

Н.Т. Алматаев, Н. Каримходжаев, Т.О. Алматаев, И.С. Касимов  
Андижанский государственный технический институт,  
Андижан, Узбекистан, nozim\_almataev@mail.ru

## **ВЛИЯНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ НА ИХ ПАРАМЕТРЫ ШЕРОХОВАТОСТИ**

### **Аннотация.**

В данной работе были изучены физико-механические свойства композитов, полимерной смеси полипропилена (ПП) с добавлением порошка каолина с размером зерна 21-25 мкм. Полимерный композит был получен путем смешивания полимерной смеси с наполнителями для достижения необходимых свойств, таких параметров как предел плотности и модуль упругости при растяжении. Параметры шероховатости измеряли щуповым профилометром. Изучены зависимости физико-механических свойств полученных полимерных композиций от содержания модифицирующей системы. Получены зависимости коэффициента трения от шероховатости поверхности.

**Ключевые слова:** полимер, наполнитель, физико-механические свойства, шероховатость, коэффициент трения.

### **Введение.**

В последнее время все большее распространение и развитие получают полимерные композиционные материалы (ПКМ), в которых в качестве матрицы выступает полимер в чистом виде или полимерное связующее. Под полимерным связующим понимается композиция на основе полимера с добавлением различных добавок, таких как пластификаторы, стабилизаторы, растворители и др. [1,2].

Термопласты в свою очередь характеризуются более высокими ударной вязкостью, трещин стойкостью, более низкими, чем у реактопластов, остаточными напряжениями и химической усадкой, а также возможностью вторичной переработки и отсутствием выделения растворителей. Кроме того, для реактопластов характерны хрупкость и более длительный из-за протекания реакций отверждения цикл формования, в то время как для термопластов характерны неограниченная жизнеспособность сырья и полуфабрикатов из-за отсутствия реакций отверждения. Однако при этом термопласты отличаются более быстрым старением (необратимым ухудшением свойств под влиянием окружающей среды), более высокой вязкостью растворов и расплавов [3]. Также следует учитывать, что термопласты подразделяют на аморфные и частично кристаллические полимеры. Как один из важнейших представителей полиолефинов полипропилен (ПП), последнее время находит всё более широкое применение в автомобилестроении. Однако, в большинстве случаев многие характеристики полипропилена по себе оказываются недостаточными для эффективного применения в этой области. Поэтому после освоения промышленного производства полипропилена стали прибегать к его модификации, т.е. получение композита наполнителями различной природы, с целью улучшения эксплуатационных качеств материала. Для получения полимерных композитных материалов с улучшенными свойствами широко

используют модификацию полипропилена с различными добавками, способных к взаимодействию с полимерной матрицей. В основу этого метода легли представления о существенном влиянии надмолекулярной структуры, а также условий протекания релаксационных процессов на свойства базового полимера. При этом может наблюдаться комплексное улучшение свойств полимеров [4,5,6].

В целом физико-механические свойства полимерных композитов с дисперсными и волокнистыми наполнителями сильно зависят от размера, формы и распределения частиц наполнителя в полимерной матрице, а также от степени межфазной адгезии между наполнителем и матрицей [7,8].

Ю.С.Липатов [9,10] рекомендует, что статическую теорию распределения внутренних дефектов в твердом теле можно использовать для объяснения влияния наполнителя на свойства композиционных материалов. Наполнитель перераспределяется напряжение микротрещинах на большое количество центров и препятствует росту трещин. Повышение содержания наполнителя увеличивает перенапряжение необходимое для разрушения. По статической теории распределения внутренних дефектов и разрушений тонких слоях полимерных покрытий ниже, и следовательно, прочность их выше. При этом технологические и эксплуатационные свойства покрытий материала от механических свойств материала и свойств поверхностных пленок, структуры и наполнителей взаимодействия с основным материалом.

Изменение изменение их физико-механических и других свойств наполненных полимеров вызывает изменение триботехнических свойств и их параметров шероховатости [11-20].

Известно [21,22,23], что одним из эффективных способов улучшения композиционных материалов заключается в применении волокнообразных наполнителей, которые обладают по сравнению с полимерной матрицей повышенной прочностью, тем самым приводя к увеличению прочности получаемых композиционных материалов. Именно значительная протяженность волокон обеспечивает возможность их непосредственного участия в перераспределении нагрузки и оказывает армирующий эффект. Среди волокнистых наполнителей в настоящее время наибольшее распространение получило стекловолокно (СВ), обладающее существенно меньшей стоимостью и являющаяся весьма актуальной, чем углеродное волокно.

Целью данной работы являлась исследование влияние наполнителей каолина и стекловолокно(СВ) на физико-механические свойства базового полипропилена, производства «Uz Kor Gas Chemical» и влияние физико- механических свойств полученных полимерных композиций на шероховатости поверхности.

### **Методы исследования**

В данной работе использовался полипропилен марки ПП J370 с показателем текучести расплава(ПТР) 35 г/10 мин, производства СП ООО «Uz-Kor Gas Chemical», стекловолокно марки КСС CS 331, класса E, со средней длиной волокон 4,5 mm и диаметром 10 μm. а каолин производства ООО «Ангрен каолин» (Узбекистан).

Предварительно все компоненты ПП и наполнителей смешивали вручную в течение 15 минут и затем загружали в лабораторный двухшнековый экструдер. Температура ствола контролировалась и контролировалась термостатом. Температура головки также контролировалась термостатом и регулировалась вместе

с температурой цилиндра для обеспечения равномерного выхода. Температуру измеряют в разных зонах экструдера. Экструдер производил моноволокно диаметром 2 мм, которое охлаждали на воздухе. Монолит, полученная при скорости шнека (85 об/мин), была однородной и непрозрачной; его разрезали в виде гранул длиной (3-4) мм. Образцы для испытаний разного размера частиц (25) мкм наполнителя были изготовлены методом литья под давлением при температуре 220-240°C. Полученные образцы выдерживались при температуре 23°C и относительной влажности 50%, не менее 40 часов для измерения физико-механических параметров, согласно требованиям, соответствующих ISO и GMW.

Образцы для испытаний были изготовлены методом литья под давлением при температуре 220-240°C. Полученные образцы выдерживались при температуре 23°C и относительной влажности 50%, не менее 40 часов для измерения физико-механических параметров, согласно требованиям, соответствующих ISO и GMW.

Методы и условия испытаний композиций представлены в таблицах 1,2. При этом концентрация каолина изменялась 5,10,15,20,25,30 и СВ 2,5, 5 и 7,5 соответственно. Сделано это для оценки влияния каждого модификатора по отдельности. Параметры шероховатости измеряли щуповым профилометром марки ROTE-1001.

### Результаты и обсуждение.

Нами исследованы также физико-механические свойства исходного полипропилена и смеси исходного полипропилена, каолина и СВ. Для формирования композитов на основе полипропилена сополимера, наполненного стекловолокнами, рубленые волокна на первой стадии совмещались с полипропиленом в двухшнековом экструдере с дальнейшим литьем под давлением на второй стадии. Известно, что СВ, являясь полярным силикатом и алюмосиликатом, термодинамически несовместим с полипропиленом, поэтому применяли замасливатель в качестве ПАВ (поверхностно-активные вещества), который позволяет снизить поверхностное напряжение на границе раздела фаз, матрица – наполнитель.

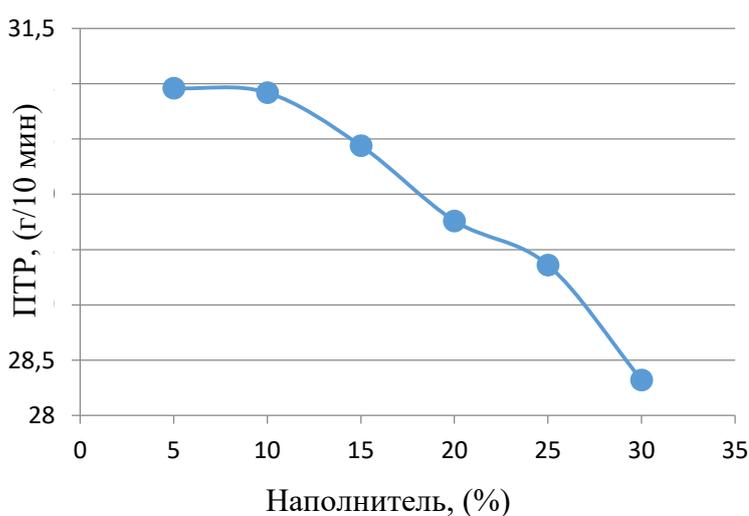


Рис. 1. Зависимость ПТР компаунда от содержания каолина

На рисунке 1 показана изменения ПТР полученного компаунда от содержания каолина. Видно, что добавление в базовый ПП каолина приводит к снижению ПТР. Например, при содержании каолина 10 %, ПТР компаунда равен 30,96 г/10 мин, а

увеличение содержание каолина на 30 % приводит к снижению ПТР компаунда на 28,32 г/10 мин.

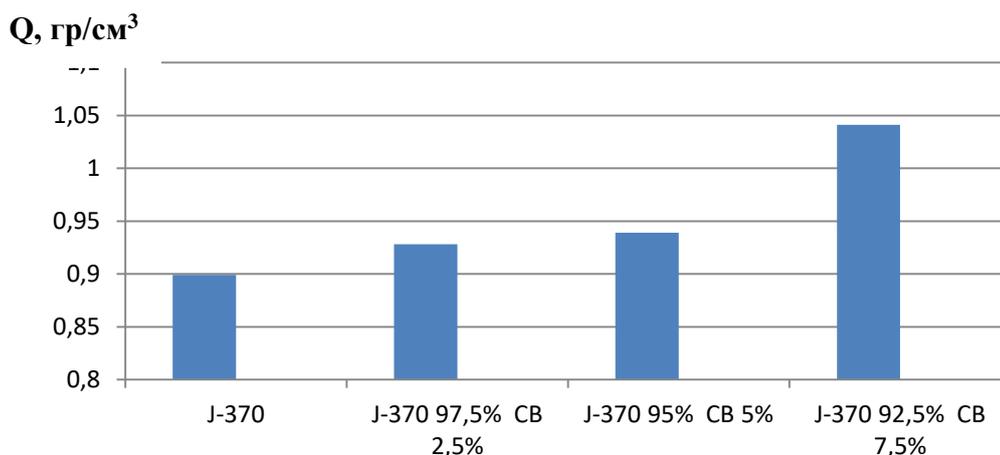


Рисунок 2. Зависимость плотности компаунда от содержания стекловолокно

На рисунке 2 показана диаграмма изменения плотности полученного компаунда от содержания стекловолокно. Из рисунка видно, что при добавлении СВ (массы в соотношении) плотность компаунда увеличивается это связано с высокой плотностью самого наполнителя. При этом изменение плотности конечного продукта соизмеримо с концентрацией добавленного модификатора.

На рисунке 3 показана диаграмма изменения ПТР компаундов от содержания стекловолокно. Добавление в базовый ПП стекловолокно приводит к снижению ПТР. Из полученных результатов видно, что достигается за счет добавления низко текучего СВ (ПТР=1гр/10мин). Можно сказать, что добавление СВ снижает вязкость системы пропорционально его доли.

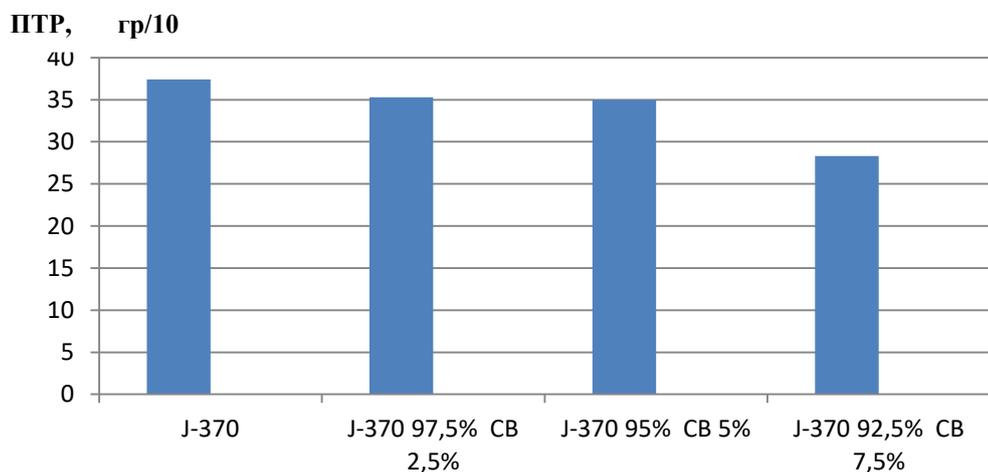


Рисунок 3. Зависимость ПТР компаунда от содержания стекловолокно

На Рисунке 4 показана зависимость упругости при растяжении компаундов от содержания СВ. Из рис.4 видно, что при добавлении СВ по 2,5% и 7,5%, модуль упругости при изгибе увеличивается на 30% и 55% за счет анизотропных свойств частиц талька. Также увеличивается температура изгиба под нагрузкой 1,8МПа на 18% и 22%. Но резко ухудшается относительное удлинение при разрыве на 54% и 85% (таб.1.).

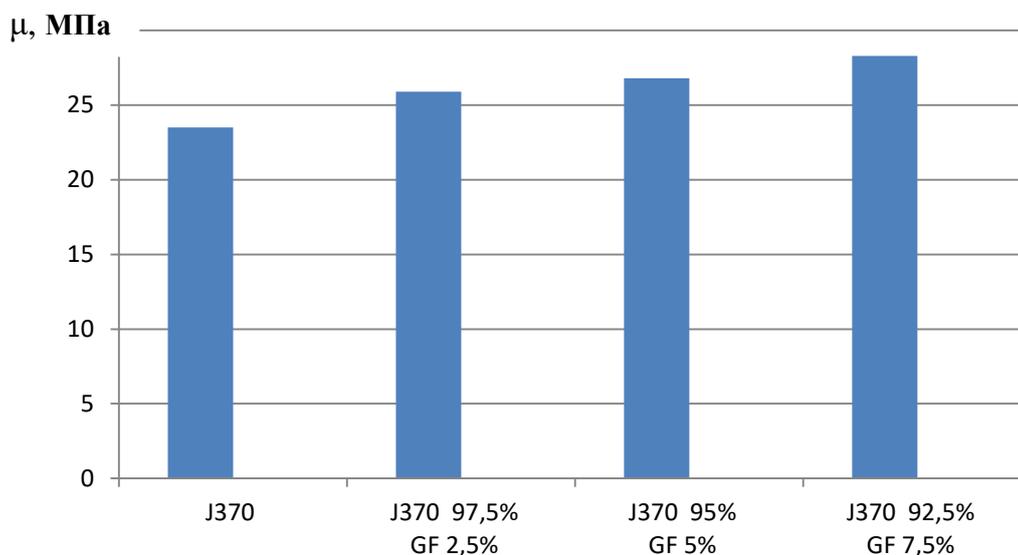


Рисунок 4. Зависимость модуля упругости при растяжении компаунда от содержания стекловолокно

Как видно из полученных результатов интенсивность роста модуля упругости при изгибе составляет 3,8; 4,4 и 4,6 раза соответственно.

В таблице 1 предоставлены физико-механические свойства исследованных компаундов.

Таблица 1 - Физико-механические свойства трех компонентных компаундов

Наименование	Методы испытаний	J370 100%	J370 97,5% GF 2,5%	J370 95% GF 5%	J370 92,5% GF 7,5%
Плотность, гр/см <sup>3</sup>	ISO 1183	0,899	0,928	0,939	1,041
Показатель текучести расплава, гр/10 мин	ISO 1133	37,42	35,3	35,0	28,3
Модуль упругости при изгибе, 2 мм/мин, МПа	ISO 178	1110	1690	1864	2310
Модуль упругости при растяжении, 1мм/мин, Мпа	ISO 527	1254	1710	1925	2390
Упругость при растяжении, 50 мм/мин, МПа	ISO 527	23,5	25,9	26,8	28,3
Ударная вязкость по Шарпис надрезом (+23°C), кДж/м <sup>2</sup>	ISO 179	4,1	3,8	4,2	4,89
Ударная вязкость по Шарпис надрезом (-30°C), кДж/м <sup>2</sup>	ISO 179	1,9	1,85	1,96	2,11
Температура изгиба под нагрузкой (1.8 Мпа), °C	ISO 75-1	53,5	94,3	88,6	98,5

Как видно из полученных данных в таблице 1, что с тальком и стекловолокном можно создать компаунд с регулируемыми свойствами исходя из требований потребителя.

Стоит отметить, что значение ударной вязкости увеличивается, то есть для разрушения опытных образцов требуется большое количество энергии как при плюсовой, так и при минусовой температуре. Но, на всех образцах наблюдается полное разрушение бруска при минусовой температуре. А также показатель текучести расплава снижается на 30%,40% и 60% соответственно, что наблюдается по мере увеличения содержания количества волокон в составе ПП увеличивается

вязкость композита и тем самым увеличивается физико-механические свойства композитных материалов.

Влияние физико-механических свойств полимерного композита на шероховатость определяется изменением их коэффициента трения, результаты которых приведены на рисунке 5.

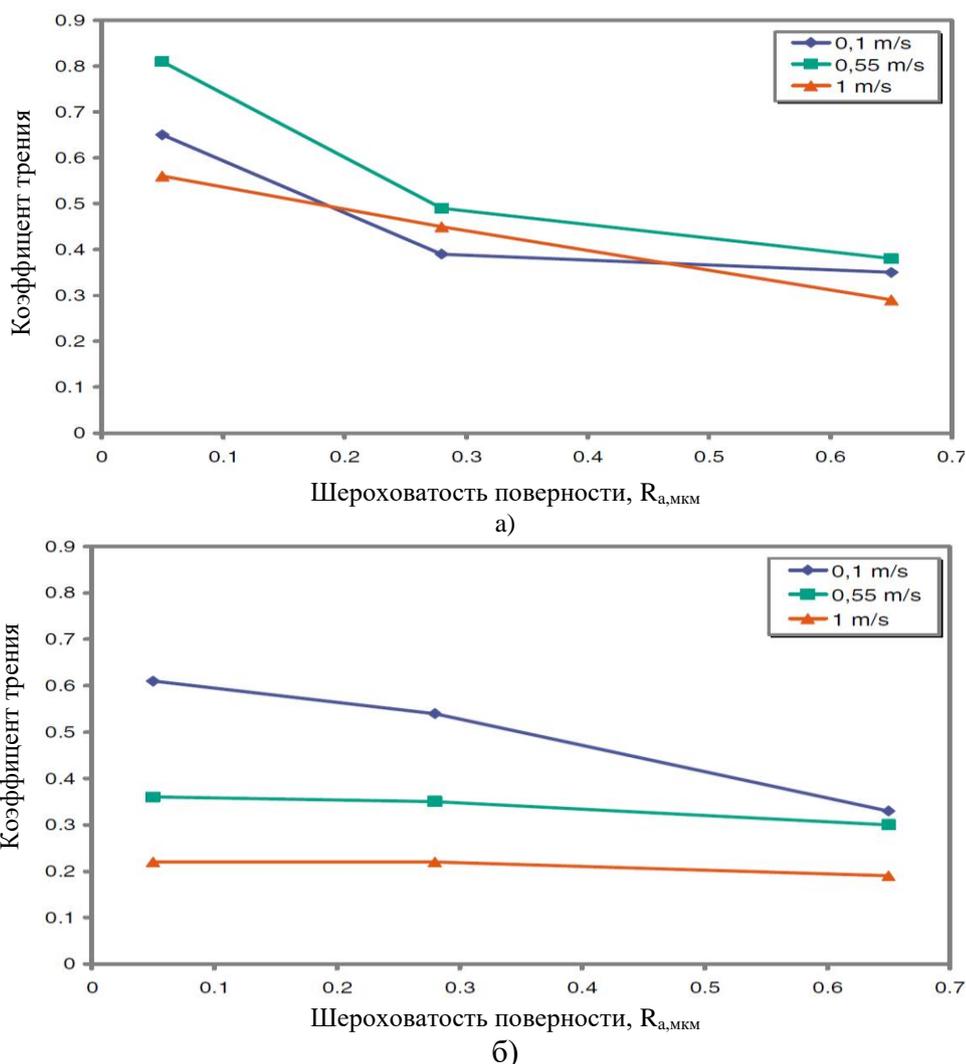


Рис.5. Изменения коэффициента трения от шероховатость поверхности (контактное давление (а) 5 N va (б) 10 N

Влияние шероховатости поверхности на процесс износ определяется ее начальными значениями. Наибольшая интенсивность износа наблюдается в начальный период, то есть в период приработки, так как после сглаживания неровностей износ несколько замедляется. Поэтому начальная шероховатость должна быть близка или равна установившийся шероховатости.

С увеличением шероховатости поверхности коэффициент трения уменьшается и при  $N=5$  Н,  $R_a = 0,1$  коэффициент трения составляет 0,55, 0,65 и 0,85 соответственно. Он постепенно уменьшается до минимального значения 0,35, 0,38 и 0,4 при  $R_a = 0,6-0,7$ .

Коэффициент трения уменьшается с увеличением шероховатости поверхности, и при  $N=10$  Н и  $R_a=0,1$  коэффициент трения составляет 0,22, 0,36 и 0,63 соответственно. Он постепенно уменьшается до минимального значения 0,2, 0,34 и 0,4 при  $R_a = 0,6-0,7$ .

Для данной пары оптимальные значения шероховатости поверхности для снижения износа определяются экспериментально

### Заключение

На основании проведенных исследований показана возможность регулирования значения физико-механических свойств полимерных композиционных материалов, варьируя концентрацией таких модификаторов как каолин и стекловолокно. Таким образом для достижения целей можно регулировать и другие важные характеристики компаунда. Можно сказать, что добавление каолина снижает вязкость системы пропорционально его доли, а с помощью стекловолокна можно получить полипропиленовые компаунды, с заранее предсказуемыми свойствами.

Влияние физико-механических свойств полимерного композита на шероховатость определяется изменением их коэффициента трения. Влияние шероховатости поверхности на процесс износ определяется ее начальными значениями. Наибольшая интенсивность износа наблюдается в начальный период, то есть в период приработки, так как после сглаживания неровностей износ несколько замедляется. Поэтому начальная шероховатость должна быть близка или равна установившейся шероховатости.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колосова А.С., Сокольская М.К., Виткалова И.А., Торлова А.С., Пикалов Е.С. Современные полимерные композиционные материалы и их применение. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований № 5, 2018
2. Сокольская М.К. Связующие для получения современных полимерных композиционных материалов /М.К. Сокольская, А.С. Колосова, И.А. Виткалова, А.С. Торлова, Е.С. Пикалов // Фундаментальные исследования. –№ 10–2. – С. 290–295, 2017.
3. Перфилов В.А. Строительное материаловедение. Технология конструкционных материалов: учебное пособие / В.А. Перфилов. – Волгоград: ВолгГАСУ. 104 с, 2014.
4. Горбунова И.Ю., Кербер М.Л. Модификация кристаллизующихся полимеров. // Пластические массы. 2000. № 9. С. 7-11.
5. S. Kagaku, S. Moritomi, T. Watanabe, S. Kanzaki. "Polypropylene Compounds for Automotive Applications Sumitomo Chemical Co., Ltd // Petrochemicals Research Laboratory – 2010. pp 1-16.
6. Lauke B., Pompe W. Relation between work of fracture and fracture toughness of short-fibre reinforced poly- mers//Compos. Sci. Technol.,-1988,-Vol31, -p.25-30.
7. Thio Y. S., Argon A. S., Cohen R. E., Weinberg M. "Toughening of isotactic polypropylene with CaCO<sub>3</sub> particles". Polymer, Vol.43, No. 13, PP. 3661- 3674, 2002.
8. Da Silva A.L.N., Rocha M.C.G., Moraes M.A.R., Valente C.A.R and Coutinho F.M.B. "Mechanical and rheological properties of composites based on polyolefin and mineral additives". Polym. Testing ,vol. 21, No. 1, 57 – 60, 2002.
9. Ю.С.Липатов, Т. Т. Алексеева. Особенности химической кинетики формирования взаимопроникающих полимерных сеток. — Успехи химии, 61:12 (1992), С.2187—2214
10. Ю.С.Липатов. Физико-химические основы наполнения полимеров. — М.: Химия, 1991,-345 стр.
11. В.В.Шапавалов и др. Триботехника.-Ростов на Дону: ФЕНИКС, 2017, -348 стр.
12. Э.Д.Браун. Современная трибология. Итоги и перспективы. –М.:Изд. ЛХИ, 2008, -480 стр.
13. Д.Н.Горкунов. Триботехника. Износ и безизносность. 4-издание .-М.: Изд. МСХА, 2001, -616 стр.

14. Д.Н.Горкунов. Триботехника.Конструирование, изготовление и эксплуатация машин. 5-издание.-М.: Изд. МСХА, 2002, -632 стр.
15. Н.С.Пенкин. Основы трибологии и триботехники. -М.:Машиностроение, 2008, -206 стр
16. Bharat Bhushan. Introduction tribology. -London,2013,P.701
17. Wang Q.J., Chung Y-W. (Eds.) Encyclopedia of Tribology. New York Heidelberg Dordrecht London, 2013. LI, in color. In 6 volumes.
18. Almataev T.O, Yusupov S.A., Almataev N.T. Kinetics of changes of tribotechnical properties of polymeric materials in period of running-in. E3S Web of Conferences 2023. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340105066>.
19. Almataev T.O, Yusupov S.A., Almataev N.T. Energetic self-organization and development of the structural scheme of a polymer fiber tribosystem. E3S Web of Conferences 2023. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340105065> .
20. Almatayev T.O., Odilov F.U., Almataev, N.T. Basic Tribotechnical Properties of Modified Composite Polymer Materials. International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. ISSN: 2350-0328. Vol. 5, Issue 5,2018.
21. Алматаев Н.Т., Шарипов. К.А. Исследование технологических свойств местных полимерных материалов машиностроительного назначения. Научный журнал Universum: технические науки. Март. 2020. 11(80). Часть 4. 69-73 стр.
22. Алматаев Н.Т. Исследования физико-механические свойств композиционных полимерных материалов машиностроительного назначения из местного сырья. Theoretical aspects in the formation of pedagogical sciences. International scientific-online
23. Almatayev N.T., Toychiyev X. Turgunaliyev E Ulkanov S. Improvement of physical and mechanical properties of plastic parts used in machine building. Научный журнал Universum: технические науки. Март. 2021. 3(84). Часть 4. 52-55 стр.

N.T. Almataev, N. Karimkhodjaev, T.O. Almataev, I.S. Kasimov  
Andijan State Technical Institute,  
Andijan, Uzbekistan, nozim\_almataev@mail.ru

## **INFLUENCE OF PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF THERMOPLASTIC POLYMER COMPOSITES ON THEIR ROUGHNESS PARAMETERS**

### **Abstract**

In this paper, the physical and mechanical properties of composites, a polymer mixture of polypropylene (PP) with the addition of kaolin powder with a particle size of 21-25  $\mu\text{m}$ , were studied. The polymer composite was obtained by mixing polymer mixtures with fillers to achieve properties such as ultimate density and modulus elasticity during preparation. The roughness parameters were measured with a probe profilometer. The dependences of the physical and mechanical properties of the obtained polymer compositions on the content of the modifying system were studied. The dependences of the friction coefficient on the surface roughness were obtained.

*Keywords:* polymer, filler, physical and mechanical properties, roughness, friction coefficient.