DOI - 10.32743/UniTech.2021.92.11.12612

УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ АНТИФРИКЦИОННЫХ СВОЙСТВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С ХЛОПКОМ-СЫРЦОМ

Негматов Сойибджан Содиковыч

д-р. техн. наук, проф., академик АН РУз,
заслуженный деятель науки Узбекистана,
Научный руководитель ГУП «Фан ва тараккиёт»
Ташкентского государственного технического университета им. Ислама Каримова,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: gupft@inbox.uz

Абед Нодира Сойибджановна

д-р. техн. наук, проф.,
председатель ГУП «Фан ва тараккиёт»
Ташкентского государственного технического университета им. Ислама Каримова,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: gupft@inbox.uz

Гулямов Гияс

канд. техн. наук, доцент,
ГУП «Фан ва тараккиёт»
Ташкентского государственного технического университета им. Ислама Каримова,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: gupft@inbox.uz

Эшкобилов Олим Холикулович

PhD, доц. кафедры «Общетехнические дисциплины»
Каршинского инженерно-экономического института,
Республика Узбекистан, г. Карши
E-mail: polegon11@mail.ru

DEVICES FOR STUDYING THE INTEGRATED ANTI-FRICTIONAL PROPERTIES OF MACHINE-BUILDING COMPOSITE POLYMER MATERIALS IN INTERACTION WITH RAW COTTON

Soyibdzhan Negmatov

Doctor of Technical Sciences, Prof.,
Academician of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan,
Honored Scientist of Uzbekistan,
Scientific Director of the State Unitary Enterprise "Fan va Tarakkiyot"
of the Tashkent State Technical University named after Islam Karimov,
Uzbekistan, Tashkent

Nodira Abed

Doctor of Technical Sciences, prof.,
Chairman of the State Unitary Enterprise "Fan va tarakkiyot"
of the Tashkent State Technical University named after Islam Karimov,
Uzbekistan, Tashkent

Gulyamov Giyas

Candidat of technical sciences,
Associate Professor of the State Unitary Enterprise "Fan va tarakkiyot"
of the Tashkent State Technical University named after Islam Karimov,
Uzbekistan, Tashkent

Библиографическое описание: УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ АНТИФРИКЦИОННЫХ СВОЙСТВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С ХЛОПКОМ-СЫРЦОМ // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. Негматов С.С. [и др.]. 2021. 11(92). URL: *https://7universum.com/ru/tech/archive/item/12612*

Olim Eshkobilov
PhD, Associate Professor
of the Department of "General technical disciplines"
of the Karshi Engineering and Economic Institute,
Uzbekistan, Karshi

АННОТАЦИЯ

Приведена установка и методика определения антифрикционных свойств – силы трения, температуры и величины электростатического заряда в зоне трения машиностроительных композиционных износостойких–антистатических–теплопроводящих полимерных материалов при взаимодействии с хлопком-сырцом.

ABSTRACT

The installation and method of determining the antifriction properties - the friction force, temperature and the magnitude of the electrostatic charge in the friction zone of machine-building composite wear-resistant – antistatic – heat-conducting polymeric materials when interacting with raw cotton are presented.

Ключевые слова: композиционный полимерный материал, дисковый трибометр, антифрикционных свойств, сила трения, температура в зоне трения, величина электростатического заряда, хлопка-сырец.

Keywords: composite polymer material, disk tribometer, antifriction properties, friction force, temperature in the friction zone, the magnitude of the electrostatic charge, raw cotton.

Актуальность проблемы. Известно, что при уборке и переработке хлопка-сырца особое внимание уделяется получению высококачественного хлопкового волокна и достижению максимального выхода последнего за счет снижения потерь при уборке, транспортировке и переработке хлопка [1].

Одной из основных задач, направленных на сохранение природных свойств хлопкового волокна, является снижение механической повреждаемости хлопка-сырца при его взаимодействии с рабочими органами машин и механизмов. Для ее решения проводят ряд конструктивно технологических мероприятий, заключающихся в оптимизации параметров рабочих органов машин и снижении шероховатости их поверхности, а также в повышении эксплуатационных свойств конструкционных материалов, из которых изготавливаются детали рабочих органов машин [2].

Известно, что одной из наиболее важной эксплуатационной характеристикой материала для рабочих органов машин, обеспечивающей максимальное сохранение природных свойств хлопка является его антифрикционное свойство [3, 4]. В связи с этим, исследования антифрикционных свойств машиностроительных композиционных полимерных материалов и покрытий из них в рабочих органах машин и механизмов хлопкового комплекса являются актуальными и перспективными. При этом следует отметить, что в настоящее время отсутствует единая методика по изучению антифрикционных характеристик конструкционных материалов при их взаимодействии с хлопком, что затрудняет выбор полимерного материала с заданными свойствами для изготовления из него рабочих органов хлопковых машин и правильная оценка их эффективности. В связи с этим разработка метода и установки для изучения антифрикционных свойств машиностроительных композиционных полимерных материалов (КПМ), взаимодействующих с хлопком-сырцом, является актуальной задачей.

Объектами исследования при изучении антифрикционных свойств материала с целью разработки метода и устройства для определения триботехнических характеристик материалов были выбраны: эпоксидная смола ЭД-16 (ЭД ГОСТ 10587-72), для отверждения и пластификации использовали полиэтиленполиамин (ПЭПА, марки А, ТУ-6-02-594-70) и дибутилфталат (ДШ, ГОСТ 8728-66), пентапласт (марка А), полиэтилен высокой плотности (ПЭВП) и полипропилен (ПП). В качестве наполнителей в полимер вводили, в основном, дисперсный графит (марка С-1, ГОСТ 11120-65), а также железный порошок, стекловолокно. В качестве волокнистого материала использовали хлопок-сырец 1 сорта разновидности С-6524, машинного сбора с влажностью 8-10% и засоренностью 3-25%. Подложкой под полимерное покрытие служила сталь Ст-3 [5,6].

Результаты исследований и их анализ. Исходя из анализа современных литературных источников, необходимо отметить, что существующие методы и установки не обеспечивают одновременно с определением силы трения, заряда статического электричества и температуры в зоне трения машиностроительных композиционных полимерных материалов при их взаимодействии с хлопком сырцом, а влияние параметров установки и режимов работы рабочих органов хлопкоперерабатывающих машин и механизмов на коэффициент трения, отвечающие требованиям методологической основы и унифицированной установки для определения антифрикционных свойств машиностроительных композиционных полимерных материалов и покрытий, работающих при их взаимодействии с волокнистой массой–хлопком-сырцом. Решению этой проблемы и посвящена настоящая работа [7].

В данной работе приведены результаты разработки распространяется на машиностроительные композиционные полимерные материалы и покрытия на их основе и устанавливает метода и установки

для определения антифрикционных свойств – коэффициента трения, температуры и величины электростатического заряда, возникающих в зоне трения при взаимодействии машиностроительных композиционных полимерных материалов с волокнистым материалом (хлопком-сырцом) [8-10].

Сущность метода состоит в том, что трение волокнистого материала осуществляется на плоской поверхности вращающегося дискового образца из исследуемого материала при ряде заданных значений давлений прижима ***P*** и скоростей скольжения ***V***, измеряются значения сил трения, температур и величин электростатических зарядов испытуемого образца в зоне трения с хлопком-сырцом, после обработки результатов измерений можно судит о диапазоне допустимых значений ***P,V*** определяются условия работоспособности испытуемого материала.

Исходя из вышеизложенного разрабатываемая установка должна отвечать следующим требованиям.

1. Установка для проведения испытаний должна, в первую очередь, обеспечивать:

регулирование частоты вращения дискового образца с возможностью установки требуемой скорости скольжения ***V*** центра контактной площадки от 0,5 м/с до 10 м/с, с шагом 0,5 м/с, с погрешностью не более 5 % от установленного значения;

ступенчатое регулирование давления ***P*** прижима волокнистой массы к подвижному образцу от 0,001 до максимального 0,05 МПа;

измерение сил трения контактирующих поверхностей во всём диапазоне устанавливаемых скоростей скольжения и создаваемых давлений прижима;

измерение температур в зоне трения от комнатной до 150 ^{0}C с погрешностью не более 5% от измеряемого значения;

измерение величин электростатических зарядов испытуемого образца с допустимой основной погрешностью ± 5 %.

2. Для минимизации разности линейных скоростей участков с граничными радиальными расстояниями, определяемыми диаметром короба, следует руководствоваться соотношением:

$$\mathbf{r/d} \geq 3$$

где **r -** расстояние между осями диска и короба; **d -** диаметр короба.

3. Наиболее достоверные результаты обеспечиваются коробом, образующим минимальную площадь контакта 50 см^2.

4. Зазор между коробом и поршнем должен быть не менее 0,1 мм и не более 1 мм.

5. Для предотвращения перекатывания волокнистой массы в процессе испытаний, дно поршня должно быть оснащено фиксаторами в виде рассредоточенных металлических штырей. Они же могут быть использованы в качестве электродов для съёма остаточных электростатических зарядов путем их заземления.

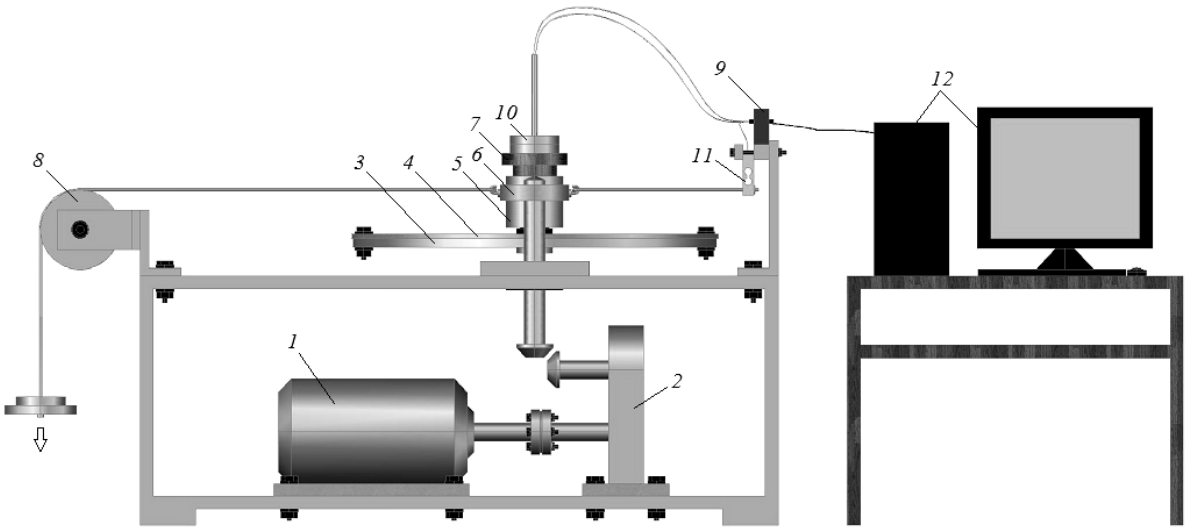
6. Зазор между испытуемым образцом и коробом не должен превышать 2 мм для исключения погрешностей измерений, вызванных заклиниванием семян хлопка-сырца в зазоре.

7. Образец и волокнистая масса должны быть электрически изолированы от станины трибометра; сопротивление изоляции должно быть не менее 10 МОм.

Трение конструкционных материалов, взаимодействующих с хлопком-сырцом, отличается многообразием и сложностью одновременно протекающих процессов. Поэтому многие исследователи, исходя из сложности задачи исследования, моделировали трение с хлопком-сырцом, на различных установках. Исходя из этого, антифрикционные свойства машиностроительных композиционных полимерных материалов при взаимодействии с хлопком-сырцом определяли на дисковом трибометре, принципиальная схема которого представлена на рис.1. Установка работает в диапазоне давлений от 0,001 до 0,05 МПа и скоростей от 0,5 до10 м/с.

Принципиальная схема дискового трибометра для определения силы трения между конструкционным, полимерным и композитным материалом и хлопком-сырцом, температуры и величины заряда статического электричества в зоне трения приведена на рис. 1.

Дисковый трибометр работает следующем образом. От электродвигателя **1** и редуктора **2** приводится в движение вертикальный вал с установленным на нем горизонтальным диском 3**.** На диске располагают образец **4** из испытуемого материала. Для предотвращения осевого и радиального биения вал диска установлен на двух радиальных и на одном упорном подшипнике. Цилиндрический короб **5,** расположенный на восьми радиальных шарикоподшипниках **6,** передвигается в продольном направлении. Применение радиальных шарикоподшипников уменьшает силу трения между боковыми стенками короба и направляющей рамой.



1– электродвигатель; 2– редуктор; 3– диск; 4- образец с полимерным покрытием или композиционным материалом; 5–короб; 6– шарикоподшипник; 7– поршень; 8– блок; 9– микропроцессор с программой Arduino UNO; 10– нагрузка; 11– тензодатчик НХ-711; 12–компьютер.

Рисунок 1. Принципиальная схема дискового трибометра

Направляющая рама может при необходимости перемещаться вертикально. внутренней стороны стенки имеется четыре вертикальных канала **7,** заполненных шариками.

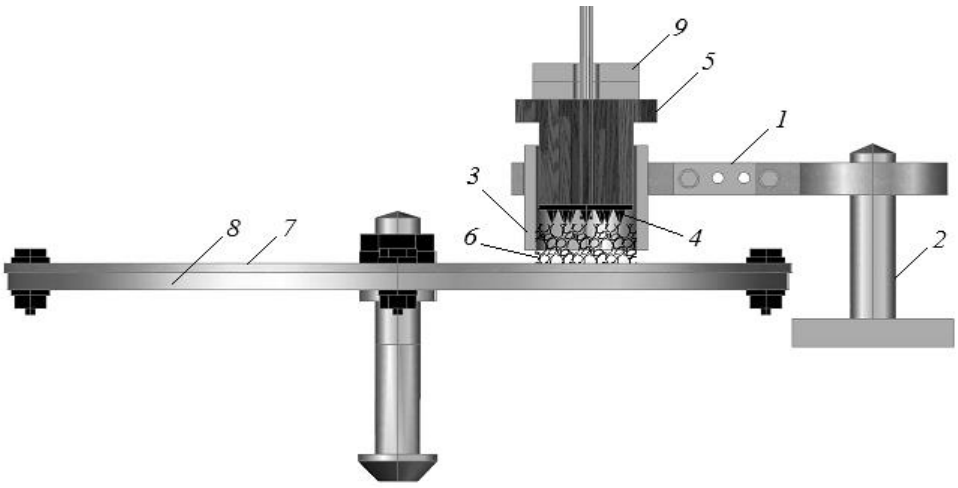
К коробу с двух сторон прикреплены тросики. Один из них переброшен через блок **8** и служит для тарировочного нагружения. Другой тросик также соединен с коробом, а второй конец его - с измерительной балочкой **9,** на которой наклеены тензометрические датчики.

В комплексе дискового трибометра для усиления аналоговых сигналов, получаемых от тензометрических датчиков НХ711 и DS18S20, и их записи имеются микропроцессору с программой "Arduino UNO" и компьютер [11,12].

Внутрь цилиндрического короба закладывается хлопок-сырец, а сверху - поршень с грузами. При вращении диска полимерное покрытие увлекает за собой цилиндрический короб с образцом хлопка-сырца и тем самым натягивает трос, который, в свою очередь, изгибает балку с тензометрическими датчиками. Механическая деформация балочки с помощью тензометрических датчиков преобразуется в электрические колебания. Эти колебания усиливаются тензодатчиком НХ711 и DS18S20 и сигналы записываются на микропроцессоре с программной обеспечением "Arduino UNO" и запись производится в виде график на мониторе компьютер.

Масса поршня – (0,45+0,01) кг. Ось цилиндрического короба 5 (рис. 2) должна отстоять от оси вращения на расстоянии не менее 240 мм.

Медные электроды 4 для измерения напряжения статического электричества на волокнистой массе должны одновременно служить для фиксации волокнистой массы, не допуская её перекатывания в процессе испытаний.

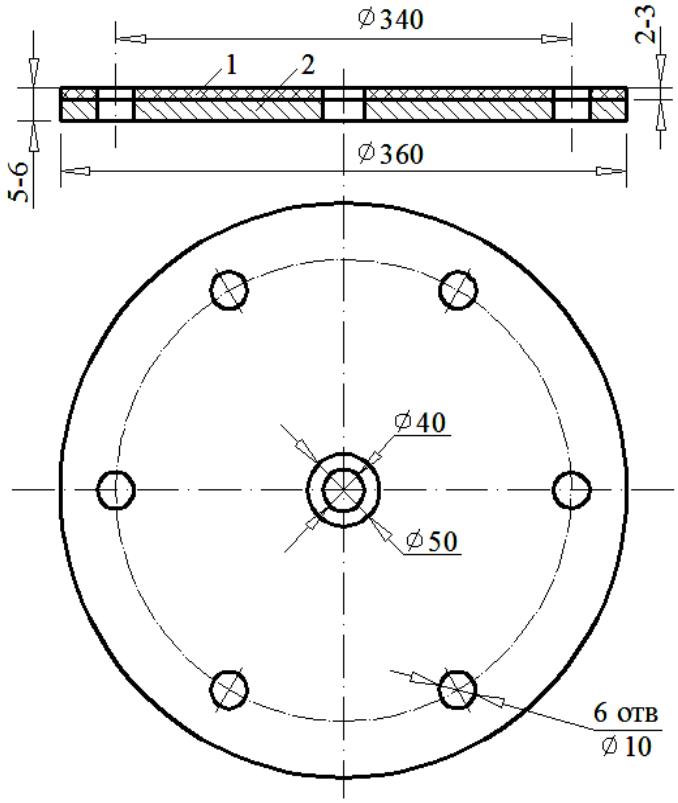


1– стрела; 2– вертикальная ось; 3– цилиндрический короб; 4– скользящий элемент; (медный электрод): 5– поршень; 6 – волокнистая масса; 7 – образец с композиционным полимерным покрытием или материалом; 8 – диск; 9– нагрузка.

Рисунок 2. Нагрузочная система испытательной установки

Образец должен быть электрически изолирован от станины испытательного прибора, сопротивление изоляции должно быть не менее 10 мОм, электрическая прочность должна быть не менее 30000 В·см$^{-1}$.

Зазор между испытываемым образцом и коробом должен быть не более 1 мм. Образец исследуемого материала изготавливается в соответствии с рис.3.



1-стальной диск; 2 – испытуемое покрытие или композиционный материал

Рисунок 3. Образец исследуемого материала

Шероховатость рабочей поверхности образца R_z должна соответствовать условию

$$R_z \leq 0{,}4\ d_{ср}$$

где, R_z -шероховатость рабочей поверхности образца, $d_{ср}$ – средний диаметр волокна, мм, для предотвращения зацепления волокон за неровности поверхности испытуемого материала.

После нахождения силы трения, коэффициент трения между композиционным полимерным материалом и хлопком-сырцом рассчитывался по известной формуле

$$f = \Sigma f_i / n,$$

где, $f_i = F/N$; F – сила трения, Н; N - нормальная сила, воздействующая на трущиеся пары, Н; n - число произведенных опытов.

Образующиеся заряды в зоне трения снимали при помощи электродов. Величины зарядов статического электричества определяли, измеряя величину потенциала при помощи вольтметра С-50 по методике, описанной в работе [13,14]. Для предотвращения утечки зарядов, образовавшихся в результате трения, отдельные детали и узлы установки-трибометра изолировали фторопластовыми прокладками. Образующиеся заряды в зоне трения снимали при помощи электродов. Величины зарядов статического электричества и их плотности определяли, измеряя величину потенциала при помощи вольтметра С–50.

В первом варианте съём зарядов производился с помощью металлической щетки, на концах которой крепили гибкие проволочки. При таком измерении зарядов появляется дополнительная погрешность из-за электризации самой щетки.

Нами применен датчик, устанавливаемый на определенном расстоянии от заряженной поверхности полимерного покрытия, но позволяющий более просто получать надежные данные. Датчик представляет собой металлическую пластинку с игольчатыми электродами, погруженными в хлопок. Величина заряда измеряется статическим вольтметром, которая передается с заряженной поверхности на датчик по электростатической индукции. При этом опыты показали, что точность измерений величин зарядов при контактном и бесконтактном съеме зарядов практически одинакова. Датчик изолируется от корпуса установки фторопластовыми прокладками. Изоляция зоны трения с использованием высоких диэлектрических свойств фторопласта повышает точность измерения электростатических зарядов. Этому способствует также добавочная ёмкость в измерительной цепи.

По известной ёмкости системы и потенциалу, измеренному статическим вольтметром, величину заряда определяли по формуле:

$$Q = U(C_{вк}+C_{с}+C_{дк})$$

где, $C_{вк}$ - ёмкость статического вольтметра; $C_{с}$ - ёмкость трущейся пары; $C_{дк}$ - ёмкость добавочного конденсатора; U - напряжение, измеренное статическим вольтметром.

Максимальный заряд статического электричества достигается при разном времени трения с хлопком-сырцом. В результате исследования кинетики образования зарядов статического электричества установлено, что время образования максимального заряда для всех полимерных материалов колеблется от 20 до 145 с. Поэтому во всех экспериментах величину зарядов статического электричества измеряли через 180 с после начала опыта.

Температуру в зоне трения измеряли с помощью термодатчиком DS18S20, принцип действия которого основан на изменении ЭДС в зависимости от температуры. На ниже поршня установлены скользящие углеграфитовые электроды, внутри которых расположены стандартные хромель-копелевые термопары типа ТХК–150. Холодный спай термопары находился в термостате при 273К. Температуру определяли при помощи термодатчиком DS18S20.

В таблице 1 приведены антифрикционные и физико-механические свойства композиционных полипропиленовых и полиэтиленовых материалов, наполненных органоминеральными ингредиентами, определенных по разработанной методике и установке-трибометре. Состав этих композиций подробно приведен в работах [15].

Таблица 1.

Антифрикционные и физико-механические свойства композиционных полипропиленовых (АИППК) и полиэтиленовых (АИПЭК) материалов, работающих при контактном взаимодействии с хлопком-сырцом

Показатели	Машиностроительные композиционные полимерные материалы							
	АПЭК-1	АПЭК-2	АИПЭК-1	АИПЭК-2	АППК-1	АППК-2	АИППК-1	АИППК-2
Коэффициент трения, f	0,28	0,29	0,32	0,35	0,26	0,27	0,28	0,29
Величина заряда статического электричества, $Q\cdot10^{-7}$, Кл	23,7	20,3	16,7	20,2	19,1	17,3	12,3	17,4
Температура в зоне трения, К	321	315	313	316	319	306	308	311
Интенсивность изнашивания, $I\cdot10^{10}$	6,7	6,5	5,3	5,6	3,23	3,12	2,6	2,8
Разрушающее напряжение при изгибе, МПа	33,4	35,5	40,9	37,7	87,3	90,1	98,4	93,3
Ударная вязкость, кДж/м^2	17,5	21,3	27,3	23,0	93,1	97,3	107,5	103,7
Твердость по Бринеллю, МПа	55,1	58,4	51,5	49,3	77,2	80,3	77,1	73,8
Модуль упругости при изгибе, ГПа	0,62	0,65	0,75	0,71	1,65	1,85	2,0	1,7

Примечание: значения I и f при P=0,02 МПа, V=2,0 м/с.

Заключение. Таким образом, в данной работе разработана методика и установка, с помощью которых определяются антифрикционно-электро-теплофизические свойства композиционных полимерных материалов при взаимодействии с волокнистой массой на примере хлопка-сырца.

Список литературы:

1. Негматов С.С. Основы процессов контактного взаимодействия композиционных полимерных материалов с волокнистой массой. –Т.: Фан, 1984. – 296 с.
2. Гулямов Г., Негматов Н.С., Халимжанов Т.С., Лутфуллин К.Л. Композиционные материалы и эффективность их применения в колковых рабочих органах хлопковых машин и механизмов // Композиционные материалы. – 2001. – № 1. – С. 54-58.
3. Негматов С.С., Эшкабилов О.Х., Абед Н.С., Гулямов Г., Тухташева М.Н.. Методы определения коэффициента трения, температуры и величины электростатического заряда в зоне трения // O'zDSt 3330: 2018, 2018. –14 с.
4. Гулямов Г., Абед Н.С., Негматов С.С.,Тухташева М.Н., Эшкабилов О.Х. Разработка и усовершенствование устройства для изучения свойств машиностроительных антифрикционно-износостойких антистатически-теплопроводящих композиционных полимерных, работающих в условиях взаимодействия с волокнистой массой // Композиционные материалы. – 2018. – №2. – С. 117-119.

5. Патент РУз № DGU 2019 07435, 22.11.2019. Программное обеспечение для определения силы трения на трущихся парах «твёрдое тело – волокнистая масса» с использованием тензодатчика HX711. // Патент Узбекистан № DGU 07435. 2019. Бюл. № 11. Эшкобилов О.Х., Абдуллаева А.О.
6. Абед Н.С., Негматов С.С., Гулямов Г.,Тухташева М.Н. Композиционные антифрикционно-износостойкие материалы и технология их получения. – Т.: Фан ва технология, 2017. – 200 с.
7. Патент РУз № DGU 2020 0467, 09.03.2020. Программное обеспечение для определения температуры в зоне трения на трущихся парах «твёрдое тело – волокнистая масса» с использованием тензодатчика DS18B20 // Патент Узбекистан № DGU 08153. 2020. Бюл. № 3 / Эшкобилов О.Х., Раббимов Ж.Ш.
8. Негматов С.С., Гулямов Г., Абед Н.С., Эшкабилов О.Х. Разработка методологического способа определения коэффициента трения антифрикционно – износостойких антистатически – теплопроводящих композиционных полимерных материалов и покрытий на их основе в системе «композит-волокнистые материалы» // Композиционные материалы. – 2019. – № 1. – С. 112.
9. Негматов С.С., Гулямов Г., Абед Н.С., Эшкабилов О.Х., Тухташева М.Н. Методика определения величин электростатических зарядов и температур, возникающих в зоне трения в трибосистеме «композит-волокнистые материалы» // Композиционные материалы. – 2019. –.№ 1. – С. 86-89.
10. Эшкабилов О.Х., Гулямов Г., Абед Н.С., Негматов С.С., Тухташева М.Н. Установка и методика определения антифрикционных свойств антистатически-теплопроводящих композиционных полимерных материалов, взаимодействующих с хлопком-сырцом // Узбекский журнал Проблемы механики. – 2019. – № 2. – С. 66-71.
11. Гулямов Г., Абед Н.С., Негматов С.С.,Тухташева М.Н., Эшкабилов О.Х. Расчет деформации и возникающих напряжений в измерительной балочке дискового трибометра для определения триботехнических характеристик композиционных полимерных материалов с волокнистой массой // Композиционные материалы. – 2018. – № 2. – С. 98-100.
12. Installation and methodology for determining of antifrictional properties of antistatic –heat conducting composite polymeric materials interacting with fibrous mass (cotton-raw), Technical science and innovation. –2018. Volume 2018. Issue 2. – P. 20-23. DOI: https://doi.org/10.51346/tstu-01.18.2.-77-0001.
13. Эшкабилов О.Х., Абед Н.С., Гулямов Г., Негматов С.С., Тухташева М.Н. Исследование антифрикционных свойств композиционных полимерных материалов триботехничского назначения, работающих при взаимодействии с хлопком-сырцом // Узбекский химический журнал. – 2019. – № 2. – С. 35-41.
14. Гулямов Г., Негматов С.С., Тухташева М.Н., Абед Н.С. Конструкционные материалы для деталей колковых рабочих органов машин и механизмов, взаимодействующих с хлопком-сырцом // Проблемы текстиля. – 2019. – №3. – С. 35-41.
15. Гулямов Г. Антифрикционные и антифрикционно-износостойкие полимерные композиционные материалы на основе полиолефинов // Композиционные материалы, – 2005. – № 3. – С. 37-39.