

Экспериментальное исследование влияния волокнистых наполнителей на свойства полиолефинов

An experimental study of the effect of fibrous fillers on the properties of polyolefins

Н.С. АБЕД¹, С.С. НЕГМАТОВ¹, Г. ГУЛЯМОВ¹, К.С. НЕГМАТОВА¹, Н.Х. ЮЛДАШЕВ²,
М.Н. ТУХТАШЕВА¹, Ш.А. БОЗОРБОЕВ¹, Ш.О. ЭМИНОВ¹, О.Х. АБДУЛЛАЕВ¹,
Ф.М. НАВРУЗОВ¹, М.М. САДЫКОВА¹

N.S. ABED¹, S.S. NEGMATOV¹, G. GULYAMOV¹, K.S. NEGMATOVA¹, N.KH. YULDASHEV²,
M.N. TUKHTASHEVA¹, SH.A. BOZORBOEV¹, SH.O. EMINOV¹, O.KH. ABDULLAEV¹,
F.M. NAVRUZOV¹, M.M. SADYKOVA¹

¹ ГУП «Фан ва тараккиёт» (Наука и прогресс) при Ташкентском государственном техническом университете имени Ислама Каримова
г. Ташкент, Узбекистан

² АО «Узбекнефтегаз», Ташкент, Узбекистан

¹ Fan va Tarakkiyot (Science and Progress) State Unitary Enterprise of the Tashkent State Technical University named after Islam Karimov,
Tashkent, Uzbekistan

² JSC "Uzbekneftgaz", Tashkent, Uzbekistan
a b e d . n . s @ i n b o x . r u

Приведены результаты исследования зависимостей физико-механических и триботехнических свойств полиолефинов от содержания волокнистых наполнителей. Установлены оптимальные содержания волокнистых наполнителей в составе полимерной композиции. Разработаны оптимальные составы антифрикционно-износостойких композиционных полимерных материалов функционального назначения, обладающие достаточно высокими физико-механическими и триботехническими свойствами.

Ключевые слова: полимер, композиция, полиэтилен высокой плотности, полипропилен, наполнитель, хлопковый линт, стекловолокно, хлопок-сырец, свойство, плотность, объемная усадка, коэффициент трения, температура в зоне трения, величина заряда статического электричества в зоне трения, интенсивность изнашивания

The results of a study of the dependences of the physical-mechanical and tribotechnical properties of polyolefins on the content of fibrous fillers are presented. The optimal content of fibrous fillers is established. Optimum compositions of functional antifriction-wear-resistant composite materials have been developed that have sufficiently high physical, mechanical and tribotechnical properties.

Keywords: polymer, composition, high density polyethylene, polypropylene, filler, cotton lint, fiberglass, raw cotton, property, density, volume shrinkage, friction coefficient, temperature in the friction zone, static electricity charge in the friction zone, wear rate

DOI: 10.35164/0554-2901-2020-7-8-12-15

Введение

Как известно, в промышленном производстве полимеры в основном применяются в виде наполненных композиционных материалов, так как наполнители повышают те или иные физико-механические и эксплуатационные свойства и открывают возможность более широкого применения полимерных композиций в различных отраслях промышленности. В этом аспекте имеются многочисленные работы по исследованию структуры, состава и свойств полимерных композиционных материалов [1–8].

Существующие полимерные материалы и композиции на их основе ещё не находят широкого применения в рабочих органах машин и механизмов различных отраслей машиностроения, в частности, в оборудовании для хлопкоперерабатывающей промышленности. Причиной этого является нехватка глубоких исследований в области триботехнических, демпфирующих и других важнейших физико-механических свойств, а также разработок по созданию надежных износостойких, антифрикционных и антифрикционно-износостойких композиционных полимерных материалов на основе местных сырьевых ресурсов и эффективной технологии их получения, а также изготовления из них машиностроительных изделий и деталей конструкционного и специального назначения.

Для роста производства и создания экспортоспособной продукции необходимо создание новых композиционных полимерных материалов (КПМ), получаемых с использованием ингредиентов на основе местных сырьевых ресурсов, для различных отраслей машиностроения. Поэтому особый интерес представляет выбор оптимального количества наполнителя при разработке композиционных полимерных материалов.

В связи с этим одной из технических проблем является разработка ударопрочных, износостойких, антифрикционных и антифрикционно-износостойких композиционных полимерных материалов с использованием местных сырьевых ресурсов и технологии изготовления из них машиностроительных изделий и деталей для трудящихся пар рабочих органов машин и механизмов, используемых в машиностроительной промышленности.

Объекты и методы исследования

В качестве матричного полимера принят полиэтилен высокой плотности (ПЭВП-HDPE) марки I-0754 плотностью 0,954 г/см³ с показателем текучести расплава (ПТР) 6,70 г/10 мин и полипропилен марки 05П10-20 с индексом расплава 1,2–3,6 г/10 мин и плотностью 0,905 г/см³, производимые Шуртанским и Уст-Юртским газохимическими комплексами. В качестве волокнистых

наполнителей использованы стекловолокно (ТУ 5-11-191-70) и хлопковый линт (ГОСТ РУз 3818-95). Технические характеристики выбранных наполнителей приведены в таблице 1.

Исследование проводили по показателям: плотность композита по ГОСТ 15139, удельная ударная вязкость по ГОСТ 4647, предел прочности при изгибе по ГОСТ 4648, твердость по Бринеллю по ГОСТ 4670, усадка (объемная) по ГОСТ 18616.

Волокнистые наполнители – стекловолокно и хлопковый линт – вводили в рецептуру композита от 5 до 50 мас.ч. на 100 мас.ч. полиэтилена высокой плотности и полипропилена.

Композицию, содержащую связующее (полиэтилен или полипропилен), волокнистые наполнители – стекловолокно и хлопковый линт, готовили известными способами [9, 10], например, сухим смешением всех компонентов. Для получения композиции в смеситель загружали дозированные в определенном соотношении компоненты смеси и перемешивали в течение 30–50 мин. Полученную таким образом смесь загружали в бункер литьевой машины, откуда она поступала в литьевой цилиндр, нагретый до 493–533 К. Опытные образцы композиций на основе ПЭВП и ПП для испытаний отливали методом литья под давлением при давлении 85–90 и 110–120 МПа при температуре 493 и 513 К соответственно.

При проведении исследований по изучению триботехнических свойств композитов в качестве контртела был взят хлопок-сырец разновидности С-6524 – первого сорта, машинного сбора, кондиционной влажности и засоренности 3,6%. Причем за основные триботехнические показатели были приняты: коэффициент трения, интенсивность изнашивания, температура в зоне трения и величина заряда статического электричества композиций при взаимодействии с хлопком-сырцом. Коэффициент трения, интенсивность изнашивания, температуру и величину заряда статического электричества в зоне трения композиций и хлопка-сырца определяли на дисковом трибометре в соответствии с ГОСТом [11].

Интенсивность изнашивания композиций при трении с хлопком-сырцом измеряли профилометрированием поверхности образца с помощью профилографа-профилометра модели 201. Температуру в зоне трения композиций и хлопка-сырца определяли при помощи потенциометра типа ПП-63. Образующиеся заряды в зоне трения снимали при помощи электродов. Величину заряда статического электричества определяли, измеряя величину потенциала при помощи вольтметра С-50 по методике, описанной в работах [9–10]. Съем зарядов производился с помощью датчика.

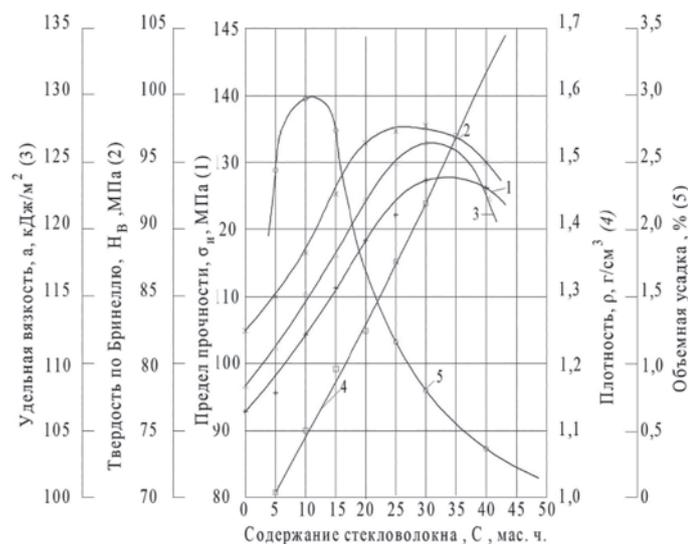


Рис. 1. Зависимость физико-механических свойств полипропилена от содержания стекловолокна при $P = 0,02$ МПа и $V = 2,0$ м/с. 1 – предел прочности при изгибе, 2 – твердость по Бринеллю, 3 – ударная вязкость, 4 – плотность, 5 – объемная усадка.

Таблица 1. Характеристика волокнистых наполнителей.

Наполнители	Плотность, г/см ³	Содержание влаги, %	Размер частиц, мкм	Форма частиц
Волокнистые: хлопковый линт	1,12–1,18	5,0–8,0	0,06–1,27 мм	волокнистая
стекловолокно	2,5	–	длина волокна 0,025–3,20 мм	волокнистая

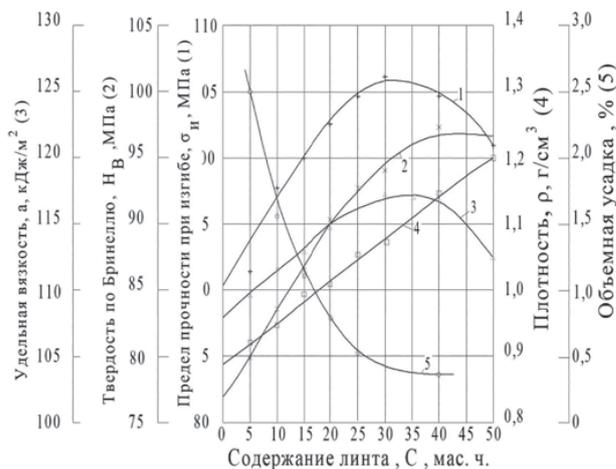


Рис. 2. Зависимость физико-механических свойств полипропилена от содержания хлопкового линта при $P = 0,02$ МПа, $V = 2,0$ м/с. 1 – предел прочности при изгибе, 2 – твердость по Бринеллю, 3 – ударная вязкость, 4 – плотность, 5 – объемная усадка.

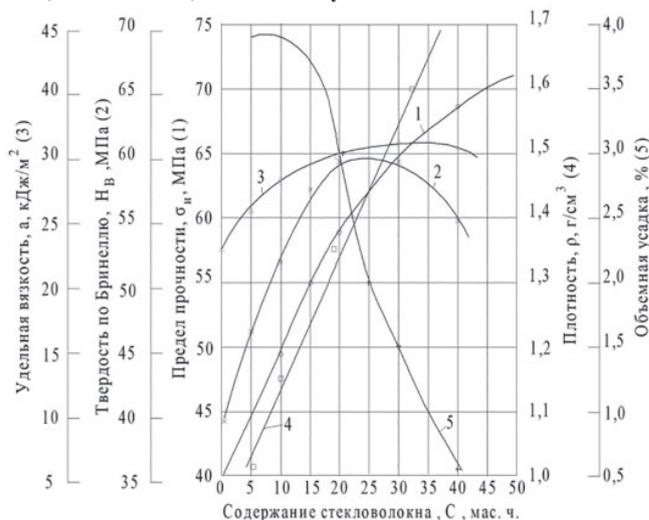


Рис. 3. Зависимость физико-механических свойств полиэтилена высокой плотности от содержания стекловолокна при $P = 0,02$ МПа, $V = 2,0$ м/с. 1 – предел прочности при изгибе, 2 – твердость по Бринеллю, 3 – ударная вязкость, 4 – плотность, 5 – объемная усадка.

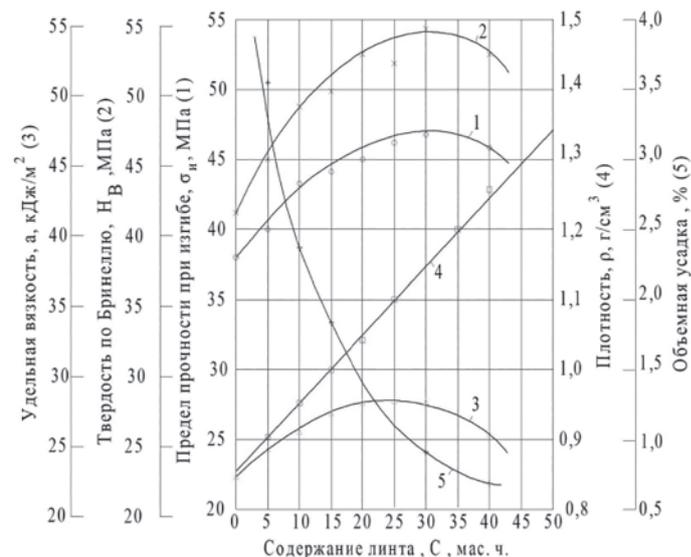


Рис. 4. Зависимость физико-механических свойств полиэтилена высокой плотности от содержания хлопкового линта при $P = 0,02$ МПа, $V = 2,0$ м/с. 1 – предел прочности при изгибе, 2 – твердость по Бринеллю, 3 – ударная вязкость, 4 – плотность, 5 – объемная усадка.

Полученные научные результаты и их обсуждение

Результаты исследования физико-механических и триботехнических свойств композиций на основе полиолефинов (ПЭВП, ПП), содержащих волокнистые наполнители, приведены на рисунках 1–8.

На рисунках 1–4 представлены зависимости физико-механических свойств полиэтилена высокой плотности и полипропилена от содержания хлопкового линта и стекловолокна при удельном давлении $P = 0,02$ МПа и скорости скольжения $V = 2,0$ м/с.

Анализ полученных экспериментальных данных (рис. 1–4) показал, что введение в ПП и ПЭВП наполнителей – стекловолокна и хлопкового линта – до 20–40 мас.ч. ведет к повышению предела прочности при изгибе $\sigma_{и}$.

Ударная вязкость a композиций с содержанием стекловолокна и хлопкового линта до 30 мас.ч. также повышается, а затем снижается.

Твердость H_B композиций с введением стекловолокна, линта до 30 мас.ч. повышается, а затем наблюдается снижение.

Плотность композиций с введением стекловолокна и хлопкового линта постепенно повышается, а объемная усадка снижается.

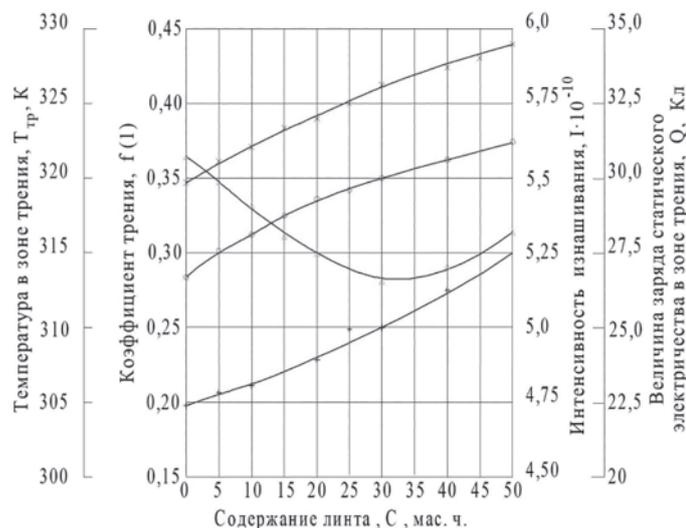


Рис. 5. Зависимость триботехнических свойств полиэтилена высокой плотности от содержания хлопкового линта при $P = 0,02$ МПа, $V = 2,0$ м/с. 1 – коэффициент трения, 2 – температура в зоне трения, 3 – интенсивность изнашивания, 4 – величина заряда статического электричества в зоне трения.

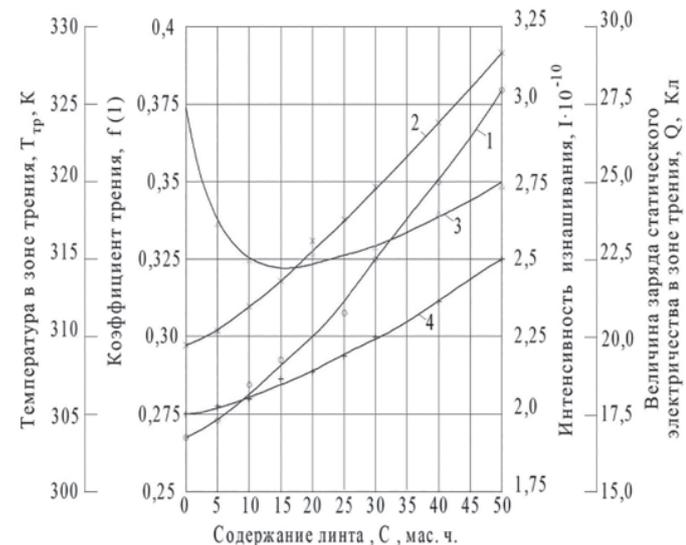


Рис. 6. Зависимость триботехнических свойств полипропилена от содержания хлопкового линта при $P = 0,02$ МПа, $V = 2,0$ м/с. 1 – коэффициент трения, 2 – температура в зоне трения, 3 – интенсивность изнашивания, 4 – величина заряда статического электричества в зоне трения.

Возрастание прочности при изгибе до определенного содержания наполнителя, по-видимому, связано с накоплением наполнителя в межсферолитных участках, куда он попадает в процессе кристаллизации [9]. Снижение прочности композиций при большом

наполнении, по-видимому, вызвано тем, что присутствие большого количества наполнителя между макромолекулами полимера несколько ослабляет энергию их межмолекулярного взаимодействия, ускоряя процесс разрушения композиции [9, 10, 12, 13].

На рисунках 5–8 представлены зависимости триботехнических свойств полиэтилена высокой плотности и полипропилена от содержания хлопкового линта и стекловолокна при удельном давлении $P = 0,02$ МПа и скорости скольжения $V = 2,0$ м/с.

Коэффициент трения f полимерной композиции (рис. 5–8) с увеличением содержания стекловолокна и хлопкового линта растет. Рост коэффициента трения композиции с хлопком-сырцом при большом содержании наполнителя связан с увеличением шероховатости их поверхности за счет агрегатизации наполнителя и физико-механических характеристик материала, а также за счет низкой адгезии между полимерной матрицей и частицами наполнителя в результате их агрегатизации в объеме полимерной композиции [9–10].

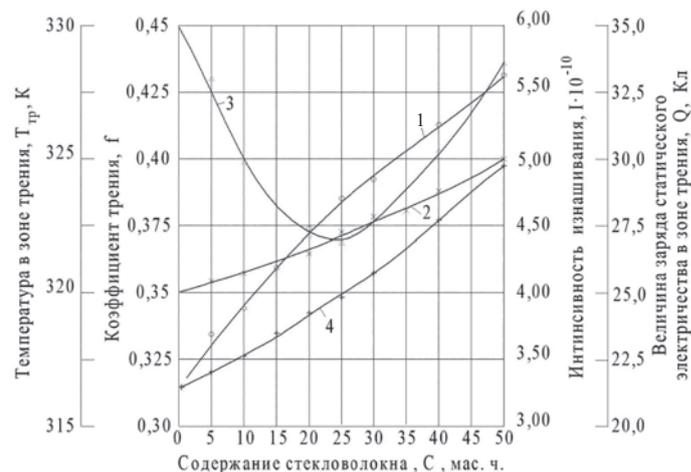


Рис. 7. Зависимость триботехнических свойств полиэтилена высокой плотности от содержания стекловолокна при $P = 0,02$ МПа, $V = 2,0$ м/с. 1 – коэффициент трения, 2 – температура в зоне трения, 3 – интенсивность изнашивания, 4 – величина заряда статического электричества в зоне трения.

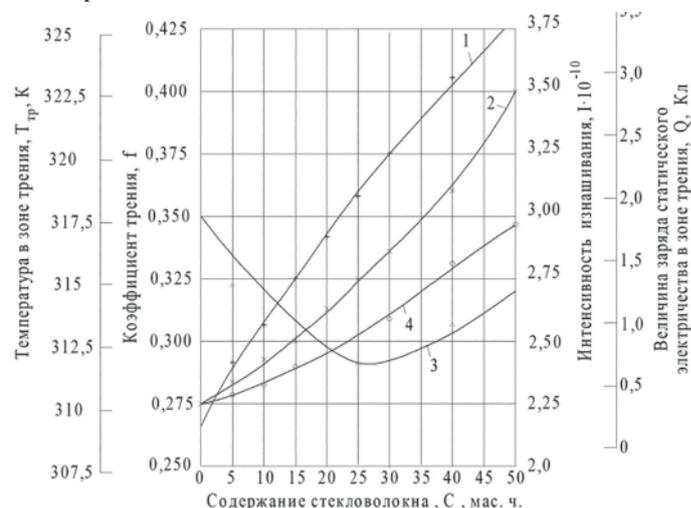


Рис. 8. Зависимость триботехнических свойств полипропилена от содержания стекловолокна при $P = 0,02$ МПа, $V = 2,0$ м/с. 1 – коэффициент трения, 2 – температура в зоне трения, 3 – интенсивность изнашивания, 4 – величина заряда статического электричества в зоне трения.

Анализ результатов исследования изменения интенсивности линейного изнашивания (рис. 5–8) композиций при трении с хлопком-сырцом показывает, что высокой стойкостью к изнашиванию обладают композиции, наполненные стекловолокном, линтом. У этих композиций с увеличением содержания наполнителя интенсивность изнашивания снижается до минимума, а коэффициент трения растет.

Для получения минимальной интенсивности изнашивания композиции оптимальным является содержание наполнителей 10–40 мас. ч. стекловолокна и хлопкового линта.

Для объяснения процессов взаимодействия в системе полимер-хлопок, помимо анализа изменений коэффициента трения и интен-

сивности изнашивания композитов, были проведены исследования температуры и заряда статического электричества в зоне трения [9, 10, 12]. Эти факторы могут привести к снижению производительности машин и механизмов, к возникновению пожара и т.д.

Исследования показали (рис. 5–8), что с введением в полимерную матрицу стекловолокна и хлопкового линта температура в зоне трения увеличивается.

Таким образом, из анализа исследований физико-механических и антифрикционных свойств композиционных материалов видно, что в качестве наполнителей могут быть использованы волокнистые наполнители – стекловолокно и хлопковый линт. Однако каждый из них имеет свои недостатки и достоинства. Например, стекловолокно и хлопковый линт увеличивают коэффициент трения и снижают интенсивность изнашивания. Причем эффективность этих наполнителей, особенно волокнистых, значительно проявляется при меньшем их содержании, то есть при меньшем содержании стекловолокна значительно снижается износ, а при дальнейшем увеличении их содержания износ композитов сравнительно мало снижается, но коэффициент трения резко повышается.

Выявлено, что для минимального износа композиции при трении оптимальным содержанием наполнителей являются 10–40 мас.ч. стекловолокна, линта.

С учетом полученных данных были созданы антифрикционные полиэтиленовые и антифрикционные полипропиленовые композиции с использованием местных сырьевых ресурсов, предназначенные для рабочих органов хлопковых машин и механизмов [14], обеспечивающих функционально важные физико-механические, антифрикционные и эксплуатационные свойства композитов, работающих в условиях взаимодействия с хлопком-сырцом.

Выводы

Проведенные исследования показали, что композиты на основе полиэтилена высокой плотности и полипропилена, модифицированные волокнистыми наполнителями, могут быть рекомендованы и использованы в технологии получения композитов антифрикционно-износостойкого назначения и технологии изготовления из них колковых деталей трущихся пар рабочих органов машин и механизмов хлопкового комплекса взамен импортных цветных металлов.

Литература

1. Симонов-Емельянов И.Д. Структурообразование, составы и свойства дисперсно-наполненных полимерных нанокомпозитов. / Апексимов Н.В., Трофимов А.Н., Золкина И.Ю., Андреева Т.И., Петров О.О., Симонов-Емельянов И.Д. // Пластические массы. – 2012, №6, с. 7–13.
2. Симонов-Емельянов И.Д. / Построение структур в дисперсно-наполненных полимерах и свойства композиционных материалов. // Пластические массы. – 2015, №9–10, с. 29–36.
3. Симонов-Емельянов И.Д. Обобщенные параметры структуры, составы и свойства дисперсно-наполненных полимерных композиционных материалов со стеклянными шариками. / Апексимов Н.В., Зарубина А.Ю., Зубков С.Б., Симонов-Емельянов И.Д. // Пластические массы. – 2012, №5, с. 52–57.
4. Липатов Ю.С. Физическая химия наполненных полимеров М.: Химия, 1977 с. 204.
5. Сухоленцев Э.А., Сухоленцева Т.В., Владимирская Н.Б., Сухоленцев К.Э. / Композиционный состав для модификации поверхности антифрикционных органопластиков. // Пластические массы. – 2010, №1–2, с. 15–16.
6. Ширшин К.В., Корниенко П.В., Шалагинова И.А., Фаттахова Э.Х., Жаринов И.В. / Особенности получения наполненных вспененных композитов на основе поли(мет)акрилимидов. // Пластические массы. – 2020, №3–4, с. 15–18.
7. Полимерные композиционные материалы. Состав. Структура. Свойства. Под. Ред. акад. А.А. Берлина, гл. 7. Технология получения дисперсно-наполненных пластических масс / Симонов-Емельянов И.Д. – СПб.: Профессия. 2009. 314–354 с.
8. Наполнители для полимерных композиционных материалов (справочное пособие) под ред. Г.С. Каца и Д.В. Милевски. М.: Химия, 1981, с. 736.
9. Негматов С.С. Основы процессов контактного взаимодействия композиционных полимерных материалов с волокнистой массой. – Ташкент: Фан, 1984. – 296 с.
10. Абед Н.С., Негматов С.С., Гулямов Г., Тухташева М.Н. Композиционные антифрикционно-износостойкие материалы и технология их получения. – Ташкент: Fan va texnologiya, 2017. – 200 с.
11. O'z DSt 3330: 2018. Методы определения коэффициента трения, температуры и величины электростатического заряда в зоне трения. Негматов С.С., Абед Н.С., Гулямов Г., Эминов Ш.О. и др.
12. Негматов С.С., Гулямов Г., Алматаев Т.А. Антифрикционно-износостойкие композиционные материалы на основе полипропилена для деталей пар трения хлопковых машин // Трение и износ. – Гомель. 2006, Т. 27, № 4, С. 422–428.
13. Гулямов Г., Негматов Н.С., Негматов А.С. и др. Антифрикционные полипропиленовые композиционные материалы для рабочих органов хлопковых машин // Пластические массы. – 2002, № 4, С. 40–41.
14. 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 // Ташкент. Композиционные материалы. – 2001, № 1, С. 54–58.