



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **110415** (13) **U**  
(51) МПК (2016.01)  
**B23B 35/00**  
**B23Q 17/00**  
**B23Q 5/00**

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

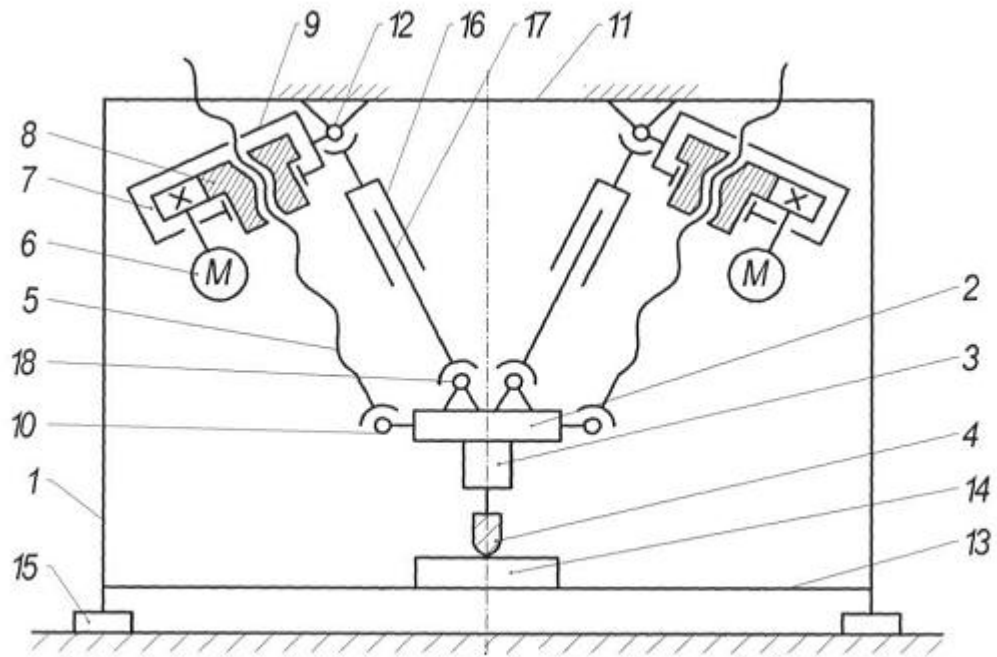
(21) Номер заявки: <b>u 2016 03257</b>	(72) Винахідник(и): <b>Кузнєцов Юрій Миколайович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>29.03.2016</b>	(73) Власник(и): <b>Кузнєцов Юрій Миколайович,</b> вул. Виборзька, 25, кв. 60, м. Київ, 03056 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>10.10.2016</b>	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>10.10.2016, Бюл.№ 19</b>	

## (54) ВЕРСТАТ З МЕХАНІЗМОМ ПАРАЛЕЛЬНОЇ СТРУКТУРИ І МЕХАТРОННОЮ СИСТЕМОЮ

### (57) Реферат:

Верстат з механізмом паралельної структури і мехатронною системою складається з несучої системи, рухомої платформи з робочим органом, наприклад інструментальним шпинделем, штанг із змінно-керованою довжиною від приводів повздовжнього переміщення, кінцеві вихідні елементи яких шарнірно зв'язані, відповідно, з несучою системою та рухомою платформою. Між рухомою платформою та несучою системою верстата шарнірно встановлені перетворювачі лінійних переміщень, які утворюють додатковий просторовий механізм паралельної структури, шарніри якого встановлені на рухомій платформі, з одного боку, та несучій системі, з другого боку, а виходи перетворювачів лінійних переміщень завдяки зворотному зв'язку зв'язані з системою числового програмного керування. Перетворювачі лінійних переміщень розташовані аксіально, тобто паралельно осі штанг із змінно-керованою довжиною, або співвісно всередині цих штанг, причому відстані між кінцевими вихідними елементами штанг і перетворювачів однакові або співпадають.

UA 110415 U



Фиг. 1

Корисна модель належить до галузі верстатобудування і може бути використана для виконання різноманітних фрезерних, свердлильних, розточувальних операцій при обробці точних складнопрофільних деталей на верстатах з механізмами паралельної структури, оснащених штангами змінно-керованої довжини типу біпод, трипод, гексапод.

Відомі компоновки триподів рамної конструкції [1], які складаються з трьох симетрично встановлених телескопічних штанг, зв'язаних шарнірно одним кінцем з виконавчим органом, а іншим з основою. Ці штанги працюють на розтягування-стискання. Додаткова штанга, що розміщена в центрі, сприймає деформації згину від виконавчого органу, що підвищує жорсткість системи і точність обробки, але зменшує розмір і ускладнює форму робочого простору.

Відомі конструкції технологічного обладнання з паралельною кінематикою, що складаються з шести штанг, виконаних у вигляді шариково-гвинтових пар з корпусами, які шарнірно з'єднано з несучою системою верстата [2]. Основними недоліками даних конструкцій є відсутність системи активного контролю та відповідна неможливість контролю положення інструмента верстата при безпосередній обробці деталей на даному верстаті, що зменшує точність обробки.

Відома також конструкція верстата паралельної кінематики [3], що складається з нерухомої платформи зі столом, рухомої платформи з робочим органом, шести механізмів поздовжнього переміщення, корпуси та вихідні елементи яких шарнірно зв'язані відповідно з нерухомою та рухомою платформами. Шарніри механізмів поздовжнього переміщення виконані з можливістю їх переміщення вздовж напрямних, розташованих на нерухомій платформі. Недоліком подібного верстата паралельної кінематики є відсутність системи активного контролю положення інструмента верстата. Це призводить до невизначеності положення інструмента у межах робочого простору, можливості виникнення "сингулярних" положень, що значно знижує точність обробки.

Найближчим аналогом є верстат паралельної кінематики з мехатронною системою активного контролю [4], що складається з несучої системи, рухомої платформи з робочим органом, механізмів поздовжнього переміщення, корпуси і вихідні елементи яких шарнірно зв'язані відповідно з несучою системою та рухомою платформою, причому між рухомою платформою та несучою системою верстата шарнірно встановлено додатковий просторовий механізм паралельної структури, який містить перетворювачі лінійних переміщень, при цьому аналогові сигнали з перетворювачів перетворюються у цифровий за допомогою аналогово-цифрового перетворювача (АЦП) та передаються на персональний комп'ютер, де відображаються та обробляються за допомогою розробленого програмного забезпечення, в якому розраховуються матриці Якобі для верстату та додаткового просторового механізму, на основі яких визначаються довжини штанг верстата, що порівнюються із заданими в системі керування з можливістю корекції законів керування.

До недоліків найближчого аналога належить: по-перше, обмеження робочої зони внаслідок зменшення переміщення по координатах; по-друге, дуже дороге програмно-математичне забезпечення і ускладнення системи ЧПК внаслідок зайвих операцій з використанням додаткових елементів корегування програми; по-третє, підвищення трудомісткості виготовлення введенням додаткового механізму паралельної структури і додаткової (зайвої) платформи; по-четверте, неможливість підвищення точності контролю і обробки деталей; по-п'яте, низька надійність роботи мехатронної системи.

В основу корисної моделі поставлена задача удосконалення верстата з механізмом паралельної структури і мехатронною системою шляхом розташування перетворювачів лінійних переміщень аксіально до штанг із змінно-керованою довжиною, що дозволяє досягнути технічний результат - підвищення надійності роботи мехатронної системи, точності формуютьоруючих рухів і обробки деталей при зниженні трудомісткості виготовлення верстата.

Поставлена задача вирішується тим, що у запропонованому верстаті, що складається з несучої системи, рухомої платформи з робочим органом, наприклад інструментальним шпинделем, штанг із змінно-керованою довжиною від приводів поздовжнього переміщення, кінцеві вихідні елементи яких шарнірно зв'язані відповідно з несучою системою верстата, шарнірно встановлені перетворювачі лінійних переміщень, які утворюють додатковий просторовий механізм паралельної структури, шарніри якого встановлені на рухомій платформі, з одного боку, та несучій системі, з другого боку, а виходи перетворювачів лінійних переміщень завдяки зворотному зв'язку зв'язані з системою числового програмного керування (ЧПК), наприклад персональним комп'ютером, для забезпечення можливості порівняння заданого і фактичного переміщення робочого органу і здійснення корекції керуючих сигналів в приводи поздовжнього переміщення, згідно з корисною моделлю, перетворювачі лінійних переміщень розташовані аксіально, тобто паралельно осі штанг із змінно-керованою довжиною або співвісно

всередині цих штанг, причому відстані між кінцевими вихідними елементами штанг і перетворювачів однакові або співпадають.

Суть корисної моделі пояснюється кресленнями, на яких зображено: фіг. 1 - принципова схема верстата з механізмом паралельної структури і перетворювачами лінійних переміщень, розташованих паралельно осі штанг із змінно-керованою довжиною (варіант 1); фіг. 2 - принципова схема верстата з механізмом паралельної структури і перетворювачами лінійних переміщень, розташованих співвісно всередині штанг із змінно-керованою довжиною; фіг. 3 - поперерізна перерізна А-А конструктивного виконання співвісних штанг, фіг. 2; фіг. 4 - блок-схема мехатронної системи активного контролю просторового положення інструмента запропонованого верстата, фіг. 1 і 2.

Верстат містить несучу систему 1 (фіг. 1), рухома платформа 2 з робочим органом - інструментальним шпинделем 3 та інструментом 4, наприклад фрезою, штанги 5 із змінно-керованою довжиною від приводів поперерізного переміщення. Ці приводи складаються з крокових (або слідкуючих) електродвигунів 6, зубчатих передач - зубчастих коліс 7 і 8, причому колесо 8 виконано за одне ціле або жорстко зв'язано з гайкою (шестірня - гайка 8). Кількість штанг 5 і приводів 6-8 може бути від 2-х до 6-ти (2,3,4,5,6), зокрема розповсюджені дві штанги (біпод), три (трипод), шість (гексапод).

Кожна зубчато-гвинтова передача розташована в корпусі 9 і за допомогою шарнірного з'єднання 10 зв'язана з рухомою платформою 2 і траверсою 11 за допомогою шарнірного з'єднання 12. Несуча система 1 за рахунок траверси 11 і основи 13, на якій розміщується деталь 14, що оброблюється, утворюють замкнений каркас на опорах 15. Паралельно осі штанги 5, виконаної у вигляді гвинта, розташований перетворювач лінійних переміщень (наприклад у вигляді індуктивного датчика зворотного зв'язку), який містить нерухому частину 16, кінець якої з'єднаний з шарніром 12 на траверсі 11, і поступально-рухома частина - шток 17, кінець якого з'єднаний через шарнір 18 з рухомою платформою 2.

В другому варіанті виконання верстата (фіг. 2) гвинт 5 виконаний з порожниною у вигляді наскрізного отвору, всередині якого розміщений перетворювач лінійних переміщень, один кінець якого через шарнір 12 з'єднаний з траверсою 11, а другий кінець разом з гвинтом 5 з'єднаний через шарнір 10 з рухомою платформою 2.

Конструктивно фрагмент варіанта 2 наглядно поданий на фіг. 3, де шарнірне з'єднання 12 (фіг. 2) виконано із сферичного пальця 19 (фіг. 3), з'єднаних між собою гвинтами 20 частинами 21 і 22. Нерухома частина 16 перетворювача лінійних переміщень за допомогою штифта 23 жорстко зв'язана через втулку 24 через різьбу з частиною 22. Зубчасте колесо 8 обертається на спеціальних підшипниках кочення з внутрішніми кільцями 25 і 26 з кульками 27 і 28 відповідно. Нижнє шарнірне з'єднання 10 (фіг. 2) об'єднує кінці штанги змінно-керованої довжини і перетворювача лінійних переміщень за допомогою вилки 29, штифта 30 і пальця 31. З'єднання гайки 32 (фіг. 2, 3) з зубчастим колесом 8 виконано через втулку 33 за допомогою гвинтів 34 (фіг. 3).

Верстат з механізмом паралельної структури і мехатронною системою працює наступним чином (фіг. 4): керуючий сигнал - задана координата  $Z_3$  від системи ЧПК перетворюється у кут повороту  $\phi$  вала електродвигуна 6 (М) і за допомогою зубчато-гвинтової пари 7,8 в координатне переміщення  $Z$ , яке вимірюється перетворювачем лінійних переміщень 16-17, що виконує функції датчика зворотного зв'язку (ДЗЗ). Відповідний сигнал надходить у систему регулювання через суматор 36, де формується сигнал розузгодження:  $\Delta Z = Z_3 - Z$ . Залежно від сигналу розузгодження з метою оптимізації динамічної поведінки приводу у регуляторі 37 (Рт) створюється регулюючий вплив, який через підсилювач 38 обумовлює зменшення величини розузгодження. При цьому кутова швидкість вала електродвигуна 6 (М) пропорційна величині розузгодження, а при  $\Delta Z = 0$  виконавчий орган - рухома платформа 2 займає задане програмою положення, забезпечуючи точність формоутворюючих рухів.

Джерела інформації:

1. Валявський І.А., Крижанівський В.А. Тенденції розвитку верстатів паралельної структури. - Вісник Сум ДУ, 2003. - № 2 (48). - С. 18-22 (фиг. 3).

2. Кузнецов Ю.М., Дмитрієв Д.А., Діневич Г.Ю. Компонівка верстатів з механізмами паралельної структури / під ред. Ю.М. Кузнецова. - Херсон: ПП Вишемирський В.С., 2009. - 456 с. (С. 182-186, фиг. 4.3-4.6).

3. Патент України на винахід № 54937. Верстат-гексапод. МПК В21Д 5 / Крижанівський В.А., Валявський І.А., опубл. 17.03.2003, Бюл. № 3.

4. Позитивне рішення від 20 р. на видачу патенту України на винахід "Верстат паралельної кінематики з мехатронною системою активного контролю", МПК В23Q 17/00, заявка № а201404648 від 12.09.2014 р.

5

# ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Верстат з механізмом паралельної структури і мехатронною системою, що складається з несучої системи, рухомої платформи з робочим органом, наприклад інструментальним шпинделем, штанг із змінно-керованою довжиною від приводів повздовжнього переміщення, кінцеві вихідні елементи яких шарнірно зв'язані, відповідно, з несучою системою та рухомою платформою, а між рухомою платформою та несучою системою верстата шарнірно встановлені перетворювачі лінійних переміщень, які утворюють додатковий просторовий механізм паралельної структури, шарніри якого встановлені на рухомій платформі, з одного боку, та несучій системі, з другого боку, а виходи перетворювачів лінійних переміщень завдяки зворотному зв'язку зв'язані з системою числового програмного керування (ЧПК), наприклад персональним комп'ютером, для забезпечення можливості порівняння заданого і фактичного переміщення робочого органу і здійснення корекції керуючих сигналів в приводи повздовжнього переміщення, який **відрізняється** тим, що перетворювачі лінійних переміщень розташовані аксіально, тобто паралельно осі штанг із змінно-керованою довжиною, або співвісно всередині цих штанг, причому відстані між кінцевими вихідними елементами штанг і перетворювачів однакові або співпадають.

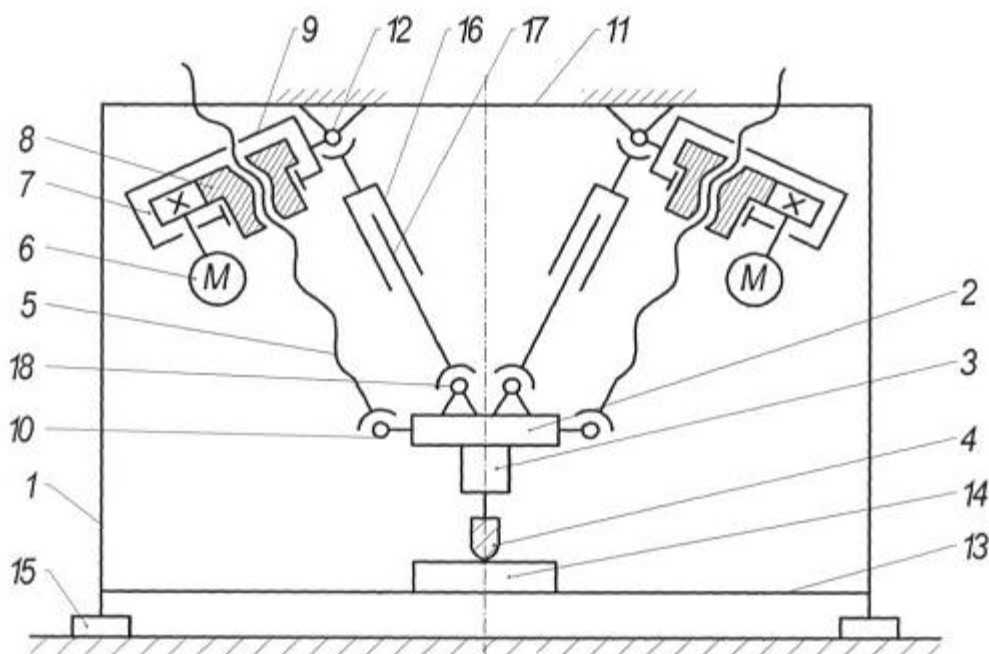
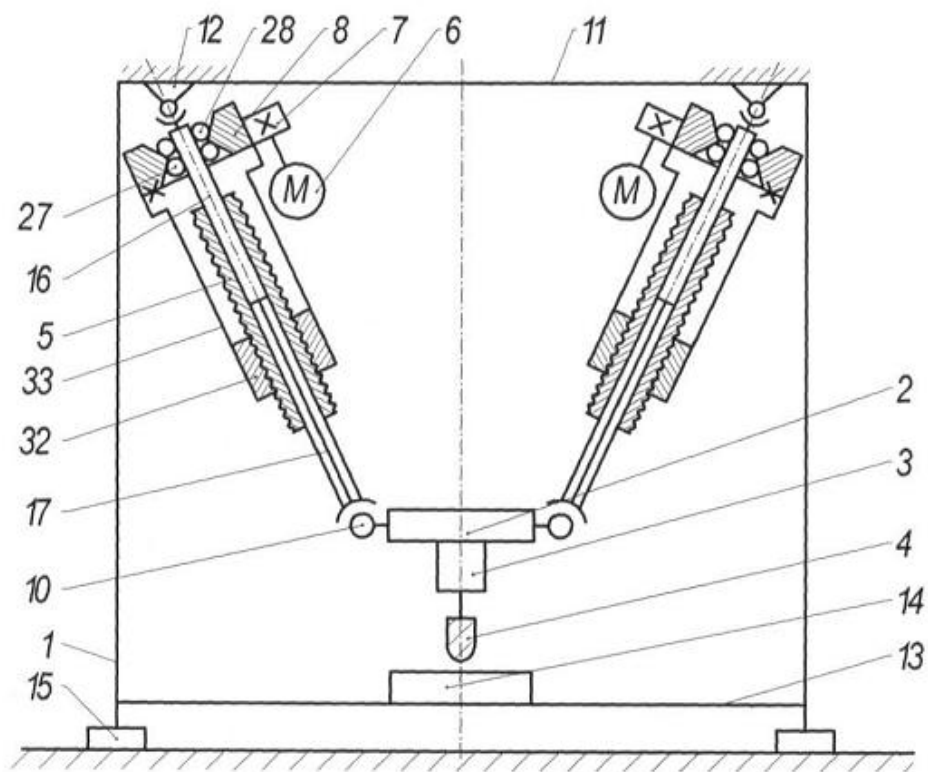
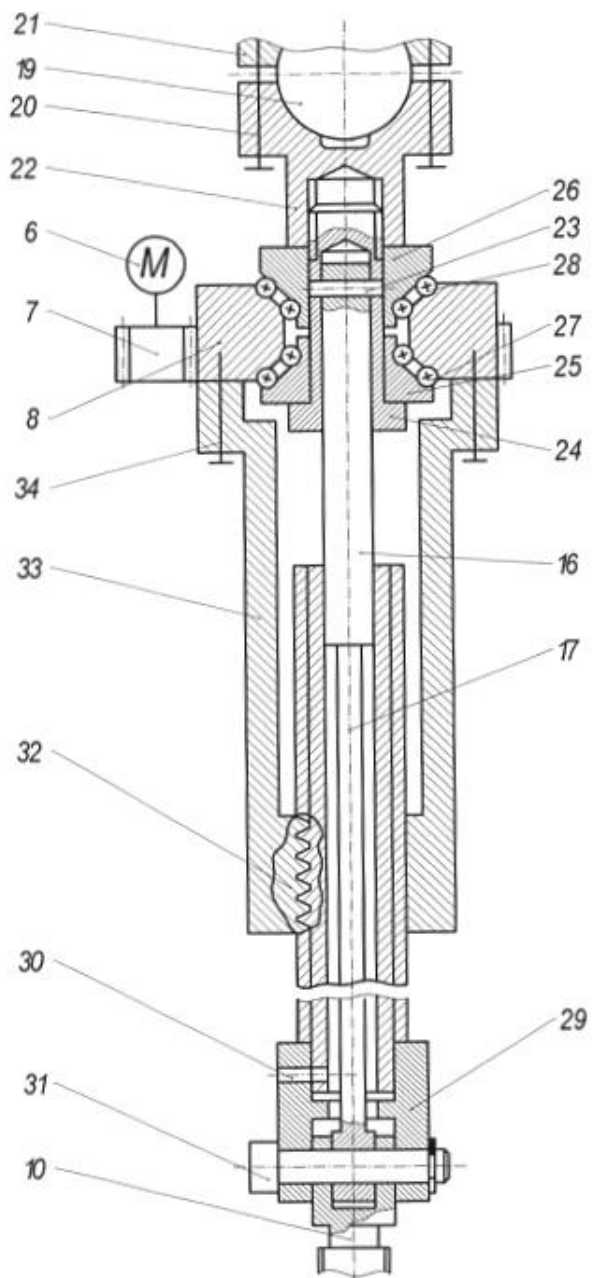


Fig. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

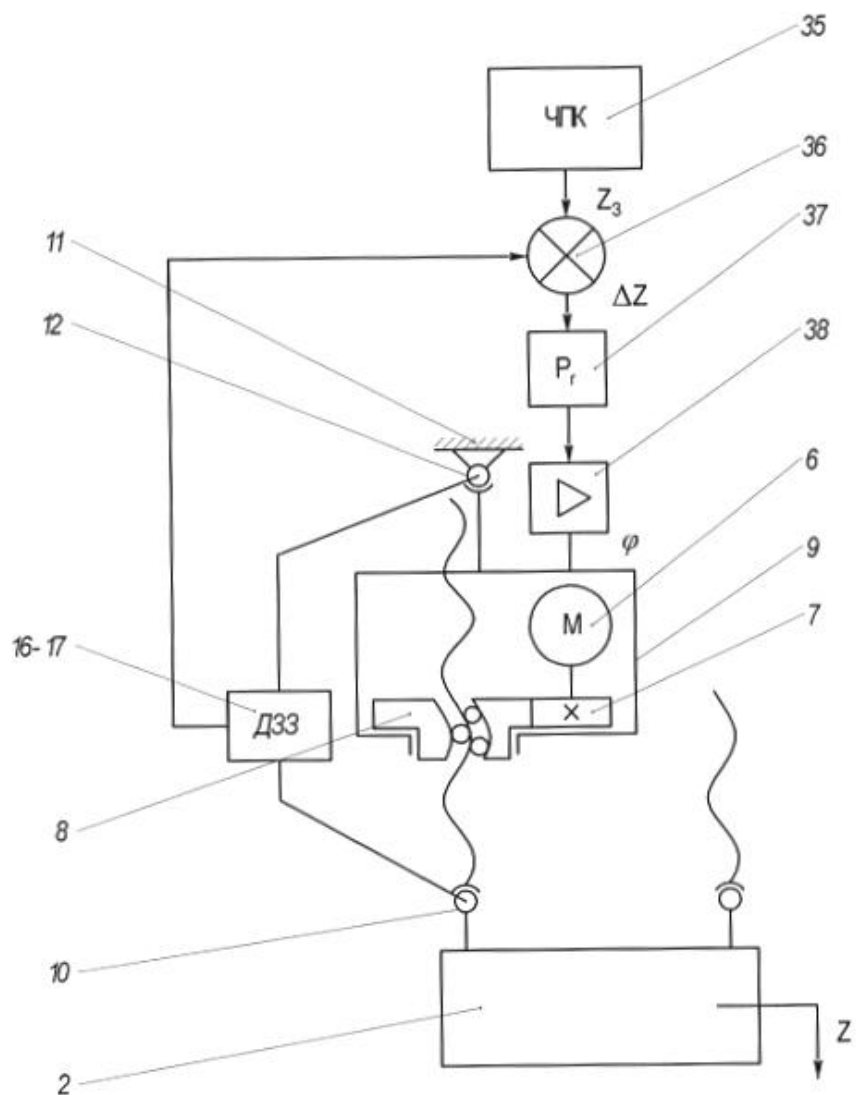


Fig. 4

Комп'ютерна верстка О. Гергіль

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

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