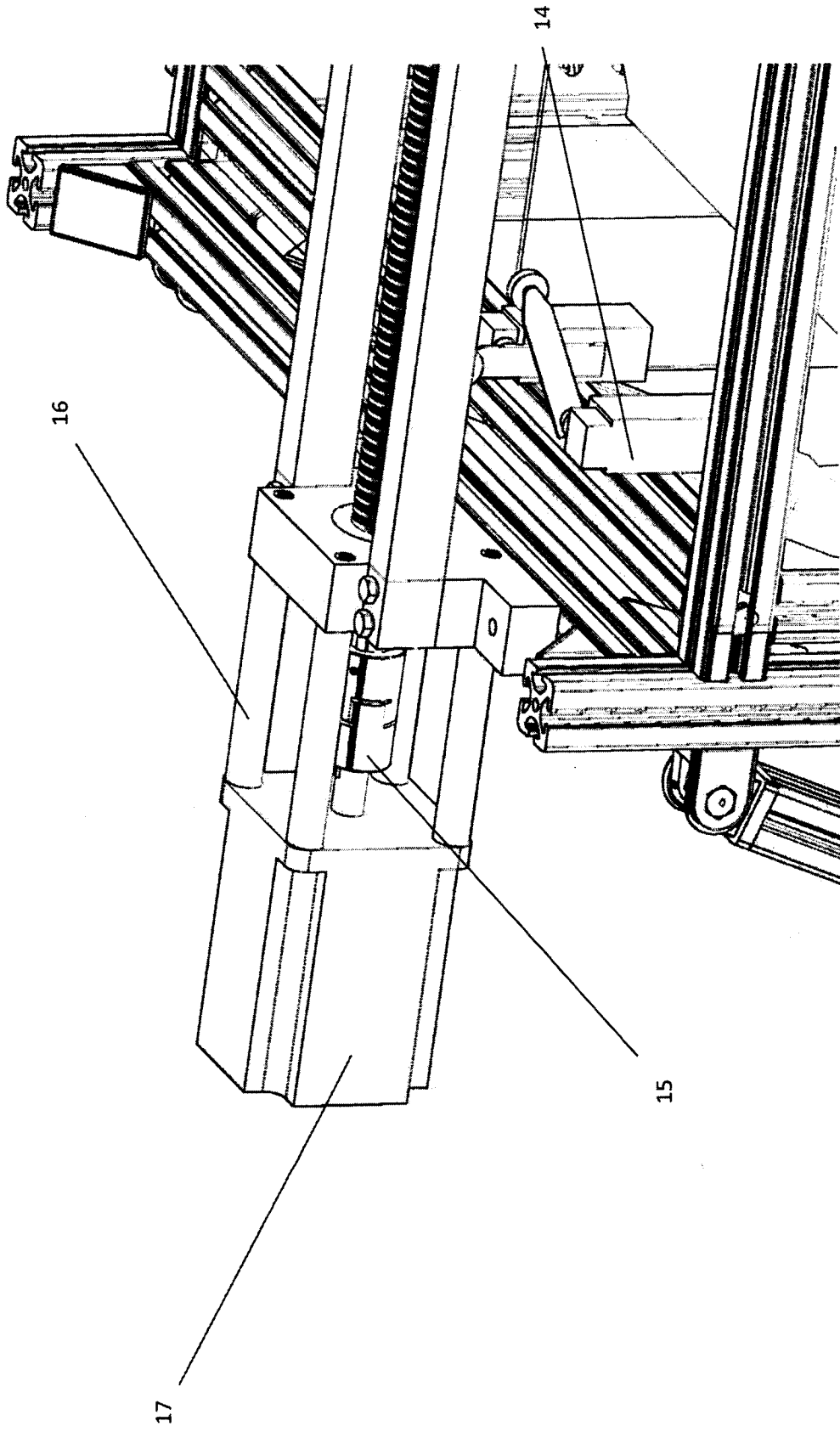
## Seznam vztahových značek:

- 1 - Validační systém tažných a tlačných nástrojů
- 2 - Nosný rám
- 3 - Průhledný měřicí box
- 4 - Lineární vedení
- 5 - Nastavitelné dno
- 6 - Vyměnitelná deska
- 7 - Upevňovací kolík
- 8 - Průhledné bočnice
- 9 - Přepážka
- 10 - Pohybový šroub
- 11 - Vodící tyč
- 12 - Ložiskový domek
- 13 - Pohonná jednotka
- 14 - Měřicí stolice
- 15 - Koncové spínače
- 16 - Pružná spojka
- 17 - Rozpěrná trubka
- 18 - Pohon
- 19 - Pojezd lineárního vedení

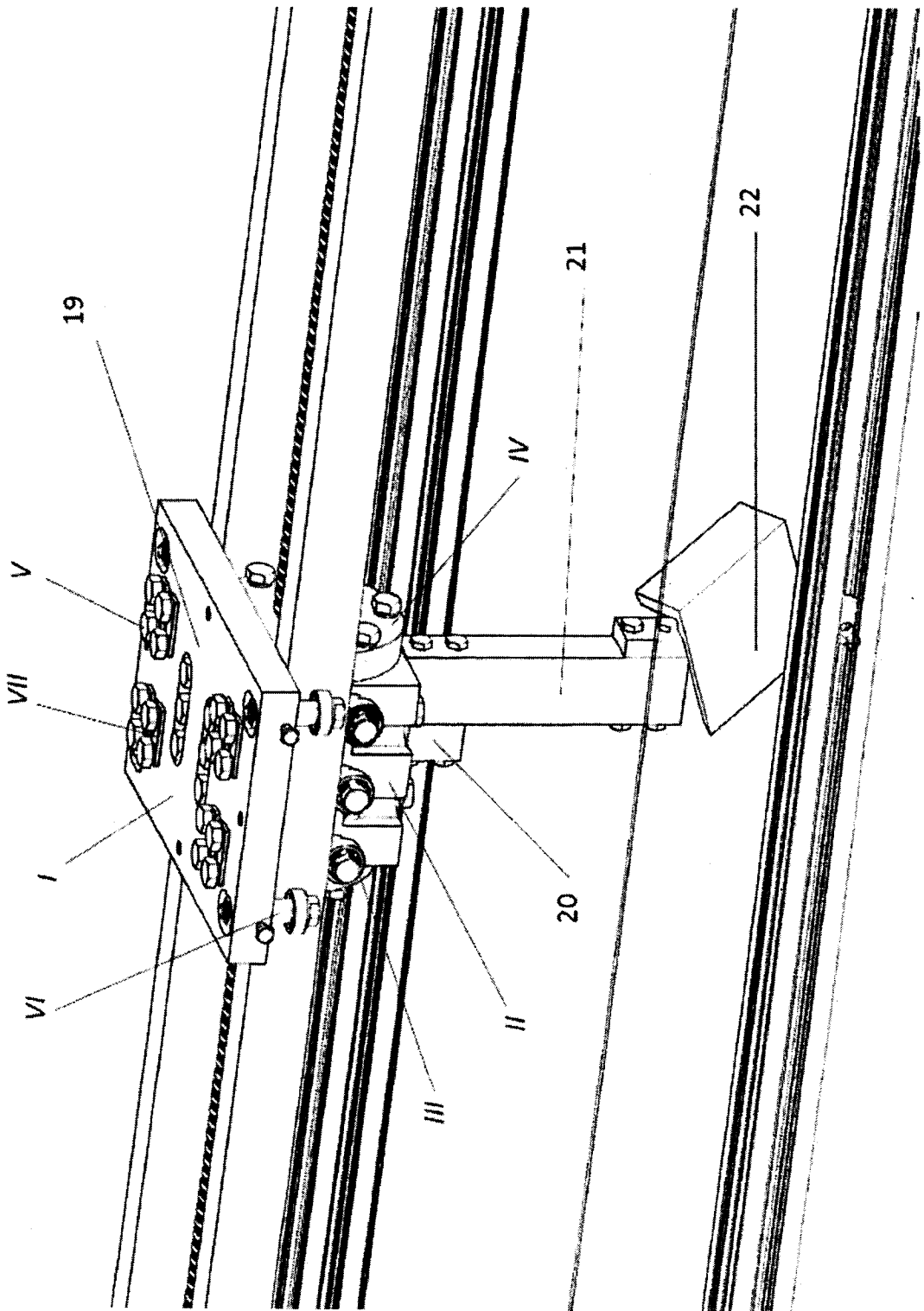
- 20 - Upevnění
- 21 - Snímací zařízení
- 22 - Tažný a tlačný nástroj
- 23 - Vysokorychlostní kamera
- 5 24 - Váhové čidlo
- 25 - Tenzometrické čidlo
- 26 - Vlhkostní čidlo
- 27 – Snímač hluku
- 28 - Tomografické čidlo
- 10 29 - Snímač otáček
- 30 - Teplotní čidlo
- 31 - Vibrační čidlo
- 32 - Snímač polohy validačního zařízení
- 33 - Řídící jednotka
- 15 34 - Vyhodnocovací jednotka
- 35 - vstup látky
- 36 – výstup látky



OBR. 1

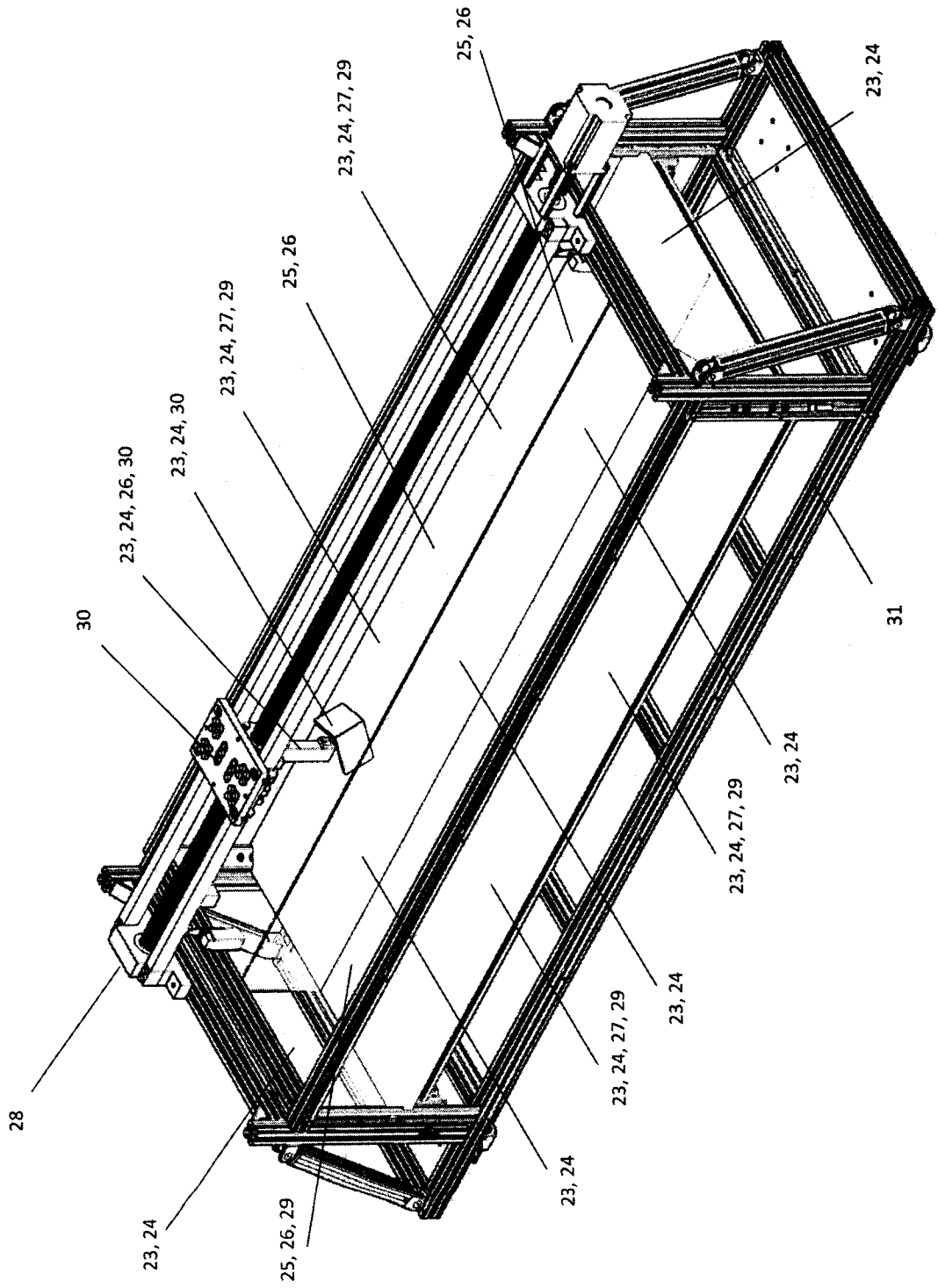


OBR. 2

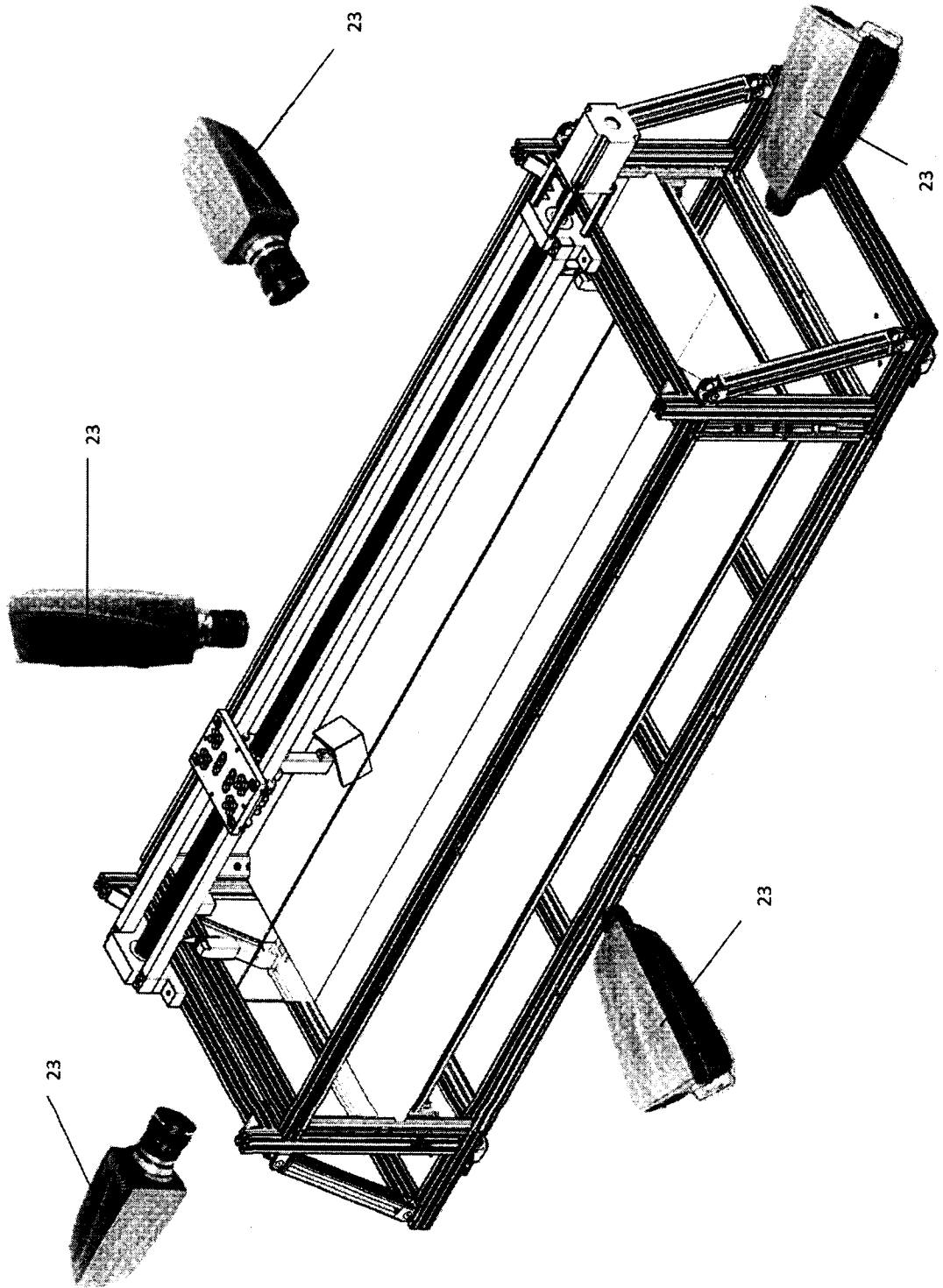


OBR. 3

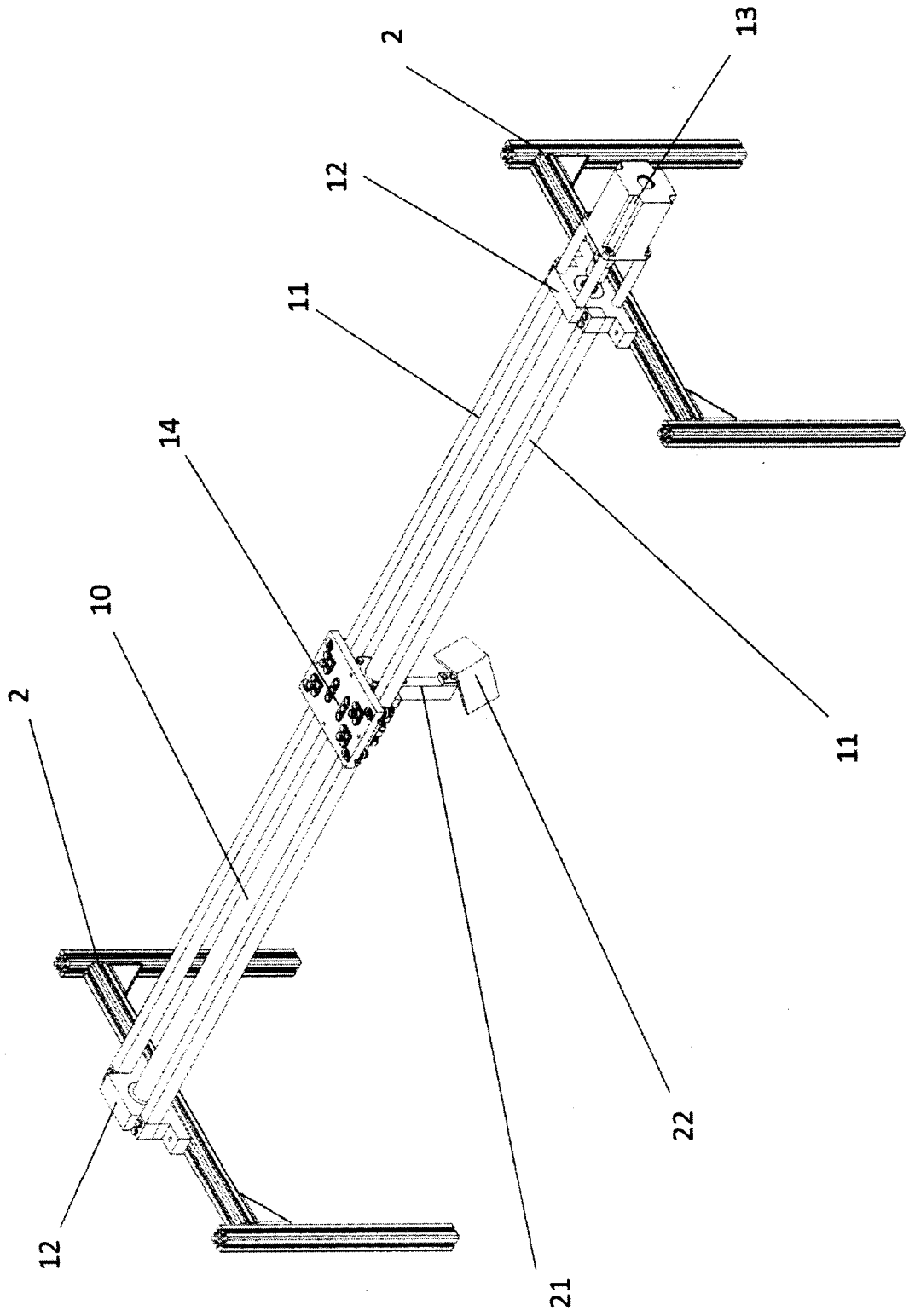




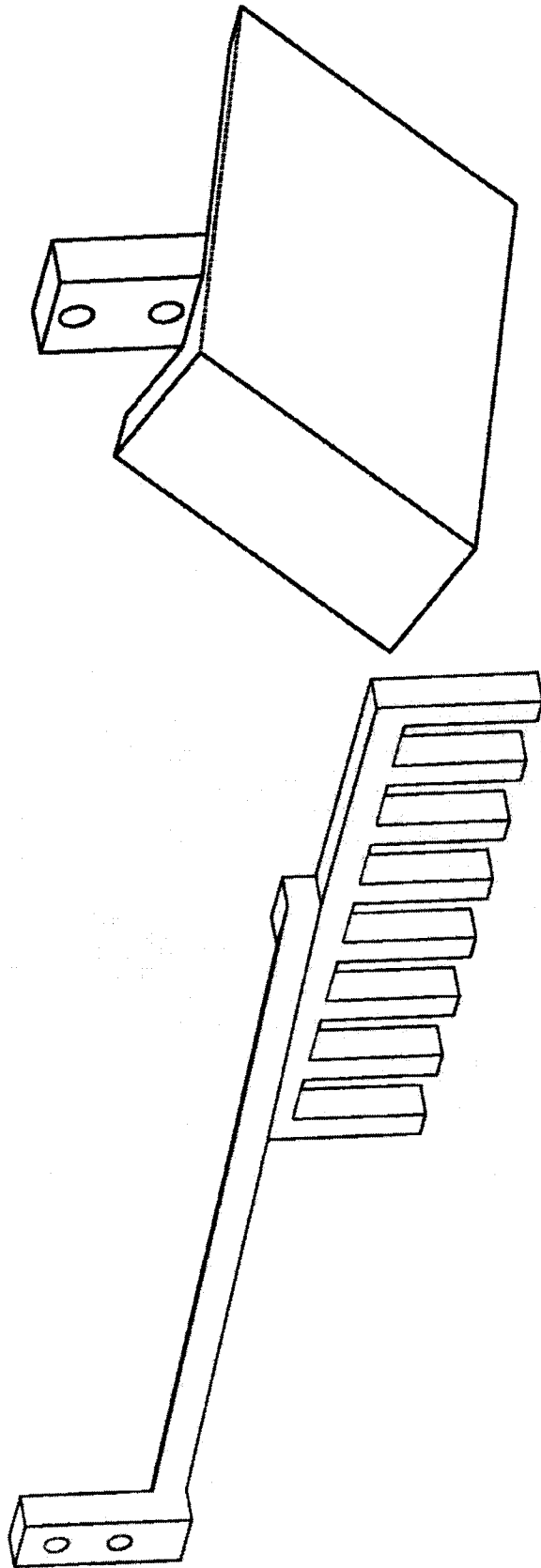
OBR. 4



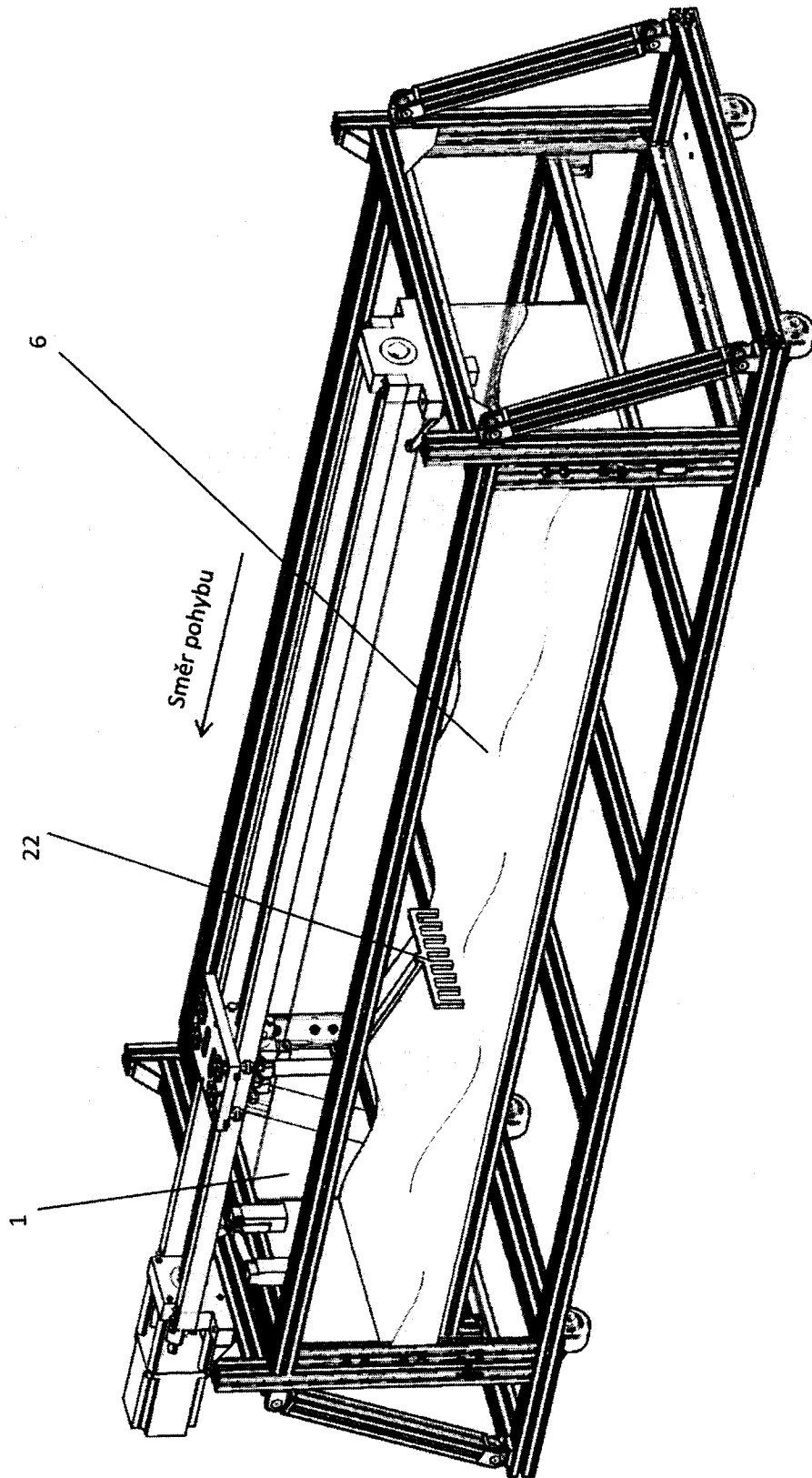
OBR. 5



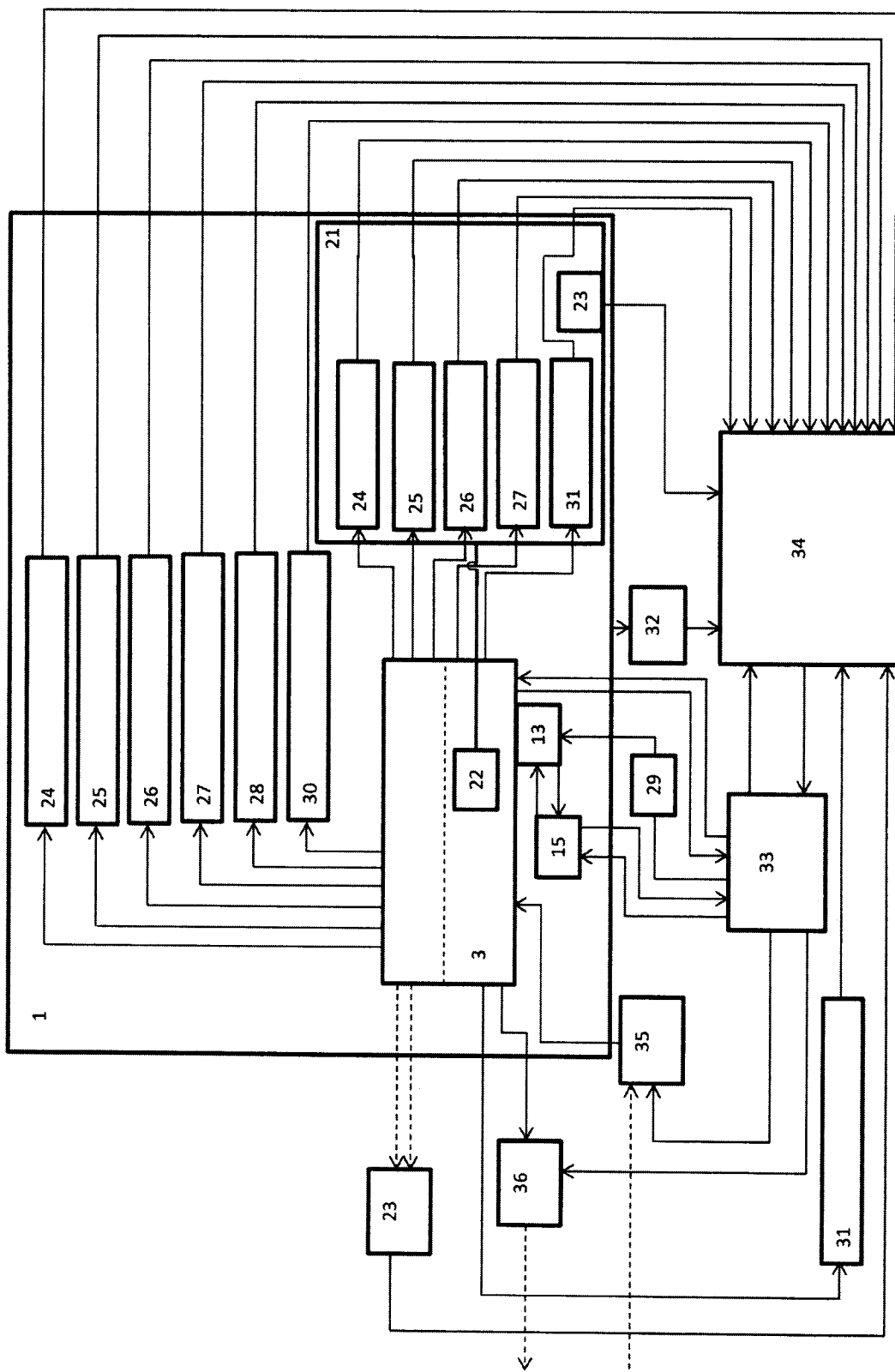
OBR. 6



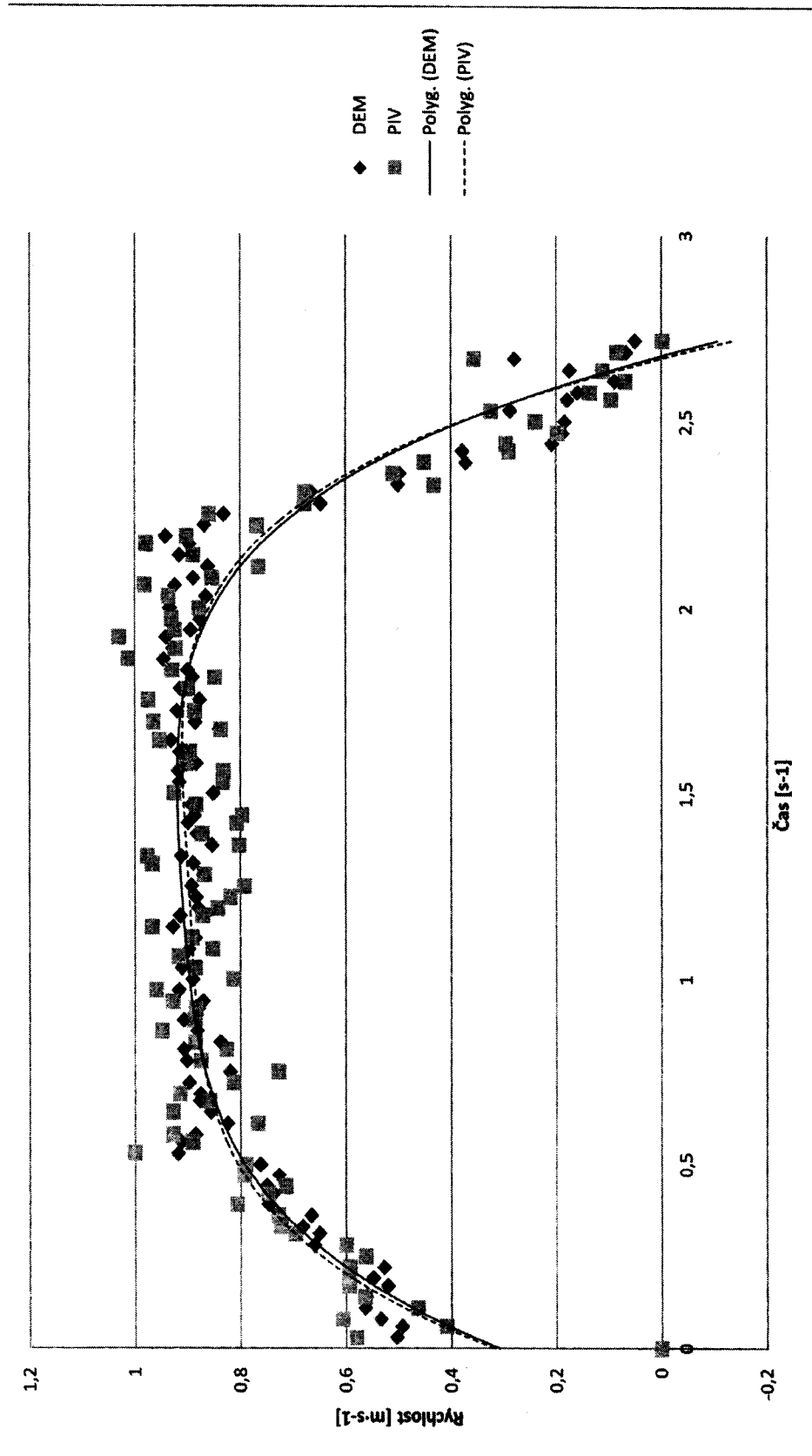
OBR. 7



OBR. 8



OBR. 9



OBR. 10

Konec dokumentu