

September 2021

EFFECT OF TALC ON THE PROPERTIES OF A COMPOUND BASED ON ETHYLENE-PROPYLENE COPOLYMER

Ikromjon USMANOV

LLC JV "UZAUTO-CEPLA", Tashkent, Uzbekistan, iusmanov89@gmail.com

Farrukh KURBANBEKOV

LLC JV "UZAUTO-CEPLA", Tashkent, Uzbekistan, f.kurbanbekov@avtocepla.uz

Bobir AYKHODJAEV

Tashkent Chemical-Technological Institute, Tashkent, Uzbekistan, aykhodjaev@mail.ru

Ravshan ADILOV

Tashkent chemical-technological institute, Tashkent, Uzbekistan, adilov_ravshan@mail.ru

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/cce>

 Part of the [Polymer and Organic Materials Commons](#)

Recommended Citation

USMANOV, Ikromjon; KURBANBEKOV, Farrukh; AYKHODJAEV, Bobir; and ADILOV, Ravshan (2021) "EFFECT OF TALC ON THE PROPERTIES OF A COMPOUND BASED ON ETHYLENE-PROPYLENE COPOLYMER," *CHEMISTRY AND CHEMICAL ENGINEERING*: Vol. 2021 : No. 3 , Article 5.

DOI: 10.51348/DOHU5425

Available at: <https://uzjournals.edu.uz/cce/vol2021/iss3/5>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in CHEMISTRY AND CHEMICAL ENGINEERING by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact sh.erkinov@edu.uz.

EFFECT OF TALC ON THE PROPERTIES OF A COMPOUND BASED ON ETHYLENE-PROPYLENE COPOLYMER

*Ikromjon USMANOV*¹ (*i.usmanov@avtocepla.uz*), *Farrukh KURBANBEKOV*¹ (*f.kurbanbekov@avtocepla.uz*),
*Bobir AYKHODJAEV*² (*aykhodjaev@mail.ru*), *Ravshan ADILOV*² (*adilov_ravshan@mail.ru*)

¹LLC JV "UZAUTO-CEPLA", Tashkent, Uzbekistan

²Tashkent chemical technological institute, Tashkent, Uzbekistan

The aim of the research is to study the possibility of replacing Korean-made talc with inexpensive talc from an Afghan deposit, processed in Uzbekistan and used for the production of polypropylene compounds. In the future, these compounds are used for the manufacture of plastic car parts. A block copolymer produced by Uz Kor Gaz Chemical was chosen as a binder. For this, the influence of the content and type of talc on the properties of a compound based on an ethylene-propylene copolymer was studied.

The properties of the obtained compounds checked using ISO standards. The fractional composition of the studied types of talc, strength, thermophysical, gravimetric properties of compounds with different concentrations of talc were studied.

The results of studies of these properties of compounds based on ethylene-polypropylene copolymers modified with various types of talc filler revealed the possibility of obtaining materials with specified properties based on Afghan talc.

Keywords: talc, ethylene-propylene copolymer, tensile, flexural modulus, elongation, impact strength

ВЛИЯНИЕ ТАЛЬКА НА СВОЙСТВА КОМПАУНДА НА ОСНОВЕ ЭТИЛЕН-ПРОПИЛЕНОВОГО СОПОЛИМЕРА

*Икромжон УСМАНОВ*¹ (*i.usmanov@avtocepla.uz*), *Фаррух КУРБАНБЕКОВ*¹ (*f.kurbanbekov@avtocepla.uz*),
*Бобир АЙХОДЖАЕВ*² (*aykhodjaev@mail.ru*), *Равшан АДИЛОВ*² (*adilov_ravshan@mail.ru*)

¹СП ООО "UZAUTO-CEPLA", Ташкент, Узбекистан

²Ташкентский химико-технологический институт, Ташкент, Узбекистан

Целью исследований является изучение возможности замены талька Корейского производства более дешевым тальком из Афганистана, переработанного в Узбекистане и применяемого для производства полипропиленовых компаундов. В дальнейшем эти компаунды применяются для изготовления пластмассовых деталей автомобиля. В качестве связующего был выбран блок сополимер производства «Uz Kor Gaz Chemical». Для этого было изучено влияние содержания и вида талька на свойства компаунда на основе этилен-пропиленового сополимера

Проверка свойств полученных компаундов производилась по стандартам ИСО. Изучили фракционный состав исследуемых видов талька, прочностные, теплофизические, сравнительные свойства компаундов с различными концентрациями талька.

В результате исследований свойств компаундов на основе этилен-полипропиленовый сополимеров, модифицированных различными видами талька наполнителя, выявлена возможность получения материалов с заданными свойствами на основе талька из Афганистана.

Ключевые слова: тальк, этилен-полипропиленовый сополимер, прочность, удлинение, ударная вязкость

ETILEN-PROPILEN SOPOLIMERI ASOSIDAGI KOMPAUNDLARINING HOSSALARIGA TALKNING TA'SIRI

*Ikromjon USMANOV*¹ (*i.usmanov@avtocepla.uz*), *Farrux KURBANBEKOV*¹ (*f.kurbanbekov@avtocepla.uz*),
*Bobir AYKHODJAEV*² (*aykhodjaev@mail.ru*), *Ravshan ADILOV*² (*adilov_ravshan@mail.ru*)

¹МЧЖ "UZAUTO-CEPLA" ЖК, Ташкент, О'zbekistan

²Toshkent kimyo-texnologiya instituti, Toshkent, O'zbekiston

Tadqiqotning maqsadi: Koreyada ishlab chiqarilgan talkni Afg'oniston konidan keltirilib, O'zbekistonda qayta ishlangan arzon talk bilan almashirish, va polipropilen aralashmalari, kompaundi, ishlab chiqarishda ishlatish. Bunday kompaundlar avtomobilning plastik qismlarini ishlab chiqarish uchun ishlatiladi. Bog'lovchi sifatida Uz Kor Gaz Chemical tomonidan ishlab chiqarilgan blokli sopolimer tanlandi. Ishda talkning tarkibi va turining etilen-propilen sopolimeriga asoslangan kompaundlarning xususiyatlariga ta'siri o'rganildi.

Olingan birikmalarning xususiyatlari 2015 yildan keyin ishlab chiqarilgan va Davlat standartii tomonidan tasdiqlangan, eng so'ngi uskunalar yordamida tekshirildi. Tadqiqot ISO standartlariga muvofiq amalga oshirildi. Talkning turli xil konsentratsiyali birikmalarining mustahkamligi, termofizik va gravimetrik xossalari o'rganilgan, hamda turli talklarning fraksiyon tarkibi aniqlangan.

Natijada turli xil talk bilan modifikatsiya qilingan etilen-polipropilen sopolimerlari asosidagi kompaundlarning xususiyatlarini o'rganish, mahalliy talk asosida olingan materiallar xususiyatlari talab qilingan xossalarga va import qilinadigan xom ashyo o'rniga ishlatilishi mumkin.

Kalit so'zlar: talk, etilen-propilen sopolimeri, mustahkamlik, cho'zilish, zarb qovushqoligi

DOI: 10.51348/DOHU5425

Введение

На сегодняшний день применение полипропилена в автомобилестроении является одной из наиболее привлекательных и объемных областей. Полипропилен в этой области успешно заменяет металл в отдельных деталях конструкции автомобиля, при этом доля полимерной части в автомобиле неуклонно увеличивается с каждым годом и составляет до 50% в новых моделях [1].

Известно, что основные физико-механические характеристики полипропилена является недостаточными для эффективного применения в данной области и основными

привлекательными сторонами применения полипропилена является его низкая цена, доступность и главное возможность регулирования его свойств различными модификаторами [2-23].

Одними из важнейших модификаторов полимерных компаундов являются наполнители. Они являются универсальными и достаточно недорогими материалами, позволяющими регулировать свойства компаундов. Например, заметное влияние на модуль упругости наполненных композиций оказывает форма и размеры частиц наполнителя. Чаще всего в качестве наполнителя для сополимеров поли-

пропилена рекомендуется тальк, благодаря сочетанию его гидрофобности и цены. Свойства таких компаундов регулируются так же введением в их состав термопластичных эластомеров, которые повышают ударную прочность и морозостойкость материала. При этом для повышения жёсткости и теплостойкости полимера, которые несколько снижаются в результате введения эластомера, вводятся минеральные наполнители [24-26].

Целью данной работы являлось исследование влияния различных видов талька на свойства компаундов на основе полипропилена, и возможность замены импортируемого из Кореи более дешевым из Афганистана. К тому же при переработке талька на месте позволяет регулировать его свойства и обеспечивается своевременная доставка на производство.

Методы исследования

В связи с освоением в Республике Узбекистан производства различных видов полипропилена, является актуальным создание компаунда на их основе, в том числе для отечественной автомобильной индустрии. В работе использовался сополимер полипропилена и этилена (ПП) марки J370 производства UzKor Gaz Chemical, выпускающий продукции по технологии Mitsui. В качестве наполнителя использовался мелкодисперсный тальк марок КС 5000, КС 2000 производства компании KOCh.Co.Ltd, тальк отечественного производства МТ-1 с месторождения в Афганистане измельченный и переработанный в Узбекистане, и тальк из Каракалпакской республики марки МТ-2. Тальк из Каракалпакской респуб-

лики под маркой МТ-2 проявил негодность для изготовления полипропиленовых компаундов из-за низкой белизны, малого содержания силикат магния и большого количества твердых включений.

Перемешивание состава компаундов, проводили в лабораторном двух шнековом экструдере, при температуре в диапазоне от 180 °С до 220 °С и частоте вращения шнеков 80 об/мин. Предварительно все компоненты смешивали в течение 15 мин и загружали в лабораторный экструдер. Образцы готовились для испытаний методом литья под давлением.

Испытание на прочностные характеристики проводились в универсальной тест машине марки Tinius Olsen H25KT.

Ударные показатели снимались в приборе Tinius Olsen модели IT504. Текучесть и плотность материала определялось в приборах Tinius Olsen модели MP1200 и Alfa Mirage MD300, соответственно [27-35].

Результаты и обсуждения

Гравиметрические характеристики образцов талька были исследованы методом оптического светорассеяния и представлены в таблице 1.

Далее исследовались различные физико-механические свойства исходного полипропилена и смеси исходного полипропилена с тальком марки КС 2000, чей состав наиболее близок к отечественному, данные которых представлены в таблице 1.

В таблице 2 показаны методы испытаний, а также физико-механические свойства компаунда, состоящего из двух компонентов,

Таблица 1

Свойства талька различных марок

Наименование свойства	Единица измерения	Марка талька			
		КС 2000	МТ-1	КС 5000	МТ-2
Размеры частиц (D_{v10})	мкм	1,56	1,64	4,28	3,2
Размеры частиц (D_{v50})	мкм	5,0	5,15	20,1	27,8
Размеры частиц (D_{v90})	мкм	12	19,5	49,2	63,0
Удельная поверхность	м ² /кг	1949	1893	801,7	740,2
Белизна	*L	97	94	98	74
Содержание Fe	%	0,25	0,24	0,24	0,26
Маслоёмкость 1 рода	г/100г	56	55	54	59
Потери при прокаливании,	%	5,2	5,5	5,3	6,1
Удельный вес	г/см ³	0,28	0,28	0,28	0,3
Насыпная плотность	г/см ³	0,2	0,4	0,21	0,18
Влажность	%	0,3	0,3	0,25	0,32

Таблица 2

Физико-механические свойства компаунда на основе полипропилена J370 и талька марки КС 2000

Наименование свойства	Методы испытаний	J370	Количество талька, %			
			10	20	25	40
Плотность, г/см ³	ISO1183-A	0,9	1.0	1.05	1.1	1.2
Содержание золы, %	ISO3451-1	0	10	20	25	40
Показатель текучести расплава, г/10мин	ISO-1133	37	31	28.6	27.8	20.6
Модуль упругости при изгибе, 2 мм/мин, МПа	ISO-178	1066	1810	2282	2754	3910
Модуль упругости при растяжении, 1 мм/мин, МПа	ISO-527-1/2	1155	2104	2998	3438	3820
Упругость при растяжении, 50 мм/мин, МПа	ISO-527-1/2	23,4	27.1	27.2	27.2	27.1
Ударная вязкость по Шапри с надрезом(+23°C), кДж/м2	ISO-179/1EA	4,4	3.2	2.9	2.7	2.2
Ударная вязкость по Шапри с надрезом (-30°C), кДж/м2	ISO-179/1EA	1,9	1.6	1.59	1.54	1.25
Температура изгиба под нагрузкой(1.8 Мпа), МПа	ISO-75-2	44,4	59.1	65.5	72.2	79.1
Усадка после 48 часов, %	ISO-294	0,72	0.7	0.6	0.5	0.45

смесь полипропилена с тальком. При этом концентрация модификаторов менялась с 10% до 40%.

Результаты исследований свидетельствуют, что увеличение концентрации талька любой дисперсности и размера частиц имеют одинаковое влияние на свойства получаемого компаунда. Во всех случаях такие показатели как модуль упругости при изгибе и модуль упругости при растяжении увеличиваются. При этом наблюдается снижение ударных характеристик материала.

Для сравнения этих результатов со свойствами отечественного талька, представляет интерес проверить данные закономерности для талька МТ-1. Полученные данные представлены на рисунках 1-4.

На рисунке 1 показана диаграмма изменения плотности полученного компаунда от

содержания талька.

Рисунок 1 показывает, что при добавлении талька в концентрации 10% и 40% (масс. соотношении) плотность компаунда увеличивается на 10% и 30% соответственно, что связано с высокой плотностью самого талька ($\rho=2,82\text{г/см}^3$) и при этом изменение плотности соизмеримо с концентрацией добавленного модификатора.

Из рисунка 2 видно, что в базовый ПП добавление талька приводит к снижению ппоказателя текучести расплава (ПТР). В случае добавления талька 10% и 40% ПТР снижается на 10% и 34% соответственно. Из полученных результатов видно что повышение содержания талька оказывает сильный эффект на ПТР, что является важнейшим показателем при получении изделий из полимерных компаундов.

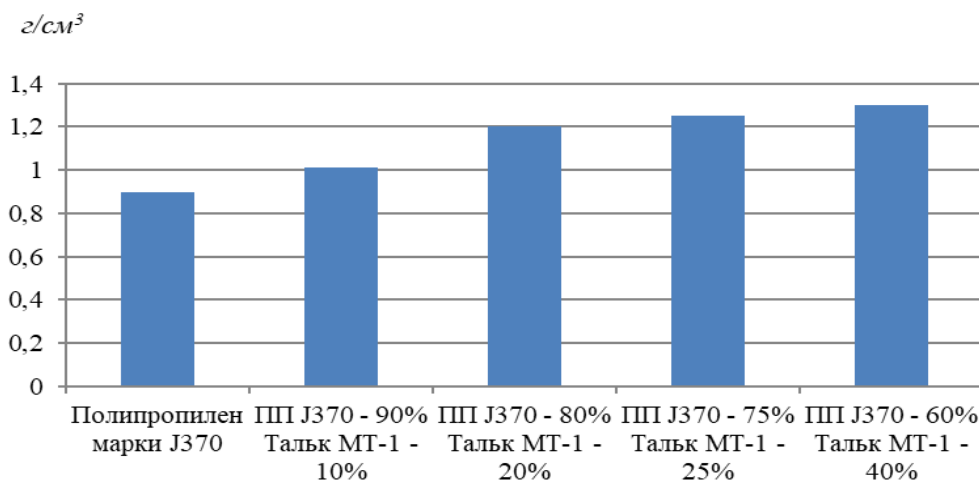


Рисунок 1. Зависимость плотности компаунда от содержания талька МТ-1.

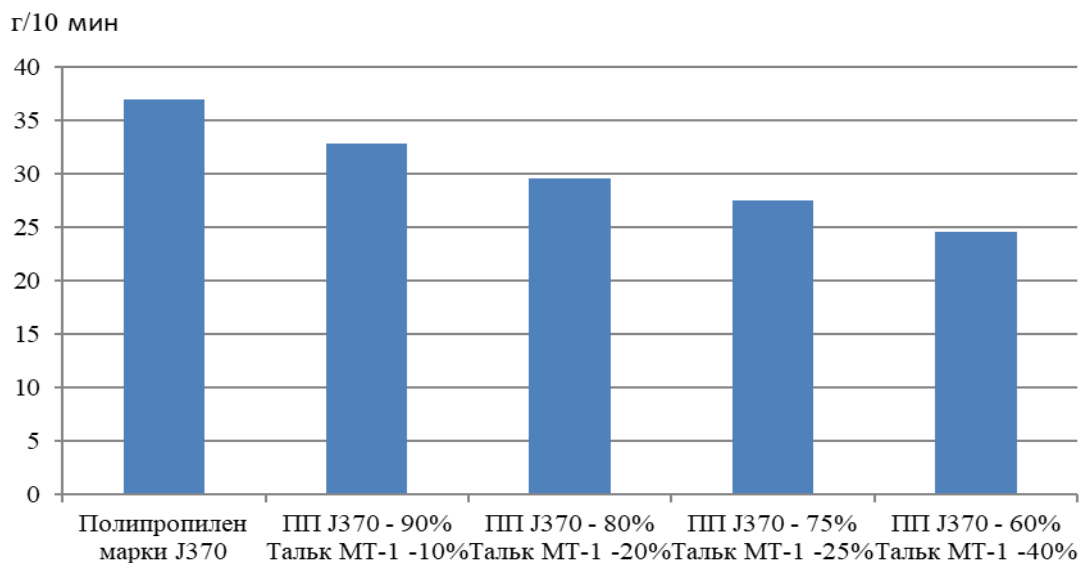


Рисунок 2. Зависимость показателя текучести расплава компаунда от содержания талька MT-1.

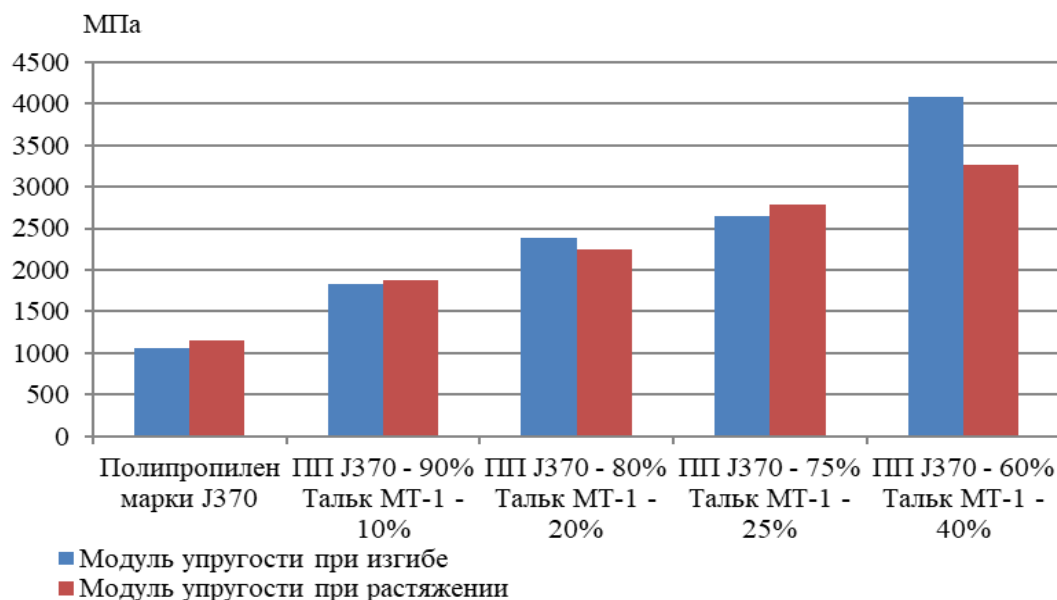


Рис. 3. Зависимость модуля упругости компаунда от содержания талька MT-1.

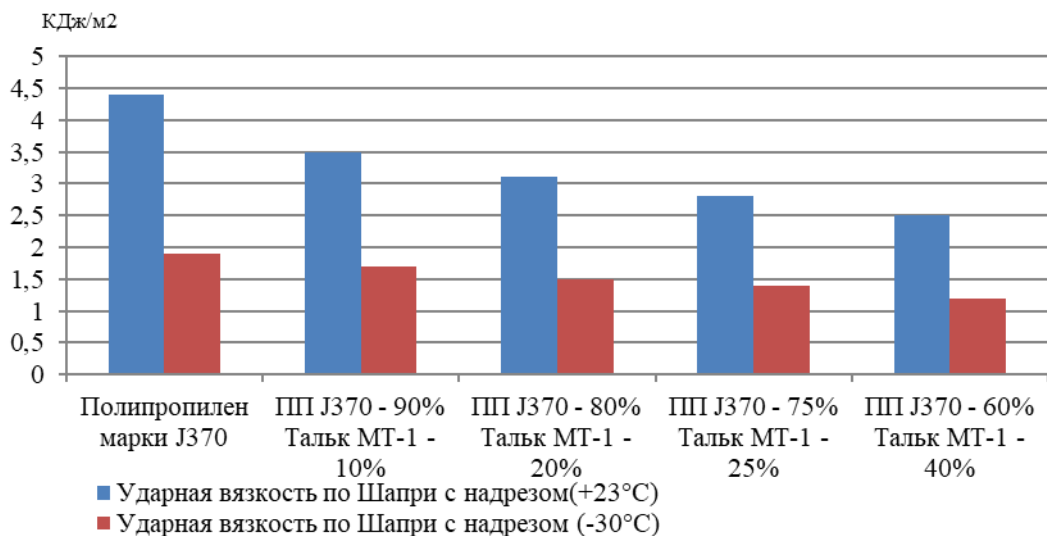


Рисунок 4. Зависимость ударной вязкости компаундов от содержания талька MT-1.

На рисунке 3 показана зависимость модуля упругости при растяжении и изгибе компаундов от содержания талька.

Как и ожидалось, за счет увеличения жесткости системы при добавлении талька от 10% до 40%, модуль упругости при изгибе увеличивается с 1066 МПа до 4088 МПа.

Исследование ударных характеристик так же показывает аналогичные закономерности, выявленные при изучении компаундов на основе талька КС 2000. Увеличение концентрации талька снижает эти характеристики.

Заключение

Сравнительный анализ применения талька из Кореи и Афганистана в качестве

наполнителя для производства полипропиленовых компаундов (в качестве связующего был выбран блок сополимер производства «Uz Kor Gaz Chemical») показал что, изменяя концентрацию и средний размер частиц талька можно регулировать такие важные характеристики компаунда, как показатель текучести расплава, прочность при растяжении и при изгибе, усадку и пр.

Полученные результаты позволяют рекомендовать тальк из Афганистана, переработанный в Узбекистане в продукт, удовлетворяющий требованиям, предъявляемым к наполнителям, как с технической, так и экономической в качестве наполнителя для полипропиленовых композиций.

REFERENCES

- Kagaku S., Moritomi S., Watanabe T., Kanzaki S. Polypropylene Compounds for Automotive Applications. *SUMITOMO KAGAKU*, 2010, no. 1. https://www.sumitomo-chem.co.jp/english/rd/report/files/docs/01_2010-1e.pdf
- Nikolaev A.F., eds. *Sinteticheskiye polymery i plasticheskiye massy na ikh osnovе* [Polymers and plastics based on them]. Moscow, Khimiya Publ., 1966. 768 p.
- Zweifel H., Ralph D., Schiler M. *Plastics additives handbook*. 6th ed. Carl Hanser Verlag, munich/FRG, 2009. 1126 p.
- White J.L., Choy D.D. *Polyolefins processing, structure development, and properties*. Cael Hanser Verlag, Munich/FRG, 2004. 306 p.
- Cornelia V., eds. *Handbook of polyolefins*, second edition, revised and expanded. New York, Marcel Dekker, Publ., 2000. 578 p.
- Kaminsky W., eds. *Polyolefins: 50 years after Ziegler and Natta*. Heidelberg, Papierfresserchens MTM-Verlag, Publ., 2013. 257 p.
- Al-Ali Al-Ma'adeed M., Krupa I., eds. *Polyolefin Compounds and Materials*. Switzerland, Springer International Publ., 2016. 354 p.
- Mazina L.A., Deberdeev T.R., Deberdeev R.Ya. Mineral'nyye antipireny dlya bezgalogennykh poliolefinovykh kompaundov [Mineral flame retardants for halogen-free polyolefin compounds]. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta*, 2015, vol. 18, no. 16, pp. 14-16. <https://cyberleninka.ru/article/n/mineralnye-antipireny-dlya-bezgalogennykh-poliolefinovykh-kompaundov/viewer>
- Khayrulin R.Z., Sukhanov P.P., Arkhiryev V.P. O vliyaniy gibkosti tsepi poliamidofira na svoystva polimer-polimernykh smesey polipropilen-poliamidaefir [On the influence of the flexibility of the polyamide ether chain on the properties of polymer-polymer mixtures polypropylene-polyamide ether] *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta*, 2007, no. 12, pp. 56-62. <https://cyberleninka.ru/article/n/o-vliyaniy-gibkosti-tsepi-poliamidofira-na-svoystva-polimer-polimernykh-smesey-polipropilen-poliamidofir/viewer>
- Zelentskiy A.N., Sizova M.D., Volkov V.P., Artem'yeva N.YU., Yegorova N.A., Nikol'skaya V.P. Mekhanokhimeskaya modifikatsiya poliolefinov v tverdom sostoyanii [Mechanochemical modification of polyolefins in solid state]. *Vysokomolekulyarnyye soyedineniya*, Seriya A, 1999, vol. 41, no. 5, pp. 798-804. <https://cyberleninka.ru/article/n/mehanokhimeskaya-modifikatsiya-poliolefinov-v-tverdom-sostoyanii/viewer>
- Usmanov I.T., Alimuxamedov M.G., Ayxodjaev B.B., Isaboev S.S. Juraev A.B. [Study of domestically produced polypropylene]. *Materialy mezhdunarodnoy konferentsii «Sovremennyye innovatsiy: ximiya i ximicheskaya texnologiya atsetilenovykh soedineniy. Nefeximiya, Kataliz»* [Materials of the international conference «Modern innovations: chemistry and chemical technology of acetylene compounds. Petrochemistry. Kataliz»]. Tashkent, 2018, pp. 158-159.
- Usmanov I.T., Alimuxamedov M.G., Ayxodjaev B.B. [Waste use for the creation of polypropylene compositions for the automotive industry]. *Zadachi oxrany okrujayuchey sredy v ximii i ximicheskix texnologiyax* [Environmental problems in chemistry and chemical technologies]. 3-Seksiya. Tashkent, 2020, pp. 146-148.
- Usmanov I.T., Ayxodjaev B.B., Tadjixodjaeva U.B. [Research of thermophysical properties of polypropylene copolymers]. *Materialy Mejdunarodnoy Konferentsii. «Aktualnyye problemy sovremennoy nauki i innovatsiy v Sentralno-Aziatskom regione»* [Materials of the International Conference. "Actual problems of modern science and innovation in the Central Asian region"]. Tashkent, 2020, pp. 653-654.
- Prorokova N.P., Vavilova S.Yu., Buznik V.M. Novyy podkhod k modifitsirovaniyu polipropilenovykh voloknistykh materialov v protsesse ikh polucheniya [A new approach to the modification of polypropylene fibrous materials in the process of their production]. *Dizayn. Materialy, Tekhnologiya*, 2013, vol. 5, pp. 93-97.
- Baştürk S. B., Guruşçu A., Tanoğlu M. Issledovaniye formovaniya smeshannykh volokon iz rasplava [Investigation of melt spinning of mixed fibers]. *Volokno i Polimer*, 2014, no. 9, pp. 1941-1949.
- Baştürk S.B., Guruşçu A., Tanoğlu M. Interfacial Properties of Aluminum/Glass-Fiber-Reinforced Polypropylene Sandwich Composites. *Mechanics of Composite Materials*, 2013, vol. 49, no. 3, pp. 465-476. DOI: 10.1007/s11029-013-9349-z
- Li Xinqi, He Liping, Zhou Haiye. Influence of modification with silicone oil on the properties of ramie fibers intended for reinforcement of composites based on polypropylene. *Mechanics of Composite Materials*, 2012, no. 3, pp. 2000-2004.
- Subhasish P., Kale D. New impact resistant polypropylene alloy containing a crosslinked rubber phase. *Journal of Applied polymer science*, 2000, vol. 76, no. 9, pp. 1480-1484. DOI:10.1002/(SICI)1097-4628(20000531)76:9<1480::AID-APP12>3.0.CO;2-K
- Park Seok-Won, YooSeong-Hwan, An Song-Tao, Chang Seung-Hwan. Material characterization of glass/polypropylene composite bone plates according to the forming condition and performance evaluation under a simulated human body environment. *Composites Part B: Engineering*, 2012, no. 43, pp. 1101—1108. <https://www.sciencedirect.com/journal/composites-part-b-engineering/vol/43/issue/3>
- Wei Han, Zhen Li, Zai-Qin Wang, Hua-Quan Yang. Preparation and Mechanical Properties of Polypropylene/Maleic Anhydride Compatibilized Polypropylene/Organo-Vermiculite Nanocomposites. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 2009, no. 48, pp. 374-378. DOI: 10.1080/03602550902725365
- Wang Z.-W., Hu J., An F.-Z., Goo X.-Q., Deng C., Zhang JShen K. Mechanical properties and morphology of polypropylene/nanomonmorillonite composites prepared by dynamic packing injection molding. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 2013, no. 52, pp. 1242-1249. DOI: 10.1080/03602559.2013.812218
- Satoru M., Tsuyoshi W., Susumu K. Polypropylene compounds for automotive applications. *SUMOTOMO KAGAKU*, 2010, no.1. https://www.sumitomo-chem.co.jp/english/rd/report/files/docs/01_2010-1e.pdf
- Bauman N.A. *Polucheniye vysoko udaroprochnykh kompozitsiy na osnove polipropilena i etilenpropilenovogo kauchuka: Diss. kand. tekhn. nauk* [Obtaining high-impact compositions based on polypropylene and ethylene-propylene rubber. Cand. tech. sci. diss.] Kazan, 2010. 154 p.

24. Bauman N.A. *Polucheniye vysoko udaroprochnykh kompozitsiy na osnove polipropilena i etilenpropilenovogo kauchuka: Diss. kand. tekhn. nauk* [Obtaining high-impact compositions based on polypropylene and ethylene-propylene rubber. Cand. tech. sci. diss.] Kazan, 2010. 154 p.
25. Esthappan S.K., Kuttappan S.K., Joseph R. Thermal and mechanical properties of polypropylene/titanium dioxide nanocomposite fibers. *Materials and Design*, 2012, vol. 37, May, pp. 537-542. DOI: 10.1016/j.matdes.2012.01.038
26. Fu D., Luan B., Argue S., Bureau M.N., Davidson I.J. Nano SiO₂ particle formation and deposition on polypropylene separators for lithium-ion batteries. *Journal of Power Sources*, 2012, vol. 206, May, pp. 325–333. DOI: 10.1016/j.jpowsour.2011.10.130
27. Ryzhakova I.G. *Tal'konapolnennyye kompozitsii polipropilena s etilenpropilenovym kauchukom s vysokim urovnem udaroprochnosti i tekuchesti raspavya, poluchenyye metodom reaktsionnogo kompaundirovaniya: Diss. kand. tekhn. nauk* [Talc-filled compositions of polypropylene with ethylene-propylene rubber with a high level of impact strength and melt flow, obtained by the method of reaction compounding. Cand. tech. sci. diss.] Kazan, 2015. 148 p.
28. Patrick C. *The Effect of talc mineral fillers on the physical properties of Ethylene-Octene/Polypropylene blends. 4th International Conference SPE Automotive TPO Global*. Dirborn, Michigan, 2015, pp. 52-56.
29. Kulezneva V.N., Xanthos M. *Functional Fillers for Plastics*. 2nd ed. New York, Wiley-VCH, 2010, 531 p. (Russ. ed.: Kulezneva V.N., Xanthos M. *Funktsional'nyye napolniteli dlya plastmass*. St. Petersburg, HOT Publ., 2010. 462 p).
30. Kovaleva N.Yu., Brevnov P.N., Grinev V.G., Kuznetsov S.P., Pozdnyakova I.V., Chvalun S.N., Sinevich Ye.A., Novokshonova L.A. Sintez nanokompozitov na osnove polietilena i sloistykh silikatov metodom interkalyatsionnoy polimerizatsii [Synthesis of nanocomposites based on polyethylene and layered silicates by intercalation polymerization]. *Vysokomol. Soyedineniya*, 2004, no. 6, pp. 1045-1051.