

**УКРАЇНА**

(19) **UA** (11) **125523** (13) **U**
(51) МПК (2018.01)
B63B 59/00
B60B 19/00
B60F 3/00

МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

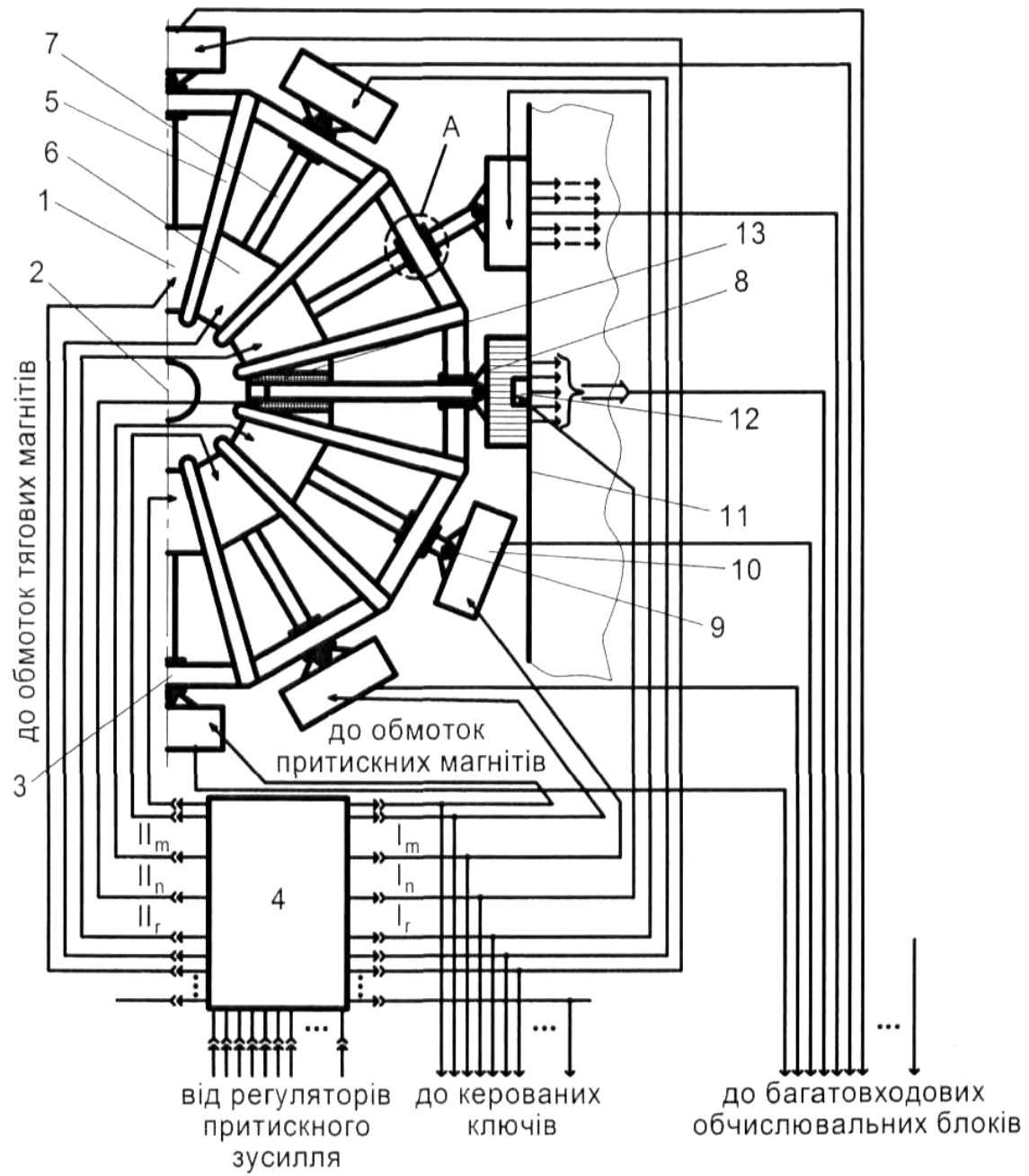
(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2017 12633	(72) Винахідник(и): Кондратенко Юрій Пантелійович (UA), Запорожець Юрій Михайлович (UA), Герасін Олександр Сергійович (UA), Кондратенко Галина Володимирівна (UA)
(22) Дата подання заявки: 19.12.2017	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.05.2018	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.05.2018, Бюл.№ 9	(73) Власник(и): НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ ІМЕНІ АДМІРАЛА МАКАРОВА, пр. Героїв України, 9, м. Миколаїв, 54025 (UA)

(54) КОЛЕСО-РУШІЙ МОБІЛЬНОГО РОБОТА**(57) Реферат:**

Колесо-рушій мобільного робота містить маточину з геометричною віссю колеса, обід зі стрижнями з їх геометричними осями, шину, багатоканальний блок керування елементами вузла, а сам вузол для з'єднання маточини з ободом виконаний у вигляді жорстких радіальних спиць, нерухомі та рухомі елементи. Багатоканальний блок керування додатково оснащений групою входів, число яких відповідає кількості притискних магнітів колеса-рушія. Кожний притискний магніт оснащений пружною ізоляційною накладкою, закріпленою на притискній поверхні притискного магніту, та сенсорною системою з принаймні п'яти датчиків магнітного поля, один з датчиків магнітного поля закріплений в геометричному центрі, а інші датчики - в периферійній зоні притискної поверхні. Датчики магнітного поля кожного притискного магніту розташовані між притискною поверхнею та пружною ізоляційною накладкою відповідного притискного магніту. Виходи датчиків магнітного поля кожного притискного магніту підключені до відповідного багатовходового обчислювального блока, вихід якого з'єднаний з другим інвертованим входом відповідного суматора, вихід якого, в свою чергу, з'єднаний з входом відповідного регулятора притискного зусилля, вихід якого підключений до відповідного входу з групи входів блока керування. Перший прямий вхід відповідного суматора з'єднаний через відповідний керований ключ з виходом джерела опорної напруги, а керований вхід кожного керованого ключа з'єднаний з відповідним виходом першої групи виходів багатоканального блока керування.

UA 125523 U



Фіг. 1

Корисна модель належить до робототехніки, зокрема до мобільних роботів, здатних переміщувати спеціалізований інструмент та обладнання по робочій феромагнітній поверхні, розташованій під будь-яким кутом нахилу до вертикалі.

В області транспортних засобів підвищеної прохідності через перешкоди відомі колеса зі змінною конфігурацією обводу, за рахунок чого досягається їх адаптивність до форми нерівних поверхонь і практично робить їх багатоцільовим рушієм транспортного засобу. Відомо також про колісно-гусеничні пристрої-рушії мобільних роботів, що безпосередньо контактують з робочою феромагнітною поверхнею і переміщують відповідне обладнання згідно з запланованою траєкторією. Такі пристрої-рушії на основі застосування притискних магнітів забезпечують стабільне переміщення мобільного робота по вертикальній поверхні або по нахилений під будь-яким кутом до горизонту поверхні. Прикладом є пристрій для обробки феромагнітної поверхні [див. патент України № 31928, B63B59/00, 2008], який містить привід робочих інструментів, встановлених на рамі, та механізм переміщення, оснащений гусеничним приводом, що включає гусеничні стрічки, на зовнішніх поверхнях яких установлені постійні магніти. На осях гусеничних коліс встановлені ферми, на які надіті гусеничні стрічки з натяжним пристроєм, гусениці виконані багаторядними, обідки ведучих і ведених коліс гусеничного приводу виконані багатограними й з фіксаторами положення гусеничної стрічки, які виконані у вигляді буртиків на обідках гусеничних коліс. Зазначений пристрій має наступні недоліки:

- обмежена можливість пересування пристрою через перешкоди на оброблюваній феромагнітній поверхні;
- обмеженість областей застосування та низька надійність процесів обробки та переміщення при роботі пристрою на нерівній робочій поверхні через можливий відрив однієї з гусениць переміщення від поверхні, що призведе до відриву другої гусениці переміщення від площини феромагнітної поверхні;
- необхідність застосування окремого приводу з редуктором для пересування гусеничних стрічок, що знижує надійність та збільшує масу і габарити пристрою.

Найбільш близьким за технічною суттю пристроєм до запропонованого є колесо-рушій мобільного робота [Патент України на корисну модель № 45369, МПК B63B 59/00, B60B 19/00, B60F 3/00, 2009], що прийнятий за прототип. Зазначене колесо-рушій містить маточину з геометричною віссю колеса, обід зі стрижнями з їх геометричними осями, розміщеними на сторонах правильного багатокутника, точка взаємного перетину бісектрис внутрішніх кутів якого розміщена на геометричній осі колеса, вузол для з'єднання маточини з ободом у місцях, розміщених у вершинах цього багатокутника, і шину, розділену між цими місцями по окружності колеса на секції, а багатокутник розміщений у площині колеса чи паралельній їй площині, оснащений вертальним вузлом, тяговими та притискними електромагнітами, а також багатоканальним блоком керування елементами вузла для з'єднання маточини з ободом з двома групами керованих вихідних каналів, причому обмотки притискних електромагнітів електрично з'єднані з відповідними виходами першої групи виходів багатоканального блока керування, а обмотки тягових електромагнітів підключені до відповідних виходів другої групи виходів багатоканального блока керування. Таке колесо-рушій мобільного робота має наступні проблеми:

- низька швидкодія процесу переміщення пристрою, оскільки при кожному наступному кроці переміщення колеса-рушія, навіть після відключення живлення від останнього за напрямком руху притискного електромагніту, має місце залишкове притискне зусилля, тобто відбувається відрив останнього в протилежному від напрямку руху притискного електромагніту по окружності колеса за допомогою вертального вузла, що призводить до його передчасного зносу та збільшення часу на відрив електромагніту від феромагнітної поверхні в процесі експлуатації;
- обмеженість областей застосування та низька надійність процесу переміщення при роботі колеса-рушія на неоднорідній робочій поверхні (наприклад, вкритий обростанням корпус судна) через можливий відрив притискних магнітів від цієї поверхні внаслідок недостатнього притискного зусилля, створюваного притискними магнітами, а також на цілком однорідній феромагнітній поверхні через невеликий коефіцієнт тертя між матеріалом виготовлення притискних магнітів та поверхнею (наприклад, тертя матеріалів "сталь-сталь"), що може призвести спочатку до проковзування, а потім - до відриву всієї конструкції колеса-рушія від площини поверхні.

В основу корисної моделі поставлено задачу удосконалення колеса-рушія мобільного робота шляхом введення до його складу додаткових компонентів і зміни конструктивного виконання колеса-рушія, зокрема елементів керування та механізму утримання мобільного робота на робочій поверхні, з метою підвищення швидкості та надійності колеса-рушія під час переміщення, що в цілому дозволить адаптувати його до ефективного функціонування на

складних нерівних поверхнях з обростаннями та пошкодженнями, а також розширити області його застосування.

Поставлена задача вирішується тим, що у колесі-рушії мобільного робота, яке містить маточину з геометричною віссю колеса, обід зі стрижнями з їх геометричними осями, розміщеними на сторонах правильного багатокутника, точка взаємного перетину бісектрис внутрішніх кутів якого розміщена на геометричній осі колеса, вузол для з'єднання маточини з ободом у місцях, розміщених у вершинах цього багатокутника, і шину, розділену між цими місцями по окружності колеса на секції, а багатокутник розміщений у площині колеса чи паралельній їй площині, а також багатоканальний блок керування елементами вузла для з'єднання маточини з ободом з двома групами керованих вихідних каналів, а сам вузол для з'єднання маточини з ободом виконаний у вигляді жорстких радіальних спиць, а між кожною парою суміжних жорстких спиць розміщені розсунві спиці, які складаються з нерухомого та рухомого елементів, що кінематично з'єднані між собою з можливістю переміщення рухомого елемента відносно нерухомого уздовж їх спільної осі, яка співпадає з бісектрисою внутрішнього кута багатокутника, при цьому секції шини, що закріплені на стрижнях ободу, виконані з направляючими отворами, центр кожного з яких розміщений на лінії відповідної зазначеної бісектриси, в направляючих отворах розміщені втулки для вільного проходження через кожний направляючий отвір відповідного рухомого елемента розсунвних спиць, при цьому нерухомий елемент кожної з розсунвних спиць виконаний у вигляді подовжного тягового електромагніту, осердям якого є рухомий елемент відповідної розсунвної спиці з вертальним вузлом, а на осі, встановленій паралельно геометричній осі колеса на периферійній кінцівці кожного рухомого елемента із зовнішньої сторони обода шарнірно закріплений відповідний притискний магніт з можливістю самоорієнтації його полюсної сторони відносно феромагнітної поверхні, з якою зчіплюється колесо-рушій, обмотки притискних магнітів електрично з'єднані з відповідними виходами першої групи виходів багатоканального блока керування, а обмотки тягових електромагнітів підключені до відповідних виходів другої групи виходів багатоканального блока керування, згідно з корисною моделлю, багатоканальний блок керування додатково оснащений групою входів, число яких відповідає кількості притискних магнітів колеса-рушія, а кожний притискний магніт оснащений пружною ізоляційною накладкою, закріпленою на притискній поверхні притискного магніту, та сенсорною системою з принаймні п'яти датчиків магнітного поля, один з датчиків магнітного поля закріплений в геометричному центрі, а інші датчики - в периферійній зоні притискної поверхні, причому датчики магнітного поля кожного притискного магніту розташовані між притискною поверхнею та пружною ізоляційною накладкою відповідного притискного магніту, виходи датчиків магнітного поля кожного притискного магніту підключені до відповідного багатовходового обчислювального блока, вихід якого з'єднаний з другим інвертованим входом відповідного суматора, вихід якого, в свою чергу, з'єднаний з входом відповідного регулятора притискного зусилля, вихід якого підключений до відповідного входу з групи входів блока керування, перший прямий вхід відповідного суматора з'єднаний через відповідний керований ключ з виходом джерела опорної напруги, а керований вхід кожного керованого ключа з'єднаний з відповідним виходом першої групи виходів багатоканального блока керування.

Винахідницький задум полягає в тому, що особливості запропонованої конструктивної побудови колеса-рушія мобільного робота, які пов'язані з оснащенням кожного притискного магніту пружною ізоляційною накладкою, дозволяють підвищити надійність кожного окремо вертального вузла та всієї конструкції колеса в цілому шляхом суттєвого зменшення залишкового притискного зусилля кожного притискного електромагніту при вимкненні на ньому живлення та здійсненні чергового кроку колесом, а також підвищити коефіцієнт тертя між пружною накладкою та робочою поверхнею, що забезпечить краще зчеплення притискних магнітів з феромагнітною поверхнею, а відповідно, і надійність утримання та переміщення всієї конструкції робота. Крім того, пружна ізоляційна накладка фіксує на притискній поверхні кожного притискного електромагніту сенсорну систему з принаймні п'яти датчиків магнітного поля, один з датчиків магнітного поля - в геометричному центрі, а інші датчики - в периферійній зоні притискної поверхні, причому датчики магнітного поля кожного притискного магніту розташовані між притискною поверхнею та пружною ізоляційною накладкою відповідного притискного магніту, та, відповідно, захищені від зовнішніх впливів. За рахунок оснащення багатоканального блока керування групою входів, до яких підключається кожна сенсорна система, та введення в нього додаткових елементів: багатовходових обчислювальних блоків, суматорів, регуляторів притискного зусилля, керованих ключів - причому кількість яких дорівнює кількості притискних магнітів, та одного джерела опорної напруги, досягається підвищення надійності зчеплення колеса-рушія на неоднорідній складній феромагнітній поверхні та швидкодії процесу його

переміщення, оскільки забезпечується можливість оцінки поточного значення притискного зусилля, формованого кожним притискним електромагнітом, та розширюється область застосування такого колеса-рушія в конструкціях мобільних роботів для переміщення по робочій поверхні з будь-якими кутами нахилу за рахунок можливості автоматичного керування значенням притискного зусилля (у бік збільшення або зменшення). Оснащення мобільних роботів пропонуваними магнітно-керованими колесами-рушіями забезпечуватиме можливість їх застосування при здійсненні аварійно-рятувальних робіт та різноманітних технологічних операцій, зокрема, в судноремонтному та суднобудівному виробництві, на поверхнях сталевих (ферромагнітних) конструкцій під будь-яким кутом їх нахилу до горизонту, включно до -180° , (тобто, на стелях), у тому числі на нерівних, погнутих і пошкоджених поверхнях.

На фіг. 1 представлена схема магнітно-керованого колеса-рушія мобільного робота, зокрема одна з двох його частин, які симетричні вертикальній осі; на фіг. 2 - конструктивне виконання вертального вузла зі стискальною пружиною (вузол А на фіг. 1); на фіг. 3 - схема розміщення датчиків магнітного поля та пружної ізоляційної накладки на притискній поверхні притискного електромагніту, штриховими лініями позначені елементи, які не видно на даному вигляді; на фіг. 4 - схема розміщення датчиків магнітного поля та пружної ізоляційної накладки на притискній поверхні притискного електромагніту (вигляд знизу), штриховими лініями позначені діагоналі прямокутника притискної поверхні притискного електромагніту; на фіг. 5 - схема багатоканального блока керування; на фіг. 6 - часові діаграми формування сигналів $U_{qi}(t)$ ($i=1,2,\dots, k$, де k - загальна кількість притискних магнітів 10, для прикладу взято 12 притискних магнітів 10), які відповідають заданому значенню притискного зусилля для кожного притискного електромагніту, при здійсненні багатоетапного процесу переміщення (на прикладі 37-ми моментів часу t_i , $i=1,2,\dots, 37$) колеса-рушія мобільного робота.

Магнітно-кероване колесо-рушій для мобільного робота (фіг. 1) містить маточину 1 з геометричною віссю колеса 2, з слідом якої співпадає точка взаємного перетинання бісектрис внутрішніх кутів розміщеного у площині колеса чи у паралельній їй площині правильного багатокутника, сторони якого є геометричними осями стрижнів обода, вузол для з'єднання маточини з ободом у місцях, розміщених у вершинах правильного багатокутника, шину, яка розділена між цими місцями по окружності колеса на секції 3, що закріплені безпосередньо на стрижнях обода, багатоканальний блок керування 4 елементами вузла для з'єднання маточини з ободом з двома групами керованих вихідних каналів та однією групою вхідних каналів, жорсткі радіальні спиці 5, за допомогою яких реалізовано вузол для з'єднання маточини з ободом, розміщені між кожною парою суміжних жорстких спиць 5 розсувні спиці, які складаються з нерухомого 6 та рухомого 7 елементів з вертальними вузлами (вузол А на фіг. 1), втулки 8, які розміщені в направляючих отворах секцій шини 3 для вільного проходження через кожний направляючий отвір відповідного рухомого елемента 7 розсувних спиць, осі шарнірів 9, що встановлені паралельно геометричній осі колеса на периферійній кінцівці кожного рухомого елемента 7 з зовнішньої сторони обода, притискні магніти 10, кожний з яких шарнірно закріплений на відповідній осі 9 з можливістю самоорієнтації його полюсної сторони під відповідним кутом нахилу до ферромагнітної поверхні 11, з якою саме за допомогою притискних магнітів 10 зчіплюється колесо-рушій. Обмотки притискних магнітів 12 підключені до відповідних виходів $\{...I_m, I_n, I_r, \dots\}$ першої групи багатоканального блока керування 4. Кількість виходів першої групи багатоканального блока керування 4 відповідає загальній кількості розміщених на колесі-рушії притискних магнітів 10. Нерухомий 6 та рухомий 7 елементи кожної розсувної спиці кінематично з'єднані між собою з можливістю переміщення рухомого елемента 7 відносно нерухомого елемента 6 уздовж їх спільної осі, яка співпадає з відповідною бісектрисою внутрішнього кута багатокутника. Нерухомі елементи 6 розсувних спиць виконані у вигляді подовжніх тягових електромагнітів, обмотки 13 яких підключені до відповідних виходів $\{...II_m, II_n, II_r, \dots\}$ другої групи багатоканального блока керування 4.

Кількість виходів другої групи багатоканального блока керування 4 відповідає загальній кількості розміщених на колесі-рушії подовжніх тягових електромагнітів, осердями яких є рухомі елементи 7 розсувних спиць з відповідними вертальними вузлами. Вказані подовжні тягові електромагніти призначені для здійснення регульованого кінематичного зв'язку між нерухомими 6 та рухомими елементами 7 відповідних розсувних спиць. Вертальний вузол рухомого елемента 7 кожної розсувної спиці (фіг. 2) містить насажену на рухомий елемент 7 розсувної спиці стискальну пружину 14, один кінець якої контактує (впирається) з відповідною секцією шини 3, а інший - з фіксатором 15, жорстко закріпленим на рухомому елементі 7 відповідної розсувної спиці.

Кожний притискний магніт 10 оснащений пружною ізоляційною накладкою 16, закріпленою на притискній поверхні притискного магніту, та сенсорною системою з принаймні п'яти датчиків

магнітного поля 17 (фіг. 3 та фіг. 4). Один з датчиків магнітного поля 17 закріплений в геометричному центрі (точка О на фіг. 4), а інші датчики - в периферійній зоні притискної поверхні (на діагоналях прямокутника ABCD на фіг. 4), причому датчики магнітного поля 17 кожного відповідного притискного магніту 10 розташовані між його притискною поверхнею та пружною ізоляційною накладкою 16 (фіг. 3).

Виходи датчиків магнітного поля 17 кожного притискного магніту 10 підключені до відповідного багатовходового обчислювального блока (18, 22, 26,..., або 30), що служить для розрахунку поточного значення притискного зусилля кожного притискного електромагніту 10. Згідно з фіг. 5, вихід кожного багатовходового обчислювального блока (18, 22, 26,..., або 30) з'єднаний з другим інвертованим входом відповідного суматора (19, 23, 27,..., або 31) вихід якого, в свою чергу, з'єднаний з входом відповідного регулятора притискного зусилля (20, 24, 28,..., або 32), вихід якого підключений до відповідного входу з групи входних каналів багатоканального блока керування 4 (фіг. 1). Кількість входів групи входних каналів багатоканального блока керування 4 відповідає загальній кількості розміщених на колесі-рушії притискних магнітів 10. Крім того, перший прямий вхід відповідного суматора (19, 23, 27,..., або 31) з'єднаний через відповідний керований ключ (21, 25, 29,..., або 33) з виходом джерела опорної напруги 34 (фіг. 5), а керований вхід кожного керованого ключа (21, 25, 29,..., або 33) з'єднаний з відповідним виходом першої групи виходів багатоканального блока керування 4 (фіг. 1). Кількість кожних з перерахованих вище елементів: багатовходових обчислювальних блоків (18, 22, 26,..., або 30), суматорів (19, 23, 27, або 31), регуляторів притискного зусилля (20, 24, 28,..., або 32), керованих ключів (21, 25, 29,..., або 33) - дорівнює кількості притискних магнітів 10.

Як притискні магніти можуть бути використані, наприклад, типові утримувальні електромагніти [Квартин М.И. Электромеханические и магнитные устройства автоматики и их расчет. - М.: Высшая школа, 1973. - сс. 203-217]. Як подовжні тягові електромагніти можуть бути використані, наприклад, типові соленоїдні електромагніти [Элементы судовой автоматики: Справочник. Под ред. Р.А. Нелепина. - Л.: Судостроение, 1976. - сс. 235-238; Квартин М.И. Электромеханические магнитные устройства автоматики и их расчет. - М.: Высшая школа, 1973, сс. 203-217]. Багатоканальний блок керування може бути реалізований на програмно-апаратному рівні за допомогою мікроконтролерів (наприклад, фірм Motorola, Microchip, Toshiba та ін.) або на базі ПЕОМ. Як датчики магнітного поля можуть бути використані мініатюрні датчики Хола (наприклад, в корпусах SOT 23, SOT 89).

Запропонований пристрій працює наступним чином.

У початковому (неробочому) стані на всіх колесах-рушіях всі рухомі елементи 7 розсувних спиць з притискними магнітами 10 за допомогою пружин 14 відповідних вертальних вузлів підтягнуті до секцій шини 3, на виходах першої I та другої II груп багатоканального блока керування 4 встановлені сигнали нульового рівня і, відповідно, всі обмотки 12, 13 притискних і тягових магнітів є знеструмленими, а отже, кінематичний зв'язок між нерухомими 6 та рухомими елементами 7 всіх розсувних спиць є відсутнім. В цей же час сигнали нульового рівня на виходах першої I групи багатоканального блока керування 4 формують розімкнений стан керованих ключів (21, 25, 29, 33), тому сигнал U_b з джерела опорної напруги 34 (фіг. 5) не поступає на жоден із суматорів (19, 23, 27, 31).

Перед початком пересування мобільного робота, розміщеного у робочій зоні феромагнітної поверхні 11, на кожному колесі з декількох притискних магнітів 10 принаймні два робочі суміжні притискні магніти 10 зорієнтовані за допомогою їх шарнірного з'єднання на осі 9 полюсними сторонами в напрямку феромагнітної поверхні 11, розсувні спиці з зазначеними притискними магнітами 10 розсунуті до повного їх дотику з феромагнітною поверхнею 11 з забезпеченням при цьому мінімального зазору, обумовленого наявністю сенсорної системи з принаймні п'яти датчиків магнітного поля 17, та пружної ізоляційної накладки 16, між поверхнею полюсної сторони відповідного магніту 10 та феромагнітною поверхнею 11, а в обмотки 12 вищевказаних (робочих) притискних магнітів від першої групи виходів I_r і I_n багатоканального блока керування 4 подано струм. Одночасно сигнали U_{a1} та U_{a2} з виходів I_r і I_n багатоканального блока керування 4 подаються на керуючі входи керованих ключів 21 та 25 відповідно. Внаслідок цього сигнал U_b з виходу джерела опорної напруги 34 вільно подається через замкнуті ключі 21 та 25 на прямі входи суматорів 19 та 23 таким чином, що на виходах ключів 21 та 25 одночасно встановлюються рівні за амплітудою сигнали U_{q1} та U_{q2} (часовий інтервал $[0; t_1]$ на фіг. 6), які відповідають заданому значенню притискного зусилля притискних магнітів 10.

За допомогою зусиль, створених магнітним полем робочих притискних магнітів 10, магнітно-керовані колеса-рушії зчіплюються з феромагнітною поверхнею 11. На виходах датчиків магнітного поля 17 двох притискних магнітів 10, які вже зчепилися з феромагнітною поверхнею

11, формуються сигнали, які відповідають значенню магнітної індукції в зазорі між полюсною поверхнею кожного з цих притискних магнітів 10 та феромагнітною поверхнею 11. Відповідно до фіг. 5, сигнали з датчиків магнітного поля 17 кожного з цих двох притискних магнітів 10 надходять на відповідні багатовходові обчислювальні блоки 18 та 22 відповідно, які
 5 опрацьовують отримані сигнали згідно з закладеним алгоритмом та на виході виробляють сигнали U_{s1} та U_{s2} , які вже в свою чергу, відповідають поточному значенню притискного зусилля на кожному з цих двох притискних магнітів 10 та подаються на інвертуючі входи відповідних суматорів 19 та 23. Далі на виходах відповідних суматорів 19 та 23 формуються сигнали $U_{d1}=U_{q1}-U_{s1}$, $U_{d2}=U_{q2}-U_{s2}$, які відповідають різниці (розузгодженню) в значеннях заданого та
 10 поточного притискного зусилля, та безпосередньо надходять на регулятори притискного зусилля 20 та 24. При цьому на виході регуляторів притискного зусилля 20 та 24 формуються сигнали U_{c1} та U_{c2} , які відповідають керуючим впливам згідно з відповідними сигналами розузгодження U_{d1} і U_{d2} , та надходять на відповідні входи багатоканального блока керування 4, який в свою чергу, опрацьовує отримані на входах сигнали U_{c1} і U_{c2} та, відповідно, збільшує або
 15 зменшує значення струму на виходах I_r і I_n .

При цьому сигнали, сформовані на виходах II_r і II_n (фіг. 1) багатоканального блока керування 4, забезпечують подачу струму в обмотки 13 відповідних тягових електромагнітів, за рахунок чого рама мобільного робота утримується на феромагнітній поверхні 11. Мобільний робот здійснює пересування вздовж феромагнітної поверхні 11 одночасними кроками всіх коліс-
 20 рушіїв. При цьому на кожному колесі для відповідної третьої розсувної спиці, що є наступною за відліком проти напрямку обертання колеса по відношенню до двох розсувних спиць з робочими притискними магнітами 10, багатоканальний блок керування 4 формує на виході I_m першої групи (фіг. 1) сигнал, згідно з яким в обмотку 12 встановленого на цій спиці притискного магніту 10 подається струм (часовий інтервал $[t_1; t_2]$ на фіг. 6). Одночасно на керуючий вхід відповідного керованого ключа 29 подається сигнал U_{a3} , який його замикає та, по суті, активує відповідний канал керування притискним зусиллям саме цього притискного магніту 10 пропусканням сигналу
 25 уставки $U_{q3}=U_r$ на прямий вхід суматора 27. Далі на виході суматора 27 формується сигнал $U_{d3}=U_{q3}-U_{s3}$, який відповідає розузгодженню в значеннях заданого та поточного притискного зусилля для притискного магніту 10 третьої розсувної спиці. При цьому сигнал U_{s3} надходить на інвертуючий вхід суматора 27 безпосередньо з виходу багатовходового обчислювального блока 26 (фіг. 5), розраховується на базі сигналів з датчиків магнітного поля 17, розташованих на полюсній поверхні притискного магніту 10 третьої розсувної спиці (фіг. 4), та відповідає поточному значенню притискного зусилля притискного магніту 10 третьої розсувної спиці. Далі сигнал U_{d3} з виходу суматора 27 безпосередньо надходить на регулятор притискного зусилля
 30 28, на виході якого формується сигнал U_{c3} , який відповідає керуючому впливу згідно з відповідним сигналом розузгодження U_{d3} , та надходить на відповідний вхід багатоканального блока керування 4, який в свою чергу, опрацьовує отриманий на вході сигнал U_{c3} та, відповідно, збільшує або зменшує значення струму на виході I_m .

Внаслідок цього на кожному колесі-рушії формується відповідне магнітне поле, під дією якого притискний магніт 10 третьої розсувної спиці, кінематичний зв'язок між рухомих 7 та нерухомих 6 елементами якої відсутній, повертається відносно осі 9 власного шарніра і притягується до його повного зчеплення з феромагнітною поверхнею 11, набуваючи ролі
 40 робочого притискного магніту. В процесі цього притягнення здійснюється висунання рухомого елемента третьої розсувної спиці на необхідну в залежності від форми феромагнітної поверхні 11 довжину. В подальшому багатоканальний блок керування 4 формує на виході II_m другої групи (фіг. 1) сигнал, згідно з яким в обмотку 13 тягового електромагніту третьої спиці подається струм, що забезпечує утворення кінематичного зв'язку між рухомих 7 та нерухомих 6 елементами третьої розсувної спиці.

Після цього багатоканальний блок керування 4 одночасно формує на виходах II_m і II_r (фіг. 1) сигнали, згідно з якими регулюється значення струмів у відповідних обмотках 13 тягових електромагнітів таким чином, що у першій розсувній спиці (по сигналу II_r) сила кінематичного зв'язку між рухомих 7 та нерухомих 6 елементами поступово послаблюється до мінімального значення, а у третій розсувній спиці (по сигналу II_m) - поступово посилюється до максимального значення. Внаслідок цього рухомий елемент 7 першої спиці за допомогою власного притискного
 50 магніту 10 витягується на необхідну в залежності від форми феромагнітної поверхні 11 довжину, а рухомий елемент 7 третьої спиці силою магнітно-керованого кінематичного зв'язку втягується у нерухомий елемент 6, який при цьому насувається на рухомий елемент 7, скорочуючи довжину третьої розсувної спиці, тобто довжина першої розсувної спиці збільшується, а третьої - скорочується. В цей самий час три притискних магніти 10 відповідних розсувних спиць притиснуті до феромагнітної поверхні 11 із заданими значеннями притискного зусилля, яким
 60

відповідають сигнали U_{q1} , U_{q2} та U_{q3} (часовий інтервал $[t_2; t_3]$ на фіг. 6). За рахунок жорсткого скріплення нерухомого елемента 6 третьої спиці з маточиною колеса-рушія скорочення третьої спиці призводить до підтягнення маточини 1 разом з віссю 2 колеса у нове кутове просторове положення згідно з напрямком обертання колеса, а в результаті - до переміщення колеса-рушія на один крок. Для переходу до нового кроку руху колеса мобільного робота багатоканальний блок керування 4 подає з виходу I_r сигнал на знеструмлення обмотки 12 притискного магніту 10, який знаходиться на першій з трьох робочих спиць за відліком проти напрямку обертання колеса, що на даній фазі руху одночасно перебувають у зчепленні з феромагнітною поверхнею 11. Внаслідок цього зникає раніше сформоване магнітне поле, притискний магніт 10 першої розсувної спиці виходить зі зчеплення з феромагнітною поверхнею 11 і втрачає роль робочого притискного магніту. Одночасно на керуючий вхід відповідного керованого ключа 21 подається сигнал $U_{a1}=0$, сигнал U_r від джерела опорної напруги перестає надходити на прямий вхід суматора 19, і задавальний сигнал U_{q1} стає рівним нулю (часовий інтервал $[t_3; t_4]$ на фіг. 6), таким чином цей канал виключається з процесу керування притискним зусиллям. При цьому даний притискний магніт 10 під дією пружини 14 вертального вузла першої спиці встановлюється в стаціонарне (початкове) положення на секції шини 3 колеса, після чого кожне колесо мобільного робота знаходиться у стані готовності до здійснення наступного кроку.

Перед наступним кроком руху колеса-рушія відлік номерів спиць зміщується, тобто перша розсувна спиця виключається з відліку, друга розсувна спиця стає першою, третя - другою, а наступна проти напрямку обертання колеса - третьою, рух колеса, як і процес формування заданих значень притискних зусиль, здійснюються згідно з викладеною вище процедурою. Мобільний робот пересувається по феромагнітній поверхні 11 згідно з попередньо запланованою траєкторією. При цьому номери останньої розсувної спиці та каналу керування притискним зусиллям останнього притискного магніту 10 дорівнюють загальній кількості спиць k . Тому, сигнали U_{ak} , U_{qk} , U_{dk} , U_{sk} та U_{ck} формуються на виходах наступних елементів: багатоканального блока керування 4, керованого ключа 33, суматора 31, багатовходового обчислювального блока 30 та регулятора притискного зусилля 32 - відповідно, в каналі керування притискним зусиллям притискного магніту 10 останньої за відліком розсувної спиці. Так на фіг. 6 для 12 розсувних спиць детально показані зміни в сигналах на виходах керованих ключів (21, 25, 29, ..., 33) в кожному каналі керування притискним зусиллям кожного притискного магніту 10, а саме зміни значень з $U_{qi}=0$ ($i=1, 2, \dots, k$, для $k=12$), коли притискний магніт під номером i не задіяний у формуванні притискного зусилля до феромагнітної поверхні 11, на значення $U_{qi}=U_r$, коли магніт під номером i задіяний у формуванні притискного зусилля до феромагнітної поверхні 11.

В процесі руху мобільного робота багатоканальний блок керування 4 за допомогою першої групи виходів забезпечує безперервну одночасну подачу відповідних струмів регульованої величини на базі сигналів $U_{qi}(t)$ ($i=1, 2, \dots, k$) з регуляторів притискного зусилля (20, 24, 28, ..., 32) принаймні в дві обмотки 12 суміжних притискних магнітів 10, а за допомогою другої групи виходів - безперервну по чергову подачу струму принаймні в одну з обмоток 13 відповідного тягового електромагніту і одночасне регулювання в залежності від режиму руху відповідного колеса-рушія величини та зміни напрямку струмів принаймні в трьох обмотках 13 суміжних тягових електромагнітів. При цьому джерело опорної напруги 34, керовані ключі (21, 25, 29, ..., 33), суматори (19, 23, 27, ..., 31), багатовходові обчислювальні блоки (18, 22, 26, ..., 30) та регулятори притискного зусилля (20, 24, 28, ..., 32) приймають участь у коректуванні значень струму, яким живляться притискні електромагніти 10, шляхом порівняння сигналів, які відповідають заданим та поточним значенням формованого притискного зусилля (отриманим на базі інформації з датчиків магнітного поля 17), що суттєво підвищує надійність роботи колеса-рушія. Додатково надійність роботи колеса-рушія підвищується за рахунок оснащення притискних поверхонь притискних електромагнітів 10 пружними ізоляційними накладками 16, які позитивно впливають на якість зчеплення мобільного робота з феромагнітною поверхнею 11 збільшуючи коефіцієнт тертя.

При технологічній зупинці мобільного робота багатоканальний блок керування 4 одночасно формує на виходах II_n і II_r (Фіг. 1) сигнали, згідно з якими значення струмів у відповідних обмотках 13 тягових електромагнітів першої і третьої розсувних спиць встановлюються на однаковому рівні, забезпечуючи утримання колеса-рушія в нерухомому стані за рахунок зчеплення усіх трьох робочих притискних магнітів 10 з феромагнітною поверхнею 11.

Позитивний ефект проявляється в тому, що в порівнянні з пристроєм-прототипом згідно з патентом України на корисну модель № 45369 до складу запропоновано пристрою введені нові і додаткові конструктивні елементи та блоки, що дозволяє мобільному роботу здійснювати безперервний рух на гладких, а також ускладнених наявністю неферомагнітних нерівностей і

пошкоджень феромагнітних поверхнях, розташованих під будь-яким кутом нахилу до вертикалі. Саме запропоновані винахідницькі внесення в конструкцію дозволяють підвищити надійність процесу переміщення та швидкість руху мобільного робота внаслідок корекції створюваного притискного зусилля кожним притискним електромагнітом відповідно до характеру

5 феромагнітної поверхні та відсутності безпосереднього контакту притискних електромагнітів з поверхнею, що в цілому підвищує надійність та ефективність процесу виконання заданої технологічної операції мобільним роботом, оснащеним такими колесами-рушіями.

Нові властивості пристрою розширюють область застосування мобільних роботів, зокрема для зачищення поверхні корпусів суден, для автоматизації процесів пожежогасіння та

10 здійснення рятувальних операцій з суттєвим підвищенням надійності утримання мобільних роботів зі спеціальним інструментом та обладнанням на нахилених неоднорідних (з обростанням або пошкодженнями) феромагнітних поверхнях.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

15 Колесо-рушій мобільного робота, що містить маточину з геометричною віссю колеса, обід зі стрижнями з їх геометричними осями, розміщеними на сторонах правильного багатокутника, точка взаємного перетину бісектрис внутрішніх кутів якого розміщена на геометричній осі колеса, вузол для з'єднання маточини з ободом у місцях, розміщених у вершинах цього

20 багатокутника, і шину, розділену між цими місцями по окружності колеса на секції, а багатокутник розміщений у площині колеса чи паралельній їй площині, а також багатоканальний блок керування елементами вузла для з'єднання маточини з ободом з двома групами керованих вихідних каналів, а сам вузол для з'єднання маточини з ободом виконаний у вигляді жорстких радіальних спиць, а між кожною парою суміжних жорстких спиць розміщені розсувні

25 спиці, які складаються з нерухомого та рухомого елементів, що кінематично з'єднані між собою з можливістю переміщення рухомого елемента відносно нерухомого уздовж їх спільної осі, яка співпадає з бісектрисою внутрішнього кута багатокутника, при цьому секції шини, що закріплені на стрижнях обода, виконані з направляючими отворами, центр кожного з яких розміщений на лінії відповідної зазначеної бісектриси, в направляючих отворах розміщені втулки для вільного

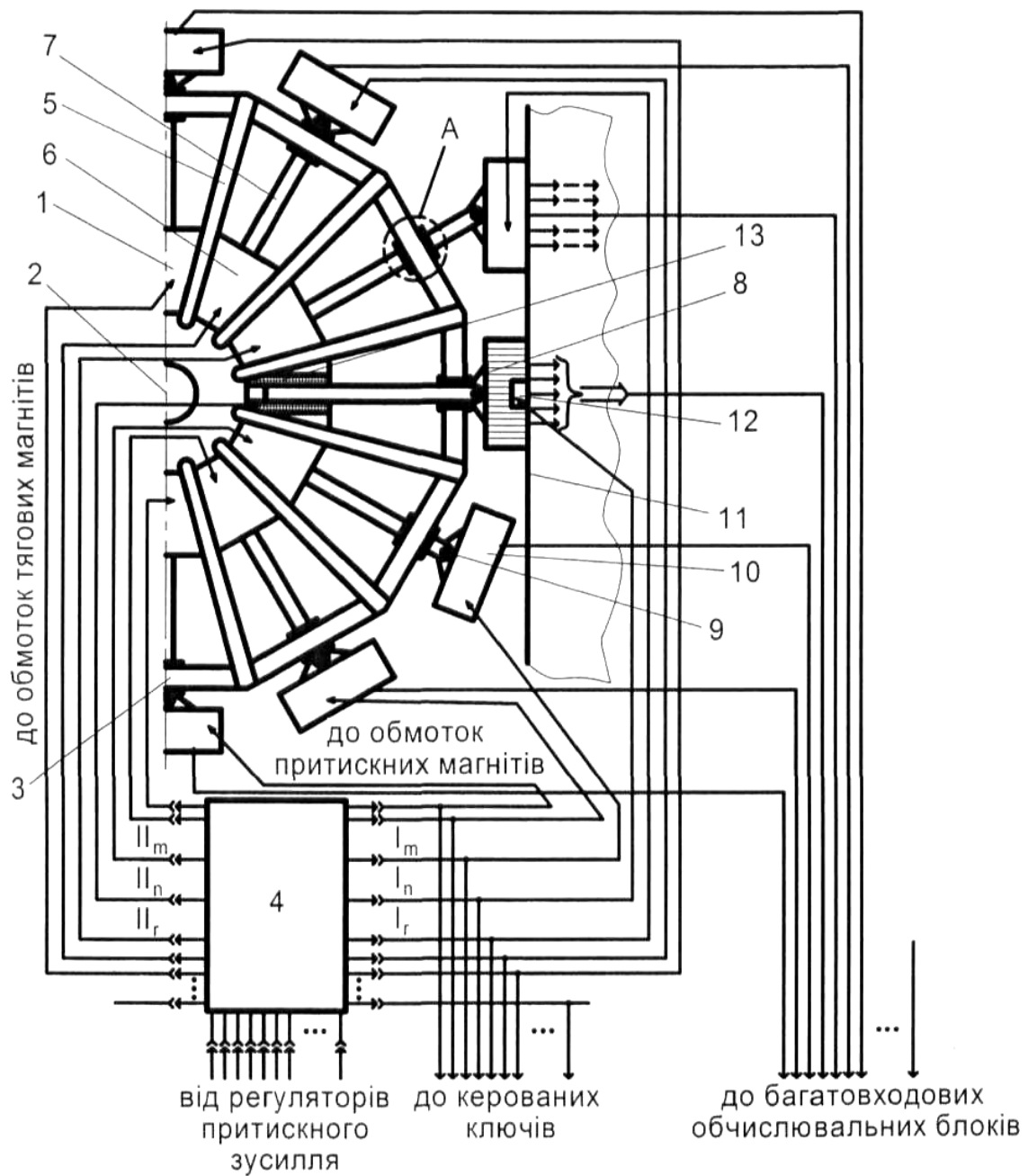
30 проходження через кожний направляючий отвір відповідного рухомого елемента розсувних спиць, при цьому нерухомий елемент кожної з розсувних спиць виконаний у вигляді подовжного тягового електромагніту, осердям якого є рухомий елемент відповідної розсувної спиці з вертальним вузлом, а на осі, встановленій паралельно геометричній осі колеса на периферійній кінцівці кожного рухомого елемента із зовнішньої сторони обода шарнірно

35 закріплений відповідний притискний магніт з можливістю самоорієнтації його полюсної сторони відносно феромагнітної поверхні, з якою зчіплюється колесо-рушій, обмотки притискних магнітів електрично з'єднані з відповідними виходами першої групи виходів багатоканального блока керування, а обмотки тягових електромагнітів підключені до відповідних виходів другої групи виходів багатоканального блока керування, яке **відрізняється** тим, що багатоканальний блок

40 керування додатково оснащений групою входів, число яких відповідає кількості притискних магнітів колеса-рушія, а кожний притискний магніт оснащений пружною ізоляційною накладкою, закріпленою на притискній поверхні притискного магніту, та сенсорною системою з принаймні п'яти датчиків магнітного поля, один з датчиків магнітного поля закріплений в геометричному центрі, а інші датчики - в периферійній зоні притискної поверхні, причому датчики магнітного

45 поля кожного притискного магніту розташовані між притискною поверхнею та пружною ізоляційною накладкою відповідного притискного магніту, виходи датчиків магнітного поля кожного притискного магніту підключені до відповідного багатовходового обчислювального блока, вихід якого з'єднаний з другим інвертованим входом відповідного суматора, вихід якого, в свою чергу, з'єднаний з входом відповідного регулятора притискного зусилля, вихід якого

50 підключений до відповідного входу з групи входів блока керування, перший прямий вхід відповідного суматора з'єднаний через відповідний керований ключ з виходом джерела опорної напруги, а керований вхід кожного керованого ключа з'єднаний з відповідним виходом першої групи виходів багатоканального блока керування.



Фіг. 1

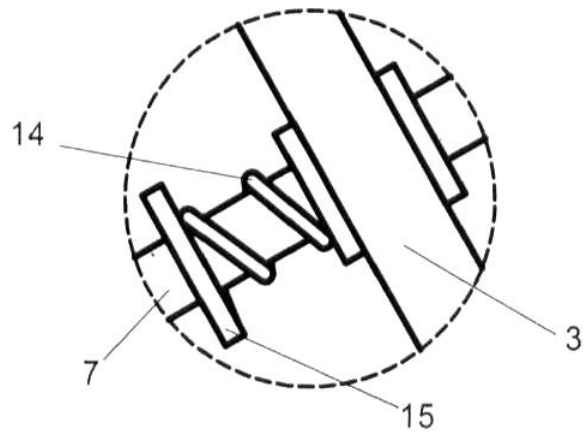


Fig. 2

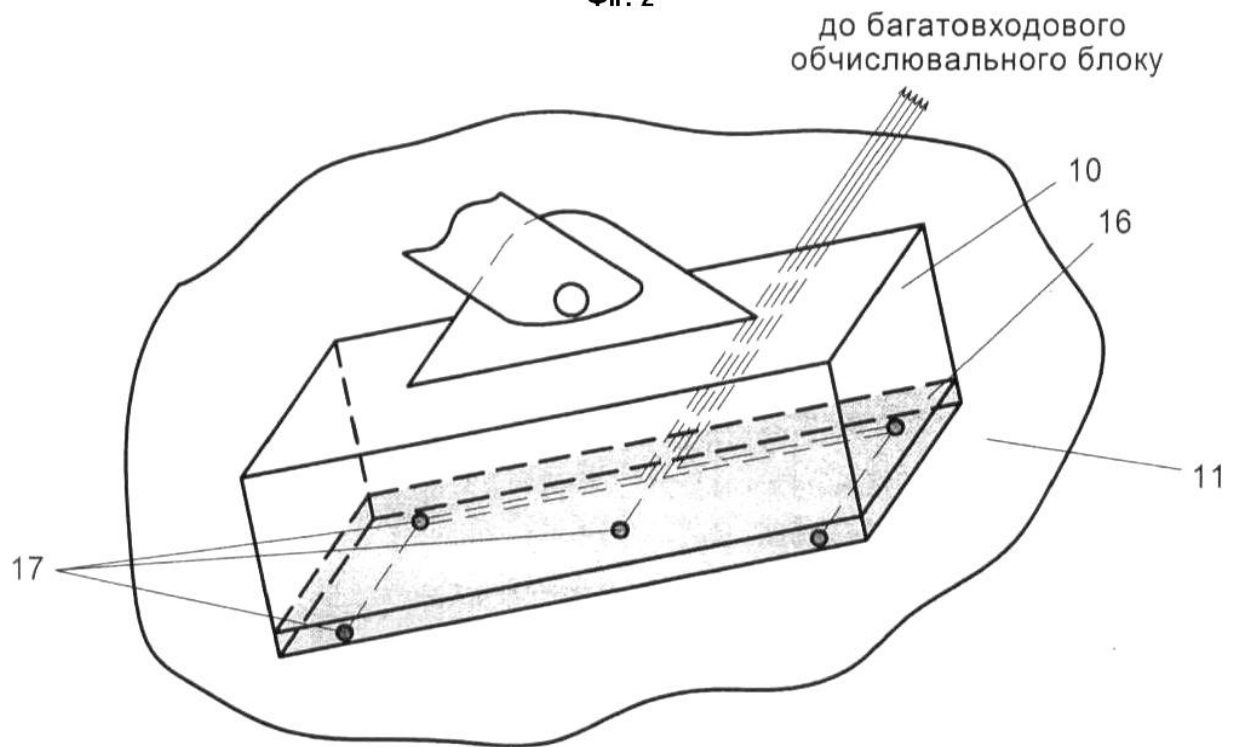


Fig. 3

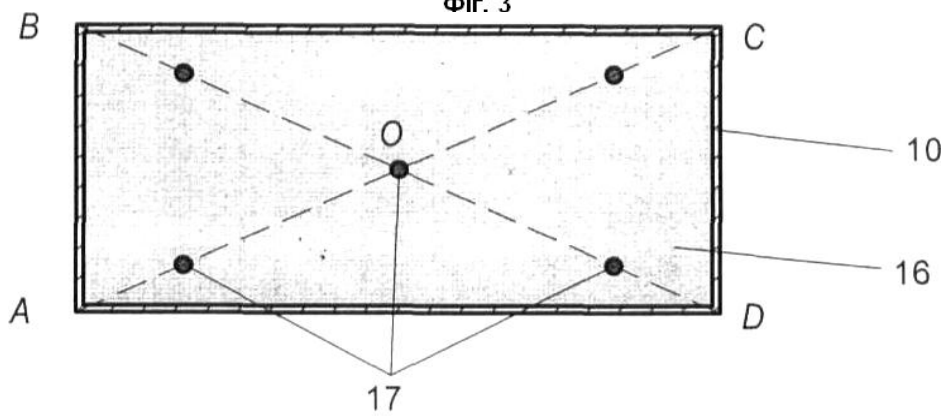
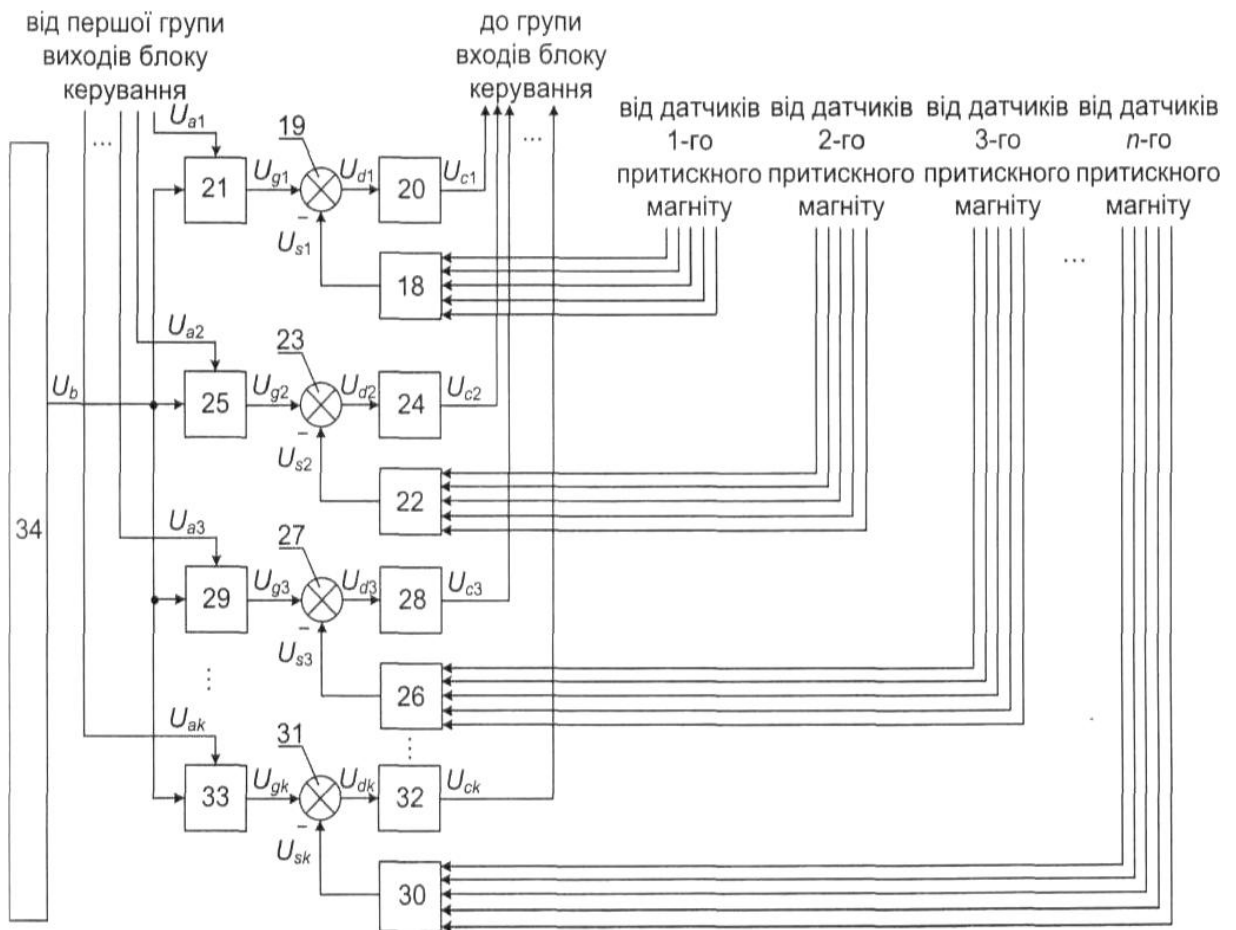
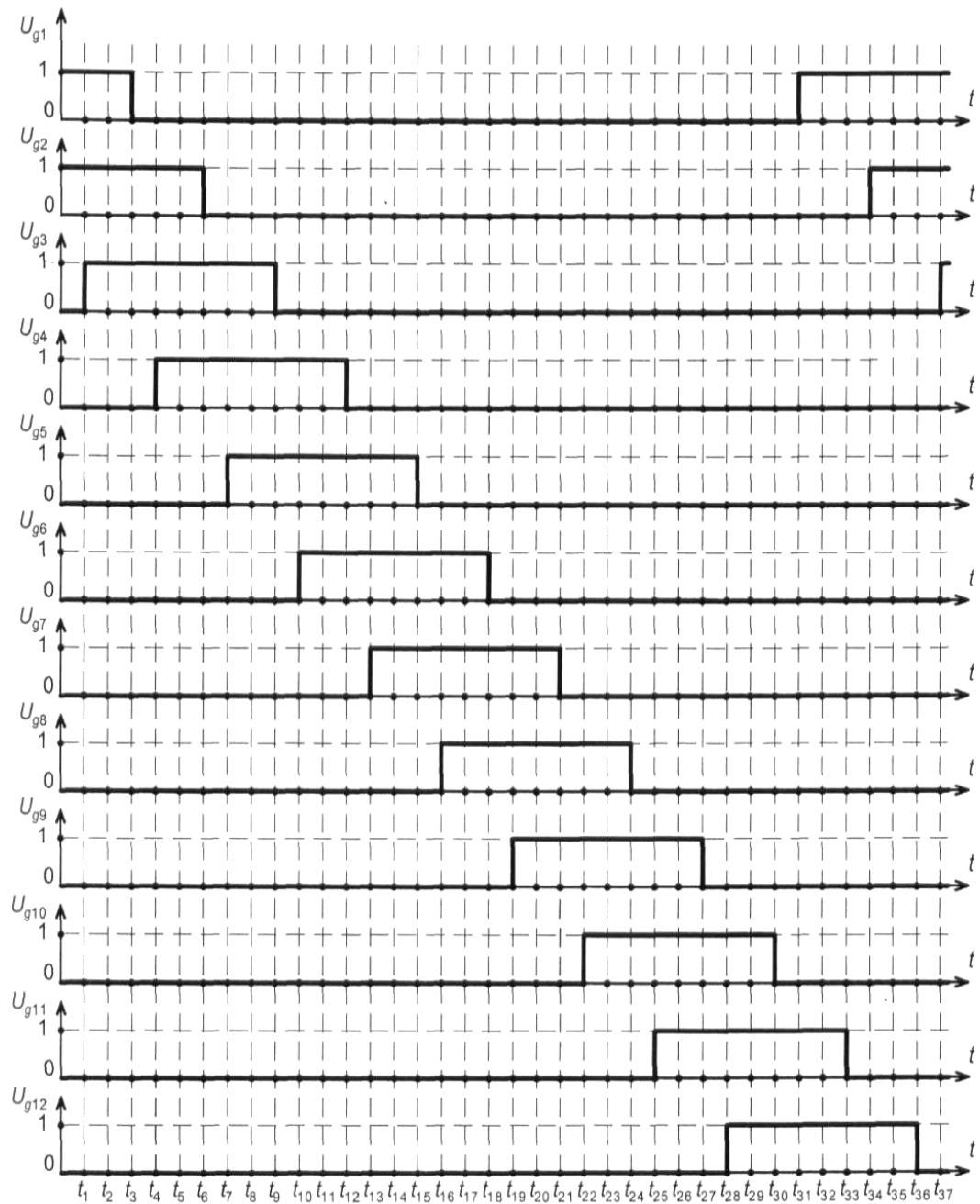


Fig. 4



Фиг. 5



Фиг. 6

Комп'ютерна верстка І. Мироненко

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601