

Е.А. Логинова<sup>1</sup>, И.Ю. Ермоленко<sup>1</sup>, Д.В. Морозов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

## ВЛИЯНИЕ ПРОДОЛЬНЫХ СИЛ НА ОТЦЕПКИ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ В НЕПЛАНОВЫЙ РЕМОНТ

**Аннотация.** Выполнен анализ эффективности эксплуатации грузовых вагонов за 2019-2020 гг. Показана нарастающая динамика отцепок вагонов в неплановый ремонт по неисправностям автосцепного устройства и произведен поиск основных причин.

**Ключевые слова:** вагон, автосцепное оборудование, переходные режимы движения поезда, продольные силы, отцепки вагонов

Е.А. Loginova<sup>1</sup>, I.Yu. Ermolenko<sup>1</sup>, D.V. Morozov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

## INFLUENCE OF LONGITUDINAL FORCES ON UNCOUPLING OF FREIGHT CARS DURING UNSCHEDULED REPAIRS

**Abstract.** The analysis of the efficiency of operation of freight cars for 2019-2020 has been carried out. The growing dynamics of uncoupling of cars for unscheduled repairs due to malfunctions of the automatic coupler is shown and the search for the main reasons is made.

**Keywords:** car, automatic coupling equipment, transient conditions of the train, the longitudinal forces, uncoupling cars

### Введение

По состоянию на 2020 год в текущий отцепочный ремонт (ТОР) поступило порядка 1369 тыс. вагонов. Отцепки имеют следующие соотношения по видам ремонта [1]:

- ТР-1 – 520,3 тыс. вагонов (38,0 %);
- ТР-2 – 848,7 тыс. вагонов (62,0 %).

К неплановым видам ремонта вагонов относят текущий отцепочный ремонт, осуществляемый без предварительного назначения. Лидерами отцепок грузовых вагонов в объёме ремонта ТР-1 и ТР-2 являются колёсные пары по причинам тонкого гребня и выщербины обода колеса, а также неисправности кузова вагона. Кроме этого, неисправности тележек, автотормозов, буксового узла и автосцепного устройства создают динамику отцепок в ТОР.

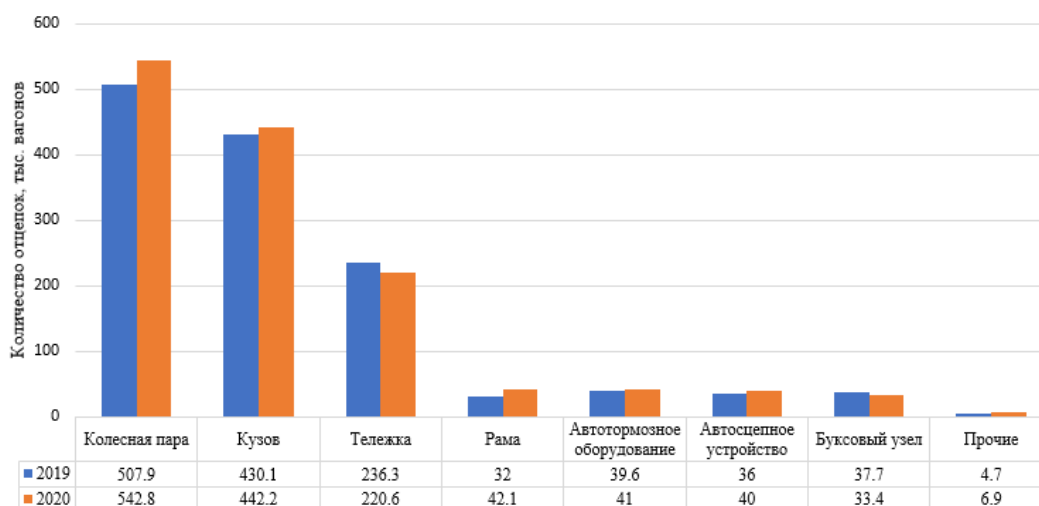


Рис. 1. Распределение отцепок грузовых вагонов в ТОР по основным узлам за 2019-2020 гг.

Процентное соотношение отказов основных узлов грузовых вагонов при отцепках в ТОП за 2020 год отражено на рисунке 2. Основная доля приходится на колесные пары (40 %), как было сказано ранее, по наличию тонкого гребня (317,6 тыс.) и выщербин обода колеса (177 тыс.). Кузова (32 %), по причинам неисправностей запора люков (181,8 тыс.) и погрузочно-разгрузочных механизмов (94,3 тыс.), а также тележек (16%). Чаще всего отцепки происходят из-за завышенного или заниженного фрикционного клина (67,9 тыс.), несоответствия зазоров скользуна (60,1 тыс.) и излома пружин (27,4 тыс.).

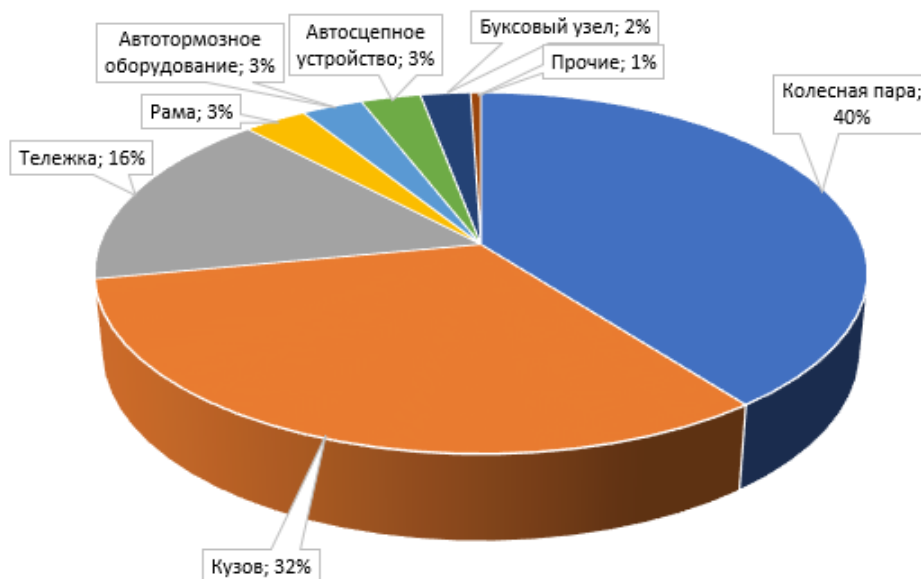


Рис. 2. Распределение отцепок грузовых вагонов в ТОП по основным узлам за 2020 год в процентном соотношении

Безопасность при движении вагонов во многом зависит от исправности автосцепного устройства, обеспечивающего свободный проход по кривым участкам пути, плавный разгон и торможение. Только за последние 3 года количество отцепок увеличилось на 15 тыс. вагонов (рис. 3). Главными факторами на протяжении 5 лет остаются – неисправность поглощающего аппарата (5,9 тыс.) и суммарный зазор эластомерного поглощающего аппарата более 5 мм (7,1 тыс.), что может привести к разрыву автосцепки, либо тягового хомута. Также на графике наблюдается тенденция увеличения числа отцепок грузовых вагонов в ТОП, а причинами выступают продольные силы, возникающие в процессе эксплуатации и несущие отрицательные последствия, особенно при переходных режимах движения поезда.

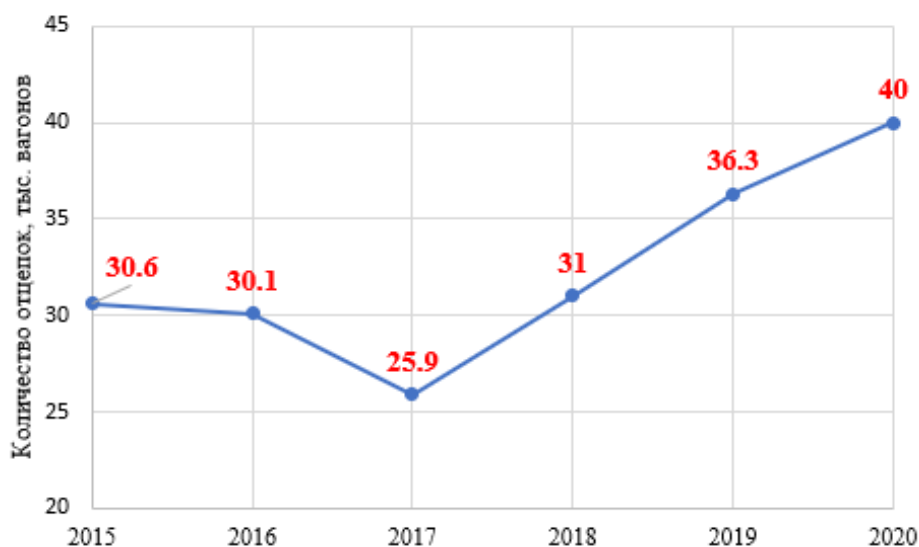


Рис. 3. Динамика поступления в ТОП грузовых вагонов по неисправностям автосцепного устройства в период 2015-2020 гг.

### Переходные режимы движения поезда

Процессы, возникающие при торможении, а также движение через переломные части продольного профиля пути и пуск поезда в ход – относят к переходным режимам движения. При этом вдоль поезда на вагон действуют силы, достигающие высоких значений [2].

Поезд представляет собой цепочку твёрдых тел (вагонов), соединенных между собой автосцепными устройствами, характеристика работы которых является нелинейной и имеет вид, представленный на рисунке 4 [3]. Здесь буквой  $k$  с различными индексами обозначена жесткость межвагонных соединений, а  $S$  – действующая на автосцепку сила, соответствующие различным кусочно-линейным участкам при нагрузке и разгрузке.

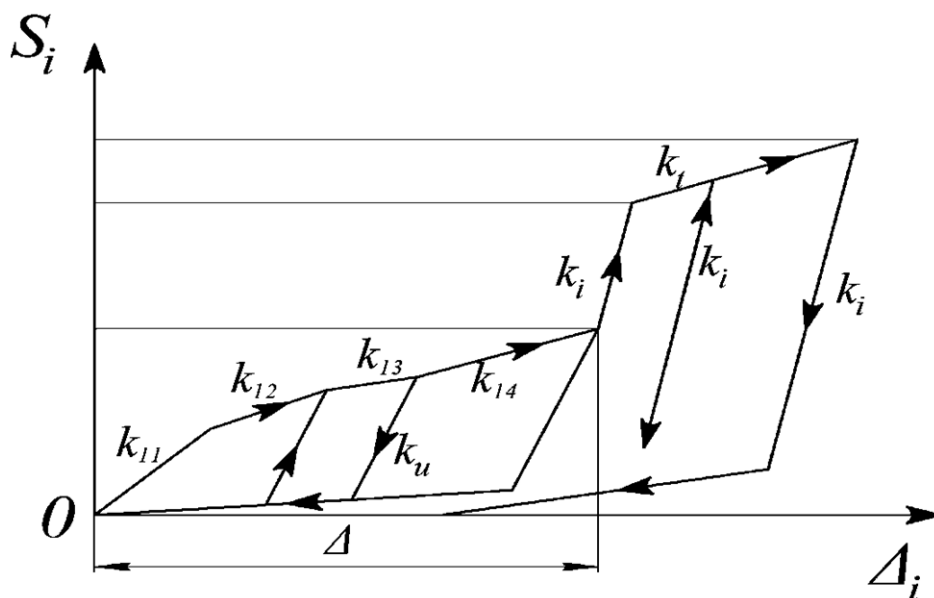


Рис. 4. Характеристика работы автосцепки

На каждый вагон помимо сил в межвагонных соединениях действуют внешние силы, которые в зависимости от их направления могут оказывать сопротивление движению или, наоборот, его ускорять. Колебания вагонов поезда моделируются двумя способами. Для одной части вагонов используется математическая модель, описывающая движение экипажей в продольно-вертикальной плоскости. Здесь кузов и тележки двигаются как одно твёрдое тело и вагон упрощенно представляется в виде абсолютно твёрдого тела. Для другой части вагонов используется математическая модель, описывающая их пространственные колебания. Расчетная схема каждого вагона представляется в виде разветвленной пространственной системы из  $L$  твердых тел, соединенных линейными и нелинейными связями с различной деформацией.

Силы, действующие в автосцепных устройствах вагонов, воздействуют на вагоны в продольном, вертикальном и поперечном направлениях. Значения поперечных составляющих сил, возникающих в межвагонных соединениях, зависят от конфигурации экипажа и вычисляются по методике [4].

Для этого определяются точки сцепления  $i$ -го вагона (рис. 5). Углы отклонения смежных автосцепок  $\alpha$  и  $\alpha'$  от продольной оси вагона, определяются в соответствии с ГОСТ [5] и работ [6-7].

После определения углов установки автосцепных устройств относительно продольно-поперечной плоскости можно вычислить поперечные составляющие силы, действующей в межвагонном соединении:

$$F_i = S_{i,i+1} \cdot \tan \alpha \quad (1)$$

$$F_{i+1} = -S_{i,i+1} \cdot \tan \alpha' \quad (2)$$

где  $S_{i,i+1}$  – продольная сила, действующая на автосцепку  $i$ -го вагона;

$F_i$  – поперечная сила, действующая на автосцепку  $i$ -го вагона.

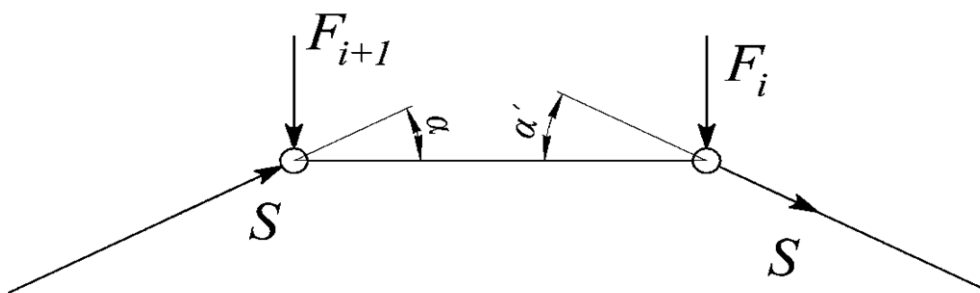


Рис. 5. Схема сил, действующих в межвагонном соединении

Результаты расчета поезда, состоящего из 65 условных вагонов, представлены на рисунке 6, где видно интенсивное нарастание продольной силы в хвосте поезда. Однако в данную модель сложно интерпретировать эксплуатационные неисправности (неровности) пути. Особенно это важно учитывать при движении поезда по сложным участкам пути (кривые малого радиуса, затяжные подъемы и спуски) где силы инерции отдельных вагонов могут создать сверхнормативные значения продольных сил, что в дальнейшем при неблагоприятном сочетании могут привести к неисправности автосцепного устройства или сходу поезда [8].

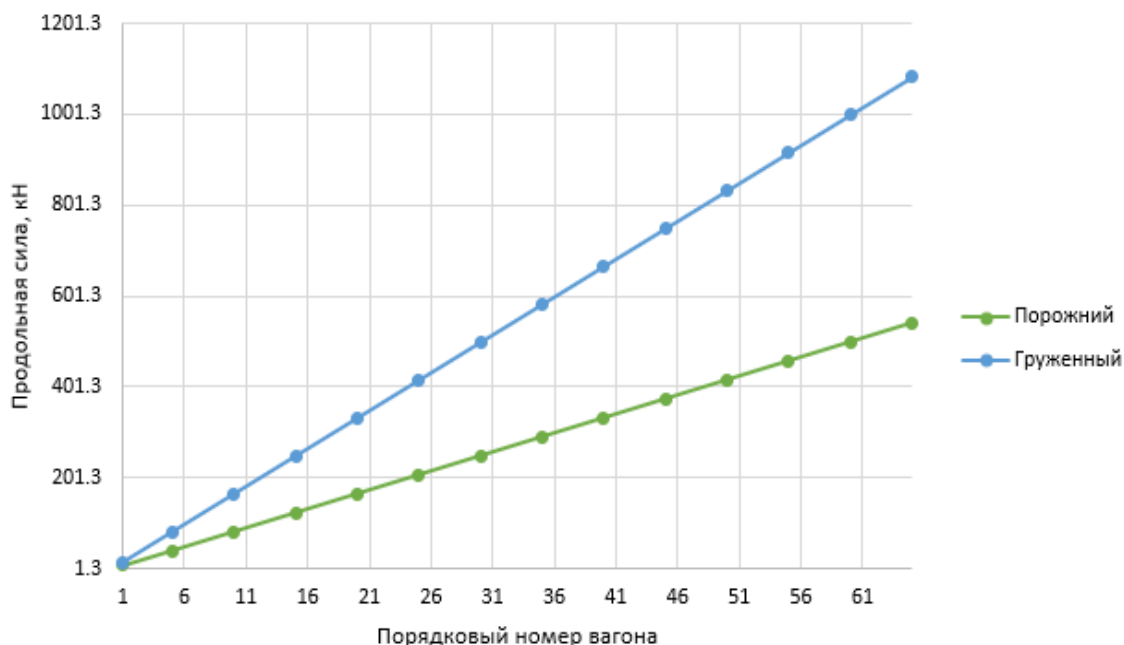


Рис. 6. Значения продольных сил, действующих на вагоны в процессе движения

### Заключение

Обобщая сказанное, можно отметить, что снижение продольных сил возможно при своевременном проведении профилактических мероприятий и осмотре составов перед выпуском на путь.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Макаров А.С. Отцепки грузовых вагонов в неплановый ремонт за 2020 г. // Вагоны и вагонное хозяйство. 2021. № 1 (65). С. 19-21.
2. Ковтун Е.Н., Маркова О.М., Малый В.В. Динамические характеристики грузовых вагонов при торможении поезда на криволинейных участках // Транспорт Российской Федерации. 2013. № 3 (46). С. 69-74.

3. Маркова О.М., Ковтун Е.Н., Малый В.В. Пространственная модель переходных режимов движения поезда // Транспорт Российской Федерации. 2015. № 3 (58). С. 25-27.
4. Гарк В.К., Дуккипати Р.В. Динамика подвижного состава. М.: Транспорт, 1988. 391 с.
5. ГОСТ 33211-2014. Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам. М.: Стандартинформ, 2016. 57 с.
6. Ermolenko I. Yu., Zheleznyak V.N., Martynenko L.V. Force loading of wagon during interaction of truck and bodywork in curves paths // AER-Advances in Engineering Research (vol. 158). 2018. pp. 130-134/
7. Ermolenko I. Yu., Zheleznyak V.N., Martynenko L.V. Interrelation of the causes of failure of the axle boxes and the malfunction of the automatic couplings (type SA-3) // Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Symposium on Innovation and Sustainability of Modern Railway (ISMR'2018). 2018. pp. 261-264.
8. Ромен Ю.С., Мугинштейн Л.А., Неверова Л.И. Влияние продольных сил в поездах на опасность схода вагонов в зависимости от их загрузки // Транспорт Российской Федерации. 2013. № 3 (46). С. 64-68.

### REFERENCES

1. Makarov A.S. Otsepki gruzovyh vagonov v neplanovyy remont za 2020 g. [Uncoupling of freight cars for unscheduled repairs in 2020]. *Vagony i vagonnoe hozyajstvo [Cars and carriage facilities]*, 2021, No. 1 (65), pp. 19-21.
2. Kovtun E.N., Markova O.M., Malyj V.V. Dinamicheskie karakteristiki gruzovyh vagonov pri tormozhenii poezda na krivolinejnyh uchastkah [Dynamic characteristics of freight cars when braking a train on curved sections]. *Transport Rossijskoj Federacii [Transport of the Russian Federation]*, 2013, No. 3 (46). pp. 69-74.
3. Markova O.M., Kovtun E.N., Malyj V.V. Prostranstvennaya model' perekhodnyh rezhimov dvizheniya poezda [Spatial model of transient modes of train movement]. *Transport Rossijskoj Federacii [Transport of the Russian Federation]*, 2015, No. 3 (58). pp. 25-27.
4. Gark V.K., Dukkipati R.V. Dinamika podvizhnogo sostava [Dynamics of railway vehicle systems]. Moscow: Transport, 1988, 391 p.
5. GOST 33211-2014. Vagony gruzovye. Trebovaniya k prochnosti i dinamicheskim kachestvam [Freight wagons. Requirements for strength and dynamic properties]. Moscow: Standartinform, 2016, 57 p.
6. Ermolenko I. Yu., Zheleznyak V.N., Martynenko L.V. Force loading of wagon during interaction of truck and bodywork in curves paths // AER-Advances in Engineering Research (vol. 158). 2018. pp. 130-134/
7. Ermolenko I. Yu., Zheleznyak V.N., Martynenko L.V. Interrelation of the causes of failure of the axle boxes and the malfunction of the automatic couplings (type SA-3) // Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Symposium on Innovation and Sustainability of Modern Railway (ISMR'2018). 2018. pp. 261-264.
8. Romen Yu.S., Muginshtejn L.A., Neverova L.I. Vliyanie prodol'nyh sil v poezdah na opasnost' skhoda vagonov v zavisimosti ot ih zagruzki [Influence of longitudinal forces in trains on the risk of derauling of cars, depending on their load]. *Transport Rossijskoj Federacii [Transport of the Russian Federation]*, 2013, No. 3 (46). pp. 64-68.

### Информация об авторах

*Логина Екатерина Андреевна* – студент гр. ПСЖ.2-17-2, кафедра «Вагоны и вагонное хозяйство», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск.

*Ермоленко Игорь Юрьевич* – к.т.н., старший преподаватель кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: ermolenko\_iy@list.ru

*Морозов Дмитрий Валерьевич* – старший преподаватель кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: morozov\_dv@irgups.ru

#### **Authors**

*Ekaterina Andreevna Loginova* – student, department «Cars and carriage facilities», Irkutsk State Transport University, Irkutsk.

*Igor Yurievich Ermolenko* – Ph.D. of Engineering Sciences, senior lecturer of the department «Cars and carriage facilities», Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: ermolenko\_iy@list.ru

*Dmitry Valerievich Morozov* – senior lecturer of the department «Cars and carriage facilities», Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: morozov\_dv@irgups.ru

#### **Для цитирования**

Логинова Е.А. Влияние продольных сил на отцепки грузовых вагонов в неплановый ремонт [Электронный ресурс] / Е.А. Логинова, И.Ю. Ермоленко, Д.В. Морозов // Молодая наука Сибири: электрон. науч. журн. – 2021. – №1 (11). – Режим доступа: <http://mnv.irgups.ru/toma/111-2021>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.

#### **For citation**

Loginova E.A., Ermolenko I.Yu., Morozov D.V. *Vliyanie prodol'nyh sil na otcepki gruzovyh vagonov v neplanovyy remont* [Influence of longitudinal forces on uncoupling of freight cars during unscheduled repairs]. *Molodaya nauka Sibiri: ehlektronnyj nauchnyj zhurnal* [Young science of Siberia: electronic scientific journal], 2021, no. 1 (11).