

ВЛИЯНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГРУЗОПОДЪЁМНОСТИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА ЗАТРАТЫ ПО РЕМОНТУ

Н.К. Горяев, Х.Х. Хабибуллозода

Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

Аннотация. Одной из существенных статей переменных затрат на автомобильном транспорте являются затраты на ремонт. С увеличением возраста подвижного состава затраты на ремонт возрастают. Однако влияние нагрузки на затраты на ремонт изучены слабо, поэтому данная задача является актуальной. При эксплуатации грузовых автомобилей в процессе перевозки грузов повреждаются контактирующие детали, особенно детали подвески, соединительные элементы кузова, вращающиеся части трансмиссии и т.д. Эти детали ремонтируются по мере необходимости. Основная доля затрат, связанных с ремонтом грузового транспорта, приходится на их техническое обслуживание и ремонт. Как правило, основной причиной, вызывающей необходимость ремонта, является предельный износ и отказ деталей и узлов транспортных средств.

В теоретическом исследовании рассмотрено влияние коэффициента использования грузоподъемности на затраты на ремонт грузового автомобильного транспорта. Исследование основано на гипотезе о степенном влиянии нагрузки на износ, которая была подтверждена в смежных отраслях. Результат исследования выявил зависимости влияния коэффициента использования грузоподъемности на затраты на ремонт. Построен график зависимости затрат на ремонт от коэффициента использования грузоподъемности, который позволяет более точно прогнозировать переменные затрат и принимать обоснованные решения по использованию подвижного состава.

Ключевые слова: автотранспортные средства, коэффициент использования грузоподъемности, влияние нагрузки на износ, затраты на ремонт

Для цитирования: Горяев Н.К., Хабибуллозода Х.Х. Влияние коэффициента использования грузоподъемности автотранспортных средств на затраты по ремонту // Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент». 2022. Т. 16, № 1. С. 172–177. DOI: 10.14529/em220117

Brief Report
DOI: 10.14529/em220117

INFLUENCE OF THE LOAD FACTOR ON VEHICLES REPAIR COSTS

N.K. Goryaev, Kh.Kh. Khabibullozoda

South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

Abstract. One of the significant items of variable costs in road transport are repair costs. As the age of the vehicles increases, repair costs increase. However, the impact of the load on repair costs has been poorly studied, so the task of studying such an impact is relevant. During the operation of trucks during the transportation of goods, contact parts are damaged, especially suspension parts, body connecting elements, rotating transmission parts, etc. These parts are repaired as needed. The main share of the costs associated with the repair of freight transport falls on their maintenance and repair. As a rule, the main reason for the need for repair is the extreme wear and failure of parts and assemblies of vehicles.

In the theoretical study, the influence of the load factor on the repair costs of truck transport is considered. The study is based on the hypothesis of a power-law effect of the load on wear, which has been confirmed in related industries. The result of the study revealed the dependence of the influence of the load factor on repair costs. A graph of the dependence of repair costs on the load factor is constructed, which allows you to more accurately predict cost variables and make informed decisions on the use of rolling truck.

Keywords: vehicles, load factor, impact of load on wear, repair costs

For citation: Goryaev N.K., Khabibullozoda Kh.Kh. Influence of the load factor on vehicles repair costs. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Economics and Management*, 2022, vol. 16, no. 1, pp. 172–177. (In Russ.). DOI: 10.14529/em220117

Введение

Традиционно затраты на автомобильном транспорте в России делятся на постоянные и переменные, хотя это деление по некоторым статьям достаточно условно. Например, заработная плата водителей может быть как сдельной, так и повременной. В европейской литературе также принято выделять затраты на езду (*specific trip cost*) [1]. К езде могут относиться затраты на парковку, платные участки автомобильные дороги и т. д. Некоторые статьи переменных затрат существенно зависят от использования грузоподъемности [2, 3].

В работе [4] представлены структура и сравнительный ретроспективный анализ затрат при выполнении грузоперевозок автомобилями марки КамАЗ-5410 с полуприцепами по Омской области, который выявил существенную долю затрат на техническое обслуживание и ремонт (28,8 %). В работе [5] предлагается методика совершенствования методов оценки переменных расходов при междугородных автомобильных перевозках. Автор считает, что переменные расходы на километр пробега существенно зависят от конкретных условий перевозок, поэтому предлагается перейти от учёта расходов на километр пробега к расходам на езду. Кроме того, на структуру затрат влияет концепция осуществления ремонта – собственными силами (запасные части, амортизация помещений, фонд заработной платы ремонтных рабочих) или на аутсорсинге (оплата услуг по ТО и ремонту). В зависимости от этих факторов и возраста подвижного состава затраты на ремонт могут составлять от 5 до 30 % всех затрат.

Авторы работ [5, 6] рассматривают структуру переменных затрат грузового транспорта при междугородных автомобильных перевозках как функцию от пробега, коэффициента использования грузоподъемности и возраста подвижного состава.

В целом, структура затрат существенно зависит от конкретных условий организации перевозок, поэтому целесообразно при принятии управленческих решений отталкиваться от статистики затрат конкретного перевозчика.

Теория

Оценка экономической эффективности автомобиля как транспортного средства должна учитывать множество факторов, включая интенсивность его использования, принятые транспортные тарифы, структуру затрат и т. д. Двумя наиболее важными факторами в процессе эксплуатации и технического обслуживания транспортного средства являются пробег транспортного средства, пройденный за определенный период времени (день, месяц или год) и затраты связанные с обслуживанием и ремонтом транспортного средства [7, 8, 9]. Затраты на ремонт представляют собой сумму затрат на эксплуатационные материалы и компоненты, а также затраты на оплату труда ремонтного персонала. Эксплуатационные материа-

лы и компоненты включают отдельные элементы и узлы транспортного средства, а также масла и жидкости [6].

Одним из способов обеспечения наиболее эффективной эксплуатации автомобильного транспорта является снижение его износа. Износ автомобиля зависит от многих факторов. Один из них – это нагрузка.

При эксплуатации грузовых автомобилей в процессе перевозки грузов повреждаются контактирующие детали, особенно детали подвески, соединительные элементы кузова, вращающиеся части трансмиссии и т. д. Эти детали ремонтируются по мере необходимости. Основная доля затрат, связанных с ремонтом грузового транспорта, приходится на их техническое обслуживание и ремонт. Как правило, основной причиной, вызывающей необходимость ремонта, является предельный износ и отказ деталей и узлов транспортных средств.

В работах [10, 11] обсуждаются переменные затраты при выполнении транспортных операций. Результаты анализа показали, что наиболее важными факторами, влияющими на ремонт подвижного состава, являются нагрузка, возраст транспорта, температура, условия эксплуатации и другие. Увеличение процентной нагрузки на грузовой транспорт приводит к усталости и повышенному износу трущихся деталей. Влияние нагрузки на затраты на ремонт в этих работах в явном виде не учитываются.

Основными постоянно действующими причинами изменения технического состояния деталей в целом являются изнашивание, усталостные разрушения, коррозия, изменение физико-химических свойств материала деталей. Процесс изнашивания возникает под действием трения, зависящего от качества поверхностей материала, смазки, нагрузки и т. д. [12]. В работе [13] было приведено распределение причин отказов для грузового автотранспорта большой грузоподъемности. Основной причиной является износ, который составляет 40 %.

Основная доля затрат, связанных с ремонтом грузового транспорта, приходится на их техническое обслуживание и ремонт. Так, на железнодорожном транспорте ТО локомотивов направлено на предотвращение износа (смена смазки, регулировка зазоров и пр.). Одной из основных причин износа узлов трения на локомотиве принято считать различие свойств соприкасающихся поверхностей [14].

В работе [15] было рассчитано напряжение для рельсового транспорта в местах контакта колеса и рельса при различных нагрузках. Результат расчетов показал, что при увлечении нагрузок в точке контакта поверхности колеса с рельса транспорта значения напряжения пропорциональны.

В работах [16, 17] рассматривают интенсивности износа колеса рельсового транспорта. Вычисление износа в модели основывается на теории абразивного износа. Масса изношенного материала пропорциональна работе сил трения в контакте, причем различаются фазы слабого и сильного износа, для каждой из которых устанавливается свой коэффициент пропорциональности.

В Уральском государственном университете путей сообщения были проведены испытания на стационарной машине трения зубчатых колес при различных нагрузках. Нагрузка была принята в пределах от 135 до 3000 Н, твердость поверхностей зубчатых пары измеряли твердомером Роквелла [14].

Таким образом, результаты выше упомянутых исследований показывают, что переменные расходы зависят многих факторов, одним из которых является нагрузка. Влияние нагрузки приводит к уменьшению ресурса узлов и деталей автотранспорта (увеличению износа и количеству отказов). Затраты на ремонт пропорциональны количеству отказов.

Исследование

Основной целью грузовых автотранспортных компаний является получение прибыли, при расчете которой важно знать не только доход за конкретную перевозку, но и затраты на нее. Традиционные методы расчета себестоимости не учитывают влияние нагрузки на затраты на ремонт. Это приводит к значительным отклонениям фактических затрат от расчетных при организации

перевозок грузов автомобильным транспортом.

На основе ранее проведенных исследований [12, 13, 14, 15] было показано, что основной причиной отказов деталей и узлов является износ, который существенно зависит от нагрузки и обычно такая зависимость описывается степенной функцией.

Влияние нагрузки на затраты на ремонт для зависимости со степенью 2 представлено в таблице.

Исходя из результатов (см. таблицу) построена зависимость влияния нагрузки на затраты на ремонт подвижного состава (см. рисунок). В качестве 1 принят коэффициент, соответствующий затратам для порожнего подвижного состава.

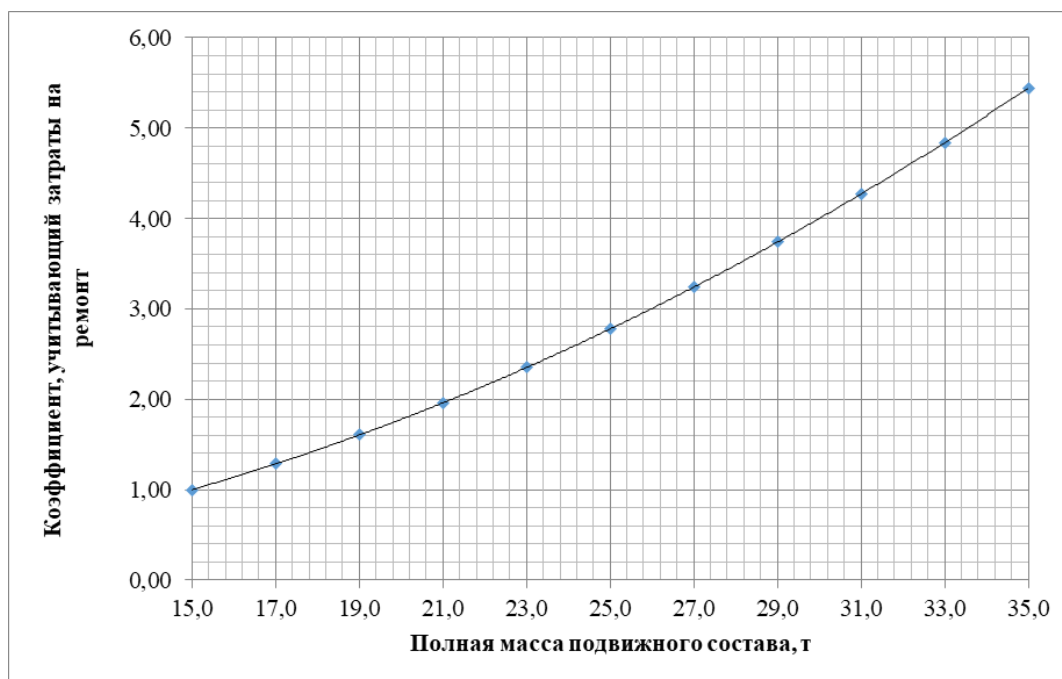
Результат исследования влияния нагрузки на затраты на ремонт показывает, что затраты на ремонт существенно зависят от нагрузки. Так, коэффициент, учитывающий влияние нагрузки на затраты на ремонт, принятый при порожнем пробеге за 1, при полной загрузке составляет 5,44.

Вывод

Анализ исследования факторов, влияющих на переменные затраты показал, что коэффициент использования грузоподъемности существенно влияет на затраты на ремонт подвижного состава. Увеличение коэффициента использования грузоподъемности (нагрузки) приводит к увеличению износа и поломкам деталей и узлов, соответственно, к увеличению затрат на ремонт. Полученная зависимость затрат на ремонт от нагрузки позволяет более точно прогнозировать переменные затраты и принимать обоснованные решения по использованию подвижного состава.

Влияние нагрузки на затраты на ремонт

Снаряженная масса транспорта с прицепом и полуприцепом, т	Номинальная грузоподъемность, т	Коэффициент использования грузоподъемности	Нагрузка, т	Полная масса, т	Степенная функция влияние нагрузки на затраты на ремонт на степень 2
15	20	0	0	15	1,00
15	20	0,1	2	17	1,28
15	20	0,2	4	19	1,60
15	20	0,3	6	21	1,96
15	20	0,4	8	23	2,35
15	20	0,5	10	25	2,78
15	20	0,6	12	27	3,24
15	20	0,7	14	29	3,74
15	20	0,8	16	31	4,27
15	20	0,9	18	33	4,84
15	20	1	20	35	5,44



Коэффициент, учитывающий влияние нагрузки на затраты на ремонт

Список литературы

1. Cui M., Levinson D. Full cost accessibility // *Journal of Transport and Land Use*. 2018. Vol. 11, № 1. pp. 661–679.
2. Повышение эффективности эксплуатации автомобильного парка за счет оптимизации его структуры / А.П. Фогт, Н.Н. Якунин, Д.А. Дрючин и др. // *Вестник Оренбургского государственного университета*. 2007. № 2. С. 158–163.
3. Jacyna M., Wasiak M. Costs of road transport depending on the type of vehicles // *Combustion Engines*. 2015. Vol. 162. P. 85–90.
4. Зоткина М.А. Организационно-экономические методы снижения затрат предприятий грузового автотранспорта в условиях рыночной экономики // *Ориентированные фундаментальные и прикладные исследования: материалы конференции Всероссийской 65-й науч.-техн. конф. (Омск, 28–30 ноября 2011 г.)*. Омск 2011. С. 68–72.
5. Goryaev N.K. Tractors age structure optimization // *Flexibility and adaptability of global supply chains, Proceedings of the 7th German-Russian Logistics Workshop DR-LOG 2012, St. Petersburg, 2012*. P. 260–267.
6. Горяева Е.Н., Горяева И.А. Зависимость затрат на запасные части от возраста подвижного состава автомобильного транспорта // *Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент»*. 2012. № 44 (303). С. 185–186.
7. Bachmann R., Langevin A. A vehicle routing cost evaluation algorithm for the strategic analysis of radial distribution networks // *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 2009. Vol. 45, № 1. P. 50–60.
8. Kubasáková I., Kampf R., Stopka O. Logistics information and communication technology // *Communications-Scientific letters of the University of Zilina*. 2014. Vol. 16, № 2. P. 9–13.
9. Canellis P. Regression analysis of intermodal chassis repair costs: diss...Ph.D. Stevens Institute of Technology: USA, 1991. 71 p.
10. Hooper A., Murray D. An analysis of the operational costs of trucking // *American Transportation Research Institute Minneapolis*. 2017. 51 p.
11. Drożdżiel P., Komsta H., Krzywonos H. An analysis of unit repair costs as a function of mileage of vehicles in a selected transport company. // *Transport Problems*. 2014. Vol. 9, № 4. P. 73–81.
12. Родионов Ю.В., Мигачев В.А., Островская Е.А. Влияние сезонных условий эксплуатации автомобилей на показатели надежности // *Мир транспорта и технологических машин*. 2016. № 1. С. 3–10.

13. Кузнецов Е.С. Техническая эксплуатация автомобилей. М.: Транспорт, 1991. 413 с.
14. Буйносов А.П., Пышный И.М., Тихонов В.А. Ремонт локомотивов без прекращения их эксплуатации // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2012. № 1 (60). С. 1–6.
15. Кротов С.В., Кононов Д.П. Исследование напряженного состояния в колесе вагона // Бюллетень результатов научных исследований. 2020. № 3. С. 26–40.
16. Воробьев А.А. Математическое моделирование параметров контакта колеса с рельсом для различных условий эксплуатации вагонов // Вестник Института проблем естественных монополий: Техника железных дорог. 2016. № 1. С. 34–41.
17. Саидова А.В. Совершенствование прогнозирования износа профилей колес грузовых вагонов: дис. ... канд. техн. наук. СПб: ПГУПС, 2013. 121 с.

References

1. Cui M., Levinson D. Full cost accessibility. *Journal of Transport and Land Use*, 2018, vol. 11. no. 1. pp. 661–679.
2. Fot A.P., Yakunin N.N., Dryuchin D.A., Pogorelov V.A., Artamkin A.V., Yakunin S.N. Improving the efficiency of the fleet operation by optimizing its structure. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Orenburg State University], 2007, no. 2, pp. 158–163. (In Russ.)
3. Jacyna M., Wasiake M. Costs of road transport depending on the type of vehicles. *Combustion Engines*, 2015, vol. 162, pp. 85–90.
4. Zotkina M.A. Organizational and economic methods of reducing the costs of freight transport enterprises in a market economy. *Orientirovannyye fundamental'nye i prikladnyye issledovaniya: materialy konferencii Vserossiyskoy 65-j nauch-tekhn. Konf., Omsk, 28–30 noyabrya 2011 g.* [Oriented fundamental and applied research: Conference Materials of the All-Russian 65th Scien. and Tech. Conf., November 28–30, 2011]. Omsk, pp. 68–72. (In Russ.)
5. Goryaev N.K. Tractors age structure optimization. *Flexibility and adaptability of global supply chains, Proceedings of the 7th German-Russian Logistics Workshop DR-LOG 2012*. St. Petersburg, 2012, pp. 260–267.
6. Goryaeva E.N., Goryaeva I.A. Dependence of spare parts costs on the age of the rolling stock of motor transport. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Economics and Management*, 2012, no. 44 (303), pp. 185–186. (In Russ.)
7. Bachmann R.A., Langevin A. A vehicle routing cost evaluation algorithm for the strategic analysis of radial distribution networks. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 2009, vol. 45, no. 1, pp. 50–60.
8. Kubasáková I., Kampf R., Stopka O. Logistics information and communication technology. *Communications-Scientific letters of the University of Zilina*. 2014, vol. 16, no. 2, pp. 9–13.
9. Canellis P. *Regression analysis of intermodal chassis repair costs*. Diss. Stevens Institute of Technology, 1991. 71 p.
10. Hooper A., Murray D. An analysis of the operational costs of trucking. *American Transportation Research Institute Minneapolis*. 2017. 51 p.
11. Drożdżiel P., Komsta H., Krzywonos H. An analysis of unit repair costs as a function of mileage of vehicles in a selected transport company. *Transport Problems*. 2014, vol. 9, no. 4, pp. 73–81.
12. Rodionov Yu.V., Migachev V.A., Ostrovskaya E.A. [Influence of seasonal operating conditions of cars on reliability indicators]. *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin* [The world of transport and technological machines]. 2016, vol. 1, pp. 3–10. (In Russ.)
13. Kuznecov E.S. *Tekhnicheskaya ekspluatatsiya avtomobilej* [Technical operation of cars]. Moscow, 1991. 413 p.
14. Bujnosov A.P., Pyshnyj I.M., Tihonov V.A. Repair of locomotives without termination of their operation. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of Irkutsk State Technical University], 2012, vol. 1(60), pp. 1–6. (In Russ.)
15. Krotov S.V., Kononov D.P. [Investigation of the stress state in the wagon wheel]. *Byulleten' rezul'tatov nauchnykh issledovaniy* [Bulletin of scientific research results], 2020, vol. 3, pp. 26–40. (In Russ.)
16. Vorob'ev A.A. Mathematical modeling of wheel-rail contact parameters for various operating conditions of wagons. *Vestnik Instituta problem estestvennykh monopolij: Tekhnika zheleznih dorog* [Bulletin of the Institute of Problems of Natural Monopolies: Railway Engineering], 2016, vol. 1, pp. 34–41. (In Russ.)
17. Saidova A.V. *Sovershenstvovanie prognozirovaniya iznosa profilej koles gruzovykh vagonov* [Improvement of forecasting of wear of profiles of wheels of freight cars]. Diss. St. Petersburg, 2013, 121 p.

Информация об авторах

Горяев Николай Константинович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры автомобильного транспорта, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия, goriaevnk@susu.ru

Хабибуллозода Хайрулло Хабибулло, аспирант кафедры автомобильного транспорта, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия, hayrulloi90@mail.ru

Information about the authors

Nikolay K. Goryaev, Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor, Department of Road Transport, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia, goriaevnk@susu.ru

Kh.Kh. Khabibullozoda, Postgraduate student, Department of Road Transport, South Urals State University, Chelyabinsk, Russia, hayrulloi90@mail.ru

Статья поступила в редакцию 04.02.2022

The article was submitted 04.02.2022