

Оптимизация периодичности технического обслуживания грузового автомобиля

*М.М. Зайцева¹, А.С. Тимофеев², С.К. Мамбергер¹,
К.В. Кузьминов¹, С.Г. Чернов¹, Е.Р. Хрипков¹*

¹Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону

²Азовский технологический институт (филиал ДГТУ), Азов

Аннотация: В статье приводится решение задачи оптимизации периодичности технического обслуживания на примере рамы грузового автомобиля КамАЗ-4308. В качестве критерия оптимизации предлагается использовать удельные затраты за заданное время, включая издержки на устранение скрытых отказов. Проведен расчет ресурса рамы, получены эмпирическая и аппроксимирующая функции генеральной совокупности конечного объема.

Ключевые слова: автомобиль, вероятность безотказной работы, техническое обслуживание, оптимизация, удельные затраты, оценка надежности.

В современных условиях вопросы эффективной (бесперебойной) работы автомобильного транспорта остаются актуальными. Обеспечение долговечности, безотказности, работоспособности, ремонтпригодности составных частей и машины в целом является залогом надежной работы техники.

Повышение надежности элементов грузового автомобиля неразрывно связано с проведением своевременного и качественного технического обслуживания, нормативная периодичность выполнения которого часто невозможна по определенным причинам [1-3]: наступление планового выполнения обслуживания в пути при длительных перевозках, недостаточная мощность доступного автосервиса, изменение времени ТО вследствие осуществления срочного заказа, отсутствие надлежащего учета величины пробега транспортного средства и другие.

В данной работе приводится оценка надежности базовых деталей грузового автомобиля с учетом периодичности проведения технического обслуживания. В качестве объекта научного исследования выбрана рама

транспортного средства КамАЗ-4308. Автомобиль данной марки является одним из самых продаваемых в России среди грузовиков полной массой от 14 до 40 тонн в 2019 году по данным Автостат. Доля в процентах ОАО «КамАЗ» и других производителей на рынке РФ представлена на рисунке 1.

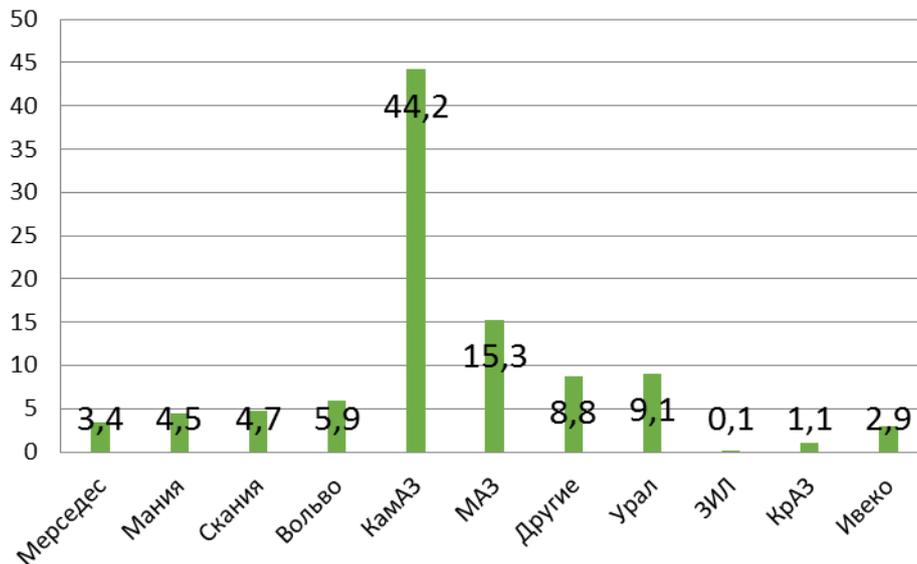


Рисунок 1—Доля в процентах ОАО «КамАЗ» и других производителей на рынке РФ по итогам 2019 года по данным Автостат

В 2019 году по данным самой компании было продано порядка 35 тыс. автомобилей, в том числе на экспорт более 5 тыс. машин. Снижение рисков по отказу работы грузовиков в период эксплуатации с целью повышения их конкурентоспособности может быть достигнуто путем оптимизации периодичности проведения технического обслуживания.

В качестве критерия оптимизации предлагается использовать удельные затраты $S(\tau)$ за время τ , включая издержки на устранение скрытых отказов u

$$S(\tau) = Up(t < \tau) + Cp(t \geq \tau) + u \int_0^{\tau} tf(\tau - t)dt = U[1 - P(\tau)] + CP(\tau) + u \int_0^{\tau} [1 - P(t)]dt = \\ = U + (C - U)P(t) + u \left[\tau - \int_0^{\tau} P(t)dt \right],$$

где C – затраты на проведение технического обслуживания;

$P(t)$ – вероятность безотказной работы;

$\lambda(t)$ – интенсивность отказов от времени.

Расчет ресурса рамы автомобиля проведен с учетом того, что данная деталь в процессе эксплуатации подвергается знакопеременным нагрузкам на изгиб и кручение, механическим и техногенным воздействиям, а также агрессивному влиянию окружающей среды (влага, химические средства для предотвращения обледенения дороги, вибрации и другие) [4-6]. Все эти факторы в совокупности приводят к появлению дефектов детали и, как следствие, к уменьшению ее долговечности, снижению срока службы. Для получения значений прочности, нагруженности и ресурса применена методика расчета по малым выборкам, описанная в [7, 8].

При осуществлении моделирования получены эмпирическая и аппроксимирующая функции генеральной совокупности конечного объема (ГСКО) ресурса T_p рамы автомобиля КамАЗ-4308 (рисунок 2).

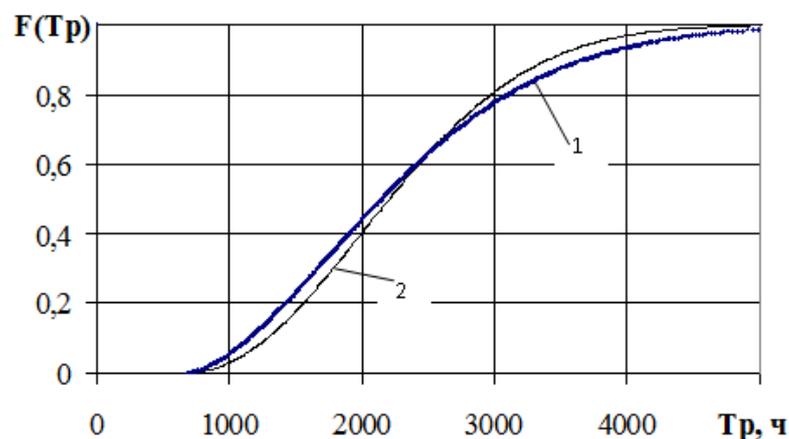


Рисунок 2. –Функции распределения ГСКО ресурса рамы грузового автомобиля КамАЗ-4308: 1 – эмпирическая; 2 – аппроксимирующая.

Важным элементом в решении задачи оптимизации является величина риска финансовых потерь [9, 10] на восстановление и ремонт грузового автомобиля, сбои в работе машины и связанного с ним механизированного комплекса

$$R = CP_2(t) + UP_3(t),$$

где U – издержки при внезапном отказе.

Результаты решения задачи оптимизации представлены на рисунке 3 (при $\lambda(t) = 10^{-8} \text{ ч}^{-1}$).

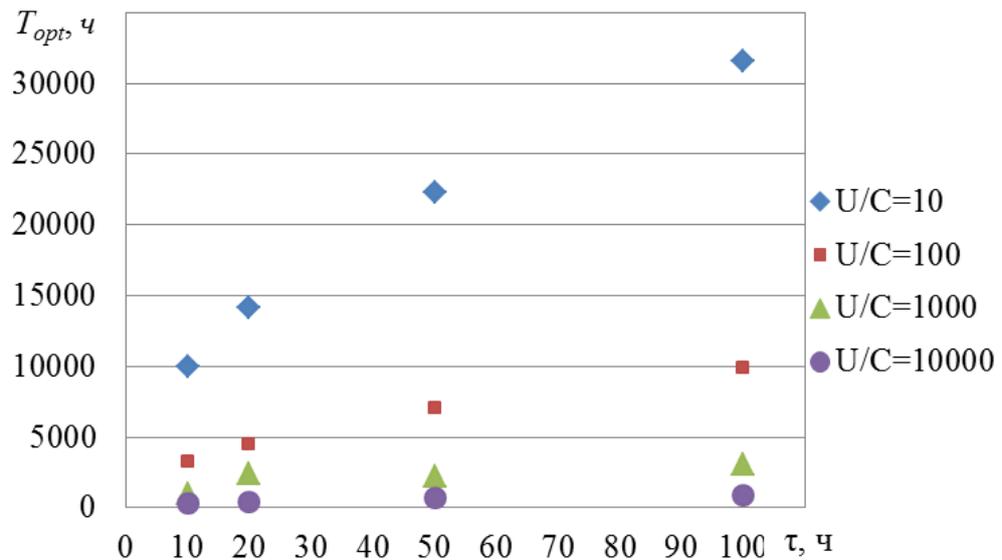


Рисунок 3–Результаты решения задачи оптимизации периодичности проведения ТО грузового автомобиля КамАЗ-4308

Таким образом, анализируя данный график, получаем, что, например, при заданной интенсивности отказов $\lambda = 10^{-8} \text{ ч}^{-1}$, величины периода $\tau = 10 \text{ ч}$ и отношении затрат $U/C = 100$ оптимальная периодичность проведения технического обслуживания составит $T_{opt} = 3252 \text{ ч} \approx 4,45 \text{ мес.}$

Литература

1. Захаров Н.С., Логачев В.Г., Макарова А.Н. Оценка надежности автомобилей с учетом вариации фактической периодичности технического обслуживания // Известия ТулГУ. Технические науки 2012. Вып. 12. Ч.2. С.186-191.

2. Махов В.Е., Орлов Д.В., Кацан И.Ф. Диагностика вибраций узлов транспортных средств методом сфокусированного оптического изображения

// Инженерный вестник Дона. 2014. № 3. URL:
ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2014/2465.

3. Власов В.М. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей. М.: «Академия», 2003. 480 с.

4. Овчинников Н.А. Конечно-элементный анализ напряженно-деформированного состояния элементов поперечных силовых сечений кузова автобуса в эксплуатации // Инженерный вестник Дона. 2013. № 2. URL:
ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1614.

5. Маньшин Ю.П., Маньшина Е.Ю. Приближенная оценка ресурса детали, обеспечивающая ее требуемый ресурс с заданной вероятностью безотказной работы// Вестник машиностроения. 2017. № 12. С. 20-24.

6. Болотин, В.В. Ресурс машин и конструкций - М.: Машиностроение, 1990. 446 с.

7. Rogovenko T.N., Zaitseva M.M. Small-sample evaluation of dipper stick service life //Engineering Studies. 2017. Issue 3 (2). vol. 9. pp. 522-529.

8. Касьянов В.Е., Роговенко Т.Н., Зайцева М.М. Метод получения совокупности конечного объема средневзвешенных напряжений в деталях машин // Вестник Донского государственного технического университета. 2010, Т.10 №1(44). С. 91-94.

9. Rogovenko T.N., Zaitseva M.M. Statistical modeling for risk assessment at sudden failures of construction equipment // MATEC Web of Conferences "International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment, ICMTMTE 2017" 2017. p. 05014.

10. Прохоров С.А., Даниленко М.С. Применение закона распределения Вейбулла при моделировании псевдослучайных последовательностей//Новая наука: стратегии и векторы развития. 2015, №4. С. 8-11.

References



1. Zakharov N.S., Logachev V.G., Makarova A.N. Izvestiya TuLGU. Tekhnicheskiye nauki 2012. Tom. 12. Part .2. pp.186-191.
2. Makhov V.E., Orlov D.V., Katsan I.F. Inzhenernyj vestnik Dona. 2014. № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2014/2465.
3. Vlasov V.M. Tekhnicheskoe obsluzhivanie i remont avtomobilej. [Maintenance and repair of cars.] M.: 2003. 480 p.
4. Ovchinnikov N.A. Inzhenernyj vestnik Dona. 2013. № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1614.
5. Man'shin YU.P., Man'shina E.YU. Vestnik mashinostroyeniya. 2017. № 12. pp. 20-24.
6. Bolotin, V.V. Resurs mashin i konstrukcij [The resource of machines and structures] M.: Mashinostroenie, 1990. 446 p.
7. Rogovenko T.N., Zaitseva M.M. Engineering Studies. 2017. Issue 3 (2). vol. 9. pp. 522-529.
8. Kas'janov V.E., Rogovenko T.N., Zaitseva M.M. Vestnik Donskogo gosudarstvennogo tehniceskogo universiteta. 2010, T.10 №1(44). pp. 91-94.
9. Rogovenko T.N., Zaitseva M.M. MATEC Web of Conferences "International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment, ICMTMTE 2017" 2017. p. 05014.
10. Prokhorov S.A., Danilenko M.S. Novaya nauka: strategii i vektory razvitiya. 2015, №4. pp. 8-11.