



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К.
Аммосова»

Специализированный учебно-научный центр – Университетский лицей



Влияния комплексных наполнителей на структуру и свойства политетрафторэтилена

Выполнил: ученик 11 класса СУНЦ СВФУ

Стручков Александр Николаевич.

Руководители: доцент химического отделения ИЕН

к.т.н., Васильев Андрей Петрович,

Охлопкова А.А., д.т.н., профессор ИЕН СВФУ.

Студент 5-го курса ХО Никитина Айгылаана Васильевна

Якутск, 2022

г.

Актуальность

Полимерные композиционные материалы (ПКМ) находят все более широкое применение в узлах трения машин, приборов и аппаратов. Благодаря особым антифрикционным свойствам полимеров, подшипники из этих материалов обладают высокой работоспособностью в узлах, эксплуатируемых с ограниченной смазкой или её отсутствием. При этом повышается надежность и долговечность узлов, удешевляются эксплуатация и ремонт машин, и механизмов.



Цель работы: Исследование влияния наполнителей на свойства и структуру полимерных композитов на основе политетрафторэтилена (ПТФЭ) в зависимости от технологии спекания;

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

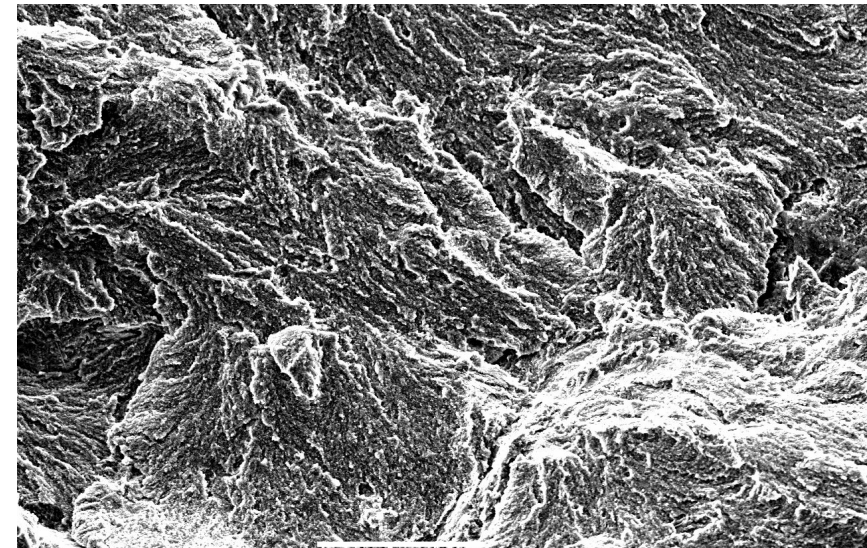
- исследование физико-механических и триботехнических характеристик ПКМ;
- исследование структуры ПТФЭ и композитов на его основе методом РЭМ.

Объекты исследования

• В качестве объектов исследования выбраны промышленно выпускаемый политетрафторэтилен и наполнители в виде углеродных волокон, олигомерных соединений каолина и ультрадисперсного политетрафторэтилена.

• Политетрафторэтилен

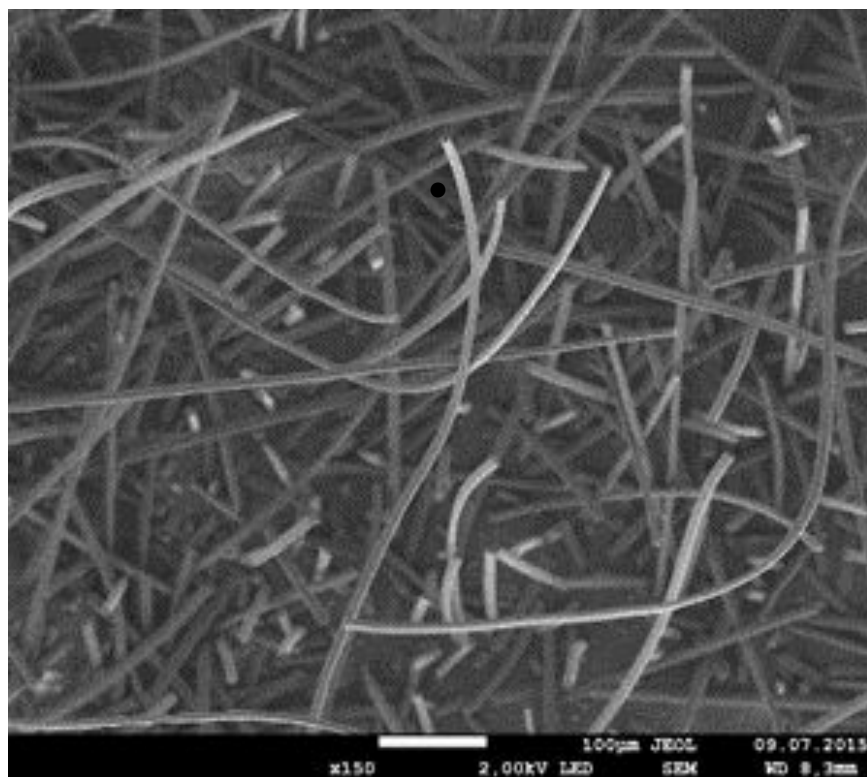
• ПТФЭ марки Ф-4 ПН-90 (ГОСТ-10007-80) «ОАО ГалоПолимер», производства Россия. Представляет собой легко комкующийся порошок белого цвета, без видимых включений. ПТФЭ марки ПН90 имеет плотность не более 2,16 г/см³, средний размер частиц 46-135 мкм.



Объекты исследования

• Углеродное волокно

• В качестве наполнителя использовали модифицированные дискретные углеродные волокна марки «Белум», ОАО «Светлогорск Химволокно» производства Беларусь.

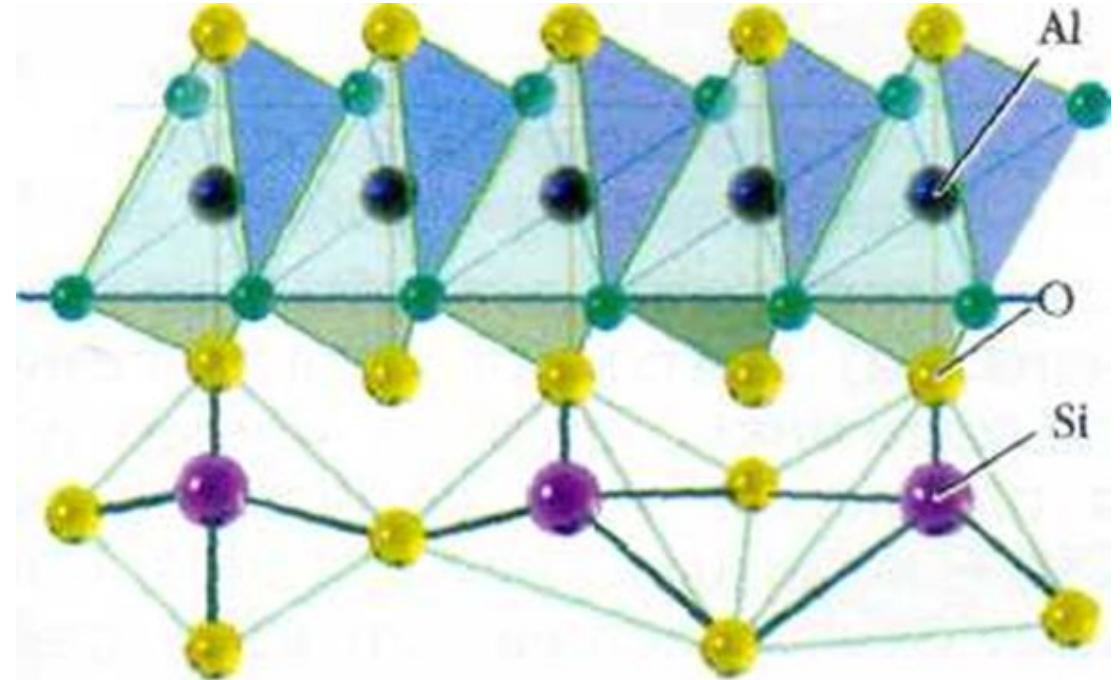


Конечная температура обработки, °С	1900
Удельная масса, г/см ³	1,4
Содержание углерода, %	98...99,5
Диаметр филамента, мкм	4,5...8,0
Прочность на разрыв, МПа	500-700
Удлинение при разрыве, %	1,5...2,5
Длина филаментов волокон, мкм	50-500

Объекты исследования

Каолинит

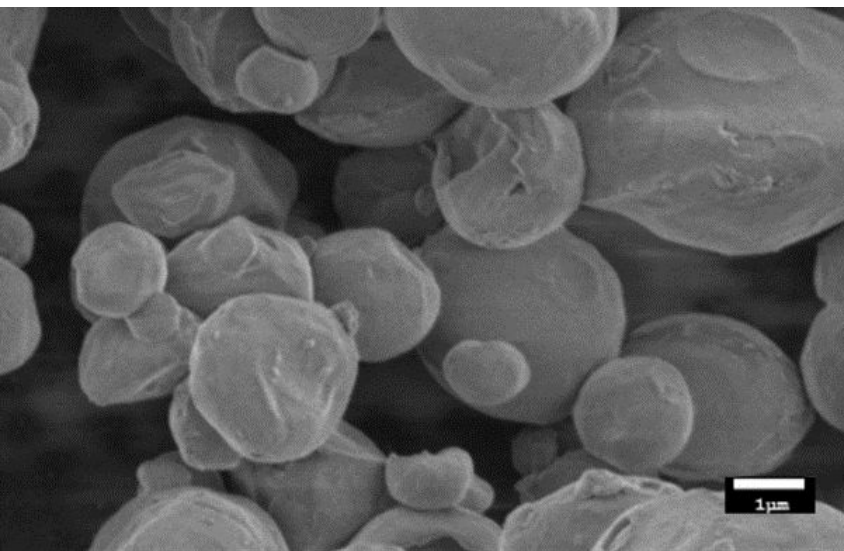
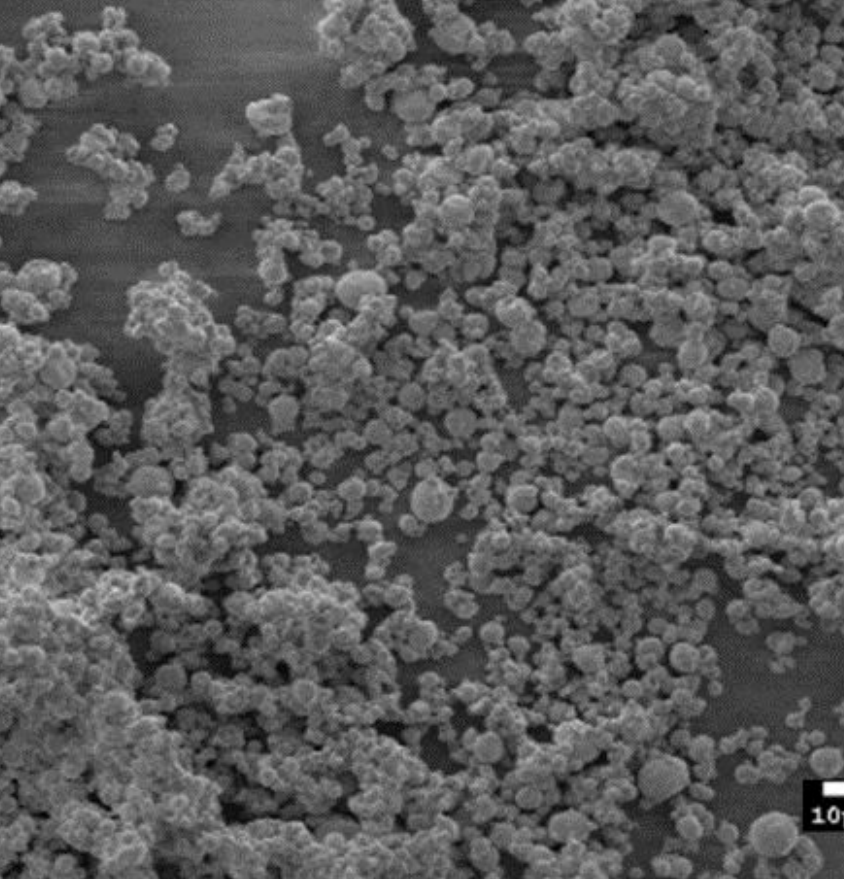
Алюмосиликат (глина) анапского месторождения. Предварительно каолинит термически обработали при 380 °С в течение 3 ч. Для перевода в активное состояние каолинит механоактивировали в планетарной мельнице «Активатор 2s» в течение 2 мин.



Объекты исследования

Ультрадисперсный ПТФЭ

Для повышения адгезионного взаимодействия ПТФЭ к наполнителям использовали низкомолекулярный фторопласт марки «Флуралит®». «Флуралит» обладает теми же защитными свойствами, что и ПТФЭ. Однако, имеет меньший коэффициент трения (0,3 и 0,03). Представляет собой мелкий рассыпчатый порошок белого цвета, размер частиц менее 3 мкм – 98%, температура плавления кристаллов +286 °С, температура разложения свыше 380 °С, коэффициент трения по стали – 0,005.



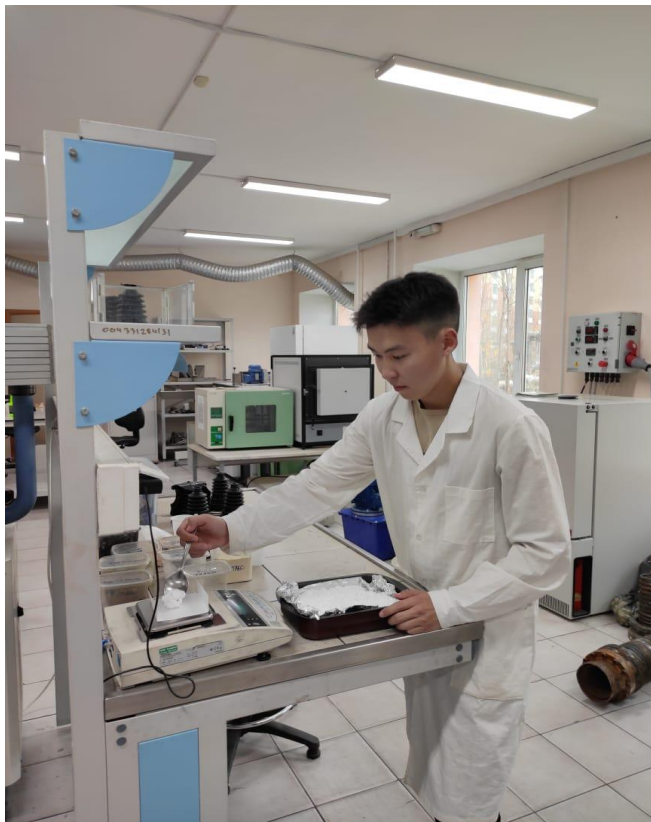
Характеристики разработанных ПКМ по сравнению с аналогами

Характеристики	<i>ПКМ</i>	<i>ПКМ (СФ)</i>	Ф4К20	Ф-4С15	Ф4К15УВ5	Флубон-15	Флувис-20
Наполнитель, мас.%	<i>УВ (6-8%), Кл (1%), УПТФЭ (1%)</i>	<i>УВ (6-8%), Кл (1%), УПТФЭ (1%)</i>	Кокс (20%)	Стекловолокно (15%)	Кокс (15%) УВ (5%)	УВ (15%)	УВ (20%)
Плотность, г/см ³	<i>2,09-2,11</i>	<i>2,10-2,11</i>	2,05-2,17	2,17	2,0	1,90-2,00	1,95-1,98
Прочность при растяжении, МПа	<i>17</i>	<i>18-19</i>	12-15	9,8-17,1	15-18	15-18	17-26
Относительное удлинение, %	<i>310-329</i>	<i>308-315</i>	120	220	5	60	60
Прочность на сжатие, МПа	<i>21-23</i>	<i>22-25</i>	21-22	19,5-20,5	-	28	27-30
Относительная износостойкость	<i>888-941</i>	<i>800-1000</i>	625	250	-	1500	1000
Интенсивность износа, мг/ч	<i>0,17-0,18</i>	<i>0,16-0,20</i>	0,9-2,0	3,0	1,5	1,5	0,8-1,0
Коэффициент трения по стали	<i>0,23-0,24</i>	<i>0,23-0,24</i>	0,27	0,15-0,30	-	0,20	0,20

Методы исследования

Методы исследования	Измерительный прибор	Параметры
Физико-механические	"AUTOGRAF" фирмы "Shimadzu AGS-J" ГОСТ 11262-80	- Предел прочности при разрыве; - Относительное удлинение при разрыве; - Прочность при сжатии.
Триботехнические	машина трения CETR UMT-3 схема «палец-диск» ГОСТ 11629-75	- Массовая скорость изнашивания; - Коэффициент трения.
Исследование надмолекулярной структуры	Растровый электронный микроскоп JEOL JSM-7800F	- Надмолекулярная структура.

Технологическая схема получения ПКМ



Результаты исследований физико-механических характеристик

Образец	σ_{pp} , МПа	ϵ_{pp} , %	$\sigma_{сж}$, при 10% деформации, МПа
ПТФЭ	20±1	320±20	15±1
ПТФЭ+6 мас.% УВ+1 мас.% Кл+1 мас.%УПТФЭ	17±1	310±20	21±1
ПТФЭ+8 мас.% УВ+1 мас.% Кл+1 мас.%УПТФЭ	17±1	329±20	23±1
ПТФЭ+6 мас.% УВ+1 мас.% Кл+1 мас.%УПТФЭ (СФ)	18±1	315±20	22±1
ПТФЭ+8 мас.% УВ+1 мас.% Кл+1 мас.%УПТФЭ (СФ)	19±1	308±20	25±1

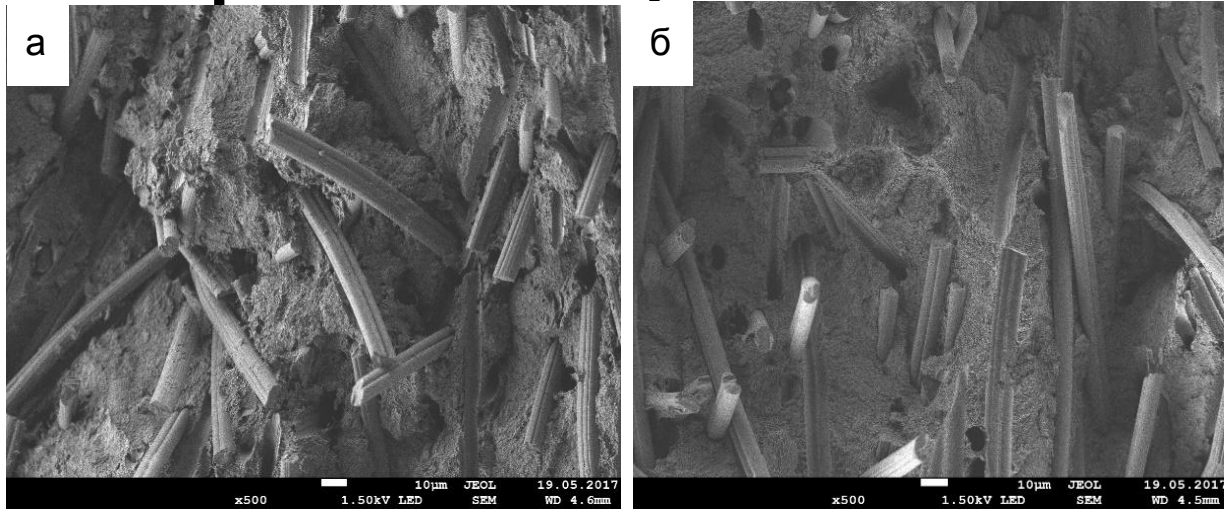


Результаты исследований триботехнических характеристик

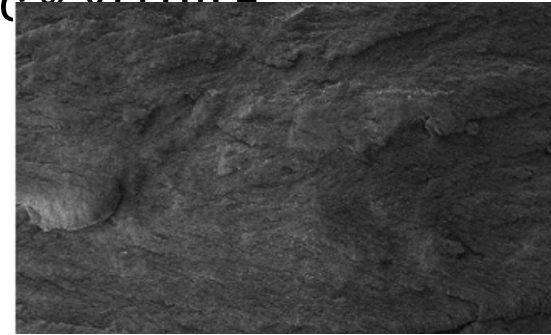
Образец	$J, 10^{-6}, \text{кг/ч}$	f
ПТФЭ исходный	160	0,22
ПТФЭ+6 мас.% УВ+1 мас.% Кл+1 мас.%УПТФЭ	0,18	0,24
ПТФЭ+8 мас.% УВ+1 мас.% Кл+1 мас.%УПТФЭ	0,17	0,23
ПТФЭ+6 мас.% УВ+1 мас.% Кл+1 мас.%УПТФЭ (СФ)	0,20	0,24
ПТФЭ+8 мас.% УВ+1 мас.% Кл+1 мас.%УПТФЭ (СФ)	0,16	0,23



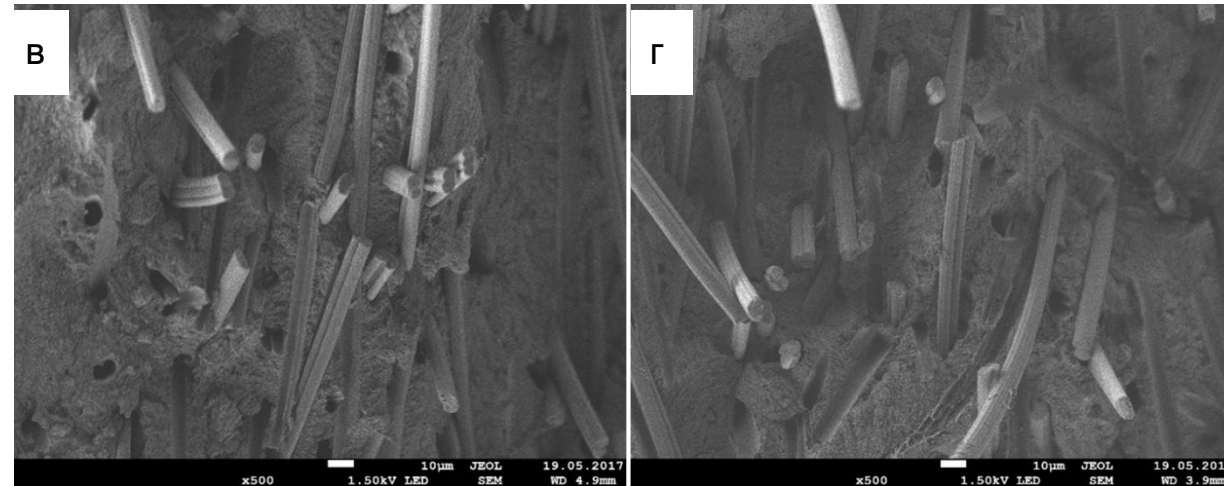
Результаты структурных исследований методом : Растровой Электронной Микроскопии



Структура наполненного ПКМ x500: а) ПТФЭ+6 мас.% УВ+1 мас.% Кл+1 мас.% УПТФЭ; б) ПТФЭ+6 мас.% УВ+1 мас.% Кл+1 мас.%УПТФЭ



Структура исходного ПТФЭ x500



Структура наполненного ПКМ x500: в) ПТФЭ+6 мас.% УВ+1 мас.% Кл+1 мас.% УПТФЭ(СФ); г) ПТФЭ+6 мас.% УВ+1 мас.% Кл+1 мас.%УПТФЭ(СФ)

Заключение

На основании проведенных работ можно сделать следующие выводы:

- Исследовано влияние наполнителей на физико-механические и триботехнические характеристики ПТФЭ. Показано, что введение наполнителей привело к увеличению прочности на сжатие и износостойкости, при сохранении деформации и коэффициента трения на уровне исходного полимера независимо от технологии спекания;
- Исследована структура ПТФЭ и композитов на его основе методом РЭМ. Показано, что структура композитов несколько отличается от надмолекулярной структуры ПТФЭ. Введение наполнителей приводит к образованию более рыхлой, дефектной структуры. Углеродные волокна расположены в полимере хаотично.

Использованная литература

1. Полимерные нанокомпозиты / Под ред. Ю-Винг Май, Жонг-Жен Ю. Пер. с англ. А.Е.Грахова: Техносфера, 2011. - 688 с.
2. Скотникова М.А., Мартынов М.А. Практическая электронная микроскопия в машиностроении: Монография.- СПб: - Изд-во ПИМаш, 2005.- 92 с.].
3. Калинина Л. С. и др. Анализ конденсационных полимеров. – 1984.
4. Погосян А.К. Трение и износ наполненных полимерных материалов. – М.: Наука, 1977. – 139 с.
5. С. А. Трифонов, А.А. Малыгин и др. Термостабильность полимерных композиций с модифицированным оксидом алюминия, Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева), 2008, т.LII,

Спасибо за внимание!