

УДК 62-529
DOI: 10.12737/20292

М.Г. Шалыгин, А.Л. Сафонов

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ DAQ-ТЕХНОЛОГИЙ

Предложен способ автоматизации испытательных машин трения. Разработан алгоритм работы системы автоматизированных исследований при испытаниях на

износ. Приведены средства автоматизации испытаний на трение и износ при возвратно-поступательном движении.

Ключевые слова: трение, автоматизация, триботехнические испытания, износ, DAQ-технологии.

M.G. Shalygin, A.L. Safonov

TRIBOTECHNICAL TEST AUTOMATION USING DAQ-TECHNIQUES

In the paper there is considered the automation of machines for tribotechnical tests. A method for the automation of testing machines of friction based on the use of DAQ-techniques is offered. A kinematics and a functional scheme of a testing machine of friction are shown. The means for the automation of friction and wear tests at a reciprocal motion including precision sensors are shown. A method for the definition of combined wear in a sample and counter-body is presented. The scheme of the automation of a loading device with automatic additional loading of a sample up to the value specified by an operator is offered. A scheme for an automatic breakdown of tests at system

over-heating is shown. The algorithm for the operation of an automated system of investigations at wear tests is developed. The dependences are shown on the basis which the system calculates test parameters such as friction force, friction path, wear rate. In the paper there is shown an example of the interface of the program which controls tests and also a method for the calibration of wear sensors is described. A program window is shown in which a value of joint wear in a sample and counter-body is registered.

Key words: friction, automation, tribotechnical tests, wear, DAQ-techniques.

Введение

Современное многообразие материалов и методов их обработки остро ставит вопрос о совершенствовании методов испытаний для определения всего необходимого комплекса их свойств [1]. Данная задача наиболее актуальна для триботехнических испытаний, особенностью которых является продолжительность проведения. При этом учет всех влияющих факторов приводит к значительным временным затратам для определения триботехнических свойств даже узкого класса материалов.

С другой стороны, интенсивное развитие вычислительной техники и функциональных возможностей электронных

средств, а также постоянное совершенствование устройств для испытаний позволяют создать информационно-измерительные системы и автоматизированные испытательные станции. Следствием этого является появление специализированных машин, комплектов для контроля качества и статистической оценки свойств материалов по стандартизированным методикам, обеспечивающим автоматическое управление режимами испытаний, централизованный сбор информации в многоточечных системах и обработку однотипных результатов испытаний.

Постановка задачи и объект исследования

В качестве объекта автоматизации была выбрана машина трения, предназна-

ченная для проведения испытаний на изнашивание при возвратно-поступательном

движении. Устройство таких машин достаточно просто: электродвигатель посредством кривошипно-шатунного механизма передает движение на контртело, к которому набором грузов прижимается испытуемый образец. В процессе испытаний измеряется линейный и массовый износ путем сопоставления линейных размеров и массы образца до начала испытаний и после их завершения. Однако в современных условиях таких выходных параметров может быть недостаточно. В частности, может потребоваться измерение коэффициента трения и температуры в зоне трения на всем этапе проведения испытаний. В этой связи целесообразно провести авто-

матизацию испытательной машины, позволяющую проводить испытания на износ при возвратно-поступательном движении. Кинематическая схема автоматизированной машины приведена на рис. 1 [2].

Автоматизация данной установки заключается во включении в испытательную машину информационной измерительной системы, выполняющей сбор, обработку данных и предоставляющей результаты в режиме реального времени. Основным компонентом такой системы является устройство DAQ (Data Acquisition – сбор данных) – модуль или карта ввода-вывода (сбора) данных.

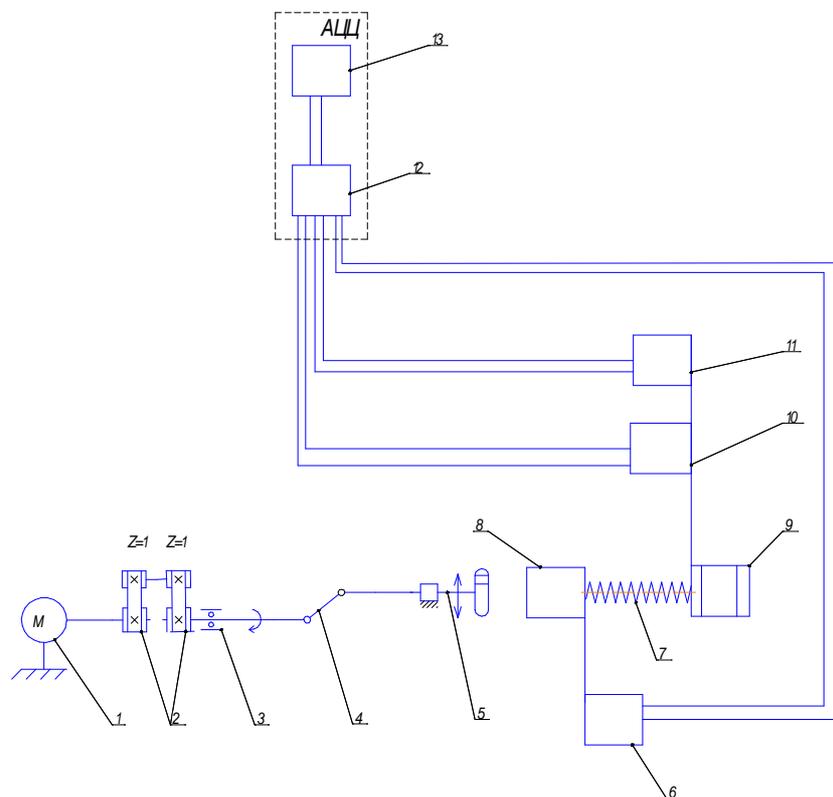


Рис. 1. Кинематическая схема испытательной машины:
 1 – электродвигатель; 2 – ременная передача; 3 – подшипник;
 4 – кривошип; 5 – ползун; 6 – датчик расстояния; 7 – пружина;
 8 – исследуемый образец; 9 – груз; 10 – датчик температуры;
 11 – датчик циклов; 12 – реле; 13 – аналого-цифровой преобразователь

Результаты и обсуждение

Устройство осуществления возвратно-поступательного движения осталось неизменным, автоматизации

подверглась система измерения результатов испытаний. Вращение от электродвигателя 1 через ременную

передачу 2 передается на кривошип 4. Для обеспечения плавного вращения элементов конструкции относительно друг друга был установлен подшипник качения 3. От вала кривошипа возвратно-поступательное движение передается на ползун 5, который непосредственно взаимодействует с образцом 8. Образец 8 закреплён на

пружине 7, к которой крепится груз 9. На установке размещаются бесконтактные датчики: датчик расстояния 6, датчик температуры 10 и датчик циклов 11. Датчики подключены к аналого-цифровому преобразователю 13. Функциональная схема испытательной машины представлена на рис. 2.

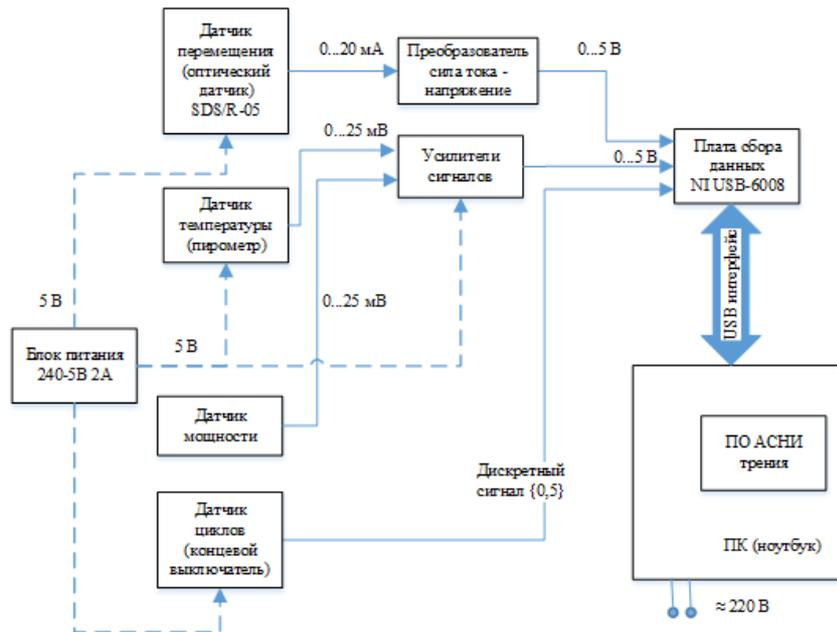


Рис. 2. Функциональная схема испытательной машины

С целью автоматизации были использованы датчики производства

компании «Omron», характеристики которых приведены в таблице.

Таблица

Характеристики датчиков

Параметр	Датчик температуры ES1C	Датчик расстояния ZX1	Датчик циклов ZX-T
Расположение контролируемой поверхности, мм	До 1000	65...135	До 1000
Диапазон измерений	0...400 °C	0...60 мм	-
Гистерезис, %	-	0,01	-
Точность	2 °C	-	-
Разрешение	1 °C	0,002 мм	-
Рабочая температура, °C	-15...+410	-30...+50	-30...+150

Принцип работы датчика циклов основан на фиксации отражения с поверхности контртела. В тот момент, когда контртело, совершая возвратно-поступательные движения, отходит с поля действия лазера датчика, происходит

подсчет числа циклов. Датчики данного типа находят применение на конвейерных производствах при подсчете партии, прошедшей по конвейеру. В качестве управляющей платы обработки данных

была выбрана плата сбора данных NI USB-6008.

Алгоритм работы системы автоматизации приведен на рис. 3. После запуска программы требуется задать длину трения L , которую проходит образец за один цикл, предельное значение износа h_d , после которого испытания следует прекратить, длину образца H_0 , скорость скольжения образца V , массу контртела m , требуемую нагрузку P_0 . На первом этапе автоматика проводит расчет значения нулевой нагрузки после подвода образца к контртелу. Также определяются начальные значения износа (h_0) и температуры (T_0), выполняется сброс числа циклов на ноль ($n_u=0$).

В процессе испытаний определяется коэффициент трения $k = F_{mp} / N$ в текущий момент времени. Для этого вычисляются ускорение $a = V^2$, сила сопротивления опоры $N = mg$, сила трения $F_{mp} = P - ma$. Сила трения определяется по второму закону Ньютона. Если на тело действует постоянная сила $P > F_{mp}$, параллельная поверхности соприкасающихся тел, то при скольжении тела результирующая составляющая силы в горизонтальном направлении будет равна $P - F_{mp}$. Тогда ускорение тела связано с результирующей силой: $a = (P - F_{mp}) / m$. В процессе всего цикла испытаний в текущий момент времени определяются путь трения $S = Ln_u$ и интенсивность изнашивания $I = h/S$. В ходе испытаний на экране монитора строятся графики зависимости температуры T , износа h , пути трения S и

интенсивности изнашивания I от продолжительности испытаний.

Также в процессе испытаний контролируется перегрев системы. Если в зоне трения температура превысит 150°C , то это может привести к перегреву датчиков и выходу из строя системы в целом. На такой случай предусмотрено экстренное отключение всех датчиков и электродвигателя. Кроме того, предусмотрено отключение системы при износе образца до держателя.

Обработка результатов испытаний проводится в автоматическом режиме с помощью специально разработанных программных средств – запрограммированного микроконтроллера. Плата сбора данных NI USB-6008 позволяет воспринимать сигналы с нескольких каналов. Сигнал с датчиков принимается на ПК в виде графика зависимости напряжения от времени. Далее сигнал программно обрабатывается. Для этого задаются первое и второе тарифовочные значения, которые позволяют выполнить тарифовку получаемого сигнала и получить коэффициенты преобразования (рис. 4). Для контроля точности тарифовки предусмотрена возможность проконтролировать текущее расстояние, которое должно совпасть со значением, отображаемым на самом датчике.

Затем строится график зависимости рассматриваемого параметра от текущего момента времени (рис. 5). Программа также принимает сигналы с датчиков циклов, температуры, мощности, обрабатывает их и сохраняет в файле.

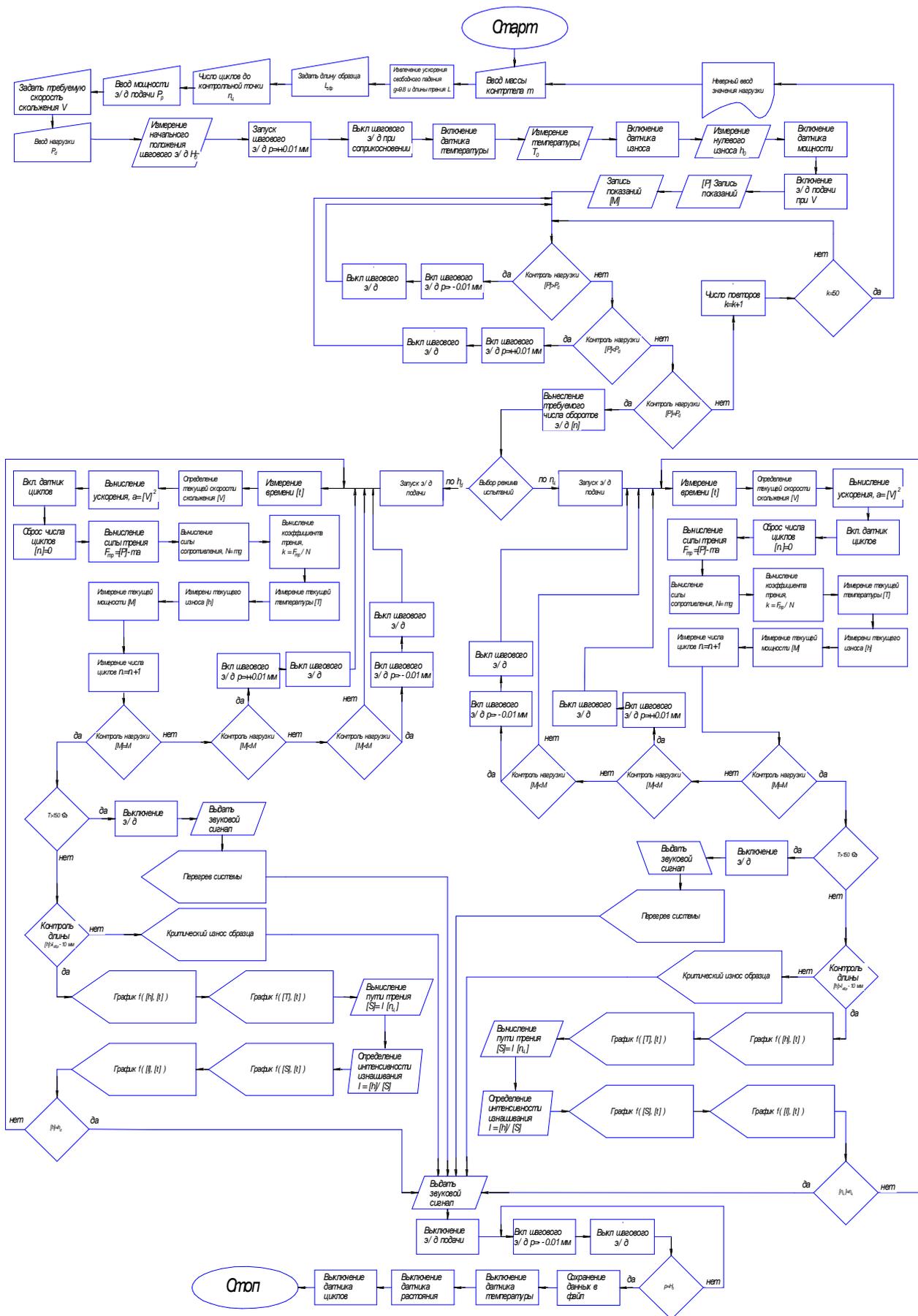


Рис. 3. Алгоритм работы системы автоматизации машины трения:
 [] – параметр, измеряемый в текущий момент времени

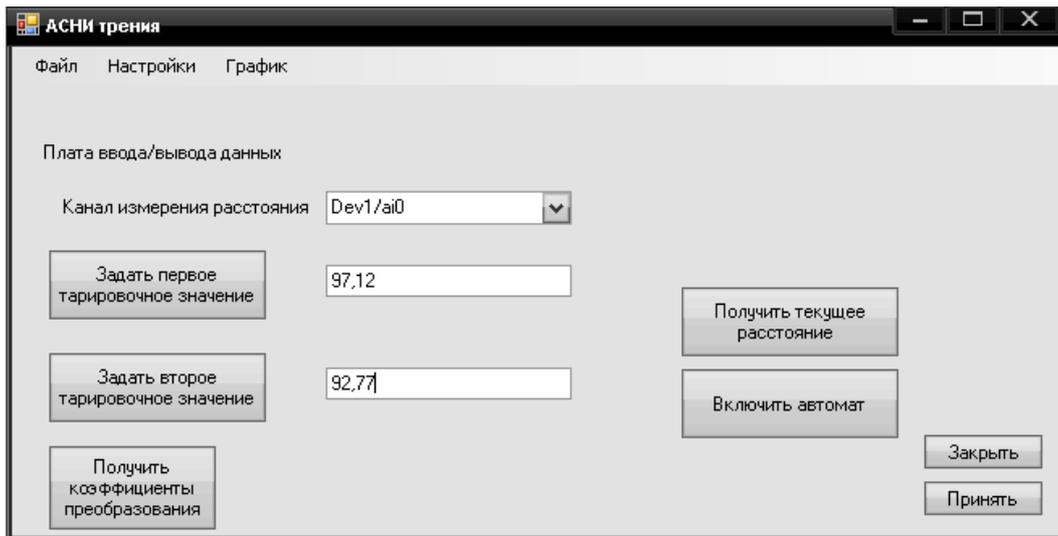


Рис. 4. Интерфейс настройки работы машины трения

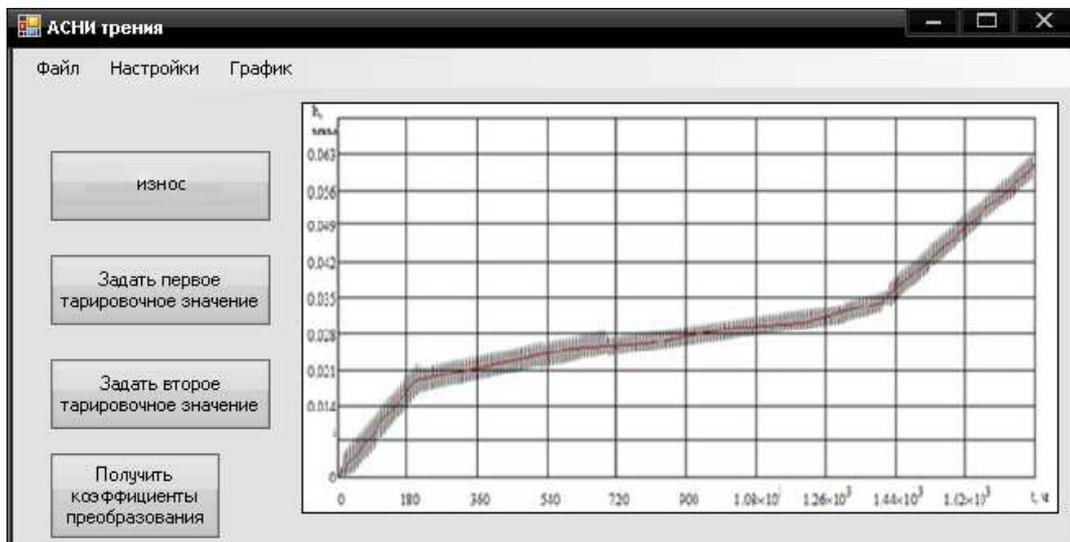


Рис. 5. График износа образца из стали 40Х

При испытаниях образцов на износ при возвратно-поступательном движении неизбежно возникают вибрации установки. В результате график износа, отображаемый на экране, имеет вид сигнала незатухающих колебаний (рис. 5). Программа автоматически строит усреднённую кривую и выводит ее на экран совместно с текущим графиком износа. Также предусмотрена возможность вывода зависимости температуры в зоне трения от времени проведения испытаний.

Заключение

Применение предложенной схемы автоматизации позволяет с достаточной степенью точности определять износ и

Недостатком данного способа автоматизации является измерение совместного износа образца и контртела. Для исключения этого недостатка необходимо в конструкции машины трения предусмотреть такое расположение датчика, контролирующего износ, чтобы луч от него был направлен непосредственно на след, оставляемый образцом на контртеле.

температуру в зоне трения в текущий момент времени при испытаниях на изнашивание при возвратно-поступательном дви-

жении. Кроме того, применение данной схемы автоматизации позволяет ускорить процесс проведения испытаний в связи с отсутствием необходимости остановки испытательной машины для измерения промежуточных результатов, а также снизить влияние человеческого фактора на точность проведения испытаний. Предложен-

ный принцип автоматизации был апробирован на машине трения и внедрен в исследовательский процесс на кафедре «УКСМ» Брянского государственного технического университета. Описанная схема автоматизации также может быть применена при испытаниях на износ при вращательном движении [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Указ Президента РФ от 7 июля 2011 г. № 899 «Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники и перечня критических технологий Российской Федерации».
2. Пат. 156860 РФ, МПК G01N3/56. Машина трения / Шалыгин М.Г., Сафонов А.Л.; заявитель и патентообладатель Брян. гос. техн. ун-т.— №

2015111033/28; заявл. 26.03.15; опублик. 10.11.15, Бюл. № 31.

3. Пат. 156176 РФ, МПК G01N3/56. Машина трения / Шалыгин М.Г., Киселёва А.В.; заявитель и патентообладатель Брян. гос. техн. ун-т.— № 2015109424/28; заявл. 17.03.15; опублик. 10.11.15, Бюл. № 31.

1. Decree of the President of the RF of July 7, 2011 № 899 “On the approval of priority trends in science, technics and technology and the list of critical techniques of the Russian Federation”.
2. Pat. 156860 RF, IPC G01N3/56. Friction Machine / Shalygin M.G., Safonov A.L.; Applicant and Patent Holder – Bryansk State Technical University — №

2015111033/28; applied 26.03.15; published 10.11.15, Bull. № 31.

3. Pat. 156176 RF, IPC G01N3/56. Friction Machine / Shalygin M.G., Kiselyova A.V.; Applicant and Patent Holder – Bryansk State Technical University — № 2015109424/28; applied 17.03.15; published. 10.11.15, Bull. № 31.

Статья поступила в редколлегию 28.10.2015.

*Рецензент: д.т.н., профессор Брянского государственного технического университета
Горленко О.А.*

Сведения об авторах:

Шалыгин Михаил Геннадьевич, к.т.н., доцент Брянского государственного технического университета, e-mail: migshalygin@yandex.ru.

Сафонов Александр Леонидович, к.т.н., доцент Брянского государственного технического университета, e-mail: safonoval@yandex.ru.

Shalygin Mikhail Gennadievich, Can.Eng., Assistant Prof. Bryansk State Technical University, e-mail: migshalygin@yandex.ru.

Safonov Alexander Leonidovich, Can.Eng., Assistant Prof. Bryansk State Technical University, e-mail: safonoval@yandex.ru.