

*Исследование поддержано БРФФИ (проект № T24МП-057 «Разработка и приборная реализация метода экспресс-оценки усталостной прочности полимерных композиционных материалов».*

#### Список литературы

- 1 **OpenCV** / Официальная документация по библиотеке для анализа изображений на Python. – URL: <https://docs.opencv.org/4.x/index.html> (дата обращения: 16.08.2025).
- 2 **Pandas** / Официальная документация по библиотеке для анализа данных на Python. – URL: <https://pandas.pydata.org> (дата обращения: 16.08.2025).
- 3 **Numpy** / Официальная документация по библиотеке для научных вычислений на Python. – URL: <https://numpy.org> (дата обращения: 16.08.2025).
- 4 **Tkinter** / Официальная документация по библиотеке для создания пользовательского интерфейса на Python. – URL: <https://docs.python.org/3/library/tkinter.html> (дата обращения: 16.08.2025).

УДК 629.4.027

## КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ РЕЗИНОКОРДНОЙ МУФТЫ ЛОКОМОТИВА ПОД НАГРУЗКОЙ

*А. О. ШИМАНОВСКИЙ, Ю. Д. КАРАЦЮБА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Резинокордная муфта (РКМ) локомотива обеспечивает передачу крутящего момента от тягового двигателя к осевому редуктору путем соединения вала двигателя и шестерни редуктора [1]. Использование упругой муфты позволяет скомпенсировать несоосность соединяемых валов, поскольку допускает некоторый излом и перекося их осей. Кроме того, наличие резинокордного элемента дает возможность снижения ударных нагрузок, возникающих в деталях привода в процессе движения [2]. РКМ применяются на электропоездах серий ЭР, ЭД, ЭП советского и российского производства, а также на некоторых локомотивах с гидравлической передачей для соединения элементов силовых и вспомогательных приводов, обладающих мощностью от 15 до 770 кВт [3].

При осмотрах выявляются такие повреждения РКМ, как трещины в поверхностном слое резины, достигающие до кордного слоя, разрыв резинокордного слоя вместе с капроновым кордом в районе крепления к металлическим частям (рисунок 1), износ поверхностного слоя резины до стального корда под фланцами крепления. Анализ статистической информации об эксплуатации 177 секций тягового подвижного состава в локомотивных (моторвагонных) депо показал, что в течение 2024 года зафиксировано 39 случаев разрушения болтов крепления РКМ и 26 – повреждения резинокордного слоя. Аналогичная ситуация наблюдалась при эксплуатации РКМ и на Латвийской железной дороге [4]. В подавляющем большинстве случаев повреждения болтов крепления наблюдаются у фланца тягового редуктора, а резинокордного слоя – со стороны тягового электродвигателя. Выход из строя РКМ приводит к остановке тягового подвижного состава на внеплановый ремонт, связанный с необходимостью разбора тяговой передачи.



Рисунок 1 – Разрыв резинокордного слоя вместе с капроновым кордом

Для выработки путей повышения долговечности конструкции РКМ требуется анализ влияния различных факторов на напряжения в ее элементах. Учет особенностей деформирования резинокордного слоя, имеющего сложную геометрию, может быть выполнен только путем компьютерного моделирования. Целью данной статьи является разработка компьютерных моделей, позволяющих осуществлять уточненное определение напряженно-деформированного состояния элементов РКМ при разных эксплуатационных режимах.

Средствами программного комплекса ANSYS Workbench разработана геометрическая модель РКМ, которая представлена на рисунке 2, а. При разработке конечноэлементной модели учтены особенности армирования резины, а также выработана схема описания граничных условий, позволяющая с достаточной степенью точности учесть условия работы РКМ [5].

В результате расчетов получено распределение напряжений и деформаций в рассматриваемой муфте. На рисунке 2, б показана схема распределения эквивалентных по Мизесу напряжений, из которой видно, что наибольшие напряжения возникают вблизи места крепления муфты к металлическому фланцу, т. е. именно там, где на практике наблюдается разрыв резинокордного слоя (см. рисунок 1). Тем самым подтверждается применимость разработанной модели для анализа работы РКМ.

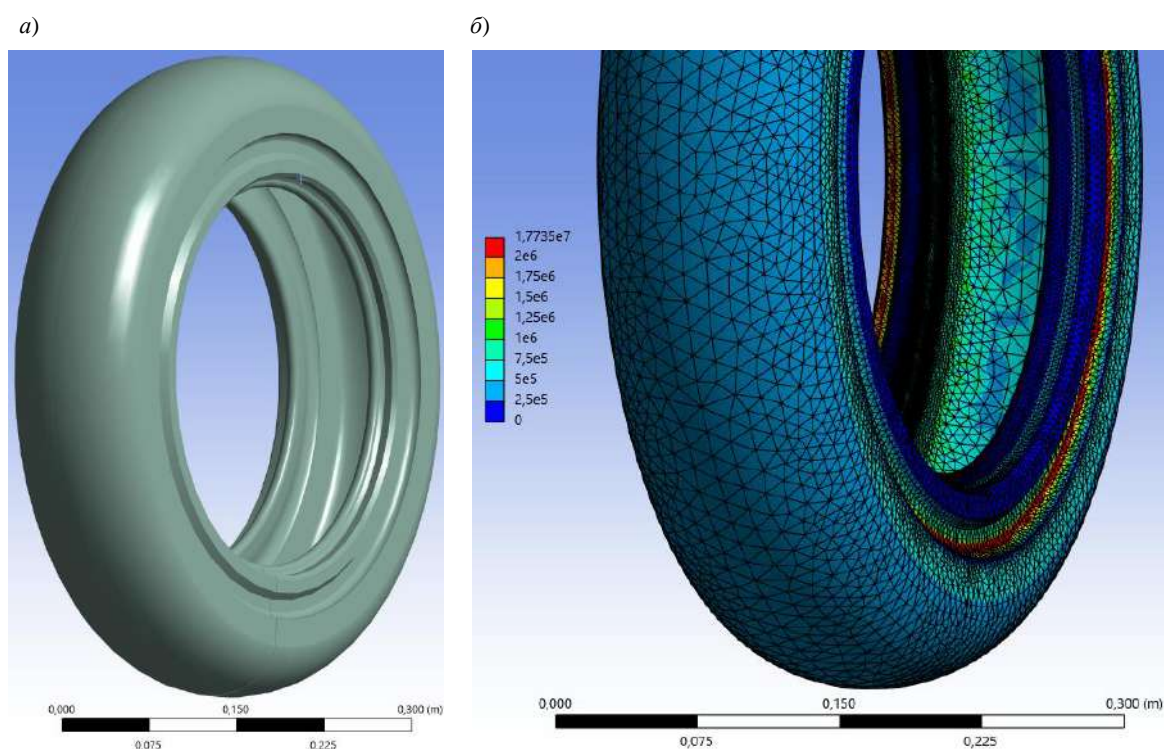


Рисунок 2 – Геометрическая модель РКМ (а) и эквивалентные по Мизесу напряжения, в Па, в ней (б)

Предложенная модель может быть использована при анализе путей модернизации узла соединения вала двигателя и шестерни редуктора с целью увеличения долговечности РКМ и снижения числа внеплановых ремонтов.

#### Список литературы

- 1 Электропоезд ЭР9Т: Руководство по эксплуатации. Книга 1 / Рижский вагоностроительный завод. – Рига, 1990. – 540 с.
- 2 Тепловозы ТГМ4Б, ТГМ4БЛ: Руководство по эксплуатации и обслуживанию / Людиновский тепловозостр. з-д. – М. : Транспорт, 1990. – 208 с.
- 3 Евдокимов, А. П. Экспериментальные исследования торовой резинокордной оболочки упругой муфты приводов тепловозов / А. П. Евдокимов / Машиностроение и инженерное образование. – 2006. – № 2 (7). – С. 2–18.
- 4 Examining failures in rubber-cord couplings within ER2 series electric trains / P. Gavrilovs, D. Gorbacovs, J. Eiduks [et al.] // Transport. – 2024. – Vol. 34, is. 2. – P. 183–196.
- 5 Шимановский, А. О. Влияние условий закрепления контура сэндвич-панелей на их напряженно-деформированное состояние / А. О. Шимановский, И. Е. Кракова // Механика. Исследования и инновации. – 2020. – Вып. 13. – С. 183–188.