

А.П. Куцый, Самсонова А.П., Горбунова Е.В.

Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

ВЛИЯНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ И КАЧЕНИЯ В БУКСОВЫХ УЗЛАХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ВАГОНОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА НА ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ТЯГОВОЙ СЕТИ ПРИ СЛЕДОВАНИИ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ПО ГОРНО-ПЕРЕВАЛЬНОМУ УЧАСТКУ ПУТИ

Аннотация. В работе рассматривается сравнение подшипников скольжения и качения в буксовых узлах подвижного состава массой 6000 тонн и 3000 тонн при следовании подвижного состава по горно-перевальному участку Транссибирской магистрали. Дана оценка влияния применения подшипников на тяговые показатели электроподвижного состава. Моделирование проводилось в программном комплексе «Кортэс».

Ключевые слова: буксовый узел, подшипник, тяговая сеть, электроподвижной состав, ПК «Кортэс»

Kutsyi A.P., Samsonova A.P., Gorbunova E.V.

Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

EFFECT OF THE USE OF SLIDING AND ROTATING BEARINGS IN THE BUCKETS OF DOMESTIC RAILWAY WAGONS ON THE CONSUMPTION OF ELECTRIC ENERGY IN THE TRACTION NETWORK WHEN THE TRAIN IS TRAVELLING THROUGH A MOUNTAIN PASSAGE

Annotation. The paper compares the sliding and rolling bearings in the axle boxes of rolling stock weighing 6,000 tons and 3,000 tons when the rolling stock is traveling along the mountainous section of the Trans-Siberian Railway. The paper evaluates the impact of using bearings on the traction performance of electric rolling stock. The simulation was conducted using the Kortess software package.

Keywords: axle box, bearing, traction network, electric rolling stock, PC «Kortess»

Введение

В подвижном составе железнодорожного транспорта с 1990-х годов начал осуществляться переход с использования подшипников скольжения на подшипники качения, так как они имеют следующие преимущества:

- подходят для высоких скоростей вращения вала, при высоких нагрузках и сильном внешнем воздействии вал остаётся неподвижным за счёт надёжной фиксации подшипником;
- не требуют регулярного обновления смазки;
- увеличенный срок эксплуатации;
- имеют более низкий коэффициент трения.

Использование подшипников качения в вагонных узлах вращения существенно уменьшает силы трения. Это приводит к облегчению движения железнодорожного состава. При прочих равных условиях, включая мощность локомотива, такое снижение трения позволяет увеличить полезную нагрузку поезда и повысить его скорость, что в конечном итоге увеличивает пропускную способность железнодорожных линий [1,2.]. Важным преимуществом является 7-10 кратное уменьшение сопротивления движению при трогании с места, что особенно актуально для тяжеловесных грузовых поездов. Снижение трения также благоприятно сказывается на электроприводе локомотива, уменьшая его нагрузку, снижая расход электроэнергии и сокращая износ оборудования, а следовательно, и затраты на ремонт и обслуживание.

Переход на подшипники качения обеспечивает сокращение сопротивления движению на 20% при средних эксплуатационных скоростях (60-70 км/ч), что напрямую способствует увеличению скорости движения поездов. Кроме того, это позволяет снизить потребление

тяговой энергии на 10% и сократить расход смазочных материалов в 5 раз, делая железнодорожные перевозки более экологичными и экономичными [3].

Описание эксперимента по определению энергетической эффективности при использовании подшипников скольжения и качения

В качестве проведения экспериментального моделирования выбран участок Транссибирской магистрали Восточно-Сибирской железной дороги – филиала ОАО «РЖД» Ангасолка – Слюдянка общей протяженностью 27 км. Рассматриваемый участок Транссиба имеет сложные географические условия, из-за множества кривых малого радиуса и крутых подъёмов. Участок отличается высокой грузонапряженностью, интервал следования поездов составляет 8-10 минут, а тяжеловесные составы требуют использования локомотивов-«толкачей», которые подталкивают хвостовую часть поездов. РЖД в 2018 году констатировали, что этот перегон «работает на пределе». Скорость движения на участке не превышает 60 км/ч. [4]. Профиль участка представлен на рисунке 1.

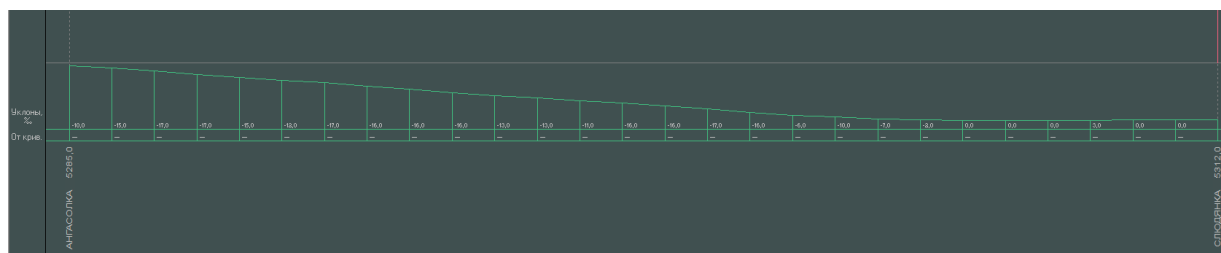


Рис.1. Профиль пути участка Ангасолка – Слюдянка

Для проведения сравнительного анализа энергоэффективности при использовании подшипников скольжения и качения выбраны подвижные составы массой 6000 тонн и 3000 тонн с электровозом серии «Ермак».

Для проведения сравнительного анализа определим следующие критерии:

- полное время хода;
- время хода под током;
- расход активной энергии;
- удельный расход активной энергии;
- расход полной энергии;
- удельный расход полной энергии;
- максимальный нагрев обмоток электродвигателя.

Результаты эксперимента для состава 3000 тонн

Общие результаты тягового расчета для составов с роликами скольжения и роликами качения при движении в четном и нечетном направлениях, приведены в таблице 1, а также проиллюстрированы на рисунке 2.

Таблица 1 – Общие результаты тягового расчета для состава 3000 тонн

Время хода полное, мин.		Время хода под током, мин.		Расход активной энергии / удельный расход, кВт·ч / Вт·ч/т·км		Расход полной энергии / удельный расход, кВт·А·ч / В·А·ч/т·км		Максимальный нагрев обмоток электродвигателя, t°	
скольжения	качения	скольжения	качения	скольжения	качения	скольжения	качения	скольжения	качения
Нечетное направление									
27.9	27.3	24.7	23.6	3127.5	3081.4	3553.1	3497.1	96	96
Четное направление									
22.5	22.7	2.6	3.9	307.1	345.4	366.9	410.9	21	21

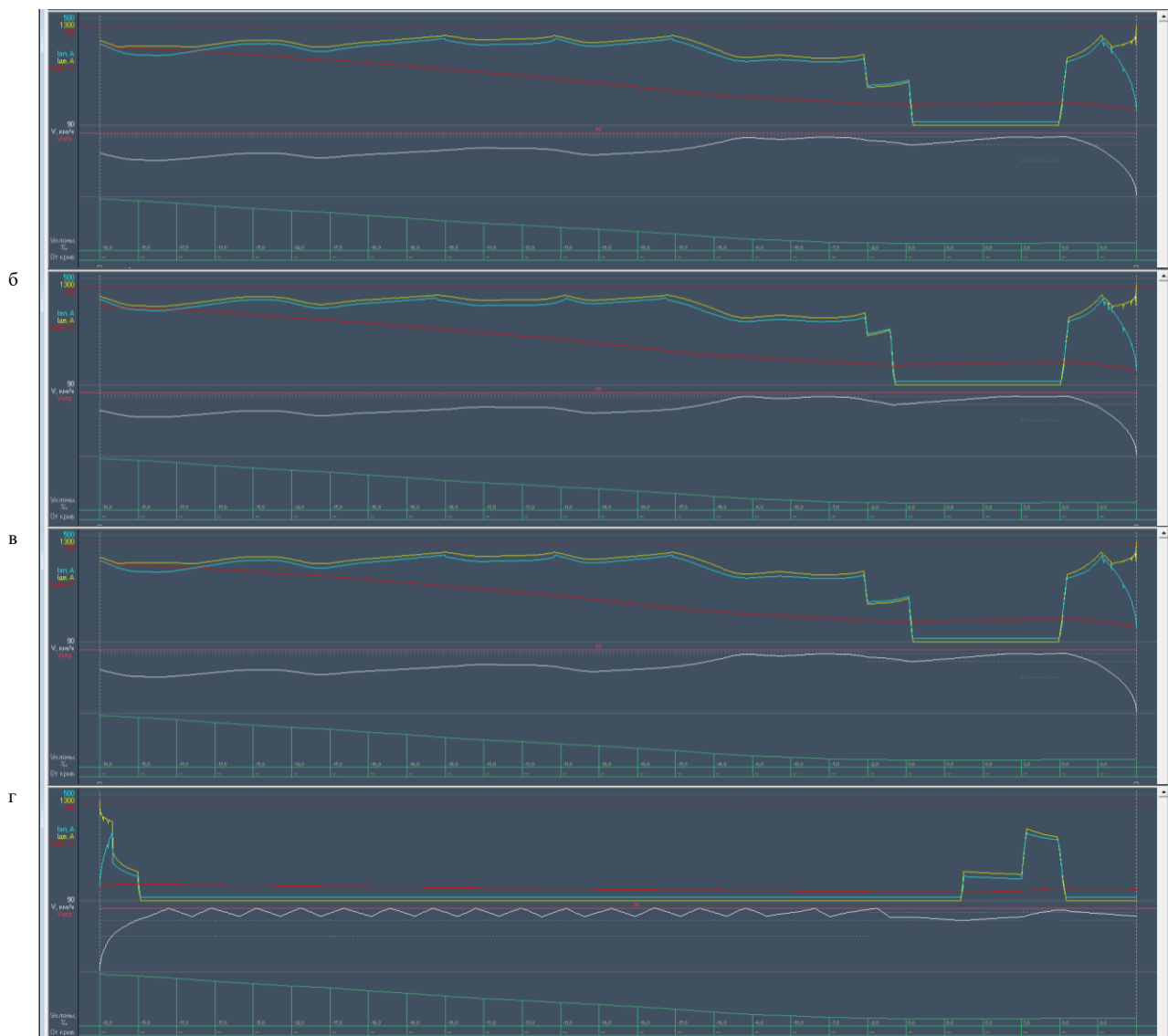


Рис.2. Графическое изображение результатов тяговых расчетов

а – для состава с роликами скольжения в нечетном направлении, б – для состава с роликами качения в нечетном направлении, в-для состава с роликами скольжения в четном направлении, для состава с роликами качения в четном направлении

Результаты эксперимента для состава 6000 тонн

Общие результаты тягового расчета для составов с роликами скольжения и роликами качения при движении в четном и нечетном направлениях, приведены в таблице 2, а также проиллюстрированы на рисунке 3.

Таблица 2 – Общие результаты тягового расчета для состава 6000 тонн

Время хода полное, мин.		Время хода под током, мин.		Расход активной энергии / удельный расход, кВт·ч / Вт·ч/т·км		Расход полной энергии / удельный расход, кВт·А·ч / В·А·ч/т·км		Максимальный нагрев обмоток электродвигателя, t°	
скольжения	качения	скольжения	качения	скольжения	качения	скольжения	качения	скольжения	качения
Нечетное направление									
28.8	28.6	24.4	24.2	6062.9	6005.4	6893.8	6809.0	95	94
Четное направление									
26.3	25.9	4.3	2.9	440.1	318.4	521.4	382.8	21	21

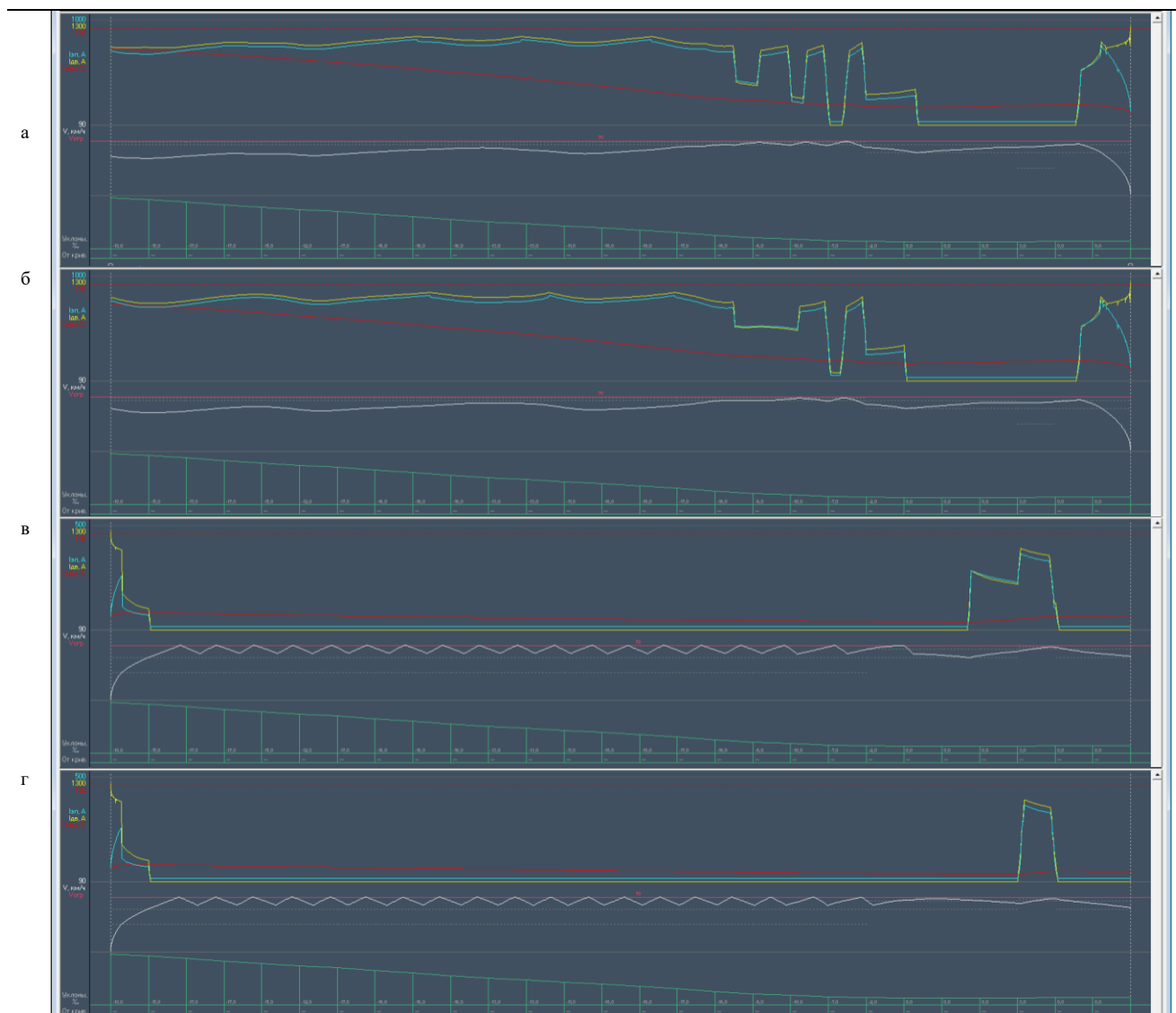


Рис.2. Графическое изображение результатов тяговых расчетов

а- для состава с роликами скольжения в нечетном направлении, б – для состава с роликами качения в нечетном направлении, в-для состава с роликами скольжения в четном направлении, для состава с роликами качения в четном направлении

Заключение

Как видно из результатов эксперимента, замена роликов скольжения на ролики качения показывает положительный результат с точки зрения энергоэффективности. Благодаря чему повышается пропускная способность на горно-перевальных участках вне зависимости от массы подвижного состава, что положительно сказывается на экономических показателях перевозок и стоимости товаров [5,6].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Крапивин, М. И. Разработка технических решений по увеличению пропускной способности системы тягового электроснабжения участка Восточного полигона / М. И. Крапивин, А. П. Куцый, Е. Ю. Пузина // Проблемы электроэнергетики и телекоммуникаций Севера России: сборник научных трудов V Международной научно-практической конференции. - Сургут, 2024. - С. 180-186.

2. Куцый, А.П., Овечкин И.С., Галков А.А. Анализ эффективности применения организационных и технических способов повышения пропускной способности тяговой сети двухпутного горно-перевального участка // Молодая наука Сибири. 2022. № 3 (17). - С. 56-53.

3. Куцый А.П., Горбунова Е.В., Линявский А.В. Влияние использования подшипников скольжения и качения в буксовых узлах отечественных вагонов железнодорожного транспорта на потребление электрической энергии в тяговой сети при следовании подвижного состава по равномерному профилю пути // Молодая наука Сибири. 2025. № 1 (27). С. 73-79.

4. РЖД внедрили бессветофорное регулирование движения на перегоне горного участка Транссиба // <https://company.rzd.ru/ru/9401/page/78314?id=194488>

5. Яковлева Н.В., Рубанова Д.В. Уровень жизни населения как фактор экономической безопасности Иркутской области // Молодая наука Сибири. 2025. № 1 (27). С. 227-234.

6. Хажеева М.А., Горбунова Е.В. Инвестиции Китая в Россию // Молодая наука Сибири. 2023. № 4 (22). С. 394-406.

REFERENCES

1. Krapivin, M. I. Development of technical solutions to increase the capacity of the traction power supply system of the Eastern landfill site / M. I. Krapivin, A. P. Kutsy, E. Y. Puzina // Problems of the electric power industry and telecommunications of the North of Russia: collection of scientific papers of the V International Scientific and Practical Conference. Surgut, 2024, pp. 180-186.

2. Kutsyy, A.P., Ovechkin, I.S., Galkov, A.A. Analysis of the effectiveness of organizational and technical methods for increasing the capacity of the traction network of a double-track mining and transshipment area. Molodaya Nauka Sibir. 2022. No. 3 (17). - pp. 56-53.

3. Kutsyy A.P., Gorbunova E.V., Linyavsky A.V. The influence of the use of sliding and rolling bearings in the axle boxes of domestic railway wagons on the consumption of electric energy in the traction network when rolling stock follows a uniform track profile // Young Science of Siberia. 2025. No. 1 (27). pp. 73-79.

4. Russian Railways has introduced traffic-free traffic control on the stretch of the mountainous section of the Trans-Siberian Railway // <https://company.rzd.ru/ru/9401/page/78314?id=194488>

5. Yakovleva N.V., Rubanova D.V. The standard of living of the population as a factor of economic security of the Irkutsk region // Young Science of Siberia. 2025. No. 1 (27). pp. 227-234.

6. Khazheeva M.A., Gorbunova E.V. China's investments in Russia // Young Science of Siberia. 2023. No. 4 (22). pp. 394-406.

Информация об авторах

Куцый Антон Павлович – старший преподаватель кафедры «Электроэнергетика транспорта», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, email: kutsyi_ap@irgups.ru

Самсонова Алина Павловна – студент 4 курса факультета «Экономика и Управление», гр.ЭБ.1-21-1, Иркутский Государственный университет Путей Сообщения, г. Иркутск, email: kutsyi_ap@irgups.ru

Горбунова Екатерина Вячеславовна – студент 4 курса факультета «Экономика и Управление», гр.ЭБ.1-21-1, Иркутский Государственный университет Путей Сообщения, г.Иркутск, email: kgorbunova743@gmail.com

Information about the authors

Kutsyi Anton Pavlovich – senior student of the Department of «Electric Power Engineering of Transport, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: kutsyi_ap@irgups.ru .

Samsonova Alina Pavlovna – 4th year student of the Faculty of Economics and Management, gr.EB.1-21-1, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: kutsyi_ap@irgups.ru

Gorbunova Ekaterina Vyacheslavovna – 4th year student of the Faculty of Economics and Management, gr.EB.1-21-1, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: kgorbunova743@gmail.com.