

Свойства композитов на основе изотактического полипропилена с никельсодержащими нанонаполнителями

Н. И. Курбанова, С. К. Рагимова, Т. М. Гулиева, Э. Г. Искендерова

Исследовано влияние добавок нанонаполнителей (НН), содержащих наночастицы (НЧ) оксида никеля, стабилизированные полимерной матрицей полиэтилена высокого давления (ПЭ), полученные механо-химическим методом, на особенности свойств композитов на основе изотактического полипропилена (ПП) методами рентгенофазового (РФА) и термогравиметрического (ТГА) анализов. Выявлено улучшение прочностных и деформационных показателей, а также термоокислительной стабильности полученных нанокомпозитов, что, по-видимому, связано с эффектом межфазного взаимодействия никельсодержащих наночастиц с полимерной матрицей. Показано, что нанокомпозиты на основе ПП могут перерабатываться как методом прессования, так и методами литья под давлением и экструзией. Небольшие количества нанонаполнителя, вводимые в полимер, играют роль структурообразователей — искусственных зародышей кристаллизации, что способствует возникновению в полимере мелкосферолитной структуры, характеризующейся улучшенными физико-механическими и термическими свойствами полученного нанокомпозита.

Ключевые слова: наночастицы оксида никеля, нанокомпозиты, изотактический полипропилен; физико-механические и термические свойства, РФА и ТГА анализы.

DOI: 10.30791/1028-978X-2023-10-26-32

Введение

В последние годы проявляется значительный интерес к композиционным материалам на основе полимерных матриц и наноразмерных частиц металлов, что обусловлено широким спектром их применения — от катализа до нанотехнологии в информационной технике. Уникальные свойства и улучшенные характеристики наноматериалов обусловлены их размерами, структурой поверхности и межфазным взаимодействием [1 – 3].

Развитие нанотехнологии открыло возможность проведения исследований в области композиционных наноматериалов и в настоящее время позволило перейти к созданию и использованию перспективных полимерных материалов для сенсоров, катализа, наноэлектроники и обладающих специфическими физико-механическими и эксплуатационными свойствами: повышенной тепло- и электропроводностью, высокой магнитной воспри-

имчивостью, способностью экранировать ионизирующее излучение [4 – 6].

Использование наночастиц металлов d-валентности (медь, кобальт, никель и др.) в составе полимеров позволяет получать принципиально новые материалы, которые находят широкое применение в радио- и оптоэлектронике в качестве магнитных, электропроводящих и оптических сред [4, 7].

Известно, что для улучшения эксплуатационных характеристик пластмасс применяются наполнители в количестве 30 – 50 масс. %. Наполненные пластмассы используют главным образом, как конструкционные материалы [8].

В современном мире различные виды полимерных композиционных материалов на основе нанонаполнителей активно вытесняют традиционные материалы [9].

Полимерные нанокомпозиты могут быть получены методом *in situ*, то есть путем полимеризации мономера в присутствии предварительно диспер-

гируемого в реакционной среде нанонаполнителя [10]. Метод введения нанонаполнителя в расплаве полимеров является более предпочтительным. Этот метод наиболее удобен для применения в современной промышленности. Он позволяет получать нанокompозитные полимеры широкому кругу производителей, что делает этот метод перспективным и экономически выгодным [11, 12].

Модификация изотактического полипропилена путем создания различных композиционных материалов позволяет значительно расширить области его применения. Наполненный изотактический полипропилен занимает одно из первых мест среди наполненных термопластов. В настоящее время все больше внимания уделяется разработке композитов с наноразмерными наполнителями. Такие композиционные материалы обладают более высокими показателями, чем композиционные материалы с микро- и макронаполнителями. Введение в изотактический полипропилен даже небольшого количества наноразмерного наполнителя может существенно повысить физические свойства, улучшить барьерные качества, повысить термостойкость, электропроводность и др. [7, 12].

Использование дисперсных нанонаполнителей позволяет управлять структурой и свойствами материалов за счет зародышеобразующих и ориентационных эффектов, изменения конформации макромолекул, их химического связывания с поверхностью наночастиц и “залечивания” дефектов структуры [13 – 15].

Цель работы — получение и исследование свойств нанокompозитов на основе изотактического полипропилена с применением в качестве нанонаполнителя металлосодержащих наночастиц, стабилизированных полимерной матрицей.

Экспериментальная часть

В работе использованы: изотактический ПП “Каплен” (Россия) марки 01 030 с молекулярной массой $\sim (2 - 3) \cdot 10^5$, индексом полидисперсности 4,5, пределом текучести расплава (ПТР) — 2,3 – 3 г/10 мин (температура 190 °С, нагрузка 2,16 кг); в качестве нанонаполнителей (НН) применяли наночастицы оксида никеля, стабилизированные полимерной матрицей полиэтилена высокого давления, полученные механохимическим способом (НЧNiO). Содержание наночастиц 5 масс. %, размер $36 \pm 1,0$ нм, степень кристалличности 35 – 45 % [16, 17]. Соотношение компонентов композиции, масс. %: ПП/НН = 100/(0,3; 0,5; 1,0).

Нанокompозитные полимерные материалы получены путем смешения ПП с никельсодержащим нанонаполнителем на лабораторных вальцах при температуре 160 – 165 °С в течение 15 мин. Для проведения механических испытаний полученные смеси прессовали в виде пластин толщиной 1 мм при 190 °С и давлении 10 МПа в течение 10 мин.

Физико-механические показатели полученных композиций определяли на приборе РМИ-250.

Рентгенофазовый анализ (РФА) полученных композиций проведен на приборе D2 Phaser фирмы Bruker, Германия.

Термостабильность исследуемых образцов нанокompозитов изучали на дериватографе марки Q-1500D фирмы MOM, Венгрия. Испытания проведены в атмосфере воздуха в динамическом режиме при нагреве образца 5 град·мин⁻¹ от 20 до 500 °С, масса навесок 100 мг, чувствительности каналов дифференциального термического анализа (ДТА) — 250 мкВ, термогравиметрического анализа (ТГ) — 100, дифференциальной термогравиметрии (ДТГ) — 1 мВ.

Результаты и их обсуждение

Получены нанокompозитные полимерные материалы на основе ПП с никельсодержащими нанонаполнителями. Исследованы физико-механические, теплофизические и термические свойства полученных нанокompозитов представленные в табл. 1 и 2.

Как видно из данных табл. 1, введение в состав композиции 0,3 – 0,5 масс. % НН приводит к росту показателя прочности от 31,5 до 34,1 МПа. Увеличение концентрации нанонаполнителя более 0,5 масс. % ведет к снижению прочности композита до 32,2 МПа, что, вероятно, обусловлено агрегацией наночастиц, приводящей к формированию микродефектов в объеме полимерной матрицы. Введение в состав композиции 0,3 – 0,5 масс. % нанонаполнителя приводит к увеличению величины деформации при разрыве композита в 1,2 раза, что, по-видимому, связано с эффектом межфазного взаимодействия никельсодержащих наночастиц в матрице ПЭ с макромолекулой изотактического ПП, взаимное влияние которых способствует увеличению как величины деформации, так и показателя прочности.

Исследование теплостойкости по Вика полученных композиций показало, что введение в состав ПП нанонаполнителя приводит к сохранению показателя теплостойкости на уровне 165 °С.

Таблица 1

Физико-механические показатели полученных нанокompозитов

Состав композиции ПП/НН, масс. %	Предел прочности, σ_p , МПа	Относительное удлинение при разрыве, ϵ_p , %	Теплостойкость по Вика, °С	Показатель текучести расплава ПТР, г/10 мин
100/0	31,5	34	165	2,5
100/0,3	32,7	36	165	3,1
100/0,5	34,1	42	165	4,5
100/1,0	32,2	40	165	5,8

Table 1

Physico-mechanical parameters of the obtained nanocomposites

Таблица 2

Термические свойства исследуемых образцов нанокompозитов

Состав композиции ПП/НН, масс. %	Температура плавления, $T_{пл}$, °С	Температуры распада исследуемых образцов, °С			Время полураспада, $\tau_{1/2}$, мин	Энергия активации распада термоокислительной деструкции, E_a , Дж·моль ⁻¹
		10 % распада T_{10}	20 % распада T_{20}	50 % распада T_{50}		
100/0	145	235	285	335	63,2	145,79
100/0,3	145	265	315	355	65,7	165,32
100/0,5	145	285	335	380	72,1	180,77
100/1,0	145	275	325	365	67,8	168,45

Table 2

Thermal properties of the studied samples of nanocomposites

При исследовании показателя текучести расплава (ПТР) показано, что увеличение содержания нанонаполнителя (0,3 – 0,5 масс. %) способствует росту ПТР до 4,5 (0,5 масс. %) и 5,8 г/10 мин (1,0 масс. %), что свидетельствует об улучшении текучести композиции и возможности переработки ее путем литья под давлением и экструзией.

На рис. 1 представлены дифрактограммы РФА исходного ПП и ПП с никельсодержащим нанонаполнителем. Показаны рефлексы, соответствующие ПП: d_{hkl} 6,19929; 5,17135; 4,73608; 4,48713; 4,17687; 4,03424; 3,47038; 3,11297; 2,11651 Å. На дифрактограмме образца ПП/НН (рис. 1b) наблюдаются также рефлексы, характерные для никель-

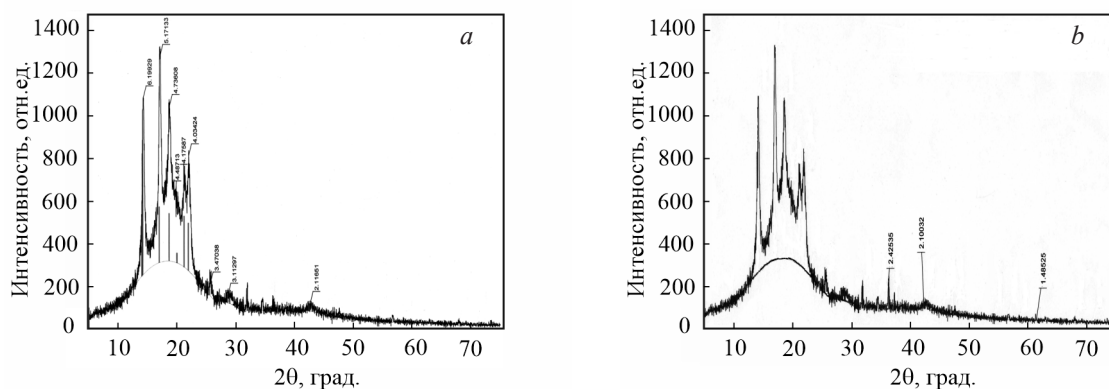


Рис. 1. Дифрактограммы образцов: *a* — ПП, *b* — ПП/НН

Fig. 1. Diffractogram of the samples: *a* — PP, *b* — PP/NF.

содержащих наночастиц: d_{hkl} 2,42535; 2,10037; 1,48525 Å, что соответствует по картотеке ASTM ряду d_{hkl} оксида никеля — NiO. [d-Spacings (20) – 01-071-3645 (Fixed Slit Intensity) — Cu $K_{\alpha 1}$ 1,54056 Å. Entry Date: 11/19/2008, Last Modification Date: 01/19/2011]

Термостабильность исследуемых образцов на основе ПП, содержащих нанонаполнитель с наночастицами оксида никеля оценивали по величине энергии активации распада термоокислительной деструкции (E_a), рассчитанной методом двойного логарифмирования по кривой ТГА по методике [18], по температуре 10 %-го (T_{10}), 20 %-го (T_{20}), 50 %-го (T_{50}) распада исследуемых образцов, а также по времени их полураспада — $\tau_{1/2}$. Полученные в результате дериватографических исследований данные приведены в табл. 2.

Как видно из данных табл. 2, введение нанонаполнителя, содержащего наночастицы оксида никеля, в состав композиции способствует значительному повышению температуры распада образцов: T_{10} на 30 – 50 °С, T_{20} на 35 – 50 °С, T_{50} на 25 – 50 °С; время полураспада $\tau_{1/2}$ увеличивается от 63,2 до 72,1 мин, энергия активации распада термоокислительной деструкции (E_a) полученных нанокompозитов повышается от 145,79 до 180,77 кДж/моль.

Дериватографические исследования показали, что введение нанонаполнителя, содержащего НЧ оксида никеля, в состав композиции способствует улучшению термоокислительной стабильности полученных нанокompозитов.

Многочисленные экспериментальные данные по механическим, прочностным, релаксационным и др. свойствам смесей полимер-полимер, полимер-наполнитель находят объяснение в рамках представлений о наличии межфазного слоя [19].

На свойства полимерных композитов заметно влияет надмолекулярная структура полимера (размер сферолитов, степень кристалличности, наличие С=О группы и разных разветвлений и т.п.) и межфазное взаимодействие на границе раздела.

Используемые в работе металлсодержащие наночастицы, располагаясь в межфазном слое структурных элементов ПП, способствуют формированию в расплаве композиции гетерогенных центров зародышеобразования, которые в процессе ступенчатого охлаждения нанокompозита способствуют увеличению центров кристаллизации, приводящих в целом к улучшению процесса кристаллизации и формированию относительно мелко-сферолитной структуры [20].

Выводы

Исследовано влияние наночастиц оксида никеля, стабилизированных матрицей полиэтилена высокого давления, полученных механохимическим методом, на свойства композитов на основе изотактического ПП.

Дифрактограммы РФА подтверждают наличие наночастиц оксида никеля в составе композита на основе ПП.

Выявлено улучшение прочностных, деформационных показателей, а также термоокислительной стабильности полученных нанокompозитов, что, по-видимому, связано с эффектом межфазного взаимодействия никельсодержащих наночастиц с полимерной матрицей.

Показано, что нанокompозиты на основе ПП могут перерабатываться как методом прессования, так и методами литья под давлением и экструзией.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что небольшие количества нанонаполнителей, вводимые в полимер, очевидно, играют роль структурообразователей — искусственных зародышей кристаллизации, что способствует возникновению в полимере мелко-сферолитной структуры, характеризующейся улучшенными физико-механическими и термическими свойствами полученного нанокompозита.

Литература/References

1. Joseph H. Koo. Polymer nanocomposites. Processing, characterization and applications. New York: McGraw-Hill. Nanoscience and Technology Series, 2006, 289 p.
2. Суздаев. И.П., Суздаев П.И. Нанокластеры и нанокластерные системы. Успехи химии, 2001, т. 70, № 3, с. 203 – 240.
 - Suzdalev I.P., Suzdalev P.I. Nanoklastery i nanoklasternye sistemy [Nanoclusters and nanocluster systems]. Uspexhi khimii [Russian chemical reviews], 2001, v. 70, no. 3, pp. 203 – 240.
3. Помогайло А.Д. Гибридные полимер-неорганические нанокompозиты. Успехи химии, 2000, т. 6, № 1, с. 60 – 89.
 - Pomogaylo A.D. Gibridnye polimer-neorganicheskie nanokompozity [Hybride polymer-inorganic nanocomposites]. Uspexhi khimii [Russian chemical reviews], 2000, v. 69, no. 1, pp. 60 – 89.
4. Помогайло А.Д., Розенберг А.С., Уфлянд И.Е. Наночастицы металлов в полимерах. М.: Химия, 2000, 672 с.
 - Pomogaylo A.D., Rozenberg A.S., Uflyand I.E. Nanochastitsy metallov v polimerakh [Nanoparticles of metals in polymers]. Moscow, Khimiya Publ., 2000, 672 p.

5. Третьяков А.О. Полимерные нанокompозиты — материалы XXI века. Оборудование и инструменты для профессионалов, 2003, № 2 (37), с. 18 – 20.
- Tret'yakov A.O. Polimernye nanokompозиты — materialy XXI veka [Polymer nanocomposites — materials of XXI century]. Oborudovaniye i instrument dlya professionalov [Equipment and instruments for professionals], 2003, no. 2(37), pp. 18 – 20.
6. Михайлин Ю.А. Полимерные нанокompозиционные материалы. Полимерные материалы, 2009, № 7, с. 10 – 13.
- Mikhaylin Yu.A. Nanokompозитniye polimerniye materialy [Polymer nanocomposition materials], Polimernye materialy [Polymer materials], 2009, no. 7, pp. 10 – 13.
7. Gubin S.P., Yurkov G.Yu., Kosobudsky I.D. Nanomaterials based on metal-containing nanoparticles in polyethylene and other carbon-chain polymers. International Journal of Materials and Product Technology, 2005, v. 23, no. 1 – 2, pp. 2 – 25.
8. Энциклопедия полимеров. М.: Совет. Энциклопедия, 1974, т. 2, с. 328.
- Enziklopediya polimerov [Encyclopaedia of polymers]. Moscow, Soviet Encyclopedia Publ., 1974, v. 2, 328 p.
9. Фостер Л. Нанотехнологии. Наука, инновации и возможности. М.: Техносфера, 2008, 352 с.
- Foster L.E. Nanotechnology: Science, Innovation, and Opportunities. Prentice Hall Publ., 2005, 336 p. ISBN-10: 0137025750.
10. Антипов Е.М., Баранников А.А., Герасин В.А. и др. Структура и деформационное поведение нанокompозитов на основе полипропилена и модифицированных глин. Высокомолекулярное соединение. 2003, А. т. 45, № 11, pp. 1885 – 1898.
- Antipov E.M., Barannikov A.A., Gerasin V.A. et al. Sruktura u deformazionnoye povedeniye nanokompозитov na osnove PP i modifizirovannykh glin [Structure and deformation behaviour of nanocomposites on the basis of PP and modified clays]. Vysokomolekulyarnye soedineniy [Polymer science. Series A], 2003, v. 45, no. 11, pp. 1874 – 1884.
11. Ковальчук А.А., Щеголихин А.Н., Дубникова И.Л. и др. Нанокompозиты полипропилен/многостенные углеродные нанотрубки: получение методом полимеризации in situ и свойства. Пластические массы, 2008, № 5, с. 27 – 30.
- Kovalchuk A.A., Shchegolikhin A.N., Dubnikova I.L. Nanokompозиты polipropilen/mnogostennyye ugle-rodnyye nanotrubki: polucheniye metodom polimerizatsii in situ i svoystva [Nanocomposites polypropylene/multi-walled carbon nanotubes: preparation by in situ polymerization and properties]. Plasticheskiye massy [Plastic masses], 2008, no. 5, pp. 27 – 30.
12. Систер В.С., Иванникова Е.А., Ломакин С.М. Сравнительный анализ термостабильности полимерных нанокompозитов на основе полипропилена. Наноматериалы и нанотехнологии, 2012, № 3, с. 13 – 28.
- Sister V.S., Ivannikova E.A., Lomakin S.M. Sravnitel'nyy analiz termostabil'nosti polimernykh nanokompозитov na osnove polipropilena. [Comparative analysis of thermal stability of polymer nanocomposites based on polypropylene]. Nanomaterialy i nanotekhnologii [Nanomaterials and nanotechnology], 2012, no. 3, pp. 13 – 28.
13. Курбанова Н.И., Алимierzоева Н.А., Кулиев А.М., Гусейнова З.Н., Ищенко Н.Я. Металлсодержащие нанокompозиты на основе изотактического полипропилена. Перспективные материалы, 2018, № 11, с. 60 – 67.
- Kurbanova N.I., Alimirzoyeva N.A., Kuliev A.M., Ishenko N.Ya. Metal-Containing Nanocomposites on the Basis of Isotactic Polypropylene. Inorganic Materials: Applied Research, 2019, v. 10, no. 2, pp. 411 – 415.
14. Кахраманов Н.Т., Гулиев А.Д., Абдуллин М.И., Аллахвердиева Х.В. Термодеформационные свойства динамически вулканизованных термоэластопластов на основе рандом полипропилена и бутадиен-нитрильного каучука Перспективные материалы, 2021, № 7, с. 49 – 55.
- Kakhramanov N.T., Guliyev A.J., Abdullin M.I., Allahverdiyeva Kh.V. Thermodeformation properties of dynamically vulcanized thermoplastic elastomers based on random polypropylene and nitrile butadiene rubber. Inorganic Materials: Applied Research, 2022, v. 13, no. 2, pp. 442 – 446.
15. Курбанова Н.И., Алимierzоева Н.А., Гусейнова З.Н., Ищенко Н.Я., Альев А.Т., Гулиева Т.М., Рагимова С.К. Металлсодержащие нанокompозиты на основе изотактического полипропилена. Пластические массы, 2020, № 1 – 2, с. 23 – 25.
- Kurbanova N.I., Alimirzoyeva N.A., Huseynova Z.N., Ishchenko N.Ya., Aliev A.T., Guliyeva T.M., Ragimova S.K. Metalsoderzhshchiye nanokompозиты na osnove izotakticheskogo polipropilena [Metal-containing nanocomposites based on isotactic polypropylene] Plasticheskiye massy [Plastics], 2020, no. 1 – 2, pp. 23 – 25.
16. Курбанова Н.И., Алимierzоева Н.А., Гусейнова З.Н., Нуруллаева Д.Р. Ecological Method of Preparation of Metal-Containing Nanoparticles in Polyethylene Matrix, 3rd International Turkic World Conference on Chemical Sciences and Technologies. (ITWCCST 2017). Baku. Azerbaijan. 10-13 Sept. 2017. Book of Proceedings. pp. 24 – 26.
17. Zeynalov E.B., Kurbanova N.I., Mirzoyeva N.A., Dunyamaliyeva A.I., Ishenko N.Ya. Obtaining a polyethylene composition containing metal nanoparticles, 6th International Caucasian Symposium on Polymers & Advanced Materials. Georgia. Batumi. 2019, 17 – 20 July, p.116.
18. Куренков В.Ф. Практикум по химии и физике полимеров. М.: Химия, 1990, 299 с.
- Kurenkov V.F. Praktikum po khimii i fizike polimerov [Practical work on the chemistry and physics of polymers]. Moscow, Khimiya Publ., 1990, 299 p.

19. Помогайло А.Д. Молекулярные полимер-полимерные композиции. Синтетические аспекты. Успехи химии, 2002, т. 71, № 1, с. 5 – 23.
- Pomogaylo A.D. Molekulyarnyye polimer-polimernyye kompozitsii. Sintecheskiye aspekty. [Molecular polymer-polymer compositions. Synthetic Aspects]. Uspekhi khimii [Chemistry Advances], 2002, v. 71, no. 1, pp. 5 – 38.
20. Кулезнев В.Н. Смеси и сплавы полимеров. Конспект лекций. СПб.: Научные основы и технологии, 2013, 216 с.
- Kuleznev V.N. Blends and alloys of polymers. Lecture notes [Smesi i splavy polimerov. Konspekt lektsiy] St. Petersburg: Nauchnyye osnovy i tekhnologii, 2013, 216 p.

*Статья поступила в редакцию — 21.03.2023 г.
после доработки — 03.04.2023 г.
принята к публикации — 04.04.2023 г.*

Курбанова Нушаба Исмаил кызы — Институт полимерных материалов Министерства Науки и Образования Азербайджанской Республики (Az5004, г. Сумгайыт, Азербайджан, ул.С.Вургуна, 124), доктор химических наук, заведующая лабораторией, специалист в области разработки композиционных материалов, а также нанокompозитов, на основе эластомеров и термопластов и их бинарных смесей. E-mail: ipoma@science.az.

Рагимова Севиндж Кязим кызы — Институт полимерных материалов Министерства Науки и Образования Азербайджанской Республики (Az5004, г. Сумгайыт, Азербайджан, ул.С.Вургуна, 124), диссертант, специалист в области разработки композиционных материалов. E-mail: ipoma@science.az.

Гулиева Туркан Мушвиг кызы — Институт полимерных материалов Министерства Науки и Образования Азербайджанской Республики (Az5004, г. Сумгайыт, Азербайджан, ул.С.Вургуна, 124), старший научный сотрудник, специалист в области разработки композиционных материалов. E-mail: ipoma@science.az.

Искендерова Эсфира Гудрат кызы — Институт полимерных материалов Министерства Науки и Образования Азербайджанской Республики (Az5004, г. Сумгайыт, Азербайджан, ул.С.Вургуна, 124), инженер, специалист в области разработки композиционных материалов. E-mail: ipoma@science.az.

Obtaining and studying the properties of composites based on isotactic polypropylene with nickel-containing nanofillers

N. I. Kurbanova, C. K. Ragimova, T. M. Guliyeva, E. G. Isgandarova

The effect of nickel nanoparticles stabilized by a polyethylene matrix on the physical-mechanical and thermal properties of nanocomposites based on isotactic polypropylene (PP) was studied by X-ray phase (XRD) and differential thermal (DTA) analyzes. An improvement in the strength and deformation parameters, as well as the thermal-oxidative stability of the obtained nanocomposites apparently associated with the effect of interfacial interaction of nickel-containing nanoparticles with the polymer matrix. It has been shown that PP-based nanocomposites can be processed both by pressing and by injection molding and extrusion. Small amounts of nanofiller introduced into the polymer play the role of structure-forming agents — artificial nuclei of crystallization, which contributes to the formation of a small-spherulite structure in the polymer, characterized by improved physical, mechanical and thermal properties of the obtained nanocomposite.

Keywords: nickel oxide nanoparticles; nanocomposites; isotactic polypropylene; physical-mechanical and thermal properties; XRD and DTA analyzes.

***Kurbanova Nushaba Ismail gizi** — Institute of Polymer Materials of Ministry of Science and Education Republic of Azerbaijan (Az5004, Sumgait, Azerbaijan, S.Vurgun Str, 124), Dr.Sci. (Chem), head of laboratory, specialist in the field of development of composition materials and also nanocomposites on the basis of elastomers and thermoplasts and their binary mixtures. E-mail: ipoma@science.az; kurbanova.nushaba@mail.ru.*

***Ragimova Sevinj Kazim gizi** — Institute of Polymer Materials of Ministry of Science and Education Republic of Azerbaijan (Az5004, Sumgait, Azerbaijan, S.Vurgun Str, 124), dissertant, specialist in the field of development of composition materials. E-mail: ipoma@science.az.*

***Gulieva Turkan Mushvig gizi** — Institute of Polymer Materials of Ministry of Science and Education Republic of Azerbaijan (Az5004, Sumgait, Azerbaijan, S.Vurgun Str, 124), junior researcher, specialist in the field of development of composition materials. E-mail: ipoma@science.az.*

***Isgandarova Esfira Gudrat gizi** — Institute of Polymer Materials of Ministry of Science and Education Republic of Azerbaijan (Az5004, Sumgait, Azerbaijan, S.Vurgun Str, 124), engineer, specialist in the field of development of composition materials. E-mail: ipoma@science.az.*