

УДК 691.175.5

<https://doi.org/10.21869/2223-1528-2025-15-2-159-171>



Влияние добавки красящего компонента на физико-механические показатели термопластичного полимера

Г.В. Бурых^{1✉}, Н.В. Кувардин¹, Л.В. Шуклина¹

¹ Юго-Западный государственный университет
ул. 50 лет Октября, д. 94, г. Курск 305040, Российская Федерация

✉ e-mail: bgalav@mail.ru

Резюме

Цель. Исследование физико-механических свойств полимера, полученного при введении добавки концентрата сажи на основе линейного полиэтилена низкой плотности.

Методы. Процесс придания окраски термопластичному полимеру осуществляли путем добавления концентрата сажи на основе линейного полиэтилена низкой плотности на оборудовании, включающем лопастной смеситель, сушилку, экструдер. Полученные окрашенные образцы анализировали с использованием современных методов исследования термопластичных материалов, позволяющих получить достоверную информацию об оценке их некоторых физико-механических свойств.

Для получения образцов крошки полимера, выходящие из экструдера стренги, подвергались измельчению на механической дробилке HSS230-A.

Показатель текучести расплава по массе определяли путем экструдирования расплавленного материала из прибора типа ИИРТ (экструзионного пластометра).

Показатели растяжения и прочности определяли на машине типа РЭМ для испытания конструкционных материалов.

Определение показателя твердости исследуемого образца осуществляли методом по Шору с помощью дюрометра.

Результаты. По результатам работы была выявлена наиболее оптимальная концентрация добавляемого состава для придания стойкого черного цвета термопластичному полимеру. Установлена зависимость изменения физико-механических показателей термопластичного полимера от количества добавки концентрата сажи на основе линейного полиэтилена низкой плотности.

Заключение. Проведенные исследования выявили закономерности проведения процесса придания окраски термопластичному полимеру суперконцентратом на основе линейного полиэтилена низкой плотности и сажи при разном количественном соотношении. В результате исследования было установлено, что при количественном увеличении концентрата в термопластичном полимере изменяются физические свойства окрашенного материала. Изменение количества добавки в диапазоне от 0,2 до 5 м.ч. приводит к изменению значений физико-механических показателей исследуемых образцов по сравнению с исходным полимером.

Ключевые слова: термопластичный полимер; концентраты; окрашивание; физико-механические свойства.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Для цитирования: Бурых Г.В., Кувардин Н.В., Шуклина Л.В. Влияние добавки красящего компонента на физико-механические показатели термопластичного полимера // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2025. Т. 15, № 2. С. 159–171. <https://doi.org/10.21869/2223-1528-2025-15-2-159-171>.

Поступила в редакцию 31.03.2025

Подписана в печать 26.05.2025

Опубликована 30.06.2025

The effect of the addition of a coloring component on the physico-mechanical properties of a thermoplastic polymer

Galina V. Burykh^{1✉}, Nikolay V. Kuvardin¹, Lyudmila V. Shuklina¹

¹ Southwest State University
50 let Oktyabrya Str. 94, Kursk 305040, Russian Federation

✉ e-mail: bgalav@mail.ru

Abstract

Purpose. Investigation of the physico-mechanical properties of a polymer obtained by adding a carbon black concentrate based on low-density linear polyethylene.

Methods. The process of coloring the thermoplastic polymer was carried out by adding a carbon black concentrate based on linear low-density polyethylene on equipment including a paddle mixer, dryer, and extruder. The obtained colored samples were analyzed using modern research methods for thermoplastic materials, which made it possible to obtain reliable information on the assessment of their certain physical and mechanical properties.

To obtain samples, polymer crumbs coming out of the strand extruder were crushed on an HSS230-A mechanical crusher.

The melt mass flow rate was determined by extruding the molten material from an IIRT type device (extrusion plastometer).

The tensile and strength parameters were determined on a SEM-type machine for testing structural materials.

The hardness index of the test sample was determined by the Shore method using a durometer.

Results. Based on the results of the work, the most optimal concentration of the added composition was identified to impart a stable black color to the thermoplastic polymer. The dependence of changes in the physico-mechanical parameters of a thermoplastic polymer depending on the amount of soot concentrate additive based on linear low-density polyethylene has been established.

Conclusion. The conducted studies revealed the patterns of the process of coloring a thermoplastic polymer with a soot concentrate based on linear low-density polyethylene and carbon black at different quantitative ratios. As a result of the study, it was found that with a quantitative increase in the concentrate in the thermoplastic polymer, the physical properties of the colored material change. A change in the amount of the additive in the range from 0.2 to 5 ppm leads to a change in the values of the physico-mechanical parameters of the studied samples compared with the initial polymer.

Keywords: thermoplastic polymer; concentrates; coloring; physical and mechanical properties.

Conflict of interest: The Authors declares the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

For citation: Burykh G.V., Kuvardin N.V., Shuklina L.V. The effect of the addition of a coloring component on the physico-mechanical properties of a thermoplastic polymer. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Tekhnika i tekhnologii* = *Proceedings of the Southwest State University. Series: Engineering and Technologies*. 2025;15(2):159–171. (In Russ.) <https://doi.org/10.21869/2223-1528-2025-15-2-159-171>.

Received 31.03.2025

Accepted 26.05.2025

Published 30.06.2025

Пигменты реализуют свою полную красящую способность только в том случае, если крупнодисперсная агломерированная форма, в которой они находятся, будет диспергирована на более мелкие однородные формы, состоящие из агрегированных первичных частиц. Кроме того, при образовании частицами пигментов агломератов размером более 30–50 мк они становятся видимыми невооруженному глазу [9].

Наибольшую популярность в качестве красящего агента в настоящее время приобретают концентраты, содержащие в качестве основы полимер, похожий по своей природе и типу на материал, который будет окрашиваться. Такие красящие добавки получили название суперконцентраты или мастербатчи. Пигментные концентраты (маточные смеси) представляют собой препараты, в которых исходные неорганические и (или) органические пигменты тонко диспергированы в твердом (чаще всего – высокомолекулярном) связующем – в материале-носителе [10]. С технической точки зрения суперконцентрат представляет собой дисперсную смесь, включающую два компонента: активный ингредиент (пигмент на основе сажи) и несущую матрицу (линейный полиэтилен низкой плотности) (ЛПНП), соответствующую по физико-химическому составу основному сырью [11].

Окрашивание полимера в расплаве в процессе его переработки осуществляется непосредственно на перерабатывающем оборудовании. Диспергирование и распределение красящих веществ проводится в расплаве полимера под действием сдвиговых напряжений и деформаций в перерабатывающем оборудовании [12].

Так как термопластичный эластомер представляет собой пластичный материал при повышенных температурах переработки, его важной характеристикой является восстановление после сжатия. Процент невозможности восстановления после сжатия

определяет качество термопластичного эластомера [13].

Наиболее значимым является показатель текучести расплава (ПТР) – это количество расплавленного термопласта, выдавливаемое в единицу времени через стандартный капилляр при определенной нагрузке и пересчитывается на время 10 минут.

К основным технологическим свойствам термопластичного эластомера стоит отнести изменение его твердости при повышенных и отрицательных температурах [14]. Измерение твердости проводится методом по Шору (А или D, где А – используется для более мягких полимеров, D – для более твердых).

Материалы и методы

В работе исследовались образцы термопластичного эластомера вида ТРЕЕ. Его молекула включает короткие жесткие блоки полибутилентерефталата и длинные ($m = 1000\text{--}2000$ и более) эластичные блоки политетраметиленоксида. Термоэластопласт содержит 20–80% жестких блоков в зависимости от требуемых свойств [15].

Окрашивание полимера в черный цвет проводилось с использованием суперконцентрата (мастербатче), гранул черного цвета, который представляет собой концентрированную смесь технического углерода с линейным полиэтиленом низкой плотности, а также иных добавок, облегчающих распределение цвета по материалу в процессе экструзии [11].

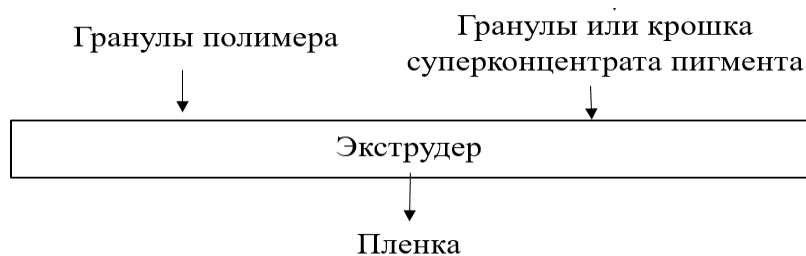
В таблице 1 приведены основные характеристики, необходимые для подбора и соотнесения основных параметров проведения процесса.

Процесс окрашивания термопластичного полиэфирного материала протекал методом крашения полимера в расплаве [16].

На рисунке 3 представлена технологическая схема варианта окрашивания полимера в расплаве.

Таблица 1. Характеристики объектов исследования**Table 1.** Characteristics of the research objects

Параметр	Термопластичный эластомер	Суперконцентрат
Плотность, г/см ³	1,13	0,64
Текучности расплава, г/10 мин	11,0	14,0
Температура плавления, °С	230	119

**Рис. 3.** Технологическая схема окрашивания полимера в расплаве**Fig. 3.** Technological scheme of polymer coloring in a melt

Полученные таким образом окрашенные образцы термопластичного материала подвергались анализу с целью получения информации об изменении их физико-механических свойств, таких как показатель текучности расплава [17], прочность при растяжении, прочность при разрыве, относительное удлинение при нагрузке, относительное удлинение при разрыве [18], твердость.

Показатель текучности расплава (ПТР) (г/10 мин), вычисляют с использованием следующего соотношения:

$$\text{ПТР} = 600 m / t,$$

где 600 – стандартное время (коэффициент, используемый для преобразования г/с в г/10 мин), с; m – среднеарифметическое значение массы экструдированных отрезков, г; t – интервал времени между двумя последовательными отсечениями отрезков, с.

Прочность при растяжении вычисляют по формуле

$$\sigma_{pm} = \frac{F_{pm}}{A_0}, \quad (3)$$

где F_{pm} – максимальная растягивающая нагрузка, Н; A_0 – первоначальное поперечное сечение образца, мм².

Прочность при разрыве определяют путем деления показателя нагрузки на исходное значение поперечного сечения образца

$$\sigma_{pp} = \frac{F_{pp}}{A_0}, \quad (4)$$

где F_{pp} – растягивающая нагрузка, при которой образец разрушился, Н; A_0 – первоначальное поперечное сечение образца, мм².

Для расчета значения относительного удлинения при нагрузке применяют формулу

$$E_{pm} = \frac{\Delta l_{om}}{L_0} \cdot 100, \quad (5)$$

где Δl_{om} – изменение расчетной длины образца в момент достижения максимальной растягивающей нагрузки; L_0 – первоначальная расчетная длина образца, мм.

Для проведения исследования твердости материала по Шору D используется ТВР-DM механический штатив с твердомером (дюрометром). Твердость испыты-

вали на таблетках термопластичного эластомера, отлитых при помощи термопластавтомата.

Результаты и их обсуждение

Придание окраски термопластичному полимеру осуществлялось путем добавления концентрата сажи на основе линейного полиэтилена низкой плотности на оборудовании, включающем лопастной смеситель, сушилку, экструдер.

В загрузочную камеру насосом-дозатором автоматически подавал полимерный материал и краситель с учетом выбранного соотношения (массовые части). В смесителе с лопастной мешалкой происходило диспергирование крупнодисперсных частиц до более мелких. Далее смесь через загрузочную камеру попадала в одношнековый экструдер, где продолжался процесс диспергирования уже мелкодисперсных частиц суперконцентрата, их смачивание с основным полимером и гомогенизация смеси. Окрашенный материал вышел из экструдера в виде стренга.

Полученные на выходе стренги в дальнейшем подвергались дроблению и

анализу на различные физико-механические показатели.

Для анализа эффективности добавки суперконцентрата и его количества на физико-механические характеристики получаемого полимерного материала проводился поэтапный процесс определения различных показателей.

Полученные окрашенные образцы анализировали с использованием современных методов исследования термопластичных материалов, позволяющих получить достоверную информацию об их некоторых физико-механических свойствах.

На рисунке 4 представлены экспериментальные данные по определению предела текучести расплава от процентного содержания суперконцентрата в смеси. Видно, что при увеличении количества красящего состава до 1 м.ч. наблюдается резкое изменение показателя текучести. При дальнейшем увеличении количества суперконцентрата графическая зависимость плавно возрастает, и значения показателя текучести изменяются незначительно.

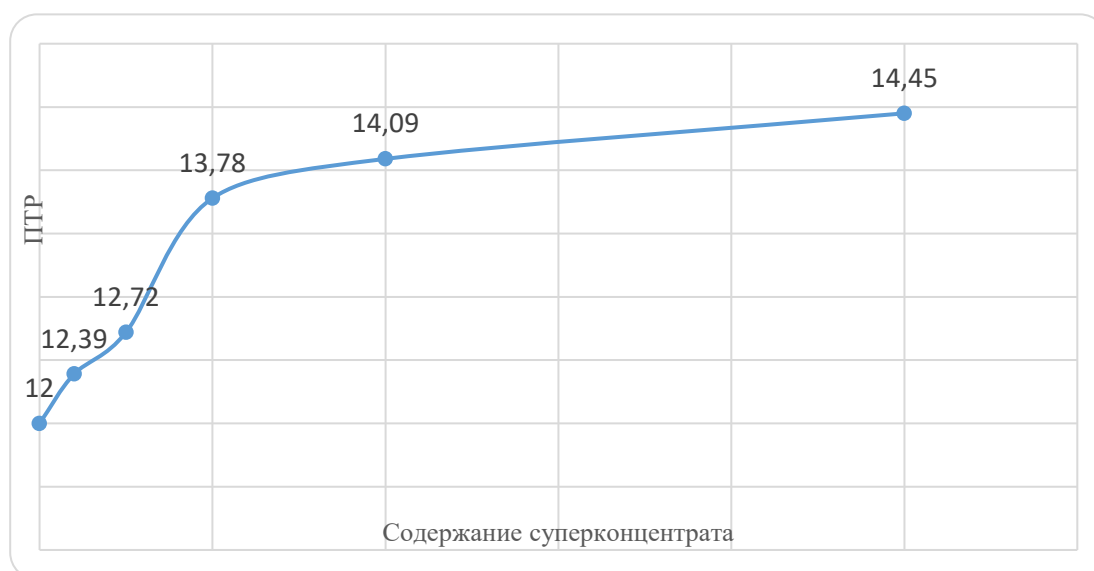


Рис. 4. Зависимость значения предела текучести расплава от процентного содержания суперконцентрата в полимере

Fig. 4. Dependence of the melt yield strength value on the percentage of superconcentrate in the polymer

Анализ полученных результатов показывает изменение показателя текучести исследуемых образцов по сравнению с исходным образцом.

В качестве образцов для определения показателей растяжения и прочности использовали экспериментально изготовленные лопаточки термопласта. По внеш-

нему виду образцы имели незначительные отличия в насыщенности цвета.

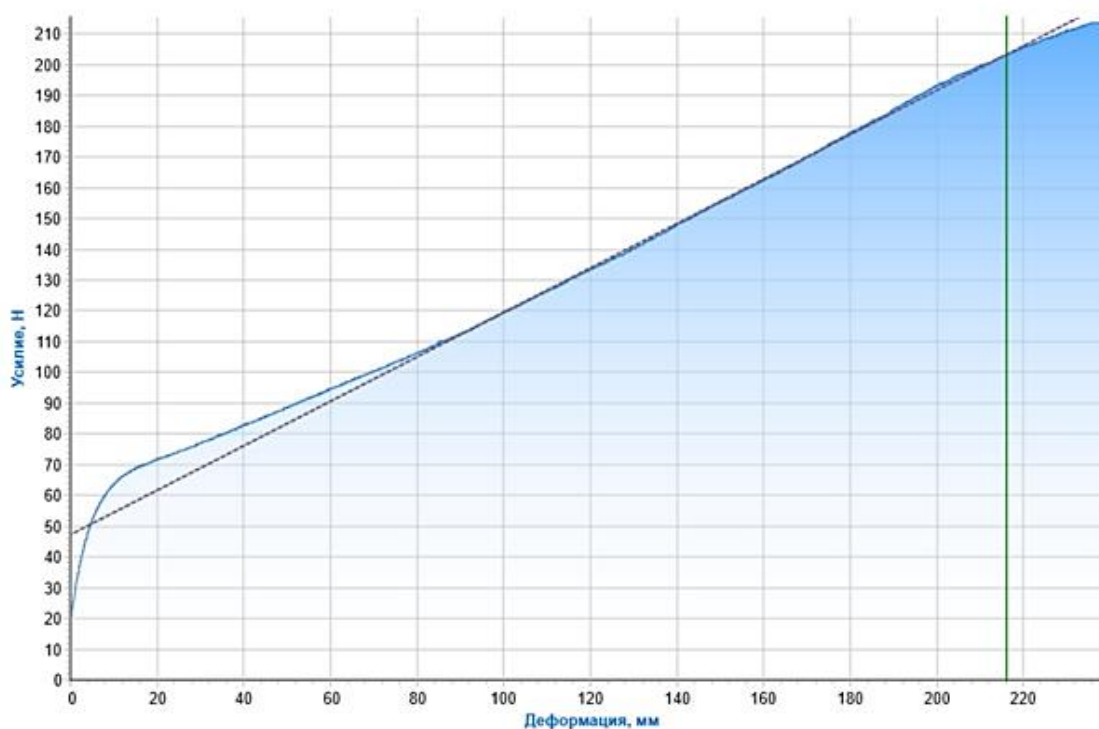
Результаты испытаний занесены в таблицу 2.

На рисунке 5 приведены кривые нагрузка – удлинение для полимерных образцов с разным содержанием красящей добавки.

Таблица 2. Результаты прочности и относительного удлинения исследуемых образцов

Table 2. Results of strength and elongation of the studied samples

Содержание концентрата в полимере, %	Прочность при растяжении $\sigma_{рм}$, МПа	Прочность при разрыве $\sigma_{рр}$, МПа	Относительное удлинение	
			при пределе текучести, E_{pt} , %	при разрыве, E_{pt} , %
0	26,3	25,9	861	938
0,2	25,9	25,5	835	931
0,5	25,6	24,5	828	924
1,0	24,6	23,9	857	874
2,0	26,6	26,9	864	908
5,0	25,3	24,8	874	929



а

Рис. 5. Кривые нагрузка – удлинение для полимера с разным содержанием суперконцентрата (м.ч) на 100 м.ч. полимера: а – 0,2

Fig. 5. Load-elongation curves for a polymer with a different superconcentrate content (m.h.) per 100 m.h. polymer: а – 0,2

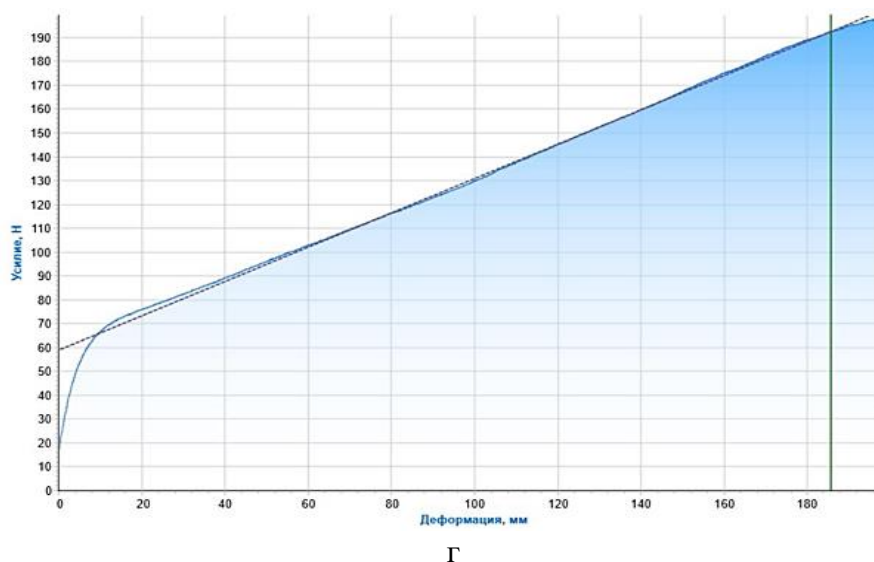
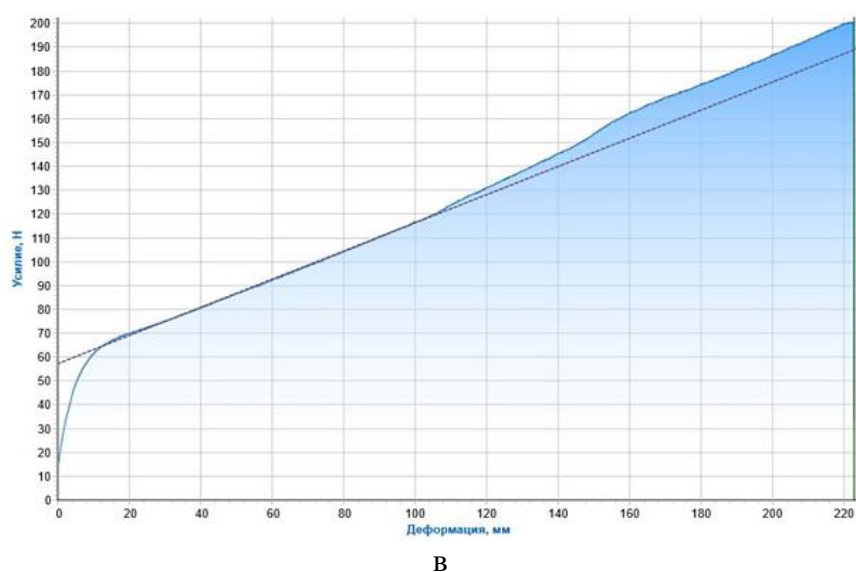
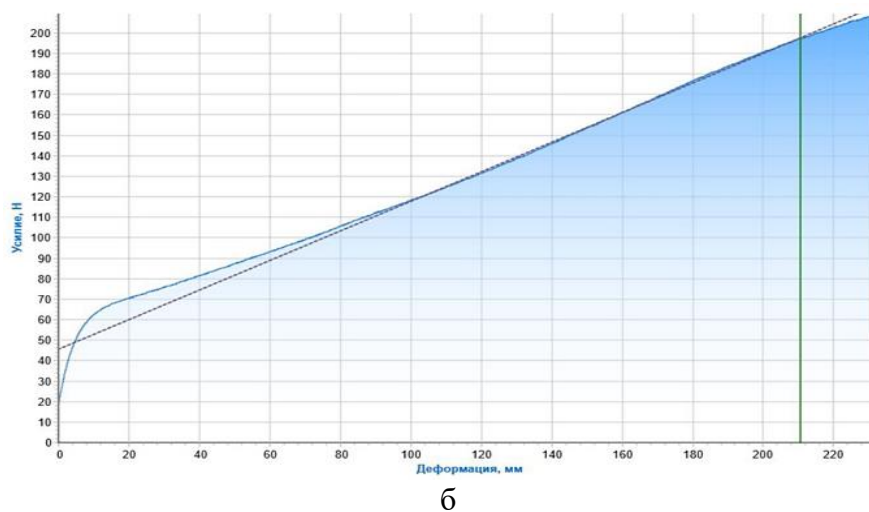


Рис. 5. Кривые нагрузка – удлинение для полимера с разным содержанием суперконцентрата (м.ч) на 100 м.ч. полимера: б – 0,5 ; в – 1; г – 2

Fig. 5. Load-elongation curves for a polymer with a different superconcentrate content (m.h.) per 100 m.h. polymer: б – 0,5 ; в – 1; г – 2

Видно, что при увеличении концентрации добавки значение прочностей уменьшается до содержания красителя в 2 м.ч. Результаты значений при 2% суперконцентрата в полимере превышают показатели чистого полимера. Увеличение со-

держания концентрата приводит к уменьшению прочности.

На рисунке 6 приведена диаграмма сравнения значений относительного удлинения при пределе текучести и при разрыве.

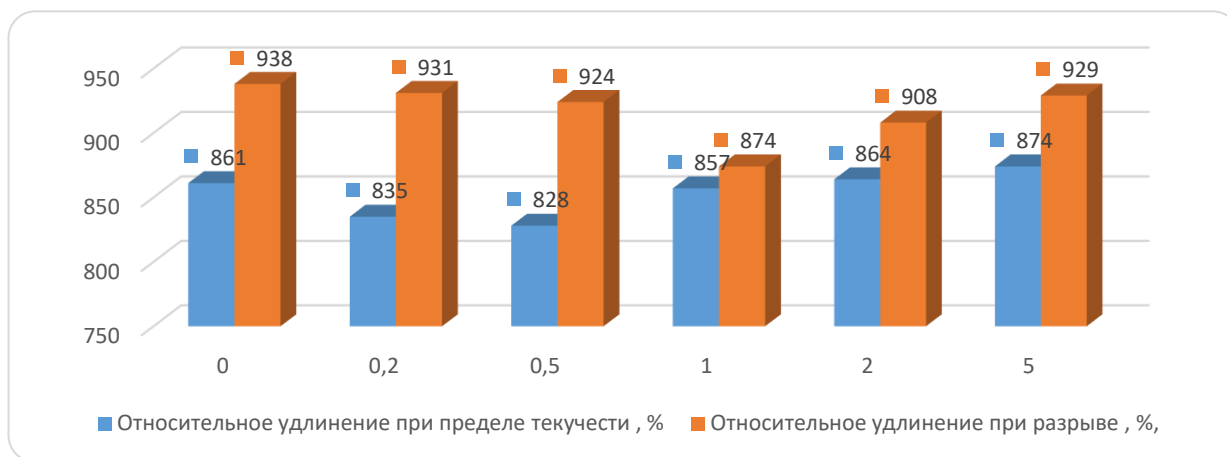


Рис. 6. Показатели относительного удлинения при пределе текучести и разрыве

Fig. 6. Relative elongation at yield strength and rupture

В данном случае прослеживается небольшое уменьшение относительных удлинений двух видов у образцов с концентрацией 0,2 и 0,5. У образцов с концентрацией от 1 до 5 происходит увеличение относительных удлинений, причем у 2 и 5 относительное удлинение при пределе текучести становится выше первоначальных. Относительное удлинение при разрыве также возрастает в интервале 1–5 содержания добавки, но не превышает первоначального значения.

Анализ полученных экспериментальных данных показал, что при повышении предела текучести расплава у образцов уменьшается прочность при растяжении и при разрыве до значения содержания концентрата в 1 м.ч. При содержании 2 м.ч. концентрата параметры прочности резко возрастают, а при содержании 5 м.ч. концентрата параметры прочности соответствуют содержанию 0,5. Относительное удлинение при пределе текучести при повышении концентрации растет во всех образцах, достигая лучшего значения в об-

разце с 5 м.ч. Относительное удлинение при разрыве уменьшается соответственно прочности при разрыве.

Таким образом, по полученным результатам можно сделать вывод, что при увеличении показателя ПТР в интервале 0,1–1,0 м.ч. по содержанию суперконцентрата происходят, вероятно, структурные изменения в материале, вызывающие уменьшение показателя прочности растяжения, а следовательно, ухудшается прочность материала. При увеличении содержания суперконцентрата от 2 до 5 м.ч. происходит численное увеличение показателей, не превышающих первоначальное значение неокрашенного материала.

В целом наблюдается динамика ухудшения прочностных свойств у материалов с содержанием концентрата в диапазоне 0,1–1,0 м.ч. Показатели, близкие к первоначальным, появляются у образцов с содержанием красителя 2 и 5 м.ч. Так как матрица концентрата представляет собой линейный полиэтилен низкой плотности, улучшение реологических свойств в этом

случае, на наш взгляд, происходит благодаря встраиванию молекул ЛПНП в структуру полимера.

Для определения показателя твердости образцы отливались на термопласто-

автомате серии SZS и подвергались анализу дюрометре.

Полученные данные занесены в таблицу 3.

Таблица 3. Результаты определения твердости термопластичного полимера

Table 3. Results of determining the hardness of a thermoplastic polymer

Содержание суперконцентрата в образце, м.ч.	Среднее арифметическое значение твердости по Шору D
0	38
0,2	38
0,5	38
1,0	40
2,0	41
5,0	42

Представленные значения позволяют сделать вывод об увеличении твердости на 10% при увеличении концентрации красителя, что также свидетельствует о структурных изменениях, происходящих в термопластичном полимере при добавлении суперконцентрата на основе линейного полиэтилена низкой плотности и сажи.

Выводы

Проведенные исследования выявили закономерности проведения процесса придания окраски термопластичному полимеру суперконцентратом на основе ли-

нейного полиэтилена низкой плотности и сажи при разном количественном соотношении. Совокупная оценка полученных результатов показала, что введение в состав термопластичного полимера суперконцентрата на основе линейного полиэтилена низкой плотности и сажи оказывает влияние на степень распределения красителя.

Изменение количества добавки в диапазоне от 0,2 до 5 м.ч. приводит к изменению значений физико-механических показателей исследуемых образцов по сравнению с исходным полимером.

Список литературы

1. Современные методы получения полимерных композиционных материалов и изделий из них / А.С. Колосова, М.К. Сокольская, И.А. Виткалова, А.С. Торлова, Е.С. Пикалов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2018. № 8. С. 123-129.
2. Узденский Б.В., Григоров А.О. Добавки к полимерам. М.: Профессия, 2010. 1144 с.
3. Симонов-Емельянов И.Д. Структура и свойства дисперсно-наполненных полимерных композиционных материалов. СПб.: Профессия, 2023. 312 с.
4. Связующие для получения современных полимерных композиционных материалов / М.К. Сокольская, А.С. Колосова, И.А. Виткалова, А.С. Торлова, Е.С. Пикалов // Фундаментальные исследования. 2017. № 10-2. С. 290-295.
5. Баур Э., Оссвальд Т. А., Рудольф Н. Настольная книга переработчика пластмасс. Справочник по полимерным материалам / под ред. Н. Н. Тихонова, М. А. Шерышева. М.: ЦОП Профессия, 2021. 672 с.

6. Гаркави М.С., Артамонов А.В., Колодежная Е.В. Функциональные наполнители полимерных композиционных материалов // Полимеры в строительстве: научный интернет-журнал. 2024. № 1 (12). С. 41-44.
7. Турсункулова М.С., Муродова З.О. Структура и свойства термопластичных эластомеров // Ученый XXI века. 2019. № 5. С. 52-55.
8. Бурых Г.В., Мяснянкина В.С. Устойчивость окраски целлюлозосодержащих материалов при крашении прямым красителем в щелочной среде // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2020. Т. 10, № 4. С. 122-136.
9. Дурнев Д.А., Бурых Г.В. Уникальные свойства углеродных нанотрубок // Актуальные вопросы науки, нанотехнологий, производства: сборник научных статей 2-й Международной научно-практической конференции. Курск: Университетская книга, 2022. С. 147-150.
10. Дурнев Д.А., Бурых Г.В. Современные материалы на основе углеродных нанотрубок // Фундаментальные и прикладные исследования в области химии и экологии: сборник научных статей Международной научно-практической конференции. Курск: Университетская книга, 2021. С. 79-82.
11. Анпилогова В.С., Осипчик В.С., Кравченко Т.П. Свойства нанокомпозитов на основе полиэтилена высокой плотности // Успехи в химии и химической технологии. 2017. № 11. С. 20-22.
12. Тихонов Н.Н., Шерышев М.А. Современные технологии и оборудование экструзии полимеров. М.: ЦОП Профессия, 2019. 256 с.
13. Варанкина Д.А., Рогожкин Р.С., Юркин Ю.В. Исследование влияния наполнителей на динамические-механические свойства композиционных материалов на основе термоэластопластов // Полимеры в строительстве: научный интернет-журнал. 2024. № 1 (12). С. 121-124.
14. Емельянова М.С., Бурых Г.В. Физико-механический анализ состава композитных материалов на основе оксида алюминия (III) // Наукосфера. 2021. № 2 (2). С. 137-141.
15. Аскадский А.А., Мацеевич Т.А., Попова М.Н., Кондращенко В.И. Прогнозирование совместимости полимеров, анализ состава микрофаз и ряда свойств смесей // Высокомолекулярные соединения. Серия А. 2015. Т. 57, № 2. С. 162.
16. Шаманов Ш.Х., Хасанов С.Х. Формование и крашение синтетических волокон // Universum: технические науки. 2023. Вып. 9 (114). С. 69-78.
17. Губский Д.В. Методы экспериментальных исследований физико-механических свойств полимерных композиционных материалов // Проблемы современной науки и образования. 2016. № 20(62). С. 25-29.
18. Исследования влияния пластификатора ДЭС М-2 на физико-механические и технологические свойства ПВХ пластиков / Р.Ф. Нафикова, Р.Н. Фаткуллин, Ф.И. Афанасьев, Л.Б. Степанова, А.А. Исламутдинова // Пластические массы. 2020. № 3-4. С. 33-36.

References

1. Kolosova A.S., Sokolskaya M.K., Vitkalova I.A., Torlova A.S., Pikalov E.S. Modern methods of obtaining polymer composite materials and products from them. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy* = *International Journal of Applied and Fundamental Research*. 2018;(8):123-129. (In Russ.)
2. Uzdensky B.V., Grigorov A.O. Additives to polymers. Moscow: Professiya; 2010. 1144 p. (In Russ.)
3. Simonov-Yemelyanov I.D. Structure and properties of disperse-filled polymer composite materials. St. Petersburg: Professiya; 2023. 312 p.

4. Sokolskaya M.K., Kolosova A.S., Vitkalova I.A., Torlova A.S., Pikalov E.S. Binders for obtaining modern polymer composite materials. *Fundamental'nye issledovaniya = Fundamental research*. 2017;(10-2):290-295. (In Russ.)
5. Baur E., Osswald T.A., Rudolf N. The desktop book of the plastic processor. Handbook of polymer materials. Moscow: TSOP Professiya; 2021. 672 p. (In Russ.)
6. Garkavi M.S., Artamonov A.V., Kolodezhnaya E.V. Functional fillers of polymer composite materials. *Polimery v stroitel'stve: nauchnyi internet-zhurnal = Polymers in construction*. 2024;(1): 41-44. (In Russ.)
7. Tursunkulova M.S., Murodova Z.O. Structure and properties of thermo-plastic elastomers. *Uchenyi XXI veka = Scientist of the XXI century*. 2019;(5):52-55. (In Russ.)
8. Burykh G.V., Myasnyankina V.S. Color stability of cellulose-containing materials during dyeing with direct dye in an alkaline medium. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Tekhnika i tekhnologii = Proceedings of the Southwest State University. Series: Engineering and Technologies*. 2020;10(4):122-136. (In Russ.)
9. Durnev D.A., Burykh G.V. Unique properties of carbon nano-tubes. In: *Aktual'nye voprosy nauki, nanotekhnologii, proizvodstva: sbornik nauchnykh statei 2-i Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii = Actual issues of science, nanotechnology, production: collection of scientific articles of the 2nd International Scientific and Practical Conference*. Kursk: Universitetskaya kniga; 2022. P.147-150. (In Russ.)
10. Durnev D.A., Burykh G.V. Modern materials based on carbon nanotubes. In: *Fundamental'nye i prikladnye issledovaniya v oblasti khimii i ekologii: sbornik nauchnykh statei Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii = Fundamental and applied research in chemistry and ecology: collection of scientific articles of the International scientific and practical conference*. Kursk: Universitetskaya kniga; 2021. P. 79-82. (In Russ.)
11. Anpilogova V.S., Osipchik V.S., Kravchenko T.P. Properties of nano-composites based on high-density polyethylene. *Uspekhi v khimii i khimicheskoi tekhnologii = Advances in Chemistry and Chemical Technology*. 2017;(11):20-22. (In Russ.)
12. Tikhonov N.N., Sheryshev M.A. Modern technologies and equipment for polymer extrusion. Moscow: TSOP Professiya; 2019. 256 p. (In Russ.)
13. Varankina D.A., Rogozhkin R.S., Yurkin Yu.V. Investigation of the influence of fillers on the dynamic and mechanical properties of composite materials based on thermoplastics. *Polimery v stroitel'stve: nauchnyi internet-zhurnal = Polymers in construction*. 2024;1(12):121-124. (In Russ.)
14. Yemelyanova M.S., Burykh G.V. Physico-mechanical analysis of composite materials based on aluminum (III) oxide. *Naukosfera = Naukosphere*. 2021;(2):137-141. (In Russ.)
15. Askadskiy A.A., Matseevich T.A., Popova M.N., Kondrashchenko V.I. Polymer compatibility prediction, microphase composition analysis and a number of properties of mixtures. *Vysokomolekulyarnye soedineniya = High molecular weight compounds. Series A*. 2015;57(2):162. (In Russ.)
16. Shamanov Sh.Kh., Khasanov S.H. Molding and dyeing of synthetic fibers. *Universum: tekhnicheskie nauki = Universum*. 2023;(9):69-78. (In Russ.)
17. Gubsky D.V. Methods of experimental research of physico-mechanical properties of polymer composite materials. *Problemy sovremennoi nauki i obrazovaniya = Problems of modern science and education*. 2016;(20):25-29 (In Russ.)
18. Nafikova R.F., Fatkullin R.N., Afanasyev F.I., Stepanova L.B., Islamutdinova A.A. Studies of the effect of DES M-2 plasticizer on the physico-mechanical and technological properties of PVC plastics. *Plasticheskie massy = Plastic masses*. 2020;(3-4):33-36. (In Russ.)

Информация об авторах / Information about the Authors

Бурых Галина Викторовна, кандидат химических наук, доцент кафедры фундаментальной химии и химической технологии, Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Российская Федерация, e-mail: bgalav@mail.ru

Galina V. Burykh, Candidate of Sciences (Chemistry), Associate Professor of the Department of Fundamental Chemistry and Chemical Technology, Southwest State University, Kursk, Russian Federation, e-mail: bgalav@mail.ru

Кувардин Николай Владимирович, кандидат химических наук, доцент кафедры фундаментальной химии и химической технологии, Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Российская Федерация, e-mail: kuvardin.nik@yandex.ru

Nikolay V. Kuvardin, Candidate of Sciences (Chemistry), Associate Professor of the Department of Fundamental Chemistry and Chemical Technology, Southwest State University, Kursk, Russian Federation, e-mail: kuvardin.nik@yandex.ru

Шуклина Людмила Владимировна, студент кафедры фундаментальной химии и химической технологии, Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Российская Федерация, e-mail: shuklina_02@mail.ru

Lyudmila V. Shuklina, Student of the Department of Fundamental Chemistry and Chemical Technology, Southwest State University, Kursk, Russian Federation, e-mail: shuklina_02@mail.ru