

*Н. И. Коровникова, к.х.н., доцент, доц. каф., НУГЗУ,
А. М. Дубына, к.х.н., доцент, ХНАУ им. В. В. Докучаева,
В. В. Олейник, к.т.н., доцент, зам. нач. каф., НУГЗУ*

СВОЙСТВА СИНТЕТИЧЕСКИХ ВОЛОКОН ПОНИЖЕННОЙ ГОРЮЧЕСТИ

(представлено д.т.н. Прохачем Э. Е.)

Исследованы свойства полиакрилонитрильных волокон пониженной горючести. Установлено незначительное ухудшение прочностных свойств волокон.

Ключевые слова: комплексит НАГ, антипирен, механические свойства.

Постановка проблемы. О постоянном росте числа пожаров в большинстве стран мира за последние десятилетия свидетельствуют данные анализа статистики пожаров Международной ассоциации пожарных и спасательных служб International Association of Fire and Rescue Services [1], которая представлена по ресурсам пожарной службы 58 стран. В таблице 1 [1] представлен обзор проблемы пожаров в мире за 1993-2017 гг. Из [1] следует, что больше всего жертв пожаров на 100 тыс. человек (средние показатели за период 2013-2017 годы, табл. 8 [1]) приходится на Беларусь, Россию и Украину. Одновременно увеличиваются экономические потери от пожаров, растет количество жертв. Всего за 20 лет во всех рассмотренных странах жертвами 80 млн. пожаров стали почти 1 млн. человек [1].

В настоящее время текстильные материалы встречаются практически везде: в жилых домах, производственных зданиях или различных помещениях. Ткани и материалы на их основе способны к колоссально быстрому распространению огня и этот огонь может возникнуть от мельчайшей искры. По нормам пожарной защиты [2] необходимо обеспечить безопасность людей там, где происходит их массовое пребывание. Лучшее решение для максимального достижения защиты от огня тканей огнезащитная обработка тканей антипиренами. После такой пропитки текстильные изделия остаются в первоначальном виде и не теряют своих внешних качеств. Однако довольно часто снижение горючести волокнистых материалов приводит к снижению механических свойств материалов.

Таким образом, решая задачу снижения горючести текстильных волокнистых материалов, перед разработчиками актуальной есть проблема не только разработки методов снижения горючести волокнистых материалов, а и дальнейшее исследование их свойств.

Анализ последних исследований и публикаций. Критериями оценки применения антипиренов для огнезащиты химических волокон

по данным авторов [3–5] являются не только их способность обеспечивать пониженную горючесть образцов волокнистых материалов. Важной также является проблема сохранения различных свойств материала, подвергнутого обработке антипиренами.

Авторы исследований [5] доказали, что обработка антипиренами волокнистых материалов приводит к снижению прочностных свойств полимеров. Например, в работе [6] изучено изменение модуля упругости, модуля эластичности и другие механические свойства, обрабатывая волокнистые материалы антипиреном борной кислотой различных концентраций 0,5, 1 и 5%. Высокие концентрации антипиренов более чем в 2 раза, снижали механические свойства полимеров. При этом авторы [6] разработали способ снижения горючести полимеров без снижения механических свойств полученного образца. Также существуют способы снижения горючести материала, при которых происходит упрочнение механических свойств исходного полимера. Экспериментальные результаты механических испытаний, приведенные авторами [7], показали, что образование полимера со сниженной горючестью значительно улучшает динамический и эластичный модули и прочность на разрыв.

Таким образом, важность исследования свойств волокнистых материалов, полученных при обработке их антипиренами, велика.

Постановка задачи и ее решение. Целью данной работы является исследование изменений механических свойств образцов модифицированного полиакрилонитрильного волокна со сниженной горючестью.

Ранее нами было показано [8–11], что модификация образцов нитрона и волокна НАГ антипиреном фосфоновой кислотой приводит к повышению значений кислородного индекса (КИ, %) образцов. Природа реакционных центров, характеристики перечисленных объектов, а также показатели их огнезащищенности (горючести) – КИ, % [12] до и после обработки образцов фосфоновой кислотой приведены в работах [8–10]. Все испытываемые образцы волокон содержат разнообразный по свойствам ассортимент реакционных центров, отличающихся содержанием и природой групп, все относятся к полиэлектролитам [11]. В данной работе исследовали образцы волокон, полученные в [8–11].

В результате действия на образцы волокон внешних механических сил растяжения, изгиба, трения и других проявляются механические свойства волокон. Под действием растяжения волокна проявляют такие свойства, как прочность и удлинение.

Прочность или разрывная нагрузка P , сН – это наибольшее усилие растяжения, которое испытывает волокно в момент его разрыва. То есть разрывная нагрузка текстильных волокон – величина, характеризующая их способность сопротивляться растягивающим усилиям. Разрывная нагрузка волокон P_r может быть выражена в миллиньютонах (мН) или санти ньютонах (сН). Волокна могут характеризоваться и относительной разрывной нагрузкой, выраженной в сантиньютонах на единицу линей-

ной плотности (сН/текс). Прочность волокон определяет их способность сопротивляться растягивающим усилиям. Чем прочнее волокно, тем более прочную и тонкую пряжу можно из него выработать, тем более высокого качества изделия можно получить. Удлинение текстильных волокон – это их свойство увеличивать свою длину под влиянием растягивающих усилий. Удлинение измеряется приростом длины волокна, выраженным в миллиметрах или в процентах первоначальной длины. Прирост длины нити в момент ее разрыва называется удлинением при разрыве, или разрывным удлинением. Способность волокон к удлинению улучшает формирование пряжи и ткани. Удлинение волокна при последующей разгрузке определяет полную деформацию и три ее составные части: деформацию упругую, эластическую и пластическую.

Для определения разрывной загрузки и относительного удлинение образцов волокон на основе полиакрилонитрила использовано специальный прибор, который предназначен для определения прочности при растяжении и удлинения при разрыве волокнистых материалов. Данное оборудование удовлетворяет требованиям межгосударственных стандартов [13, 14]. Подготовка образцов волокнистых материалов для определения разрывной нагрузки и относительного удлинения проведена согласно методу определения разрывной нагрузки и удлинения при разрыве в части технических тканей [13, 14]. Скорость движения нижнего зажима была постоянной и соответствовала 10 мм/мин. Экспериментально полученные данные величин разрывной нагрузки и удлинения образцов фиксировались и определялись при помощи компьютера. Допустимая погрешность данных измерений составляет 2-3 %.

Как и в работе [15] данные об изменении разрывной нагрузки до и после модификации антипиреном определяли по формуле (1):

$$\Delta P = \frac{(P_1 - P_2)}{P_1} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где P_1 и P_2 – разрывная нагрузка исходного и модифицированного антипиреном волокна.

Относительное удлинение образцов оценивали по формуле (2):

$$\Delta \varepsilon = \frac{(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)}{\varepsilon_1} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где ε_1 и ε_2 – относительное удлинение образцов волокон до и после модификации антипиреном.

Относительная погрешность данных разрывной нагрузки составляла 1-2 %, погрешность показаний удлинения составляла 1 мм.

Табл. 1. Механические свойства образцов волокон на основе полиакрилонитрила

Образец волокна	Разрывная нагрузка, сН	Удлинение образца, %
Нитрон	38	19
НАГ	36	18
НАГ, обработанный антипиреном	34	12

Приведенные данные в табл. 1 свидетельствуют, что при данных условиях обработки волокна фосфоновой кислотой разрывная нагрузка и значения относительного удлинения исследуемых образцов при модификации их антипиреном уменьшаются. Незначительное уменьшение механических свойств образцов волокон на основе полиакрилонитрила, как и в случае с образцами целлюлозного волокна [15], вероятно, связано с изменением структуры волокон после обработки его образцов антипиреном. Однако, для более определенных выводов о влиянии антипирена на механические свойства образцов исследованных волокон необходимы дальнейшие исследования.

Выводы. При снижении горючести образцов волокон на основе полиакрилонитрила за счет их модификации антипиреном, прочностные свойства образцов незначительно ухудшаются.

ЛИТЕРАТУРА

1. World fire statistics issue № 24, 2019. URL: <https://www.ctif.org/index.php/news/world-fire-statistics-issue>
2. Правила пожежної безпеки в Україні. Затверджені Наказом Міністерства внутрішніх справ України від 30 грудня 2014 року № 1417.
3. Xiang H., Chen W., Yu S., Sun B., Zhu M. Flame retardancy of polyamide 6 hybrid fibers: Combined effects of α -zirconium phosphate and ammonium sulfamate // Progress in Natural Science: Materials International. 2017. V.27, № 3. P. 369–373.
4. Khalifah A., Jovic M., Ragaisiene A., Rukuiziene Z., Milasius R., Mikucioniene D., Gaan S. Flammability of Cellulose-Based Fibers and the Effect of Structure of Phosphorus Compounds on Their Flame Retardancy // Polymers. 2016. V. 8, № 8. P. 293–299.
5. Zenat A. N., Mona A.N., Magda G.E. Effect of Addition of Boric Acid and Borax on Fire-Retardant and Mechanical Properties of Urea Formaldehyde Saw Dust Composites // International Journal of Carbohydrate Chemistry. 2011. V. 10. P.15–20.
6. Fanfarová A., Mariš L., Fanfarová A. The reaction to fire test for fire retardant and for combustible material // Transactions of the VŠB: Technical University of Ostrava, Safety Engineering Series. 2016. V. 11, № 2. P. 22–28.
7. Jian R., Wang P., Duan W., Xia L., Zheng X. A facile method to flame-retard epoxy resin with maintained mechanical properties through a

novel P/N/S-containing flame retardant of tautomerization // *Materials Letters*. 2017. V. 204, № 10. P. 77–80.

8. Коровникова Н. И., Олійник В. В., Гонар С. Ю. Вплив модифікації волокна на його горючість // *Проблемы пожарной безопасности*. Харьков: НУГЗУ. 2013. № 34. С. 107–110.

9. Коровникова Н. И., Олійник В. В. Понижение горючести волокна на основе полиакрилонитрила // *Проблемы пожарной безопасности*. Харьков: НУГЗУ. 2016. № 40. С. 108–111.

10. Коровникова Н. И., Олійник В. В., Гонар С. Ю. Вплив модифікації волокна на його горючість // *Проблемы пожарной безопасности*. Харьков: НУГЗУ. 2013. № 34. С. 107–110.

11. Коровникова Н. И., Олейник В. В. Снижение пожарной опасности волокон на основе целлюлозы и полиакрилонитрила // *Проблемы пожарной безопасности*. Харьков: НУГЗУ. 2016. № 40. С. 108–111.

12. ГОСТ 12.1.044–89 Пожаровзрывоопасность веществ и материалов.

13. ГОСТ 28840–90 Машины для испытания материалов на растяжение, сжатие и изгиб. Общие технические требования.

14. ГОСТ 29104.4–91 Метод определения разрывной нагрузки и удлинения при разрыве в части технических тканей.

15. Коровникова Н. И., Олійник В. В. Снижение пожарной опасности волокон на основе целлюлозы и полиакрилонитрила // *Проблемы пожарной безопасности*. Харьков: НУГЗУ. 2016. № 40. С. 108–111.

Получено редколлегией 09.01.2020

Н. И. Коровникова, А. М. Дубина, В. В. Олійник

Властивості синтетичних волокон зниженої горючості

Досліджено властивості поліакрилонітрильних волокон зниженої горючості. Встановлено вплив антипірена на незначне погіршення характеристик міцності властивостей волокон.

Ключові слова: комплексит НАГ, антипірен, механічні властивості.

N. Korovnikova, O. Dubyna, V. Oliynik

Properties of synthetic fibers of reduced flammability

The properties of low flammability polyacrylonitrile fibers were investigated. The effect of flame retardant on a slight deterioration in the strength properties of the fibers is established.

Keywords: complexite NAG, fire retardant, mechanical properties.