

DOI: 10.34031/2071-7318-2024-9-12-106-115

Чуев К.В.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

E-mail: kirill.chuev@gmail.com

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ ИЗ РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Аннотация. Статья посвящена проблеме утилизации изношенных автомобильных шин и резинотехнических изделий (РТИ), что представляет собой серьезную экологическую угрозу. В условиях увеличения числа автомобилей в России и, соответственно, роста отходов, особенно шин, необходимы эффективные методы их переработки.

В статье описывается процесс удаления бортового кольца из шин различных. В процессе проведения эксперимента была изучена эффективность извлечения бортового металлического кольца из резиновой оболочки грузовых и крупногабаритных шин с использованием специализированного гидравлического оборудования. Эксперимент был направлен на определение необходимого усилия для извлечения бортового кольца, что является ключевым этапом в переработке использованных шин. Проведенные эксперименты позволили установить зависимости между усилием, необходимым для извлечения бортового кольца, и его характеристиками.

Полученные данные могут быть использованы для разработки более эффективных методов переработки и создания оборудования, которое позволит оптимизировать процесс утилизации. Результаты демонстрируют, что значительная часть усилия расходуется на преодоление адгезии между металлической проволокой и резиновой оболочкой, что важно учитывать при разработке оборудования для переработки. Выводы исследования подчеркивают необходимость улучшения технологий переработки шин и их более безопасной утилизации.

Ключевые слова: утилизация резино-технических изделий (РТИ), переработка шин, крупногабаритные шины (КГШ).

Введение. В условиях стремительного развития автомобильной промышленности и увеличения числа транспортных средств по всему миру наблюдается экспоненциальный рост объема отходов, включая изношенные шины и резинотехнические изделия (далее - РТИ). Отработанные покрышки и другие резиновые изделия чаще всего попадают не на перерабатывающие предприятия, а на свалки, где они занимают значительное пространство и могут привести к загрязнению почвы и водных ресурсов, нанося ущерб природе [1-5].

В соответствии с Федеральным классификационным каталогом отходов [6], использованные шины относятся к IV классу опасности – малоопасные. Данный тип отходов после загрязнения окружающей среды требует короткого срока восстановления, но при больших объемах и длительном хранении, существует риск возгорания отработанных покрышек. Вещества, которые выделяются при горении резиновых изделий, принадлежат к I и II классу опасности. Они могут причинить серьезный вред здоровью человека и окружающей среде.

По исследованию Невядомской А.И. [7] к 2015 году, количество отработанных шин достигало порядка 900 тысяч тонн в год (рис. 1). Примерно половина из них является шинами со зна-

чительными габаритами: грузовые, шины специального назначения и крупногабаритные шины. В 2022 году в России объем резинотехнических отходов, включая использованные шины, оставался значительным, с общим объемом, превышающим 1 миллион тонн в год. По данным Росприроднадзора, шины и другие резинотехнические изделия образуют значительную долю отходов IV класса опасности.

В Российской Федерации обращение с отходами, включая переработку использованных шин, регулируется рядом нормативно-правовых актов. В соответствии с Федеральным законом № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» [9] деятельность по сбору, транспортировке, обработке, утилизации, обезвреживанию и размещению отходов I-IV классов опасности подлежит лицензированию. Этот закон устанавливает определенные требования к хранению, утилизации и транспортированию отходов и к лицам, осуществляющим данную деятельность.

К основным методам утилизации резинотехнических изделий относят пиролиз, сжигание, регенерацию резины и механическая переработка. Каждый из этих методов имеет свои плюсы и минусы, и выбор конкретного способа зависит от экономической целесообразности, доступных технологий и экологических стандартов. Меха-

ническая переработка резинотехнических изделий (РТИ) в резиновую крошку пользуется популярностью среди предпринимателей благодаря её технологической и экономической выгоде. Это

связано с наличием широкого спектра оборудования в различных ценовых сегментах. Количество необходимого оборудования может варьироваться в зависимости от состава, типоразмера и конструкции шины [10–12].

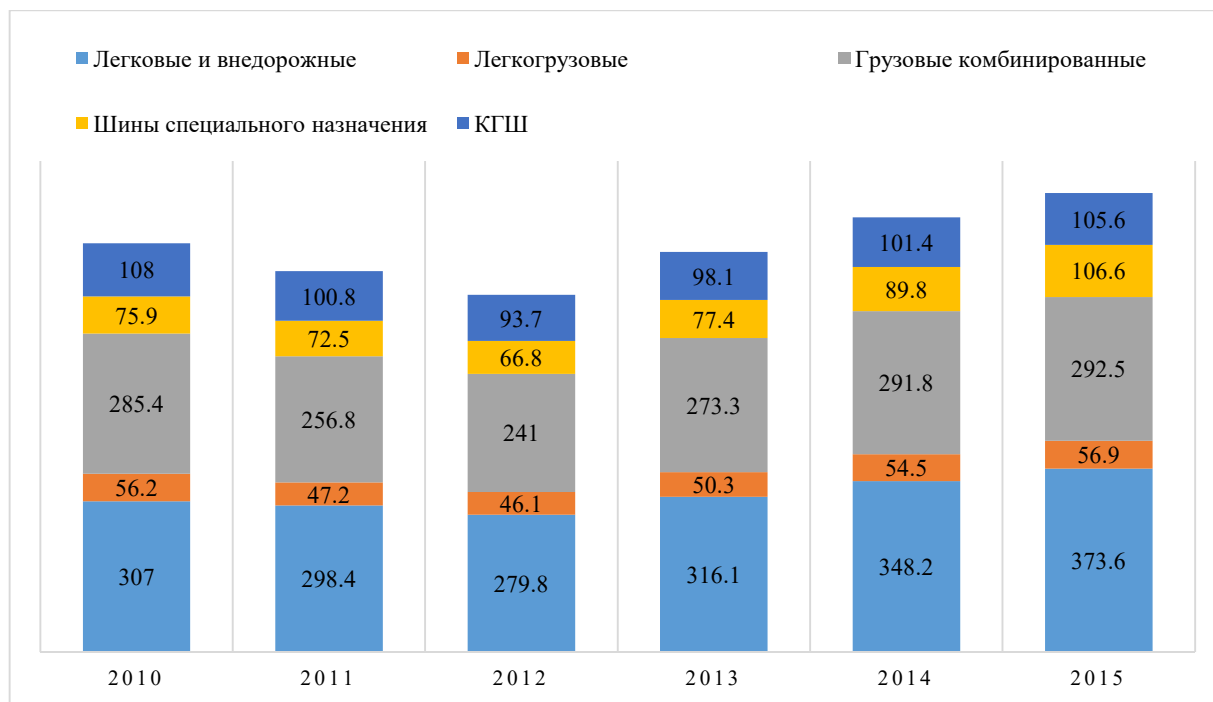


Рис. 1. Общий объём отработанных шин в РФ за 2010–2015 гг., тыс. тонн. [7]

Размер и эксплуатационные параметры шины влияют на состав её компонентов. Чем больше шина, тем меньше металла в её составе и больше резины и текстиля. Легковые и небольшие грузовые шины, как правило, оснащены цельнометаллическим кордом и бортовым кольцом, которое соответствует диаметру проволоки корда. Это позволяет измельчать их в один этап без предварительной обработки, отправляя шину сразу на измельчение, где происходит разделение на резиновую крошку и металлолом [13].

Для утилизации грузовых и крупногабаритных шин путем переработки, такой как механическое измельчение или термическое разложение, необходима предварительная обработка. В зависимости от размера шины – это может включать нарезание на чипсы и/или удаление бортового кольца. Удаление бортового кольца обычно осуществляется с помощью специального оборудования, которое извлекает металлическую проволоку из борта покрышки [14].

Основная часть. Процесс удаления бортового кольца схематично можно разложить на несколько составляющих, показанных на рис. 2. Колесо 3 поступает в рабочее пространство оборудования и вешается на крюк 1. Рабочее движение начинается с захвата крюком 1 бортового кольца 4, после чего резиновый борт колеса 5

упирается в мишень 2 (рис. 2, а). После достижения силы, необходимой для извлечения бортового кольца, крюк 1 постепенно вытягивает бортовое кольцо 4 (рисунок 2, б) через мишень оборудования. Рабочий цикл заканчивается при полном извлечении бортового колеса из борта покрышки.

Важной характеристикой, от которой зависят габариты и масса конструкции, а также электродвигатель или насосная станция оборудования для извлечения бортового кольца, является усилие необходимое для извлечения бортового кольца.

В начале работы установки возникает пик усилия, необходимого для извлечения бортового кольца. При удалении бортового кольца из слоя с одинаковой площадью, разрезаемой резиновой оболочки рабочее усилие выравнивается. Далее рабочее усилие постепенно возрастает в процессе удаления и на окончательной стадии после полного удаления бортового кольца резко падает до значений холостого хода. [15]

Для определения необходимого усилия для извлечения бортового кольца из борта грузовых и крупногабаритных шин, был проведен промышленный эксперимент с применением специализированного гидравлического оборудования. В качестве устройства для измерения давления в рабочей полости гидроцилиндра использовался

манометр ДМ02-100-1-М Кл 1.5, устанавливается на входе масла в гидроцилиндр. Диапазон показаний 0–250 кгс/см² (0–25 МПа), погрешность измерения 1,5±1.5 кгс/см². Гидроцилиндр имеет внутренний диаметр D=190 мм и диаметр

штока d = 140 мм. Подробное описание конструкции и методики сбора данных описаны в [15].

Эксперимент проводился с использованием 11 различных типоразмеров грузовых и крупногабаритных шин, характеристики которых приведены в таблице 1.

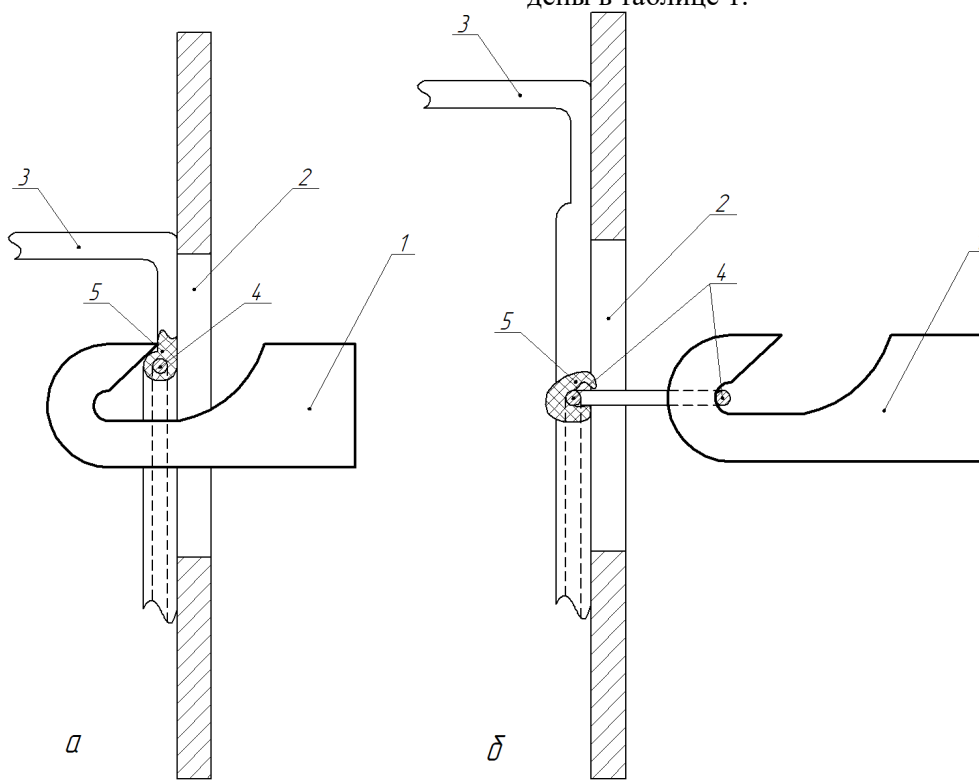


Рис. 2. Процесс выдергивания бортового кольца из шины

Таблица 1

Характеристики утилизируемых шин

№	Шина	Внешний диаметр, мм	Посадочный диаметр шины, мм	Площадь бортового кольца, мм ²	P _{max} , кгс/см ²	Макс. сила извлечения, кН	Кол-во дублир. опытов, шт
1	265/70 R19.5	871	495,3	208	147,5	187,470	2
2	385/55 R22.5	997	571,5	223	150	190,647	2
3	315/70 R22.5	1024	571,5	218	155	197,002	4
4	11 R22.5	1062	571,5	207	152,5	193,825	4
5	385/65 R22.5	1078	571,5	234	153,75	195,414	4
6	315/80 R22.5	1080	571,5	420	170	216,067	2
7	11.00 R20	1082	508	198	150	190,647	2
8	360/70 R24	1154	609,6	222	145	184,292	2
9	14.00-20 Я-307	1220	508	455	190	241,487	1
10	17.5 – 25 L-3	1350	635	357	132,5	168,405	2
11	18.4 - 26	1425	660,4	362	142,5	181,115	2

Исследуемые шины можно условно разделить на 3 группы по величине максимальной силы извлечения. 1я группа: диапазон 180 кН – 200 кН; 2я группа: свыше 200 кН; к 3ей группе

относятся шины № 10 и № 11 с надрезом бортовой части по диаметру бортового кольца, максимальная сила извлечения: 165 кН – 185 кН.

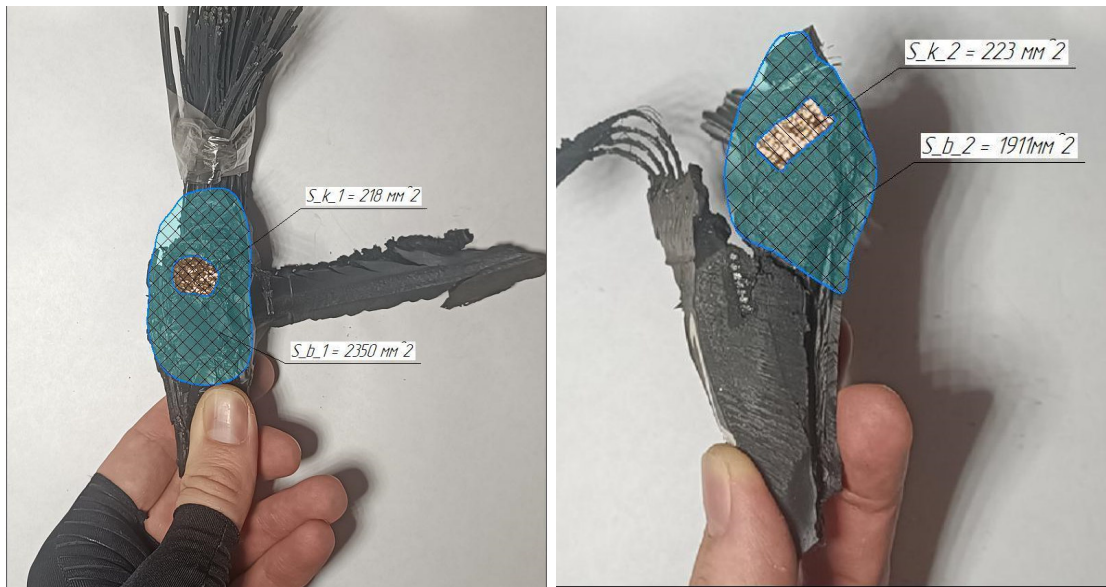


Рис. 3 Основание борта шин 1й группы

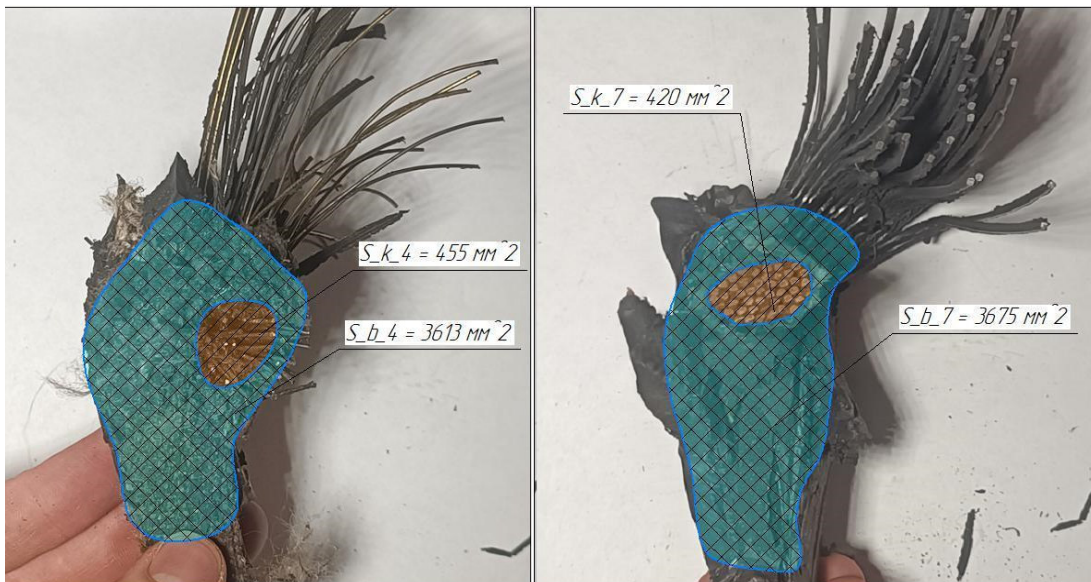


Рис. 4. Основание борта шин 2й группы

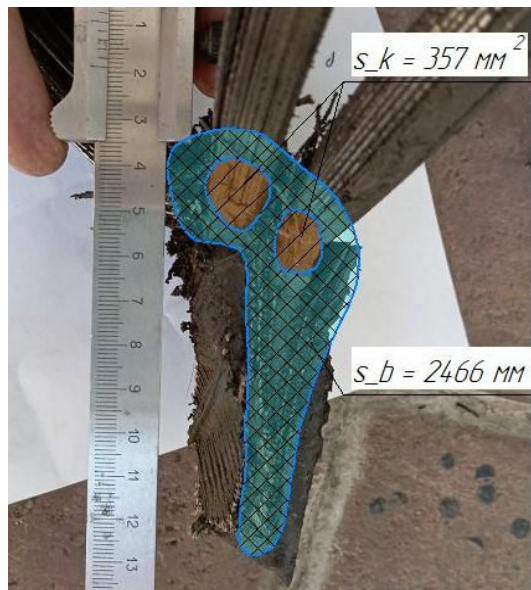


Рис. 5. Основание борта шин 3й группы

На рис. 3, рис. 4 и рис. 5 представлены основания бортов шин 1, 2 и 3 группы, соответственно, с указанием типоразмера утилизируемой шины, площади металлического бортового кольца S_k и площади резиновой оболочки S_b .

Диаграммы зависимости рабочего давления в гидроцилиндре от времени для групп 1, 2 и 3 представлены на рис. 6 и рис. 7.

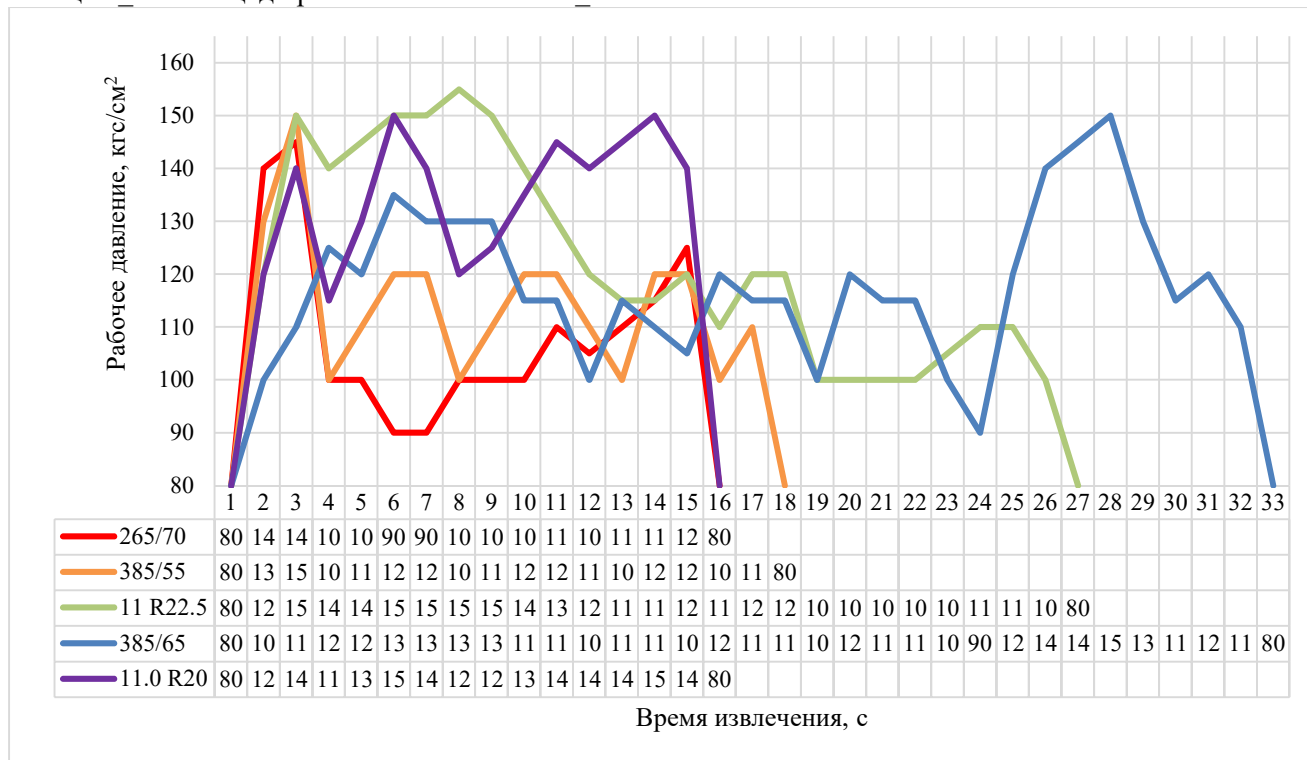


Рис. 6. Диаграммы изменения давления в системе при извлечении бортового кольца из шин 1 группы

На рис. 6 показаны графики изменения рабочего давления в гидравлической системе в процессе извлечения бортового металлического кольца шин 1й группы. У шин 265/70 R22.5, 385/55 R22.5, 11 R22.5, 11 R20 присутствует ярко выраженный начальный пик рабочего давления в 140-150 кгс/см², возникший на 2-3 сек с начала работы гидропривода. Это связано с большой площадью разрываемой резиновой оболочки борта колеса. При извлечении бортового кольца из шины 385/65 R22.5 в начальный момент тоже присутствует пик рабочего давления, но он происходит значительно позже, на 5-6 сек и достигает отметки в 135 кгс/см². Далее при продолжении извлечения на некоторых шинах (265/70 R22.5, 385/55 R22.5, 385/65 R22.5) происходит спад рабочего давления в системе, так как площадь резиновой оболочки борта колеса уменьшается и остаётся постоянной вплоть до окончания процесса извлечения. При извлечении бортового кольца из шин 11 R22.5, 11 R20 рабочее давление системы не спадает и какое-то время поддерживает максимальное значение в 140-150 кгс/см². В конце извлечения бортового кольца у шин 265/70 R22.5, 385/65 R22.5, 11 R20 присутствует финальный пик рабочего давления. Финальный пик всегда сопровождается резким сбросом рабочего

давления до значения холостого хода системы (80 кгс/см²)/

На рис. 7 представлены графики изменения рабочего давления в системе во времени при извлечении бортового металлического кольца шин 2й и 3й группы.

Ко 2й группе относятся КГШ шины 315/80 R22.5 и 14-20 Я. Отличие данных шин от 1й группы в том, что максимальное значение рабочего давления достигает 170 кгс/см² и выше. Также для данной группы шин характерны периодические всплески рабочего давления, достигающие до 160-190 кгс/см², после чего рабочее давление устремляется вниз практически до значения холостого хода (80-100 кгс/см²). Такие всплески связаны с тем, что бортовое металлическое кольцо КГШ может не до конца извлекаться из резинового борта и застрять в мишени упорной плиты, что может послужить причиной для разрыва бортового кольца, поэтому оператор оборудования сбрасывал давление в системе до значения холостого хода, а затем снова нагнетал его до максимального.

Группа 3 включает в себя покрышки 17.5 – 25 L-3 и 18.4 – 26, габаритные размеры которых превышают размеры покрышек из группы 2. Но в исследуемых покрышках был выполнен надрез бортовой части колеса по диаметру бортового

кольца. В процессе извлечения бортового кольца из шин 3й группы также присутствуют начальные и конечные пики рабочего давления в системе, при чём начальный пик имеет большее

значение рабочего давления и достигает 140–150 кгс/см², конечные пики достигают 125–135 кгс/см².

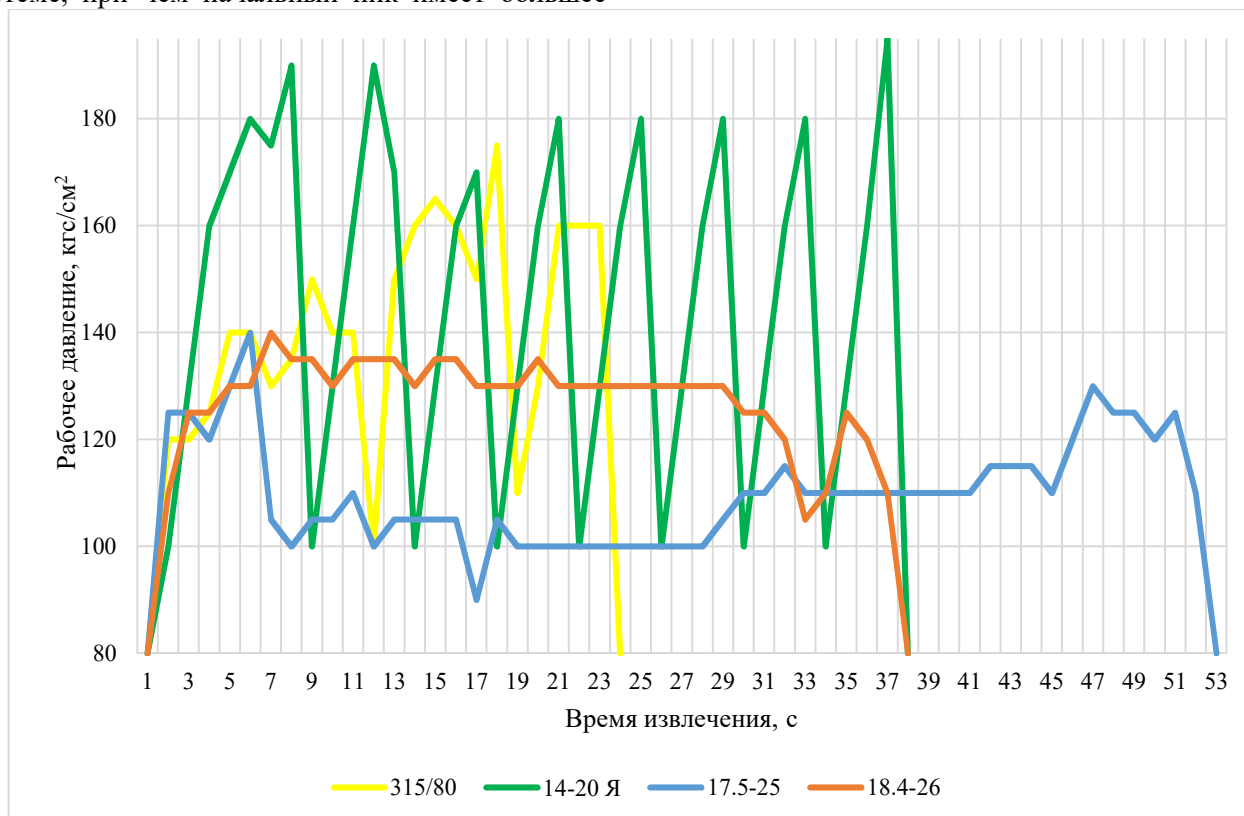


Рис. 7. Диаграммы изменения давления в системе при извлечении бортового кольца из шин групп 2 и 3

В бортовых кольцах обычно используется стальная проволока высокой прочности, так как она обеспечивает надежную фиксацию шины на ободе колеса. Марка проволоки может варьироваться в зависимости от требований производителя и типа шины, но чаще всего применяются проволоки из углеродистой стали с высоким пределом прочности, высокими адгезионными параметрами для прочной связи крепления проволоки с резиновой оболочкой и антикоррозийными покрытиями для увеличения срока службы. Спецификации на бортовые кольца могут включать ГОСТы, такие как 14959-2016, 1071-81 или 26366-84 для стальной проволоки.

В общем случае усилие необходимое для извлечение бортового кольца можно представить следующей формулой:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 < P_0 \quad (1)$$

где P – усилие необходимое для извлечения бортового кольца, Н;

P_1 – усилие, необходимое для преодоления адгезии между стальной проволокой и резиновой оболочкой, Н;

P_2 – усилие, необходимое для разрыва резиновой оболочки бортовой части колеса, Н;

P_3 – усилие, затрачиваемое на деформацию бортового колеса, Н;

P_4 – усилие, затрачиваемое на преодоления силы трения и других вредных факторов, Н;

P_0 – усилие, суммарное разрывное усилие всех проволок в бортовом кольце, Н.

В процессе извлечения бортового кольца необходимо не превышать усилие, которое может привести к разрыванию бортового кольца, которое затрудняет дальнейшую переработку. Бортовое кольцо покрышки состоит из n шт. стальных проволок и резины, которая скрепляет проволоки между собой. Соответственно суммарное разрывное усилие P_0 всех проволок в бортовом кольце вычисляют по результатам испытания на растяжение по формуле (2):

$$P_0 = K_p \sum_1^n P_z \quad (2)$$

где n – количество испытанных проволок;

P_z – разрывное усилие одной проволоки, Н;

K_p – коэффициент упрочнения бортового кольца резиновым слоем [1-1.25];

Расчетное разрывное усилие проволоки определяется по формуле (3):

$$P_z = \sigma_{пч} \cdot A \quad (3)$$

где $\sigma_{пч}$ – предел прочности стальной проволоки, Па;

A – площадь поперечного сечения проволоки, м²;

Так как бортовое кольцо состоит из замкнутых проволок одного диаметра, то подставляя формулу (3) в (2) усилие необходимое для разрывания бортового кольца (P_o) можно представить в виде уравнения (4):

$$P_o = K_p \cdot \sigma_{пч} \cdot A \cdot z = K_p \cdot \sigma_{пч} \cdot A_{бк} \quad (4)$$

где z – кол-во проволок в бортовом кольце;

$A_{бк}$ – площадь поперечного сечения бортового кольца, м²;

Согласно ГОСТ 26366-84 предел прочности для проволоки 1Л/1ЛА составляет [1770–2060] МПа. Подставляя данное значение в (4), получим график зависимости разрывного усилия (P_o) от площади сечения бортового кольца ($A_{бк}$), представленный на рис. 8.

Линией обозначен нижний предел необходимого усилия для разрыва проволоки бортового кольца в зависимости от площади поперечного сечения. Точками указаны значения максимального усилия, приложенных к крюку при извлечении бортового кольца в утилизируемых шинах (табл. 1).

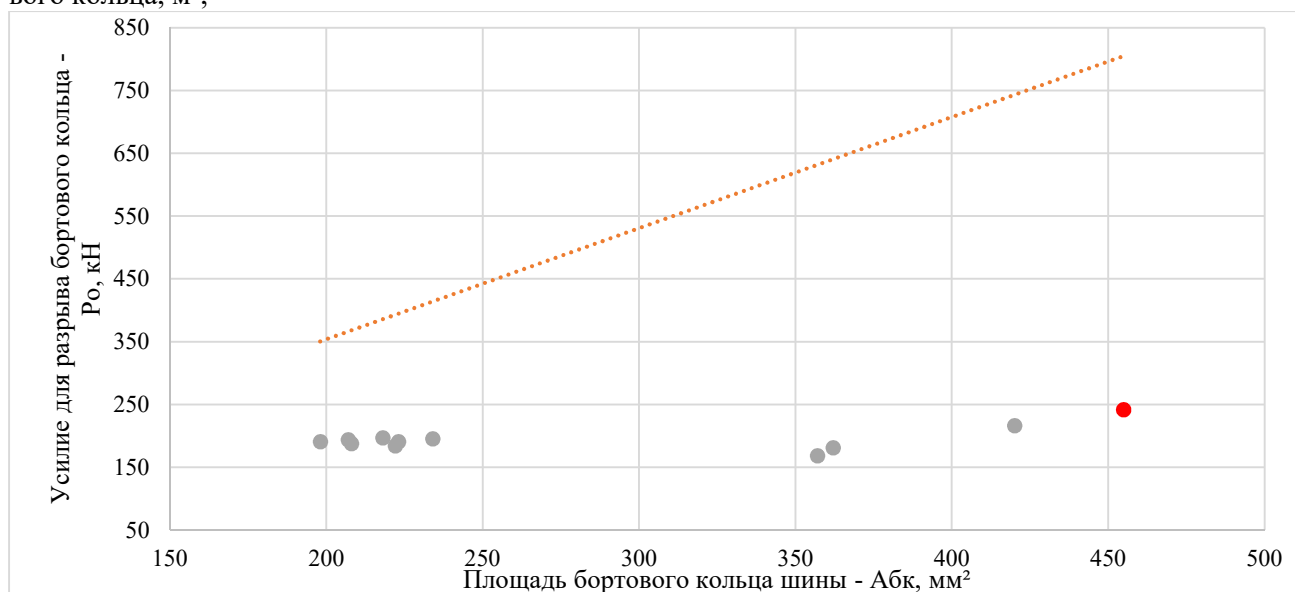


Рис. 8. Диаграмма зависимости необходимого усилия для разрыва бортового кольца от площади бортового кольца КГШ

Как видно из рис. 8 максимальное усилие при извлечении бортового кольца не доходит до нижнего предела прочности проволоки, но при извлечении бортового кольца из крупногабаритной шины 14.00-20 Я-307 (опыт №9, табл. 1) (рис. 8) с внешним диаметром 1220 мм без диаметрального надреза рабочее давление достигло максимальной точки в 195 кгс/см² в гидроцилиндре, после чего произошёл разрыв металлического бортового кольца в месте «протягивания» бортового кольца через мишень упорной плиты устройства. Это обусловлено тем, что резиновый борт покрышки с металлической проволокой внутри застрял в отверстии мишени оборудования, что привело к разрыву кольца.

Процесс извлечения бортового металлического кольца из резиновой оболочки представляет собой сложную задачу как с физической, так и с геометрической точки зрения. Силу, необходимую для извлечения, можно разложить на несколько составляющих (1). Одна из них — это

сила, которая требуется для преодоления адгезионной прочности между резиновым слоем и металлической проволокой:

$$P_1 = \sigma_c \cdot A_k = \sigma_c \cdot \pi \cdot d \cdot l \quad (5)$$

где σ_c –сдвиговое напряжение, Па;

A_k – площадь поверхности соприкосновения проволоки с резиновой оболочкой, м²;

d – толщина бортового кольца, м

l – длина участка контакта бортового кольца и резиновой оболочки, м;

По ГОСТ 26366-84 прочность связи металлической проволоки, диаметром 1 мм, с резиновой оболочкой, шириной 10 мм, составляет 206 Н. Подставляя данные в (4), можно вычислить сдвиговое напряжение:

$$\sigma_c = \frac{P_1}{\pi \cdot d \cdot l} = \frac{206}{\pi \cdot 1 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 10^{-3}} = 6,5 \text{ МПа} \quad (6)$$

Величина усилия, необходимого на преодоление адгезии, прямо пропорциональна площади поверхности контакта металлической проволоки с резиновым бортом. При извлечении бортового

кольца, площадь контакта постоянно меняется, так как бортовое кольцо изгибается в двух местах и процесс отслоения резины с металлическим кордом проходит не равномерно, а скачками.

При извлечении бортового кольца из шин 3й группы, был проведён диаметральный разрез бортовой части колеса, таким образом усилием (P_2), необходимым для разрыва резиновой обо-

лочку можно пренебречь. Для компенсации усилий P_3 , и P_4 , введём поправочный коэффициент K , равный 0,9. Таким образом, уравнение 1 будет иметь вид:

$$P = P_1 \cdot K \quad (7)$$

На рис. 9 изображено усилие для преодоления адгезионной прочности во времени для исследуемых шин 3ей группы.

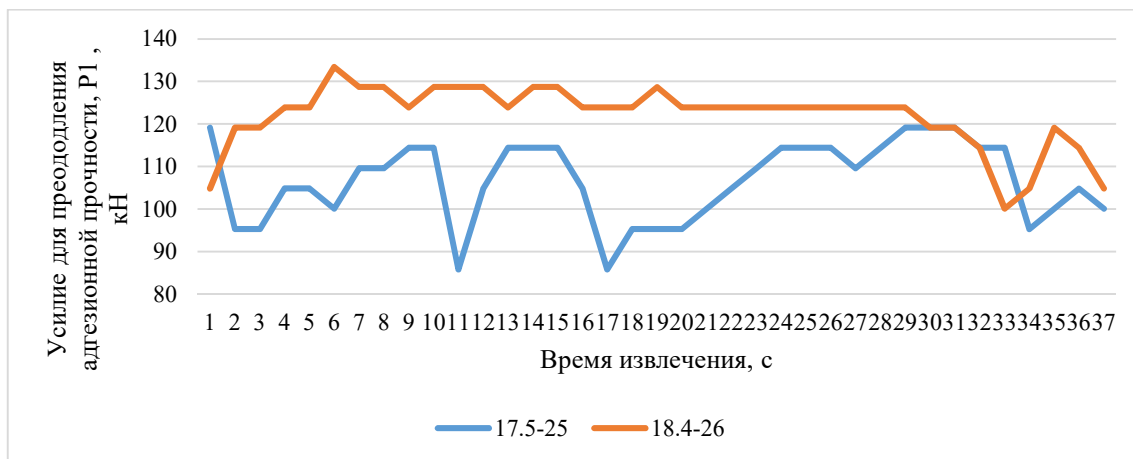


Рис. 9. Усилие, необходимое для преодоления адгезии между стальной проволокой и резиновой оболочкой во времени для колёс 3-й группы

Сравнивая процессы при извлечении бортовых колец из колес схожих по техническим характеристикам 18.4-26 группы 3 и 315/80 группы 2, можно сделать вывод, что на преодоление адгезии между металлом и резиновым слоем уходит около 60 % от общего усилия.

Выводы. В данной статье была представлена комплексная оценка процесса извлечения бортового металлического кольца из резиновой оболочки грузовых и крупногабаритных шин. Путем экспериментальных исследований установлены ключевые факторы, влияющие на эффективность этого процесса, такие как характеристики шин, их типоразмеры и особенности конструкции. Результаты эксперимента продемонстрировали, что наличие адгезии между резиновым бортом и металлическим кольцом требует значительных усилий для преодоления, что подчеркивает важность оптимизации технологии извлечения. Полученные данные могут быть использованы для дальнейших исследований и разработки более эффективных методов утилизации шин, что, в свою очередь, способствует сокращению негативного воздействия на окружающую среду.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шаховец С.Е., Курлянд С.К., Сиротинкин Н.В., Рюткянен Е.А. О состоянии макромолекулярной структуры протекторных резин в течение эксплуатации и переработки шин // Известия СПбГТИ (ТУ). 2019. №51 (77) С. 39–41.

2. Grinchuk P.S., Fisenko S.P. Heat Exchange with Air and Temperature Profile of a Moving Oversize Tire // J Eng Phys Thermophy 2016. №89. Pp. 1369–1373. DOI:10.1007/s10891-016-1503-8

3. Федосеев И. В, Баркан М. Ш., Прохоцкий Ю. М, Ласкина Н.Е., Логинова А.Ю. Технология утилизации отработанных резинотехнических изделий // Экологические системы и приборы. 2013. № 8. С. 32–39.

4. Goryunov S., Khoreshok A., Grigoryeva N., Preis E., Alitkina O. The research of operational temperatures of dump trucks tires // E3S Web of Conferences. The conference proceedings Sustainable Development of Eurasian Mining Regions: electronic edition. 2019. DOI:10.1051/e3sconf/201913401014

5. Zhetesova G.S., Dandybaev E.S., Zhunuspekov D.S, Zhekibaeva K.K. Improvement of the organization of maintenance and repair of dumpcars // Material and Mechanical Engineering Technology. 2020. № 1. Pp. 33–38 DOI:10.17580/gzh.2022.04.15

6. Приказ Росприроднадзора от 22.05.2017 № 242 (ред. от 02.11.2018) Об утверждении Федерального классификационного каталога отходов (с изм. и доп., вступ. в силу с 04.10.2021).

7. Невядомская А. И., Дериглазов А. А. Утилизация и переработка шин в крошку // Молодой ученый. 2014. № 17 (76). С. 310–313.

8. Перлина Ж.В., Марьев В.А., Шувалов Ю.А. Переработка использованных шин: международный опыт // Твердые бытовые отходы. 2012. № 12(78). С. 58–63

9. Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» (Принят ГД РФ 22.05.1998, действующая редакция)

10. Vochkaryov Y., Ishkov A. The operational reliability of quarry dump trucks belaz-7540 in the placer deposits // 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2020. Pp. 325–332. DOI: 10.5593/sgem2020/1.2/s03.042

11. Лучин И.В., Кравченко И.М., Конкин М.Ю. Методика расчёта процесса разрушения изношенных автомобильных шин и резино-технических изделий при утилизации // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014 №8.4. С. 11–15.

12. Кострова З.А., Михеев А.В., Бушуева М.Е., Беляков В.В., Митяков С.Н. Утилизация пневматических и безвоздушных шин // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2016. № 3(114). С. 120–130.

13. Чуев К.В., Кравченко В.М., Мутовалов Э.А. Основные виды утилизации резинотехнических изделий // Образование. Наука. Производство: Сборник докладов XV Международного молодежного форума, Белгород, 23–24 октября 2023 года. Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2023. С. 49–52.

14. Пат. 201698, Российская Федерация, МПК В29В 17/02. Установка для удаления троса из боковой части шины при утилизации: / В.Я. Дуганов, Н.А. Архипова, К.В. Чуев, Ю.А. Чуева; заявитель ФГБОУ ВО «БГТУ им. Шухова» № 2020133204 : заявл. 08.10.2020 : опубл. 28.12.2020

15. Дуганов В.Я., Дуюн Т.А., Чуев К.В., Архипова Н.А., Кравченко В.М., Чуева Ю.А. Проблемы утилизации крупногабаритных автомобильных шин // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2023. № 11. С. 103–112. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-11-103-112.

Информация об авторах

Чуев Кирилл Витальевич, аспирант кафедры технология машиностроения. E-mail: kirill.chuev@gmail.com. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46

Поступила 15.10.2024 г.

© Чуев К.В., 2024

Chuev K.V.

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhova

E-mail: kirill.chuev@gmail.com

TECHNOLOGICAL ASPECTS OF EXTRACTING METAL COMPONENTS FROM RUBBER PRODUCTS

Abstract. The article is devoted to the problem of recycling of worn-out automobile tires and rubber products, which is a serious environmental threat. With the increasing number of cars in Russia and, consequently, the growth of waste, especially tires, effective methods of recycling them are needed. The article describes the process of removing the side ring from tires of various sizes using hydraulic equipment. In the course of the experiment, the efficiency of extracting the side metal ring from the rubber shell of cargo and large-sized tires was studied using specialized hydraulic equipment. The experiment was aimed at determining the necessary effort to remove the side ring, which is a key step in recycling used tires. The experiments carried out made it possible to establish the relationship between the force required to remove the side ring and its characteristics. The results demonstrate that a significant part of the effort is spent on overcoming the adhesion between the metal wire and the rubber shell, which is important to take into account when designing equipment for metal recycling. The study's findings highlight the need for improved tire recycling technologies and safer tire recycling.

Keywords: recycling of rubber products, tire recycling, large-size tires.

REFERENCES

1. Shahovec S.E., Kurlyand S.K., Sirotinkin N.V., Rytukyanen E.A. On the state of the macromolecular structure of tread rubbers during the operation and processing of tires [O sostoyanii makromolekulyarnoy struktury protekturnykh rezin v

techenie eksploatacii i pererabotki shin]. Izvestiya SPbGTI (TU). 2019. No. 51 (77) Pp. 39–41. (rus)

2. Grinchuk P.S., Fisenko S.P. Heat Exchange with Air and Temperature Profile of a Moving Over-size Tire. J Eng Phys Thermophy 2016. No. 89. Pp. 1369–1373. DOI:10.1007/s10891-016-1503-8.

3. Fedoseev I.V., Barkan M.Sh., Prohockiy Yu.M., Laskina N.E., Loginova A.Yu. Technology of utilization of used rubber products [Tehnologiya utilizatsii otrabotannykh rezinotekhnicheskikh izdeliy] *Ekologicheskie sistemy i pribory*. 2013. No. 8. Pp. 32-39. (rus)
4. Goryunov S, Khoreshok A., Grigoryeva N., Preis E., Alitkina O. The research of operational temperatures of dump trucks tires. E3S Web of Conferences. The conference proceedings Sustainable Development of Eurasian Mining Regions: electronic edition. 2019.
5. Zhetesova G.S., Dandybaev E.S., Zhunuspekov D.S, Zhekibaeva K.K. Improvement of the organization of maintenance and repair of dump-cars. *Material and Mechanical Engineering Technology*. 2020. No. 1. Pp. 33–38. DOI:10.17580/gzh.2022.04.15.
6. Prikaz Rosprirodnadzora ot 22.05.2017 No. 242 (red. ot 02.11.2018) Ob utverzhdenii Federal'nogo klassifikatsionnogo kataloga othodov (s izm. i dop., vstup. v silu s 04.10.2021). (rus)
7. Nevyadomskaya A.I., Deriglazov A.A. Recycling and recycling of tires into crumbs [Utilizatsiya i pererabotka shin v kroshku] *Molodoy uchenyy*. 2014. No. 17 (76). Pp. 310–313. (rus)
8. Perlina Zh.V., Mar'ev V.A., Shuvalov Yu.A. Pererabotka ispol'zovannykh shin: mezhdunarodnyy opyt [Pererabotka ispol'zovannykh shin: mezhdunarodnyy opyt]. *Tverdye bytovye othody*. 2012. No. 12(78). Pp. 58-63
9. Nevyadomskaya A.I., Deriglazov A.A. Utilizatsiya i pererabotka shin v kroshku. *Molodoy uchenyy*. 2014. No. 17 (76). Pp. 310–313. (rus)
10. Federal'nyy zakon ot 24.06.1998 No. 89-FZ «Ob othodakh proizvodstva i potrebleniya» (Prinyat GD RF 22.05.1998, deystvuyuschaya redaktsiya)
11. Bochkaryov Y., Ishkov A. The operational reliability of quarry dump trucks belaz-7540 in the placer deposits. 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2020. Pp. 325 – 332.
12. Luchin I.V., Kravchenko I.M., Konkin M.Yu. Method of calculating the process of destruction of worn-out automobile tires and rubber-technical products during recycling [Metodika rascheta processa razrusheniya iznoshennykh avtomobil'nykh shin i rezino-tehnicheskikh izdeliy pri utilizatsii] *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*. 2014 No. 8.4. Pp. 11–15. (rus)
13. Kostrova Z.A., Miheev A.V., Bushueva M.E., Belyakov V.V., Mityakov S.N. Recycling of pneumatic and airless tires [Utilizatsiya pnevmaticheskikh i bezvozdushnykh shin]. *Trudy NGTU im. R.E. Alekseeva*. 2016. No. 3(114). Pp. 120–130. (rus)
14. Chuev K.V., Kravchenko V.M., Mutovalov, E.A. Main types of recycling of rubber products [Osnovnye vidy utilizatsii rezinotekhnicheskikh izdeliy] *Obrazovanie. Nauka. Proizvodstvo: Sbornik dokladov XV Mezhdunarodnogo molodezhnogo foruma, Belgorod, 23–24 oktyabrya 2023 goda*. Belgorod: Belgorodskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskii universitet im. V.G. Shukhova, 2023. Pp. 49–52. (rus)
15. Duganov V.Ya., Arhipova N.A., Chuev K.V., Chueva Yu.A. Ustanovka dlya udaleniya trosy iz bokovoy chasti shiny pri utilizatsii. Patent RF, no. 201698, 2020
16. Duganov V.Ya., Duyun T.A., Chuev K.V., Arhipova N.A., Kravchenok V.M., Chueva Yu.A. Problems of recycling large car tires [Problemy utilizatsii krupnogabaritnykh avtomobil'nykh shin]. *Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov* 2023. No. 11. Pp. 103–112. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-11-103-112. (rus)

Information about the author

Chuev, Kirill V. Postgraduate student. E-mail: kirill.chuev@gmail.com Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received 15.10.2024

Для цитирования:

Чуев К.В. Технологические аспекты извлечения металлических компонентов из резинотехнических изделий // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2024. № 12. С. 106–115. DOI: 10.34031/2071-7318-2024-9-12-106-115

For citation:

Chuev K.V. Technological aspects of extracting metal components from rubber products. *Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov*. 2024. No. 12. Pp. 106–115. DOI: 10.34031/2071-7318-2024-9-12-106-115