



(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 075 737** <sup>(13)</sup> **C1**

(51) МПК<sup>6</sup> **G 01 M 1/30, 1/00**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

(21), (22) Заявка: 5014855/28, 22.07.1991

(46) Дата публикации: 20.03.1997

(56) Ссылки: 1. Колчин И.И. Механика машин, т.2, - М.-Л.: Mashgiz, 1963, с.209. 2. Там же, с. 211,212. 3. Современные методы и средства балансировки машин и приборов. Сб. статей под ред. Шепетильникова В.А. - М.: Машиностроение, 1985, с.5. 4. Там же, с. 127-131.

(71) Заявитель:

Солонец Игорь Петрович,  
Солонец Борис Петрович

(72) Изобретатель: Солонец Игорь Петрович,  
Солонец Борис Петрович

(73) Патентообладатель:

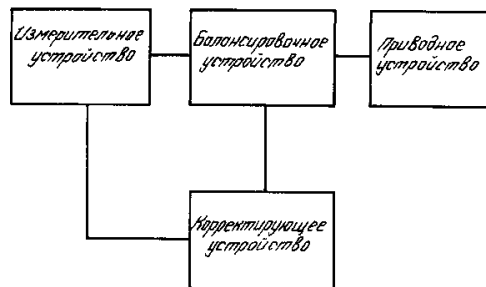
Солонец Игорь Петрович,  
Солонец Борис Петрович

(54) СПОСОБ ДИНАМИЧЕСКОЙ БАЛАНСИРОВКИ РОТОРА И СТАНОК ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

(57) Реферат:

Использование: балансировочная техника для динамической балансировки различных роторов. Сущность изобретения: способ динамической балансировки ротора заключается в сообщении ему вращения в балансировочном станке, измерении вибрационных нагрузок, действующих на опоры ротора в результате его остаточной несбалансированности, и в обращении оси его вращения в главную центральную ось инерции посредством установки опорных участков цапф и ротора в соответствующие комплекты из двух эксцентричных наружных и внутренних втулок, вставленных одна в другую и на неподвижные опорные участки корпуса балансировочного устройства, последующих согласованных поворотов наружных и внутренних эксцентричных втулок относительно опор цапф ротора и друг друга до достижения ими полного относительного оборота, определение положения эксцентричных наружных и внутренних втулок, при котором величины вибрационных нагрузок на опоры ротора достигают наименьших значений, и фиксирование положения эксцентричных наружных и внутренних втулок друг относительно друга и относительно цапф ротора. Станок для осуществления предлагаемого способа динамической балансировки ротора содержит приводное устройство, балансировочное

устройство, в опорах которого размещен опорными участками цапф ротор, измерительное устройство и корректирующее устройство, снабженное двумя комплектами эксцентричных втулок, наружной и внутренней и приводом поворота и этих эксцентричных втулок в каждом комплекте друг относительно друга и относительно соответствующих опорных участков цапф ротора, а также устройствами фиксации эксцентричных наружных и внутренних втулок между собой и с соответствующими опорными участками ротора. Привод поворота выполнен в виде дифференциальных зубчатых передач, ведомые звенья которых связаны с эксцентричными наружными и внутренними втулками, а ведущие звенья - с управляемыми корректирующими электродвигателями. 2 с.п., 10 з.п. ф-лы, 5 ил.



Фиг.1

RU 2 075 737 C1

RU 2 075 737 C1



(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 075 737** <sup>(13)</sup> **C1**  
 (51) Int. Cl.<sup>6</sup> **G 01 M 1/30, 1/00**

RUSSIAN AGENCY  
 FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 5014855/28, 22.07.1991

(46) Date of publication: 20.03.1997

(71) Applicant:

Solonets Igor' Petrovich,  
 Solonets Boris Petrovich

(72) Inventor: Solonets Igor' Petrovich,  
 Solonets Boris Petrovich

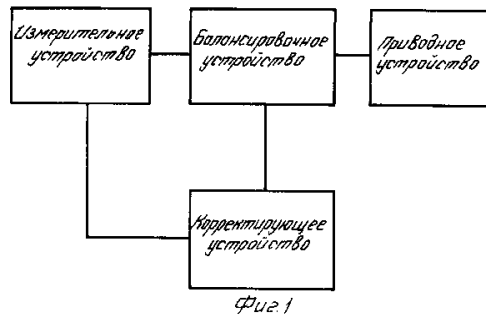
(73) Proprietor:  
 Solonets Igor' Petrovich,  
 Solonets Boris Petrovich

(54) **METHOD OF DYNAMIC BALANCING OF ROTOR AND MACHINE TO IMPLEMENT IT**

(57) Abstract:

FIELD: balancing equipment for dynamic balancing of rotors. SUBSTANCE: method of dynamic balancing of rotor consists in imparting it with rotation on balancing machine, in measurement of vibration loads acting on supports of rotors as result of its residual unbalancing and in transformation of its rotation axis into major central axis of inertia by means of installation of supporting sections of journals and rotor into proper sets composed of two eccentric outer and inner bushings inserted another into other and on to immobile bearing sections of body of balancing machine, subsequent matched turns of outer and inner eccentric bushings relative to journals of rotor and to each other till they make complete revolution. It includes determination of positions of eccentric outer and inner bushings at which values of vibration loads on supports of rotor achieve smallest values and registration of positions of eccentric outer and inner bushings relative to each other and to journals of rotor. Machine to implement proposed method of dynamic balancing of rotor has driving gear,

balancing gear in which supports rotor is placed with bearing sections of journals, measuring device, correcting device provided with two sets of eccentric bushings (outer and inner), drive of turn of these bushings, devices for fixation of eccentric bushings relative to each other and to proper bearing sections of rotor. Drive of turn is fabricated in the form of differential gear transmissions which driving links are coupled to eccentric outer and inner bushings and which driven links - to controlled correcting electric motors. EFFECT: enhanced functional reliability and stability, increased productivity. 13 cl, 5 dwg



RU 2 0 7 5 7 3 7 C 1

RU 2 0 7 5 7 3 7 C 1

Изобретение относится к балансировочной технике и может быть использовано в различных отраслях промышленности для динамической балансировки различных роторов, используемых в качестве рабочих органов в технологических, производственных, энергетических и др. машинах.

Известен способ динамической балансировки ротора, заключающийся в сообщении ему вращения в балансировочном устройстве, измерении вибрационных нагрузок, действующих на опоры вращающегося ротора в результате его несбалансированности и в обращении оси вращения ротора в главную центральную ось инерции постановкой противовесов на торцах ротора после его остановки [1]

Известно устройство для динамической балансировки ротора, соответствующее данному способу динамической балансировки, содержащее приводное, балансировочное, измерительное устройства и корректирующее устройство, включающее исполнительные средства [2]

Данный способ динамической балансировки ротора может осуществляться посредством выполнения следующих операций:

измерение вибрационных нагрузок, действующих на опоры вращающегося ротора в результате его несбалансированности;

коррекция дисбаланса путем постановки противовесов на торцах при его остановке, осуществляемая по результатам измерения вибраций опор.

В данном устройстве для динамической балансировки ротора осуществляется корректировка распределения массы ротора после его остановки. При этом корректирующее устройство выполнено в виде специальных балансировочных грузов, устанавливаемых и закрепляемых при помощи специальных средств на соответствующих плоскостях коррекции, например, эти грузы устанавливаются, перемещаются в кольцевых пазах на торцевых поверхностях ротора и закрепляются в угловых положениях, определенных по результатам измерения, болтами, винтами и т. п.

Недостатками данного способа и устройства являются невысокая точность балансировки и большая длительность процесса уравнивания роторов.

Известен также способ динамической балансировки ротора, заключающийся в сообщении ему вращения в балансировочном устройстве, измерении вибрационных нагрузок, действующих на опоры ротора в результате его несбалансированности, и в обращении оси вращения ротора в главную центральную ось инерции посредством нанесения корректирующих дискретных масс лучом лазера в необходимых так называемых "легких" местах ротора [3]

Известно устройство для динамической балансировки ротора, содержащее приводное устройство, балансировочное устройство, в опорных участках которого размещены своими опорными участками цапф ротор, измерительное устройство и корректирующее устройство, состоящее из вращающейся оптической системы и системы управления лазерным лучом. При этом в качестве

материалов корректирующих масс применяются медь, цинк, бронза и латунь [4]

Недостатком данного способа и устройства, его осуществляющего, являются их большая сложность, громоздкость и стоимость.

Целью предлагаемого изобретения является увеличение точности, оперативности процесса балансировки, упрощение операций и средств для выполнения балансировки.

Данная цель достигается тем, что в способе динамической балансировки ротора, заключающемся в сообщении ему вращения в балансировочном устройстве, измерении вибрационных нагрузок, действующих на опоры ротора в результате его несбалансированности, и в обращении оси вращения ротора в главную центральную ось вращения, это обращение осуществляется посредством предварительной установки комплектов из двух эксцентричных наружных и внутренних втулок, снабженных диаметрально выполненными на их торцах контрастными рисками и вставленных одна в другую и на опорные участки цапф ротора, также снабженных диаметрально выполненными на их торцах контрастными рисками, сопряжения этих комплектов эксцентричных втулок с неподвижными опорными участками балансировочного устройства, в котором установлен ротор, последующих пробных согласованных дискретных поворотов в неподвижных опорах наружных и внутренних эксцентричных втулок синхронно в обоих комплектах друг относительно друга и относительно цапф ротора, причем при каждом зафиксированном дискретном положении внешних эксцентричных втулок на протяжении их полного оборота осуществляют дискретные повороты относительно них внутренних эксцентричных втулок до достижения ими полного относительного оборота, при этом при каждом зафиксированном положении и внутренних эксцентричных втулок осуществляется поворот ротора, по крайней мере, на один полный оборот от принятого за базовое положение контрастных рисок на цапфах ротора, синхронная регистрация положений контрастных рисок на торцах наружных и внутренних втулок и цапф ротора и показаний датчиков, измеряющих нагрузки, действующие на опоры ротора, определение положения контрастных рисок, соответствующего наименьшим величинам измеряемых нагрузок, и предварительная фиксация наружных и внутренних эксцентричных втулок друг относительно друга и относительно цапф ротора при вращении ротора, а затем окончательной их фиксации при остановке ротора.

Предлагается в данном способе: пробные согласованные повороты в неподвижных опорах наружных и внутренних эксцентричных втулок друг относительно друга и относительно цапф ротора осуществляют непрерывно с количеством оборотов внешних и внутренних эксцентричных втулок и цапф ротора, обеспечивающих, по крайней мере, один полный относительный оборот при этом внутренних втулок относительно цапф ротора, а внешних эксцентричных втулок - относительно внутренних.

В данном способе возможно также после

фиксирования внешних и внутренних эксцентричных втулок друг относительно друга и относительно цапф ротора осуществляют освобождение и указанные пробные повороты или непрерывные вращения эксцентричных наружной и внутренней втулок относительно друг друга и относительно цапфы в комплекте, расположенном в опоре, где зафиксированы наибольшие по величине нагрузки.

Кроме того, в данном способе возможно также, что вращения в обоих опорах наружных и внутренних эксцентричных втулок друг относительно друга и относительно цапф ротора осуществляют с тем же соотношением скоростей, но с различными по величине угловыми скоростями до тех пор, пока соотношение количеств оборотов наружных эксцентричных втулок в двух комплектах обоих опор составит, по крайней мере, один относительный оборот быстрее вращающейся наружной эксцентричной втулки в одной опоре относительно наружной втулки, вращающейся медленнее в другой опоре.

При этом возможно, что в данном способе после жесткой фиксации эксцентричных наружных и внутренних втулок между собой и с цапфами ротора наружные поверхности наружных эксцентричных втулок используются в качестве опорных поверхностей цапф ротора. Возможно также, что в данном способе после жесткой фиксации эксцентричных наружных и внутренних втулок между собой и с цапфами ротора, осуществляют формирование главной центральной оси инерции ротора посредством нахождения центров тяжести треугольников как центров пересечения их медиан на торцах цапф ротора с вершинами этих треугольников в центрах осевых линий цапф и эксцентричных наружных и внутренних втулок и последующего формирования наружных поверхностей опорных участков цапф ротора посредством обработки их как поверхностей вращения вокруг полученных центров тяжести треугольников.

Для осуществления предлагаемого способа представляется станок для динамической балансировки ротора, содержащий приводное устройство, балансировочное устройство, в опорах которого размещен своими опорными участками цапф ротор, кинематически связанный с его приводом, измерительное устройство и корректирующее устройство, при этом отличается от известных тем, что корректирующее устройство снабжено, соответственно двумя опорами ротора, двумя комплектами эксцентричных втулок, наружной и внутренней, вставленных одна в другую и сопряженных соответственно с опорными участками цапф ротора и опорными участками балансировочного устройства, приводом поворота эксцентричных наружных и внутренних втулок в каждом комплекте друг относительно друга и относительно соответствующих опорных участков цапф ротора и устройств предварительной и окончательной фиксации эксцентричных наружных и внутренних втулок между собой и с соответствующими опорными участками цапф ротора.

Для осуществления данного способа предлагается также станок, в котором привод поворота эксцентричных наружных и

внутренних втулок в каждом комплекте друг относительно друга и относительно соответствующих опорных участков цапф ротора состоит из двух планетарных зубчатых механизмов и трех управляемых электродвигателей, причем в каждом планетарном зубчатом механизме одно центральное зубчатое колесо закреплено неподвижно и снабжено венцом с внутренними зубьями, а водило с сателлитными колесами размещено в неподвижных опорах и посредством управляемой, например, электромагнитной муфты, соединено с соответствующим управляемым электродвигателем, при этом первый планетарный механизм кинематически связан с наружной эксцентричной втулкой и содержит еще одно центральное ведомое зубчатое колесо, закрепленное на наружной эксцентричной втулке, причем наружный венец его выполнен концентричным наружной поверхности этой эксцентричной втулки и зацепляющимся с сателлитными колесами своего водила, второй планетарный зубчатый механизм кинематически связан с внутренней эксцентричной втулкой и содержит ведомое зубчатое колесо, закрепленное на внутренней эксцентричной втулке, а также промежуточное центральное зубчатое колесо, снабженное двумя зубчатыми венцами, наружным и внутренним, и размещенное свободно в опорах, выполненных в ведомом центральном колесе первого планетарного зубчатого механизма, причем наружный зубчатый венец этого промежуточного колеса выполнен концентричным наружной поверхности наружной эксцентричной втулки и зацепляющимся с сателлитными колесами своего водила, внутренний зубчатый венец этого промежуточного колеса выполнен также концентричным наружной поверхности эксцентричной втулки и зацепляющимся с наружным зубчатым венцом ведомого зубчатого колеса, концентричным наружной поверхности внутренней эксцентричной втулки, закрепленного на внутренней эксцентричной втулке, а привод поворота ротора состоит из третьего управляемого электродвигателя и передаточного механизма, соединяющего вал этого электродвигателя с одной из цапф ротора и расположенного на одном из опорных участков балансировочного устройства, при этом устройства предварительной фиксации наружных, внутренних эксцентричных втулок и цапф ротора между собой выполнены в виде управляемых электромагнитных муфт, установленных между элементами привода поворота наружных, внутренних эксцентричных втулок и цапф ротора, закрепленных на их торцах, а устройства окончательной фиксации выполнены, например, в виде винтовых соединений между ними.

В предлагаемом станке передаточный механизм, соединяющий управляемый электродвигатель с ротором, может быть выполнен содержащим последовательно связанные между собой управляемую электромагнитную муфту, шарнирные муфты, закрепленные соответственно на выходном валу управляемой электромагнитной муфты и торца цапфы ротора, и телескопический вал, соединяющий шарнирные муфты.

Предлагаемый также станок, в котором привод поворота эксцентричных наружных и внутренних втулок в каждом комплекте друг относительно друга и относительно соответствующих опорных участков цапф ротора снабжен дополнительным третьим планетарным зубчатым механизмом, кинематически связанным с соответствующей цапфой ротора и с управляемым электродвигателем и содержащим одно центральное зубчатое колесо, закрепленное неподвижно и снабженное внутренним зубчатым венцом, водило с сателлитными колесами, размещенное в неподвижных опорах и посредством управляемой, например, электромагнитной муфты соединенное с управляемым электродвигателем, ведомое зубчатое колесо, закрепленное на цапфе ротора, и два промежуточных зубчатых колеса, каждое из которых снабжено двумя зубчатыми венцами, наружными и внутренними, при этом первое промежуточное зубчатое колесо третьего планетарного зубчатого механизма является центральным и свободно размещено в опорах, выполненных в промежуточном центральном зубчатом колесе второго планетарного зубчатого механизма, а второе промежуточное зубчатое колесо его свободно размещено в опорах, выполненных в ведомом колесе второго планетарного зубчатого механизма, причем наружный и внутренний зубчатые венцы первого промежуточного центрального колеса выполнены концентричными наружной поверхности наружной эксцентричной втулки, а наружный и внутренний зубчатые венцы второго промежуточного колеса выполнены концентричными наружной поверхности внутренней эксцентричной втулки, к тому же наружный зубчатый венец первого промежуточного колеса зацепляется с сателлитными колесами, внутренний зубчатый венец его с наружным зубчатым венцом второго промежуточного колеса, внутренний зубчатый венец второго промежуточного колеса зацепляется с наружным венцом ведомого зубчатого колеса, выполненного концентрично опорному участку цапфы.

Предлагается также станок, в котором оба планетарных зубчатых механизма привода поворота эксцентричных наружных и внутренних втулок в каждом комплекте друг относительно друга и относительно соответствующих опорных участков цапф ротора содержат по одному водилу с блоками из двух сателлитных колес, три ведомые зубчатые колеса, закрепленные по одному соответственно на наружной и внутренней эксцентричных втулках и на соответствующем опорном участке цапфы ротора и снабженные наружными зубчатыми венцами, концентричными наружными поверхностями элементов, на которых они закреплены, а также три промежуточные зубчатые колеса, причем первое промежуточное зубчатое колесо снабжено двумя наружными и одним внутренним зубчатыми венцами и размещено свободно в опорах, выполненных в ведомом колесе первого планетарного зубчатого механизма, второе промежуточное зубчатое колесо снабжено одним наружным и одним внутренним зубчатыми венцами и размещено свободно в опорах, выполненных в ведомом

колесе второго планетарного зубчатого механизма, у обоих этих промежуточных зубчатых колес все венцы выполнены концентричными наружной поверхности наружной эксцентричной втулки, третье промежуточное зубчатое колесо снабжено наружным и внутренним зубчатыми венцами, концентричными наружной поверхности внутренней эксцентричной втулки и размещено свободно в опорах ведомого колеса второго планетарного механизма, при этом одно из сателлитных колес первого планетарного механизма зацепляется с ведомым колесом первого планетарного зубчатого механизма, а второе с одним из наружных зубчатых венцов первого промежуточного зубчатого колеса, одно из сателлитных колес второго планетарного зубчатого механизма зацепляется со вторым наружным зубчатым венцом первого промежуточного зубчатого колеса, а второе с наружным зубчатым венцом второго промежуточного зубчатого колеса, внутренний зубчатый венец первого промежуточного колеса зацепляется с наружным зубчатым венцом ведомого зубчатого колеса, закрепленного на внутренней эксцентричной втулке, внутренний венец второго промежуточного зубчатого колеса зацепляется с наружным зубчатым венцом третьего промежуточного зубчатого колеса, внутренний зубчатый венец которого зацепляется с наружным венцом третьего ведомого зубчатого колеса.

Анализ технической и патентной литературы не выявил способа динамической балансировки ротора и устройств для его осуществления, обладающих признаками, предлагаемыми в заявленных технических решениях. Поскольку на проведенном этапе патентного поиска подтверждены существенные отличия предлагаемого технического решения и выявлены технико-экономические преимущества от его использования, считаем возможным представить данное техническое решение на установление соответствия его требованиям, предъявляемым к изобретениям.

Реализация предлагаемого способа динамической балансировки ротора осуществляется путем последовательного выполнения следующих операций:

выполнение на торцах двух пар эксцентричных наружных и внутренних втулок, а также на торцах цапф ротора-рисок с диаметральной их расположением относительно наружных поверхностей;

установка комплектов из эксцентричных втулок, например, двух, вставленных одна в другую, на опорные участки цапф ротора;

сопряжение этих комплектов эксцентричных втулок с опорными участками балансировочного устройства, в котором устанавливается ротор;

пробные согласованные повороты в опорах внутренних и наружных эксцентричных втулок друг относительно друга и цапф ротора на углы по соответствию трехразрядной системе; при этом необходимо при каждом зафиксированном дискретном положении, на протяжении полного оборота, внешних эксцентричных втулок обеспечивать дискретные повороты относительно них внутренних эксцентричных втулок до достижения ими полного относительного

оборота, причем при каждом зафиксированном положении и внутренних эксцентричных втулок необходимо осуществить поворот цапф ротора на полный оборот или целое число оборотов от принятого за базовое положение; поворот внешних эксцентричных втулок необходимо также осуществлять на один или целое число оборотов до достижения минимального предварительного уровня вибрационных нагрузок в опорах ротора; последующее фиксирование эксцентричных втулок и цапф ротора друг относительно друга;

5) сообщение ротору и эксцентричным наружным и внутренним втулкам вращения с испытуемой скоростью и после этого сообщение дополнительных согласованных поворотов одновременно наружных и внутренних эксцентричных втулок друг относительно друга и цапф ротора около их предварительно зафиксированного положения со скоростями цапф ротора относительно внутренних эксцентричных втулок и последних относительно внешних эксцентричных втулок с теми же соотношениями этих скоростей, что и соотношение углов при пробных согласованных поворотах их с целью достижения заданного уровня вибрационных нагрузок в опорах ротора; окончательное фиксирование по торцевым рискам относительно положения эксцентричных наружных и внутренних втулок и цапф ротора и последующая жесткая фиксация их относительно положения;

после указанной жесткой фиксации эксцентричных наружных и внутренних втулок между собой и с цапфами ротора, наружные поверхности наружных эксцентричных втулок используют в качестве опорных без механической обработки или после дополнительной обработки их коаксиально первоначальной наружной поверхности;

после жесткой фиксации эксцентричных наружных и внутренних втулок между собой и с цапфами ротора возможно также и формирование на торцах цапф ротора следов главной центральной оси инерции ротора посредством нахождения центров тяжести треугольников в точках пересечения их медиан с вершинами этих треугольников в центрах осевых линий цапф и эксцентричных наружных и внутренних втулок, определяемых по рискам на их торцах и нахождения точек их пересечения.

Выполнение четвертой операции рекомендуется для высокоскоростных массивных и длинных роторов, несбалансированность которых после изготовления может вызвать недопустимо большие нагрузки на опоры при исследовании в балансировочном станке.

Сущность устройства для осуществления способа динамической балансировки ротора поясняется чертежами, где на фиг. 1 представлена принципиальная схема системы, обеспечивающей балансировку ротора, на фиг. 2, 3, 4 представлены варианты схем предлагаемых корректирующих устройств, на фиг. 5 схема нахождения на торцах цапф следов главной оси главной центральной оси инерции ротора.

Система, обеспечивающая балансировку ротора (балансировочный станок) - фиг. 1, содержит приводное, балансировочное,

измерительное и корректирующие устройства, а также дополнительные устройства (не показаны на схеме) (см. книгу: Левит М. Е. Рыженков В. М. "Балансировка деталей и узлов". М. Машиностроение, 1986, с. 101). Все они размещены на станине станка. Связь первых трех устройств последовательная, а третьего, измерительного, через четвертое, корректирующее со вторым, балансировочным устройством выполнена как обратная связь.

Приводное устройство содержит приводной электродвигатель, приводное соединение, связывающее приводной электродвигатель с балансируемым ротором, систему управления приводным устройством. Назначение последнего обеспечение запуска, поддержка заданной режимом балансировки угловой скорости вращения и торможение балансируемого ротора.

Балансировочное устройство представляет собой колебательную систему станка в виде упругих опор, в которых устанавливается и вращается неуравновешенный ротор. По измеренным колебаниям этой системы при балансировке судят о дисбалансе ротора.

Измерительное устройство состоит из датчиков, размещенных на балансировочном устройстве, частотно-избирательных средств для выделения полезного сигнала и подавления сигналов помех в измерительном устройстве, цепи разделения плоскостей коррекции, представляющей электрическую цепь между измерительными преобразователями и частотно-измерительными средствами, а также из индикаторов значения и угла дисбалансов. Оно предназначено для определения значений и углов дисбалансов ротора в заданных плоскостях.

Корректирующее устройство корректирует распределение массы ротора. При работе в автоматическом режиме корректирующее устройство управляется от сигнала, вырабатываемого измерительным устройством.

Корректирующее устройство в заявляемом техническом решении для динамической балансировки ротора включает в себя два комплекта элементов, сопряженных с двумя цапфами ротора и с соответствующими им опорными участками балансировочного устройства. На фиг. 2 показан один из этих комплектов элементов корректирующего устройства. Он содержит две эксцентричные втулки: 1 наружную и 2 внутреннюю, вставленные одна в другую, причем наружная эксцентричная втулка 1 сопряжена с опорным участком 3 корпуса 4 балансировочного устройства, а внутренняя эксцентричная втулка 2 с опорным участком 5 цапфы 6 ротора 7, а также два планетарных зубчатых механизма привода эксцентричных наружной 1 и внутренней 2 втулок и привода ротора, кинематически связанного с одной из его цапф, например, с цапфой 5.

Планетарный зубчатый механизм привода эксцентричной втулки 1 содержит одно центральное колесо 8, закрепленное неподвижно, например, на корпусе 4, второе центральное колесо 9, закрепленное на эксцентричной наружной втулке, и водило 10, размещенное в неподвижной опоре и несущее сателлитные колеса 11,

зацепляющиеся с центральными колесами 8 и 9, и кинематически, посредством зубчатой передачи 12 и управляемой электромагнитной муфты 13, связанное с управляемым от выходных сигналов измерительного устройства (по скорости вращения) электродвигателем (на схеме не показан).

Планетарный зубчатый механизм привода эксцентричной внутренней втулки 2 содержит также одно центральное колесо 14, закрепленное также неподвижно, второе центральное, являющееся промежуточным, колесо 15, снабженное двумя зубчатыми венцами, наружным 16 и внутренним 17, и размещенное свободно в опорах 18, выполненных в ведомом центральном колесе 9 первого планетарного зубчатого механизма, причем зубчатые венцы 16, 17 выполнены коаксиально наружной поверхности наружной эксцентричной втулки 1. Данный планетарный зубчатый механизм содержит также ведомое зубчатое колесо 19, закрепленное на внутренней эксцентричной втулке 2 и снабженное наружным зубчатым венцом, концентричным наружной поверхности этой внутренней эксцентричной втулки 2. Кроме того, данный планетарный зубчатый механизм содержит водило 20, размещенное в неподвижной опоре и несущее сателлитные колеса 21, зацепляющиеся с центральным неподвижным колесом 14 и промежуточным центральным колесом 15, и кинематически, посредством зубчатой передачи 22 и управляемой электромагнитной муфты 23, связанное с управляемым аналогично предыдущему по скорости вращения) электродвигателем (на схеме не показан). При этом между ведомыми зубчатыми колесами 9 и 19 первого и второго планетарных зубчатых механизмов, а также между диском 24, закрепленным на цапфе 5 и ведомым зубчатым колесом 19 второго планетарного зубчатого механизма установлены управляемые электромагнитные муфты соответственно 25 и 26.

Привод ротора выполнен в виде приводного регулируемого аналогично двум предыдущим (по скорости вращения) электродвигателя 27, соединительной электромагнитной муфты 28 и карданного телескопического вала 29, соединяющего муфту 28 с цапфой 6 ротора 7. Управляемые электромагнитные муфты 25, 26 используются в данном корректирующем устройстве для предварительной фиксации соответственно внутренней эксцентричной втулки 2 относительно цапфы 6 ротора и относительно наружной эксцентричной втулки 1 после завершения процесса балансировки ротора при уменьшении вибрационных нагрузок на подшипники ротора за счет уменьшения дисбаланса последнего.

Отличие корректирующего устройства, представленного на фиг. 3, от предыдущего заключается в том, что привод поворота эксцентричных наружных и внутренних втулок в каждой паре друг относительно друга и относительно соответствующих опорных участков цапф ротора снабжен дополнительным третьим планетарным зубчатым механизмом, кинематически связанным с цапфами ротора. Этот дополнительный планетарный зубчатый механизм содержит соответствующий управляемый аналогично трем предыдущим

(по скорости вращения) электродвигатель (на схеме на показан), одно центральное зубчатое колесо 30, закрепленное неподвижно и снабженное внутренним зубчатым венцом, водило 31 с сателлитными колесами 32, размещенное в неподвижных опорах и посредством управляемой, например, электромагнитной муфты 33 и зубчатой передачи 34, соединенное с соответствующим управляемым электродвигателем, ведомое зубчатое колесо 35, закрепленное на цапфе 6 ротора 7, и два промежуточных зубчатых колеса, каждое из которых снабжено двумя зубчатыми венцами, наружным и внутренним, при этом первое промежуточное зубчатое колесо 36 является центральным и свободно размещено в опорах 37, выполненных в промежуточном центральном колесе 15 второго планетарного зубчатого механизма, второе промежуточное зубчатое колесо 38 свободно размещено в опорах 39, выполненных в ведомом колесе 19 второго планетарного зубчатого механизма. Наружный и внутренний зубчатые венцы первого промежуточного центрального колеса 36 выполнены концентричными наружной поверхности наружной эксцентричной втулки 1, а наружный и внутренний зубчатые венцы второго промежуточного колеса выполнены концентричными наружной поверхности внутренней эксцентричной втулки 2, при этом наружный зубчатый венец первого промежуточного колеса 36 зацепляется с сателлитными колесами 32, внутренний зубчатый венец его с наружным зубчатым венцом второго промежуточного колеса 38, а внутренний зубчатый венец этого промежуточного колеса зацепляется с наружным венцом зубчатого колеса 35, выполненного концентрично опорному участку 5 цапфы 6. Устройства предварительной фиксации внутренней эксцентричной втулки 2 относительно наружной эксцентричной втулки 1 и относительно цапфы 6 ротора выполнены также в виде управляемых электромагнитных муфт 25 и 26, установленных соответственно между ведомыми зубчатыми колесами 9 и 19, соответственно первого и второго планетарных зубчатых механизмов и ведомыми зубчатыми колесами 19 и 35 второго и третьего планетарных зубчатых механизмов.

Отличие корректирующего устройства, показанного на фиг. 4, от предыдущих заключается в том, что все зубчатые центральные колеса планетарных механизмов привода поворота эксцентричных наружных и внутренних втулок в каждой паре друг относительно друга и относительно соответствующих опорных участков цапф ротора снабжены наружными зубчатыми венцами и кинематической связью между ними в относительном движении посредством парных сателлитных колес. При этом ведомые центральное колесо 9 первого планетарного зубчатого механизма привода наружной эксцентричной втулки 1 и промежуточное зубчатое колесо 40, закрепленное в блоке с промежуточным колесом 15 привода внутренней эксцентричной втулки 2, находятся в зацеплении с сателлитными зубчатыми колесами, соответственно 41 и 42, закрепленными также в блоке и свободно размещенными на оси водила 44.

Промежуточные зубчатые колеса 15 и 36 в приводах, соответственно внутренней эксцентричной втулки 2 и цапфы 6 ротора 7 находятся в зацеплении с сателлитными зубчатыми колесами 45 и 46, соответственно закрепленными в блоке и свободно размещенными на оси 47 водила 48. Привод водилам 44 и 47 сообщается также от управляемых электродвигателей соответственно через управляемые электромагнитные муфты 49 и 50 и зубчатые передачи 51 и 52. С одной из цапф, например, с цапфой 6 посредством уже известной кинематической цепи соединен также управляемый электродвигатель 27.

Для предварительной фиксации наружной и внутренней эксцентричных втулок и цапф ротора друг относительно друга используются и в этом устройстве также управляемые электромагнитные муфты 25 и 26.

Устройство для окончательной фиксации наружных и внутренних эксцентричных втулок друг относительно друга и относительно цапф ротора во всех трех вариантах выполнения устройств для привода эксцентричных втулок и ротора выполнены, например, в виде винтовых соединений (фиг. 4): винт 53 для соединения между собой наружной и внутренней эксцентричной втулки, винт 54 для соединения внутренних эксцентричных втулок относительно цапфы ротора.

Для формирования на торцах цапф ротора следов главной оси инерции ротора торцы наружных и внутренних эксцентричных втулок снабжены рисками, соответственно 55 и 56, на торцах цапф ротора, снабжены соответственно, рисками 57 (фиг. 5).

Работа предлагаемых корректирующих устройств в станке для динамической балансировки ротора заключается в следующем.

Сообщают вращение ротору 7 или от управляемого электродвигателя 27 посредством соединительной электромагнитной муфты 28 и карданной передачи 29 (фиг. 2, 4) или от управляемого электродвигателя (на схеме не показанного) посредством электромагнитной муфты 33 (фиг. 3), зубчатой передачи 34, водила 31, сателлитных зубчатых колес 32, центрального колеса 30, промежуточных зубчатых колес 36, 38 и ведомого зубчатого колеса 35, закрепленного на цапфе 6 ротора 7. Одновременно сообщают также поворот в обеих опорах 4 наружных эксцентричных втулок 1 от управляемых электродвигателем (не показаны на схемах) причем каждой такой электродвигатель сообщает каждой наружной эксцентричной втулке повороты через управляемую электромагнитную муфту 13 (фиг. 2 и 3) или 49 (фиг. 4), зубчатую передачу 12 (фиг. 2, 3) или 51 (фиг. 4), водило 10 (фиг. 2 и 3), или 44 (фиг. 4), сателлитные колеса 11 (фиг. 2 и 3) или 41 (фиг. 4), центральное неподвижное колесо 14 (фиг. 2 и 3) и ведомое центральное колесо 9 (фиг. 2, 3 и 4), закрепленное на наружной эксцентричной втулке. Также одновременно сообщается поворот в обеих опорах и внутренних эксцентричных втулок 2 также от управляемых электродвигателей (на схемах не показаны). При этом каждая из внутренних эксцентричных втулок поворачивается посредством управляемой электромагнитной муфты 23 (фиг. 2, 3) или 49 и 50 (фиг. 4),

зубчатой передачи 22 (фиг. 2, 3) или зубчатых передач 51, 52 (фиг. 4), водила 20 (фиг. 2, 3) или водил 43, 47 (фиг. 4), сателлитных колес 21 (фиг. 2, 3) или 41, 42 и 45, 46 (фиг. 4), промежуточных зубчатых колес с наружными и внутренними зубчатыми венцами, соответственно 15 (фиг. 2, 3) или 15 и 36, 38 (фиг. 4), а также ведомых зубчатых колес 19 (фиг. 2, 3) или 19 и 35 (фиг. 4).

Скорости вращения ротора, наружных и внутренних эксцентричных втулок регулируются посредством регулировки скоростей соответствующих приводных управляемых электродвигателей, при этом в устройствах на фиг. 2, 3 привод указанных элементов осуществляется независимо, также и регулирование скоростей их вращения производится независимо друг от друга. В устройстве на фиг. 4 опорным для передачи вращения наружным и внутренним эксцентричным втулкам является вращение ротора от приводного управляемого электродвигателя 27. При этом оба планетарных зубчатых механизма являются дифференциальными. Для осуществления вращения с требуемой скоростью внутренней эксцентричной втулки регулируется скорость управляемого электродвигателя 27, осуществляющего привод через ротор, зубчатое колесо 35, закрепленное на нем, промежуточные зубчатые колеса 38 и 36 сателлитных колес 46 второго планетарного зубчатого механизма, а также регулируется скорость управляемого электродвигателя (на схеме не показан), осуществляющего привод через управляемую электромагнитную муфту 50, зубчатую передачу 52 водила 44 этого же планетарного механизма. Скорости вращения сателлита 46 и водила 47 суммируются на сателлите 45, а затем вращение сателлита 45 с этой же скоростью передается промежуточному зубчатому колесу 15, от него ведомому зубчатому колесу 19, закрепленному на внутренней эксцентричной втулке, а значит, и этой втулке.

Для обеспечения вращения с требуемой скоростью наружной эксцентричной втулки, регулируется скорость вращения сателлитных колес 45 второго планетарного зубчатого механизма через промежуточное зубчатое колесо 15 и зубчатый венец 40, закрепленный на нем, сообщается сателлитным колесам 42 первого планетарного зубчатого механизма, а от управляемого электродвигателя (не показан на схеме) через управляемую электромагнитную муфту 49, зубчатую передачу 51 водилу 44. Скорости сателлитных колес 42 и водила 44 суммируются на сателлитных колесах 41, а от них вращение с этой суммарной регулируемой скоростью передается ведомому зубчатому колесу 9, закрепленному на внешней эксцентричной втулке 1, а значит, и самой этой втулке.

Режим работы балансирующего станка зависит от типа балансируемого ротора. Наиболее продолжительным, сложным по количеству операций, выполняемых на этом станке, является режим балансировки тяжелых роторов с большим дисбалансом, способным при вращении ротора развить усилия реакций на опорах ротора, превышающие допустимые. В случае балансировки такого ротора сообщаются



пробные согласованные дискретные повороты синхронно в обеих опорах наружным эксцентричным втулкам, внутренним эксцентричным втулкам и ротору и фиксируют их после балансировки предварительно, подав питание в катушки электромагнитных муфт 25, 26 и тем самым осуществив их жесткое соединение друг с другом посредством электромагнитных сил, создаваемых электромагнитным полем этих катушек. При этом, при каждом зафиксированном дискретном положении внешних эксцентричных втулок на протяжении их полного оборота обеспечивают дискретные повороты относительно них внутренних эксцентричных втулок до достижения ими полного относительного оборота, причем при каждом зафиксированном положении и внутренних эксцентричных втулок при этом осуществляют также поворот цапф ротора на полный оборот или целое число оборотов от принятого за базовое положение по рискам на торцах цапф. Возможно осуществление указанных пробных поворотов и непрерывно с количеством оборотов цапф ротора, внутренних и внешних эксцентричных втулок, обеспечивающим, по крайней мере, один полный относительный оборот при этом внутренних эксцентричных втулок относительно цапф ротора, а внешних эксцентричных втулок относительно внутренних. Это возможно в случае, если отношение количеств этих оборотов являются целыми четными числами, например:  $\Gamma_{\text{цапф}} \Gamma_{\text{внутр.втул}} \Gamma_{\text{внеш.втул}} 4:2:1$ .

В процессе поворота эксцентричных наружных и внутренних втулок и цапф ротора осуществляют освещение их торцов неоновой, импульсной или другой лампой. Посредством фотоэлектрических датчиков, срабатывающих от контрастных рисок на этих торцах, отметки каждого поворота эксцентричных наружных и внутренних втулок и цапф ротора фиксируются на индикаторе контролирующем приборе или осциллографе, где также регистрируются показания датчиков, фиксирующих колебания балансировочного устройства (см. указанную выше книгу В. А. Щепетильникова, с. 127 131 или книгу: Левит М. Е. Рыженков В. М. Балансировка деталей и узлов. М. Машиностроение, 1986, с. 105 112).

Фиксация положения контрастных риск может осуществляться также и посредством фотокамер при синхронизации их работы с работой устройств, регистрирующих колебания балансировочного устройства, например, осциллографа, на экране которого и на осциллограмме может осуществляться запись как положения контрастных рисок, так и осциллограмм колебаний балансировочного устройства. При анализе регистрируемых параметров на протяжении выше описанного режима исследования дисбаланса ротора выявляется то положение эксцентричных наружных и внутренних втулок относительно друг друга и относительно цапф ротора, при котором величины амплитуд колебаний балансировочного устройства минимальны, а затем осуществляется предварительная фиксация их в выявленных положениях. Таким образом, осуществляется предварительная балансировка ротора в динамическом режиме, после которой наружные и внутренние эксцентричные втулки

фиксируются друг относительно друга и относительно цапф ротора. В случае осуществления таким способом недостаточной степени балансировки ротора, в дальнейшем производят динамическую балансировку последнего. Эту балансировку, в зависимости от типа ротора: жесткого, квазигибкого или гибкого можно осуществлять двумя способами. Первый способ осуществляется следующим образом.

Оставляя предварительно зафиксированными при предварительной балансировке внешние и внутренние эксцентричные втулки друг относительно друга и относительно цапф ротора на том подшипниковом узле, где были зарегистрированы наименьшие и равные допустимые по амплитуде колебания балансировочного устройства, осуществляют пробные повороты, а затем и вращения эксцентричных наружной и внутренней втулок друг относительно друга и относительно цапфы в комплекте, который расположен на другом подшипниковом узле, где были зарегистрированы большие по величине колебания, со скоростями, имеющими те же соотношения, что и выдерживались до этого при предварительной балансировке, и до тех пор, пока наружная эксцентричная втулка на более нагруженном подшипниковом узле не содержит по отношению к блоку скрепленных эксцентричных втулок на менее нагруженном подшипниковом узле, по крайней мере, один относительный оборот, после чего осуществляют предварительную фиксацию эксцентричных втулок друг относительно друга и относительно цапф ротора. Если и в этом случае не будет достигнута требуемая точность балансировки, то используется второй способ, при котором производят посредством вращений наружных и внутренних эксцентричных втулок друг относительно друга и относительно цапф ротора на обоих подшипниковых узлах с тем же соотношением скоростей этих элементов, но с разными по величине углами скоростями на обоих подшипниковых узлах. Эти вращения будут производиться до тех пор, пока соотношение количеств оборотов наружных эксцентричных втулок на обоих подшипниковых узлах составит один или несколько полных относительных оборотов одной, быстрее вращающейся наружной эксцентричной втулки относительно другой, медленнее вращающейся наружной эксцентричной втулки. После этого осуществляют предварительную фиксацию, а затем и жесткую окончательную фиксацию наружных и внутренних эксцентричных втулок друг относительно друга и относительно цапф ротора в обоих комплектах.

При балансировке более легких роторов с меньшим дисбалансом количество операций может быть уменьшено в зависимости от величины дисбаланса. В самом простом случае возможно осуществление вращений наружных и внутренних эксцентричных втулок друг относительно друга и относительно цапф ротора по указанному выше второму способу. В остальных случаях возможно осуществление балансировки с использованием и других операций, используемых в наиболее сложном случае балансировки.

Предлагаемое конструктивное выполнение станка для динамической

балансировки ротора может также использоваться в комплектах эксцентричных втулок более двух эксцентричных втулок, т. е. кроме наружной и внутренней эксцентричных втулок, может быть использована еще одна (и более) промежуточная эксцентричная втулка, устанавливаемая(ые) между наружной и внутренней эксцентричными втулками. Такое конструктивное решение увеличивает возможность балансировочного станка для уменьшения несбалансированности ротора при существенном усложнении конструкции станка.

Кроме того, предложенное техническое решение для динамической балансировки ротора может быть использовано и для многоопорных роторов. В этом случае можно рекомендовать осуществление динамической балансировки ротора сначала в крайних опорах, а затем по предложенной методике относительного поворота эксцентричных втулок в крайних опорах осуществить такой же относительный поворот эксцентричных втулок в промежуточных опорах ротора.

Таким образом, предлагаемый способ динамической балансировки ротора и станок для его осуществления позволяет достигать требуемой и минимально возможной несбалансированности ротора без нарушения целостности его поверхности и при многократных повторениях воспроизведения любого состояния несбалансированности ротора. При этом изменение несбалансированности ротора в сторону ее уменьшения осуществляется плавно в обеих опорных плоскостях ротора с возможностью уменьшения этой несбалансированности теоретически до нуля, что практически невозможно при существующих способах балансировки и устройствах для их осуществления. Время балансировки роторов сокращается за счет упрощения и возможности полной автоматизации этого процесса, исключения необходимости проведения сложных приближенных расчетов неуравновешенности роторов во время их балансировки. Технологические возможности предлагаемого конструктивного решения позволяют осуществить балансировку роторов с любой первоначальной их несбалансированностью.

#### Формула изобретения:

1. Способ динамической балансировки ротора, заключающийся в сообщении ему вращения в балансировочном станке, измерении вибрационных нагрузок, действующих на опоры ротора в результате его остаточной несбалансированности, и в обращении оси его вращения в главную центральную ось инерции, отличающийся тем, что обращение оси вращения ротора в главную центральную ось инерции осуществляют посредством предварительной установки комплектов по меньшей мере из двух эксцентричных наружных и внутренних втулок, вставленных одна в другую и на опорные участки цапф ротора, выполнении на торцах эксцентричных наружных и внутренних втулок и торцах цапф ротора диаметрально расположенных контрастных рисок, сопряжения этих комплектов эксцентричных втулок с неподвижными опорными участками балансировочного устройства, в котором установлен ротор, последующих пробных

согласованных поворотов в неподвижных опорах наружных и внутренних эксцентричных втулок в обоих комплектах друг относительно друга и относительно цапф ротора, синхронной регистрации положений контрастных рисок на торцах наружных и внутренних эксцентричных втулок и цапф ротора и показаний датчиков, измеряющих вибрационные нагрузки, действующие на опоры ротора, определения положения контрастных рисок, соответствующего наименьшим величинам измеряемых вибрационных нагрузок, предварительной фиксации наружных и внутренних эксцентричных втулок друг относительно друга и относительно цапф ротора при этом положении контрастных рисок и при вращении ротора, а затем окончательной их фиксации при остановке ротора.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что пробные согласованные повороты в неподвижных опорах наружных и внутренних эксцентричных втулок друг относительно друга и относительно цапф ротора в обоих комплектах осуществляют дискретно и синхронно, причем при каждом зафиксированном дискретном положении внешних эксцентричных втулок на протяжении их полного оборота осуществляют дискретные повороты относительно них внутренних эксцентричных втулок до достижения ими полного относительного оборота, а при каждом зафиксированном положении и внутренних эксцентричных втулок осуществляют так же поворот ротора по крайней мере на один полный оборот от принятого за базовое положение контрастных рисок на цапфах ротора, при этом синхронную регистрацию положений контрастных рисок на торцах наружных, внутренних эксцентричных втулок и цапф ротора и показаний датчиков, измеряющих вибрационные нагрузки, действующие на опоры ротора, производят при каждом дискретном положении внешних и внутренних эксцентричных втулок и цапф ротора.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что пробные согласованные повороты в неподвижных опорах наружных и внутренних эксцентричных втулок друг относительно друга и относительно цапф в обоих комплектах осуществляют синхронно и непрерывно с количеством оборотов внешних и внутренних эксцентричных втулок и цапф ротора, обеспечивающих по крайней мере один полный относительный оборот при этом внутренних эксцентричных втулок относительно цапф ротора, а внешних эксцентричных втулок относительно внутренних, причем синхронную регистрацию положений контрастных рисок на торцах наружных, внутренних эксцентричных втулок и цапф ротора и показаний датчиков, измеряющих вибрационные нагрузки, действующие на опоры ротора, производят при непрерывном относительном поворачивании внешних и внутренних эксцентричных втулок и цапф ротора.

4. Способ по пп.1-3, отличающийся тем, что после фиксирования внешних и внутренних эксцентричных втулок друг относительно друга и относительно цапф ротора осуществляют освобождение и указанные пробные повороты или непрерывные вращения эксцентричных

наружной и внутренней втулок друг относительно друга и относительно цапф в комплекте, расположенном в опоре, где зафиксированы наибольшие по величине вибрационные нагрузки.

5. Способ по п.3, отличающийся тем, что вращение в обеих неподвижных опорах наружных и внутренних эксцентричных втулок друг относительно друга и относительно цапф ротора осуществляют с тем же соотношением скоростей, но с различными по величине угловыми скоростями до тех пор, пока соотношение количеств оборотов наружных эксцентричных втулок в двух комплектах обеих опор составит по крайней мере один относительный оборот быстрее вращающейся наружной эксцентричной втулки в одной опоре относительно наружной втулки, вращающейся медленнее в другой опоре.

6. Способ по пп.1 5, отличающийся тем, что после жесткой фиксации эксцентричных наружных и внутренних втулок между собой и с цапфами ротора наружные поверхности наружных эксцентричных втулок используют в качестве опорных поверхностей цапф ротора.

7. Способ по пп.1 5, отличающийся тем, что после жесткой фиксации эксцентричных наружных и внутренних втулок между собой и с цапфами ротора формирование главной центральной оси инерции ротора осуществляют посредством нахождения центров тяжести треугольников как центров пересечения их медиан на торцах цапф ротора с вершинами этих треугольников в центрах осевых линий цапф и эксцентричных наружных и внутренних втулок и последующего формирования наружных поверхностей опорных участков цапф ротора посредством обработки их как поверхностей вращения вокруг полученных центров тяжести треугольников.

8. Станок для динамической балансировки ротора, содержащий приводное устройство, балансировочное устройство, в опорах которого размещен своими опорными участками цапф ротор, кинематически связанный с его приводом, корректирующее устройство и измерительное устройство, связанное с балансировочным и с корректирующим устройством, отличающийся тем, что он снабжен входящими в корректирующее устройство соответственно опорам ротора комплектами эксцентричных втулок, состоящих по крайней мере из двух эксцентричных наружных и внутренних втулок, вставленных одна в другую и на опорные участки цапф ротора и соответственно сопряженных с опорными участками балансировочного устройства, а также приводами поворота эксцентричных наружных и внутренних втулок в каждом комплекте друг относительно друга и относительно соответствующих опорных участков цапф ротора, устройствами предварительной и окончательной фиксации в комплектах эксцентричных наружных и внутренних втулок между собой и с соответствующими опорными участками цапф ротора, а на торцах эксцентричных наружных и внутренних втулок и торцах цапф ротора выполнены диаметрально расположенные контрастные риски.

9. Станок по п.7, отличающийся тем, что привод поворота эксцентричных наружных и внутренних втулок в каждом комплекте друг

относительно друга и относительно соответствующих опорных участков цапф ротора состоит из двух планетарных зубчатых механизмов и трех управляемых корректирующих электродвигателей, в каждом планетарном зубчатом механизме одно центральное зубчатое колесо закреплено неподвижно и имеет венец с внутренними зубьями, а водило с сателлитными колесами размещено в неподвижных опорах и посредством управляемой муфты соединено с соответствующим управляемым электродвигателем, первый планетарный зубчатый механизм кинематически связан с наружной эксцентричной втулкой и содержит центральное ведомое зубчатое колесо, закрепленное на наружной эксцентричной втулке и наружный венец которого выполнен концентричным наружной поверхности этой эксцентричной втулки и зацепляющимся с сателлитными колесами своего водила, второй планетарный зубчатый механизм содержит ведомое зубчатое колесо, закрепленное на внутренней эксцентричной втулке, а также промежуточное центральное зубчатое колесо с двумя зубчатыми венцами, наружным и внутренним, размещенное свободно в опорах, выполненных в ведомом центральном колесе первого планетарного зубчатого механизма, зубчатый венец промежуточного колеса выполнен концентричным наружной поверхности наружной эксцентричной втулки и зацепляющимся с сателлитными колесами своего водила, внутренний зубчатый венец промежуточного колеса выполнен также концентричным наружной поверхности наружной эксцентричной втулки и зацепляющимся с наружным зубчатым венцом, концентричным наружной поверхности внутренней эксцентричной втулки ведомого зубчатого колеса, закрепленного на внутренней эксцентричной втулке, а привод поворота ротора состоит из третьего управляемого электродвигателя и передаточного механизма, соединяющего вал этого электродвигателя с одной из цапф ротора и расположенного со стороны одного из опорных участков балансировочного устройства, устройства предварительной фиксации наружных, внутренних эксцентричных втулок и цапф ротора между собой выполнены в виде управляемых электромагнитных муфт, установленных между элементами привода поворота наружных, внутренних эксцентричных втулок и цапф ротора, закрепленных на их торцах, а устройства окончательной фиксации выполнены в виде винтовых соединений между ними.

10. Станок по п.9, отличающийся тем, что передаточный механизм, соединяющий управляемый электродвигатель с ротором, содержит последовательно связанные между собой управляемую электромагнитную муфту, шарнирные муфты, закрепленные соответственно на выходном валу управляемой электромагнитной муфты и торце цапфы ротора, и телескопический вал, соединяющий шарнирные муфты.

11. Станок по п.9, отличающийся тем, что привод поворота эксцентричных наружных и внутренних втулок в каждом комплекте друг относительно друга и относительно

соответствующих опорных участков и цапф ротора снабжен дополнительным третьим планетарным зубчатым механизмом, кинематически связанным с соответствующей цапфой ротора и с управляемым электродвигателем и содержащим одно центральное зубчатое колесо, закрепленное неподвижно и имеющее внутренний зубчатый венец, водило с сателлитными колесами, размещенное в неподвижных опорах и посредством управляемой муфты соединенное с управляемым электродвигателем, ведомое зубчатое колесо, закрепленное на цапфе ротора, и два промежуточных зубчатых колеса, каждое из которых имеет два зубчатых венца, наружное и внутреннее, первое промежуточное зубчатое колесо третьего планетарного зубчатого механизма является центральным и свободно размещено в опорах, выполненных в промежуточном центральном зубчатом колесе второго планетарного зубчатого механизма, а второе промежуточное зубчатое колесо его свободно размещено в опорах, выполненных в ведомом колесе второго планетарного зубчатого механизма, наружный и внутренний зубчатые венцы первого промежуточного центрального колеса выполнены концентричными наружной поверхности наружной эксцентричной втулки, а наружный и внутренний зубчатые венцы второго промежуточного колеса выполнены концентричными наружной поверхности внутренней эксцентричной втулки, наружный зубчатый венец первого промежуточного колеса зацепляется с сателлитными колесами, внутренний зубчатый венец его с наружным зубчатым венцом второго промежуточного колеса, внутренний зубчатый венец второго промежуточного колеса зацепляется с наружным венцом ведомого зубчатого колеса, выполненного концентричным опорному участку цапфы.

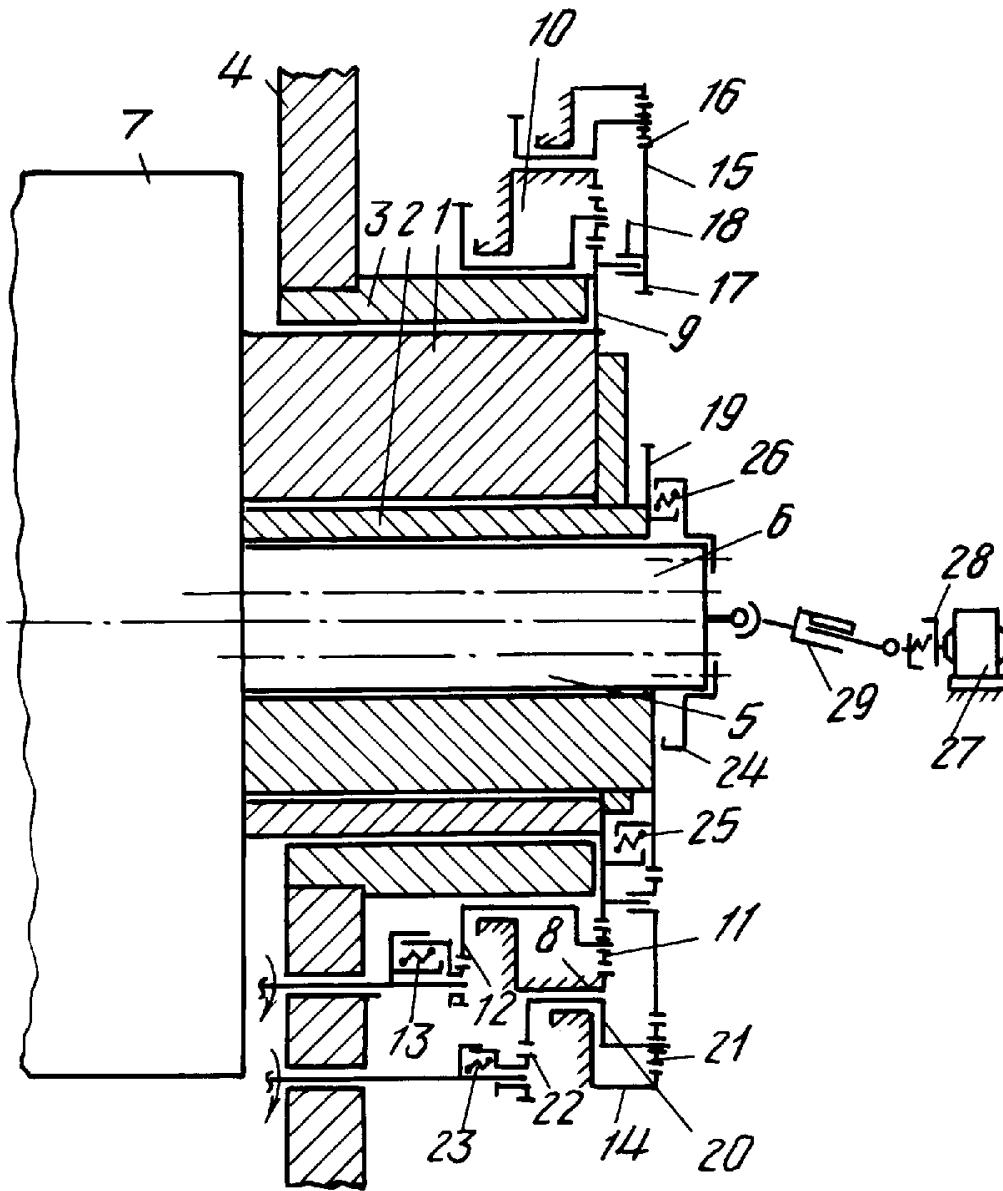
12. Станок по п.9, отличающийся тем, что оба планетарных зубчатых механизма привода поворота эксцентричных наружных и внутренних втулок в каждом комплекте друг относительно друга и относительно соответствующих опорных участков цапф ротора содержат по одному водилу с блоками из двух сателлитных колес, три ведомые

зубчатые колеса, закрепленные по одному соответственно на наружной и внутренней эксцентричных втулках и на соответствующем опорном участке цапфы ротора и снабженные наружными зубчатыми венцами, концентричными наружным поверхностям элементов, на которых они закреплены, а также три промежуточные зубчатые колеса, первое промежуточное колесо выполнено с двумя наружными и одним внутренним зубчатыми венцами и размещено свободно в опорах, выполненных в ведомом колесе первого планетарного зубчатого механизма, второе промежуточное зубчатое колесо снабжено одним наружным и одним внутренним зубчатыми венцами и размещено свободно в опорах, выполненных в ведомом колесе второго планетарного зубчатого механизма, у обоих этих промежуточных зубчатых колес все венцы выполнены концентричными наружной поверхности наружной эксцентричной втулки, третье промежуточное зубчатое колесо снабжено наружным и внутренним зубчатыми венцами, концентричными наружной поверхности внутренней эксцентричной втулки, и размещено свободно в опорах ведомого колеса второго планетарного зубчатого механизма, при этом одно из сателлитных колес первого планетарного зубчатого механизма зацепляется с ведомым колесом первого планетарного зубчатого механизма, а другое с одним из наружных зубчатых венцов первого промежуточного зубчатого колеса, одно из сателлитных колес второго планетарного зубчатого механизма зацепляется со вторым наружным зубчатым венцом первого промежуточного зубчатого колеса, а другое с наружным зубчатым венцом второго промежуточного зубчатого колеса, внутренний зубчатый венец первого промежуточного зубчатого колеса зацепляется с наружным зубчатым венцом ведомого зубчатого колеса, закрепленного на внутренней эксцентричной втулке, внутренний венец второго промежуточного зубчатого колеса зацепляется с наружным зубчатым венцом третьего промежуточного зубчатого колеса, внутренний зубчатый венец которого зацепляется с наружным зубчатым венцом третьего ведомого зубчатого колеса.

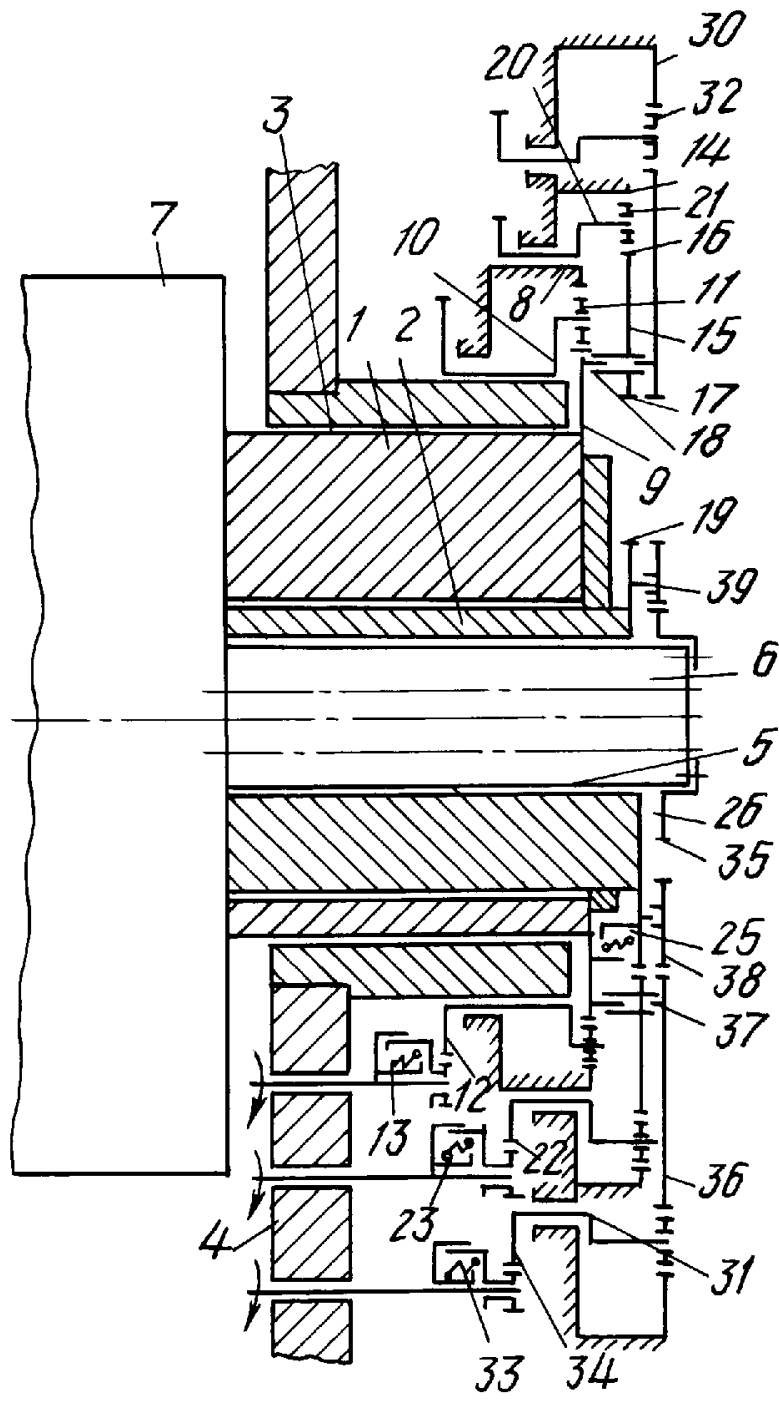
50

55

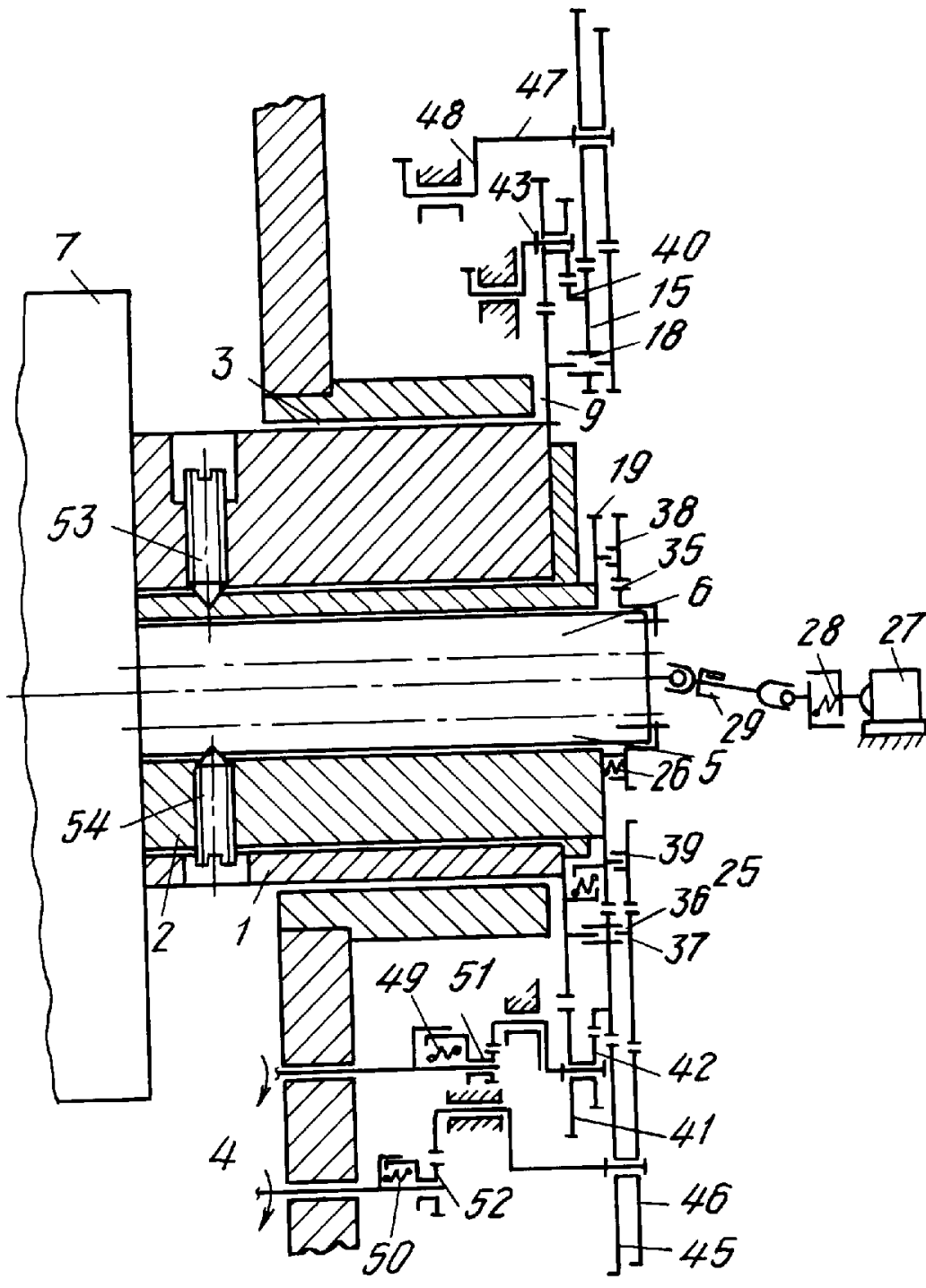
60



Фиг. 2

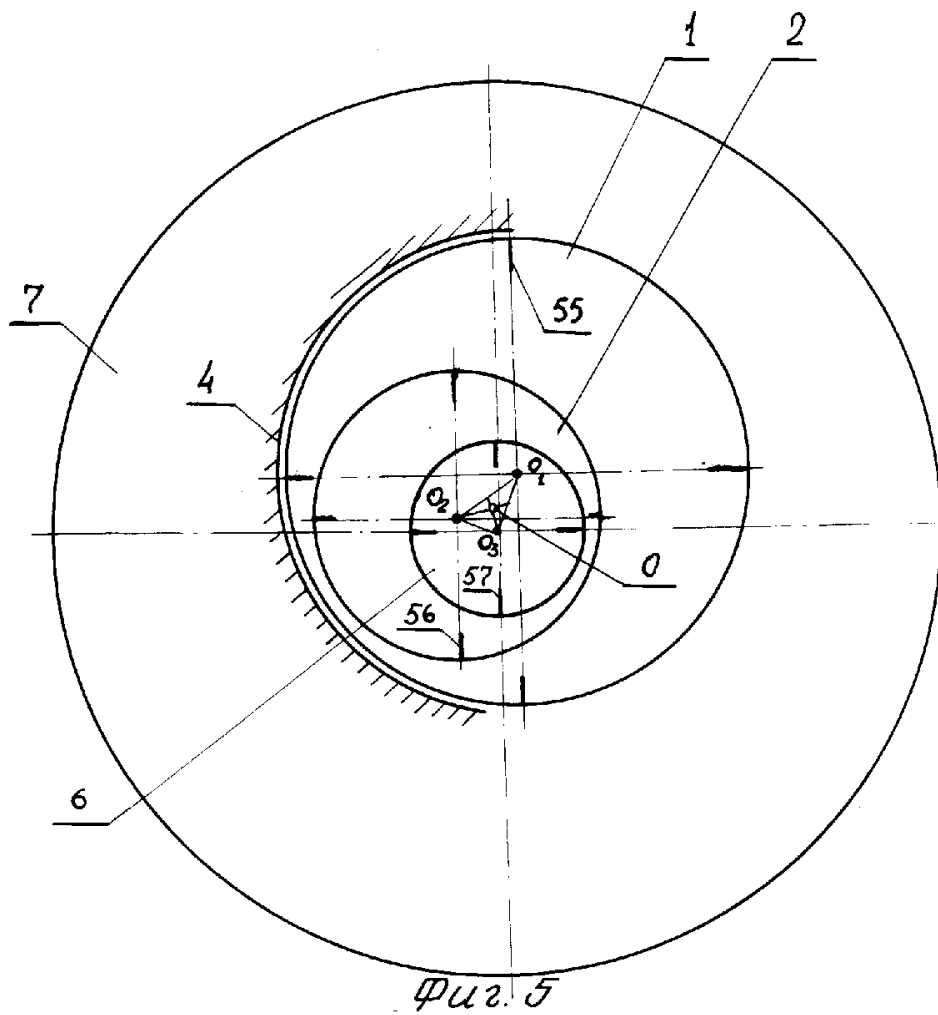


Фиг. 3



фиг. 4

RU 2075737 C1



RU 2075737 C1