



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
G01N 3/08 (2023.05); G01N 3/02 (2023.05)

(21)(22) Заявка: 2023107058, 24.03.2023

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
24.03.2023

Дата регистрации:  
14.07.2023

Приоритет(ы):  
(22) Дата подачи заявки: 24.03.2023

(45) Опубликовано: 14.07.2023 Бюл. № 20

Адрес для переписки:  
620049, г. Екатеринбург, ул. Комсомольская,  
34, ФГБУН Институт машиноведения имени  
Э.С. Горкунова УрО РАН, Швейкин Владимир  
Павлович

(72) Автор(ы):  
Задворкин Сергей Михайлович (RU),  
Перунов Евгений Николаевич (RU),  
Мушников Александр Николаевич (RU),  
Выскребенцев Сергей Вильгельмович (RU),  
Измайлов Ренат Фаясович (RU)

(73) Патентообладатель(и):  
Федеральное государственное бюджетное  
учреждение науки Институт машиноведения  
имени Э.С. Горкунова Уральского отделения  
Российской академии наук (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2735713 C1, 06.11.2020. SU  
1051406 A1, 30.10.1983. SU 1132195 A1,  
30.12.1984. CN 206177714 U, 17.05.2017. CN  
208568436 U, 01.03.2019.

(54) Стенд для проведения испытаний на двухосное растяжение-сжатие

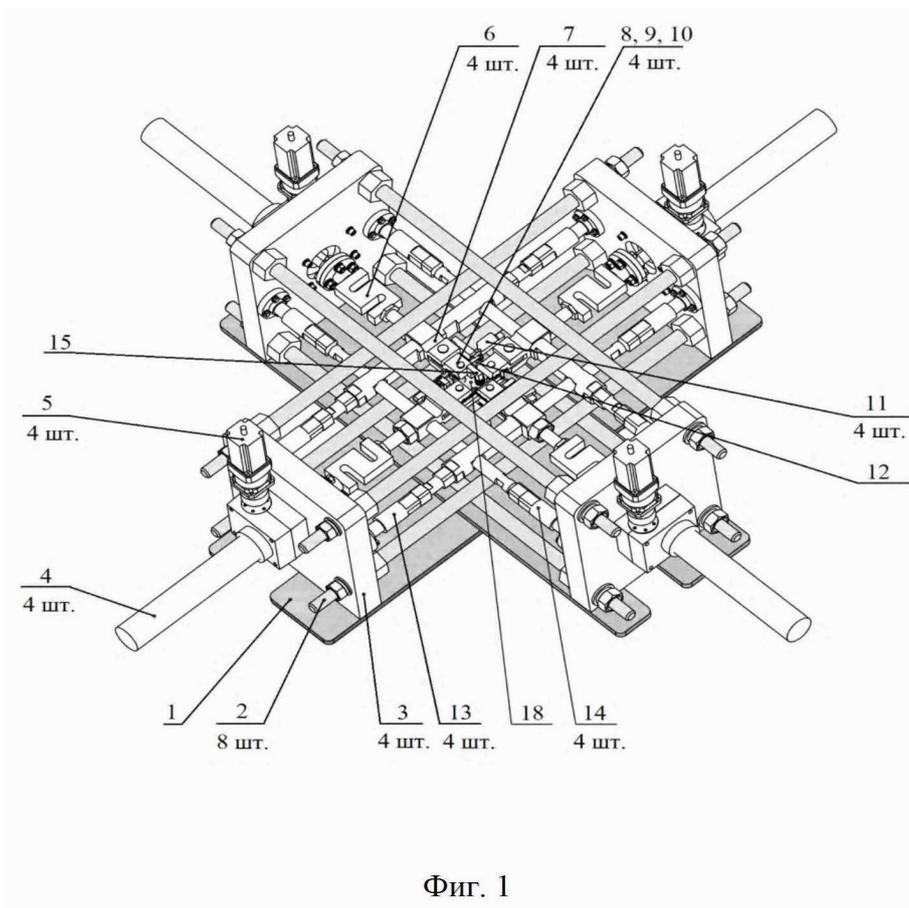
(57) Реферат:

Изобретение относится к технической области испытания механических свойств металлических материалов, в частности к устройству для механических испытаний на двухосное растяжение-сжатие. Стенд содержит крестообразное основание, на котором установлено двухосное нагружающее устройство, содержащее расположенные на взаимно перпендикулярных осях четыре силовых блока, каждый из которых связан с одним из четырех захватов образца, четыре датчика усилий растяжения-сжатия. На крестообразном основании, выполненном из алюминиевого сплава, закреплены с помощью штанг, выполненных из аустенитной стали, четыре плиты, расположенные вертикально на основании, выполненные из алюминиевого сплава и имеющие по центру сквозные отверстия, четыре силовых блока, состоящие из двигателя, редуктора и ходового винта, проходящего сквозь сквозное отверстие в плите. Между ходовыми

винтами и захватами, выполненными из аустенитной стали и снабженными переходниками с вкладышами и пальцами из аустенитной стали, расположены четыре тензодатчика. Стенд дополнительно оснащен четырьмя датчиками линейных перемещений, расположенными в держателе, закрепленном на основании, и четырьмя регулируемыми по длине штангами-упорами с вырезами и проходящими через них четырьмя регулируемыми по длине штангами-упорами без вырезов, расположенными между четырьмя плитами, а также П-образным электромагнитом с намагничивающей обмоткой, связанной с управляемым источником тока, и измерительной обмоткой, связанной с флюксметром. Выходы тензодатчиков, датчиков линейных перемещений и флюксметра, а также входы контроллеров двигателей и управляемого источника тока связаны с ЭВМ, причем сигналы датчиков обрабатываются автоматически в соответствии с заложеной в ЭВМ программой.

Технический результат: обеспечение высокой точности и надежности полученных результатов

наряду с расширением функциональных возможностей. 2 ил.



RU 2799978 C1

RU 2799978 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*G01N 3/08 (2023.05); G01N 3/02 (2023.05)*

(21)(22) Application: **2023107058, 24.03.2023**

(24) Effective date for property rights:  
**24.03.2023**

Registration date:  
**14.07.2023**

Priority:  
(22) Date of filing: **24.03.2023**

(45) Date of publication: **14.07.2023** Bull. № 20

Mail address:  
**620049, g. Ekaterinburg, ul. Komsomolskaya, 34,  
FGBUN Institut mashinovedeniya imeni E.S.  
Gorkunova UrO RAN, Shvejkin Vladimir  
Pavlovich**

(72) Inventor(s):  
**Zadvorkin Sergei Mikhailovich (RU),  
Perunov Evgenii Nikolaevich (RU),  
Mushnikov Aleksandr Nikolaevich (RU),  
Vyskrebentsev Sergei Vilgelmovich (RU),  
Izmailov Renat Faiasovich (RU)**

(73) Proprietor(s):  
**Federalnoe gosudarstvennoe biudzhethnoe  
uchrezhdenie nauki Institut mashinovedeniia  
imeni E.S. Gorkunova Uralskogo otdeleniia  
Rossiiskoi akademii nauk (RU)**

(54) **STAND FOR TESTING FOR BIAXIAL TENSION-COMPRESSION**

(57) Abstract:

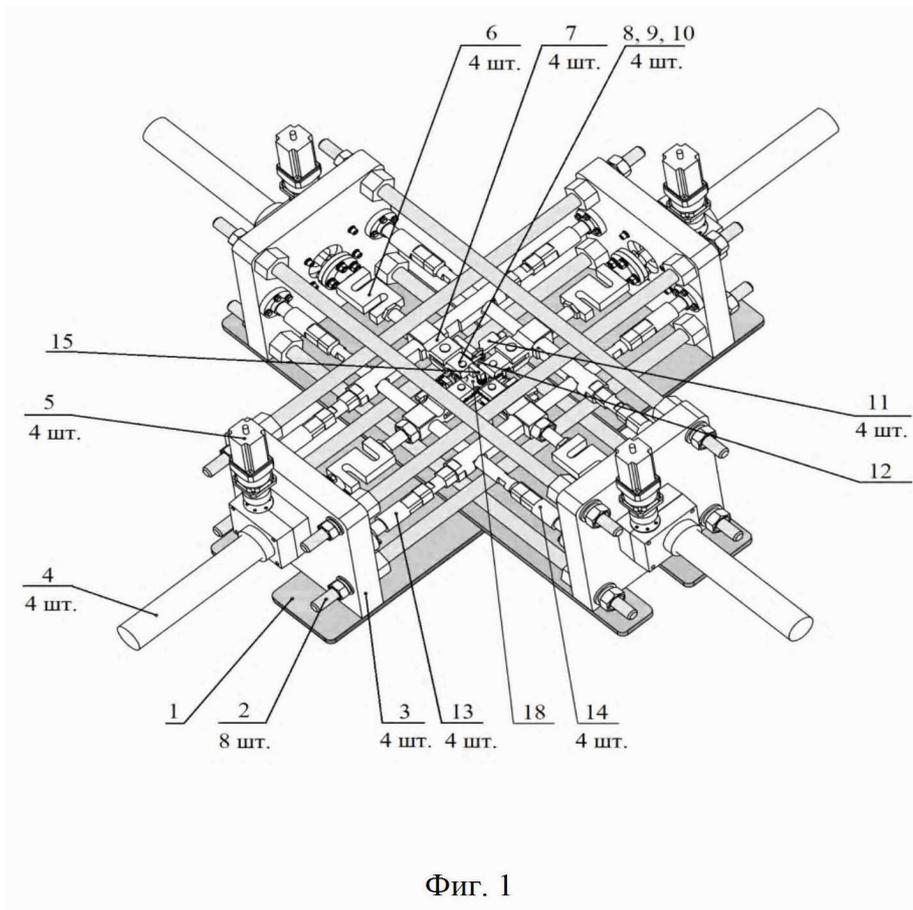
FIELD: testing the mechanical properties of metallic materials.

SUBSTANCE: invention relates to a device for mechanical testing for biaxial tension-compression. The stand comprises a cruciform base, on which a biaxial loading device is installed, comprising four power units located on mutually perpendicular axes, each of which is connected to one of the four grips of the sample, and four tension-compression force sensors. On a cruciform base made of aluminium alloy, four plates are fixed with rods made of austenitic steel located vertically on the base made of aluminium alloy and having through holes in the centre, four power units, consisting of a motor, a gearbox and a lead screw passing through a through hole in the plate. Between the lead screws and grips made of austenitic steel and equipped with adapters with inserts and fingers made of austenitic

steel, there are four load cells. The stand is additionally equipped with four linear displacement sensors located in a holder fixed on the base, and four length-adjustable stop rods with cutouts and four length-adjustable stop rods without cutouts passing through them, located between four plates, as well as a U-shaped electromagnet with a magnetizing winding connected to a controlled current source, and a measuring winding connected to a fluxmeter. The outputs of strain gauges, linear displacement sensors and fluxmeter, as well as the inputs of the motor controllers and the controlled current source are connected to the computer, and the sensor signals are processed automatically in accordance with the program embedded in the computer.

EFFECT: high accuracy and reliability of the testing results and expansion of functionality.

1 cl, 2 dwg



Изобретение относится к технической области испытания механических свойств металлических материалов, в частности к устройству для механических испытаний на двухосное растяжение-сжатие.

5 Известна машина для испытания на двухосное растяжение, выполняющая испытание образца на растяжение путем растягивания образца в четырех направлениях вдоль двух осей, перпендикулярных друг другу, включающая: первый и второй поворотные столы, которые расположены параллельно и могут вращаться относительно друг друга в плоскости; четыре соединительных механизма, расположенные с интервалами 90° на окружности вокруг оси вращения, так что одни концы соответствующих элементов пары элементов соединены друг с другом с возможностью поворота, а другие концы соответствующих элементов пары элементов прикреплены поперек первого и второго поворотных столов; четыре захвата образца, которые соответственно прикреплены к соединительным механизмам и удерживают испытательный образец (патент US 8671771, МПК G01N 3/08, 2014 год).

15 Однако недостатком известной машина является возможность проведения испытаний только на двухосное растяжение.

Известна машина для испытания на двухосное растяжение/сжатие, включающая подставку, модуль ходового винта с положительным направлением  $x$ , модуль ходового винта с отрицательным направлением  $x$ , модуль ходового винта с положительным направлением  $y$  и модуль ходового винта с отрицательным направлением  $y$ . Модуль ходового винта с положительным направлением  $x$ , модуль ходового винта с отрицательным направлением  $x$ , модуль ходового винта с положительным направлением  $y$  и модуль ходового винта с отрицательным направлением  $y$  неподвижно расположены крест-накрест на подставке. Расположение четырех модулей ходовых винтов и синхронное управление серводвигателями обеспечивает синхронное управление перемещениями двух групп захватов образцов в осевом направлении и позволяет проводить испытания на двухосное растяжение/сжатие, при этом нагрузки по осям могут иметь различные соотношения. При использовании известной машины может быть выполнено двухосное растяжение/сжатие плоских образцов, одноосное растяжение/сжатие образцов на растяжение, а также могут быть выполнены испытания на растяжение с переменной нагрузкой (заявка CN 106525585; МПК G01N 3/04, G01N 3/08; 2017 год).

Однако функциональные возможности известной испытательной машины ограничены только исследованием прочностных характеристик материала без возможности исследования физических свойств материала в процессе деформирования. Кроме того, в конструкции не предусмотрен контроль положения центра образца, что может негативно сказаться на точности результатов измерений.

Наиболее близким техническим решением к заявляемому является стенд для проведения статических и циклических испытаний крестообразных образцов, содержащий раму, на которой установлены двухосное нагружающее устройство, содержащее расположенные на взаимно перпендикулярных осях, под углом 90°, четыре захвата для установки крестообразного образца, каждый из которых связан с силовым блоком для создания двухосного нагружения, каждый из которых содержит средство циклического нагружения и средство статического нагружения на крестообразный образец, ультразвуковой дефектоскоп, связанный с, по меньшей мере, двумя ультразвуковыми датчиками, установленными с двух сторон от крестообразного образца, и испытательную камеру для размещения крестообразного образца, в которой имитируются различные условия эксплуатации, рама выполнена в форме квадрата или

в форме кольца, средство циклического нагружения выполнено в виде гидропульсатора, средство статистического нагружения выполнено в виде электромеханического цилиндра (патент RU 2735713, МПК G01N 3/02, 2020 год) (прототип).

Однако недостатком известного устройства является невозможность проведения статических испытаний на крестообразных образцах без трещиноподобного концентратора напряжений, так как изменения сигнала дефектоскопа обуславливаются ростом трещины под действием циклических нагрузок. Далее, несмотря на расширение функциональных возможностей, обеспечивающих выбор оптимальных вариантов материала листового проката, сварочных материалов, технологии сварки на стадии проектирования, испытаний при низких температурах или в рабочих средах с различным содержанием коррозионно-активных компонентов, отсутствует возможность исследования физических свойств материала кроме прочностных, в частности наличие большого количества ферромагнитных конструктивных элементов, приводящих к искажению результатов исследований магнитных свойств испытуемых объектов под влиянием собственных магнитных полей испытательной машины. Кроме того, в конструкции не предусмотрен контроль положения центра образца, что может негативно сказаться на точности результатов измерений.

Таким образом, перед авторами стояла задача разработать конструкцию стенда для проведения испытаний на двухосное растяжение-сжатие, обеспечивающую высокую точность полученных результатов наряду с расширением функциональных возможностей за счет возможности исследования магнитных свойств исследуемого материала в процессе упругопластического деформирования.

Поставленная задача решена в предлагаемом стенде для проведения испытаний на двухосное растяжение-сжатие, содержащем основание, на котором установлено двухосное нагружающее устройство, содержащее расположенные на взаимно перпендикулярных осях четыре силовых блока, каждый из которых связан с одним из четырех захватов образца, четыре датчика усилий сжатие-растяжение, отличающимся тем, что на крестообразном основании, выполненном из алюминиевого сплава, закреплены с помощью штанг, выполненных из аустенитной стали, четыре плиты, расположенные вертикально на основании, выполненные из алюминиевого сплава и имеющие по центру сквозные отверстия, четыре силовых блока, состоящие из двигателя, редуктора и ходового винта, проходящего сквозь сквозное отверстие в плите, причем между ходовыми винтами и захватами, выполненными из аустенитной стали и снабженными переходниками с вкладышами и пальцами из аустенитной стали расположены четыре тензодатчика, при этом он дополнительно оснащен четырьмя датчиками линейных перемещений, расположенными в держателе, закрепленном на основании, и четырьмя регулируемыми по длине штангами-упорами с вырезами и проходящими через них четырьмя регулируемыми по длине штангами-упорами без вырезов, расположенными между четырьмя плитами, а также П-образным электромагнитом с намагничивающей обмоткой, связанной с управляемым источником тока, и измерительной обмоткой, связанной с флюксометром, при этом выходы тензодатчиков усилий растяжение/сжатие, датчиков линейных перемещений и флюксометра связаны с ЭВМ, причем сигналы датчиков обрабатываются автоматически в соответствии с заложенной в ЭВМ программой.

В настоящее время из патентной и научно-технической литературы не известна конструкция стенда для проведения испытаний на двухосное растяжение-сжатие, оснащенного кроме датчиков усилий растяжения-сжатия, в частности тензодатчиков, датчиками линейных перемещений, регулируемыми по длине штангами-упорами с

вырезами и проходящими через них четырьмя регулируемым по длине штангами-упорами без вырезов, а также П-образным электромагнитом с намагничивающей обмоткой, связанной с управляемым источником тока, и измерительной обмоткой, связанной с флюксометром, который в свою очередь связан с ЭВМ для осуществления автоматической обработки результатов с помощью заложенной в ЭВМ программы.

На фиг. 1 и фиг. 2 изображен предлагаемый стенд для проведения испытаний на двухосное растяжение-сжатие, который включает крестообразное основание (1), выполненное из алюминиевого сплава, например Д16Т, закрепленные с помощью штанг (2), выполненных из аустенитной стали, обладающей парамагнитными свойствами, например, 08Х18Н10Т, четыре плиты (3), выполненные из алюминиевого сплава, обладающего парамагнитными свойствами, например Д16Т, и расположенные вертикально к основанию (1), и имеющие по центру сквозные отверстия, четыре силовых блока, каждый из которых состоит из ходового винта (4) и двигателя с редуктором (5), четыре тензодатчика (6), например, тензорезистивного типа, каждый из которых расположен между захватом образцов (7), выполненном из аустенитной стали, например, 08Х18Н10Т, и ходовым винтом (4), при этом захваты (7) снабжены переходниками (8) с вкладышами (9) и пальцами (10) для возможности установки образцов различных размеров, причем захваты (7), переходники (8), вкладыши (9) и пальцы (10) выполнены из аустенитной стали, например, 08Х18Н10Т, четыре датчика линейных перемещений (11), установленных в держателе (12), четыре регулируемые по длине штанги-упоры с вырезами (13) и проходящие через них четыре регулируемые по длине штанги-упоры без вырезов (14) для защиты силовых блоков от поперечных нагрузок при разрушении образца, а также П-образным электромагнитом (15) с намагничивающей обмоткой, связанной с управляемым источником тока (16), и измерительной обмоткой, связанной с флюксометром (17), при этом выходы тензодатчиков (6), датчиков линейных перемещений (11) и флюксометра (17), а также входы контроллеров двигателей (5) и управляемого источника тока (16) связаны с ЭВМ, причем сигналы датчиков обрабатываются автоматически в соответствии с заложенной в ЭВМ программой.

Работа предлагаемого стенда для проведения испытаний на двухосное растяжение-сжатие осуществляется следующим образом. Испытуемый образец (18) закрепляют в четырех захватах образцов (7), прикрепленных через тензодатчики (6) к ходовым винтам (4). Для закрепления малогабаритных образцов могут быть дополнительно использованы четыре переходника (8), при этом в головках малогабаритных образцов должны быть сделаны пазы под вкладыши (9) и отверстия под пальцы (10) для прочного соединения образца с переходниками (8). Требуемое пластическое деформирование или упругое нагружение образца осуществляют в ручном или автоматическом режимах при помощи четырех двигателей (5), соединенных через редукторы с ходовыми винтами (4). Дополнительно для возможности перемещения ходовых винтов в ручном режиме на оси двигателей (5) установлены штурвалы. Датчики линейных перемещений (11), закрепленные в держателе (12), отслеживают перемещения четырех точек на ребрах образца. Работа этих датчиков попарно в дифференциальном режиме (режиме алгебраической разницы) позволяет контролировать перемещение центра образца и при необходимости компенсировать это перемещение ходом ходового винта (4). После задания требуемой нагрузки или деформации в центр образца устанавливают П-образный электромагнит (15) с намагничивающей обмоткой, связанной с управляемым источником тока (16), и измерительной обмоткой, связанной с флюксометром (17) и производят измерение петли магнитного гистерезиса материала образца в заданном напряженно-деформированном состоянии. После измерения выполняют

размагничивание образца (18) с использованием намагничивающей обмотки электромагнита током с убывающей амплитудой. Сигналы тензодатчиков, датчиков линейных перемещений и флюксметра передают на ЭВМ и обрабатывают автоматически в соответствии с заложенной в ЭВМ программой.

5       Использование в качестве конструктивного элемента стенда П-образного электромагнита, связанного с флюксметром, который в свою очередь связан с ЭВМ для осуществления автоматической обработки результатов с помощью заложенной в ЭВМ программы при условии выполнения всех деталей стенда из немагнитных  
10       материалов (алюминиевых сплавов и аустенитной стали) исключает влиянием собственных магнитных полей деталей стенда и позволяет кроме прочностных характеристик исследуемого материала определять его магнитные характеристики, устанавливая связь между прочностными и магнитными характеристиками. Дополнительное использование датчиков линейных перемещений позволяет повысить  
15       точность и надежность результатов испытаний за счет возможности определения смещения центра исследуемого образца в процессе измерений и компенсации этого перемещения ходом ходового винта.

      Для определения работоспособности конструкции предлагаемого стенда для проведения испытаний на двухосное растяжение-сжатие были проведены испытания в лабораторных условиях при температуре окружающего воздуха 25°C. Испытания  
20       проводили на крестообразном образце, изготовленном из 6 мм листа низкоуглеродистой стали марки Ст3. В центре образца фрезерована круговая площадка диаметром 50 мм и толщиной 4 мм, в которой при испытаниях локализуются максимальные механические напряжения. Испытания проводили по следующим схемам: 1) упругое одноосное деформирование - нагружение по одной оси ( $x$ ) до 20 кН с остановками через каждые  
25       5 кН; 2) упругое двухосное деформирование - нагружение по второй оси ( $y$ ) до 20 кН с остановками через каждые 5 кН при действующей нагрузке 20 кН по оси  $x$ ; 3) пластическое двухосное деформирование - симметричное нагружение одинаковыми нагрузками по осям  $x$  и  $y$  от 20 до 50 кН с остановками через каждые 5 кН. На каждом шаге испытаний в центр образца устанавливали П-образный электромагнит с  
30       намагничивающей и измерительной обмотками, и посредством квазистатического изменения тока в намагничивающей обмотке выполняли измерение петель магнитного гистерезиса материала в различных направлениях (путем поворота приставного магнитного устройства от 0 до 360° с шагом 15°). Испытания показали, что испытательный стенд позволяет осуществлять произвольное двухосное деформирование  
35       образца и измерять петли магнитного гистерезиса материала, находящегося в плоском напряженном состоянии. При этом наибольшие изменения параметров петли магнитного гистерезиса стали Ст3 зафиксированы при асимметричном двухосном деформировании.

      Таким образом, авторами предлагается стенд для проведения испытаний на двухосное растяжение-сжатие, обеспечивающий высокую точность и надежность полученных  
40       результатов наряду с расширением функциональных возможностей за счет возможности исследования магнитных свойств исследуемого материала.

#### (57) Формула изобретения

      Стенд для проведения испытаний на двухосное растяжение-сжатие, содержащий  
45       основание, на котором установлено двухосное нагружающее устройство, содержащее расположенные на взаимно перпендикулярных осях четыре силовых блока, каждый из которых связан с одним из четырех захватов образца, четыре датчика усилий растяжения-сжатия, отличающийся тем, что на крестообразном основании, выполненном

из алюминиевого сплава, закреплены с помощью штанг, выполненных из аустенитной стали, четыре плиты, расположенные вертикально на основании, выполненные из алюминиевого сплава и имеющие по центру сквозные отверстия, четыре силовых блока, состоящие из двигателя, редуктора и ходового винта, проходящего сквозь сквозное  
5 отверстие в плите, причем между ходовыми винтами и захватами, выполненными из аустенитной стали и снабжёнными переходниками с вкладышами и пальцами из аустенитной стали, расположены четыре тензодатчика, при этом он дополнительно оснащен четырьмя датчиками линейных перемещений, расположенными в держателе, закрепленном на основании, и четырьмя регулируемыми по длине штангами-упорами  
10 с вырезами и проходящими через них четырьмя регулируемыми по длине штангами-упорами без вырезов, расположенными между четырьмя плитами, а также П-образным электромагнитом с намагничивающей обмоткой, связанной с управляемым источником тока, и измерительной обмоткой, связанной с флюксометром, при этом выходы тензодатчиков, датчиков линейных перемещений и флюксометра, а также входы  
15 контроллеров двигателей и управляемого источника тока связаны с ЭВМ, причем сигналы датчиков обрабатываются автоматически в соответствии с заложенной в ЭВМ программой.

20

25

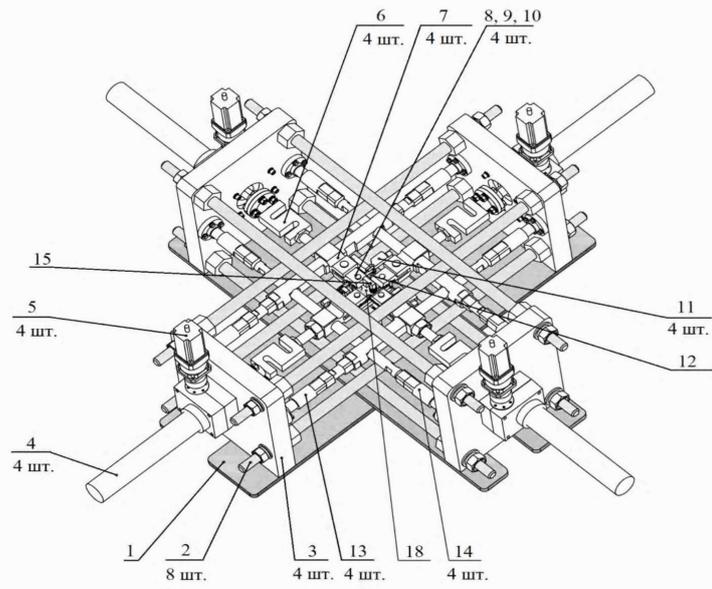
30

35

40

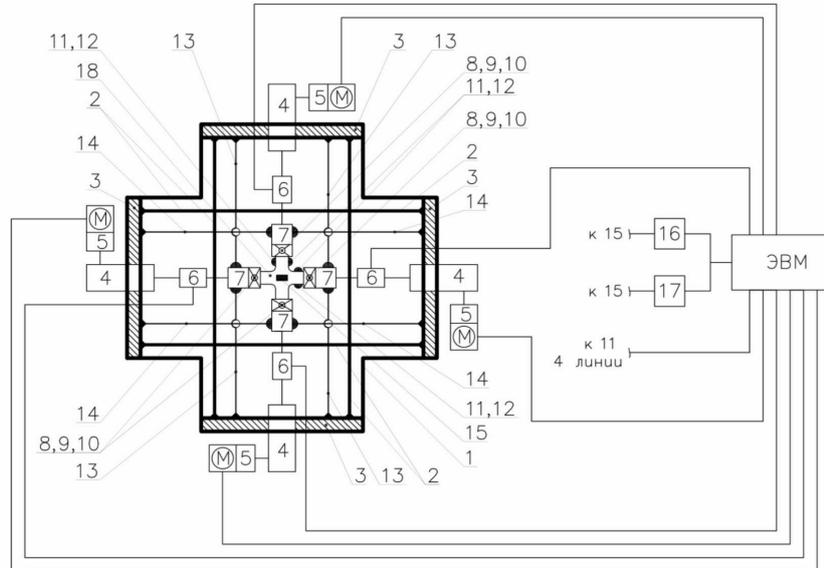
45

1



Фиг. 1

2



Фиг. 2