

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе,
доктор технических наук, профессор



Воротилин Михаил Сергеевич

2026 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тульский государственный университет» (ТулГУ) на диссертационную работу Чуева Кирилла Витальевича «Повышение эффективности процесса извлечения бортовых колец автомобильных шин на основе модернизации оборудования для утилизации», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.21. Машины, агрегаты и технологические процессы

1. Актуальность выбранной темы

Актуальность темы диссертационного исследования К.В. Чуева обусловлена масштабной эколого-экономической проблемой накопления отработанных автомобильных шин, ежегодный объем образования которых в России достигает 900 тысяч тонн. В рамках реализации национального проекта «Экология» и перехода к циркулярной экономике развитие ресурсосберегающих технологий рециклинга, в частности физико-механического метода переработки, является приоритетным государственным направлением.

Одним из трудоемких этапов данной технологии, ограничивающим производительность и определяющим ресурс последующего дробильного оборудования, является операция извлечения бортовых металлических колец. Наличие в бортовой зоне массивной стальной проволоки делает невозможным прямое измельчение шины, а существующие подходы к ее отделению требуют

значительных энергозатрат и сопряжены с риском разрыва кольца, что увеличивает себестоимость переработки.

Применяемое в отрасли традиционное оборудование (гидравлические выдергиватели, валковые и режуще-вырубные установки) обладает рядом существенных недостатков: высокой энергоёмкостью, значительными габаритами, быстрым износом инструмента и низкой универсальностью при переходе между типоразмерами шин.

Таким образом, разработка и модернизация оборудования для извлечения бортовых колец (БК), направленная на снижение пиковых нагрузок, энергопотребления и повышение универсальности, является актуальным и востребованным направлением для предприятий перерабатывающей отрасли. Тема диссертационного исследования полностью соответствует паспорту научной специальности 2.5.21 Машины, агрегаты и технологические процессы, а ее результаты имеют важное хозяйственное значение.

2. Научная новизна исследования, полученных выводов, сформулированных в диссертации

В ходе исследования автором выполнено теоретическое обоснование влияния конструктивно-технологических параметров оборудования на силовые характеристики, энергозатраты и производительность процесса извлечения БК.

Разработана аналитическая модель процесса извлечения бортового кольца в виде баланса сил.

Получены численная модель начальной стадии деформации кольца и имитационная модель упругопластического преобразования БК из круговой формы в эллиптическую с учетом влияния конструктивно-технологических параметров шины и оборудования.

Выведена гибридная математическая модель максимального усилия извлечения БК, учитывающая конструктивно-технологические параметры оборудования.

3. Значимость полученных автором диссертации результатов для науки и практики

Разработанные теоретические модели позволяют вычислить динамические характеристики процесса, определить основные конструктивно-технологические параметры оборудования, а также установить рациональные режимы его работы.

Проведена серия опытно-промышленных испытаний и внедрение результатов исследования на предприятии по утилизации резинотехнических изделий ООО «Экоутилизация-31» (с. Алексеевка, Белгородская обл.).

На основе проведенных теоретических и экспериментальных исследований разработаны и запатентованы две электромеханические установки с регулируемым электромеханическим приводом.

Полученные результаты внедрены в образовательный процесс кафедры «Технология машиностроения» БГТУ им. В.Г. Шухова, что повышает уровень подготовки будущих инженеров по направлениям: 15.03.05 – «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», 15.03.01 – «Машиностроение» и 15.05.01 – «Проектирование технологических машин и комплексов».

Актуальным для промышленного (практического) использования являются:

- методика расчета основных технологических и конструктивных параметров оборудования для извлечения бортовых колец на базе разработанных математических выражений с учетом полученных экспериментальных данных;
- гибридная математическая модель максимального усилия извлечения, построенная с учётом теоретических исследований и натурных испытаний, которая позволяет определить рациональные конструктивно-технологические параметры оборудования;
- запатентованные конструкции электромеханических установок, способствующие повышению эффективности процесса извлечения.

4. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы

Потенциальными потребителями разработок выступают предприятия индустрии рециклинга резинотехнических изделий, специализированные комплексы по утилизации отработанных автомобильных шин, а также предприятия сферы обращения с промышленными отходами. Результаты работы востребованы на территории Российской Федерации и государств ЕАЭС.

Целесообразно в дальнейшем продолжить исследования для:

- интеграции разработанного оборудования в технологические схемы крупных промышленных предприятий и горно-обогатительных комбинатов (ГОК);
- создания концепции компактных модульных комплексов по предварительной переработке крупногабаритных шин в чипсы в местах их непосредственного образования. Внедрение таких локальных участков позволит решить проблему логистики крупногабаритных отходов, повысить экономическую эффективность их транспортировки до мест конечной утилизации и снизить экологическую нагрузку на территории предприятий.

5. Подтверждение опубликования результатов исследования в научной печати

По результатам исследований К.В. Чуевым опубликовано 19 печатных работ, в том числе 4 статьи в рецензируемых изданиях из перечня ВАК Минобрнауки России, имеющих разделы или рубрики, соответствующие научной специальности 2.5.21 Машины, агрегаты и технологические процессы (технические науки); получено 2 патента на полезную модель. Результаты докладывались на многочисленных конференциях различного уровня.

Автореферат диссертации, опубликованные статьи и полученные результаты в полном объеме отражают содержание диссертационной работы.

6. Замечания по диссертационной работе:

1. В разделе 1.2 при классификации шин по типоразмерам и составлении обобщенной схемы технологического процесса переработки (таблица 1.3) целесообразно было бы привести ссылки на действующие межгосударственные

стандарты (например, ГОСТ 4754-97, ГОСТ 5513-97), регламентирующие технические требования и конструктивные особенности шин.

2. В пункте 2.2 при построении аналитической модели бортовое кольцо рассматривается как упругопластический стержневой элемент. Однако в реальности оно представляет собой пучок стальных проволок с латунным или цинковым покрытием, заключенных в резиновую оболочку. Целесообразно кратко описать, как наличие этого защитного покрытия и композитная структура пучка влияют на принятые в уравнениях (2.7) и (2.12) коэффициенты трения и адгезии, что повысит физическую обоснованность математического описания.

3. В разделе 4.2 верификация гибридной модели и лабораторного прототипа проводилась на шинах легкового и легкого грузового типоразмера (посадочный диаметр 14–16 дюймов). В то же время экономическое обоснование (раздел 4.3) и ряд итоговых рекомендаций ориентированы на крупногабаритные шины (вплоть до R22.5). Целесообразно более подробно обосновать границы экстраполяции экспериментальных данных на шины с существенно большей площадью поперечного сечения, учитывая нелинейный характер изменения жесткости массивного металлокорда и резиновой смеси при масштабировании.

4. В разделе 3.2 указывается на применение полного трёхфакторного ротатабельного униформ-планирования второго порядка при численном моделировании. Однако выбор интервалов варьирования факторов и аргументация их предельных значений требуют более детального обоснования с точки зрения реальных конструктивных ограничений оборудования.

5. В разработанной гибридной математической модели максимального усилия извлечения (выражения 2.85 и 2.88) не отражено влияние износа рабочего зуба и упорной плиты на силовые характеристики процесса в длительной перспективе эксплуатации оборудования. Целесообразно дополнить модель поправочным коэффициентом, учитывающим изменение геометрии контактирующих поверхностей по мере наработки, что повысит точность прогноза усилий на протяжении всего ресурса установки.

6. В имитационной модели процесса деформирования бортового кольца не учтён температурный фактор, возникающий вследствие трения в контактной зоне, что может влиять на прочностные характеристики резиновой оболочки при

высоких скоростях извлечения. Целесообразно указать на данное допущение и обозначить границы применимости модели.

7. В целях повышения междисциплинарной значимости исследования рекомендуется внедрить его результаты также в учебный процесс кафедр, связанных с вопросами экологии, поскольку разработанное оборудование и технология напрямую способствуют минимизации экологического ущерба от накопления отработанных шин.

7. Заключение

Вышеизложенные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы, направленной на решение важной научной задачи повышения эффективности процесса извлечения бортовых колец автомобильных шин.

Содержание диссертационной работы достаточно полно отражено в автореферате и опубликованных К.В. Чуевым научных публикациях.

Таким образом, диссертация на тему: «Повышение эффективности процесса извлечения бортовых колец автомобильных шин на основе модернизации оборудования для утилизации» соответствует паспорту специальности 2.5.21. Машины, агрегаты и технологические процессы (технические науки), в частности, п.4 «Исследования параметров машин и агрегатов и их взаимосвязей при комплексной механизации основных и вспомогательных процессов и операций с использованием моделирования, численных и физических экспериментов» и п.6 «Разработка научных и методологических основ повышения производительности машин агрегатов и технологических процессов и оценки их экономической и энергетической эффективности и ресурса», является законченной научно-квалификационной работой, в которой актуальная научно-прикладная задача повышения энергоэффективности и производительности процесса извлечения бортовых колец решена путем разработки оригинальных электромеханических установок с регулируемой кинематикой рабочего органа, обоснования их рациональных параметров на базе численного и имитационного моделирования, а также создания практической инженерной методики расчета усилия извлечения,

исключающей разрыв кольца и снижающей эксплуатационные расходы предприятия.

Диссертация полностью соответствует требованиям п.п. 9–11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, ред. 25.01.2024, предъявляемым к кандидатским диссертациям и содержанию паспорта специальности 2.5.21, а ее автор, Чуев Кирилл Витальевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация Чуева К.В. рассмотрена, а отзыв утвержден на заседании кафедры «Транспортно-технологические машины и процессы» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тульский государственный университет» 01 сентября 2026 г., протокол № 1.

Присутствовали на заседании 15 чел.

Результаты голосования: «за» – 15, «против» – нет, «воздержалось» – нет.

Отзыв составил:

Заведующий кафедрой «Транспортно-технологические машины и процессы»
ФГБОУ ВО «ТулГУ»,

д.т.н., профессор, лауреат премии правительства
РФ в области науки и техники

Виталий Юрьевич
Анцев

Специальности: 2.5.6. Технология машиностроения (05.02.08), 2.5.22. Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства (05.02.23).

Почтовый адрес: 300012, Россия, г. Тула, пр. Ленина, 92

тел.: +7 (4872) 25-46-88

e-mail: ptm@tsu.tula.ru

Я, Анцев Виталий Юрьевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета 24.2.276.03 и их дальнейшую обработку.

Подпись Анцева В.Ю. удостоверено

Верно

Начальник УАК

«01»

08

20

