

PATENTOVÝ SPIS

(11) Číslo dokumentu:

304 329

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.:

B65G 43/08 (2006.01)
B65G 47/22 (2006.01)
G01F 1/704 (2006.01)
G01F 1/74 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2013-312**
(22) Přihlášeno: **25.04.2013**
(30) Právo přednosti: **25.04.2013 CZ**
(40) Zveřejněno: **05.03.2014**
(Věstník č. 10/2014)
(47) Uděleno: **22.01.2014**
(24) Oznámení o udělení ve věstníku: **05.03.2014**
(Věstník č. 10/2014)

(56) Relevantní dokumenty:

GB 1235856 A; 71737; 71738; 71739; 71740.

(73) Majitel patentu:

Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava,
Ostrava-Poruba, CZ

(72) Původce:

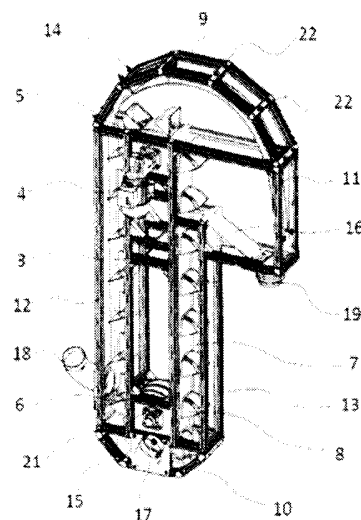
Gelnar Daniel Ing., Ostrava-Poruba, CZ
Zegzulka Jiří Prof. Ing. CSc., Ludgeřovice, CZ
Nečas Jan Ing. Ph.D., Ostrava-Hrabová, CZ
Juchelková Dagmar Prof. Ing. Ph.D., Velká Polom,
CZ

(54) Název vynálezu:

**Validační korečkový elevátor pro
modelování mechanických procesů a způsob
modelování mechanických procesů**

(57) Anotace:

Řešení se týká zjišťování vlivu vlastností sypkých (partikulárních) hmot na funkčnost dopravy. Řeší provádění kontrolních a simulačních experimentů, zejména simulaci procesů dopravy na korečkovém elevátoru, simulaci proudových a rychlostních polí, interakcemi mezi konstrukčními prvky a dopravovanými hmotami majícími vliv na dopravu u korečkových elevátorů. Řešení se používá k návrhu nových korečkových elevátorů metodu DEM (Discrete element method). Na základě naměřených hodnot fyzikálních a mechanických vlastností reálného materiálu se pomocí programování v aplikaci EDEM vytvoří reálná směs pro dynamickou simulaci. Potřebné optimalizační parametry se získají měřením na fyzických modelech reálných korečkových elevátorů. Snímat, vyhodnocovat, optimalizovat lze širokou škálu údajů, např. rychlost částic, točivý moment konstrukce, teplotu, tlak, vlhkost, Poissonovu konstantu, velikost a tvar částic atd. Hodnoty z reálného měření a simulace se pak porovnávají a na jejich základě může obsluha zařízení provést případnou změnu parametrů dopravy. Naměřené hodnoty jsou archivovány a lze je kdykoli použít pro optimalizaci stávajících nebo návrh nových korečkových elevátorů.



CZ 304329 B6

Validační korečkový elevátor pro modelování mechanických procesů a způsob modelování mechanických procesů

5 Oblast techniky

Vynález se týká zjišťování vlivu vlastností sypkých (partikulárních) hmot na funkčnost dopravy. Řeší provádění kontrolních a simulačních experimentů, zejména simulaci procesu dopravy na korečkovém elevátoru, simulaci proudových a rychlostních polí, interakcemi mezi konstrukčními prvky a dopravovanými hmotami majícími vliv na dopravu u korečkových elevátorů.

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 ať
20 konkrétního typu elevátoru či zásobníku vyžadují své specifické přístupy. Ty s sebou přináší 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 korečkového elevátoru, lze urychlit svislou dopravu materiálu, avšak z hlediska ekonomického spotřebuje tento pohon více energií
30 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 dopravnících 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 součástí. V oblasti svislé a úklonné dopravy korečkovým
35 elevátorem, není zcela specifikovaný vliv tvaru částic dopravované hmoty na proces dopravy. Řešení tohoto problému v povýrobním procesu zařízení není z hlediska jeho existence optimální. Problém částečně řeší matematický model pohybu částic ve validačním korečkovém elevátoru, 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
40 procesu dopravy na korečkovém elevátoru. Samotný princip urychlování částic při dopravě pomocí korečků 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 vhodné.

45 Korečkové elevátory se v praxi často používají k 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 starosti, 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 neprůchodnosti materiálu touto tratí, k odstávce zařízení a ztrátě nemalých financí. Naopak nově navrhovaná zařízení nelze uzpůsobit tak, aby vyhovovala celému spektru materiálů a dopravních podmínek.

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 např. 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 doposud nešlo bez výroby prototypu a následného odzkoušení. 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.

Konstrukční uspořádání korečkových elevátorů jsou popsána např. ve Jasan V., *Teória a stavba elevátorov*, Vysoká škola technická v Košiciach, 1984 nebo ve Dražan F., *Teorie a stavba elevátorů*, České vysoké učení technické v Praze, 1983.

Podstata vynálezu

Uvedené nevýhody dosavadního stavu techniky řeší způsob a zařízení pro validaci kinetiky pohybu částic sypké hmoty na korečkovém elevátoru podle vynálezu.

Konstrukčně je korečkový elevátor řešen tak, že jeho tělo je umístěno na stojanu a lze jej natáčet, tedy provozovat i v nakloněném stavu. Skládá se z vyztuženého nosného rámu, pohonu, poháněcího bubnu, nekonečného tažného elementu s korečky jako nosnými elementy, průhledných i neprůhledných krytů, které mohou být i odnímatelné a řídicí jednotky. Pro sledování pohybu materiálu je kolem elevátoru rozmístěna jedna, nebo více vysokorychlostních kamer.

Elevátor je opatřen nejméně jednou vysokorychlostní kamerou a/nebo minimálně jedním snímačem otáček a/nebo minimálně jedním váhovým čidlem a/nebo minimálně jedním snímačem točivého momentu a/nebo minimálně jedním mikrofonom a/nebo minimálně jedním tomografickým čidlem, jejichž výstupy jsou spojeny s vyhodnocovacím zařízením, přičemž snímač otáček je také připojen na hřídel poháněcího či vratného bubnu se zpětnou vazbou do řídicí jednotky.

Korečkovým elevátorem podle vynálezu je myšlen jakýkoli typ korečkového dopravníku pro svislou nebo úklonnou dopravu sypkého materiálu.

Vyhodnocovacím zařízením podle vynálezu je myšleno zařízení, které vyhodnocuje údaje ze snímačů a čidla náklonu, 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.

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 odporových prvků, nastavení skluzové desky, nastavení náběrné a vodící plochy a náklon těla elevátoru. Do řídicí jednotky vstupují údaje ze snímače otáček a pohonu. Z řídicí jednotky vystupují povely pro pohon, otáčení stojanu, vstupy a výstupy, energií a látek a povely pro vyhodnocovací jednotku.

Pohonem podle vynálezu je myšlen jakýkoli typ motoru, např. elektro–převodovka.

Pojmem snímač hluku podle tohoto vynálezu je myšlen mikrofón.

Pojmem snímač a čidlo podle tohoto vynálezu vyjadřují totéž.

Pojmem tažný element podle tohoto vynálezu je myšlen pás, řetěz, drát nebo lano.

Pojmem odporový prvek podle tohoto vynálezu je myšlen element, který svým tvarem a pohybem narušuje nebo odklání tok dopravovaného materiálu a vytváří tak nové podmínky toku. Např. materiál při nárazu na odporový prvek degraduje nebo komprimuje. Odporové prvky tak napomáhají vytvářet nové situace v dopravě, které by bez použití tohoto komponentu normálně nenastaly.

Zařízení je možno provozovat jako cirkulační (pomocí propojení násypné a výsypné části) nebo jako „průtokové“, kde jsou na vstupu a výstupu (násypu a výsypu) zásobníky. Při „průtokovém“ zapojení je možno také průběžně zjišťovat, jakým způsobem se materiál změnil (zda degradoval apod.).

Validační korečkový elevátor je za účelem dosažení optimálního způsobu dopravy opatřen nastavitelnými plochami, které lze i tvarovat. Tvarování ploch v horní části elevátoru (vodicí plocha a skluzová deska) slouží k neefektivnějšímu vedení materiálu do regulační výsypky. Díky tomuto vedení materiálu lze naopak rozptylovat dopravovaný materiál do prostoru výsypu a tím docílit např. oddělení prachových částic od pevných. Tvarování ploch ve spodní části elevátoru (náběrná plocha) napomáhá k zefektivnění náběru při brodění korečku materiálem a zajišťuje tak maximální naplnění nosného elementu. Díky tomuto vedení materiálu lze naopak docílit drcení materiálu při náběru.

Podstatou vynálezu je optimalizace a validace vlastností komponentů korečkových elevátorů a vlastností dopravovaných materiálů. Optimalizuje se a validuje se urychlování částic v závislosti na rychlosti a hmotnosti dopravovaných částic, mechanicko-fyzikálních vlastností hmoty a na rychlosti či odporu korečků 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 spolu se zajištěním funkčnosti zařízení požadovaného principu korečkového elevátoru.

Jedna z možností, jak provést validaci celého principu a procesu provozu je založena na optickém měření a snímání elevátoru a dopravovaného materiálu minimálně jedním vysokorychlostním kamerovým systémem v jednotlivých konstrukčně funkčních a procesně dopravních úsecích zařízení, kde dochází k rozdílnému urychlování částic dopravovaného materiálu.

Výhodou je možnost identifikace a validace kritických konstrukčních a principiálních dopravních procesních přechodových míst, či kritických nastavovacích optimalizačních parametrů v oblasti efektivní dopravy a urychlování částic materiálu korečkovým elevátorem, nebo možnost mapování vlivu mechanicko-fyzikálních vlastností a konkrétního množství materiálu v korečkovém elevátoru pro různé zátěže. Další výhodou je zejména zjištění a dosažení efektivní bezztrátové dopravy materiálu korečky v případech, kdy dochází ke shlukům a hromadění částic.

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

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

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

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.

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 aplikaci EDEM programovány v procesech podle naměřené granulometrie a dalšího souboru vstupních naměřených hodnot a vytvoří se tak reálná směs pro dynamickou simulaci.

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 simulaci DEM. Další možnost je modelace zařízení přímo v aplikaci EDEM, což je ovšem z hlediska složitosti ovládání při tvorbě modelu náročnější. Řešení podle vynálezu využívá obou těchto možností.

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 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 korečkových elevátorech. 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.

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

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

Hlavními vstupními parametry do metody DEM jsou třecí koeficienty, měrná hmotnost materiálu částic, koeficient restituace, 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 užitím PIV vyhodnocovací metodiky. Podstatou kalibrace hmoty v DEM je dosáhnout stavu chování jak je tomu u skutečné hmoty.

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 diskutá-

bilní. Je zapotřebí znát také hodnoty statického tření, jelikož výpočetní jádro aplikace DEM 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 korečků 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 parametr interakce tření mezi jednotlivými částicemi.

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.

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

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.

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 rozmezích, které s využitím 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 na korečkovém elevátoru. Výstupem ze simulace DEM jsou hodnoty rychlostních polí, kinetické a potenciální energie, či například hodnoty točivého momentu geometrie korečků. Získané výsledky nemají žádnou hodnotu, pokud nejsou nijak srovnávány s reálnými experimenty. Validace je umožněna moderním měřicím PIV systémem využívajícím ke snímání pohybu či změny polohy dopravovaných částic vysokorychlostní kameru a sofistikovaný výpočetní software.

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.

Souhrnně lze říci, že pro návrh nového nebo optimalizaci stávajícího elevátoru se použije simulační metoda, podle tohoto vynálezu metoda DEM. Simulační metody je třeba ověřit, např. matematickými metodami, podle tohoto vynálezu pomocí aplikace EDEM. K ověřování a validaci je nutno také postavit fyzický model (prototyp) korečkového elevátoru. Toto ověřovací zařízení slouží k validaci matematických metod, aby bylo možno potvrdit, že výsledky simulace odpoví-

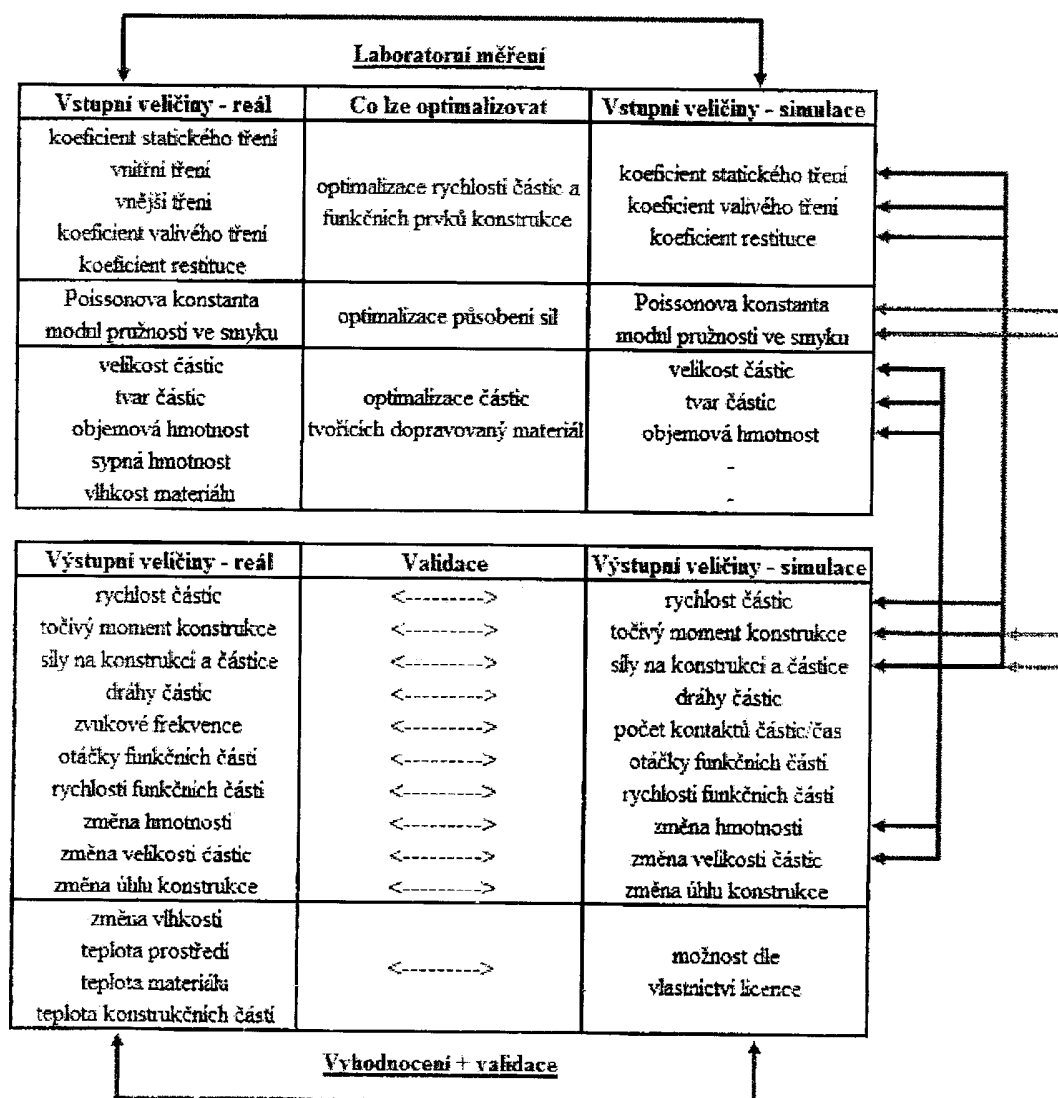
dají realitě a tyto výsledky jsou v praxi použitelné. Při této simulaci prostředí zařízení se provádí snímání mechanických veličin elektronickou cestou (tlak, otáčky, spotřeba energie, tření apod.). Oblastí zájmu jsou především oblasti, kde se výrazně mění dynamický tok materiálu, což jsou především místa plnění a vyprazdňování zařízení. Sleduje se jak materiál dopravovaný, tak i materiál, ze kterého je elevátor sestaven. Snímání se provádí přímými metodami – na zařízení jsou umístěna čidla (zejména teplotní čidla, vlhkostní čidla tlaková čidla, čidla 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 korečkového elevátoru.

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.

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

20

Tabulka 1 – Souhrn vstupů a výstupů validace reálného a simulačního prostředí:

Přehled obrázků na výkresech

5

Vynález je blíže objasněn s pomocí výkresů, na kterých:

obrázek 1 znázorňuje mechanickou část validačního korečkového elevátoru,

10

obrázek 2 tělo validačního korečkového elevátoru,

obrázek 3 tělo validačního korečkového elevátoru bez krytování,

obrázek 4 naklápění validačního korečkového elevátoru,

15

obrázek 5 umístění kamer pro snímání pohybu dopravovaného materiálu,

obrázek 6 umístění snímačů/čidel (váhové, snímač točivého momentu, teplotní, vlhkostní, mikrofon, vibrační, snímač otáček, tlakové) na těle validačního elevátoru,

20

- obrázek 7 umístění snímačů/čidel na stojanu korečkového elevátoru a cirkulačního propojení,
- obrázek 8 umístění vstupujících a vystupujících médií do procesu dopravy,
- 5 obrázek 9 zobrazení napojení vstupních a výstupních zásobníků,
- obrázek 10 měřítková změna validačního zařízení,
- obrázek 11 délková změna validačního zařízení,
- 10 obrázek 12 šířková změna validačního zařízení,
- obrázek 13 tvarová změna profilu trati nosných prvků zařízení,
- 15 obrázek 14 změna tvaru a materiálu nosných prvků zařízení,
- obrázek 15 změna rozteče nosných elementů,
- obrázek 16 změna počtu a uspořádání nosných elementů,
- 20 obrázek 17 vertikální a horizontální posunutí násypky a výsypky a přidávání vstupů a výstupů zařízení,
- obrázek 18 změna a nastavení vnitřního prostoru násypu a výsypu, náběrné a vodicí plochy v hlavě a patě elevátoru náběrné a vodicí plochy v hlavě a patě elevátoru,
- 25 obrázek 19 umístění odporových prvků,
- obrázek 20 základní elementární kalibrační částice,
- 30 obrázek 21 blokové schéma pro popis příkladu provedení 2 – vstupní a výstupní vertikální i úklonná validace s hrabacím, násypným nebo kombinovaným způsobem plnění,
- obrázek 22 vyobrazení korečkového validačního elevátoru z příkladu provedení 2 – vertikální s kombinovaným způsobem plnění,
- 35 obrázek 23 vyobrazení korečkového validačního elevátoru z příkladu provedení 2 – úklonný s hrabacím způsobem plnění,
- obrázek 24 vyobrazení korečkového validačního elevátoru z příkladu provedení 2 – úklonný s násypným způsobem plnění,
- 40 obrázek 25 a, b graf naměřených rychlostí z reálného prostředí a ze simulace podle příkladu 2,
- 45 obrázek 26 blokové schéma pro popis příkladu 3 – cirkulační vertikální i úklonná validace s vstupem cirkulace do hrabací, nebo násypné větve,
- obrázek 27 vyobrazení korečkového validačního elevátoru z příkladu provedení 3 – vertikální cirkulační s hrabacím vstupem cirkulace,
- 50 obrázek 28 vyobrazení korečkového validačního elevátoru z příkladu provedení 3 – úklonný cirkulační s násypným vstupem cirkulace,
- obrázek 29 a, b graf naměřených hmotností z reálného prostředí a ze simulace podle příkladu 3,
- 55

obrázek 30 blokové schéma pro popis příkladu 4 – kombinovaná vertikální i úklonná validace s cirkulačním i necirkulačním vstupem do hrabací, nebo násypné větve,

5 obrázek 31 vyobrazení korečkového validačního elevátoru z příkladu provedení 4 – vertikální cirkulační s násypným vstupem cirkulace s násypem,

obrázek 32 vyobrazení korečkového validačního elevátoru z příkladu provedení 4 – úklonný cirkulační s hrabacím vstupem cirkulace a násypem,

10 obrázek 33 a, b graf naměřených sil působících na konstrukci z reálného prostředí a ze simulace podle příkladu 4,

obrázek 34 blokové schéma pro popis příkladu 5 – brodění nosných elementů v pracovní šachtě validačního zařízení,

15 obrázek 35 brodění nosných elementů v pracovní šachtě validačního zařízení a

obrázek 36 a, b graf naměřených hmotností z reálného prostředí a ze simulace podle příkladu 5.

20

Příklady provedení vynálezu

25 Požadavky zákazníků na korečkové elevátory mohou být dosažení velkých dopravních výšek, dopravních výkonů, rychlostí a zároveň snížení výrobních nákladů, spotřeby elektrické energie, opotřebení součástí a snížení hluku. Na problém plnění a vyprazdňování zařízení je třeba pohlížet tak, aby se co nejvíce omezily ztráty při chodu elevátoru. K optimalizaci těchto procesů slouží níže uvedené příklady provedení.

30 Příklad 1 – Konstrukce validačního korečkového elevátoru

Validační korečkový elevátor sestává ze dvou hlavních částí, a to stojanu 2 a těla 1. Obě tyto části jsou vůči sobě otočně provázány přes příčný středový nosník, který je složený z čtyřhranného hliníkového profilu upevněného šrouby k tělu 1 a do něj vsazené dlouhé kruhové tyče zajištěné šrouby. Konce této tyče jsou uloženy v ložiskových domcích a zajištěny šroubem proti axiálnímu posunutí. Ložiskové domky jsou přichyceny pomocí 4 šroubů ke stojanu 2. Tento stojan 2 je tvořen ze stavebnicového systému, který se skládá z hliníkových profilů, které mají po stranách montážní drážky a díry. Tyto profily jsou navzájem mezi sebou pospojovány šrouby s drážkovými maticemi. Na spodní základové části stojanu jsou připevněny pomocí šroubů a drážkových matic dva nosné plechy se čtyřmi otočnými kolečky opatřenými brzdou. Tato kolečka jsou přichycena k tomuto nosnému plechu také pomocí šroubů a matic. Horní strana těchto nosných plechů může také sloužit jako odkládací plocha. Tělo 1 korečkového elevátoru je také vytvořeno ze stavebnicového systému hliníkových profilů a pospojováno přes drážky a otvory pomocí šroubů a drážkových matic. Profily jsou pospojovány tak, aby vytvořili základní nosnou konstrukci 3 pro uložení poháněcího bubnu 5 a vratného bubnu 6 a zároveň průhledné odnímatelné kryty zařízení jako jsou kryt 9 hlavy elevátoru, kryt 10 paty elevátoru, kryt 11 prostoru výstupu, kryt 12 šachty pracovní větve a krytu 13 šachty vratné větve. Všechny tyto kryty jsou k sobě pospojovány pomocí šroubů a drážkových matic. V horní části (hlavě) korečkového elevátoru je k nosnému rámu 3 přichycena pomocí dvou šroubů elektro–převodovka, která je zároveň nasazena na hřídel poháněcího bubnu 5. Ten je otočně uložen ve dvou ložiskových domcích s kuličkovými ložisky, které jsou pomocí 4 šroubů a matic připevněny k přídržným plechům těla elevátoru. Ve spodní části těla 1 elevátoru je stejným způsobem uložen i vratný buben 6. Přes tyto dva bubny je natažen nekonečný tažný element 7, na který se pomocí tření z poháněcího bubnu 5 přenáší hlavní pracovní pohyb. Tento tažný element 7 má na sobě připevněny pomocí dvou šroubů a matic nosné elementy 8, které vykonávají hrabací a nosné práce. V horní části elevátoru je umístěna průhled-

ná nastavitelná vodící plocha 14. Ta je připevněna ke krytu 9 hlavy elevátoru pomocí čtyř šroubů, a směřuje dopravovaný materiál do regulační výsypky 19. Tento tvar lze po obvodu zakřivení upravovat pomocí členů 22 pro nastavení tvaru vodící plochy. Jsou to vlastně závitové tyče, které se osovým otáčením na jednu či druhou stranu vysouvají, nebo zasouvají. Tím, že tyto závitové tyče tlačí kolmo na tečnu nastavitelné vodící desky 14, mění její tvar. Dále je ve spodní části krytu 11 prostoru výsypu umístěna skluzová deska 16, která je pomocí šroubů připevněna pod požadovaným sklonem pro přesnější nasměrování materiálu do regulační výsypky 19. Ve spodní části paty korečkového elevátoru je ke krytu 10 paty korečkového elevátoru předpružené připevněna pomocí 4 šroubů náběrná plocha 15. Opět lze tuto plochu nastavovat pomocí členů pro nastavení tvaru náběrné plochy 15 stejně jako u nastavitelné vodící plochy 14.

Příklad 2 – Vstupní a výstupní vertikální i úklonná validace s hrabacím, násypným, nebo kombinovaným způsobem plnění

Ve validačním zařízení dle schématu 21 a obrázků vtoku a výtoku materiálu pomocí prvků 22, 23 a 24, (počet prvků značen indexy 1–n) dochází k dosažení ustáleného stavu dopravy ve vztahu ke vstupu a výstupu. Validují se rychlosti částic, dráhy částic, degradace či růst částic (změna velikosti, hmotnosti a tvaru částic), promíchávání částic v závislosti na zadání vstupních mechanicko-fyzikálních parametrů jak u reálného validačního zařízení a reálných vstupních materiálů, tak u modelu zařízení a materiálu v simulaci DEM. Vzhledem k závislosti mechanické části validačního zařízení 1, 2 na jiném dopravním systému je připojen k vstupním násypkám 17, 18 pro hrabací nebo násypný nebo kombinovaný způsob plnění nejméně jeden vstupní zásobník 34 pro nejméně jeden druh materiálu.

Do vstupního zásobníku 34, je doplňována nejméně jedna hmota, která prostřednictvím vstupních násypek 17, 18 vstupuje do prostoru hrabání a/nebo násypu nosných elementů 8. Hlavní pohyb unášecích elementů zajišťuje elektro-převodovka jako pohon 4, která je spojena s poháněcím bubnem 5. Třením se z tohoto poháněcího bubnu 5 přenáší pohyb na nekonečný tažný element 7, který je napínán vratným bubnem 6. Po spuštění zařízení začnou nosné elementy 8 připevněné k nekonečnému tažnému elementu 7 promíchávat, měnit vlastnosti a nabírat validovaný materiál ze spodního hrabacího, nebo násypného prostoru nazvaného celkově pata validačního korečkového elevátoru. V této patě je umístěna také nastavitelná průhledná náběrná plocha 15, kterou můžeme posunovat, natáčet, nebo měnit její tvar a tím optimalizovat plnění nosných elementů 8. Tato plocha je opatřena nejméně jedním snímačem 24 až 31 a 40 mechanicko-fyzikálních vlastností. Unášený (nabraný) materiál se dopravuje směrem vzhůru v pracovní šachtě, a to buď vertikálně, nebo úklonně až do momentu, kdy se nosné elementy 8 dostanou do horní polohy hlavy validačního korečkového elevátoru, kde se začnou vyprazdňovat přes horní poháněcí buben 5. Nosné elementy 8 pokračují směrem dolů do paty validačního elevátoru, kde se na napínacím vratném bubnu 6 otáčejí a opět se plní hrabacím, nebo násypným způsobem a začínají nový cyklus směrem vzhůru. Materiál opouštějící nosný element 8 dále pokračuje ve vrhových křivkách do výsypného prostoru, a to gravitačně, nebo odstředivě nebo smíšeně, podle nastavené rychlosti validačního zařízení. Při odstředivém vyprazdňování materiál dopadá na průhlednou nastavitelnou vodící plochu 14, která materiál směřuje do regulační výsypky 19. Při smíšeném vyprazdňování materiál dopadá na průhlednou nastavitelnou vodící plochu 14 a průhlednou nastavitelnou skluzovou desku 16. Obě tyto plochy nám materiál usměrňují do regulační výsypky 19. Pro gravitační vyprazdňování dopadá materiál na průhlednou nastavitelnou skluzovou desku 16, která nám materiál směřuje do regulační výsypky 19. Plochy 14 a 16 se různě tvarují a natácejí pro nalezení optimálního řešení. Plochy 14 a 16 jsou opatřeny nejméně jedním tlakovým čidlem 40, pro zjištění deformačních silových prací a okamžitých váhových parametrů materiálu. Usměrněný materiál dále vstupuje přes regulační výsypku 19 umístěnou ve spodní části výpustného prostoru do nejméně jednoho výstupního zásobníku 35 v závislosti na čase, vstupních hmotnostních poměrech, druhu materiálu a upravených vlastnostech partikulární hmoty během dopravy. Změna množství materiálu v nejméně jednom vstupním zásobníku 34 a nejméně jednom výstupním zásobníku 35 je zaznamenána nejméně jedním váhovým čidlem 24. Doba trvání vyprazdňování se

nastavuje změnou rychlosti výtoku materiálu z vstupních zásobníků 34 pomocí regulační výsypky 36 v závislosti na rychlosti posuvu nekonečného tažného elementu 7 s nosnými elementy 8 pomocí řídicí jednotky 32, která je propojená se snímačem otáček 30. Tyto otáčky lze velmi přesně nastavit a zaznamenat vyhodnocovací jednotkou 33 společně s váhou a ostatními měřenými veličinami. Pokud nedochází k doplňování vstupních zásobníků 34, tak po určitém čase nastane jejich vyprázdnění. Naopak pokud nedochází k odebírání materiálu z výstupních zásobníků 35, tak po určitém čase dojde k jejich zaplnění. Po celé dopravní trase jsou jak na naklápěcím těle 1, tak i na stojanu 2 elevátoru umístěny snímače (čidla) 24 až 30 a 40, respektive 24, 31 a 41. Pomocí snímačů 24 až 31 a 40 jsou zjišťovány mechanicko-fyzikální hodnoty. Tyto naměřené veličiny zpracovává vyhodnocovací jednotka 33, která je propojená s řídicí jednotkou 32. Ta je nastavena do režimu pevného neměnného nastavení, nebo automatického režimu, který nastavuje optimálně řídicí jednotku dle naměřených parametrů na potřebný stav chodu. Pro zjištění reálných rychlostí, polohy a směru materiálu a pohybujících se částí validačního zařízení je skrz průhledné kryty zařízení 9 až 13 snímán pohyb nejméně jednou vysokorychlostní kamerou 23 a následně vyhodnocován do vektorových map. Dále je na nejméně jednu vstupní násypku 17, 18, a nejméně jednu výstupní násypku 19 napojeno nejméně jedno tomografické čidlo 31, kterým snímáme rychlost polohu a směs materiálu. Abychom mohli upravovat mechanicko-fyzikální vlastnosti materiálu během dopravy je na zařízení v různých místech viz obrázek 8 umístěn nejméně jeden vstup 37 a nejméně jeden výstup 38 pro energie a látky ovlivňující mechanicko-fyzikální vlastnosti. Pro změnu mechanicko-fyzikálních vlastností je dále v elevátoru umístěn nejméně jeden odporový prvek 39 ve tvaru krychle, kvádru, koule, jehlanu, elipsoidu, paraboloidu nebo hyperboloidu.

Na těchto odporových prvcích 39 je umístěn nejméně jeden snímač (čidlo) pro měření mechanicko-fyzikálních vlastností 24 až 30 a 40 a tyto odporové prvky 39 setrvávají v klidu nebo konají přímočarý křivočarý, kruhový, rotační, rovnoměrný, nerovnoměrný, zrychlený, zpomalený, spojitý, nebo přerušovaný pohyb. Pro ověřování a validaci celého spektra korečkových elevátorů je konstrukce zařízení rozměrově upravitelná. Díky rozebíratelnému stavebnicovému systému můžeme validaci přizpůsobit na daný problém či materiál.

Po provedení validačního měření se vynesou naměřené a uložené hodnoty ze snímačů (čidel) do srovnávacích tabulek a grafů tak, aby časově korespondovaly s vygenerovanými hodnotami ze simulace metody DEM.

Po srovnání hodnot se zkoriguje výpočet metody DEM úpravou vstupních parametrů, materiálů, médií a zařízení, provede se nový výpočet, a pokud se vygenerované hodnoty blíží naměřeným hodnotám z reálného validačního zařízení, je možno hodnoty uložit do knihoven dynamického pohybu materiálu, kde jsou připraveny pro optimalizaci vývoje, nebo úprav korečkových elevátorů pomocí metody DEM. Pokud se generované hodnoty z metody DEM neblíží reálným hodnotám z validačního zařízení, tak se korekce a výpočet opakuje.

Příklad naměřených okamžitých hodnot změny váhy vystupujícího materiálu z nosných elementů 8 jsou uvedeny v tabulce 2 a na obrázku 25.

Tabulka 2 – hmotnost reálného materiálu snímaného váhovým čidlem a hmotnosti simulované pomocí DEM:

	Váha REAL [kg]	čas. krok [s]	Váha DEM [kg]		Váha REAL [kg]	čas. krok [s]	Váha DEM [kg]		Váha REAL [kg]	čas. krok [s]	Váha DEM [kg]
1	0.0215	3.90	0.0315	38	0.0000	4.27	0.0000	75	0.0000	4.64	0.0000
2	0.0342	3.91	0.0382	39	0.0000	4.28	0.0000	76	0.0082	4.65	0.0102
3	0.0370	3.92	0.0510	40	0.0000	4.29	0.0000	77	0.0246	4.66	0.0366
4	0.0334	3.93	0.0334	41	0.0000	4.30	0.0000	78	0.0396	4.67	0.0436
5	0.0280	3.94	0.0320	42	0.0000	4.31	0.0000	79	0.0549	4.68	0.0629
6	0.0079	3.95	0.0219	43	0.0000	4.32	0.0000	80	0.0614	4.69	0.0644
7	0.0000	3.96	0.0000	44	0.0000	4.33	0.0000	81	0.0571	4.70	0.0681
8	0.0000	3.97	0.0000	45	0.0048	4.34	0.0068	82	0.0390	4.71	0.0440
9	0.0000	3.98	0.0000	46	0.0192	4.35	0.0212	83	0.0102	4.72	0.0182
10	0.0000	3.99	0.0000	47	0.0368	4.36	0.0488	84	0.0000	4.73	0.0000
11	0.0000	4.00	0.0000	48	0.0520	4.37	0.0600	85	0.0000	4.74	0.0000
12	0.0000	4.01	0.0000	49	0.0619	4.38	0.0619	86	0.0000	4.75	0.0000
13	0.0000	4.02	0.0000	50	0.0639	4.39	0.0679	87	0.0000	4.76	0.0000
14	0.0023	4.03	0.0133	51	0.0526	4.40	0.0596	88	0.0000	4.77	0.0000
15	0.0139	4.04	0.0149	52	0.0238	4.41	0.0308	89	0.0000	4.78	0.0000

16	0.0269	4.05	0.0339	53	0.0000	4.42	0.0000	90	0.0000	4.79	0.0000
17	0.0382	4.06	0.0432	54	0.0000	4.43	0.0000	91	0.0059	4.80	0.0159
18	0.0469	4.07	0.0539	55	0.0000	4.44	0.0000	92	0.0204	4.81	0.0294
19	0.0438	4.08	0.0458	56	0.0000	4.45	0.0000	93	0.0370	4.82	0.0490
20	0.0359	4.09	0.0479	57	0.0000	4.46	0.0000	94	0.0523	4.83	0.0523
21	0.0189	4.10	0.0269	58	0.0000	4.47	0.0000	95	0.0597	4.84	0.0707
22	0.0003	4.11	0.0123	59	0.0000	4.48	0.0000	96	0.0543	4.85	0.0553
23	0.0000	4.12	0.0000	60	0.0017	4.49	0.0157	97	0.0433	4.86	0.0503
24	0.0000	4.13	0.0000	61	0.0116	4.50	0.0226	98	0.0158	4.87	0.0178
25	0.0000	4.14	0.0000	62	0.0263	4.51	0.0393	99	0.0000	4.88	0.0000
26	0.0000	4.15	0.0000	63	0.0427	4.52	0.0497	100	0.0000	4.89	0.0000
27	0.0000	4.16	0.0000	64	0.0549	4.53	0.0649	101	0.0000	4.90	0.0000
28	0.0000	4.17	0.0000	65	0.0577	4.54	0.0727	102	0.0000	4.91	0.0000
29	0.0000	4.18	0.0000	66	0.0512	4.55	0.0582	103	0.0000	4.92	0.0000
30	0.0074	4.19	0.0174	67	0.0291	4.56	0.0341	104	0.0000	4.93	0.0000
31	0.0221	4.20	0.0251	68	0.0006	4.57	0.0026	105	0.0000	4.94	0.0000
32	0.0365	4.21	0.0415	69	0.0000	4.58	0.0000	106	0.0020	4.95	0.0170
33	0.0495	4.22	0.0505	70	0.0000	4.59	0.0000	107	0.0158	4.96	0.0168
34	0.0526	4.23	0.0526	71	0.0000	4.60	0.0000	108	0.0314	4.97	0.0384
35	0.0458	4.24	0.0568	72	0.0000	4.61	0.0000	109	0.0469	4.98	0.0469
36	0.0303	4.25	0.0413	73	0.0000	4.62	0.0000	110	0.0602	4.99	0.0612
37	0.0062	4.26	0.0182	74	0.0000	4.63	0.0000	111	0.0614	5.00	0.0744

Příklad 3 – Cirkulační vertikální i úklonná validace s vstupem cirkulace do hrabací, nebo násypné větve

- 5 Ve validačním zařízení dle schématu podle obrázku 26 a obrázků vtoku a výtoku materiálu pomocí prvků 27 a 28 (počet příslušných prvků ve schématu značen indexy 1–n), dochází k dosažení ustáleného stavu dopravy ve vztahu ke vstupu a výstupu. Validují se rychlosti částic, dráhy částic, degradace či růst částic (změna velikosti, hmotnosti a tvaru částic), promíchávání částic v závislosti na zadání vstupních mechanicko–fyzikálních parametrů jak u reálného validačního zařízení a reálných vstupních materiálů, tak u modelu zařízení a materiálu v simulaci DEM.
- 10 Vzhledem k zpětné cirkulační větvi 20, která může být napojená jak do násypky 18 pro násypný způsob plnění, tak i násypky 17 pro hrabací způsob plnění je validační elevátor nezávislý na jiném dopravním systému. Na počátku validace se nasype do zařízení předem stanovené množství validovaného materiálu, a to buď do jedné z volných vstupních násypek 17, nebo 18, na kterou není napojená cirkulační větev 20. Další možnost plnění je rozpojení cirkulační větve 20 a po
- 15 doplnění materiálu do validačního elevátoru opětovné napojení cirkulační větve 20 na jednu ze vstupních násypek 17 nebo 18. Pro ověřování správné funkce validačního elevátoru se použije nejdříve kalibrační standard a pak měřený materiál, nebo více druhů materiálů. Hlavní pohyb nosných elementů 8 zajišťuje elektro–převodovka 4, která je spojena s poháněcím bubnem 5. Třením se z tohoto poháněcího bubnu 5 přenáší pohyb na nekonečný tažný element 7, který je
- 20

napínán vratným bubnem 6 pomocí napínání 21. Po spuštění zařízení začnou nosné elementy 8 připevněné k nekonečnému tažnému elementu 7 promíchávat, měnit vlastnosti a nabírat validovaný materiál ze spodního hrabacího nebo násypného prostoru nazvaného celkově pata validačního korečkového elevátoru. V této patě je umístěna také nastavitelná průhledná náběrná plocha 15, kterou můžeme posunovat a natáčet, nebo měnit její tvar a tím optimalizovat plnění nosných elementů 8. Tato plocha je opatřena nejméně jedním snímačem mechanicko-fyzikálních vlastností 24, 26, 27, 28, 29 a 40. Unášený (nabraný) materiál se dopravuje směrem vzhůru v pracovní šachtě, a to buď vertikálně, nebo úklonně až do momentu, kdy se nosné elementy 8 dostanou do horní polohy hlavy validačního korečkového elevátoru, kde se začnou vyprazdňovat přes horní (poháněcí) buben 5. Nosné prvky 8 pokračují směrem dolů do paty validačního elevátoru, kde se na vratném bubnu 6 opatřeném napínáním 21 otáčejí a opět se plní hrabacím nebo násypným způsobem a začínají nový cyklus směrem vzhůru. Materiál opouštějící nosný element 8 dále pokračuje ve vrhových křivkách do výsypného prostoru, a to gravitačně, odstředivě nebo smíšeně podle nastavené rychlosti validačního elevátoru. Při odstředivém vyprazdňování materiál dopadá na průhlednou nastavitelnou vodící plochu 14, která materiál směřuje do regulační výsypky 19. Při smíšeném vyprazdňování materiál dopadá na průhlednou nastavitelnou vodící plochu 14 a průhlednou nastavitelnou skluzovou desku 16. Plochy 14 a 16 materiál usměrňují do regulační výsypky 19. Pro gravitační vyprazdňování dopadá materiál na průhlednou nastavitelnou skluzovou desku 16, která materiál směřuje do regulační výsypky 19. Plochy 14 a 16 se různě tvarují a natáčejí pro nalezení optimálního řešení. Tyto plochy jsou opatřeny nejméně jedním snímačem 25 točivého momentu pro zjištění deformačních silových prací a okamžitých váhových parametrů materiálu. Usměrněný materiál dále vstupuje přes regulační výsypku 19 umístěnou ve spodní části výpustného prostoru do cirkulační větve 20, která materiál vede do hrabacího nebo násypného prostoru, kde je opět nabírán pomocí nosných elementů 8 a následně opětovně dopravován směrem vzhůru. Po celé dopravní trase jsou jak na naklápěcím těle 1, tak i na stojanu 2 elevátoru umístěny snímače (čidla) 24 až 30 a 40, respektive 24, 31 a 41. Pomocí snímačů 24 až 31 a 40 jsou zjišťovány hodnoty mechanicko-fyzikálních veličin. Tyto naměřené hodnoty zpracovává vyhodnocovací zařízení 33, které je propojeno s řídicí jednotkou 32. Řídicí jednotka 32 je nastavena do režimu pevného neměnného nastavení nebo automatického režimu, který ji nastavuje optimálně dle naměřených parametrů na potřebný stav chodu. Pro zjištění reálných rychlostí, polohy a směru materiálu a pohybujících se částí validačního elevátoru je skrz průhledné kryty 9 až 13 zařízení snímán pohyb nejméně jednou vysokorychlostní kamerou 23 a následně vyhodnocován do vektorových map. Dále je na cirkulační propojení 20 napojeno nejméně jedno tomografické čidlo 31, kterým je snímána rychlost, poloha a směr materiálu. Aby bylo možno upravovat mechanicko-fyzikální vlastnosti materiálu během dopravy, je na elevátoru v různých místech umístěn nejméně jeden vstup 37 a nejméně jeden výstup 38 pro energie a látky ovlivňující mechanicko-fyzikální vlastnosti. Pro změnu mechanicko-fyzikálních vlastností je dále v elevátoru umístěn nejméně jeden odporový prvek 39 ve tvaru krychle, kvádry, koule, jehlanu, elipsoidu, paraboloidu, hyperboloidu nebo jejich kombinace.

Na odporových prvcích 39 je umístěn nejméně jeden snímač (čidlo) 24 až 30 a 40 pro měření mechanicko-fyzikálních vlastností, přičemž odporové prvky 39 setrvávají v klidu nebo konají přímočarý, křivočarý, kruhový, rotační, rovnoměrný, nerovnoměrný, zrychlený, zpomalený, spojitý, nebo přerušovaný pohyb. Pro ověřování a validaci celého spektra korečkových elevátorů je konstrukce zařízení rozměrově upravitelná. Díky rozebratelnému stavebnicovému systému je možno validaci přizpůsobit na daný problém či materiál.

Po provedení validačního měření se naměřené a uložené hodnoty ze snímačů (čidel) vynesou do srovnávacích tabulek a grafů tak, aby časově korespondovaly s vygenerovanými hodnotami ze simulace 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, je možno hodnoty uložit do knihoven dynamického pohybu materiálu, kde jsou připraveny pro optimalizaci vývoje nebo úprav korečkových elevátorů pomocí metody DEM.

Pokud se generované hodnoty z metody DEM neblíží reálným hodnotám z validačního zařízení, tak se korekce a výpočet opakuje.

5 Příklad výstupu naměřených okamžitých hodnot změny rychlosti vystupujícího materiálu z nosných elementů 8 jsou uvedeny v tabulce 3 a na obrázku 29.

Tabulka 3 – výstupní rychlost pohybu reálného materiálu snímaného vysokorychlostní kamerou a vyhodnocené pomocí PIV metody a rychlosti simulované pomocí DEM:

	vy - REAL [m/s]	čas. krok [s]	vy - DEM [m/s]		vy - REAL [m/s]	čas. krok [s]	vy - DEM [m/s]		vy - REAL [m/s]	čas. krok [s]	vy - DEM [m/s]
1	2.5903	3.90	2.6193	38	0.0000	4.27	0.0000	75	0.0000	4.64	0.0000
2	2.6353	3.91	2.6233	39	0.0000	4.28	0.0000	76	2.4593	4.65	2.4663
3	2.6836	3.92	2.6756	40	0.0000	4.29	0.0000	77	2.4936	4.66	2.5216
4	2.7296	3.93	2.7206	41	0.0000	4.30	0.0000	78	2.5313	4.67	2.5433
5	2.7484	3.94	2.7804	42	0.0000	4.31	0.0000	79	2.5924	4.68	2.6414
6	0.0000	3.95	0.0000	43	0.0000	4.32	0.0000	80	2.6520	4.69	2.6640
7	0.0000	3.96	0.0000	44	0.0000	4.33	0.0000	81	2.7137	4.70	2.7047
8	0.0000	3.97	0.0000	45	2.4417	4.34	2.4567	82	2.6386	4.71	0.0000
9	0.0000	3.98	0.0000	46	2.4730	4.35	2.4710	83	0.0000	4.72	0.0000
10	0.0000	3.99	0.0000	47	2.5078	4.36	2.5368	84	0.0000	4.73	0.0000
11	0.0000	4.00	0.0000	48	2.5610	4.37	2.6010	85	0.0000	4.74	0.0000
12	0.0000	4.01	0.0000	49	2.6154	4.38	2.6394	86	0.0000	4.75	0.0000
13	0.0000	4.02	0.0000	50	2.6707	4.39	2.6717	87	0.0000	4.76	0.0000
14	2.4831	4.03	2.5381	51	2.6999	4.40	2.7539	88	0.0000	4.77	0.0000
15	2.5451	4.04	2.5611	52	0.0000	4.41	0.0000	89	0.0000	4.78	0.0000
16	2.5854	4.05	2.6394	53	0.0000	4.42	0.0000	90	0.0000	4.79	0.0000
17	2.6286	4.06	2.6616	54	0.0000	4.43	0.0000	91	2.4671	4.80	2.4611
18	2.6747	4.07	2.6727	55	0.0000	4.44	0.0000	92	2.5041	4.81	2.5241
19	2.6929	4.08	2.6979	56	0.0000	4.45	0.0000	93	2.5591	4.82	2.5641
20	2.7168	4.09	2.7118	57	0.0000	4.46	0.0000	94	2.5878	4.83	2.6008
21	0.0000	4.10	0.0000	58	0.0000	4.47	0.0000	95	2.6341	4.84	2.6301
22	0.0000	4.11	0.0000	59	0.0000	4.48	0.0000	96	2.7388	4.85	2.7838
23	0.0000	4.12	0.0000	60	2.4555	4.49	2.4825	97	2.7529	4.86	2.7559
24	0.0000	4.13	0.0000	61	2.4964	4.50	2.5054	98	0.0000	4.87	0.0000
25	0.0000	4.14	0.0000	62	2.5423	4.51	2.5333	99	0.0000	4.88	0.0000

26	0.0000	4.15	0.0000	63	2.5944	4.52	2.6414	100	0.0000	4.89	0.0000
27	0.0000	4.16	0.0000	64	2.6470	4.53	2.6650	101	0.0000	4.90	0.0000
28	0.0000	4.17	0.0000	65	2.7005	4.54	2.7295	102	0.0000	4.91	0.0000
29	0.0000	4.18	0.0000	66	2.7366	4.55	2.7516	103	0.0000	4.92	0.0000
30	2.4893	4.19	2.4903	67	0.0000	4.56	0.0000	104	0.0000	4.93	0.0000
31	2.5247	4.20	2.5797	68	0.0000	4.57	0.0000	105	0.0000	4.94	0.0000
32	2.5680	4.21	2.5980	69	0.0000	4.58	0.0000	106	2.4139	4.95	2.4149
33	2.6182	4.22	2.6702	70	0.0000	4.59	0.0000	107	2.4725	4.96	2.4955
34	2.6712	4.23	2.6982	71	0.0000	4.60	0.0000	108	2.5120	4.97	2.5650
35	2.7317	4.24	2.7716	72	0.0000	4.61	0.0000	109	2.5837	4.98	2.5887
36	2.6836	4.25	2.7016	73	0.0000	4.62	0.0000	110	2.6536	4.99	2.7076
37	0.0000	4.26	0.0000	74	0.0000	4.63	0.0000	111	2.7134	5.00	2.7024

Příklad 4 – Cirkulační, vertikální i úklonná validace s vstupem vratné větve cirkulace do hrabacího, nebo násypného prostoru s možností externího přísunu materiálu

- 5 Ve validačním zařízení dle schématu 30 a obrázků vtoku a výtoku materiálu pomocí prvků 31 a 32 (počet příslušných prvků ve schématech značen indexy 1–n) dochází k dosažení ustáleného stavu dopravy ve vztahu ke vstupu a výstupu. Validují se rychlosti částic, dráhy částic, degradace či růst částic (změna velikosti, hmotnosti a tvaru částic), promíchávání částic, síly působící na konstrukci, unášecí elementy apod. v závislosti na zadání vstupních mechanicko–fyzikálních parametrů, jak u reálného validačního zařízení a reálných vstupních materiálů, tak u modelu zařízení a materiálu v simulaci DEM. Vzhledem k zpětnému cirkulačnímu propojení 20, které může být napojené z regulační výsypky 19 do násypky 18 pro násypný způsob plnění nebo násypky 17 pro hrabací způsob plnění a zároveň připojení externích zařízení, v našem případě nejméně jednoho vstupního zásobníku 34 a nejméně jednoho výstupního zásobníku 35, je příklad provedení 4 kombinací příkladů provedení 2 a 3.

Příklad zátěže konstrukce při nabírání materiálu hrabacím způsobem je uveden v tabulce 4 a na obrázku 33.

Tabulka 4 – maximální síla působící na náběrnou plochu při průchodu korečků plnicích se hrabacím způsobem:

	Síla F REAL [N]	čas. krok [s]	Síla F DEM [N]		Síla F REAL [N]	čas. krok [s]	Síla F DEM [N]		Síla F REAL [N]	čas. krok [s]	Síla F DEM [N]
1	0.2492	3.90	2.7812	38	4.9944	4.27	5.9324	75	1.1099	4.64	1.4389
2	0.1626	3.91	0.5446	39	1.3456	4.28	2.4276	76	3.4850	4.65	3.8890
3	0.1835	3.92	0.5805	40	2.4665	4.29	3.5065	77	0.1818	4.66	2.6058
4	0.2445	3.93	1.1425	41	3.8103	4.30	6.0973	78	0.7536	4.67	1.2306
5	1.1018	3.94	3.5138	42	1.5812	4.31	3.2122	79	0.2405	4.68	2.5855
6	1.0957	3.95	2.7237	43	0.4464	4.32	2.1114	80	0.1904	4.69	2.6124
7	1.2190	3.96	2.0790	44	2.6818	4.33	3.9748	81	0.2705	4.70	2.2195
8	0.3663	3.97	2.1683	45	6.4624	4.34	6.1534	82	0.1839	4.71	1.1409
9	2.3624	3.98	4.3744	46	0.3391	4.35	2.3171	83	0.3534	4.72	2.6544
10	1.2502	3.99	1.2872	47	0.2105	4.36	0.5365	84	0.7980	4.73	2.8640
11	4.4222	4.00	5.2662	48	0.1459	4.37	0.4729	85	2.7211	4.74	3.3931
12	1.2552	4.01	1.7492	49	0.3161	4.38	2.3201	86	3.8539	4.75	4.0279
13	0.7313	4.02	3.1863	50	0.2680	4.39	1.6930	87	0.7646	4.76	2.9076
14	0.4334	4.03	2.3874	51	0.1601	4.40	1.0151	88	1.1969	4.77	1.7109
15	0.2906	4.04	0.7716	52	0.2034	4.41	2.2244	89	1.0356	4.78	3.4126
16	0.2510	4.05	0.5670	53	0.6698	4.42	2.8408	90	2.5610	4.79	5.0430
17	0.1241	4.06	2.2501	54	3.5877	4.43	4.3577	91	0.4008	4.80	1.4358
18	0.2526	4.07	0.0446	55	1.5272	4.44	3.2212	92	0.1722	4.81	0.8112
19	0.3313	4.08	1.4613	56	5.3100	4.45	5.3840	93	0.1985	4.82	1.4865
20	1.1721	4.09	0.9741	57	3.0258	4.46	3.9878	94	0.1844	4.83	1.2334
21	0.6146	4.10	1.6476	58	3.1120	4.47	5.2880	95	0.2780	4.84	1.4240
22	0.4930	4.11	2.9200	59	0.7587	4.48	2.3707	96	0.2585	4.85	1.2395
23	1.1049	4.12	1.6529	60	0.5770	4.49	2.2250	97	0.2445	4.86	1.1505
24	0.8468	4.13	1.3218	61	0.4487	4.50	3.0417	98	0.2812	4.87	0.3852
25	0.5299	4.14	2.0659	62	0.2110	4.51	0.6200	99	1.5089	4.88	2.4869
26	3.8991	4.15	4.7751	63	0.1499	4.52	0.9999	100	0.4538	4.89	1.5198
27	1.0995	4.16	1.0655	64	1.1608	4.53	2.7618	101	0.5009	4.90	1.6049
28	6.3262	4.17	8.8462	65	0.3924	4.54	0.8854	102	8.2515	4.91	10.6935
29	0.4479	4.18	1.8769	66	0.4676	4.55	1.4646	103	1.0267	4.92	0.9577

30	0.3360	4.19	2.0510	67	0.6542	4.56	1.8652	104	1.6848	4.93	4.0088
31	0.7228	4.20	1.1638	68	0.2710	4.57	0.8010	105	16.7927	4.94	18.2837
32	0.2915	4.21	0.0295	69	1.5175	4.58	3.8395	106	11.3830	4.95	13.8840
33	0.2139	4.22	0.3559	70	1.9724	4.59	1.6344	107	0.4464	4.96	2.6894
34	0.2860	4.23	2.0500	71	2.0204	4.60	3.0284	108	0.1104	4.97	0.0000
35	0.4881	4.24	0.1281	72	0.3478	4.61	1.4808	109	0.1196	4.98	0.2686
36	0.3273	4.25	2.2103	73	1.3736	4.62	2.6256	110	0.1128	4.99	0.7988
37	0.3800	4.26	0.5170	74	3.0445	4.63	5.4285	111	0.1556	5.00	0.8926

Příklad 5 – Brodění nosných elementů v pracovní šachtě validačního zařízení

- 5 Ve validačním korečkovém elevátoru podle schématu 34 a obrázku cirkulace materiálu 35 dochází k dosažení ustáleného stavu při brodění nosných elementů 8 v pracovní šachtě. Validují se rychlosti částic, dráhy částic, degradace či růst částic (změna velikosti, hmotnosti a tvaru částic), odpor nosných elementů (síly působící na konstrukci), promíchávání částic v závislosti na zadání vstupních mechanicko-fyzikálních parametrů, jak u reálného validačního zařízení a reálných vstupních materiálů, tak u modelu zařízení a materiálu v simulaci DEM. Příklad výstupu naměřených okamžitých hodnot změny silových odporů nosných elementů 8 působících na pohon jsou uvedeny v tabulce 5 a na obrázku 36.

- 15 Tabulka 5 – naměřený odpor nosných elementů při brodění materiálem v pracovní šachtě validačního zařízení v reálném a simulovaném prostředí DEM:

	Síla F REAL [N]	čas. krok [s]	Síla F DEM [N]		Síla F REAL [N]	čas. krok [s]	Síla F DEM [N]		Síla F REAL [N]	čas. krok [s]	Síla F DEM [N]
1	1.6440	3.90	1.6840	38	9.0102	4.27	9.7152	75	6.3475	4.64	7.1355
2	1.4045	3.91	2.5285	39	6.5967	4.28	7.0497	76	19.0123	4.65	20.5673
3	5.7017	3.92	5.8607	40	10.8363	4.29	11.3923	77	12.7135	4.66	13.4725
4	8.7101	3.93	9.9041	41	10.8470	4.30	11.6490	78	2.5755	4.67	4.0995
5	7.2293	3.94	7.9953	42	9.0988	4.31	9.2668	79	20.7213	4.68	20.8893
6	38.5965	3.95	39.3605	43	5.6268	4.32	6.8158	80	7.1957	4.69	7.2517

7	23.1987	3.96	24.4507	44	7.0501	4.33	8.5761	81	4.8855	4.70	6.1435
8	4.4824	3.97	4.6564	45	4.2112	4.34	5.7292	82	8.0355	4.71	9.0265
9	24.5933	3.98	25.2813	46	6.0975	4.35	6.1115	83	11.8303	4.72	13.2593
10	42.7993	3.99	43.7263	47	7.5969	4.36	8.8669	84	5.4645	4.73	6.5355
11	3.6921	4.00	5.1181	48	4.6014	4.37	5.8004	85	9.9440	4.74	10.4420
12	3.4062	4.01	4.8702	49	17.5862	4.38	17.9872	86	8.3146	4.75	8.7456
13	9.6331	4.02	10.8301	50	7.2751	4.39	8.0141	87	10.4636	4.76	11.4176
14	3.9345	4.03	4.2745	51	18.6829	4.40	18.7089	88	1.6788	4.77	2.7808
15	5.2970	4.04	5.6970	52	2.6304	4.41	2.6844	89	2.4819	4.78	4.0339
16	5.3521	4.05	6.1911	53	23.2799	4.42	24.1079	90	13.7039	4.79	14.4569
17	3.2699	4.06	3.7319	54	2.8931	4.43	4.4691	91	8.9066	4.80	10.0196
18	6.2356	4.07	6.5496	55	19.3158	4.44	20.5228	92	1.1735	4.81	2.0455
19	16.1467	4.08	17.1807	56	11.6863	4.45	12.8833	93	3.1414	4.82	4.4444
20	3.7802	4.09	5.0682	57	6.6667	4.46	6.8867	94	10.7980	4.83	11.7470
21	23.5822	4.10	23.9112	58	11.5293	4.47	12.9083	95	8.4502	4.84	8.9082
22	9.7460	4.11	11.0260	59	2.0319	4.48	3.0189	96	4.1184	4.85	4.7534
23	1.9347	4.12	2.4407	60	15.2041	4.49	16.2831	97	2.4131	4.86	2.6691
24	12.2352	4.13	13.3832	61	1.9502	4.50	2.2922	98	24.9878	4.87	26.1388
25	1.6873	4.14	2.3223	62	11.6906	4.51	13.1616	99	2.6280	4.88	2.9400
26	7.0974	4.15	7.4244	63	13.8459	4.52	14.8859	100	3.5595	4.89	3.9645
27	15.0501	4.16	15.3421	64	4.0940	4.53	5.1390	101	6.4020	4.90	7.0400
28	3.2260	4.17	4.6000	65	23.8010	4.54	25.3000	102	12.1697	4.91	13.1537
29	2.7048	4.18	4.2478	66	3.4842	4.55	4.1342	103	4.7100	4.92	4.7820
30	1.9267	4.19	2.1687	67	5.9756	4.56	6.9606	104	2.8337	4.93	3.6437
31	7.1045	4.20	7.8345	68	7.1979	4.57	8.3249	105	7.7140	4.94	8.6510
32	7.8304	4.21	8.6984	69	15.2839	4.58	15.9419	106	3.7086	4.95	4.7436
33	12.1602	4.22	13.1752	70	2.3794	4.59	3.4884	107	4.4360	4.96	5.9970
34	10.4054	4.23	11.6764	71	22.3775	4.60	23.2965	108	18.6249	4.97	19.4259
35	1.2630	4.24	2.2640	72	5.6455	4.61	5.8535	109	11.8585	4.98	11.9475
36	2.2198	4.25	2.6598	73	13.9609	4.62	14.3729	110	12.9266	4.99	13.5306
37	3.8369	4.26	4.9919	74	3.1513	4.63	3.7833	111	13.5567	5.00	14.5697

Průmyslová využitelnost

- 5 Řešení podle vynálezu lze využít všude tam, kde se optimalizují stávající nebo vyvíjejí nové korečkové elevátory, zejména v průmyslu těžebním, dopravním, farmaceutickém, při dopravě materiálů, pigmentů apod. a při výzkumu a vývoji nových typů korečků.

PATENTOVÉ NÁROKY

5

1. Validační korečkový elevátor pro modelování mechanických procesů, jehož tělo sestává z vyztuženého rámu a k němu rozebíratelným spojem připevněného pohonu, poháněcího bubnu a vratného bubnu spojených s rámem pomocí hřídelí, kde pohon je také zároveň nasazen na hřídel poháněcího bubnu a přes oba bubny nataženého nekonečného tažného elementu, k němuž jsou rozebíratelným spojem připevněny nosné elementy a který je opatřen napínáním, **v y z n a -**
 10 **č u j í c í s e t í m**, že je umístěn na pojízdném stojanu (2) a je opatřen minimálně jednou vysokorychlostní kamerou (23) a/nebo minimálně jedním váhovým čidlem (24) a/nebo minimálně jedním snímačem (25) točivého momentu a/nebo minimálně jedním teplotním čidlem (26) a/nebo minimálně jedním vlhkostním čipem (27) a/nebo minimálně jedním mikrofonom (28) a/nebo
 15 minimálně jedním vibračním čidlem (29) a/nebo minimálně jedním snímačem (30) otáček a/nebo minimálně jedním tomografickým čidlem (31) a/nebo minimálně jedním snímačem (40) tlaku, přičemž stojan (2) a tělo (1) elevátoru jsou vůči sobě otočně provázány prostřednictvím příčného středového nosníku, který je k tělu (1) připevněn pomocí rozebíratelného spojení, a k rámu (3) jsou dále rozebíratelnými spoji připevněny kryt (9) hlavy elevátoru, kryt (10) paty elevátoru, kryt
 20 (11) prostoru výsypu, kryt (12) šachty pracovní větve, kryt (13) šachty vratné větve v horní části elevátoru souběžně s dráhou výstupu umístěné nastavitelné vodící plochy (14), nastavitelné náběrné plochy (15), ve spodní části krytu (11) prostoru výsypu nastavitelné skluzové desky (16), regulační vstupní násypky (17) pro hrabací způsob plnění a/nebo regulační vstupní násypky (18) pro násypný způsob plnění a/nebo regulační výsypky (19), a členů (22) pro nastavování tvarů
 25 vodících ploch.

2. Validační korečkový elevátor pro modelování mechanických procesů podle nároku 1, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že kryt (9) hlavy elevátoru, kryt (10) paty elevátoru, kryt (11) prostoru výsypu, kryt (12) šachty pracovní větve, kryt (13) šachty vratné větve, nastavitelná vodící
 30 plocha (14) a nastavitelná náběrná plocha (15) jsou průhledné, tvarované a odnímatelné.

3. Validační korečkový elevátor pro modelování mechanických procesů podle nároku 1 nebo 2, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že stojan (2) je otočný s úhlem náklonu 180° v libovolném směru.

35 4. Validační korečkový elevátor pro modelování mechanických procesů podle nároku 3, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že dále obsahuje čidlo náklonu (41) a směr úhlu náklonu těla korečkového elevátoru vůči vodorovné rovině je v průběhu dopravy plynule nebo přerušovaně měnitelný.

40 5. Validační korečkový elevátor pro modelování mechanických procesů podle jakéhokoli z předcházejících nároků, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že konstrukce je ve formě rozebíratelné stavebnice umožňující rozměrovou, konstrukčně-materiálovou a měřítkovou změnu.

45 6. Validační korečkový elevátor pro modelování mechanických procesů podle jakéhokoli z předcházejících nároků, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že je prostřednictvím řídicí jednotky (32) propojen s vyhodnocovacím zařízením (33).

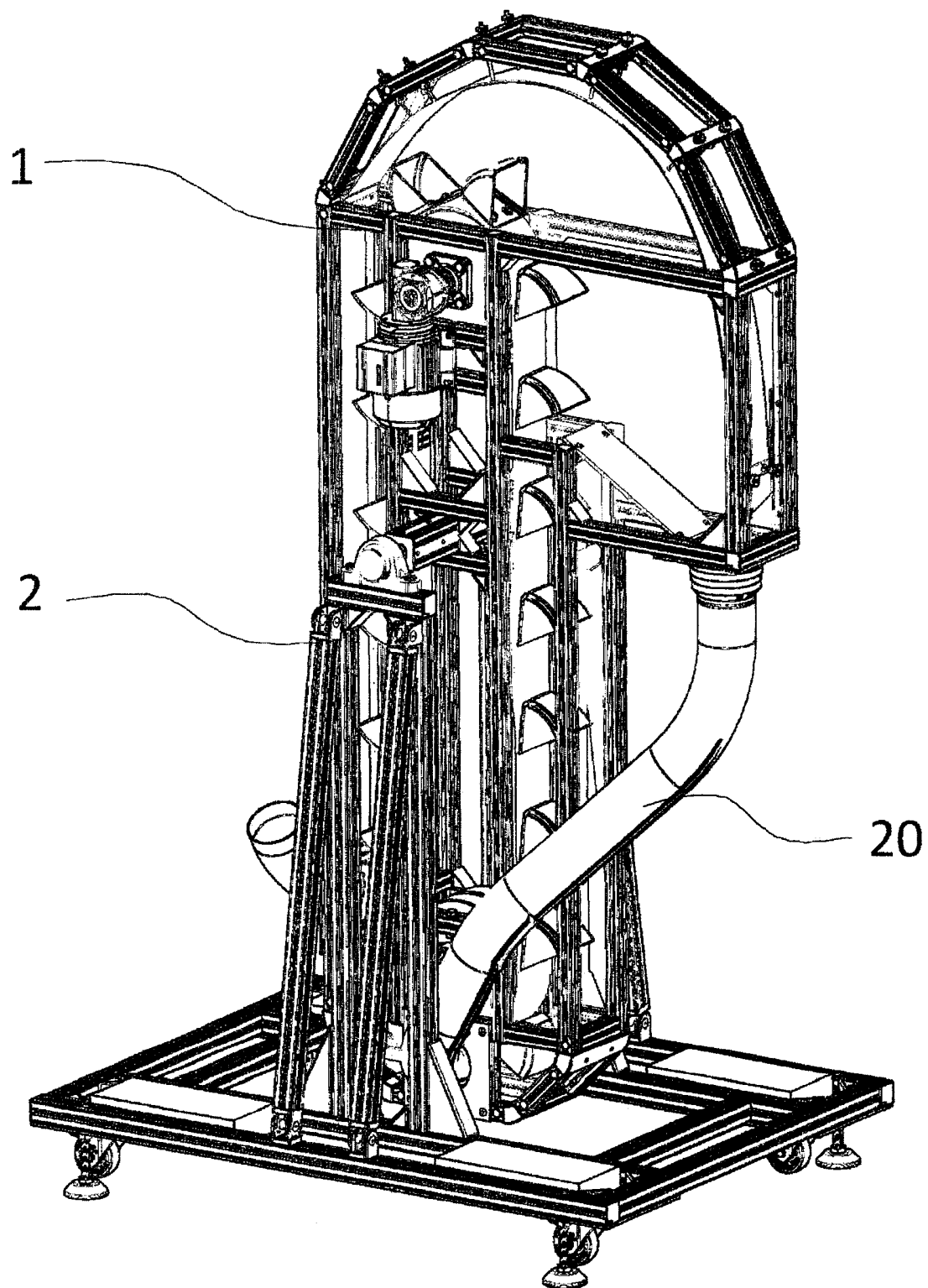
50 7. Validační korečkový dopravník pro modelování mechanických procesů podle jakéhokoli z přecházejících nároků, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že násypka (17) a násypka (18) pro vstup materiálu je spojena se vstupním zásobníkem (34) a výsypka (19) pro výstup materiálu je spojena se vstupním zásobníkem (35).

55 8. Validační korečkový dopravník pro modelování mechanických procesů podle jakéhokoli z přecházejících nároků, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že násypka (17) a násypka (18) pro vstup materiálu je s výsypkou (19) pro výstup materiálu spojena cirkulačním propojením (20).

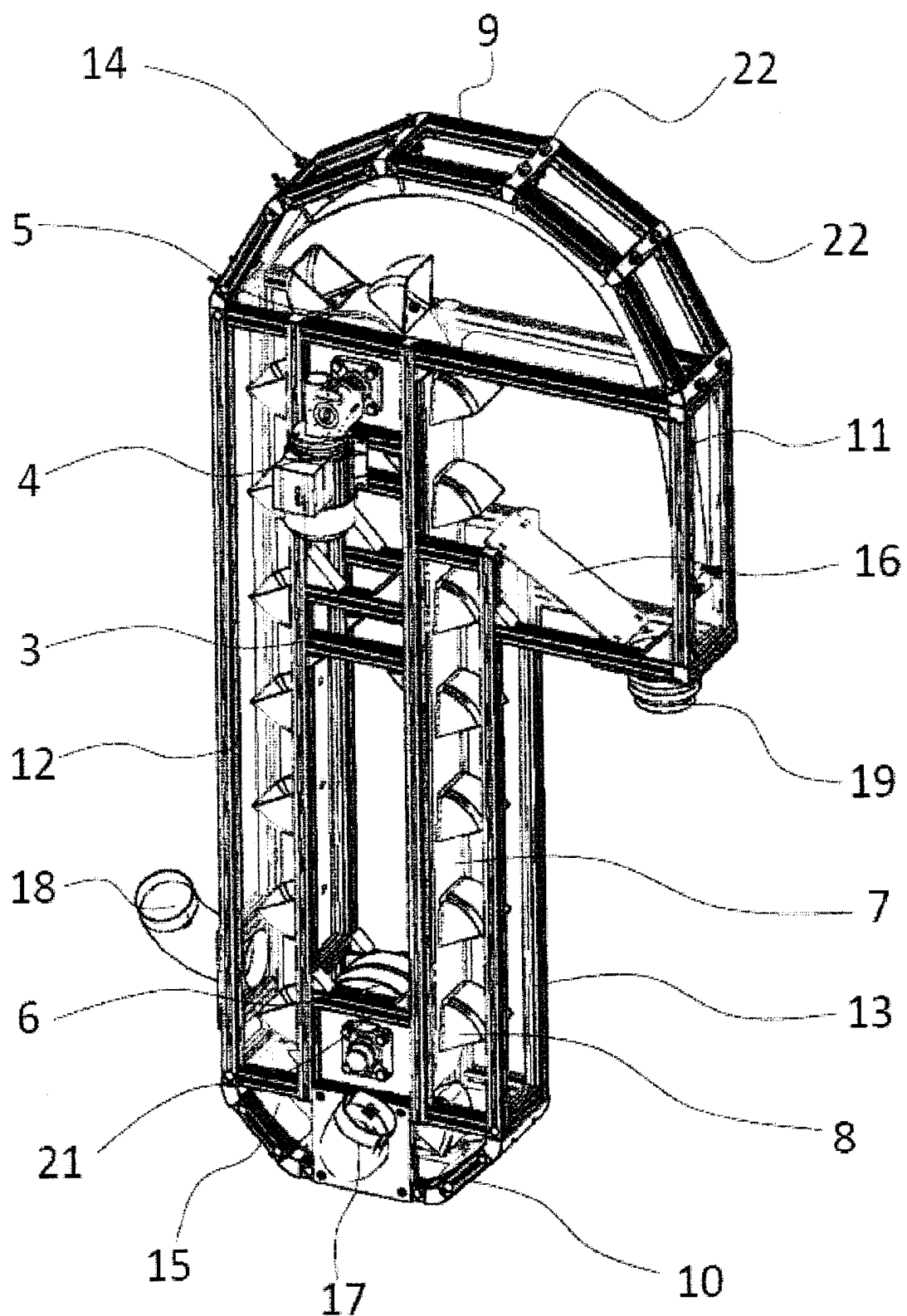
9. Způsob modelování mechanických procesů s pomocí validačního korečkového elevátoru podle jakéhokoli z přecházejících nároků, **vyznačující se tím**, že se pomocí vysokorychlostní kamery (23) a/nebo váhového čidla (24) a/nebo mikrofónu (28) a/nebo tomografického čidla (31) snímají fyzikálně-mechanické vlastnosti dopravovaného materiálu, pomocí snímače (30) otáček a/nebo snímače (25) točivého momentu se snímají vlastnosti dopravníku, provede se modelování dopravovaného materiálu podle předem naměřených rozměrů a mechanicko-fyzikálních vlastností dopravovaného materiálu, dále se provede simulace dynamického toku dopravovaného materiálu a následně se výsledek z reálného měření na validačním dopravníku s výsledkem ze simulace porovnají.
10. Způsob modelování mechanických procesů s pomocí validačního korečkového dopravníku podle nároku 9, **vyznačující se tím**, že ze záznamu vysokorychlostní kamery (23) se pomocí PIV metody vytvoří vektorová mapa rychlostí.
11. Způsob modelování mechanických procesů s pomocí validačního korečkového elevátoru podle nároků 9 a 10, **vyznačující se tím**, že k modelování dopravovaného materiálu se použije softwarová aplikace EDEM a k simulaci simulační metoda DEM.
12. Způsob modelování mechanických procesů s pomocí validačního korečkového elevátoru podle nároků 9 až 11, **vyznačující se tím**, že se provádí s kalibračním standardem, který sestává z částic tvořených z koulí a využívá se buď v kombinaci druhů, nebo každý zvlášť.
13. Způsob modelování mechanických procesů s pomocí validačního korečkového elevátoru podle nároků 9 až 11, **vyznačující se tím**, že se provádí se sypkou hmotou tvořenou kulovitými částicemi.
14. Způsob modelování mechanických procesů s pomocí validačního korečkového elevátoru podle nároků 9 až 11, **vyznačující se tím**, že se provádí se sypkou hmotou, která sestává minimálně ze dvou druhů částic.
15. Způsob modelování mechanických procesů s pomocí validačního korečkového elevátoru podle nároku 13 nebo 14, **vyznačující se tím**, že se sypká hmota alespoň po část alespoň jednoho z procesů současně vystavuje účinkům vibrací a/nebo účinkům silového pole.
16. Způsob modelování mechanických procesů s pomocí validačního korečkového elevátoru podle nároků 13 až 15, **vyznačující se tím**, že se sypká hmota alespoň po část alespoň jednoho z procesů současně vystavuje účinkům energií a látek ze vstupu (37) a energií a látek z výstupu (38).
17. Způsob modelování mechanických procesů s pomocí validačního korečkového elevátoru podle nároků 13 až 16, **vyznačující se tím**, že alespoň po část alespoň jednoho z procesů se brání sypké hmotě v postupu a/nebo prostupu plnými a/nebo děrovanými odporovými prvky (39) ve tvarech krychle, kvádrů, koule, jehlanu, elipsoidu, paraboloidu, hyperboloidu, nebo jejich kombinací.
18. Způsob modelování mechanických procesů s pomocí validačního korečkového elevátoru podle nároku 17, **vyznačující se tím**, že odporové prvky (39) konají přímočarý, kruhový, rotační, rovnoměrný, nerovnoměrný, zrychlený, zpomalený, spojitý, nebo přerušovaný pohyb a/nebo vibrují, či vyzařují, nebo absorbují energii a látky.

Seznam vztahových značek:

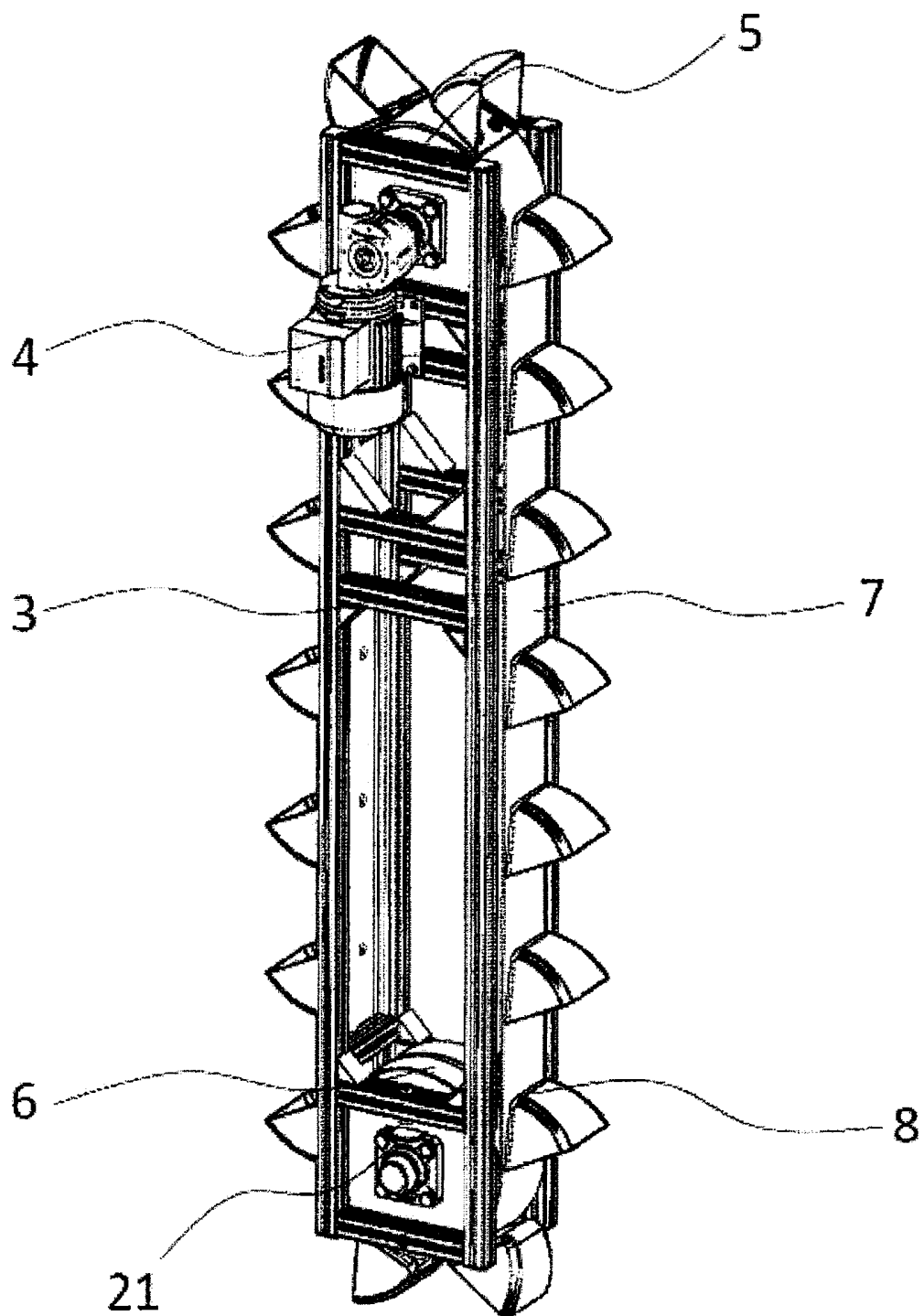
	1 – naklápěcí tělo validačního korečkového elevátoru
	2 – stojan validačního korečkového elevátoru
	3 – vyztužený nosný rám
5	4 – pohon
	5 – poháněcí buben
	6 – vratný buben
	7 – nekonečný tažný element
	8 – nosné elementy
10	9 – kryt hlavy elevátoru
	10 – kryt paty elevátoru
	11 – kryt prostoru výstupu
	12 – kryt šachty pracovní větve
	13 – kryt šachty vratné větve
15	14 – nastavitelná vodící plocha
	15 – nastavitelná náběrná plocha
	16 – nastavitelná skluzová deska
	17 – regulační vstupní násypka pro hrabací způsob plnění
	18 – regulační vstupní násypka pro násypný způsob plnění
20	19 – regulační výsypka
	20 – cirkulační propojení
	21 – napínání tažného elementu
	22 – člen pro nastavování tvaru vodící plochy
	23 – vysokorychlostní kamera
25	24 – váhové čidlo
	25 – snímač točivého momentu
	26 – teplotní čidlo
	27 – vlhkostní čidlo
	28 – mikrofón
30	29 – vibrační čidlo
	30 – snímač otáček
	31 – tomografické čidlo
	32 – řídicí jednotka
	33 – vyhodnocovací zařízení (PC)
35	34 – vstupní zásobníky
	35 – výstupní zásobníky
	36 – regulační ventil výsypky
	37 – vstup energie a látky
	38 – výstup energie a látky
40	39 – odporové prvky
	40 – snímač tlaku
	41 – čidlo náklonu



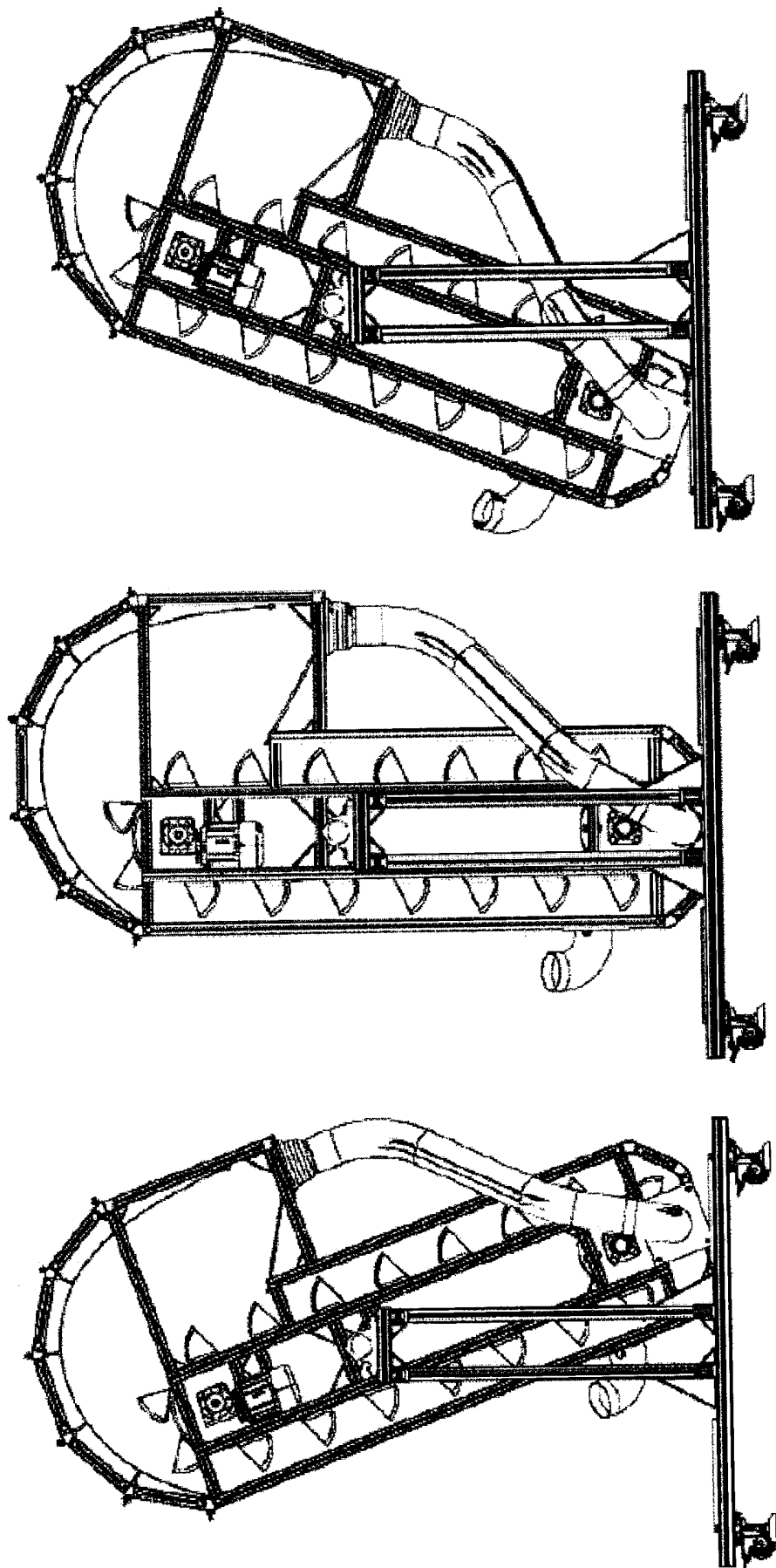
Obr. 1



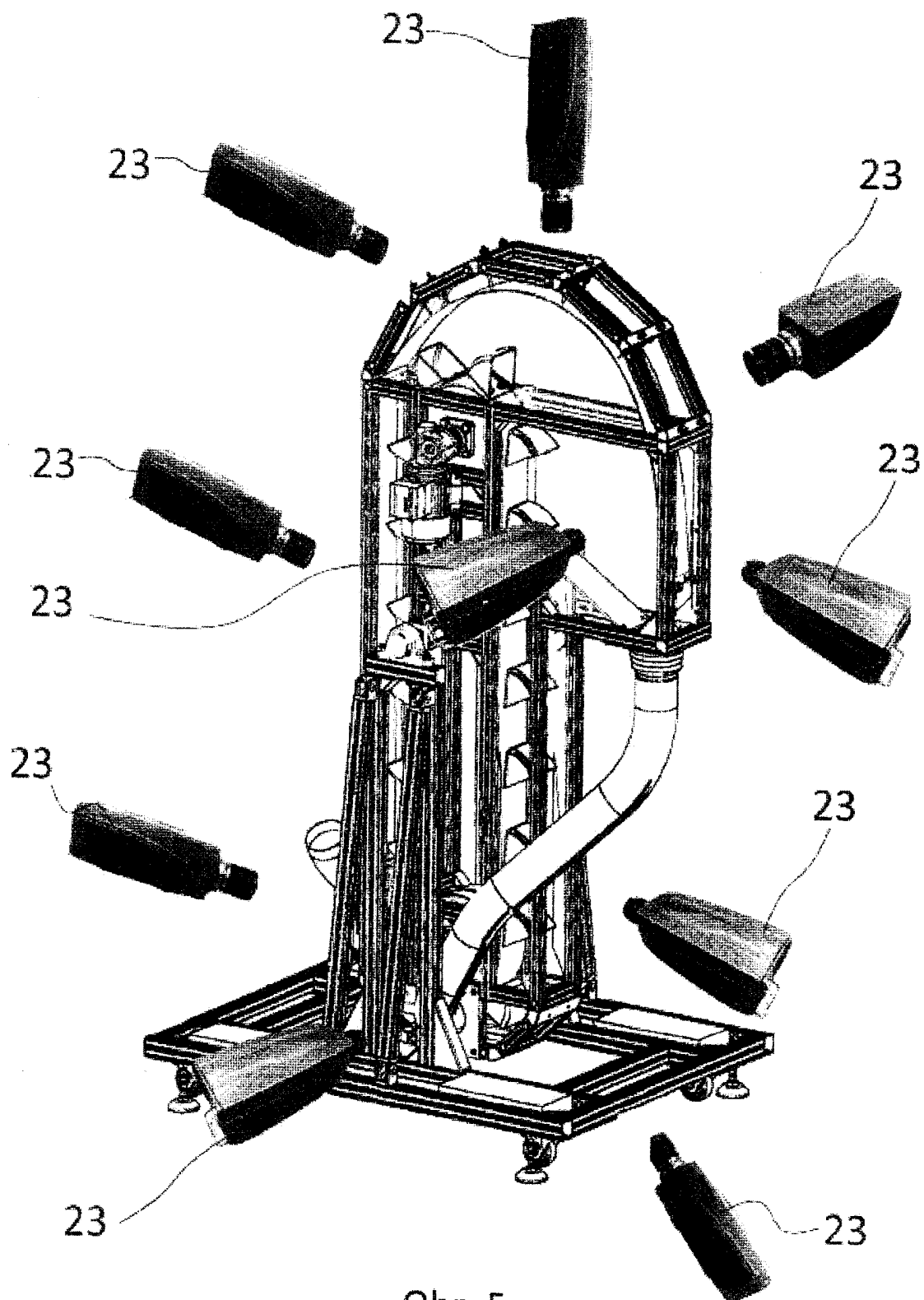
Obr. 2



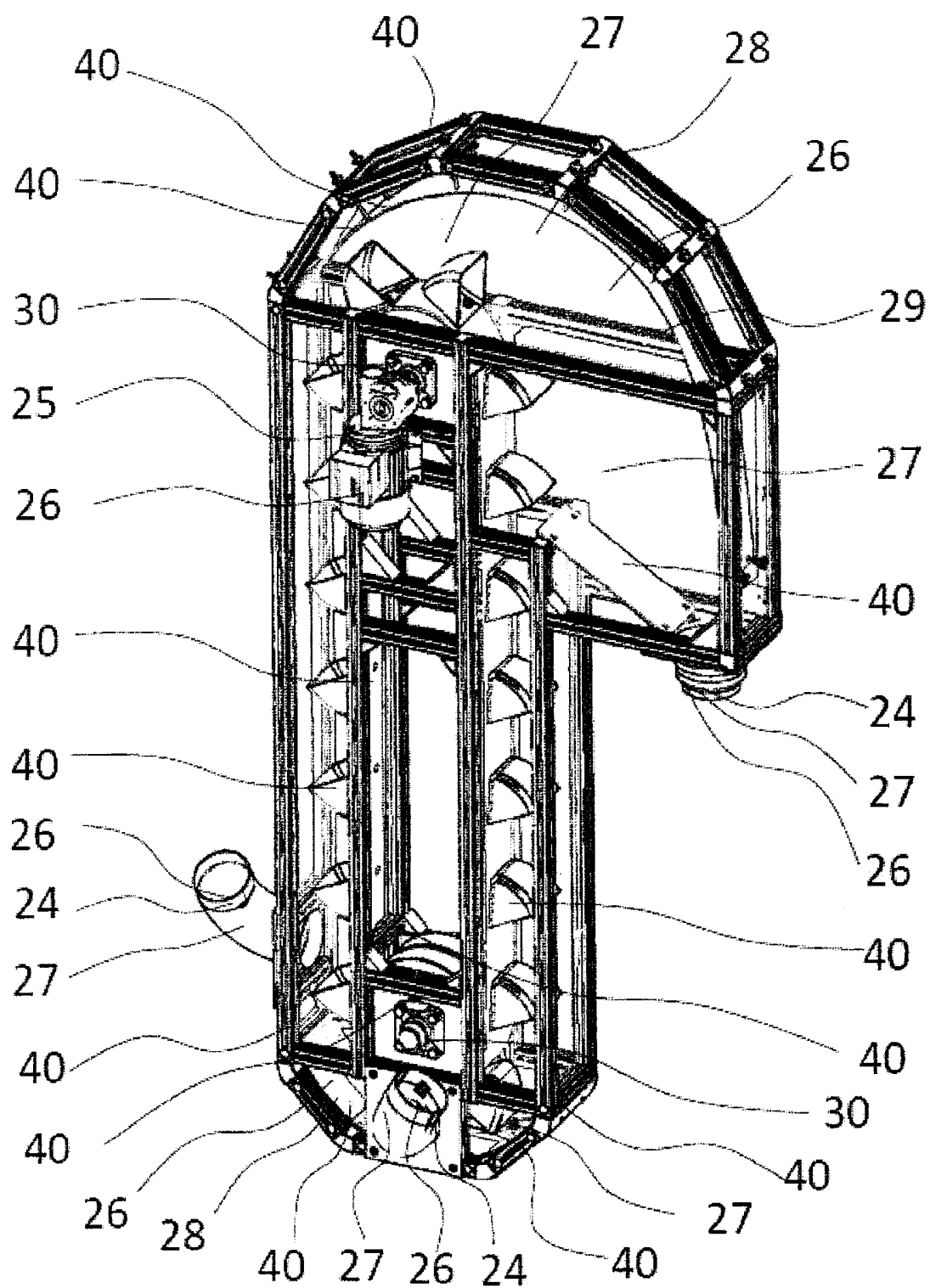
Obr. 3



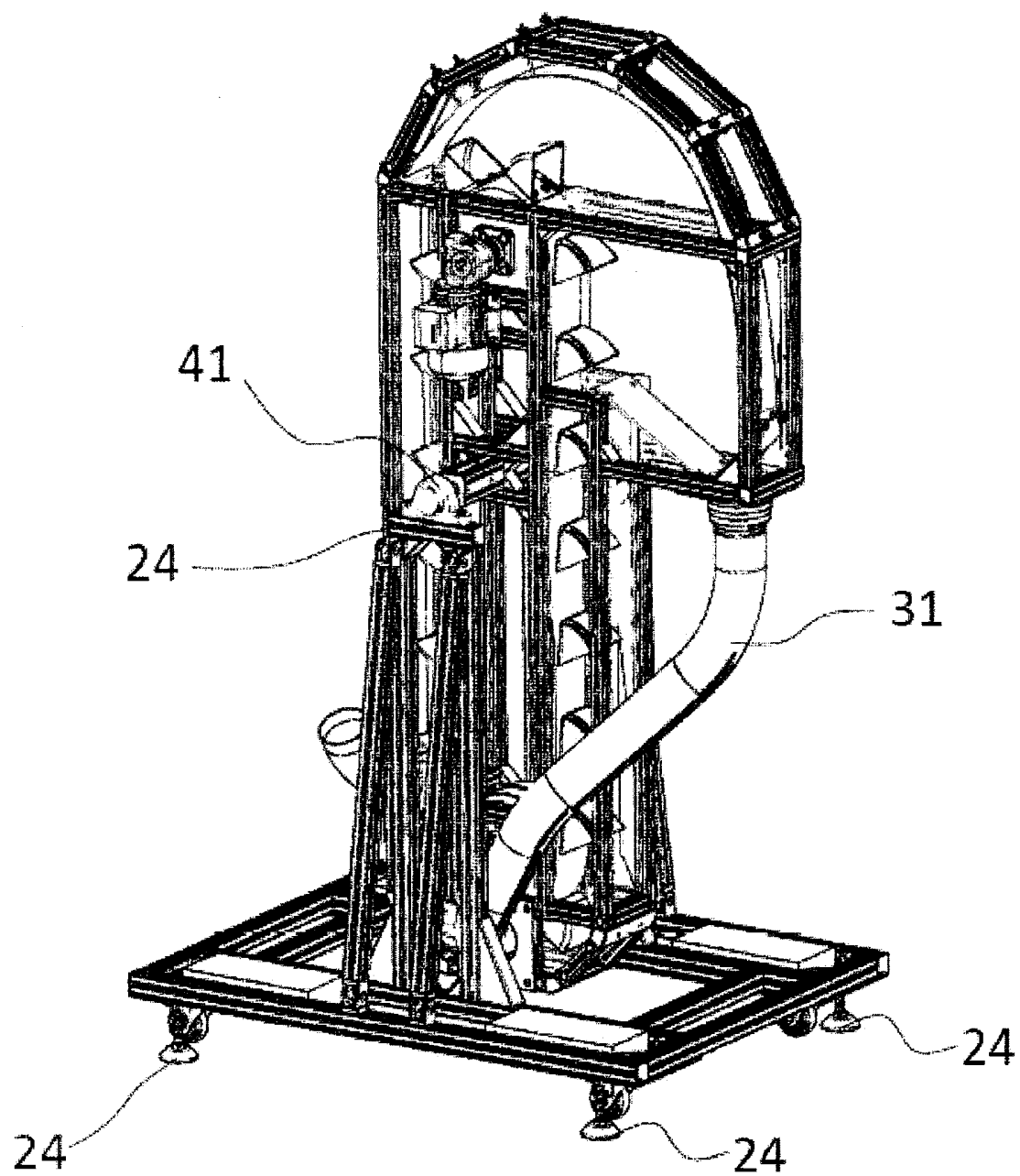
Obr. 4



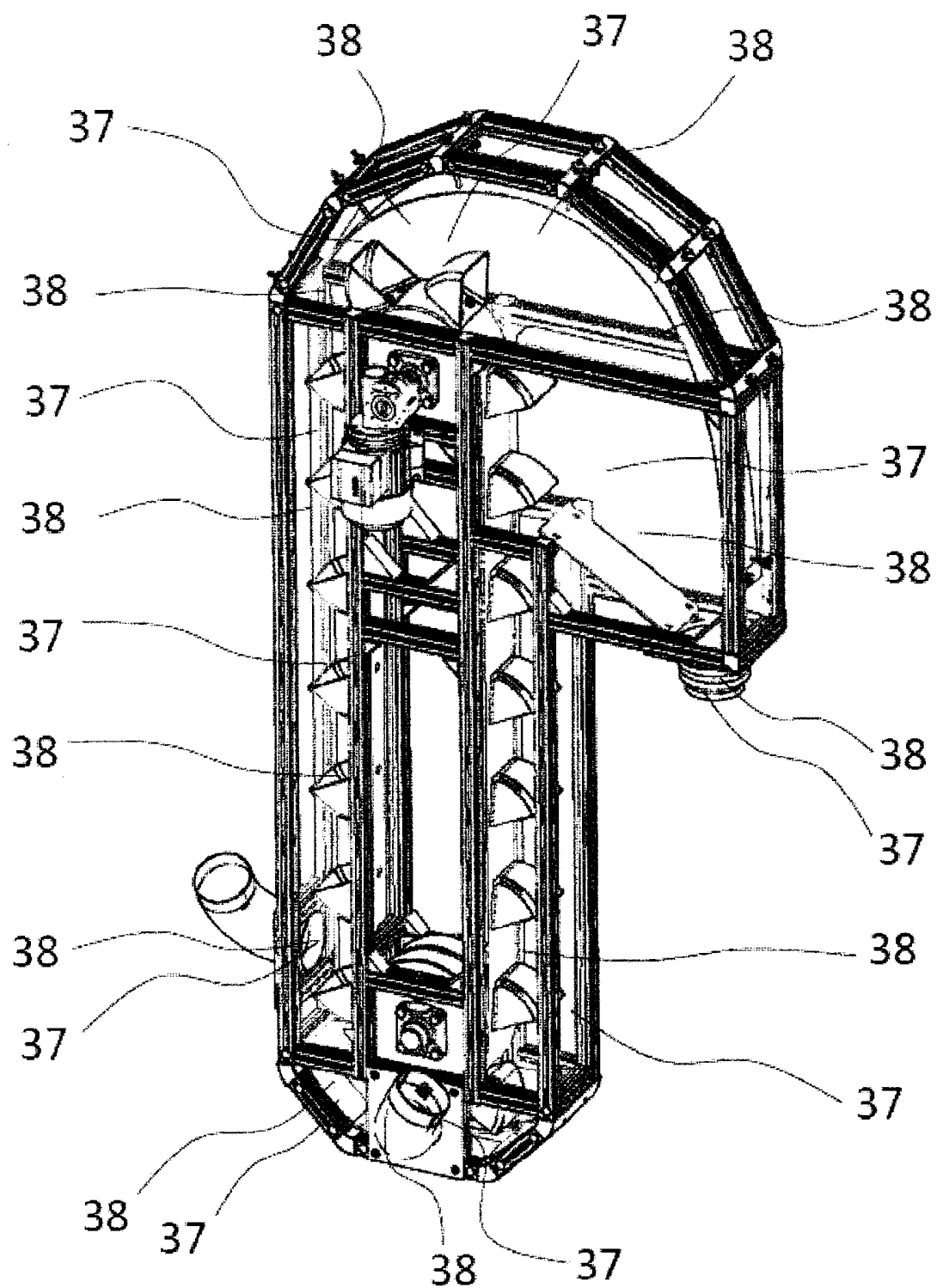
Obr. 5



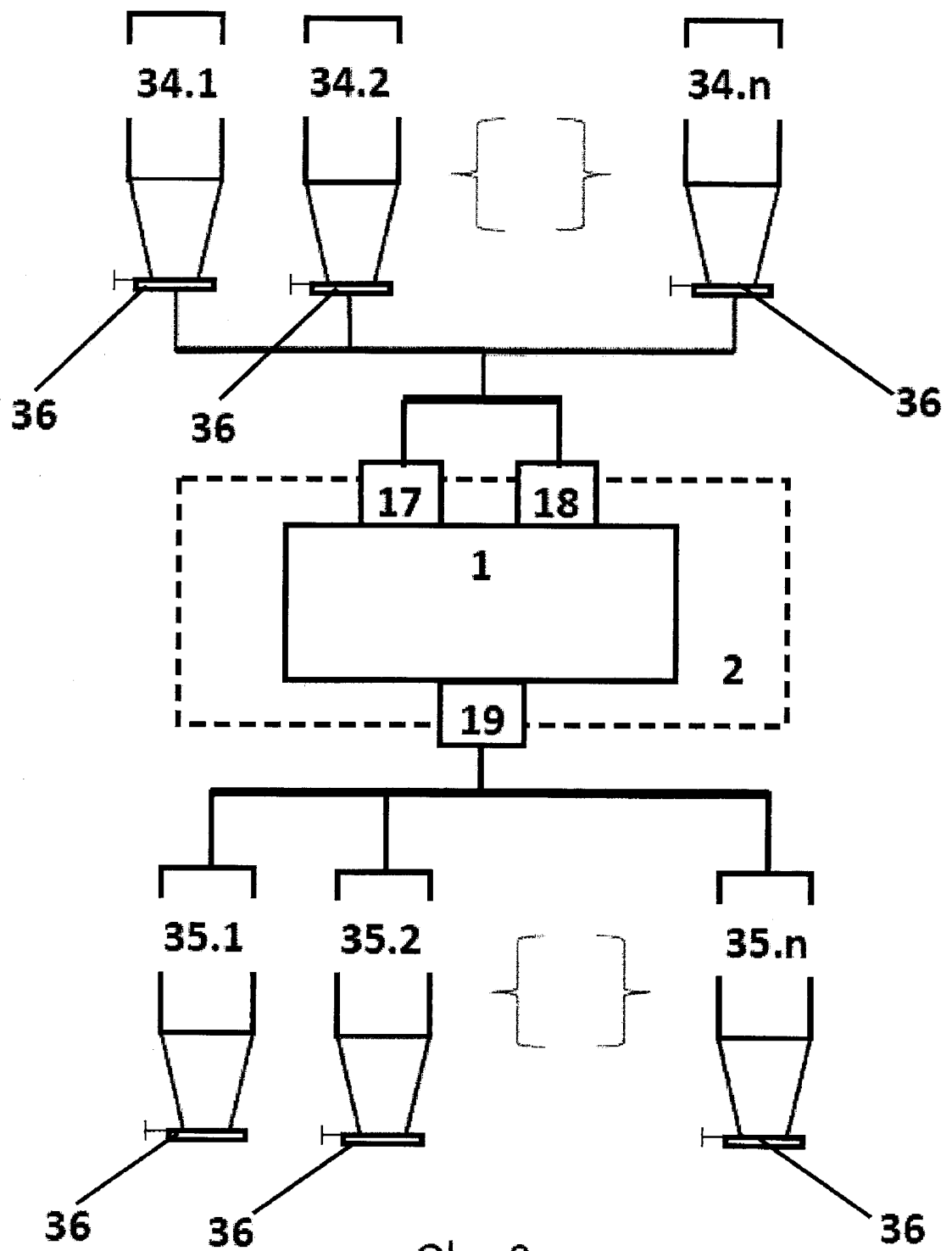
Obr. 6



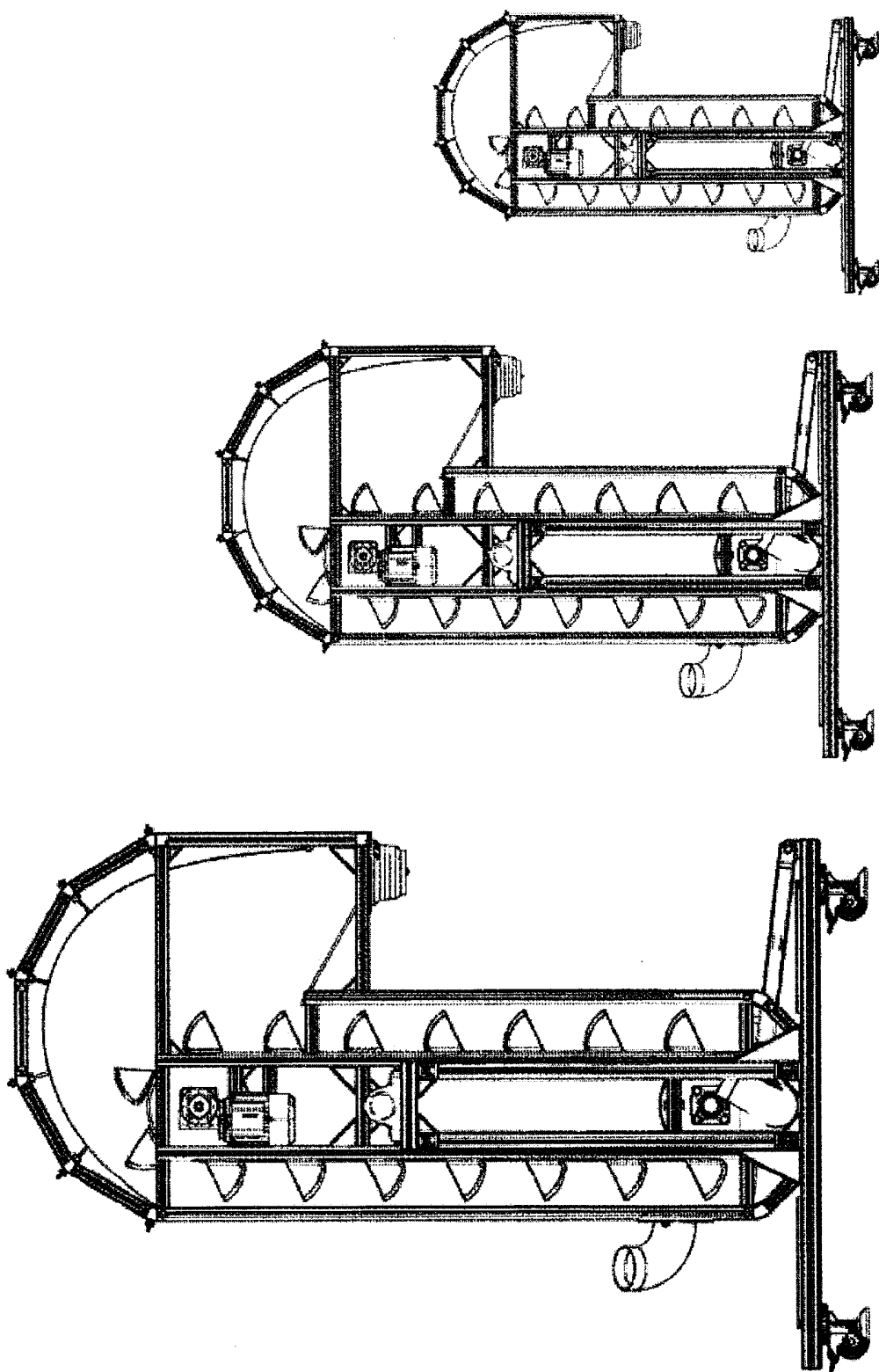
Obr. 7



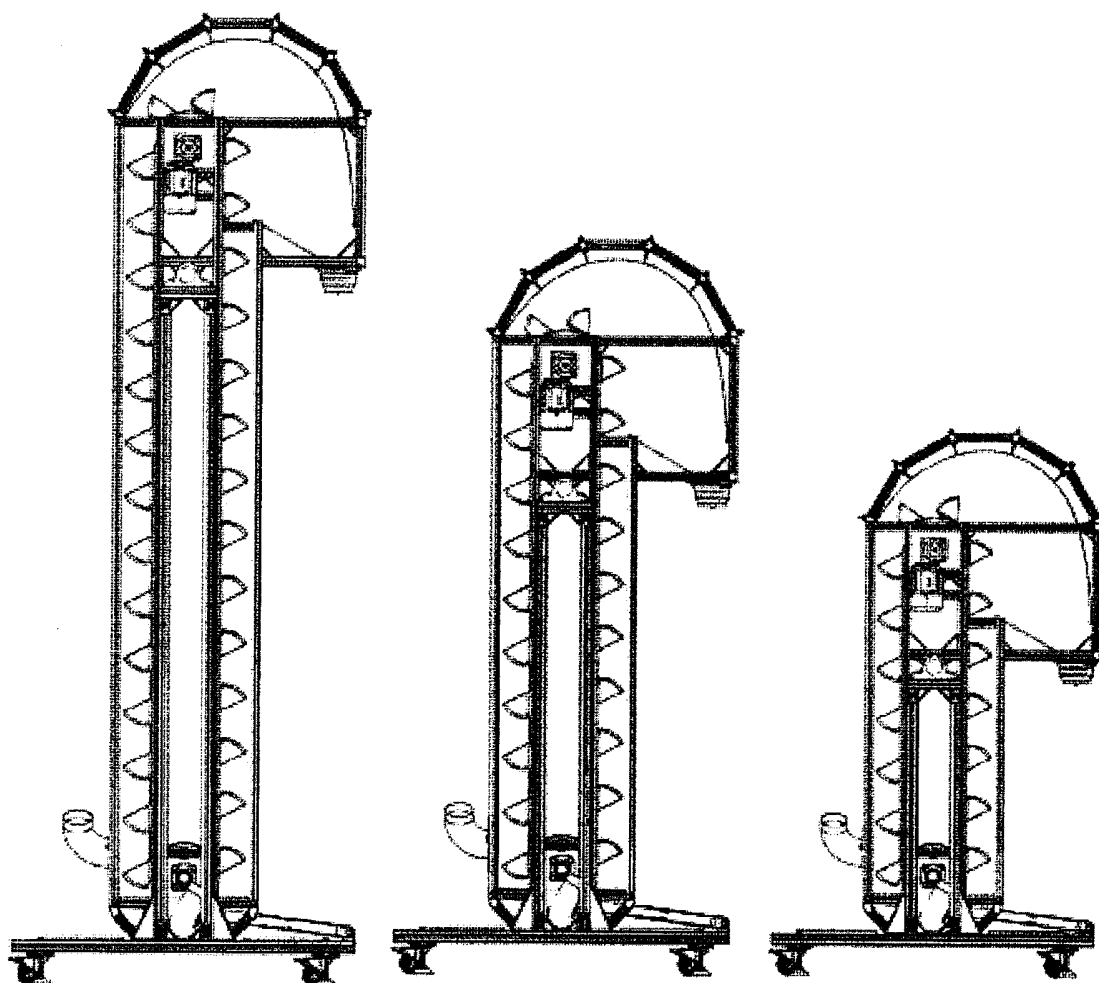
Obr. 8



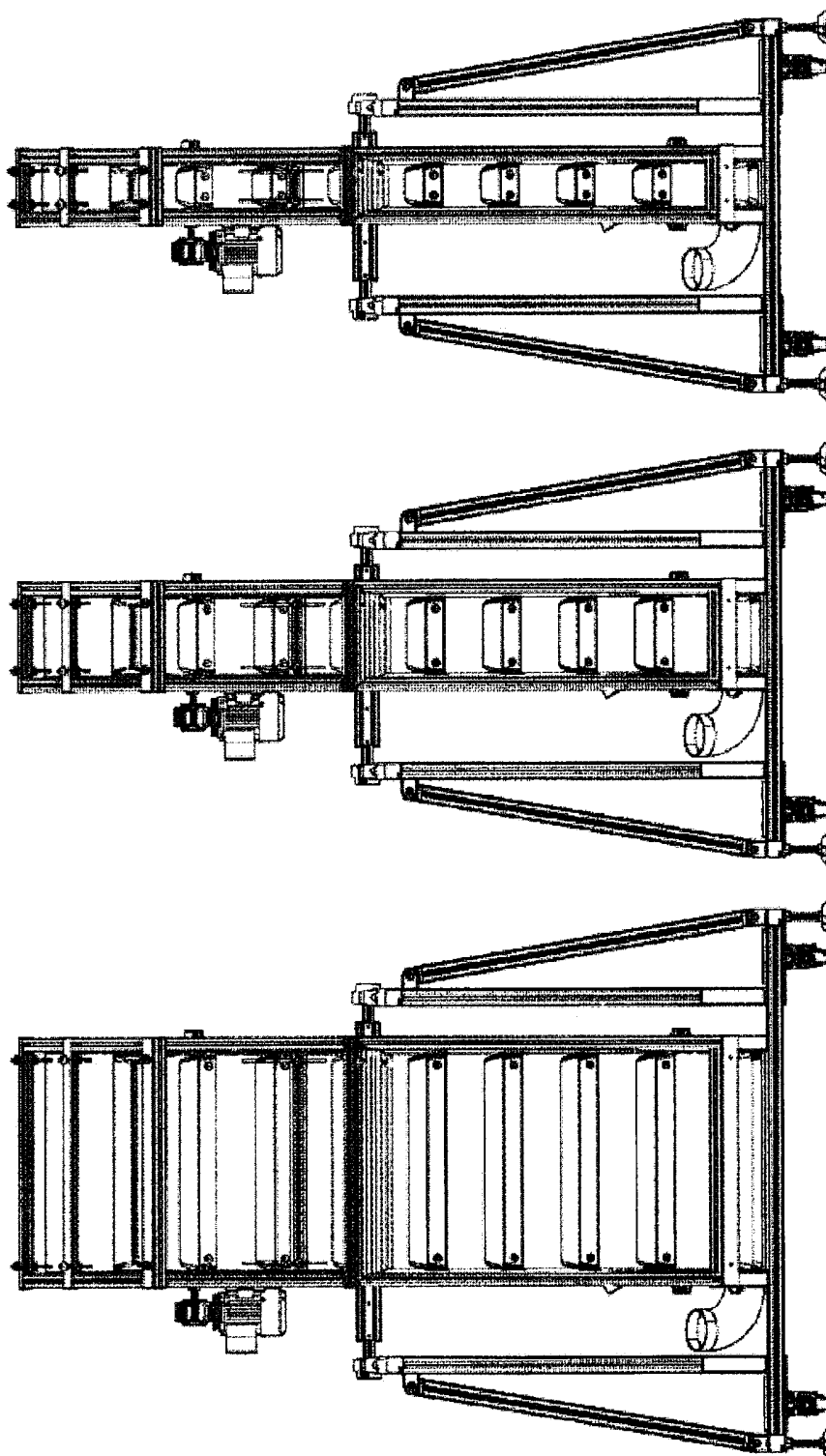
Obr. 9



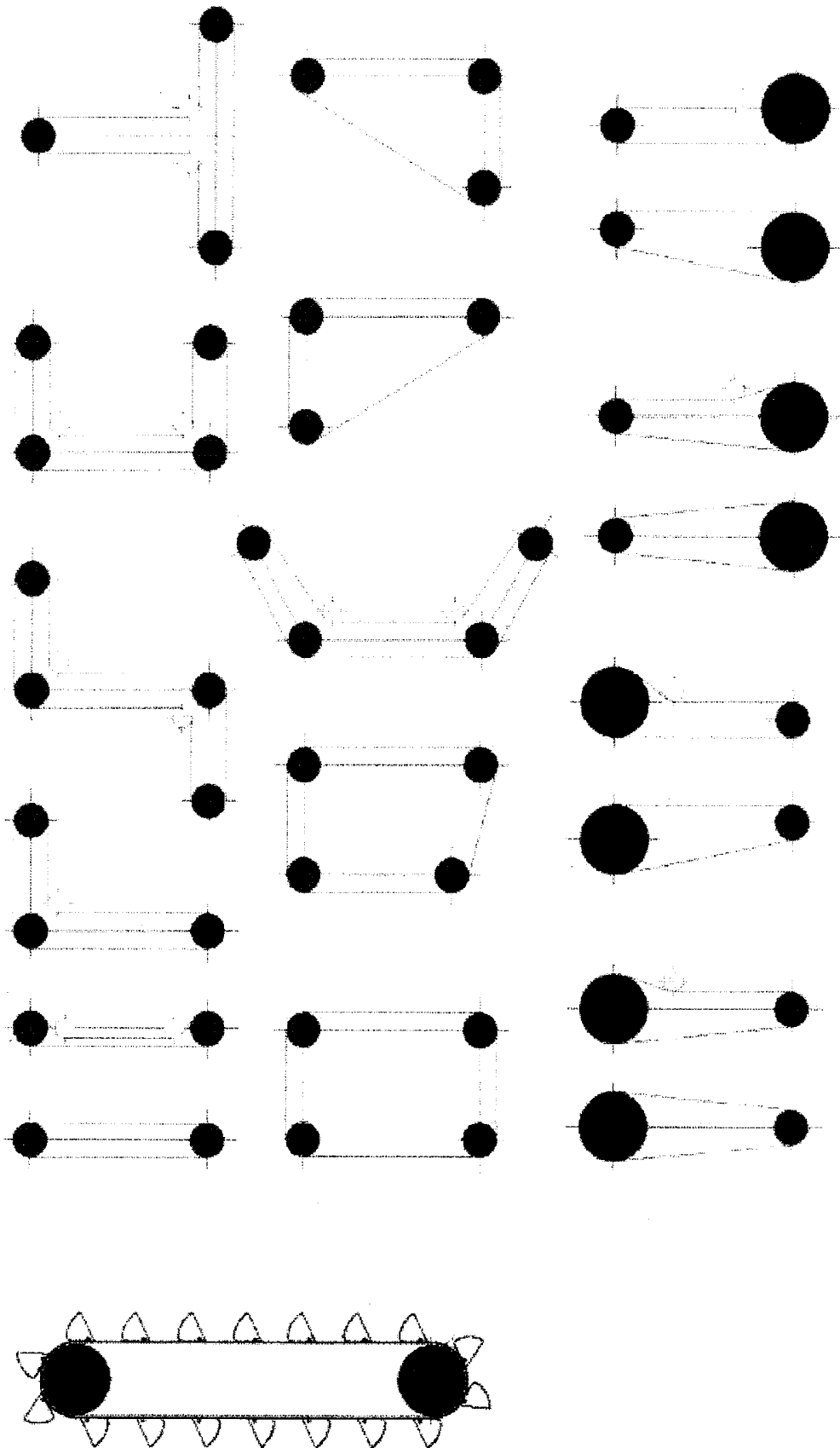
Obr. 10



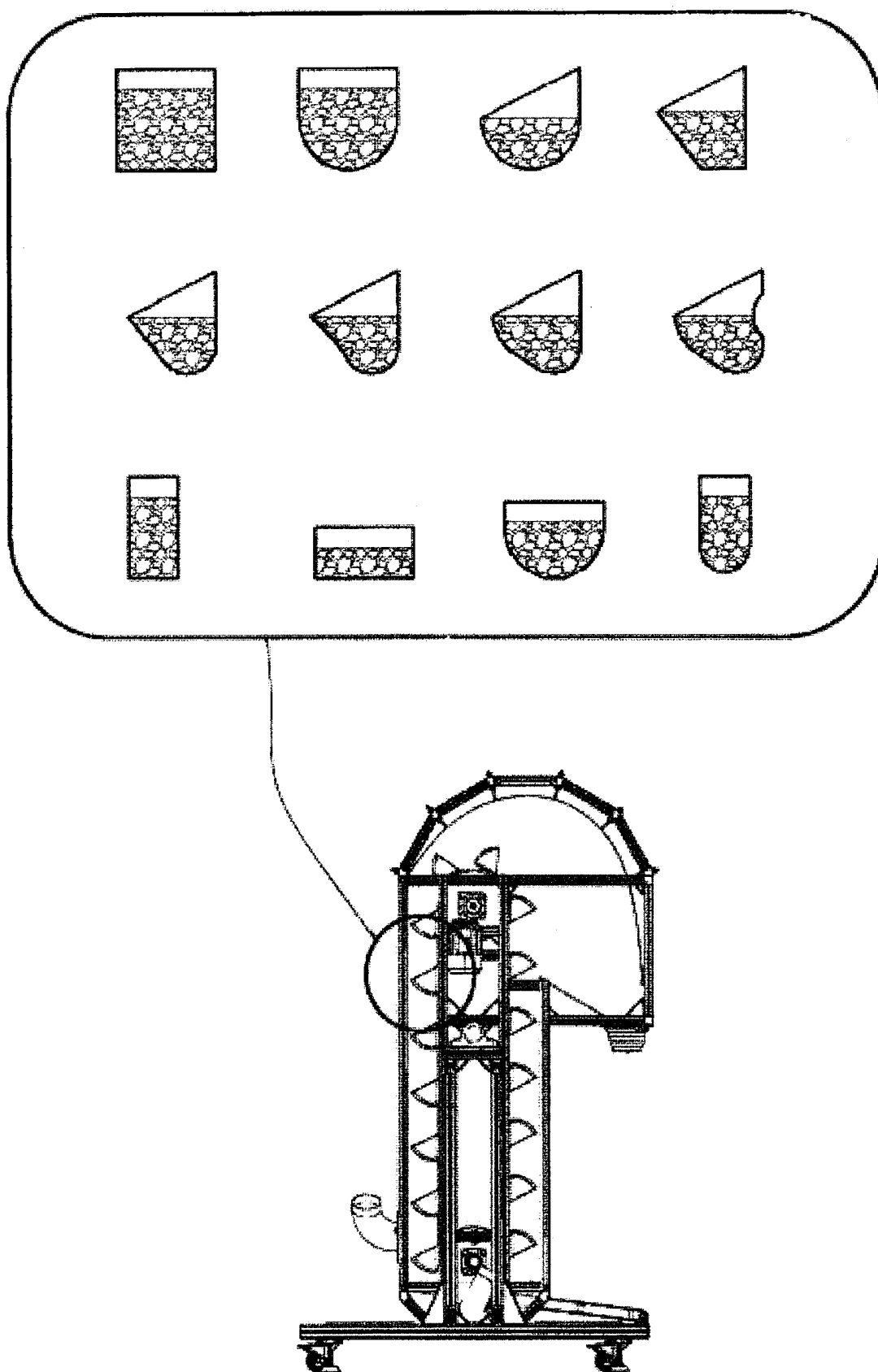
Obr. 11



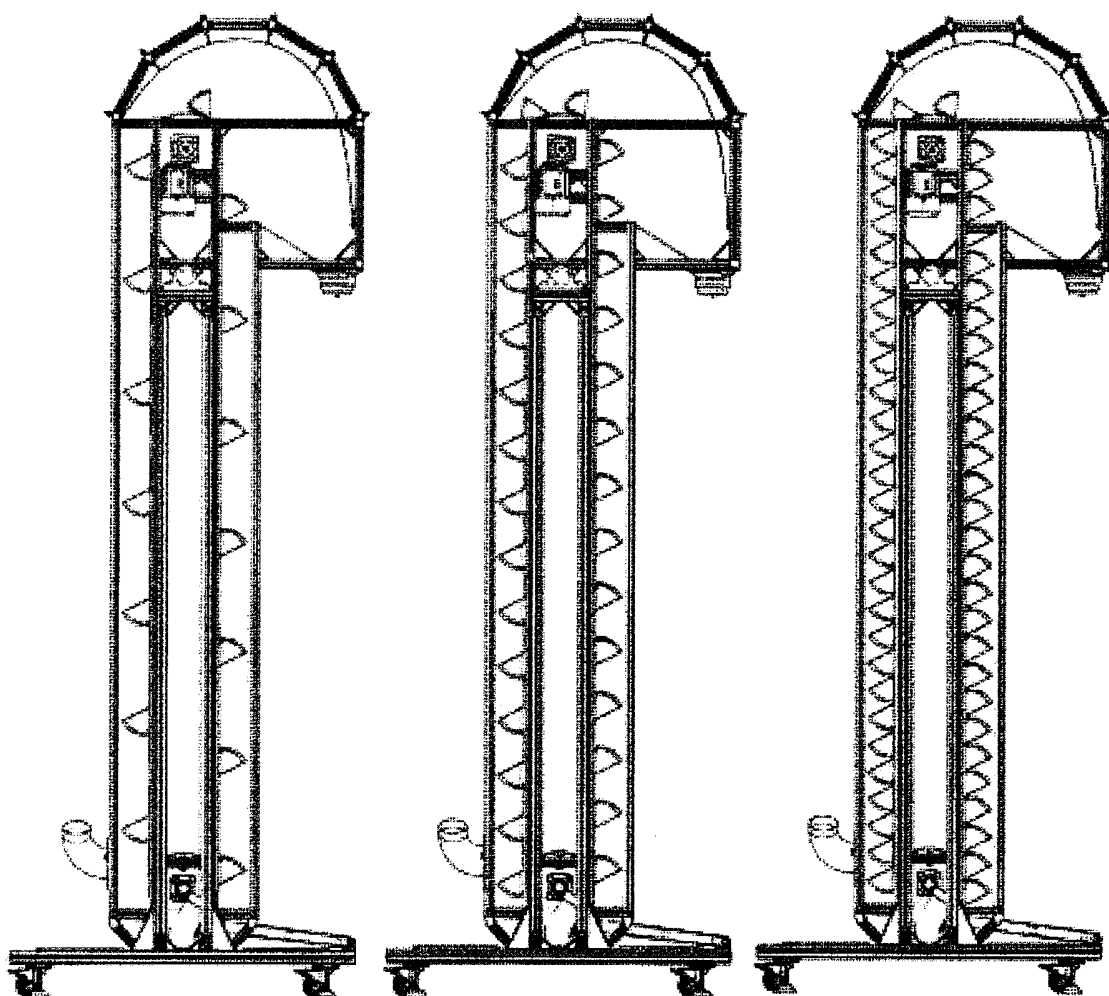
Obr. 12



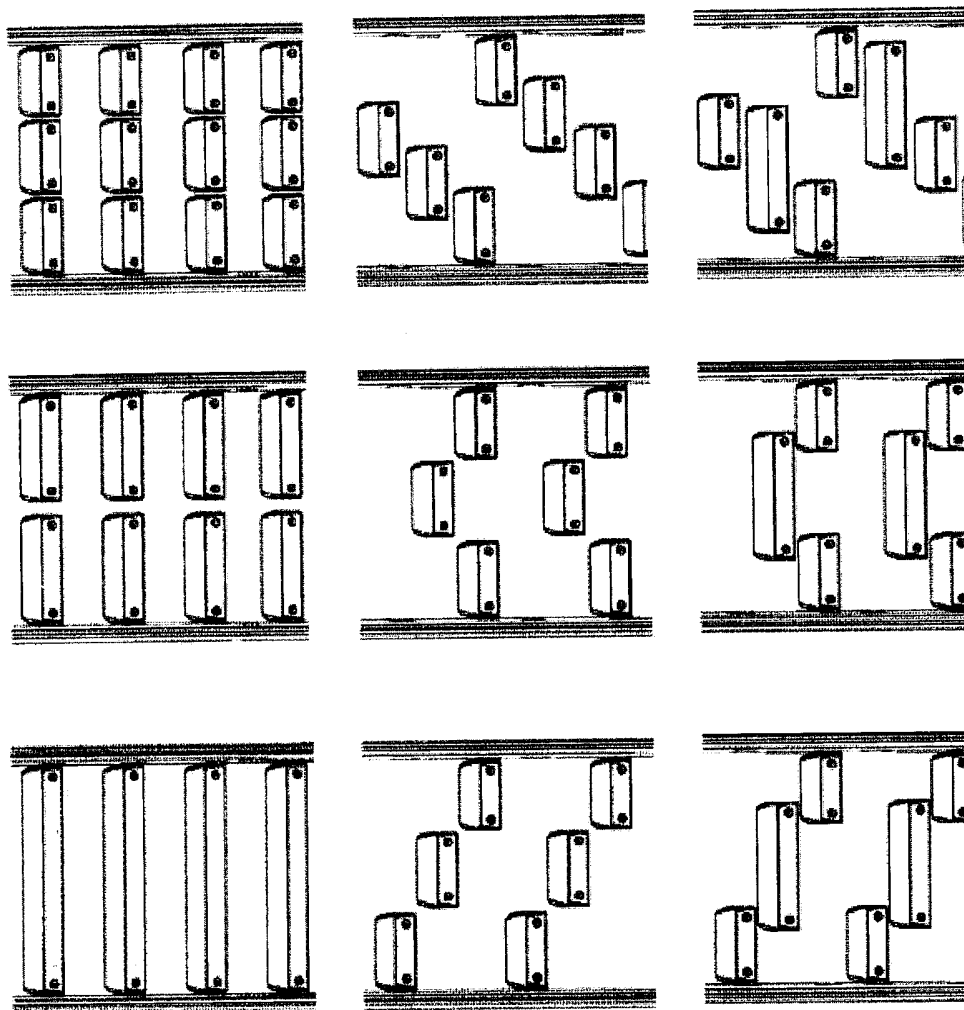
Obr. 13



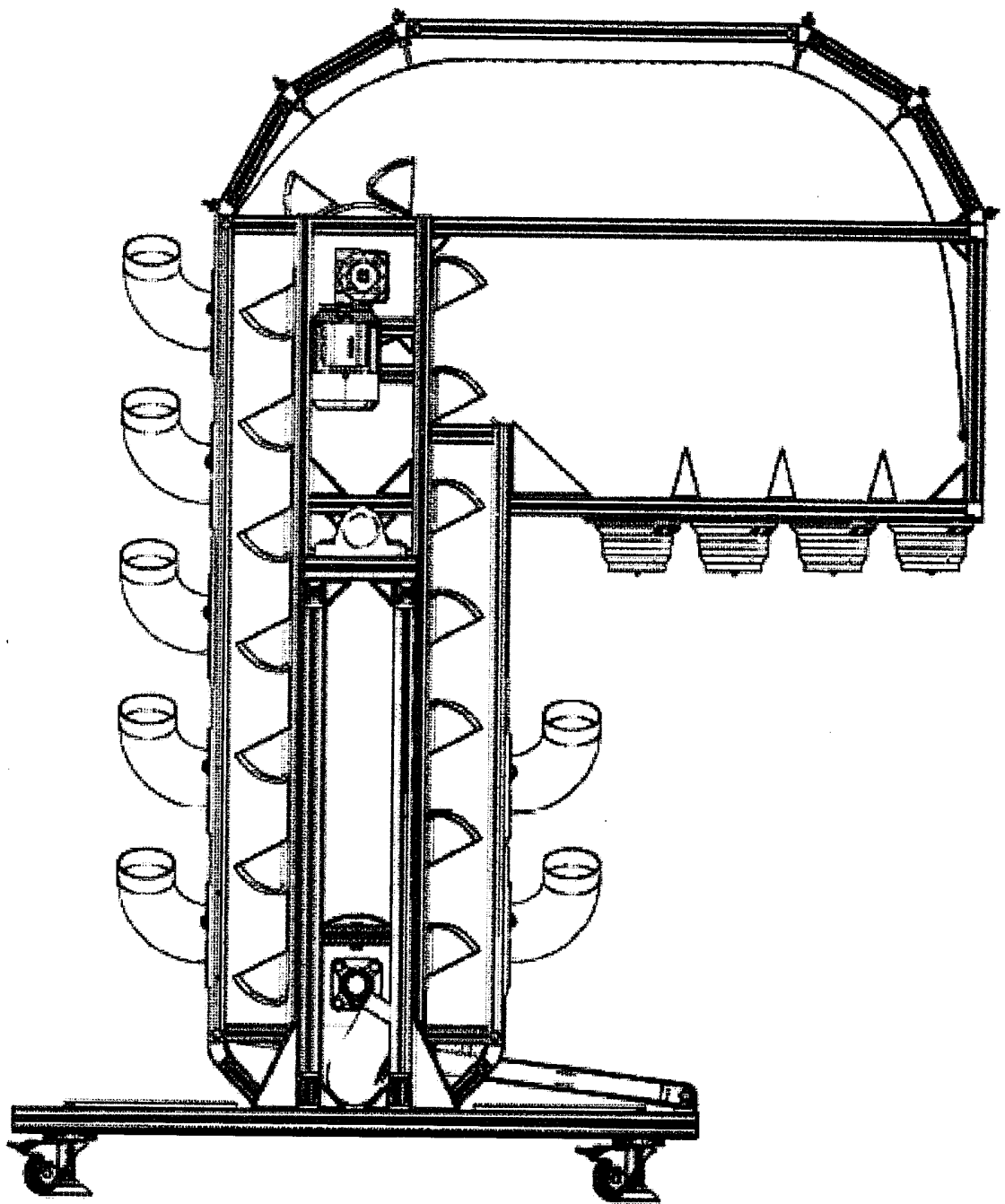
Obr. 14



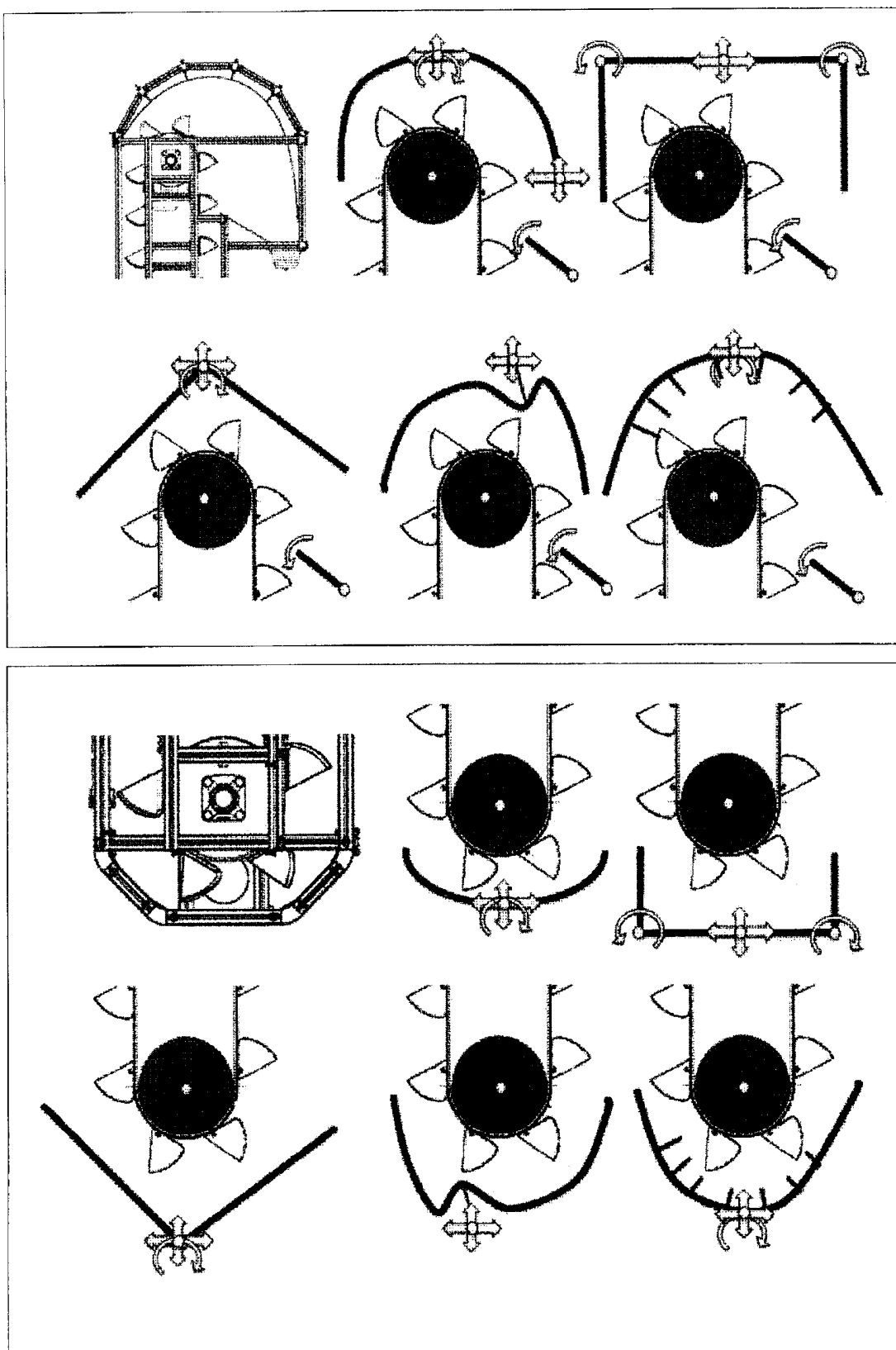
Obr. 15



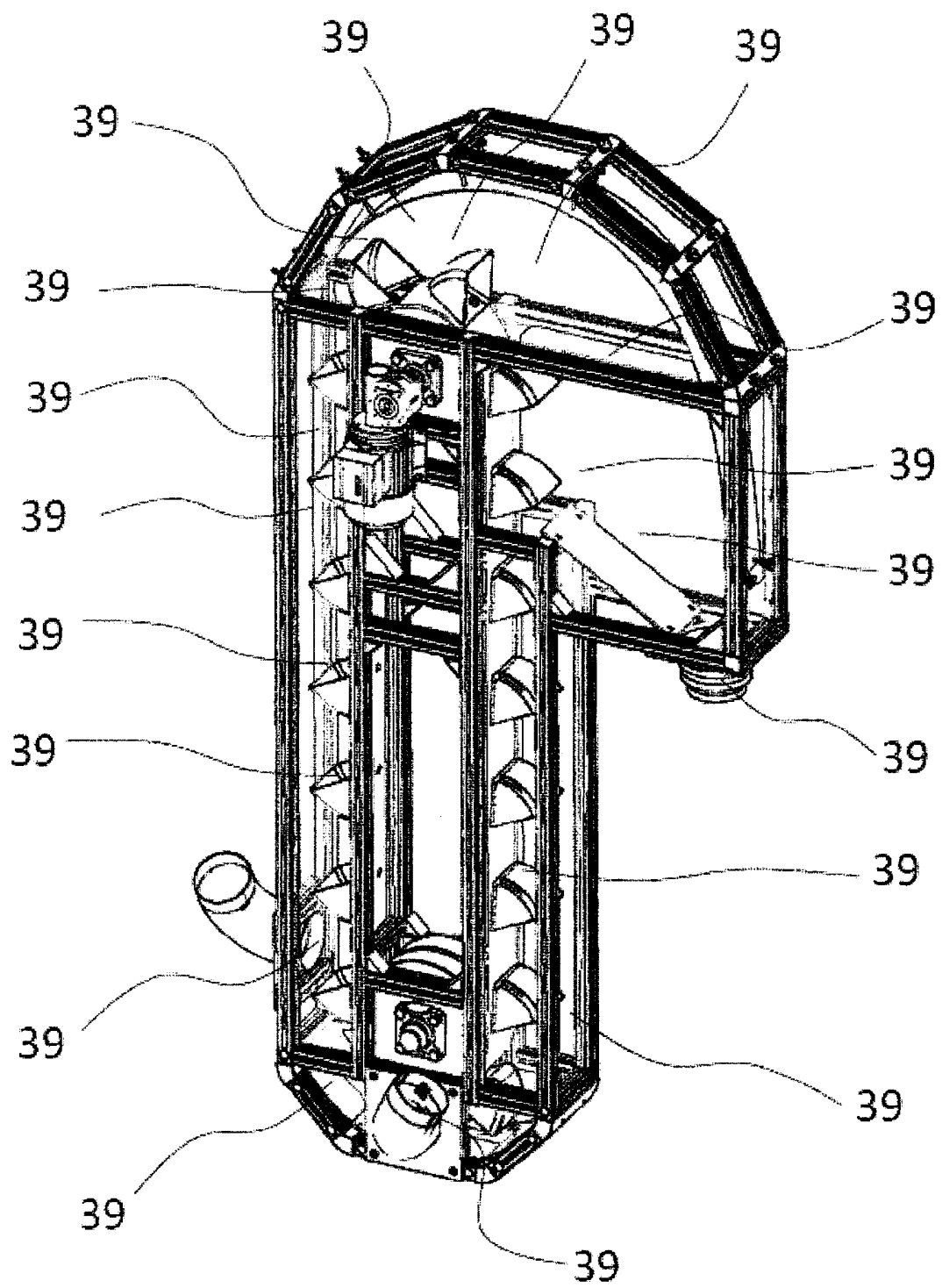
Obr. 16



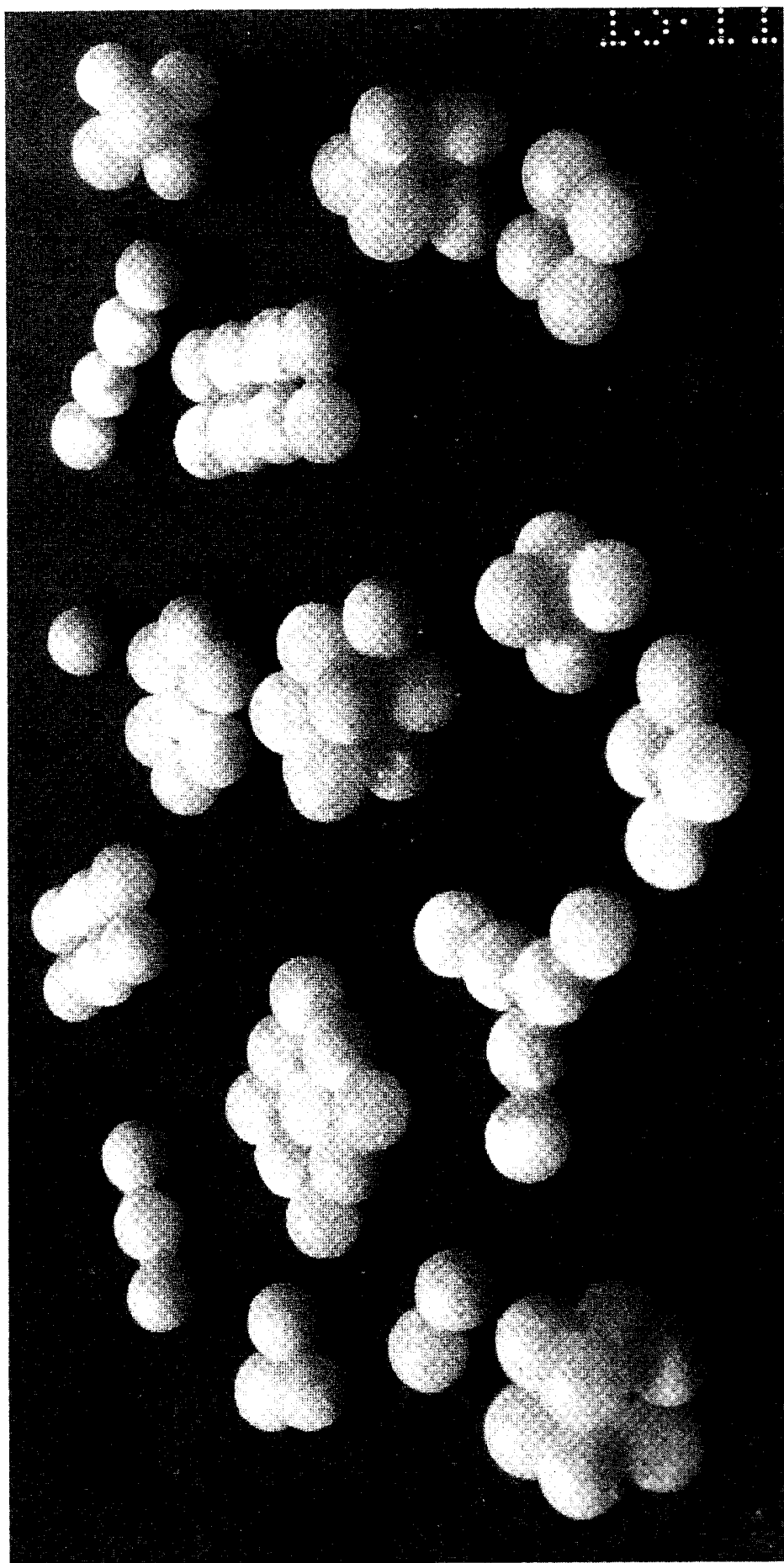
Obr. 17



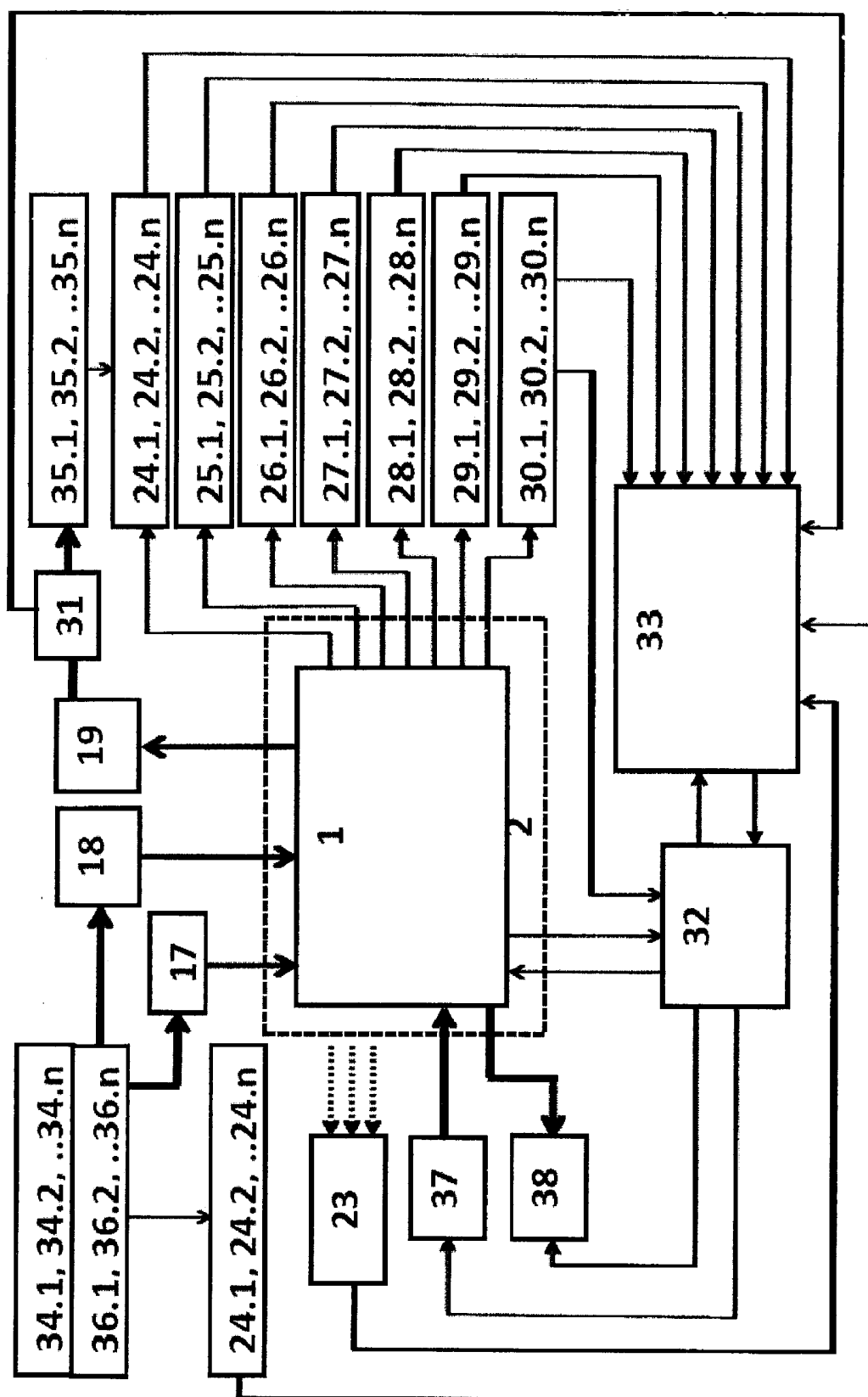
Obr. 18



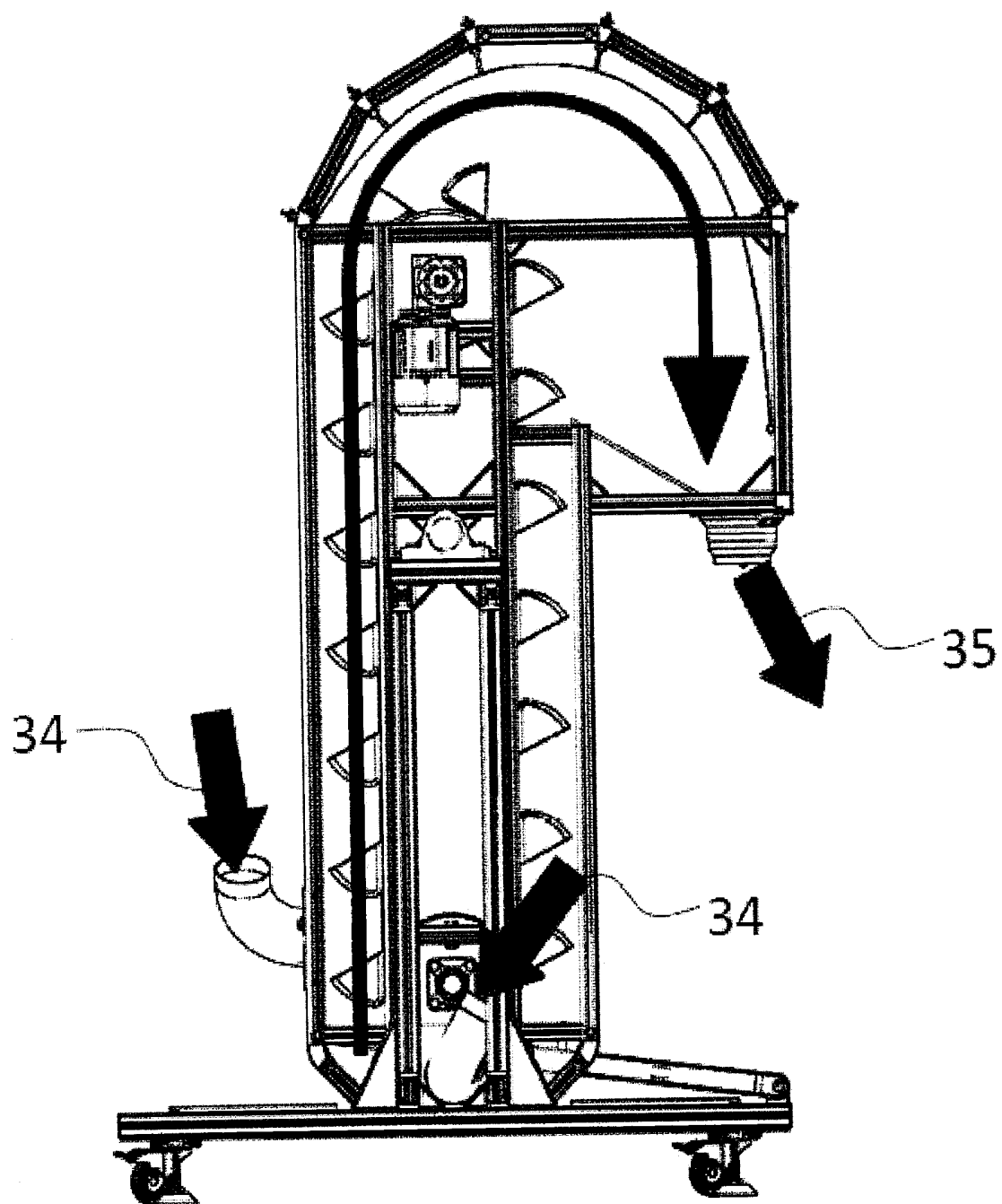
Obr. 19



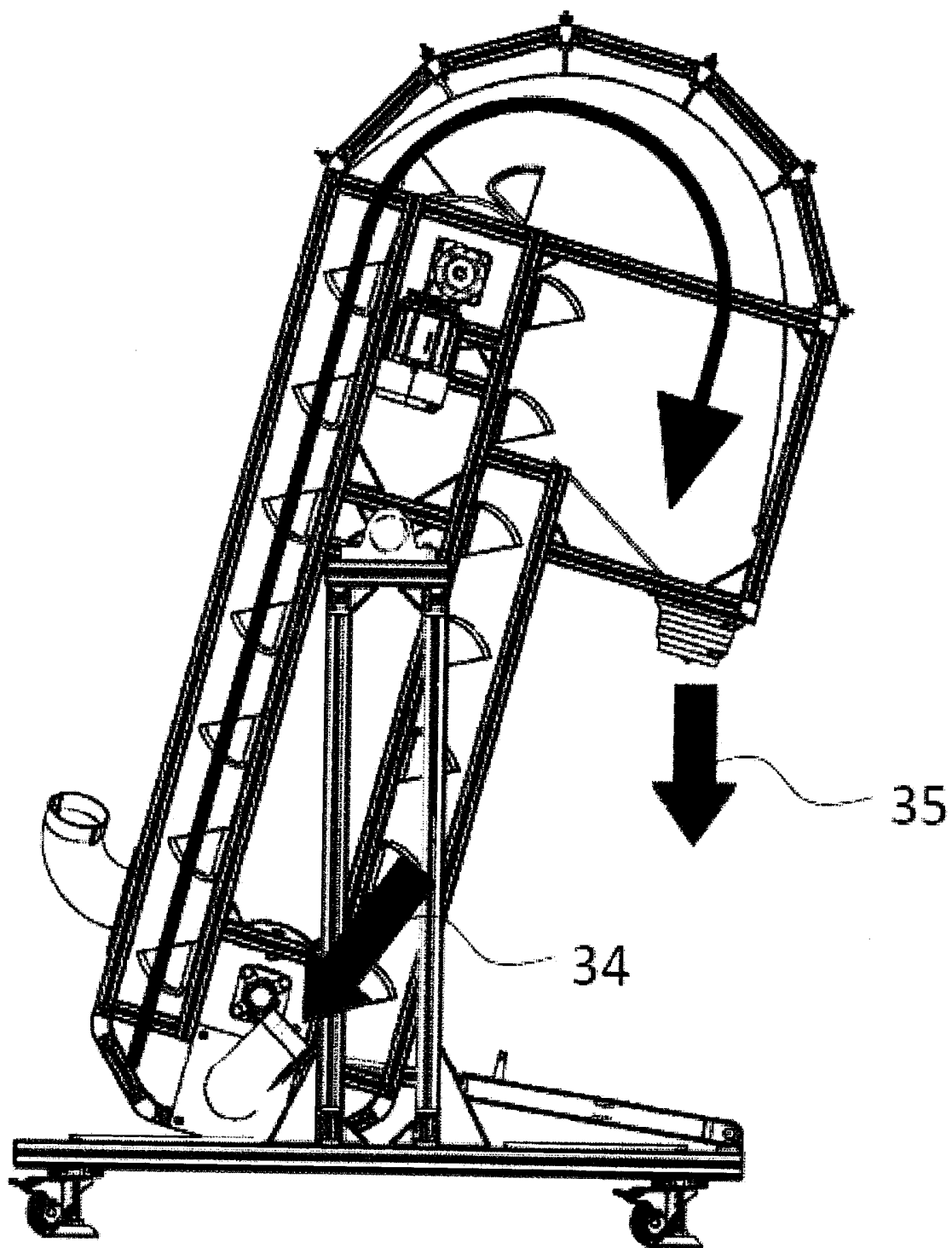
Obr. 20



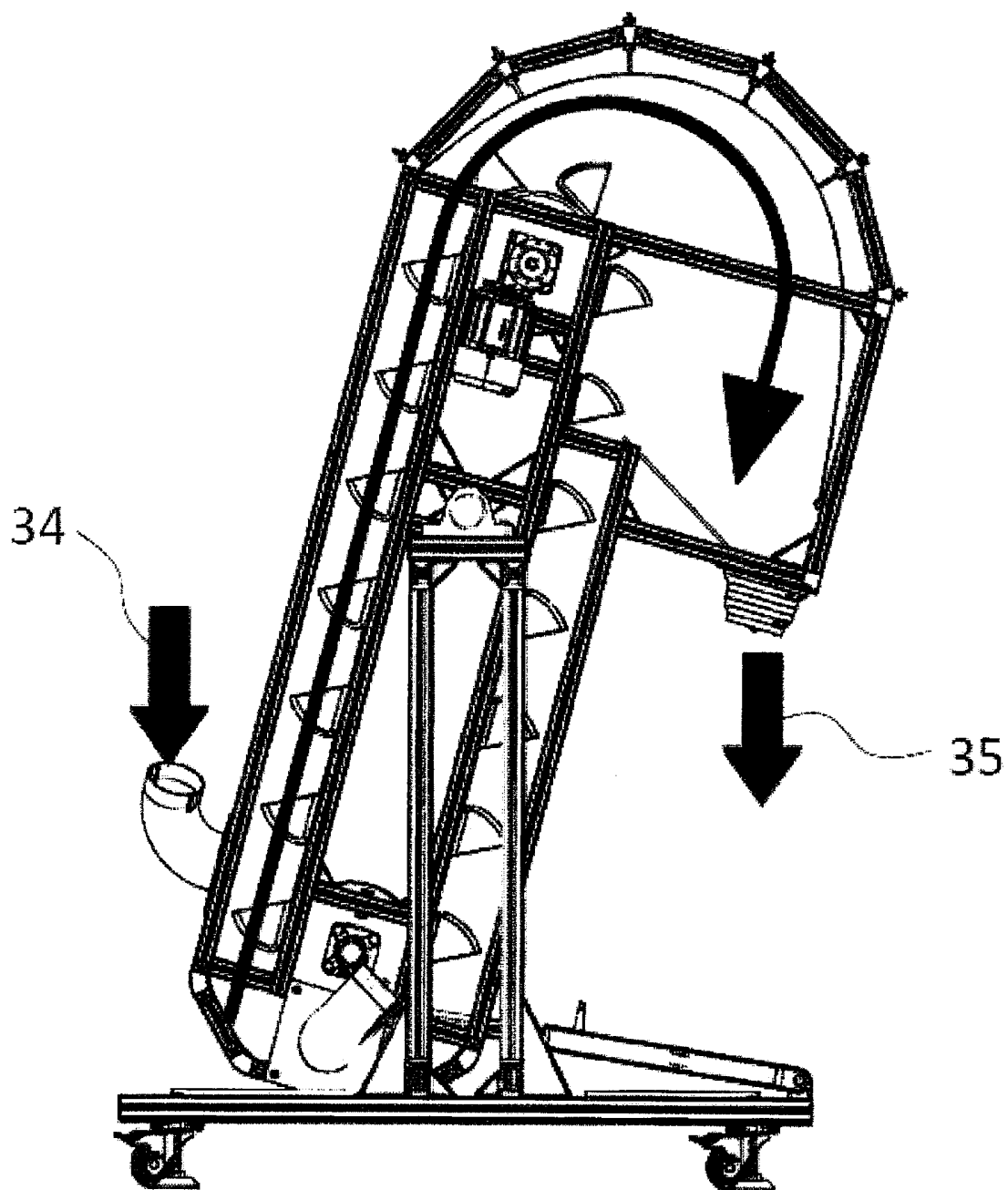
Obr. 21



Obr. 22



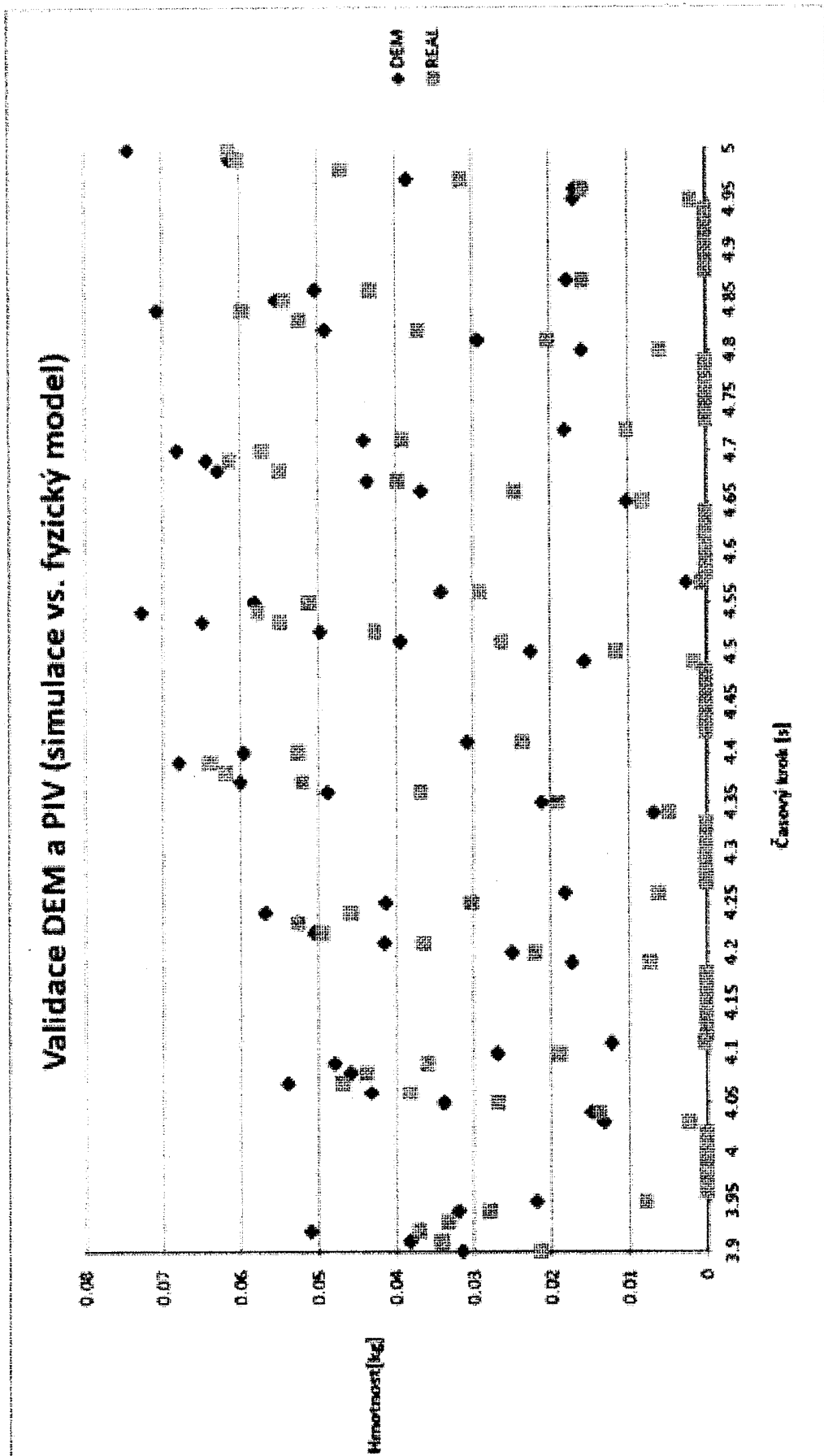
Obr. 23



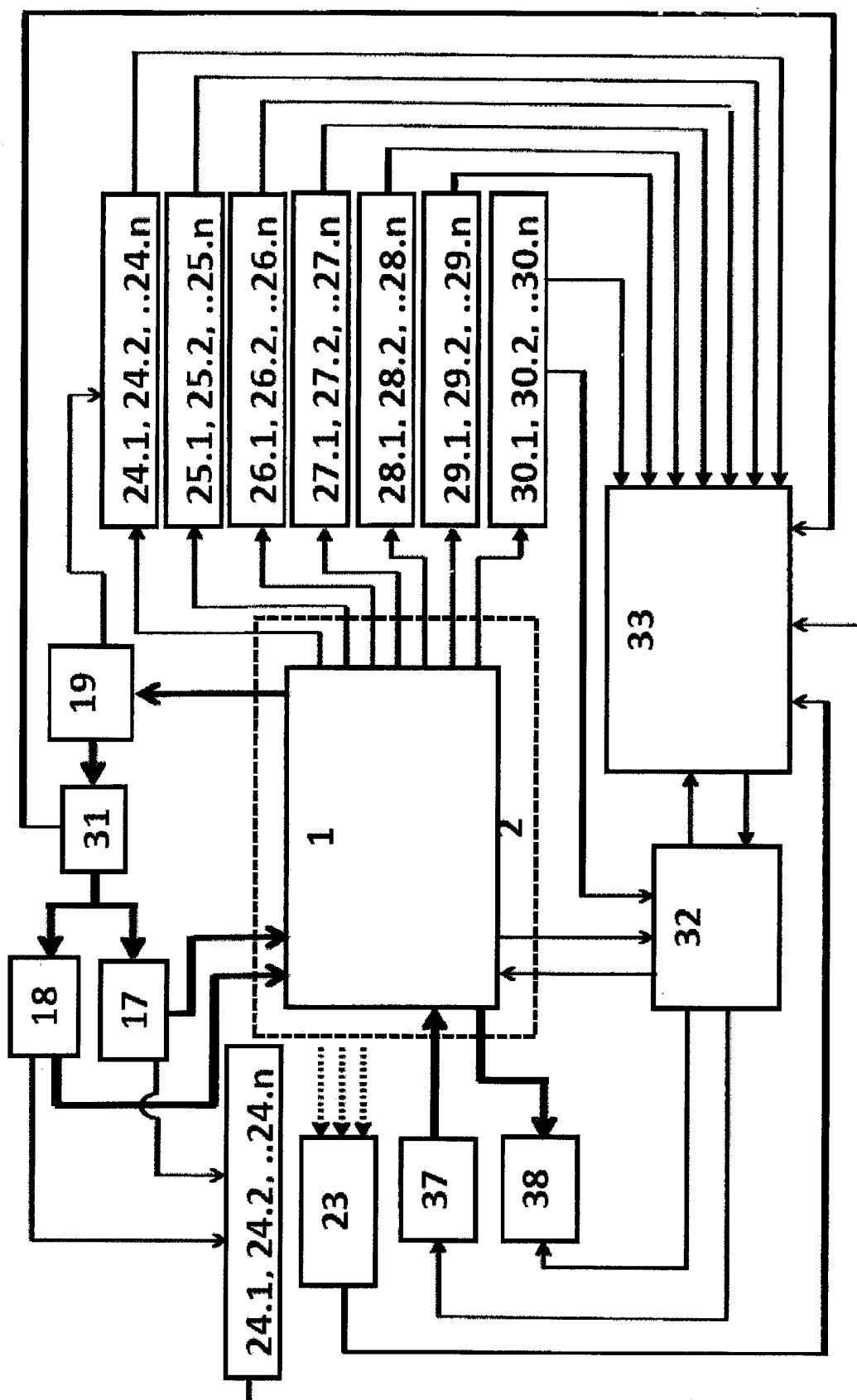
Obr. 24

	Váha REAL [kg]	Gas. krok [s]	VÁHA DEM [kg]		Váha REAL [kg]	Gas. krok [s]	VÁHA DEM [kg]		Váha REAL [kg]	Gas. krok [s]	Váha DEM [kg]
1	0.0215	3.90	0.0315	38	0.0000	4.27	0.0000	75	0.0000	4.64	0.0000
2	0.0342	3.91	0.0382	39	0.0000	4.28	0.0000	76	0.0082	4.65	0.0102
3	0.0370	3.92	0.0510	40	0.0000	4.29	0.0000	77	0.0146	4.66	0.0366
4	0.0334	3.93	0.0334	41	0.0000	4.30	0.0000	78	0.0396	4.67	0.0436
5	0.0280	3.94	0.0320	42	0.0000	4.31	0.0000	79	0.0549	4.68	0.0629
6	0.0079	3.95	0.0219	43	0.0000	4.32	0.0000	80	0.0614	4.69	0.0644
7	0.0000	3.96	0.0000	44	0.0000	4.33	0.0000	81	0.0571	4.70	0.0681
8	0.0000	3.97	0.0000	45	0.0048	4.34	0.0068	82	0.0390	4.71	0.0440
9	0.0000	3.98	0.0000	46	0.0192	4.35	0.0212	83	0.0102	4.72	0.0182
10	0.0000	3.99	0.0000	47	0.0368	4.36	0.0488	84	0.0000	4.73	0.0000
11	0.0000	4.00	0.0000	48	0.0520	4.37	0.0600	85	0.0000	4.74	0.0000
12	0.0000	4.01	0.0000	49	0.0619	4.38	0.0619	86	0.0000	4.75	0.0000
13	0.0000	4.02	0.0000	50	0.0639	4.39	0.0679	87	0.0000	4.76	0.0000
14	0.0023	4.03	0.0133	51	0.0526	4.40	0.0596	88	0.0000	4.77	0.0000
15	0.0139	4.04	0.0149	52	0.0238	4.41	0.0308	89	0.0000	4.78	0.0000
16	0.0269	4.05	0.0339	53	0.0000	4.42	0.0000	90	0.0000	4.79	0.0000
17	0.0382	4.06	0.0432	54	0.0000	4.43	0.0000	91	0.0059	4.80	0.0159
18	0.0469	4.07	0.0539	55	0.0000	4.44	0.0000	92	0.0204	4.81	0.0294
19	0.0438	4.08	0.0458	56	0.0000	4.45	0.0000	93	0.0370	4.82	0.0490
20	0.0359	4.09	0.0479	57	0.0000	4.46	0.0000	94	0.0523	4.83	0.0523
21	0.0189	4.10	0.0269	58	0.0000	4.47	0.0000	95	0.0597	4.84	0.0707
22	0.0003	4.11	0.0123	59	0.0000	4.48	0.0000	96	0.0543	4.85	0.0553
23	0.0000	4.12	0.0000	60	0.0017	4.49	0.0157	97	0.0433	4.86	0.0503
24	0.0000	4.13	0.0000	61	0.0116	4.50	0.0226	98	0.0158	4.87	0.0178
25	0.0000	4.14	0.0000	62	0.0263	4.51	0.0393	99	0.0000	4.88	0.0000
26	0.0000	4.15	0.0000	63	0.0427	4.52	0.0497	100	0.0000	4.89	0.0000
27	0.0000	4.16	0.0000	64	0.0549	4.53	0.0649	101	0.0000	4.90	0.0000
28	0.0000	4.17	0.0000	65	0.0577	4.54	0.0727	102	0.0000	4.91	0.0000
29	0.0000	4.18	0.0000	66	0.0512	4.55	0.0582	103	0.0000	4.92	0.0000
30	0.0074	4.19	0.0174	67	0.0291	4.56	0.0341	104	0.0000	4.93	0.0000
31	0.0221	4.20	0.0251	68	0.0006	4.57	0.0026	105	0.0000	4.94	0.0000
32	0.0365	4.21	0.0415	69	0.0000	4.58	0.0000	106	0.0020	4.95	0.0170
33	0.0495	4.22	0.0505	70	0.0000	4.59	0.0000	107	0.0158	4.96	0.0168
34	0.0526	4.23	0.0526	71	0.0000	4.60	0.0000	108	0.0314	4.97	0.0384
35	0.0458	4.24	0.0568	72	0.0000	4.61	0.0000	109	0.0469	4.98	0.0469
36	0.0303	4.25	0.0413	73	0.0000	4.62	0.0000	110	0.0602	4.99	0.0612
37	0.0062	4.26	0.0182	74	0.0000	4.63	0.0000	111	0.0614	5.00	0.0744

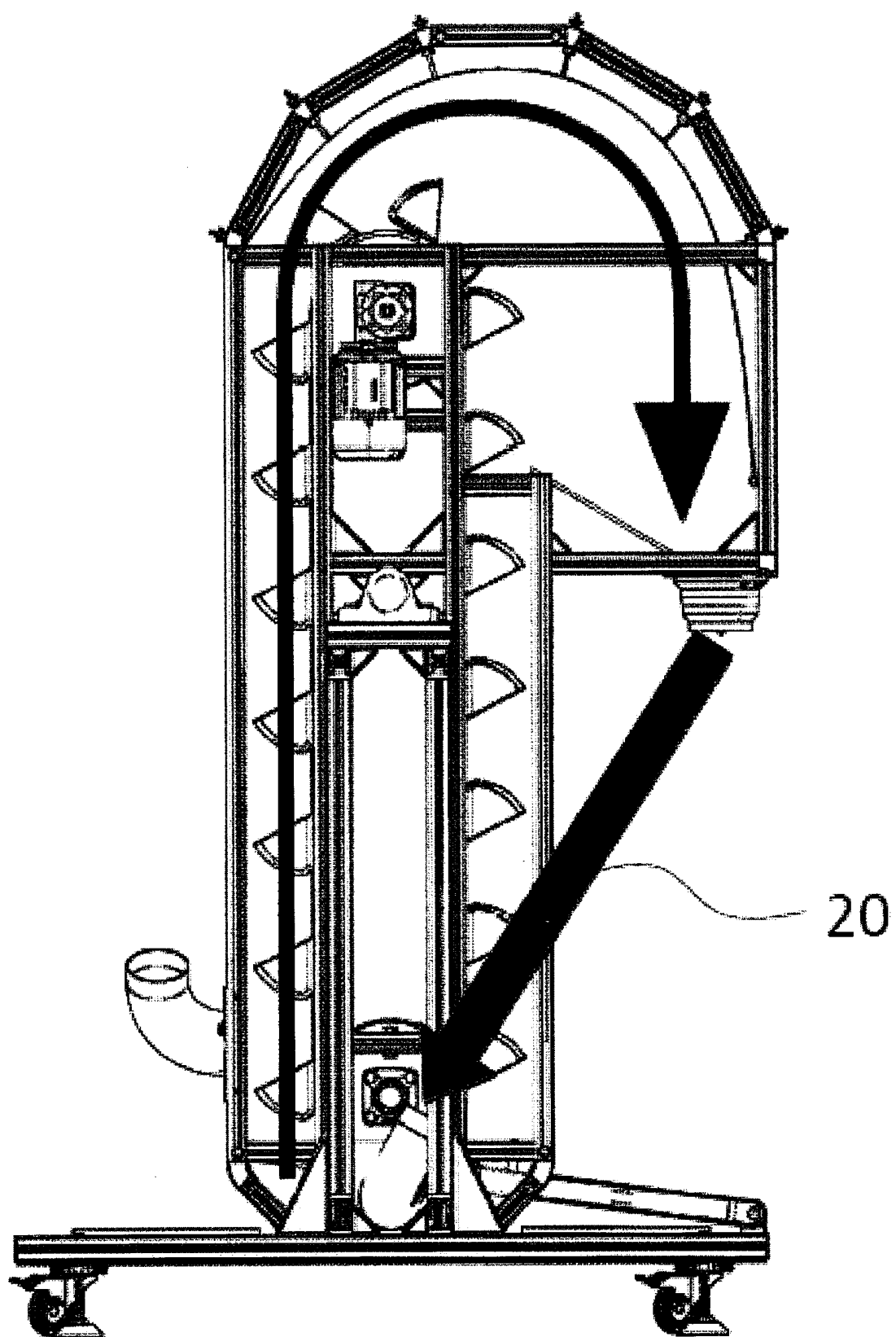
Obr. 25a



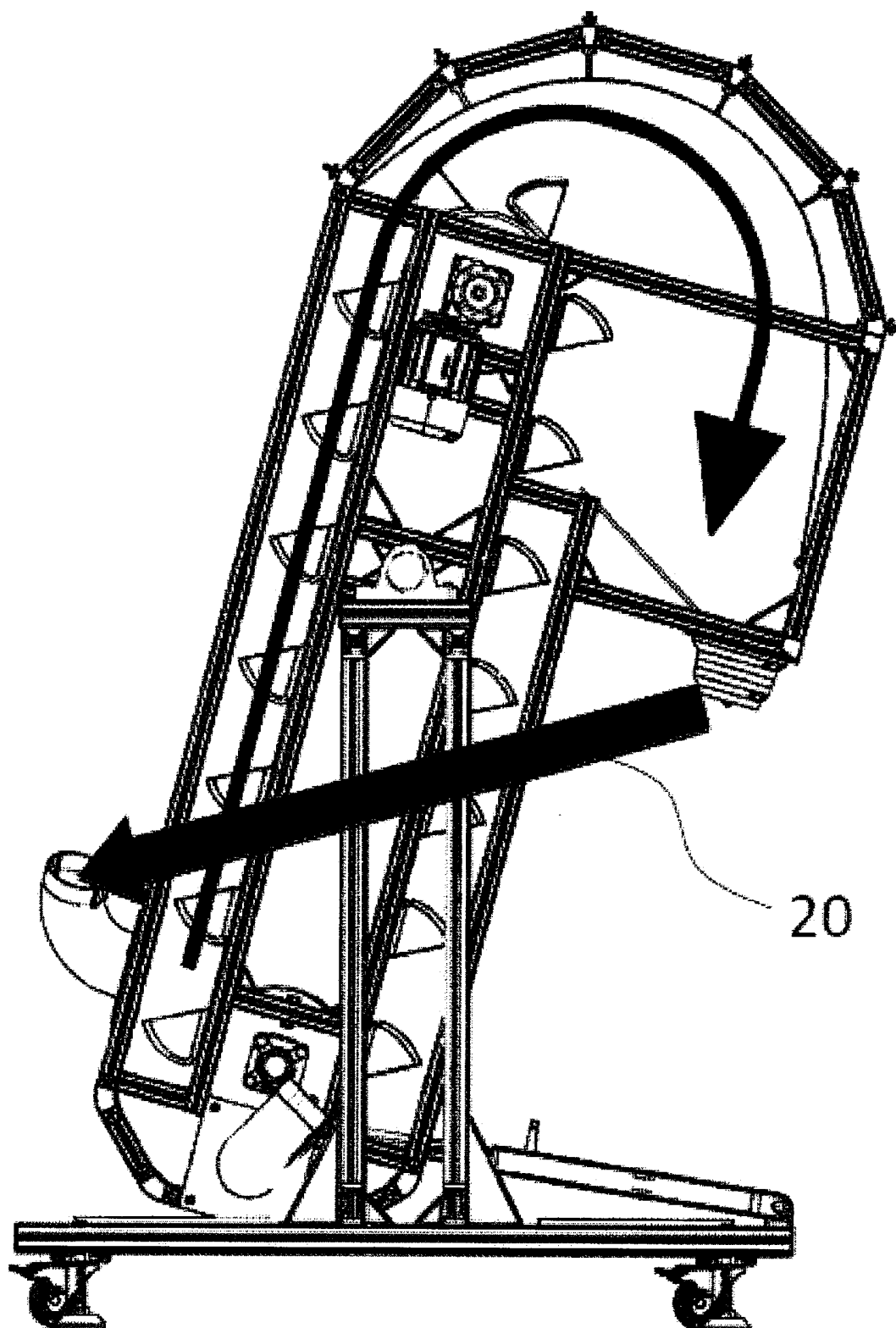
Obr. 25b



Obr. 26



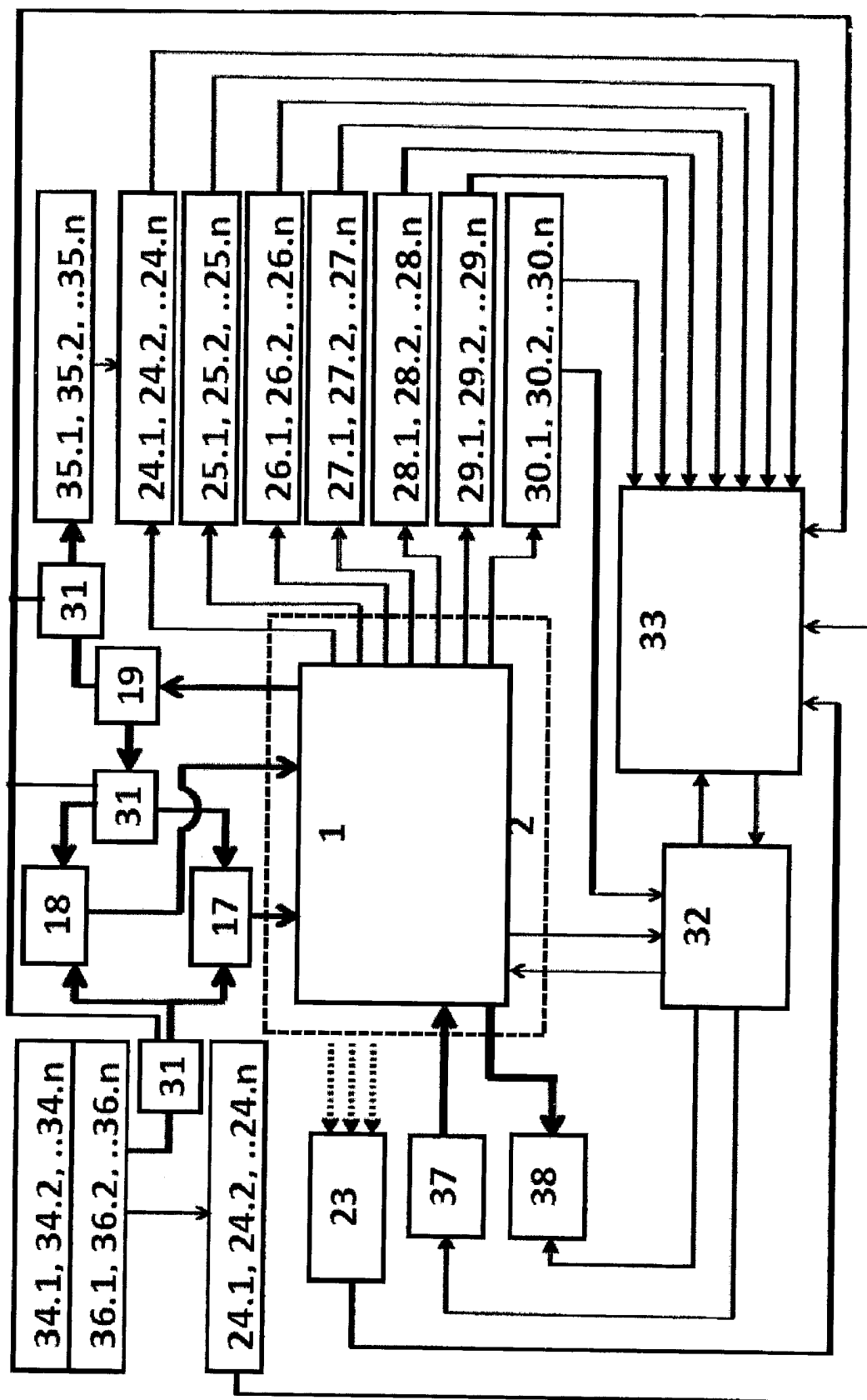
Obr. 27



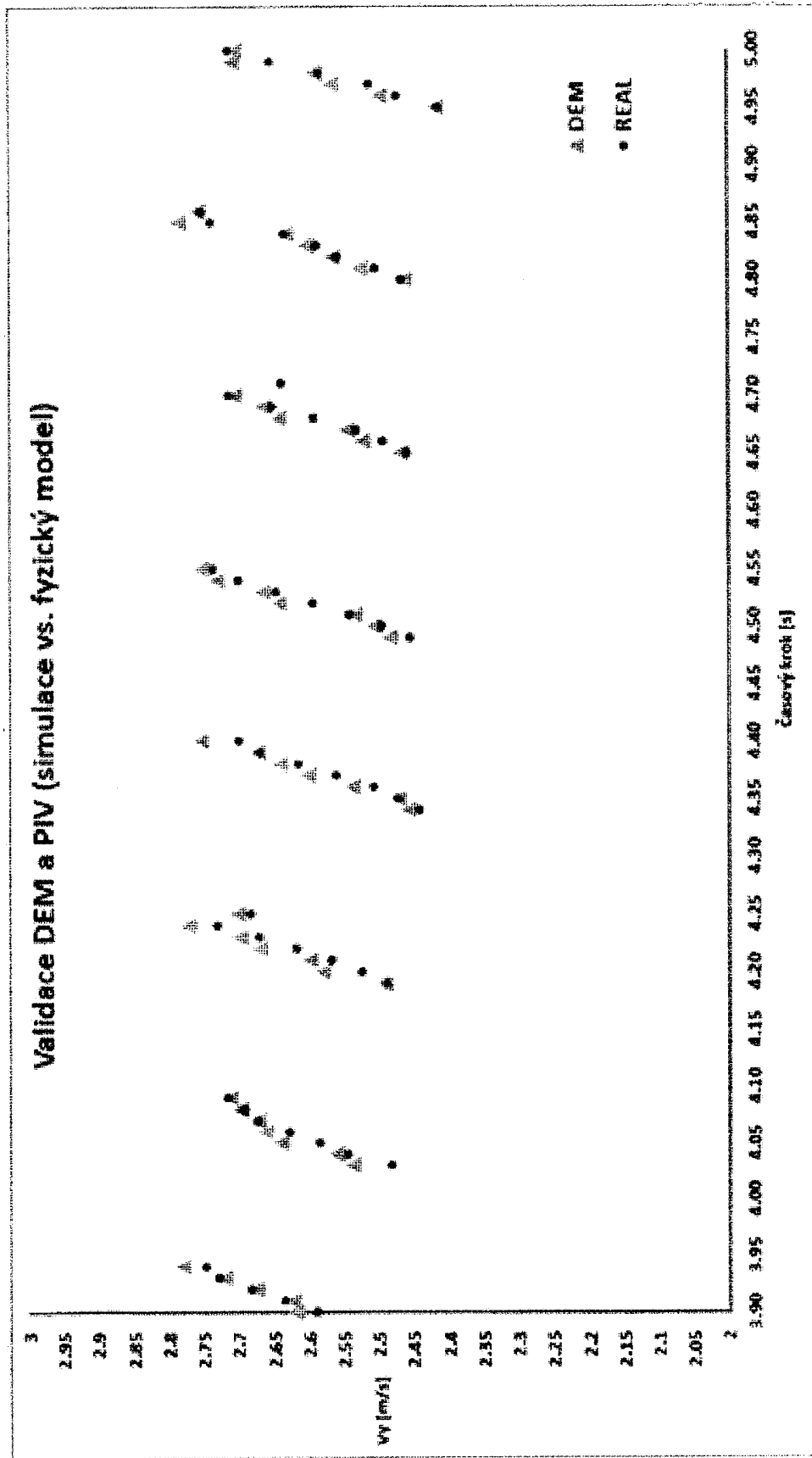
Obr.28

	vy - PV [m/s]	čas. krok [s]	wy - DEM [m/s]		wy - PV [m/s]	čas. krok [s]	wy - DEM [m/s]		wy - PV [m/s]	čas. krok [s]	wy - DEM [m/s]
1	2.5903	3.90	2.6193	38	0.0000	4.27	0.0000	75	0.0000	4.64	0.0000
2	2.6353	3.91	2.6233	39	0.0000	4.28	0.0000	76	2.4593	4.65	2.4663
3	2.6836	3.92	2.6756	40	0.0000	4.29	0.0000	77	2.4936	4.66	2.5216
4	2.7296	3.93	2.7206	41	0.0000	4.30	0.0000	78	2.5313	4.67	2.5433
5	2.7484	3.94	2.7804	42	0.0000	4.31	0.0000	79	2.5924	4.68	2.6414
6	0.0000	3.95	0.0000	43	0.0000	4.32	0.0000	80	2.6520	4.69	2.6640
7	0.0000	3.96	0.0000	44	0.0000	4.33	0.0000	81	2.7137	4.70	2.7047
8	0.0000	3.97	0.0000	45	2.4417	4.34	2.4567	82	2.6366	4.71	0.0000
9	0.0000	3.98	0.0000	46	2.4730	4.35	2.4710	83	0.0000	4.72	0.0000
10	0.0000	3.99	0.0000	47	2.5078	4.36	2.5368	84	0.0000	4.73	0.0000
11	0.0000	4.00	0.0000	48	2.5610	4.37	2.6010	85	0.0000	4.74	0.0000
12	0.0000	4.01	0.0000	49	2.6154	4.38	2.6394	86	0.0000	4.75	0.0000
13	0.0000	4.02	0.0000	50	2.6707	4.39	2.6717	87	0.0000	4.76	0.0000
14	2.4831	4.03	2.5381	51	2.6999	4.40	2.7539	88	0.0000	4.77	0.0000
15	2.5451	4.04	2.5611	52	0.0000	4.41	0.0000	89	0.0000	4.78	0.0000
16	2.5854	4.05	2.6394	53	0.0000	4.42	0.0000	90	0.0000	4.79	0.0000
17	2.6286	4.06	2.6616	54	0.0000	4.43	0.0000	91	2.4671	4.80	2.4611
18	2.6747	4.07	2.6727	55	0.0000	4.44	0.0000	92	2.5041	4.81	2.5241
19	2.6929	4.08	2.6979	56	0.0000	4.45	0.0000	93	2.5591	4.82	2.5541
20	2.7168	4.09	2.7118	57	0.0000	4.46	0.0000	94	2.5878	4.83	2.6008
21	0.0000	4.10	0.0000	58	0.0000	4.47	0.0000	95	2.6341	4.84	2.6301
22	0.0000	4.11	0.0000	59	0.0000	4.48	0.0000	96	2.7388	4.85	2.7838
23	0.0000	4.12	0.0000	60	2.4555	4.49	2.4825	97	2.7529	4.86	2.7559
24	0.0000	4.13	0.0000	61	2.4964	4.50	2.5054	98	0.0000	4.87	0.0000
25	0.0000	4.14	0.0000	62	2.5423	4.51	2.5333	99	0.0000	4.88	0.0000
26	0.0000	4.15	0.0000	63	2.5944	4.52	2.6414	100	0.0000	4.89	0.0000
27	0.0000	4.16	0.0000	64	2.6470	4.53	2.6650	101	0.0000	4.90	0.0000
28	0.0000	4.17	0.0000	65	2.7005	4.54	2.7295	102	0.0000	4.91	0.0000
29	0.0000	4.18	0.0000	66	2.7366	4.55	2.7516	103	0.0000	4.92	0.0000
30	2.4893	4.19	2.4903	67	0.0000	4.56	0.0000	104	0.0000	4.93	0.0000
31	2.5247	4.20	2.5797	68	0.0000	4.57	0.0000	105	0.0000	4.94	0.0000
32	2.5680	4.21	2.5980	69	0.0000	4.58	0.0000	106	2.4139	4.95	2.4149
33	2.6182	4.22	2.6702	70	0.0000	4.59	0.0000	107	2.4725	4.96	2.4955
34	2.6712	4.23	2.69821	71	0.0000	4.60	0.0000	108	2.5120	4.97	2.5650
35	2.7317	4.24	2.77168	72	0.0000	4.61	0.0000	109	2.5837	4.98	2.5887
36	2.6836	4.25	2.70162	73	0.0000	4.62	0.0000	110	2.6536	4.99	2.7076
37	0.0000	4.26	0	74	0.0000	4.63	0.0000	111	2.7134	5.00	2.7024

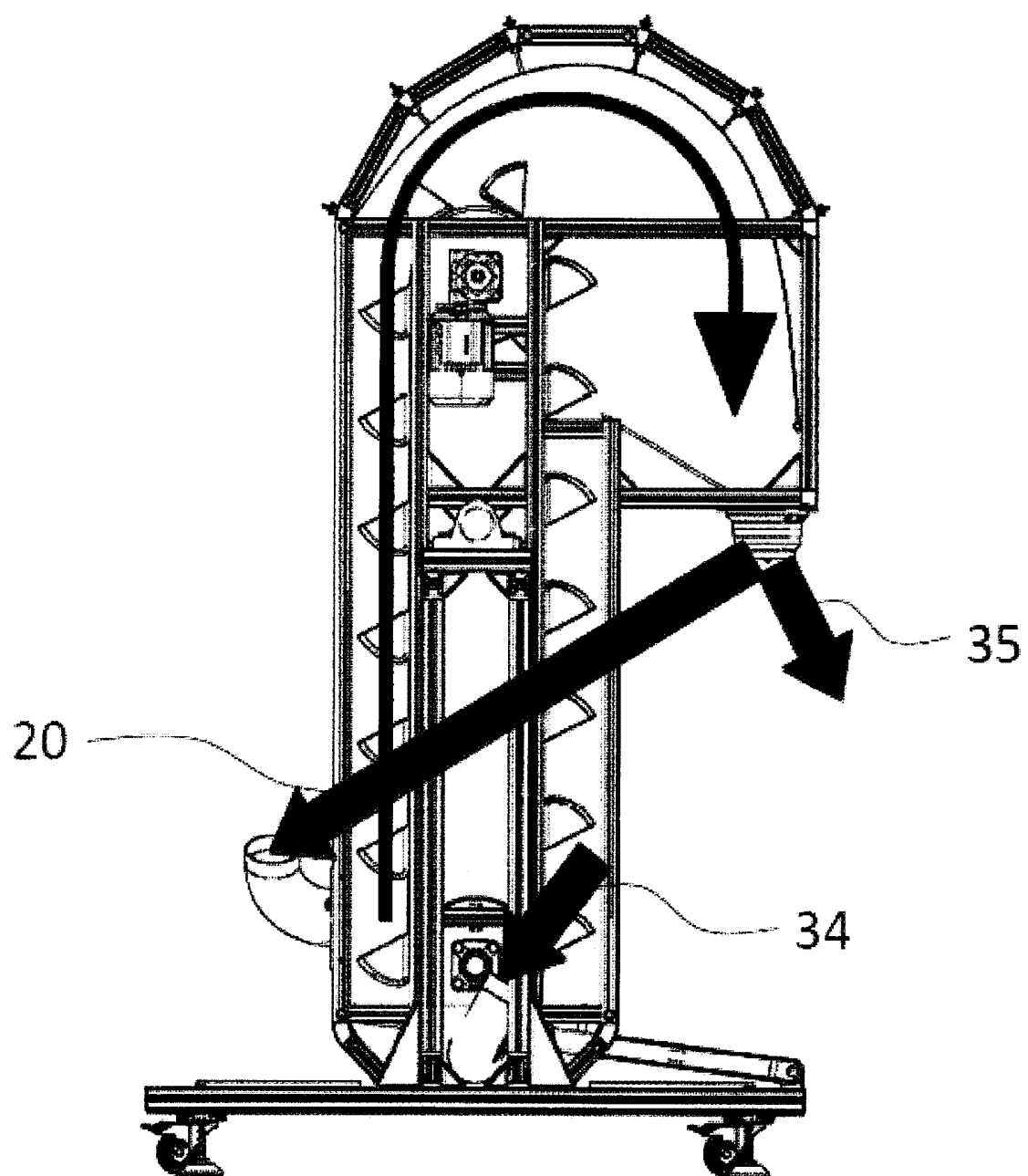
Obr. 29a



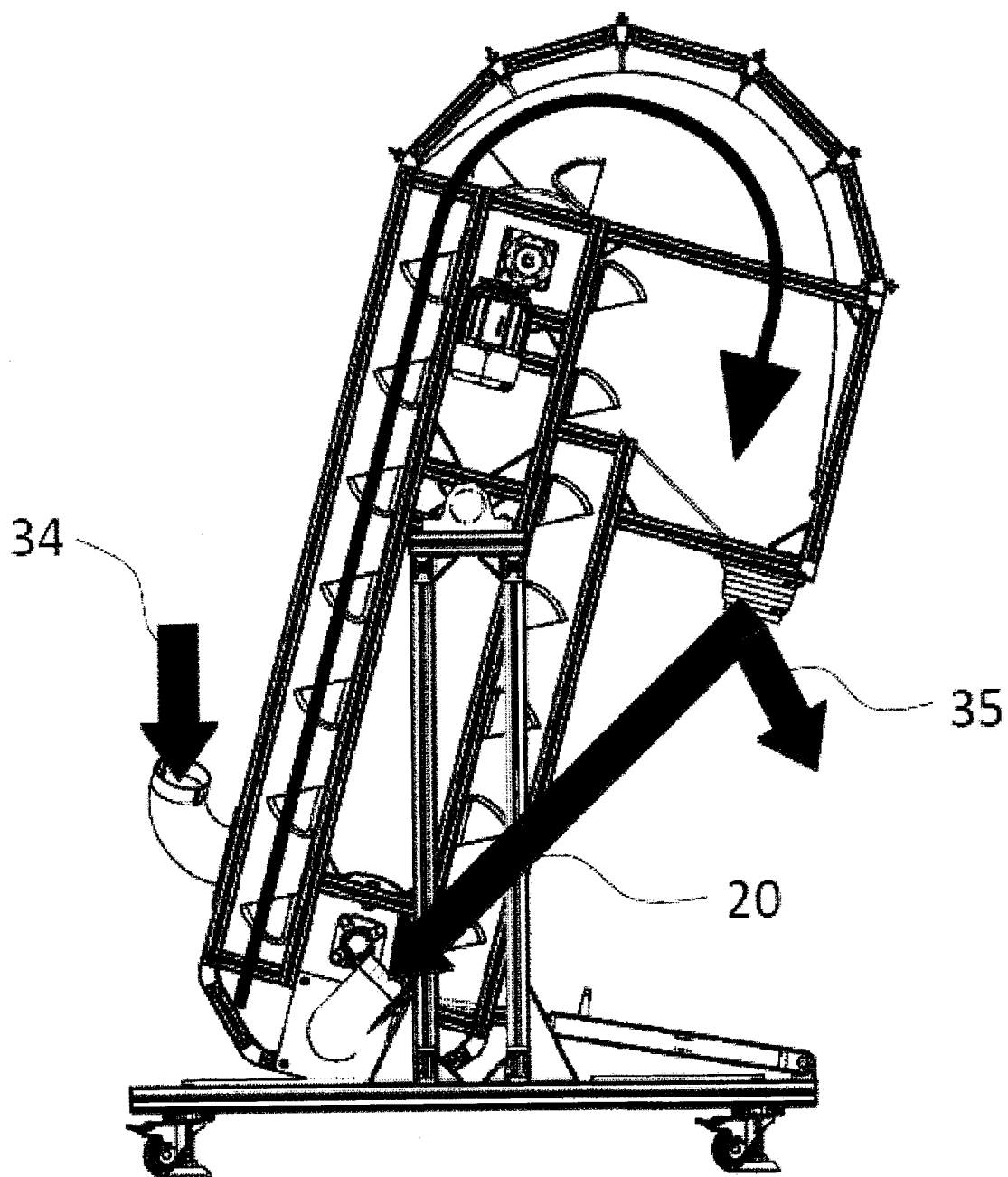
Obr. 30



Obr. 29b



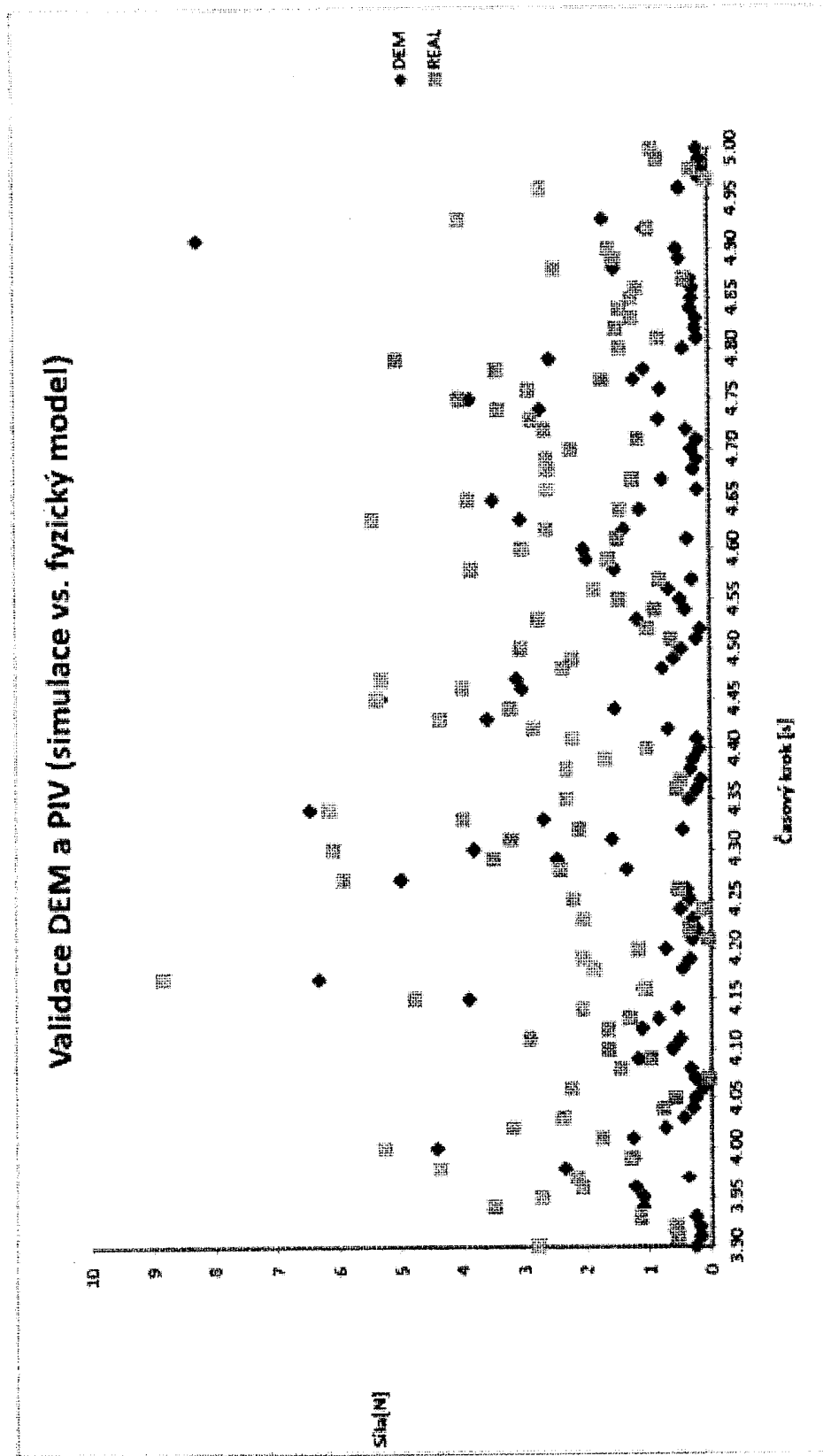
Obr. 31



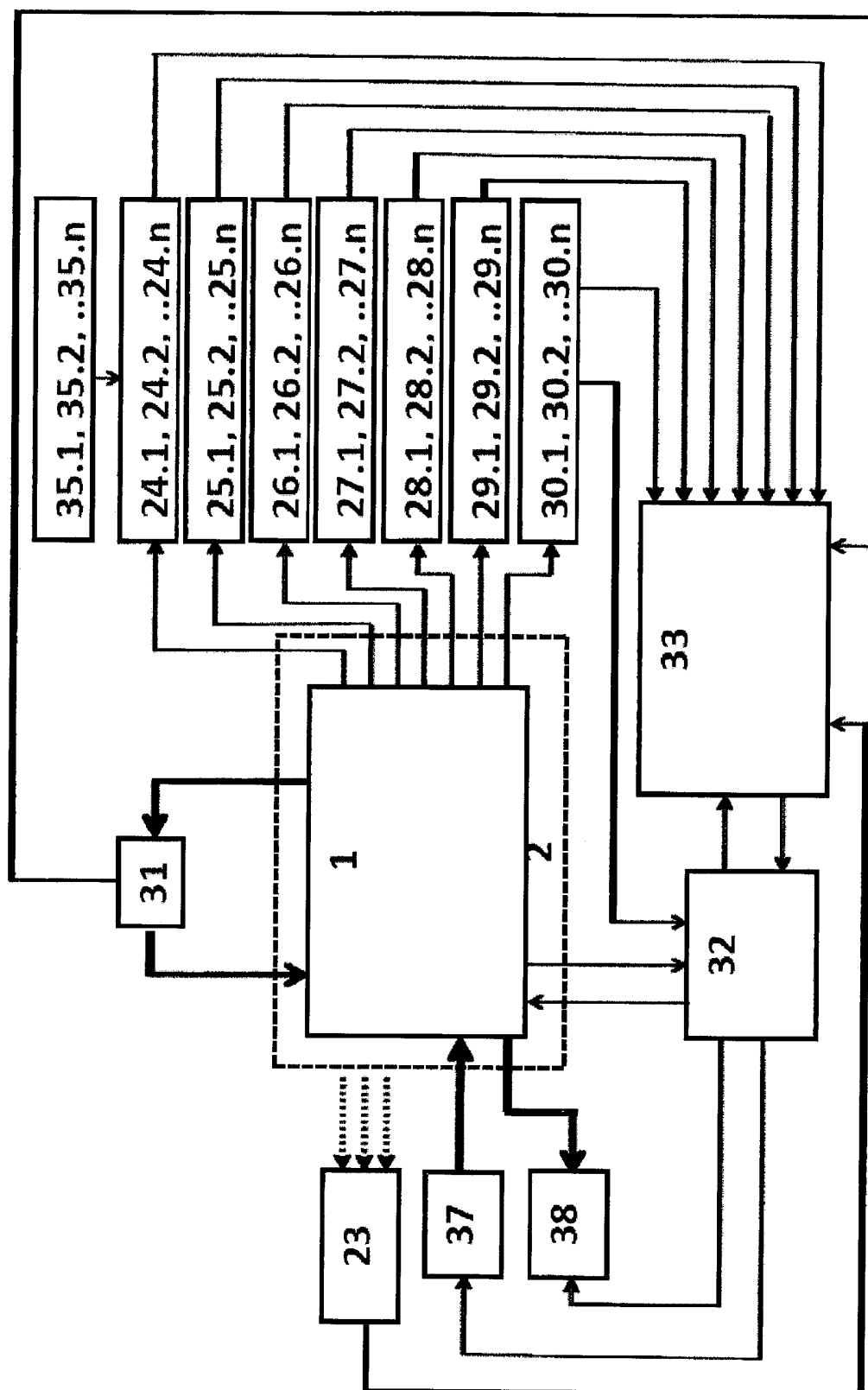
Obr. 32

	Služ F REAL [N]	Can. krok [s]	Služ F DEM [N]		Služ F REAL [N]	Can. krok [s]	Služ F DEM [N]		Služ F REAL [N]	Can. krok [s]	Služ F DEM [N]
1	0.2492	3.90	2.7812	38	4.9344	4.27	5.9324	75	1.1099	4.64	1.4389
2	0.1636	3.91	0.5446	39	1.3456	4.28	2.4276	76	3.4850	4.65	3.8890
3	0.1835	3.92	0.5805	40	2.4665	4.29	3.5065	77	0.1818	4.66	2.6053
4	0.2445	3.93	1.1425	41	3.8103	4.30	6.0973	78	0.7536	4.67	1.2406
5	1.1018	3.94	3.5138	42	1.5812	4.31	3.2122	79	0.2405	4.68	2.5855
6	1.0957	3.95	2.7237	43	0.4464	4.32	2.1114	80	0.1904	4.69	2.6124
7	1.2190	3.96	2.0790	44	2.6818	4.33	3.9748	81	0.2705	4.70	2.2195
8	0.3683	3.97	2.1683	45	6.4624	4.34	6.1534	82	0.1839	4.71	1.1409
9	2.3624	3.98	4.3744	46	0.3391	4.35	2.3171	83	0.3534	4.72	2.6544
10	1.2502	3.99	1.2872	47	0.2105	4.36	0.5365	84	0.7980	4.73	2.8640
11	4.4222	4.00	5.2662	48	0.1459	4.37	0.4729	85	2.7211	4.74	3.3931
12	1.2552	4.01	1.7492	49	0.3161	4.38	2.3201	86	3.8539	4.75	4.0279
13	0.7313	4.02	3.1853	50	0.2680	4.39	1.6930	87	0.7646	4.76	2.9076
14	0.4334	4.03	2.3874	51	0.1601	4.40	1.0151	88	1.1969	4.77	1.7109
15	0.2906	4.04	0.7716	52	0.2034	4.41	2.2244	89	1.0356	4.78	3.4126
16	0.2510	4.05	0.5670	53	0.6698	4.42	2.8408	90	2.5610	4.79	5.0430
17	0.1241	4.06	2.2501	54	3.5877	4.43	4.3577	91	0.4008	4.80	1.4358
18	0.2526	4.07	0.0446	55	1.5272	4.44	3.2212	92	0.1772	4.81	0.8112
19	0.3313	4.08	1.4613	56	5.3100	4.45	5.3840	93	0.1985	4.82	1.4865
20	1.1721	4.09	0.9741	57	3.0258	4.46	3.9878	94	0.1844	4.83	1.2334
21	0.6146	4.10	1.6476	58	3.1120	4.47	5.2880	95	0.2780	4.84	1.4240
22	0.4930	4.11	2.9200	59	0.7587	4.48	2.3707	96	0.2585	4.85	1.2395
23	1.1049	4.12	1.6529	60	0.5770	4.49	2.2250	97	0.2445	4.86	1.1505
24	0.8468	4.13	1.3218	61	0.4487	4.50	3.0417	98	0.2812	4.87	0.3852
25	0.5299	4.14	2.0659	62	0.2110	4.51	0.6200	99	1.5069	4.88	2.4869
26	3.8991	4.15	4.7751	63	0.1499	4.52	0.9999	100	0.4538	4.89	1.5198
27	1.0995	4.16	1.0655	64	1.1608	4.53	2.7618	101	0.5009	4.90	1.6049
28	6.3262	4.17	8.8462	65	0.3924	4.54	0.8854	102	8.2515	4.91	10.6935
29	0.4479	4.18	1.8769	66	0.4676	4.55	1.4646	103	1.0267	4.92	0.9577
30	0.3360	4.19	2.0510	67	0.6542	4.56	1.8652	104	1.6848	4.93	4.0088
31	0.7228	4.20	1.1638	68	0.2710	4.57	0.8010	105	16.7927	4.94	18.2837
32	0.2915	4.21	0.0295	69	1.5175	4.58	3.8395	106	11.3830	4.95	13.8840
33	0.2139	4.22	0.3559	70	1.9724	4.59	1.6344	107	0.4464	4.96	2.6894
34	0.2860	4.23	2.0500	71	2.0204	4.60	3.0284	108	0.1104	4.97	0.0000
35	0.4881	4.24	0.1281	72	0.3478	4.61	1.4808	109	0.1196	4.98	0.1686
36	0.3273	4.25	2.2103	73	1.3736	4.62	2.6256	110	0.1128	4.99	0.7988
37	0.3800	4.26	0.5170	74	3.0445	4.63	5.4285	111	0.1556	5.00	0.8926

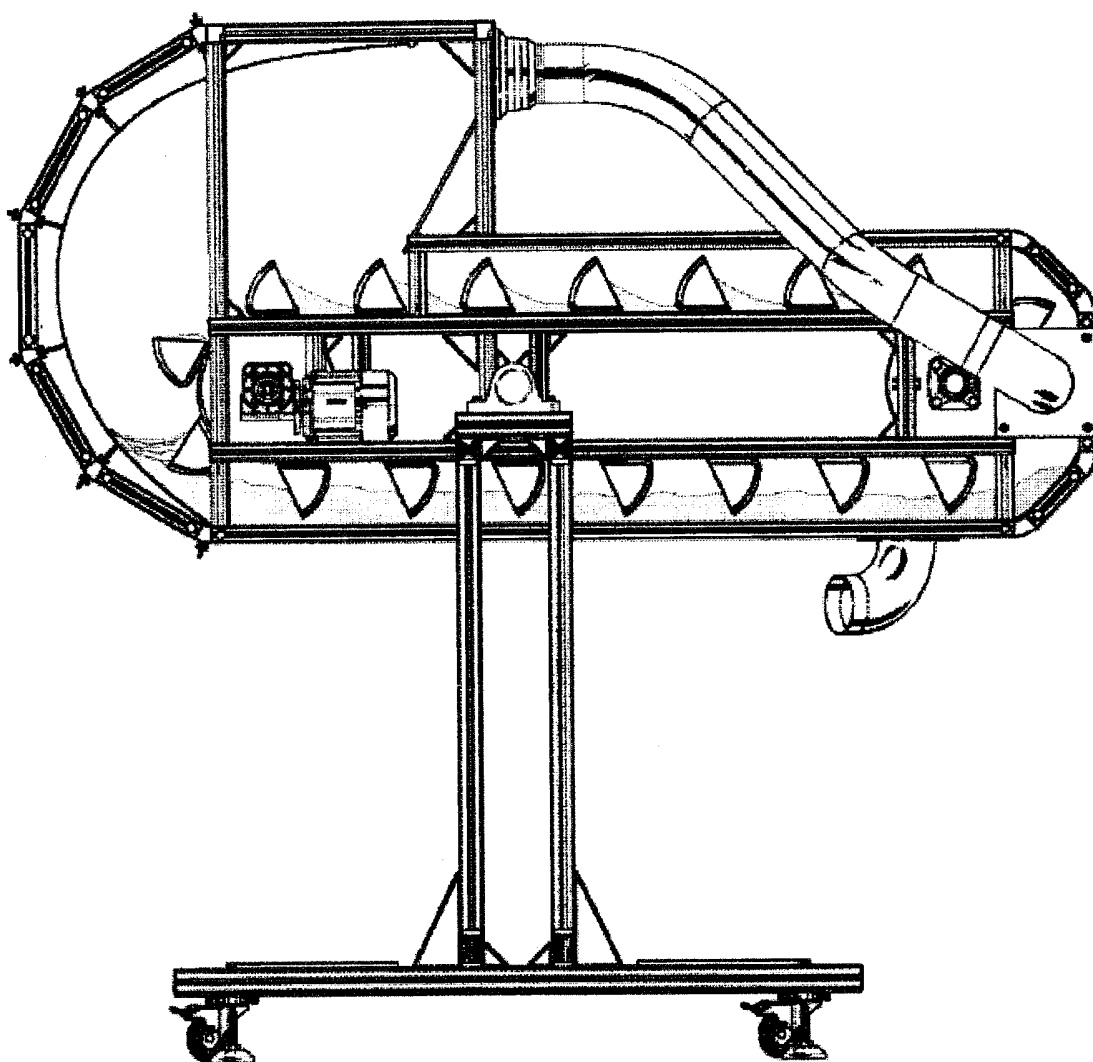
Obr. 33a



Obr. 33b



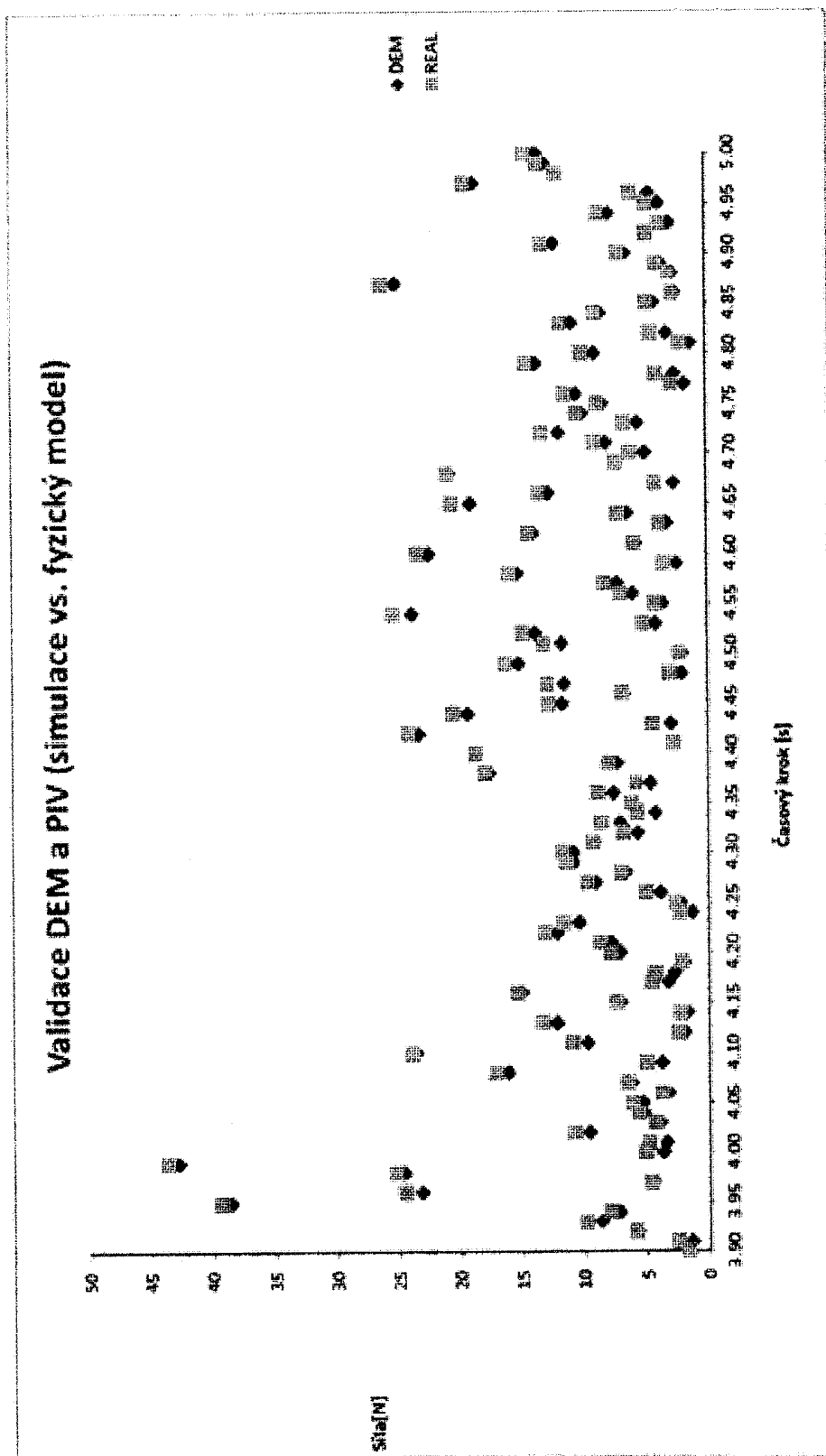
Obr. 34



Obr. 35

	Slu F REAL (N)	Cal. Krok (s)	Slu F DEM (N)	Slu F REAL (N)	Cal. Krok (s)	Slu F DEM (N)	Slu F REAL (N)	Cal. Krok (s)	Slu F DEM (N)
1	1.6340	3.90	1.6840	9.0102	4.27	9.7152	6.3475	4.64	7.1355
2	1.4045	3.91	2.5285	6.5967	4.28	7.0497	19.0123	4.65	20.5673
3	5.7017	3.92	5.8607	10.8363	4.29	11.3923	12.7135	4.66	13.4725
4	8.7101	3.93	9.9041	10.8470	4.30	11.6490	2.5755	4.67	4.0995
5	7.2293	3.94	7.9953	9.0988	4.31	9.2658	20.7213	4.68	20.8893
6	38.5965	3.95	39.3605	5.6268	4.32	6.8158	7.1957	4.69	7.2517
7	23.1987	3.96	24.4507	7.0501	4.33	8.5761	4.8855	4.70	6.1435
8	4.4824	3.97	4.6564	4.2112	4.34	5.7292	8.0355	4.71	9.0265
9	24.5933	3.98	25.2813	5.0975	4.35	6.1115	11.8303	4.72	13.2593
10	42.7993	3.99	43.7263	7.5969	4.36	8.8669	5.4645	4.73	6.5355
11	3.6921	4.00	5.1181	4.6014	4.37	5.8004	9.9440	4.74	10.4420
12	3.4062	4.01	4.8702	17.5862	4.38	17.9872	8.3146	4.75	8.7456
13	9.6331	4.02	10.8301	7.2751	4.39	8.0141	10.4536	4.76	11.4176
14	3.9345	4.03	4.2745	18.6829	4.40	18.7089	1.6768	4.77	2.7808
15	5.2970	4.04	5.6970	2.6304	4.41	2.6844	2.4819	4.78	4.0339
16	5.3521	4.05	6.1911	23.2799	4.42	24.1079	13.7039	4.79	14.4569
17	3.2699	4.06	3.7319	2.8931	4.43	4.4691	8.9066	4.80	10.0196
18	6.2356	4.07	6.5496	19.3158	4.44	20.5228	1.1735	4.81	2.0455
19	16.1467	4.08	17.1807	11.6863	4.45	12.8833	3.1414	4.82	4.4444
20	3.7802	4.09	5.0682	6.6667	4.46	6.8857	10.7980	4.83	11.7470
21	23.5822	4.10	23.9112	11.5293	4.47	12.9083	8.4502	4.84	8.9082
22	9.7460	4.11	11.0260	2.0319	4.48	3.0189	4.1184	4.85	4.7534
23	1.9347	4.12	2.4407	15.2041	4.49	16.2831	2.4131	4.86	2.6591
24	12.2352	4.13	13.3832	1.9502	4.50	2.2922	24.9878	4.87	26.1388
25	1.6873	4.14	2.3223	11.6906	4.51	13.1616	2.6280	4.88	2.9400
26	7.0974	4.15	7.4244	13.8459	4.52	14.8859	3.5595	4.89	3.9645
27	15.0501	4.16	15.3421	4.0940	4.53	5.1390	6.4030	4.90	7.0400
28	3.2260	4.17	4.6000	23.8010	4.54	25.3000	12.1697	4.91	13.1537
29	2.7048	4.18	4.2478	3.4842	4.55	4.1342	4.7100	4.92	4.7820
30	1.9267	4.19	2.1687	5.9756	4.56	6.9606	2.8337	4.93	3.6437
31	7.1045	4.20	7.8345	7.1979	4.57	8.3249	7.7140	4.94	8.6510
32	7.8304	4.21	8.6984	15.2839	4.58	15.9419	3.7086	4.95	4.7436
33	12.1602	4.22	13.1752	2.3794	4.59	3.4884	4.4360	4.96	5.9970
34	10.4054	4.23	11.6764	22.3775	4.60	23.2965	18.6249	4.97	19.4259
35	1.2630	4.24	2.2640	5.6455	4.61	5.8535	11.8585	4.98	11.9475
36	2.2198	4.25	2.6598	13.9609	4.62	14.3729	12.9266	4.99	13.5906
37	3.8369	4.26	4.9919	3.1513	4.63	3.7833	13.5567	5.00	14.5697

Obr. 36 a



Obr. 36 b

Konec dokumentu