

## РЕЦИКЛИНГ ОТРАБОТАННЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН В НЕФТЕПРОДУКТЫ RECYCLING OF WASTE TIRES INTO PETROLEUM PRODUCTS

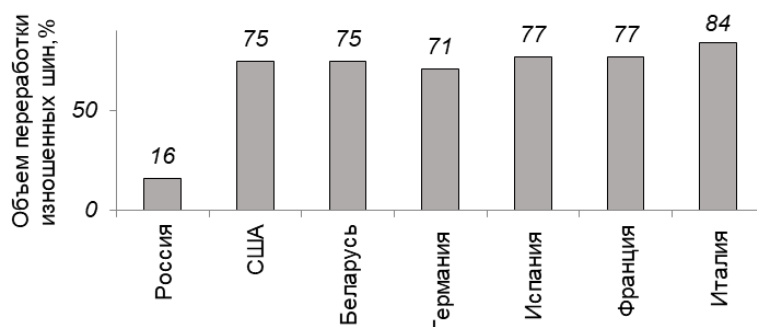
Булавка Ю.А.

Bulauka Y.A.

*Беларусь, Полоцкий государственный университет*

*E-mail: u.bylavka@psu.by*

В настоящее время мировой объем накопленных отработанных автомобильных шин достиг около 80 млн. тонн. Ежегодный прирост накопления изношенных покрышек составляет примерно 10 млн. тонн. Прогнозируется, что к 2030 году накапливаться на свалках будет более миллиарда штук отработанных автомобильных шин ежегодно. Длительное хранение изношенных шин в накопителях опасно для окружающей среды [1, 2]. Шины практически не подвергаются биологическому разложению, их срок расщепления в земле составляет более 100 лет. Взаимодействие изношенных покрышек с грунтовыми водами и осадками связано с высоким риском попадания вредных веществ в водные объекты. Изношенные автомобильные шины обладают повышенной склонностью к воспламенению, при их горении в окружающую среду выбрасывается около 150 токсичных соединений, многие из которых опасные канцерогены: бензапирен, нафталин, 2-метилнафталин, хризен, антрацен, пирен, флуорен, бифенил, фенантрен, флуорантен, бензантрацен, аценафтен, аценафтилен, дибензантрацен и другие. В то же время отработанные автомобильные шины являются ценным вторичным материальным ресурсом. На рисунке 1 приведен объем переработки изношенных шин в некоторых странах.



**Рисунок 1.** Объем переработки изношенных шин

В среднем по странам Западной Европы переработке подвергается до 80% изношенных шин. В целом по миру перерабатывается около 23% отработанных автомобильных шин в основном опасным для окружающей среды методом сжигания для получения энергии, либо механического измельчения для получения резиновой крошки.

Целью данного исследования является разработка рациональных направлений переработки отработанных автомобильных шин в светлые нефтепродукты и битумные мастики, используемые в строительстве для гидроизоляционных и кровельных работ.

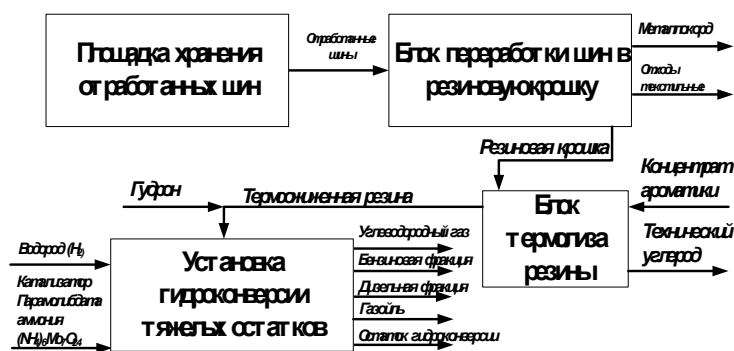
Для анализа проблематики предлагаемых решений выполнен SWOT-анализ, матрица которого приведена на рисунке 2.



**Рисунок 2.** Матрица SWOT-анализа рециклинга изношенных шин

На первом этапе исследования измельченную крошку изношенных шин при температуре 180°C растворяли при постоянном перемешивании в нафталиновой фракции тяжелой смолы пиролиза. В полученную смесь при термообработке и перемешивании добавляли битум. Соотношение компонентов в композиции – битум: обработанные шины: фракция тяжелой смолы пиролиза в мас.: 80:15:5. Полученную композицию гомогенизировали с использованием шнекового устройства. Проведенный комплексный анализ битумных мастик модифицированных отработанными шинами позволил установить, что конечный продукт обладает высокой адгезией к различным поверхностям; высокой деформационной способностью; эластичностью при низких температурах; высокой водостойкостью; достаточно высокой термостойкостью и пригодны для дальнейшего использования для выполнения гидроизоляционных и кровельных работ в строительстве.

На втором этапе исследования предложено из изношенных шин получать светлые нефтепродукты на базе установки гидроконверсии тяжелых остатков. Блок-схема прилагаемого способа рециклинга отработанных автомобильных шин в светлые нефтепродукты приведена на рисунке 3.



**Рисунок 3.** Блок-схема рециклинга отработанных автомобильных шин в светлые нефтепродукты

На начальном этапе отработанные покрышки предлагается перерабатывать в резиновую крошку, металлокорд и текстильные отходы, далее на блоке термолиза резиновую крошку термоожижать вместе с концентратом ароматики (отходом нефтеперерабатывающих производств), в последующем термоожиженную резину смешивать с гудроном и перерабатывать на установке гидроконверсии тяжелых остатков с получением дополнительных нефтепродуктов: углеводородного газа, бензиновых, дизельных и газойлевых фракций, а также остатка гидроконверсии по российской технологии, разработанной Институтом нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН [3-9]. Выполнен расчет технико-

экономических показателей на примере российского НПЗ с действующей установкой гидроконверсии тяжелых остатков мощностью по сырью 50 000 тонн в год, при вовлечении резиновой крошке в количестве 9000 тонн в год экономический эффект от дополнительного выхода светлых фракций и реализации металла составит более 7 млн. долларов ежегодно.

Предлагаемые способы переработки отработанных автомобильных шин в нефтепродукты позволят снизить нагрузку на окружающую среду за счет уменьшения загрязнения литосферы, воздушного и водного бассейнов, сокращения площади полигонов для захоронения покрышек и минимизации рисков возникновения пожаров, а также расширить базу сырьевых ресурсов для получения нефтепродуктов рециклингом отходов и удешевить процесс получения товарной продукции.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Formela, K. Sustainable development of waste tires recycling technologies – recent advances, challenges and future trends / K. Formela // *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research*. – 2021. – №4(3). – p. 209-222, 10.1016/j.aiepr.2021.06.004
2. Fazli, A. Recycling waste tires into ground tire rubber (GTR) rubber compounds: a review / A. Fazli, D. Rodrigue // *J. Compos. Sci.* – 2020. – №4. – p. 103, 10.3390/jcs4030103
3. Патент RU 2 614 755 Способ гидроконверсии тяжёлого углеводородного сырья (варианты) / Хаджиев С. Н., Кадиев Х. М., Зекель Л.А., Окнина Н. В., Кадиева М.Х., Магомадов Э.Э. Оpub. 29.03.2017г.
4. Кадиев Х. М. Гидроконверсия углеродсодержащего органического сырья в присутствии наноразмерных катализаторов на основе дисульфида молибдена: автореферат дис. ... доктора химических наук: 02.00.13 / Кадиев Хусаин Магамедович; [Место защиты: Ин-т нефтехим. синтеза им. А.В. Топчиева РАН] .- Москва, 2018.- 48 с.
5. Мустафин, И.А. Гидрокаталитические процессы переработки тяжелых нефтяных фракций с использованием перспективных наноразмерных катализаторов/ И.А. Мустафин, Г.М. Сидоров, К.Е. Станкевич, Т.М. Байрам-Али, А.И. Салишев, Е.В. Муртазин, А.В. Ганцев// *Фундаментальные исследования*. -2018. -№ 7. -С. 22-28.
6. Магомадов, Э.Э. Гидроконверсия атмосферных и вакуумных остатков высоковязких нефтей на катализаторах, синтезированных *in situ* в реакционной среде: диссертация ... кандидата химических наук: 02.00.13 / Магомадов Эльдар Элиевич; [Место защиты: Ин-т нефтехим. синтеза им. А.В. Топчиева РАН].- Москва, 2014- 138 с.
7. Зайцева, О.В. Структурные превращения асфальтенов при гидроконверсии гудрона в сларри-реакторе: автореферат дис. ... кандидата химических наук: 02.00.13 / Зайцева Ольга Владимировна; [Место защиты: Ин-т нефтехим. синтеза им. А.В. Топчиева РАН] . Москва,- 2016.- 24 с.
8. Кадиев, Х.М. Гидроконверсия полиэтилена и шинной резины в смеси с тяжелыми нефтяными остатками/ Х.М. Кадиев, А.У. Дандаев, А.М. Гюльмалиев, А.Е. Батов, С.Н. Хаджиев // *Химия твердого топлива*. -2013.-№2. -С. 65-72.
9. Дандаев, А. У. Совместная гидроконверсия органических техногенных отходов и тяжелых нефтяных остатков: диссертация ... кандидата химических наук: 02.00.13 / Дандаев Асхаб Умалтович; [Место защиты: Институт нефтехимического синтеза им.А.В.Топчиева РАН - Учреждение РАН].- Москва, 2014.- 140 с.