

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(21) **202393107** (13) **A1**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**

(43) Дата публикации заявки  
2024.07.23

(51) Int. Cl. *G01N 3/56* (2006.01)

(22) Дата подачи заявки  
2023.11.01

**(54) ЦЕНТР И СПОСОБ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ МАТЕРИАЛОВ**

(96) 2023/ЕА/0074 (ВУ) 2023.11.01

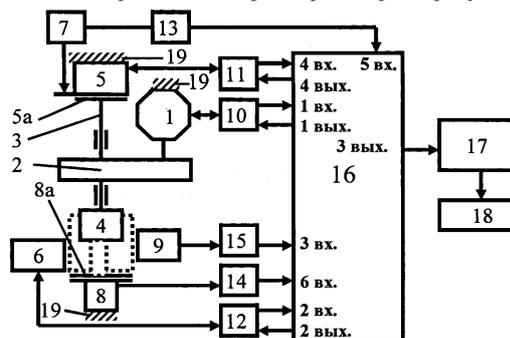
(72) Изобретатель:

(71) Заявитель:  
**ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ "ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ  
НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ  
НАУК БЕЛАРУСИ" (ВУ)**

**Басинюк Владимир Леонидович,  
Еловой Олег Михайлович, Щербаков  
Сергей Сергеевич, Богданович  
Александр Вальдемарович,  
Тычинская Ирина Дмитриевна,  
Волкотруб Рита Евгеньевна, Лобкова  
Майя Петровна, Глазунова Анна  
Александровна (ВУ)**

(74) Представитель:  
**Боковец Е.Н. (ВУ)**

(57) Изобретение относится к испытательному оборудованию, в частности к настольным модульным роботизированным научно-лабораторным многофункциональным комплексам, и способам ускоренных испытаний и экспресс-анализа служебных свойств, преимущественно композиционных, в т.ч. наноструктурированных, конструкционных материалов. Задачей изобретения является расширение функциональных возможностей центра и способа проведения испытаний, позволяющих в процессе испытаний композиционных, в т.ч. наноструктурированных, конструкционных материалов определить уточненный модуль упругости, и в соответствии с ним скорректировать режим нагружения для создания заданных контактных напряжений, и на основе этого существенно повысить точность полученных результатов. Поставленная задача решается тем, что центр для проведения испытаний материалов снабжен дополнительными компонентами, позволяющими непосредственно в процессе проведения испытаний определить конкретизированную величину модуля упругости испытываемого материала, и по его величине рассчитать и затем создать уточненное значение нагрузки, обеспечивающей требуемое в соответствии с методикой проведения испытаний напряжение в испытываемом материале, и поддерживать его в процессе многоциклового нагружения до усталостного разрушения этого материала, обеспечивая получение уточненного значения числа циклов разрушения при заданной величине напряжения. Таким образом, использование изобретения позволяет существенно расширить функциональные возможности центра и способа для проведения испытаний, позволяющих в процессе испытаний композиционных, в т.ч. наноструктурированных, конструкционных материалов определить уточненный модуль упругости и на основе этого существенно повысить точность определения параметров, характеризующих их усталостную прочность.



**A1**

**202393107**

**202393107**

**A1**

## ЦЕНТР И СПОСОБ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ МАТЕРИАЛОВ

Изобретение относится к испытательному оборудованию и, в частности, к настольным модульным роботизированным научно-лабораторным многофункциональным комплексам, и способам ускоренных испытаний и экспресс-анализа служебных свойств, преимущественно композиционных, в т.ч. наноструктурированных, конструкционных материалов.

Для инженерного использования в приводных системах современных материалов необходимо иметь ряд данных, к основным из которых можно отнести предел контактной выносливости и выносливости при изгибе, а также показатели степени кривых усталости. Для их определения, желательно путем экспресс-анализа, необходимо значительное количество различного испытательного оборудования, что существенно усложняет процесс технически обоснованного применения этих материалов и увеличивает сроки их освоения в реальном производстве. Более того, существующее оборудование, как правило, не позволяет создать сложно напряженное состояние испытываемых материалов (сочетание, например, сжатия и контактного нагружения), характерное для ряда тяжело нагруженных компонентов современного оборудования. При этом, в используемые при выборе режимов нагружения методики расчетов, в качестве обязательного параметра входит модуль упругости, величина которого для новых композиционных, в т.ч. наноструктурированных, материалов, как правило, неизвестна и, более того, зависит от состава и технологии изготовления этого материала. То есть величина модуля упругости в каждом конкретном случае может существенно отличаться от стандартной или ранее полученной, что не позволяет создать требуемые напряжения.

К одному из наиболее эффективных путей решения этой задачи (создания требуемых напряжений) можно отнести совмещение испытаний на усталостную прочность с определением уточненного, применительно к испыты-

ваемому материалу, модуля упругости и в соответствии с этим проведение корректировки режимов нагружения для обеспечения требуемых напряжений в испытываемом материале.

Известна машина для испытаний материалов на знакопеременный изгиб и переменные контактные напряжения [1], содержащая станину, укрепленные на ней стойки и корпус со шпинделем, электромотор, связанный со шпинделем упругой муфтой, и модули нагружения. Образец цилиндрической формы крепится конусной частью на корпусе шпинделя и обкатывается нажимными роликами.

Это техническое решение [1] имеет ряд существенных недостатков, основными из которых является то, что оно не позволяет в процессе испытаний композиционных, в т.ч. наноструктурированных, конструкционных материалов, определить уточненный модуль упругости и в соответствии с его величиной автоматизировано скорректировать режим нагружения для создания заданных контактных и (или) изгибных напряжений.

Наиболее близким к предлагаемому испытательному центру является, выбранный в качестве прототипа, центр для проведения испытаний материалов [2], состоящий из станины, испытательной установки, содержащей программно-управляемый электропривод вращения, жестко связанный со станиной, имеющий датчик контроля частоты вращения и контроллер управления этой частотой, вал, в котором устанавливается испытываемый цилиндрический образец, закрепленный на станине программно-управляемый электропривод с контроллером для создания радиального усилия нагружения испытываемого цилиндрического образца через контрообразец, и информационно-управляющей системы, содержащей датчик контроля радиального нагружения испытываемого образца с контроллером, контроллер управления режимами испытаний. Первые вход и выход контроллера связаны с выходом и входом контроллера программно-управляемого электропривода вращения испытываемого цилиндрического образца, вторые вход и выход связаны с выходом и входом контроллера программно-управляемого электропривода

для создания радиального усилия нагружения испытываемого образца, третий вход контроллера управления режимами испытаний связан с выходом контроллера датчика контроля смещения испытываемого образца при его радиальном нагружении в плоскости, перпендикулярной оси вала, третий выход контроллера управления режимами испытаний связан с входом вычислительного средства, имеющего программное для обеспечения обработки поступающих с контроллера данных и формирования передаваемых через контроллер на исполнительные устройства команд управления режимами испытаний при этом один из выходов вычислительного средства связан с входом монитора.

К существенным недостаткам данного технического решения можно отнести то, что оно не позволяет в процессе испытаний материалов определить их уточненный модуль упругости и в соответствии с его конкретизированной величиной автоматизировано скорректировать режим нагружения для создания заданных контактных и (или) изгибных напряжений.

Известен способ испытаний материалов, в котором, одновременно с контактной выносливостью, определяются пластические деформации и износ материалов [3].

Существенным недостатком данного способа является то, что его реализация не позволяет в процессе испытаний композиционных, в т.ч. наноструктурированных, конструкционных материалов определить уточненный модуль упругости и в соответствии с ним автоматизировано скорректировать режим нагружения для создания заданных контактных и (или) изгибных напряжений и на основе этого существенно повысить точность полученных в результате проведения испытаний результатов.

Из известных наиболее близким по технической сущности к предлагаемому можно отнести, выбранный в качестве прототипа [4], способ испытаний материалов, при реализации которого используется как продольная подача, так и вращение деформируемого испытываемого образца в процессе его испытаний.

Существенным недостатком данного способа является то, что он не по-

зволяет в процессе испытаний композиционных, в т.ч. наноструктурированных, конструкционных материалов определить уточненный модуль упругости и в соответствии с ним откорректировать режим нагружения для создания заданных контактных напряжений и на основе этого существенно повысить точность полученных результатов.

Задачей изобретения является расширение функциональных возможностей центра и способа проведения испытаний, позволяющих в процессе испытаний композиционных, в т.ч. наноструктурированных, конструкционных материалов определить уточненный модуль упругости, в соответствии с ним скорректировать режим нагружения для создания заданных контактных напряжений и на основе этого существенно повысить точность полученных результатов.

Поставленная задача достигается тем, что центр для проведения испытаний материалов, состоящий из станины (19), испытательной установки, содержащей программно-управляемый электропривод (1) вращения, установленный с возможностью жесткой связи со станиной (19) и содержащий контроллер (10) управления этой частотой, вал (3), установленный с возможностью жесткой связи с испытываемым цилиндрическим образцом, программно-управляемый электропривод (6) радиального нагружения с контроллером (12) для создания радиального усилия нагружения испытываемого цилиндрического образца, установленный с возможностью жесткой связи со станиной и воздействия на испытываемый цилиндрический образец через контрольный образец, датчика (9) контроля радиального нагружения испытываемого цилиндрического образца с контроллером (15), контроллер (16) управления режимами испытаний, у которого первый вход и выход связаны с выходом и входом контроллера (10) программно-управляемого электропривода (1) вращения испытываемого цилиндрического образца, второй вход и выход связаны с выходом и входом контроллера (12) программно-управляемого электропривода (6) для создания радиального усилия нагружения испытываемого цилиндрического образца, третий вход контроллера (16) управления режимами испытаний связан с выходом контроллера (15) датчика (9) контроля ра-

диального нагружения испытываемого цилиндрического образца при его радиальном нагружении в плоскости, перпендикулярной оси вала (3), третий выход контроллера (16) управления режимами испытаний связан с входом вычислительного средства (17), имеющего программное обеспечение для обработки данных, поступающих с контроллера (16), и формирования поступающих на контроллер (16) команд управления режимами испытаний, выход вычислительного средства (17) связан с входом монитора (18), *согласно изобретению* снабжен передачей с гибкой связью (2), жестко связанной с программно-управляемым электроприводом (1) вращения и валом (3), и дополнительными программно-управляемым электроприводом (5) с контроллером (11) для создания осевого нагружения испытываемого цилиндрического образца, установленным с возможностью жесткой связи со станиной и взаимодействия в осевом направлении с валом (3), имеющим возможность взаимодействия с одной из торцевых поверхностей испытываемого цилиндрического образца, двумя датчиками (7) и (8), первый из которых (7) размещен со стороны вала (3) и установлен с возможностью контроля осевого перемещения ответной валу (3) торцевой поверхности испытываемого цилиндрического образца, а второй датчик (8) установлен с возможностью жесткой связи со станиной (19) со стороны другой торцевой поверхности испытываемого цилиндрического образца и контроля осевого перемещения и осевого нагружения испытываемого цилиндрического образца, двумя упорными подшипниками (5а) и (8а), первый из которых (5а) размещен между программно-управляемым электроприводом (5) для создания осевого нагружения испытываемого цилиндрического образца и валом (3), а второй упорный подшипник (8а) размещен между испытываемым цилиндрическим образцом и вторым датчиком (8) контроля осевого перемещения и осевого нагружения обращенной к нему торцевой поверхности испытываемого образца и установлен с возможностью жесткой связи с ним, при этом вход и выход дополнительного контроллера (11) связаны с дополнительными четвертыми выходом и входом контроллера (16) управления режимами испытаний, первый (7) и

второй (8) дополнительные датчики контроля снабжены дополнительными контроллерами (13) и (14), выходы которых связаны соответственно с дополнительными пятым и шестым входами контроллера (16) управления режимами испытаний, при этом в качестве второго (8) датчика используют упруго деформируемый в направлении действия осевого усилия нагружения датчик, например, S-образный упруго-податливый тензорезисторный датчик типа С2А.

В способе проведения испытаний материалов с применением предлагаемого центра для проведения испытаний с продольной подачей и/или вращением испытываемого образца и определением выносливости материалов, *согласно изобретению*, до начала вращения испытываемого цилиндрического образца осуществляют его упругое сжатие осевым усилием, контролируют его величину и перемещение торцевых поверхностей испытываемого цилиндрического образца дополнительными датчиками (7) и (8) контроля осевых перемещений, по этим данным с учетом геометрических параметров испытываемого цилиндрического образца определяют уточненное значение модуля упругости материала и по его величине и требуемым напряжениям рассчитывают радиальное усилие нагружения испытываемого цилиндрического образца, которым затем через контрообразец нагружают программно-управляемым электроприводом (6) и осуществляют его вращение с заданной частотой до контактного разрушения.

Перед проведением испытаний между валом (3) и дополнительным упорным подшипником (8а) в цанге (4) размещают стальной эталон, имеющий длину испытываемого цилиндрического образца и, по меньшей мере, на порядок большую площадь поперечного сечения, создают монотонно возрастающее контролируемое дополнительным датчиком (8) осевое усилие нагружения, регистрируют его величину и соответствующие ему осевые перемещения, регистрируемые первым (7) и вторым (8) дополнительными датчиками контроля осевых перемещений, затем эти данные через дополнительные контроллеры (13), (14) и контроллер (16) управления режимами испытаний передают в вычислительное средство (17), где определяют зависимость меж-

ду усилиями осевого нагружения и разностью регистрируемых первым (7) и вторым (8) дополнительными датчиками контроля значений осевых перемещений, после чего эту зависимость используют как тарифовочную при определении модуля упругости материала испытываемого цилиндрического образца.

Расширение функциональных свойств центра для проведения испытаний, позволяющих дополнительно к усталостным ускоренным испытаниям определить модуль упругости материала и существенно повысить точность усталостных испытаний, достигается в результате того, что конструктивное исполнение центра позволяет до проведения усталостных испытаний определить непосредственно на испытываемом образце по его упругой деформации и геометрическим параметрам уточненное значение модуля упругости материала, с использованием его значения в вычислительном средстве (17) рассчитать соответствующую планируемым напряжениям уточненную величину радиального усилия, создать это усилие в процессе усталостных испытаний и по числу циклов нагружения до разрушения испытываемого цилиндрического образца получить уточненные данные о контактной выносливости испытываемого материала.

Сущность изобретения поясняется фиг. 1.

На фиг. 1 изображена условная схема центра для проведения испытаний.

Центр для проведения испытаний состоит из следующих компонентов (фиг.1):

- программно-управляемого электропривода 1 вращения;
- передачи с гибкой связью 2, например, зубчато-ременной, жестко связанной с программно-управляемым электроприводом 1;
- вала 3, установленного с возможностью вращения и осевого перемещения и жестко связанного передачей с гибкой связью 2 с программно-управляемым электроприводом 1 вращения;
- цанги 4, в которой испытываемый цилиндрический образец (не показан) установлен с возможностью жесткой связи с валом 3 в осевом и радиальном направлениях;
- дополнительного программно-управляемого электропривода 5 для

создания осевого нагружения испытываемого цилиндрического образца (не показан);

- дополнительного упорного подшипника 5а, размещенного между дополнительным программно-управляемым электроприводом 5 и валом 3;

- программно-управляемого электропривода 6 радиального нагружения через контробразец (не показан) испытываемого цилиндрического образца (не показан) в плоскости, перпендикулярной оси вала 3;

- дополнительного датчика 7 контроля осевых перемещений;

- дополнительного датчика 8 контроля осевых перемещений и осевого нагружения;

- дополнительного упорного подшипника 8а, размещенного между испытываемым цилиндрическим образцом (не показан) и дополнительным датчиком 8 осевого перемещения и осевого нагружения;

- датчика 9 контроля радиального нагружения испытываемого цилиндрического образца (не показан);

- контроллера 10 программно-управляемого электропривода 1 вращения;

- дополнительного контроллера 11 дополнительного программно-управляемого электропривода 5;

- контроллера 12 для создания радиального усилия нагружения испытываемого цилиндрического образца (не показан);

- дополнительного контроллера 13 датчика 7 контроля осевых перемещений;

- дополнительного контроллера 14 датчика 8 контроля осевых перемещений и осевого нагружения;

- контроллера 15 датчика 9 контроля радиального нагружения испытываемого цилиндрического образца (не показан);

- контроллера 16 управления режимами испытаний;

- вычислительного средства 17;

- монитора 18;

- станины 19.

В качестве дополнительного датчика 8 осевых перемещений и осевого нагружения используется *S*-образный упруго-податливый тензорезисторный датчик типа С2А, между которым и испытываемым цилиндрическим образцом (не показан) размещается упорный подшипник 8а.

Первые вход и выход контроллера 16 управления режимами испытаний связаны с выходом и входом контроллера 10 программно-управляемого электропривода 1 вращения. Вторые вход и выход контроллера 16 управления режимами испытаний связаны с выходом и входом контроллера 12 для создания радиального усилия нагружения испытываемого цилиндрического образца (не показан). Третий вход контроллера 16 управления режимами испытаний связан с выходом контроллера 15 датчика 9 контроля радиального нагружения испытываемого цилиндрического образца (не показан). Третий выход контроллера 16 управления режимами испытаний связан с входом вычислительного средства 17, имеющего программное обеспечение обработки данных, поступающих с контроллера 16, и обеспечивающего формирование поступающих на контроллер 16 команд управления режимами испытаний. Дополнительные четвертые вход и выход контроллера 16 управления режимами испытаний связаны с выходом и входом дополнительного контроллера 11 дополнительного программно-управляемого электропривода (5).

Пятый и шестой входы контроллера 16 управления режимами испытаний связаны с выходами дополнительных контроллеров 13 и 14. Выход вычислительного средства 17 связан с входом монитора 18.

Пример осуществления способа испытаний при испытаниях с использованием центра на контактную выносливость при контактных напряжениях 350 МПа композиционного материала, из которого был изготовлен цилиндрический испытываемый образец (не показан) диаметром  $\varnothing$  5 мм длиной 45 мм (5 мм испытываемого образца (не показан) при испытаниях использовались для его крепления в радиальном и осевом направлениях в цанге 4).

До проведения испытаний между валом 3 и дополнительным упорным подшипником 8а в цанге 4 был установлен стальной цилиндрический сту-

пенчатый эталон (не показан) диаметром  $\varnothing$  30 мм на длине 40 мм и диаметром  $\varnothing$  5 мм на длине 5 мм для крепления в радиальном и осевом направлениях в цанге 4. Прогнозируемая расчетная упругая деформация стального эталона при сжатии, по меньшей мере, была на два порядка меньше, чем у цилиндрического испытываемого образца (не показан) диаметром  $\varnothing$  5мм и при тарировке ею можно было пренебречь.

Затем от вычислительного средства 17 на контроллер 16 управления режимами испытаний и от него на контроллер 11 была дана команда дополнительному программно-управляемому электроприводу 5 на осевое перемещение со скоростью 0,01 мм/с вала 3 в направлении стального эталона (не показан). В процессе этого перемещения осуществлялись:

- контроль осевого нагружения вала 3 при его осевой подаче, осуществляемой со скоростью 0,01 мм/с до достижения заданного усилия сжатия стального вкладыша 4000 Н;

- контроль дополнительным датчиком 7, в качестве которого использовался преобразователь измерительный линейных перемещений индуктивный RM серии LVDT (погрешность измерений 0,3%), перемещений  $\delta_l$  в осевом направлении обращенного к дополнительному программно-управляемому электроприводу 5 верхнего кольца (не показано) дополнительного упорного подшипника 5а, при этом величина  $\delta_l$  передавалась через дополнительный контроллер 13 на контроллер 16 управления режимами испытаний и от него на вычислительное средство 17, где она регистрировалась в виде файла данных;

- контроль дополнительным S-образным тензорезисторным датчиком 8 осевых перемещений и осевого нагружения  $P_i$  эталона (не показан) и соответствующие им перемещения  $\delta_{2i}$  обращенного к эталону верхнего кольца дополнительного упорного подшипника 8а, при этом информация об усилии сжатия  $P_i$  и перемещениях  $\delta_{2i}$  через дополнительный контроллер 14 передавалась на контроллер 16 и из него в вычислительное средство 17, где регистрировалась в виде файла данных;

– в вычислительном средстве 17 для каждого значения  $P_i$  определялась упругая деформация  $\Delta_{1i} = \delta_{1i} - \delta_{2i}$  механической системы и методом наименьших квадратов [5, стр.38...40] рассчитывались и фиксировались параметры тарировочной зависимости, имеющей вид

$$\Delta_1 = \Delta_{01} + k_{P1}P, \text{ мкм},$$

где  $\Delta_{01}$  (мкм),  $k_{P1}$  (мкм/Н) – параметры тарировочной зависимости, связывающей упругую деформацию  $\Delta_1$  (мкм) механической системы и усилие  $P$  (Н) ее сжатия.

После этого в цанге 4 вала 3 на длине 5 мм устанавливался и жестко фиксировался испытываемый цилиндрический образец (не показан) диаметром  $\varnothing 5$  мм длиной 45 мм из композиционного материала и осуществлялось следующее:

– от вычислительного средства 17 на контроллер 16 управления режимами испытаний и от него на дополнительный контроллер 11 была дана команда дополнительному программно-управляемому электроприводу 5 на осевое нагружение вала 3 со скоростью 5 Н/с до усилия  $P$ , равного 4000 Н, в процессе чего осуществлялись:

а) контроль перемещений верхнего кольца (не показано) упорного подшипника 5а в осевом направлении дополнительным датчиком 7 (преобразователем измерительный линейных перемещений индуктивный RM серии LVDT), перемещения  $\delta_{01i}$  в направлении оси вала 3 верхнего кольца (не показано) упорного подшипника 5а, величина которого передавалась через дополнительный контроллер 13 на контроллер 16 управления режимами испытаний и от него на вычислительное средство 17, где регистрировалась в виде файла данных;

б) одновременно с регистрацией  $\delta_{01i}$  дополнительным S-образным тензорезисторным датчиком 8 контролировались соответствующие ему усилия  $P_i$  сжатия испытываемого цилиндрического образца (не показан) и соответствующие ему перемещения  $\delta_{02i}$ , при этом информация об усилиях сжатия  $P_i$  и

перемещениях  $\delta_{02i}$  через дополнительный контроллер 14 передавалась на контроллер 16 управления режимами испытаний и из него в вычислительное средство 17, где регистрировалась в виде файла данных;

в) в вычислительном средстве 17 для каждого значения  $P_i$  определялась суммарная упругая деформация  $\Delta_{\Sigma i} = \delta_{01i} - \delta_{02i}$  механической системы и испытываемого цилиндрического образца (не показан) и методом наименьших квадратов [5, стр.38...40] рассчитывались и фиксировались параметры зависимости, имеющей вид

$$\Delta_2 = \Delta_{02} + k_{P2}P, \text{ мкм},$$

где  $\Delta_{02}$  (мкм),  $k_{P2}$  (мкм/Н) – параметры зависимости, связывающей суммарную упругую деформацию  $\Delta_2$  (мкм) механической системы и испытываемого цилиндрического образца (не показан) и усилие  $P$  (Н) их сжатия.

в) в вычислительном средстве 17 определялась зависимость относительной упругой деформации  $\varepsilon = [\Delta - (\Delta_{02} - \Delta_{01})]/l$  испытываемого образца (не показан) от напряжения  $\sigma_{сж} = 4P/\pi d^2$  создаваемого усилием  $P$  его сжатия

$$\varepsilon = \frac{\pi d^2 (k_{P2} - k_{P1})}{4l} \sigma_{сж}$$

и рассчитывается модуль упругости при сжатии

$$E = \frac{\sigma_{сж}}{\varepsilon} = \frac{4l}{\pi d^2 (k_{P2} - k_{P1})}.$$

С использованием определенного модуля упругости  $E$ , для испытываемого композиционного материала равного  $E = 138$  ГПа, с учетом геометрической формы контробразца (ролика) (не показан), а также требуемых контактных напряжений (350 МПа) было определено уточненное значение усилия радиального нагружения и, после начала вращения и достижения частоты вращения 300 рад/с испытываемым цилиндрическим образцом (не показан), это усилие было создано программно-управляемым приводом 6 и приложено к нему через контробразец (не показан) в виде радиальной нагрузки. После

42800 оборотов (циклов нагружения) испытываемого цилиндрического образца (не показан) возникло контактное выкрашивание его поверхности.

Таким образом, использование предлагаемого изобретения позволяет существенно расширить функциональные возможности центра и способа для проведения испытаний путем определения непосредственно в процессе испытаний новых создаваемых композиционных, в т.ч. наноструктурированных конструкционных материалов, величину их уточненного модуля упругости и с использованием его конкретизированной величины и требуемых напряжений рассчитать уточненную нагрузку, скорректировать режим нагружения и создать необходимое, в соответствии с методикой испытаний, напряжение многоциклового нагружения в испытываемом материале, существенно повысив точность полученных данных о его контактной выносливости.

Принятые обозначения.

- 1 – программно-управляемый электропривод вращения;
- 2 – передача с гибкой связью, жестко связанная с программно-управляемым электроприводом 1;
- 3 – вал, установленный с возможностью вращения и осевого перемещения, и жестко связанный передачей с гибкой связью 2;
- 4 – цапга для размещения и жесткой фиксации на валу 3 в радиальном и осевом направлениях испытываемого цилиндрического образца (не показан);
- 5 – дополнительный программно-управляемый электропривод для создания осевого нагружения испытываемого цилиндрического образца (не показан);
- 5а – дополнительный упорный подшипник, размещенный между дополнительным программно-управляемым электроприводом 5 и валом 3;
- 6 – программно-управляемый электропривод радиального нагружения через контробразец (не показан) испытываемого цилиндрического образца (не показан) в плоскости, перпендикулярной оси вала 3;
- 7 – дополнительный датчик контроля осевых перемещений;
- 8 – дополнительный датчик контроля осевых перемещений и осевого нагружения;
- 8а – дополнительный упорный подшипник, размещенный между испы-

тываемым цилиндрическим образцом (не показан) и дополнительным датчиком 8;

9 – датчик контроля радиального нагружения испытываемого цилиндрического образца (не показан);

10 – контроллер программно-управляемого электропривода 1 вращения;

11 – дополнительный контроллер дополнительного программно-управляемого электропривода 5;

12 – контроллер для создания радиального усилия нагружения испытываемого цилиндрического образца (не показан);

13 – дополнительный контроллер 13 дополнительного датчика 7 контроля осевых перемещений испытываемого цилиндрического образца (не показан);

14 – дополнительный контроллер дополнительного датчика 8 контроля осевых перемещений и осевого нагружения испытываемого цилиндрического образца (не показан);

15 – контроллер датчика 9 контроля радиального нагружения испытываемого цилиндрического образца (не показан);

16 – контроллер управления режимами испытаний;

17 – вычислительное средство;

18 – монитор;

19 – станина.

#### Источники информации

1 Патент RU № 2091751 C1, G 01 N 3/56, 25.09.1997.

2 Патент ЕА № 040211 В1 G01N 3/56, 04.05.2022.

3 Патент RU № 2357228 МПК G01N 3/56, 27.05.2009

4 Патент RU 2540262 МПК G01N 3/56, 10.02.2015.

5 Надежность машин : Учеб. пособие для машиностр. спец. вузов / Д.Н. Решетов, А.С. Иванов, В.З. Фадеев: Под. ред. Д.Н. Решетова. – М. : Высш. шк., 1988. – 238 с.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

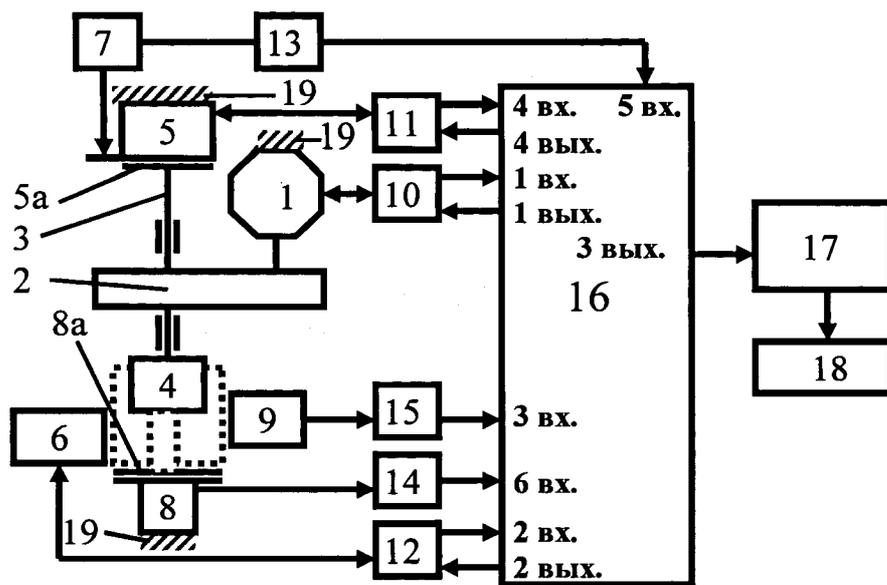
1. Центр для проведения испытаний материалов, состоящий из станины (19), испытательной установки, содержащей программно-управляемый электропривод (1) вращения, установленный с возможностью жесткой связи со станиной (19) и содержащий контроллер (10) управления этой частотой, вал (3), установленный с возможностью жесткой связи с испытываемым цилиндрическим образцом, программно-управляемый электропривод (6) радиального нагружения с контроллером (12) для создания радиального усилия нагружения испытываемого цилиндрического образца, установленный с возможностью жесткой связи со станиной и воздействия на испытываемый цилиндрический образец через контролльобразец, датчика (9) контроля радиального нагружения испытываемого цилиндрического образца с контроллером (15), контроллер (16) управления режимами испытаний, у которого первые вход и выход связаны с выходом и входом контроллера (10) программно-управляемого электропривода (1) вращения испытываемого цилиндрического образца, вторые вход и выход связаны с выходом и входом контроллера (12) программно-управляемого электропривода (6) для создания радиального усилия нагружения испытываемого цилиндрического образца, третий вход контроллера (16) управления режимами испытаний связан с выходом контроллера (15) датчика (9) контроля радиального нагружения испытываемого цилиндрического образца при его радиальном нагружении в плоскости, перпендикулярной оси вала (3), третий выход контроллера (16) управления режимами испытаний связан с входом вычислительного средства (17), имеющего программное обеспечение для обработки данных, поступающих с контроллера (16), и формирования поступающих на контроллер (16) команд управления режимами испытаний, выход вычислительного средства (17) связан с входом монитора (18), *отличающийся тем, что* он снабжен передачей с гибкой связью (2), жестко связанной с программно-управляемым электроприводом (1) вращения и валом (3), и дополнительными программно-управляемым электроприводом (5) с контроллером (11) для создания осевого

нагружения испытываемого цилиндрического образца, установленным с возможностью жесткой связи со станиной и взаимодействия в осевом направлении с валом (3), имеющим возможность взаимодействия с одной из торцевых поверхностей испытываемого цилиндрического образца, двумя датчиками (7) и (8), первый из которых (7) размещен со стороны вала (3) и установлен с возможностью контроля осевого перемещения ответной валу (3) торцевой поверхности испытываемого цилиндрического образца, а второй датчик (8) установлен с возможностью жесткой связи со станиной (19) со стороны другой торцевой поверхности испытываемого цилиндрического образца и контроля осевого перемещения и осевого нагружения испытываемого цилиндрического образца, двумя упорными подшипниками (5а) и (8а), первый из которых (5а) размещен между программно-управляемым электроприводом (5) для создания осевого нагружения испытываемого цилиндрического образца и валом (3), а второй упорный подшипник (8а) размещен между испытываемым цилиндрическим образцом и вторым датчиком (8) контроля осевого перемещения и осевого нагружения обращенной к нему торцевой поверхности испытываемого образца и установлен с возможностью жесткой связи с ним, при этом вход и выход дополнительного контроллера (11) связаны с дополнительными четвертыми выходом и входом контроллера (16) управления режимами испытаний, первый (7) и второй (8) дополнительные датчики контроля снабжены дополнительными контроллерами (13) и (14), выходы которых связаны соответственно с дополнительными пятым и шестым входами контроллера (16) управления режимами испытаний, при этом в качестве второго (8) датчика используют упруго деформируемый в направлении действия осевого усилия нагружения датчик, например, S-образный упруго-податливый тензорезисторный датчик типа С2А.

2. Способ проведения испытаний материалов с применением предлагаемого центра для проведения испытаний с продольной подачей и/или вращением испытываемого образца и определением выносливости материалов, **отличающийся тем, что** до начала вращения испытываемого цилиндриче-

ского образца осуществляют его упругое сжатие осевым усилием, контролируют его величину и перемещение торцевых поверхностей испытываемого цилиндрического образца дополнительными датчиками (7) и (8) контроля осевых перемещений, по этим данным с учетом геометрических параметров испытываемого цилиндрического образца определяют уточненное значение модуля упругости материала и по его величине и требуемым напряжениям рассчитывают радиальное усилие нагружения испытываемого цилиндрического образца, которым затем через контрообразец нагружают программно-управляемым электроприводом (6) и осуществляют его вращение с заданной частотой до контактного разрушения.

3. Способ проведения испытаний материалов по пп.1 и 2, *отличающийся тем, что* перед проведением испытаний между валом (3) и дополнительным упорным подшипником (8а) в цанге (4) размещают стальной эталон, имеющий длину испытываемого цилиндрического образца и, по меньшей мере, на порядок большую площадь поперечного сечения, создают монотонно возрастающее контролируемое дополнительным датчиком (8) осевое усилие нагружения, регистрируют его величину и соответствующие ему осевые перемещения, регистрируемые первым (7) и вторым (8) дополнительными датчиками контроля осевых перемещений, затем эти данные через дополнительные контроллеры (13), (14) и контроллер (16) управления режимами испытаний передают в вычислительное средство (17), где определяют зависимость между усилиями осевого нагружения и разностью регистрируемых первым (7) и вторым (8) дополнительными датчиками контроля значений осевых перемещений, после чего эту зависимость используют как тарировочную при определении модуля упругости материала испытываемого цилиндрического образца.



Фиг.1

**ОТЧЕТ О ПАТЕНТНОМ ПОИСКЕ**

(статья 15(3) ЕАПК и правило 42 Патентной инструкции к ЕАПК)

Номер евразийской заявки:

**202393107****А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ:**

МПК:

**G01N 3/56 (2006.01)**

СПК:

**G01N 3/56****Б. ОБЛАСТЬ ПОИСКА:**

G01N 3/56

Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если возможно, используемые поисковые термины)  
EAPATIS, Espacenet, Google Patents, Платформа Роспатент**В. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ**

Категория*	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
A	RU 2632632 C1 (ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ" (RU)) 2017-10-06	1-3
A	JP 4194726 B2 (ТАКАСННО SEIKI KK) 2008-12-10	1-3
A	CN 105352794 A (CHINA UNIVERSITY OF MINING AND TECHNOLOGY) 2016-02-24	1-3
A	CN 107884297 A (SHENZHEN UNIVERSITY) 2018-04-06	1-3

 последующие документы указаны в продолжении графы

\* Особые категории ссылочных документов:

«А» - документ, определяющий общий уровень техники

«D» - документ, приведенный в евразийской заявке

«E» - более ранний документ, но опубликованный на дату подачи евразийской заявки или после нее

«O» - документ, относящийся к устному раскрытию, экспонированию и т.д.

"P" - документ, опубликованный до даты подачи евразийской заявки, но после даты испрашиваемого приоритета"

«Т» - более поздний документ, опубликованный после даты приоритета и приведенный для понимания изобретения

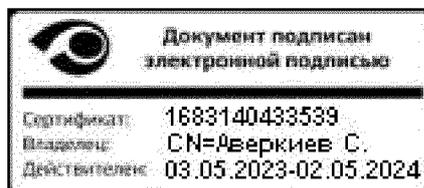
«X» - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий новизну или изобретательский уровень, взятый в отдельности

«Y» - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий изобретательский уровень в сочетании с другими документами той же категории

«&amp;» - документ, являющийся патентом-аналогом

«L» - документ, приведенный в других целях

Дата проведения патентного поиска: 28 марта 2024 (28.03.2024)

Уполномоченное лицо:  
Начальник Управления экспертизы

С.Е. Аверкиев