

УДК 641. 1.  
DOI 10.47367/0021-3497\_2022\_3\_273

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕКСТИЛЬСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ В РЕЗИНОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

### APPLICATION OF TEXTILE-CONTAINING WASTES IN THE RUBBER INDUSTRY

Г.Ф. САГИТОВА, В.М. ДЖАНПАИЗОВА, Т.У. ТОГАТАЕВ,  
А.А. ЕШЖАНОВ, А.С. САДЫРБАЕВА, Ж.К. ШУХАНОВА

G.F. SAGITOVA, V.M. JANPAIZOVA, T.U. TOGATAEV,  
A.A. ESHZHANOV, A.S. SADYRBAYEVA, ZH.K. SHUKHANOVA

(Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Республика Казахстан)

(M. Auezov South Kazakhstan University, Republic of Kazakhstan)

E-mail: guzalita.f1978@mail.ru

*В статье показаны результаты использования отходов текстильного производства, образующихся в больших количествах. Переработка отходов и создание безотходной технологии является весьма актуальными. В данной работе в качестве отходов полиакрилонитрильных волокон использовали влажные отходы волокна нитрон. Путем модификации гидролизованых отходов волокна нитрон разработано поверхностно-активное вещество этиленпропилен, модифицированный полиакрилонитрилом, которое использовали в пропиточном составе для повышения прочностной связи текстильного корда с резиной. В статье приведены результаты испытаний для определения прочностных характеристик обрешиненных текстильных кордов в зависимости от рецептуры пропиточного состава. При введении поверхностно-активного вещества этиленпропиленаЮ, модифицированного полиакрилонитрилом, наблюдается увеличение адгезии резины к капроновому текстильному корду, и максимум достигается при дозировке 4,3% масс. ч. Стабильность связи обеспечивается за счет физических связей между различными функциональными группами каучука и обработанного текстильного корда. В ходе исследования установлено, что введение*

*этиленпропилена, модифицированного полиакрилонитрилом, в состав пропитки приводит к образованию химических связей между эластомерной матрицей резиновых смесей и пропиточным кордом, которые повышают прочность сцепления. Проведенные исследования показывают перспективность использования водорастворимого полимера этиленпропилена, модифицированного полиакрилонитрилом, с высокой поверхностной активностью в пропиточном составе.*

*The article shows the results of the use of textile production wastes generated in large quantities. Waste recycling and the creation of waste-free technology is very relevant. In this work, wet Nitron fiber waste was used as a waste of polyacrylonitrile fibers. By modifying hydrolyzed Nitron fiber waste, the surfactant ethylene propylene polyacrylonitrile modified was developed, which was used in the impregnation compound to increase the strength bond of textile cord with rubber. The article also presents the results of tests to determine the strength characteristics of rubberized textile cords depending on the formulation of the impregnation compound. With the introduction of the surfactant ethylene propylene polyacrylonitrile modified there is an increase in the adhesion of rubber to nylon textile cord and the maximum is achieved at a dosage of 4.3% by weight. The stability of the bond is ensured by the physical connections between the various functional groups of rubber and processed textile cord. The study found that the introduction of ethylene propylene polyacrylonitrile modified into the impregnation leads to the formation of chemical bonds between the elastomeric matrix of rubber compounds and the impregnation cord, which increases the adhesion strength. The conducted studies show the prospects of using a water-soluble polymer of ethylene propylene polyacrylonitrile modified with high surface activity in the impregnation compound.*

**Ключевые слова:** текстильная промышленность, отходы текстильной промышленности, резиновая смесь, искусственные волокна, резино-технические изделия (РТИ), волокнистые материалы, каучук, поверхностно-активные вещества, этилен пропилен, модифицированный полиакрилонитрилом (ЭПАН).

**Keywords:** textile industry, textile industry waste, rubber compound, artificial fibers, rubber-technical products (RTI), fibrous materials, rubber, surfactants, ethylene propylene polyacrylonitrile modified (EPAN).

В настоящее время на всех предприятиях легкой промышленности образуются текстильные отходы, требующие переработки. Поэтому возникает важная научно-техническая задача, заключающаяся в разработке технологических процессов с использованием текстильных отходов для изготовления резинотекстильных изделий.

Эффективное решение проблемы переработки и утилизации отходов во многом связано:

– с активной инновационной деятельностью;

– с необходимостью внедрения новых дорогостоящих технологий и оборудования;

– с использованием вторичных материальных ресурсов.

Поэтому особую значимость для разработки и расширенного внедрения ресурсосберегающих мероприятий и использования вторичных материальных ресурсов имеет создание новых технологий для переработки отходов [1].

Текстильные отходы в процессе своей переработки проходят несколько стадий:

дезинфекция, обеспыливание, сортировка, стирка, химчистка, резка, замасливание и разволокнение [2...4].

Резинотекстильные изделия в основном работают в условиях преимущественного воздействия растягивающих нагрузок; они легко деформируются также при воздействии изгибающих или сжимающих нагрузок. В резинотекстильных материалах основным структурным элементом являются нити или системы нитей. Нити могут состоять из волокон (пряжа) или являются непрерывными химическими нитями. Входящие в их состав волокна или элементарные нити (филаменты) объединены в единый структурный элемент путем обязательной крутки и пропитаны связующим резиновым компонентом. Важнейшим условием армирования резинотекстильных материалов и изделий является низкое значение модуля деформации матрицы (резины) по сравнению с нитями  $E_m \ll E_n$  [5], [6].

В качестве объектов исследования были выбраны отходы волокна нитрон (отходы полиакрилонитрильных волокон), пропиточный состав. В лаборатории Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова (Республика Казахстан) был получен пропиточный состав [7], [8]. Пропиточный состав содержит (мас.ч. на 100 мас. ч. латексов в пересчете на сухое вещество): латекс ДМВП-10Х (ГОСТ 3803136–77) 70, латекс СКД-1с (ГОСТ 11604–79) 30, резорциноформальдегидная смола в виде 5%-ного водного раствора 24, аммиак в виде 25%-ного водного раствора 1 и вода 830.

Порядок загрузки компонентов состава в реактор при перемешивании:

1. Латекс ДМВП-10Х.
2. Латекс СКД-1 или СКД-1С.
3. Вода умягченная (масса воды может колебаться в зависимости от содержания сухого вещества в латексах).
4. Поликонденсированный раствор смолы СФ-282.
5. Аммиак водный.
6. Контроль раствора смолы и пропиточного состава в соответствии с ГОСТ11604-73.

Применяемая в пропиточном составе резорцино-формальдегидная смола СФ-282 токсична, а также труднодоступна, поэтому

нами предлагается заменить смолу на новый водорастворимый полимер, полученный путем модификации гидролизованных отходов волокна нитрон, разработанное поверхностно-активное вещество этиленпропилен, модифицированный полиакрилонитрилом (ЭПАН), которое использовали в пропиточном составе для повышения прочностной связи текстильного корда с резиной.

ЭПАН синтезирован модификацией продукта неполного омыления полиакрилонитрила (ПАН) в присутствии раствора NaOH эпоксисилитановой смолой. Получали пропиточные составы с ЭПАН в разных массовых частях.

В ходе эксперимента полученными пропиточными составами пропитывали капроновый корд 23К из нитей 111 текс×1×3 (ТУ 6-12-31-03-95) и анидный корд 50А с нитями структуры 188 текс×1×2 (ТУ 6-06-С-04-95) и высушивали при комнатной температуре (20°C) в течение 24 часов. Затем резинокордные образцы вулканизировали при 150°C в течение 30 мин [9].

Полученные экспериментальные образцы проверялись испытаниями для определения прочности связи резины с текстильным кордом в зависимости от рецептуры пропиточного состава (табл. 1,2), для чего использовали Н-метод [10].

Прочность корда, прочность связи пропитанного корда с резиной на основе натурального каучука (НК) и изопренового каучука (СКИ-3) [11] определяли Н-методом, кгс/см<sup>2</sup>, (ГОСТ 23785.7–89) на разрывной машине РМИ-60 (табл. 1).

Поверхностно-активные вещества (ПАВ) вводили в рецептуру пропиточного состава для улучшения смачиваемости.

Максимальный эффект увеличения адгезии резины к капроновому текстильному корду при введении ПАВ ЭПАН достигается при дозировке 4,3 масс. ч (табл. 1). По видимому, это говорит о том, что химические связи, образующиеся при взаимодействии поверхностно-активного вещества ЭПАН и макромолекулами эластомера относительно стабильны за счет физических связей между различными функциональными группами каучука и обработанным текстильным кордом.

Таблица 1

Пропиточный состав (массовые части)	20°C		120°C	
	резина на основе НК	резина на основе СКИ-3	резина на основе НК	резина на основе СКИ-3
Контрольный пропиточный состав	9,4	7,5	8,1	7,2
Пропиточный состав с ЭПАН (1,3)	11,8	10,2	9,8	8,2
Пропиточный состав с ЭПАН (2,3)	13,3	12,8	11,2	10,2
Пропиточный состав с ЭПАН (4,3)	14,1	12,9	14,2	10,7
Пропиточный состав с ЭПАН (5,3)	13,8	11,1	11,8	9,7

При пропитке анидного корда испытания по применению ЭПАН в пропиточном составе показали, что усталостная прочность волокна корда увеличивается более чем в 3 раза. Обычный нестабилизированный полиамидный шнур, подвергнутый повторным деформациям при 130°C имеет 5 тысяч циклов до разрушения, обычный стабилизированный шнур имеет 36 тысяч циклов до разрушения, а в стабилизированном шнуре сопротивление повторным деформациям возрастает до 540 тысяч циклов. Помимо повышения сопротивления усталостному разрушению, положительной стороной процесса термообработки пропиточным составом с ЭПАН является фиксация удлинения этого волокна с одновременным повышением прочности, обработанного предложенным способом, это изменение составляет всего 3,6. Использование такого шнура в резиновых изделиях позволит значительно продлить срок службы этих изделий.

Кроме того, анидный шнур с более высокими механическими свойствами, обработанный пропиточным составом ЭПАН, предложенным ниже, может быть использован в резиновой промышленности благодаря своим высоким усталостным свойствам и стабилизации относительного удлинения.

Основной причиной, как мы считаем, значительного повышения прочности связи в резинорддных системах с искусственными волокнистыми шнурами при введении ЭПАН в пропиточный состав является образование химических и физических связей между эластомерной матрицей резиновых смесей и пропиточным шнуром, на поверхности волокон которого образуются активные многофункциональные группы.

Резиновая композиция легко взаимодействует с функциональными группами пропитанного анидного шнура.

Таблица 2

Пропиточный состав (массовые части)	20°C		100°C	
	резина на основе НК	резина на основе СКИ-3	резина на основе НК	резина на основе СКИ-3
Контрольный пропиточный состав	9,3	7,4	7,8	7,1
Пропиточный состав с ЭПАН (1,3)	11,4	9,5	9,9	7,8
Пропиточный состав с ЭПАН (2,3)	12,5	12,8	10,4	9,8
Пропиточный состав с ЭПАН (4,3)	14,2	12,8	13,8	11,1
Пропиточный состав с ЭПАН (5,3)	13,5	10,6	11,5	9,4

Наибольший эффект повышения прочности связи при введении ЭПАН достигается при дозировке 4,3 масс. ч (табл. 2 – прочность связи резин с анидным кордом 50А, пропитанным различными составами, Н-метод, кгс/см<sup>2</sup>). По-видимому, это объясняется тем, что химические и физические водородные связи, образующиеся при взаимодействии ЭПАН и макромолекулами эластомера, относительно стабильны в широком диапазоне температурного режима (20...100°С).

Положительное влияние на адгезию резин к текстильному корду из анидных волокон оказывает замена смолы на ЭПАН. Прочность связи резин с анидным кордом, обработанным пропиточным составом с ЭПАН при 150°С на 25% выше, чем с анидным кордом, обработанным пропиточным составом, применяемым на производстве, согласно технологическому регламенту.

Наиболее высокие прочностные свойства различного характера (при статистических и динамических нагрузках) резинокордных систем достигаются при образовании спектра вулканизационных и межфазных связей различной энергии. По-видимому, именно этими связями можно объяснить часто наблюдаемый эффект синергизма при применении ЭПАН с различными типами функциональных групп, а также при сочетании ингредиентов резиновой смеси, улучшающих смачивание резиновой смесью субстрата (волокон текстильного корда) и текучесть смеси с соединениями пропиточного состава образующими химические связи.

Интенсивность химического взаимодействия смолы и продуктов ее термохимических превращений с карбоцепными эластомерами относительно невелика. После введения поверхностно-активного вещества ЭПАН в пропиточную композицию прочность связи в резинокордных системах значительно возрастает за счет функционального амида и других групп, входящих в состав ЭПАН. Значительное замедление снижения прочности связей в этих системах с повышением температуры испытания, а также после набухания в парах бензола или усталости подтверждает увеличение кон-

центрации химических связей на границе резина-корд. Несколько более высокий уровень прочности связей в резинокордных системах при использовании натурального каучука по сравнению с СКИ-3 при применении в пропиточной композиции поверхностно-активного вещества ЭПАН объясняется также увеличением концентрации химических связей на границе раздела каучук-корд за счет взаимодействия полимера с функциональными кислородсодержащими (карбоксильными, гидроксильными) группами. Неравномерная концентрация химических связей на границе раздела фаз, скорее всего, обусловлена различиями в прочности связей при введении в состав пропитки поверхностно-активных веществ и латекса.

Основной причиной, на наш взгляд, значительного повышения прочности сцепления резинокордных систем с искусственными волокнистыми шнурами при введении ЭПАН в пропиточный состав является образование химических связей между эластомерной матрицей резиновых смесей и пропиточным шнуром.

## ВЫВОДЫ

1. Из вышеизложенного следует, что положительное влияние на прочность связи резин с волокнами оказывает введение этиленпропилена, модифицированного полиакрилонитрилом, в состав пропитки, которая приводит к образованию химических связей между эластомерной матрицей резиновых смесей и пропиточным кордом, повышая прочность сцепления. Наибольший эффект повышения прочности связи при введении поверхностно-активного вещества ЭПАН достигается при дозировке 4,3 масс. ч.

2. Результаты показали, что прочность связи резин с капроновым кордом, обработанным пропиточным составом с ЭПАН при 100°С, выше, чем с капроновым кордом, обработанным обычным пропиточным составом.

3. Учитывая, что ПАН является доступным сырьем, обладающим активными функциональными группами с возмож-

ностью активного взаимодействия с искусственными волокнами, можно отметить перспективность использования в пропиточном составе водорастворимого полимера ЭПАН с высокой поверхностной активностью, полученного из отходов волокна нитрон.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Осипенко Д.А. Проблема переработки отходов текстильной промышленности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kubsu.ru/sites/default/files/users/27486/portfolio/2017>

2. Все об отходах переработки текстильных отходов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://waste.org.ua/modules.php?name=Pages&pa=showpage&pid=13>.

3. Утилизация отходов в различных отраслях народного хозяйства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://uchebnikonline.com/>

4. Сагитова Г.Ф., Джаннапаизова В.М., Арипбаева А.Е., Абилхаймкызы Л., Сихимбаева М.Т., Конисбеков С.М. Исследование отходов обрезиненных текстильных кордов шинного производства как источника получения волокнистых наполнителей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2020, №4. С. 49...54.

5. Сагитова Г.Ф., Туребекова Г.З., Исаев Г.И., Абилхаймкызы Л., Сихимбаева М.Т., Алтамысова А.Б. Пути повышения прочности связи системы "резина - капроновый текстильный корд" // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2020, №6. С. 81...87.

6. Dzhakipbekov E., Sakibayeva S., Dzhakipbekova N., Sagitova G., Bekzhigitova K., Shingisbayeva Zh. The investigation of physical and chemical properties of water solutions of polymers and their application in combination with drugs//Rasayan Journal of Chemistry. – Vol. 14. No. 1 |1-8| January - March | 2021 ISSN: 0974-1496 | e-ISSN: 0976-0083 | CODEN: RJCABP

7. Туребекова Г.З., Сагитова Г.Ф., Алтамысова Г.Б., Жаппарбергенова Э.Б., Абилхаймкызы Л., Сихимбаева М.Т. Способ повышения прочности связи резин с текстильными кордами из сите-тических волокон // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2020, №5. С. 26...33.

8. Патент RU2298021C1, МПК C08L13/00 Кейбал Н.А., Бондаренко С.Н., Каблов В.Ф. Состав для пропитки текстильного корда - Заявлено 22.02.2006, опубл. 27.04.2007, бюл. №12

9. Патент RU 2 163 914 C2 МПК C08L19/02 Шмурак И.Л., Басов Б.К., Бобров А.П., Ежов В.П., Сальникова Е.А., Тарасов М.Е., Чернова Е.М. Состав для пропитки текстильного корда - Заявлено 19.05.1998, опубл. 10.03.2010, бюл. №12

10. ГОСТ 14863–69. Резина. Метод определения прочности связи резина-корд (Н-метод)

11. Кошелев Ф.Ф. и др. Общая технология резины. – М.: Химия, 1978.

#### REFERENCES

1. Osipenko D.A. The problem of textile industry waste processing [Electronic resource]. – Access mode: <https://kubsu.ru/sites/default/files/users/27486/portfolio/2017>

2. All about textile waste processing waste [Electronic resource]. – Access mode: <http://waste.org.ua/modules.php?name=Pages&pa=showpage&pid=13>.

3. Waste management in various sectors of the national economy [Electronic resource]. – Access mode: <http://uchebnikonline.com/>

4. G. F. Sagitova, V. M. Dzhanpaizova, A. E. Aripbaeva, L. Abilkhaimkyzy, M. T. Investigation of waste rubberized textile cords of tire production as a source of obtaining fibrous fillers // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. - 2020, No. 4. pp. 49...54.

5. Sagitova G.F., Turebekova G.Z., Isaev G.I., Abilkhaimkyzy L., Sihimbaeva M.T., Alpamysova A.B. Ways to increase the bond strength of the "rubber - kapron textile cord" system // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. - 2020, No. 6. pp. 81...87.

6. Dzhakipbekov E., Sakibayeva S., Dzhakipbekova N., Sagitova G., Bekzhigitova K., Shingisbayeva Zh. The investigation of physical and chemical properties of water solutions of polymers and their application in combination with drugs//Rasayan Journal of Chemistry. – Vol. 14. No. 1 |1-8| January - March | 2021 ISSN: 0974-1496 | e-ISSN: 0976-0083 | CODEN: RJCABP

7. Turebekova G.Z., Sagitova G.F., Alpamysova G.B., Zhapparbergenova E.B., Abilkhaimkyzy L., Sihimbaeva M.T. A method for increasing the bond strength of rubber with textile cords made of synthetic fibers // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.- 2020, No. 5. S. 26...33.

8. Patent RU2298021C1, IPC C08L13/00 Keyball N.A., Bondarenko S.N., Kablov V.F. Composition for impregnation of textile cord - Declared 22.02.2006, publ. 04/27/2007, bul. #12

9. Patent RU 2 163 914 C2 IPC C08L19/02 Shmurak I.L., Basov B.K., Bobrov A.P., Ezhov V.P., Salknikova E.A., Tarasov M.E., Chernova E. .M Composition for impregnation of textile cord - Declared 05/19/1998, publ. 10.03.2010, bul. #12

10. GOST 14863–69. Rubber. Method for determining the strength of the rubber-cord bond (H-method)

11. Koshelev F.F. etc. General technology of rubber. – М.: Chemistry, 1978.

Поступила 29.03.22.