

СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНОЙ ПЛЕНКИ ДЛЯ УПАКОВОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ

PROPERTIES OF POLYMER FILM FOR PACKAGING PRODUCTS

О.Д. ХАКНАЗАРОВА, Х.А. БАБАХАНОВА, З.К. ГАЛИМОВА, М.А. БАБАХАНОВА

O.D. KHAKNAZAROVA, H.A. BABAKHANOVA, Z.K. GALIMOVA, M. A. BABAKHANOVA

(Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Республика Узбекистан,
Ташкентский государственный технический университет
ГУП "Фан ва тараккиет", Республика Узбекистан)

(Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Republic of Uzbekistan,
Tashkent State Technical University SUE "Fan va tarakkiet", Republic of Uzbekistan)

E-mail: nigin-umid@mail.ru; halima300@inbox.ru; z.galimova8282@mail.ru; madina.babaxanova@inbox.ru

Рассмотрены вопросы возможности использования полимерной пленки, полученной методом рукавной экструзии, для упаковочной индустрии. На экструзионном оборудовании "FULL AUTOMATIC" (Корея) из гранул низкомолекулярного полиэтилена методом рукавной экструзии выдавлена полиэтиленовая пленка. Полное исследование свойств и сравнение полученных результатов с требованиями государственного стандарта выявило, что полиэтиленовые пленки по механическим показателям относятся к пленке высшего сорта, что позволяет использовать их в широком диапазоне, в том числе в качестве упаковочного материала в различных отраслях народного хозяйства; для изготовления товаров народного потребления. Термостабильность полимерных пленок в сочетании с высокой прочностью обеспечит качественное воспроизведение при печати на высокоскоростных печатных машинах. В результате применение низкомолекулярного полиэтилена для упаковочной индустрии будет способствовать созданию на базе местных сырьевых ресурсов производства, обеспечивающего импортозамещение и насыщение внутреннего рынка необходимыми потребительскими товарами, экономию и рациональное использование валютных средств.

The issues of the possibility of using polymer film obtained by the method of tubular extrusion for the packaging industry are considered. On the extrusion equipment "FULL AUTOMATIC" (Korea), a polyethylene film is extruded from low molecular weight polyethylene granules by the method of sleeve extrusion. The complete study of the properties and comparison of the obtained results with the requirements of the state standard revealed that polyethylene films are mechanically classified as a premium grade film, which allow them to be used in a wide range, including as packaging material in various sectors of the national economy; for the manufacture of consumer goods. Thermal stability of polymer films, combined with

high strength, will ensure high-quality reproduction when printing on high-speed printing machines. As a result, the use of low-molecular-weight polyethylene for the packaging industry will contribute to the creation of production based on local raw materials, ensuring import substitution and saturation of the domestic market with necessary consumer goods, savings and rational use of foreign exchange funds.

Ключевые слова: экструзия, полиэтиленовая пленка, низкомолекулярный полиэтилен, структурные, прочностные и деформационные свойства.

Keywords: extrusion, polyethylene film, low molecular weight polyethylene, structural, strength and deformation properties.

В современном мире развитие упаковочной индустрии, продукция которой является мощным средством продвижения товара на рынке, способствует увеличению объемов печати на полимерных материалах. Для печати на полимерных материалах используются глубокий, флексографский или трафаретный способы печати [1...3].

В настоящее время флексографская печать, одна из разновидностей высокой ротационной печати, особенно популярна при производстве таких видов продукции, как упаковка и этикетка, которые включают в себя основную информативную, декоративную и защитную функцию промышленного продукта. Подавляющая часть упаковки различных товаров изготавливается из полимерных материалов, среди которых более 40% составляет полиэтилен, 12% полипропиленоберточная бумага, 8% гофрокартон, 5% материалы для самоклеящихся этикеток [4]. Полимерные пленки занимают лидирующую позицию в мире среди различных материалов, поскольку сохраняют высокое качество упакованных в них товаров в течение длительного срока, имеют минимальную массу, толщину и стоимость [5], [6].

Производство и рост потребления полимерной упаковки, несмотря на такие недостатки, как старение под действием кислорода воздуха, агрессивных сред, солнечного света, появление постороннего запаха у продукции, возможность миграции органических соединений в продукт, растет высокими темпами, так как вышеперечисленные недостатки достаточно легко преодолеваются путем использования специальных технологических приемов.

Разработка или же совершенствование технологии получения полимерных композиционных материалов с заданными свойствами является актуальным, так как по мнению экспертов, производство и потребление полимерной упаковки несмотря на запрет на использование гибкой полимерной пленки, еще будет долго использоваться в различных отраслях [7].

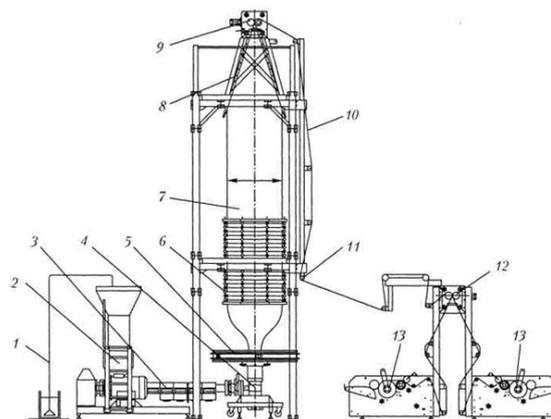


Рис. 1

Полимерные пленки по традиционной технологии формируют из расплавов методом экструзии, каландрированием, прессованием, а также поливом из растворов и латексов полимеров [8], [9]. Среди этих методов наиболее распространен метод экструзии. На рис. 1 представлена технологическая схема установки для производства пленки рукавным методом с приемкой рукава вверх, что позволяет получать двухосно-ориентированные пленки с хорошими физико-механическими характеристиками, также он пригоден для изготовления многослойных пленочных материалов соэкструзией [10].

Основой для изготовления пленки служит полиэтилен различных видов, являющийся продуктом полимеризации этилена, получаемый высокотемпературным пиролизом нефтяных фракций или высокотемпературным крекингом пропана и бутана при 80°C в трубчатых печах [12].

В Шуртанском газохимическом комплексе (Shurtan Gas Chemical Complex), одном из крупнейших заводов Республики Узбекистан, полиэтилен получают в процессе полимеризации этилена в растворе циклогексана из катализаторов Циглер-Натта ($Al(C_2H_5)_2Cl + TiCl_4$), во время процесса образуются отходы низкомолекулярного полиэтилена (НМПЭ) в качестве дополнительного продукта [13]. Низкомолекулярный полиэтилен имеет широкое применение в машиностроении, в текстильной промышленности; в косметологии, стоматологии, ветеринарии и растениеводстве, в целлюлозно-бумажной промышленности для формирования восковой композиции и покрытия картона или глянцевой бумаги с целью придания эластичности при низких температурах.

В поисках расширения спектра применения низкомолекулярного полиэтилена в других отраслях ведутся научные исследования, к которым можно отнести результаты работы [13].

В целях обеспечения упаковочной индустрии республики местной пленкой актуальным является исследовать возможность использования низкомолекулярного полиэтилена Шуртанского газохимического комплекса, объем которого составляет

около 100...150 тонн в год, для получения пленки, свойства которой отвечают жестким требованиям печатного процесса. Например, пленки для качественной печати без затруднений должны обладать хорошей адгезией к печатным краскам, химической инертностью к компонентам печатных красок, обеспечивать размерную стабильность в процессе печати, достаточной механической прочностью на изгиб, излом и растяжение. Немаловажными параметрами, влияющими на качество печати, являются деформационные свойства, которые оцениваются пределом прочности материала при растяжении, относительным удлинением при разрыве и модулем упругости [14].

В связи с этим целью исследования является получение пленки для печатания упаковочной продукции методом рукавной экструзии из гранул низкомолекулярного полиэтилена Шуртанского газохимического комплекса и изучение их механических и деформационных свойств.

В условиях предприятий ООО "Briz" и ЧП "ASILBEK NURLI KELAJAK" на экструзионном оборудовании "FULL AUTOMATIC" (производство Кореи) полимерный расплав из гранул низкомолекулярного полиэтилена Шуртанского газохимического комплекса выдавливался в виде рукавной заготовки через кольцевую щель экструзионной головки и пневматически раздувался рукав в горизонтальном направлении [15]. Технические характеристики экструзионного оборудования "FULL AUTOMATIC" приведены в табл.1.

Таблица 1

Модель	50
Диаметр винтового штока	Ф 50
Соотношение длины к диаметру	25:1
Диаметр по складке тонкой пленки	100...550 мм
Толщина пленки	0,008...0,05 мм
Мощность главного двигателя	7,5 кВт
Мощность устройства протяжки	0,75 кВт
Мощность подогрева	11 кВт
Максимальная производительность	30 кг / ч

Физико-механические свойства исследовали на приборах, находящихся на кафедре "Инновационные материалы принт-медиаиндустрии" Высшей школы печати и медиаиндустрии Московского политехнического университета (Москва, Россия).

Для исследования таких структурных свойств полиэтиленовой пленки, как масса,

Наименование свойств	Полиэтиленовая пленка, выдувленная на	
	ЧП "ASILBEK NURLI KELAJAK" №1	ООО "Briz" №2
Масса м ² на ГОСМЭТР, г/м ²	90±1,5	66±1,5
Масса м ² на CRYSTAL, г/м ²	90,34±0,51	65,97±0,51
Толщина, мкм	82,4±3,6	69,2±2,8
Плотность, г/см ³	1,097±0,142	0,954±0,182
Удельный объем, см ³ /г	0,912±0,105	1,048±0,074

Т а б л и ц а 2

На основании технических условий¹, исходя из данных табл.2, можно сделать вывод, что полиэтиленовые пленки относятся к категориям М, Т, Н, СТ, СК, СМ, и их можно рекомендовать для печати от простых упаковочных материалов до сложных технических решений с запечатыванием поверхности.

Отобранные образцы размером 20x150 мм испытывали на растяжение². Стандарт распространяется на полимерные пленки и пленочные материалы толщиной до 1 мм. Испытания проводили при температуре (23±2)°С, относительной влажности (50±5)% и постоянной скорости 10 мм/мин для определения необходимых показателей, а именно модуля Юнга, условного предела текучести, предела прочности, удлинения образца и др.

Величину предела прочности при растяжении σ (кгс/см² или МПа), характеризующую максимальное механическое напряжение, выше которого происходит разрушение материала, рассчитывали по формуле:

$$\sigma = \frac{Q}{S}, \quad (1)$$

где Q – разрывное усилие; S – площадь сечения образца, рассчитанный по следующей формуле:

толщина, плотность, использовались весы ГОСМЭТР ВЛТЭ 1100 с точностью измерений ± 0,01 г, весы CRYSTAL 200 SMI с точностью измерений ± 0,0001 г, толщиномер "Константа 45 К6Ц" с точностью измерения ± 0,001 мм.

$$S = ah_{cp}, \quad (2)$$

где a – ширина образца; h_{cp} – толщина образца.

Разрывную длину образцов рассчитывали по формуле:

$$L = Q \frac{Q}{am}, \quad (3)$$

где m – масса образца на 1 м².

Для расчета эффективного модуля упругости (модуль Юнга), величины, которая характеризует способность материала сопротивляться растяжению, сжатию при упругой деформации, можно использовать формулу (4) или воспользоваться формулой (5):

$$E = \frac{F\ell}{S\Delta\ell}, \quad (4)$$

где F – нормальная составляющая силы; S – площадь поверхности, по которой распределено действие силы; ℓ – длина деформируемого стержня; Δ – модуль изменения длины стержня в результате деформации (измеренного в тех же единицах, что и длина ℓ).

$$E = \frac{\sigma}{\lambda \cdot 0,01}, \quad (5)$$

¹ ГОСТ 10354-82 «Пленка полиэтиленовая. Технические условия»

² ГОСТ 14236-81 «Пленки полимерные. Метод испытания на растяжение»

где σ – предел прочности; λ – относительная деформация;

$$\lambda = \frac{\Delta l}{l_0} \cdot 100\% , \quad (6)$$

где Δl – абсолютная деформация (модуль изменения длины в результате деформации); l_0 – первоначальная длина образца.

Коэффициент анизотропии, характеризующий различие свойств в различных направлениях, возникающих в процессе экструзии пленки, рассчитан по формуле:

$$K_{ан} = \frac{L_{пр}}{L_{пп}} , \quad (7)$$

где $L_{пр}$ – разрывная длина в продольном направлении; $L_{пп}$ – разрывная длина в поперечном направлении.

В работе определены прочностные и деформационные свойства пленки, полученные методом рукавной экструзии из низкомолекулярного полиэтилена Шуртанского ГХК. Результаты исследования для каждого из образцов пленки вставлены в табл.3.

Т а б л и ц а 3

Направление отлива	Прочностные свойства				Деформационные свойства			$K_{ан}$
	разрывное усилие Q		предел прочности σ	разрывная длина L	модуль изменения длины Δl	относительная деформация λ	Модуль упругости (Юнга) E	
	кгс	Н						
Для пленки №1								
Поперечное	1	10	8,09	737,95	>350	>175	>4,62	1,5
Машинное	1,5	15	12,14	1106,93	>350	>175	>6,94	
Для пленки №2								
Поперечное	0,9	9	8,67	909,50	>350	>175	>4,96	1,12
Машинное	0,8	8	7,71	808,45	>350	>175	>4,41	

Как видно из табл. 2, у образца пленки №1 при степени анизотропии 1,5 в машинном направлении прочность выше, чем у образца №2.

При испытании измеряли нагрузку и удлинение, по результатам которых построены кривые зависимости (рис.2 и 3).

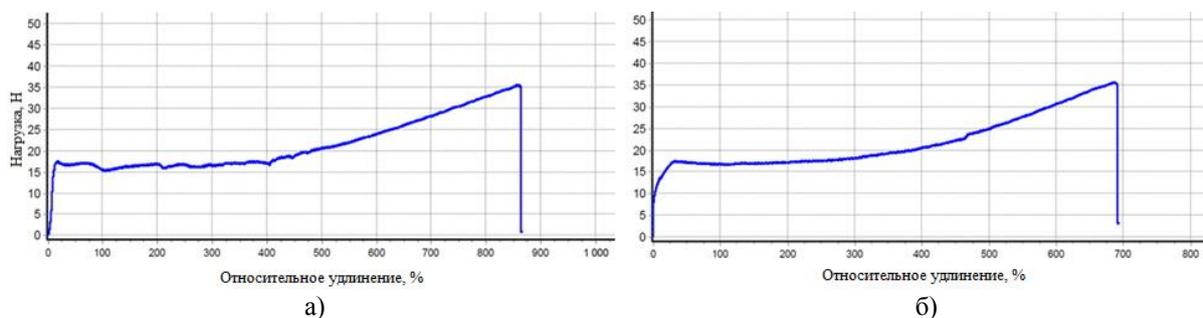


Рис. 2

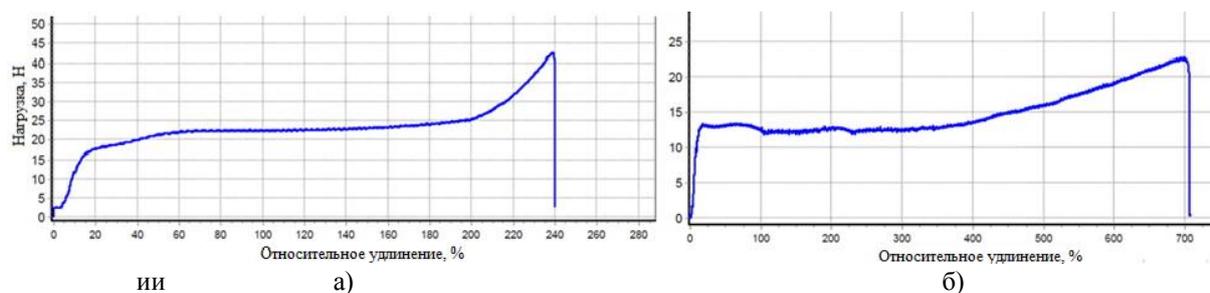


Рис. 3

Анализ зависимости, приведенной на рис.2, 3, позволяет сделать вывод, что чем больше толщина образца (пленка №1 –

90,34 мкм), тем больше его деформация, а следовательно, и удлинение образца.



Рис. 4

Комплексная оценка прочностных и деформационных свойств в двух направлениях выявила, что пленка №1 имеет небольшие различия во взаимно-перпендикулярных направлениях по относительному удлинению и максимальному напряжению (рис.4). Различия между измерениями объясняются тем, что пленка не является полностью однородной по всей площади.

Еще одно свойство пленок, исследуемое в данной работе, – сопротивление раздираению. Сущность метода заключается в определении усилия, необходимого для раздираения определенной длины предварительно надрезанного испытуемого образца, состоящего из наложенных друг на друга четы-

рех образцов, с помощью маятника, который создает это усилие при перемещении перпендикулярно к плоскости испытуемого образца. Работа, совершаемая при раздираении испытуемого образца, измеряется потерей потенциальной энергии маятника³.

Значения показателей сопротивления в двух направлениях (табл.3) рассчитаны по формуле:

$$Z = \frac{16 \cdot A}{n}, \quad (8)$$

где 16 – цена деления шкалы прибора; А – показание по шкале прибора; n – количество образцов в испытываемой стопе.

Т а б л и ц а 4

Испытуемые образцы	№1		№2	
	A	Z, сН	A	Z, сН
Перпендикулярное	Не рвется	-	Не рвется	-
Машинное	65	520	59	472

По полученным данным табл.4 (показания сопротивления раздираению испытуемых образцов) видно, что пленки в направлении экструзии рвутся хуже в связи с тем, что в данном направлении преимущественная ориентация полимерных цепочек.

Обеспечение стабильности размеров полимерных пленок в сочетании с высокой

прочностью, в широком температурном интервале при печати на высокоскоростных печатных машинах, является одним из требований для качественного воспроизведения.

Термостабильность (усадку) S характеризовали изменением размеров пленки по отношению к первоначальному размеру,

³ ГОСТ 13525.3-97 «Полуфабрикаты волокнистые и бумага. Метод определения сопротивления раздираению (метод Эльмендорфа)»

выраженным в %, после ее тепловой обработки и охлаждения, расчет произведен по следующей формуле:

$$S = \frac{L_T - L_0}{L_0} \cdot 100\%, \quad (9)$$

где L_0 – первоначальная длина; L_T – длина после усадки.

Результаты занесены в табл.5. (изменение линейных размеров под действием температуры).

Т а б л и ц а 5

Показатели	Поперечное направление		Машинное направление	
	пленки №1	пленки №2	пленки №1	пленки №2
Первоначальная длина L_0 , мм	99,6	99,8	100	99,6
Длина после термообработки L_T , мм	98,2	91,2	58	65,4
Термостабильность S	1,41	8,62	42	34,34

Видно, что усадка в машинном направлении на порядок превышает усадку в поперечном направлении. Это объясняется особенностью полимерных цепей в направлении экструзии и их стремлением занять выгодное положение с минимальной энергией, что и происходит в пленке.

Для пленок обеих маркировок дополнительно проводилось испытание по изменению линейных размеров пленки в течение времени под действием небольших (80°C) температур.

Т а б л и ц а 6

Показатели	Наплавление пленки №1		Наплавление пленки №2	
	поперечное	продольное	поперечное	продольное
Первоначальная длина L_0 , мм	100,4	100,0	100,0	100,4
Длина после термообработки 5 мин, мм	99,8	98,4	99,6	100,2
Длина после термообработки 10 мин, мм	101,0	98,0	99,6	100,2
Длина после термообработки 15 мин, мм	101,0	97,8	99,6	100,2
Длина после термообработки 30 мин, мм	101,2	96,8	99,2	100,2

Как видно из табл.6, изменение линейных размеров при меньшей температуре и более продолжительном времени происходит значительно медленнее. При этом для пленки №1 в поперечном направлении идет увеличение линейного размера пленки. Данное явление можно объяснить тем, что под действием небольших температур идет утолщение полимерных цепочек и их переориентации, что влечет за собой увеличение и линейных размеров.

В Ы В О Д Ы

На основании выполненных исследований выявлено, что исследуемые пленки, полученные методом рукавной экструзии из гранул низкомолекулярного полиэтилена

Шуртанского ГХК (Узбекистан), по механическим показателям относятся к пленке высшего сорта (ГОСТ 10354-82), что позволяет использовать их в широком диапазоне, в том числе в качестве упаковочного материала в различных отраслях народного хозяйства; для изготовления товаров народного потребления. Термостабильность полимерных пленок в сочетании с высокой прочностью обеспечит качественное воспроизведение при печати на высокоскоростных печатных машинах. Применение низкомолекулярного полиэтилена для упаковочной индустрии будет способствовать созданию на базе местных сырьевых ресурсов производства, обеспечивающего импортозамещение и насыщение внутреннего рынка необходимыми потребительскими

товарами, экономию и рациональное использование валютных средств.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Баблюк Е.Б.* Свойства полимерных пленок и особенности печати на них // Флексография и специальные виды печати. – 2007, №7. С. 48...50.
2. *Шагиахметова А.Х., Идиатуллина К.С.* Управление качеством полимерных материалов при производстве полиграфической продукции // Вестник Казанского технологического университета. – 2011, №8. С.245...253.
3. *Равшанов Д.Ч., Баблюк Е.Б.* Особенности печатания на полимерных пленках // Вестник МГУП. – 2012, №6. С.51...56.
4. *Сорокин Б.А.* Современная флексография-универсальный способ печати с широкими возможностями // "ФлексоПлюс". – 1997, №1(1).
5. *Лапкина Е.В.* Исследование физико-химических и эксплуатационных свойств инсектицидных полимерных пленок // Вестник Витебского ГТУ. – 2020, №2 (39). С.108...116.
6. <https://ru.wikipedia.org/wiki>
7. Исследование Высшей школы государственного администрирования (ВШГА) МГУ им.М.В.Ломоносова [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.rupec.ru/news/43460/>.
8. *Jenkins W.A., Osborn K.R.* Plastic Films: Technology and Packaging Applications // Lancaster,PA, Technomic Publ.Co.,Inc. – 1992.
9. *Щварц О., Эбелинг Ф., Фурт. Б.* Переработка пластмасс / Под ред. А.Д.Паниматченко – Изд.: Профессия, СПб, 2005.
10. *Ухарцева И.Ю., Цветкова Е.А., Гольдаде В.А.* Методы изготовления полимерной упаковки для пищевых продуктов (обзор) // Пластические массы. – 2020, №7-8. DOI: 10.35164/0554-2901-2020-7-8-40-48
11. Технология получения рукавной пленки [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://polymerbranch.com/termoplast/view/5/4html#v4>.
12. <https://propolyethylene.ru/plenka/propolyethylene.ru>
13. *Ахмедова О.Б., Нуруллаева З.В., Комилов М.З., Асадова Д.Ф., Ражабов Р.Н., Фозилов С.Ф.* Основные направления применения низкомолекулярного полиэтилена из местного вторичного сырья // Universum: технические науки. – 2019, №11 (68). <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/8213>. DOI - 10.32743/UniTech.2019.68.11-3
14. *Кузовлева О.В., Проскуряков Н.Е.* Исследование свойств полимерных упаковочных материалов // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2015, №7. Ч.2 С.78...82
15. *Хакназарова О., Бабаханова Х.* Характеристики флексографской печати на полиэтиленовой пленке // Текстильный журнал Узбекистана. – 2020, №4. С.97...102.

REFERENCES

1. Bablyuk E.B. Properties of polymer films and printing features on them // Flexography and special types of printing. 2007. No. 7. pp. 48-50.
 2. Shagiakhmetova A.H., Idiattullina K.S. Quality management of polymer materials in the production of printing products // Bulletin of Kazan Technological University. 2011. No. 8. pp.245-253.
 3. Ravshanov D.CH., Bablyuk E.B. Features of printing on polymer films // Bulletin of MGUP. 2012. No. 6. pp.51-56.
 4. B.A.Sorokin Modern flexography is a universal way of printing with wide possibilities // Flexoplus. No1(1), 1997
 5. E.V.Lashkina. Investigation of physico-chemical and operational properties of insecticidal polymer films//Bulletin of the Vitebsk State Technical University. 2020 No. 2 (39). pp.108-116
 6. <https://ru.wikipedia.org/wiki>
 7. Research of the Higher School of Public Administration (HSE) Lomonosov Moscow State University [Electronic resource] - Access mode: <http://www.rupec.ru/news/43460/>.
 8. Jenkins, W.A. Plastic Films: Technology and Packaging Applications/W.A.Jenkins, K.R.Osborn// Lancaster,PA, Technomic Publ.Co.,Inc., 1992. -272 p.
 9. Schwartz, O. Processing of plastics / O.Schwartz, F. Ebeling, B.Furt / ed. A.D.Panimatchenko - Ed.Profession, St. Petersburg, 2005. - 320 p.
 10. I.Yu. Ukhartseva, E.A. Tsvetkova, V.A. Goldade. Methods for the manufacture of polymer packaging for food (review) // Plastics. №7-8, 2020. DOI: 10.35164/0554-2901-2020-7-8-40-48
 11. Technology for producing tubular film [Electronic resource] - Access mode: <https://polymerbranch.com/termoplast/view/5/4html#v4>.
 12. <https://propolyethylene.ru/plenka/propolyethylene.ru>
 13. O.B.Akhmedova, Z.V.Nurullayeva, M.Z.Komilov, D.F.Asadova, R.N.Razhabov, S.F.Fozilov. The main directions of application of low-molecular polyethylene from local secondary raw materials//Universum: technical sciences. No.11 (68). 2019. <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/8213>. DOI - 10.32743/ UniTech.2019.68.11-3
 14. O.V.Kuzovleva, N.E.Proskuryakov. Investigation of the properties of polymer packaging materials // Izvestiya TulGU. Technical science. 2015. No. 7. Part 2 P.78-82
 15. O. Khaknazarova, H. Babakhanova. Characteristics of flexographic printing on polyethylene film // Textile Journal of Uzbekistan. No. 4, 2020, pp. 97-102
- Рекомендована кафедрой технологии полиграфического и упаковочного производства ТИТЛП. Поступила 02.06.22.