

КОРРЕКТИРОВАНИЕ ПЕРИОДИЧНОСТИ ОБСЛУЖИВАНИЙ РЕДУКТОРОВ ЗАДНИХ МОСТОВ АВТОБУСОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПО ГРУНТОВЫМ ДОРОГАМ

А.Д. Кустиков¹, Н.А. Кузьмин²

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева, Нижний Новгород, Россия

¹e-mail: kustikov-ad@yandex.ru

²e-mail: kuznntu@mail.ru

Аннотация. Нормативы технического обслуживания (ТО) и ремонта автотранспортных средств (АТС) относятся к определенным условиям эксплуатации, называемым эталонными. Они рассчитаны на полное или частичное сочетание следующих условий: I категория условий эксплуатации; базовые модели автобусов; на предприятиях выполняется ТО и ремонт 200–300 единиц подвижного состава; пробег с начала эксплуатации составляет 50–70% от пробега до капитального ремонта (КР); работа в умеренном климатическом районе; оснащение предприятий средствами механизации согласно Табелю технологического оборудования. Для конкретных предприятий при работе АТС в отличных от эталонных условий эксплуатации изменяются показатели безотказности АТС, затраты на их ТО и ремонт. В этой связи нормативы корректируются.

Одним из путей повышения безотказности и снижения затрат представляется корректирование нормативов технической эксплуатации для автобусов, работающих на грунтовых дорогах. Проведенные исследования указывают на необходимость корректирования периодичности обслуживания редукторов задних мостов автобусов ПАЗ-32053 при обслуживании маршрутов, пролегающих по грунтовым дорогам.

Свойства работающего масла агрегатов трансмиссии вследствие температурных, скоростных и нагрузочных воздействий (а также внешних загрязнений) заметно меняются в зависимости от времени и условий эксплуатации. В нем накапливаются продукты окисления и дорожной пыли, в результате меняются его физико-химические показатели. В частности, в ту или иную сторону изменяется вязкость. Возрастает кислотное число, в масле появляются вещества, склонные к выпадению в осадок.

Следует также отметить, что интенсивность изменения температуры в агрегатах трансмиссии зависит от режима движения автобуса и температуры окружающего воздуха. Установлено, что причиной снижения безотказности трансмиссий автобусов при эксплуатации по грунтовым дорогам является снижение показателей качества трансмиссионного масла в результате превышения рабочей температуры масла из-за значительных отложений на поверхности заднего моста. Предложенные мероприятия позволили снизить количество отказов на 34%.

Ключевые слова: грунтовая дорога, редуктор заднего моста, трансмиссионное масло, загрязнения, отказ, периодичность обслуживания.

Для цитирования: Кустиков А. Д., Кузьмин Н. А. Корректирование периодичности обслуживания редукторов задних мостов автобусов при эксплуатации по грунтовым дорогам // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2019. – № 4. – С. 106-113. DOI: 10.25198/2077-7175-2019-4-106.

CORRECTION OF THE FREQUENCY OF SERVICING OF REAR AXLE REDUCERS OF BUSES DURING OPERATION ON DIRTY ROADS

A.D. Kustikov¹, N.A. Kuzmin²

Nizhny Novgorod State Technical University. R.E. Alekseeva, Nizhny Novgorod, Russia

¹e-mail: kustikov-ad@yandex.ru

²e-mail: kuznntu@mail.ru

Abstract. Standards of maintenance and repair of motor vehicles refer to certain operating conditions, called reference. They are designed for full or partial combination of the following conditions: I category of operating conditions; basic models of buses; the enterprises performed maintenance and repair of 200–300 units of rolling stock; mileage from the beginning of operation is 50–70% of the mileage to overhaul; work in a temperate climatic region; equipment of enterprises by means of mechanization according to the Table of technological equipment. For specific enterprises in the operation of motor vehicles refer in different from the reference operating conditions

vary indicators of reliability of motor vehicles refer, the cost of their maintenance and repair. In this regard, the standards are adjusted.

One way to improve reliability and reduce costs is to adjust the standards of technical operation for buses running on unpaved roads. The conducted studies indicate the need to adjust the frequency of maintenance of reducers of rear axles of buses PAZ-32053 when servicing routes running on dirt roads.

The properties of the operating oil transmission units due to temperature, speed and load effects (as well as external contamination) vary significantly depending on the time and operating conditions. It accumulates products of oxidation and road dust, as a result of changing its physical and chemical parameters. In particular, the viscosity changes in one direction or another. The acid number increases, substances that are prone to precipitation appear in the oil.

It should also be noted that the intensity of the temperature change in the transmission units depends on the mode of the bus and the ambient temperature. It is established that the reason for reducing the reliability of bus transmissions during operation on dirt roads is a decrease in the quality of transmission oil as a result of exceeding the operating temperature of the oil due to significant deposits on the surface of the rear axle. The proposed measures allowed to reduce the number of refusals by 34%.

Keywords: dirty road, rear axle reducer, transmission oil, pollution, failure, frequency of maintenance.

Cite as: Kustikov, A.D., Kuzmin, N.A. (2019) [Correction of the frequency of servicing of rear axle reducers of buses during operation on dirty roads]. *Intellekt. Innovatsi. Investitsii* [Intellect. Innovation. Investments]. Vol. 4, pp. 106-113. DOI: 10.25198/2077-7175-2019-4-106.

Введение

В настоящее время на территории Российской Федерации имеется множество населенных пунктов с грунтовыми дорогами. Наиболее распространенным транспортом для обслуживания маршрутов, соединяющих эти населенные пункты с городами, являются автобусы ПАЗ-32053. При этом транспортные предприятия, в чьем ведении находятся эти автобусы и маршруты, используют заводские руководства по эксплуатации. Система технического обслуживания не учитывает особенностей эксплуатации по грунтовым дорогам: автобусы одного пассажирского предприятия могут работать как на городских маршрутах с асфальтобетонным покрытием, так и в сельской местности, а перечень и периодичности регламентных работ при этом одинаковые. В условиях рыночной экономики маршруты также распределяются между частными перевозчиками, а затраты получаются разными, вследствие чего растут стоимости проездов и недовольство пассажиров. В связи с этим актуальным является исследование и обоснование причин снижения безотказности автобусов, эксплуатирующихся на грунтовых дорогах, а также разработка мероприятий по снижению количества отказов и достижению экономического эффекта.

В рамках ранее проведенных в НГТУ научно-практических работ было доказано, что причиной снижения безотказности коробок передач является снижение показателей качества трансмиссионного масла при эксплуатации на маршрутах с уклонами [10]. В этой связи можно предположить, что причиной отказов также является изменение характеристик трансмиссионного масла вследствие изменения режимов его работы на маршрутах с грунтовыми дорогами и требуется корректирование перечня и периодичностей обслуживания трансмиссий.

Результаты данной работы имеют практическую ценность для инженерно-технического персонала транспортных предприятий и применяются в учебных программах кафедры «Автомобильный транспорт» НГТУ им. Р.Е. Алексеева.

Цель работы, проводящейся в НГТУ им. Р.Е. Алексеева, состоит в разработке методов и научно-технических решений повышения безотказности трансмиссий автобусов, работающих на грунтовых дорогах, на основе эксплуатационных и ремонтно-технологических решений. Достижение поставленной цели позволит снизить затраты транспортных предприятий на эксплуатацию подвижного состава.

Объектом разработки являются редукторы задних мостов автобусов ПАЗ-32053¹ (рисунок 1), обслуживающих маршруты на грунтовых дорогах.

Анализ причин отказов редукторов

При эксплуатации автобусов на маршрутах, пролегающих по грунтовым дорогам, зафиксировано значительное увеличение количества отказов редукторов заднего моста по сравнению с маршрутами по дорогам с асфальтобетонным покрытием.

При обслуживании редуктора заднего моста проверяют уровень масла в картере и производят его замену, проверяют крепление картера редуктора, муфты подшипников ведущей шестерни, гайки фланца ведущей шестерни (момент затяжки гайки должен быть равен 350...440 Нм), очищают сапун, проверяют герметичность уплотнений.

Отличием в эксплуатации по грунтовым дорогам является скопление внешних загрязнений на поверхности заднего моста. При этом перечень технических операций обслуживания не предусматривает корректирования.

¹ Руководство по эксплуатации автобусов ПАЗ-320530 – ООО Павловский автобусный завод, 2017.-117 с.

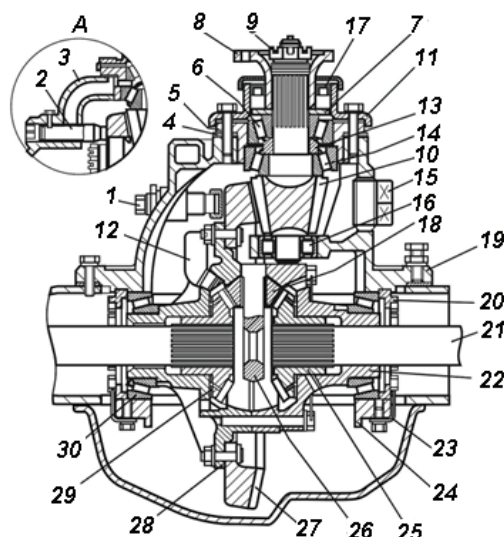


Рисунок 1. Редуктор заднего моста автобуса ПАЗ-32053 (1 – винт регулировочный; 2 – втулка; 3 – верхний канал; 4 – регулировочные прокладки; 5 – муфта; 6, 14, 16, 30 – подшипники; 7 – кольцо маслоотгонное; 8 – фланец; 9 – гайка; 10 – шестерня ведущая; 11 – крышка; 12 – маслоуловитель; 13 – кольцо регулировочное; 15 – пробка заливного отверстия; 17 – манжета; 18 – сателлит; 19 – картер; 20 – гайка; 21 – полуось; 22, 28 – коробки сателлитов; 23 – стопорная пластина; 24 – крышка; 25 – шестерня полуоси; 26 – крестовина; 27 – шестерня ведомая; 29 – шайба опорная; А – сечение по масляному каналу подшипников ведущей шестерни)

Для проведения анализа отказов задних мостов автобусов ПАЗ-32053 МП «НИЖЕГОРОДПАССАЖИРАВОТРАНС» выбор-

ка была обработана по системам, и по полученным результатам построена гистограмма распределения отказов (рисунок 2) [10].

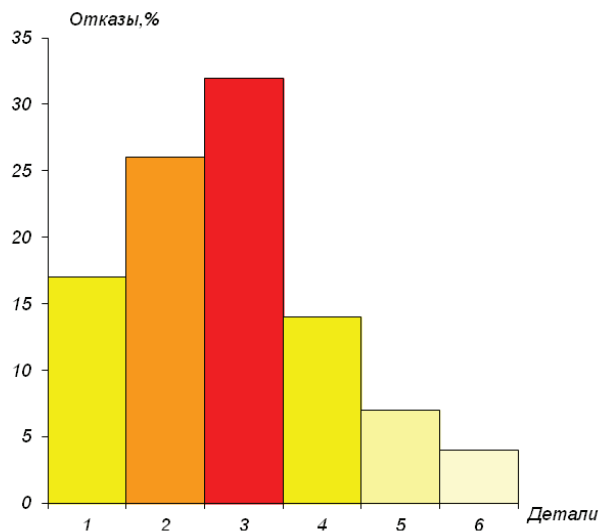


Рисунок 2. Гистограмма распределения отказов заднего моста автобусов ПАЗ-32053 при эксплуатации по грунтовой дороге (1 – главная передача (17%); 2 – резинотехнические изделия (26%); 3 – сапун (32%); 4 – подшипники (14%); 5 – полуоси (7%); 6 – картер (4%))

Здесь приведено распределение отказов задних мостов автобусов, работающих в сельской местности Нижегородской области (дороги с грунтовым покрытием). Наибольшее количество отказов приходится на отказы сапунов (32%), резинотехнических изделий (26%), главной передачи (14%) и валов

(11%) [10]. При этом на городских маршрутах доля отказов заднего моста (10%) меньше, чем на грунтовых дорогах (19%).

В процессе эксплуатации по грунтовым дорогам

задний мост покрывается пылью при ясной погоде и мокрым песком в дождливую погоду. Толщина пылевого покрова к моменту замены масла в редук-

торе на разных частях его поверхности составляет от 1 до 7 мм (рисунок 3).

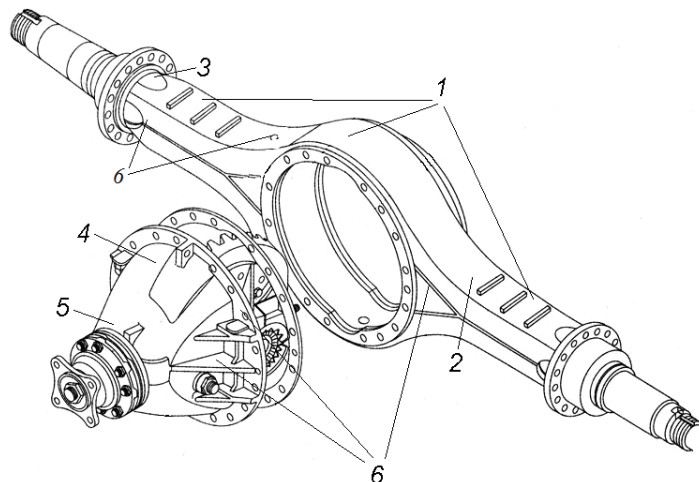


Рисунок 3. Задний мост автобуса ПАЗ-32053 с указанием зон с разной толщиной пылевого покрова (1 – 1,0...2,0 мм; 2 – 2,1...3,0 мм; 3 – 3,1...4,0 мм; 4 – 4,1...5,0 мм; 5 – 5,1...6,0 мм; 6 – 6,1...7,0 мм)

Из рисунка 3 видно, что наибольшее скопление дорожной пыли наблюдается на картере главной передачи около сапуна (зона 6): толщина пылевого слоя здесь в 7 раз больше, чем на картере моста. Такое скопление является следствием отсутствия доступа к картеру главной передачи при проведении моечных работ.

Инструкция по проведению уборочно-моечных работ не предусматривает мойки под давлением агрегатов, доступ к которым возможен только из-под днища автобуса. Зачастую на постах ежедневного обслуживания (ЕО) отсутствуют устройства для мойки агрегатов трансмиссии на автобусе без снятия. В связи этим можно внедрить обязательную мойку заднего моста под давлением и рассчитать периодичность этих работ, совместив с ЕО, но сложность состоит в том, что невозможно спрогнозировать погодные условия даже одного маршрута, а задача состоит в том, чтобы скорректировать обслуживание для любых грунтовых дорог. Именно поэтому за основной критерий корректирования необходимо взять состояние трансмиссионного масла.

Изменение свойств трансмиссионного масла

Фракционный и химический состав трансмиссионных масел при их реальной эксплуатации может изменяться в широких пределах под влиянием различных факторов: увеличение содержания в них механических примесей (в большей степени – продуктов изнашивания деталей); деструкция, выработка присадок, характер сырья; особенности технологии изготовления и т.д. [10].

В основе старения масла лежат процессы окисления, разложения и полимеризации угле-

водородов, которые сопровождаются процессами загрязнения масла различными примесями (пылью, металлическими частицами, водой и пр.). Это существенно изменяет физико-химические свойства масла, приводит к появлению в нем различных продуктов окисления и изнашивания [2, 6, 8, 9, 10].

В процессах старения масла весьма значительна роль воды, попадающей в него посредством конденсации. В результате этого повышается склонность масла к образованию эмульсий, которые впоследствии усиливают окислительную полимеризацию молекул масла. Образовавшиеся частички осадков (шлама), если они не будут нейтрализованы присадкой, служат центрами катализации и ускоряют разложение еще не окислившейся части масла. Если при этом своевременно не произвести замену масла, процесс окисления будет происходить по типу цепной реакции со все более увеличивающейся скоростью [5, 6, 9, 14, 15].

В редукторах автобусов могут встречаться два вида отложений – лаки и осадки (шламы) [10]. Процессы лакообразования наносят существенный вред работе зубчатых передач: повреждения зубьев в зоне контакта из-за увеличения вязкости масел; коррозия деталей из-за ухудшения теплоотвода и вентиляции.

Подобные дефекты широко распространены в особенности на больших нагрузках (например, при длительном движении на одной передаче при повышенной температуре), вследствие чего требуется отдельные специфические доводочные работы по упорядочению тепловых режимов основных деталей редукторов [10].

Лакообразование зависит от сорта применяемого масла, от температуры поверхностей деталей, на которых откладывается лак, от времени работы агрегата, от толщины масляного слоя и т. п. Процессы лакообразования подчиняются следующим закономерностям [8, 10]:

- скорость лакообразования увеличивается при повышении температуры, при уменьшении толщины масляного слоя, при ухудшении противокислительных свойств масла;
- увеличение продолжительности нагрева (т.е. продолжительности работы агрегата) при постоянной средней температуре увеличивает лакообразование;
- на процесс лакообразования весьма существенное влияние оказывает каталитическое действие металлической поверхности, фракционный и химический состав масла.

Осадки (шлам) представляют собой смесь продуктов окисления углеводов с продуктами за-

грязнения картерного масла эмульсиями и водой. Основной причиной образования осадков в картерах агрегатов трансмиссии является попадание воды в масло и загрязнение последнего различными примесями [8, 11].

Решающее влияние на образование осадков оказывают следующие факторы: характеристики примененных смазочных материалов; конструкционные особенности (тип, число и расположение зубчатых зацеплений и т. п.); условия эксплуатации трансмиссии (в первую очередь, дорожные и природно-климатические), вид и характер нагружения агрегатов и др.

В результате анализа проб трансмиссионного масла, взятых на пробеге, соответствующем интервалу замены масла в редукторе, установлено, что снизилась вязкость, увеличилась доля механических примесей, и изменение объема резины УИМ-1 выходит за границы допустимого интервала² (таблица 1).

Таблица 1. Анализ трансмиссионного масла ТАп-15В при пробеге 60 тыс. км на маршрутах с асфальто-бетонным и грунтовым покрытиями

Наименование показателей	Нормы	Фактически (асфальт)	Фактически (грунт)	Методы испытаний
Вязкость кинематическая при 100 °С, мм ² /с, (сСт)	14.0...16.0	14.70	13.97	ГОСТ 33
Массовая доля механических примесей, %, не более	0.03	0.0291	0.0378	ГОСТ 6370
Совместимость с резиной УИМ-1 (по изменению объема), %	4...10	10.09	11.08	ГОСТ 9.03 ГОСТ 23652 п.5.9

Все тепло, выделяющееся при работе редуктора, должно через стенки передаваться окружающему воздуху [2, 5]. В связи с этим, условием работы без перегрева является определенная допустимая разница между температурой масла в редукторе и окружающей средой:

$$\Delta t = t_m - t_b \leq [\Delta t], \quad (1)$$

где

t_m – температура масла в редукторе, °С; t_b – температура окружающего воздуха, °С; $[\Delta t]$ – допускаемый перепад температур между редуктором и окружающей средой.

Расчетным путем установим фактическую температуру масла в редукторе при температуре окружающего воздуха 30 °С (в Нижегородской области температура воздуха три летних месяца в дневное время достигала отметки в 32 °С).

$$t_m = t_b + \frac{P(1 - \eta)}{\kappa_r S(1 + \psi)}, \quad (2)$$

где

t_b – температура окружающего воздуха, °С; η – коэффициент полезного действия редуктора (0,97 для гипоидной передачи); P – мощность на хвостовике, кВт; $\kappa_r = 9...17$ – коэффициент теплопередачи, Вт/(м²×°С) (9 для плохих условий охлаждения); S – площадь теплоотдающей поверхности корпуса редуктора, м²; $\psi = 0,25...0,3$ – коэффициент, учитывающий отвод теплоты от корпуса редуктора в металлическую плиту [2, 5, 11].

Путем наблюдений установлено, что движение по грунтовой дороге, в основном, происходит на третьей передаче с частотой вращения коленчатого вала около 2000 об./мин., что соответствует мощности 18 кВт. Таким образом, согласно формуле (2) при движении по грунтовой дороге температура масла в редукторе достигает 137 °С, т.е. перепад температур между окружающей средой и редуктором составляет 107 °С.

² ГОСТ 6370-83. Нефть, нефтепродукт и присадки. Метод определения механических примесей. – М.: Издательство стандартов, 1983. – 17 с.

Результаты проведенных расчетов указывают на необходимость определения оптимальной периодичности мойки редукторов. Для этого была организована подконтрольная эксплуатация и установлено, что температура масла в редукторе t_m достигает 130°C , что является пределом для трансмиссионного масла ТАп-15В.

Корректирование обслуживания редукторов

Для расчета оптимальной периодичности мойки редукторов задних мостов ПАЗ-32053 методом по допустимому уровню безотказности примем за отказ достижение температуры масла в редукторе критического значения 130°C .

Для измерения температуры и регистрации достижения критического значения вместо сливной пробки был установлен датчик температуры с выводом на отдельный стрелочный прибор со шкалой до 130°C . Водитель при движении мог контролировать показания прибора и отмечать в журнале пробег, на котором достигается предельное значение.

Эксперимент проводился на 5 автобусах ПАЗ 32053, обслуживающих пригородный маршрут Вокзал – Большие Орлы – Рустай протяженностью 72,7 км, из которых 21,5 км – по грунтовой дороге.

Таблица 2. Нарботки, при которых температура трансмиссионного масла в редукторе принимала критические значения

45969	46849	48187	45572	48614
46169	47077	48395	45724	48808
46697	47302	48601	45909	48996

На каждом автобусе температура масла принимала критическое значение как минимум 3 раза. Наблюдения проводились с момента, когда редуктор был чистым, т. е. полученные наработки фиксировались, когда толщина грязевого слоя и температура трансмиссионного масла принимали значения выше предельно допустимых³ (таблица 2).

Следуя алгоритму метода определения оптимальной периодичности по допустимому уровню безотказности, принимаем величину риска отказа $F_0 = 0,1$ (как для конструкционного элемента автомобиля, не отвечающего за БДД) [1, 3, 7, 10, 12, 13]. Из таблицы нормального распределения получено – при $F(Z) = 0,1$, $Z = -1,3$. Значение оптимальной периодичности мойки редуктора вычисляется по выражению:

³ ГОСТ 17.526-72. Надежность изделий машиностроения. Система сбора и обработки информации. Требования к содержанию форм учета наработок, повреждений, отказов. – М., 1972 – 9 с.

$$F_0 = \int_0^{l_0} f(l)dl = F\left(\frac{l_0 - \bar{l}}{\sigma}\right)$$

где

l_0 – оптимальная периодичность операции ТО, км; \bar{l} – выборочное среднее, км; σ – среднеквадратическое отклонение, км.

$$l_0 = Z \cdot \sigma + \bar{l} = -1,3 \cdot 1464 + 46113 = 44210$$

Согласно данным, приведенным в таблице 1, доля механических примесей в редукторе также принимает критические значения. Путем отбора проб масла определим оптимальную периодичность замены трансмиссионного масла. Для этого за отказ следует принимать достижение предельного значения доли механических примесей [4, 6, 9, 10, 14]. Аналогичным образом получен массив данных и рассчитана оптимальная периодичность замены масла, которая составляет 41 451 км.

Для автобуса ПАЗ-32053 установленная заводом-изготовителем периодичность технического обслуживания составляет 15 000 км, а периодичность замены трансмиссионного масла составляет 60 000 км. Полученные расчетным путем данные указывают на необходимость смещения периодичности замены масла в редукторе. С целью оптимизации рабочего времени замену следует проводить каждые 45 000 км с удалением грязевого слоя с поверхности заднего моста, что является кратным периодичности ТО для ПАЗ-32053.

Заключение

Таким образом, можно сделать вывод о том, что увеличение количества отказов редукторов при эксплуатации на грунтовых дорогах является следствием загрязнения их поверхности, в результате которого происходит повышение рабочей температуры трансмиссионного масла и снижение смазывающей способности.

Предложенные мероприятия являются дополнением к заводскому перечню работ по обслуживанию трансмиссий автобусов при эксплуатации по грунтовым дорогам. В рамках подконтрольной эксплуатации установлено, что смещение периодичности замены масла позволяет снизить количество отказов редукторов на 34%.

Направлением для дальнейших исследований является анализ влияния микрорельефа местности на показатели надежности трансмиссий автобусов, обслуживающих маршруты по грунтовым дорогам. Подконтрольная эксплуатация автобусов на маршрутах с разными типами микрорельефа позволит усовершенствовать заводской перечень работ ТО и снизить количество отказов.

Литература

1. Денисов А. С. Научные основы формирования структуры эксплуатационно-ремонтного цикла автомобилей: дисс. ... докт. техн. наук. – Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 1999. – 428 с.
2. Калимуллин Р. Ф. Расчетно-экспериментальная методика оценки режимов нагружения автомобильных двигателей по переходному смазочному процессу в коренных подшипниках: дисс. ... канд. техн. наук. – Оренбург; ОГУ, 2002. – 199 с.
3. Князьков А. Н. Разработка методики автоматизированного проектирования нормативов системы технического обслуживания и ремонта автомобилей: дисс. ... канд. техн. наук. – М., 2003. – 235 с.
4. Корчажкин М. Г. Совершенствование нормативов технической эксплуатации городских автобусов / М. Г. Корчажкин, Н. А. Кузьмин, А. Д. Кустиков. – Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2012. – № 4 (97). – С. 168-174.
5. Крагельский И. В. Основы расчетов на трение и износ / И. В. Крагельский, М. Н. Добычин, В. С. Комбалов – М.: Машиностроение, 1977. – 526 с.
6. Кузьмин Н. А. Исследование долговечности работы агрегатов трансмиссий городских автобусов / Н. А. Кузьмин, А. Д. Кустиков // Материалы 79-ой научно-технической конференции «Безопасность транспортных средств в эксплуатации». – Н. Новгород: НГТУ, 2012. – С.12-13.
7. Кузьмин Н. А. Научные основы процессов изменения технического состояния автомобилей: монография / Н. А. Кузьмин, Г. В. Борисов; Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. – Н. Новгород, 2012. – 270 с.
8. Кузьмин Н. А. Проблемы надёжности трансмиссий городских автобусов / Н. А. Кузьмин, А. Д. Кустиков. – Автотранспортное предприятие. – 2013. – № 8. – С. 39-42.
9. Кулаков А. Т. Повышение надежности автотракторных дизелей путем совершенствования процессов смазки, очистки и технологии ремонта основных элементов: дисс... докт. техн. наук. – Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2007. – 563 с.
10. Кустиков А. Д. Обоснование корректирования периодичности обслуживаний коробок передач автобусов для условий дорог с переменным продольным профилем: дисс... канд. техн. наук. – Н. Новгород: НГТУ, 2015. – 176 с.
11. Цитович И. С. Надежность трансмиссий автомобилей и тракторов / И. С. Цитович, Б. Е. Митин, В. А. Дзюнь – Минск: Наука и техника, 1985. – 107 с.
12. Якунин Н. Н. Методологические основы контроля и управления техническим состоянием автомобилей в эксплуатации / Н. Н. Якунин. – М.: Машиностроение – 1, 2003. – 178 с.
13. Яхьяев Н. Я. Основы теории надежности и диагностика / Н. Я. Яхьяев, А. В. Кораблин. – М.: Академия, 2009. – 256 с.
14. Moore D. R. Principles and Applications of Tribology. Pergamon Inter. Librury, 1975. – 388 p.
15. Peskov V. I., Kuzmin N. A. Critical analysis of new equation of the wheel machine motion. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 102, Development, Research, Certification. Сер. «102nd International Scientific and Technical Conference «Intelligent Systems of Driver Assistance: Development, Research, Certification», 2018. – p. 17.

References

1. Denisov, A.S. (1999) *Nauchnye osnovy formirovaniya struktury ekspluatacionno-remontnogo cikla avtomobilej. Dokt. Diss.* [The Scientific basis of formation of structure of the maintenance cycle of the vehicles. Doc. Diss.]. Saratov, 428 p.
2. Kalimullin, R.F. (2002) *Raschetno-eksperimental'naya metodika ocenki rezhimov nagruzheniya avtomobil'nyh dvigatelej po perekhodnomu smazochnomu processu v korennyh podshipnikah. Kand. Diss.* [A Calculation-experimental method of evaluation of the loading conditions of automobile engines for transitional lubricating process in indigenous bearings. Cand. Diss.]. Orenburg, 199 p.
3. Knyazkov, A.N. (2003) *Razrabotka metodiki avtomatizirovannogo proektirovaniya normativov sistemy tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta avtomobilej. Kand. Diss.* [Development of methods of computer-aided design of standards of maintenance and repair of vehicles. Cand. Diss.]. Moscow, 235 p.
4. Korchagkin, M.G., Kuzmin, N.A., Kustikov, A.D. (2012) [Improvement of technical standards for city buses]. *Trudy NGTU im. R.E. Alekseeva* [Proceedings of the NSTU named after R.E. Alekseev]. Vol. 4, pp. 168-174. (In Russ.)
5. Kragelsky, I.V. Dobychin, M.N., Komalov, V.S. (1977) *Osnovy raschetov na trenie i iznos* [Bases of calculations on friction and wear]. Moscow: Mechanical Engineering, 526 p.
6. Kuzmin, N.A., Kustikov, A.D. (2012) [Study of durability of transmission units of city buses]. *Issledovanie dolgovechnosti raboty agregatov transmissij gorodskih avtobusov; materialy 79-oy nauchno-tekhnicheskoy konfe-*

rencii «Bezopasnost' transportnyh sredstv v ekspluatatsii» [Safety of vehicles in operation; materials for the 79th scientific and technical conf.]. Nizhny Novgorod: NSTU, pp. 12-13. (In Russ.)

7. Kuzmin, N.A., Borisov, G.V. (2012) *Nauchnye osnovy processov izmeneniya tekhnicheskogo sostoyaniya avtomobilej: monografiya* [Scientific bases of processes of change of technical condition of cars: monograph]. Nizhny Novgorod: NSTU, 270 p.

8. Kuzmin, N.A., Kustikov, A.D. (2013) [Problems of reliability of the transmissions of buses]. *Avtotransportnoe predpriyatie* [Motor transport enterprise.] Vol. 12, No. 8 (74), pp. 39-42. (In Russ.)

9. Kulakov, A.T. (2007) *Povyshenie nadezhnosti avtotraktornyh dizelej putem sovershenstvovaniya processov smazki i ochestki i tekhnologii remonta osnovnykh elementov. Dokt. Diss.* [Improving the reliability of automotive diesel engines by improving the processes of lubrication, cleaning and repair technology main elements. Doc. Diss]. Saratov, 563 p.

10. Kustikov, A.D. (2015) *Obosnovanie korrektsirovaniya periodichnosti obsluzhivaniy korobok peredach avtobusov dlya usloviy dorog s peremennym prodol'nym profilem. Kand. Diss.* [Justification of correction of frequency of services of transmissions of buses for conditions of roads with a variable longitudinal profile. Cand. Diss.]. Nizhny Novgorod, 176 p.

11. Tsitovich, I.S., Mitin, B.E., Jun, V.A. (1985) *Nadezhnost' transmissij avtomobilej i traktorov* [Reliability of transmissions of cars and tractors]. Minsk: Science and technology, 107 p.

12. Yakunin, N.N. (2003) *Metodologicheskie osnovy kontrolya i upravleniya tekhnicheskim sostoyaniem avtomobilej v ekspluatatsii* [Methodological bases of control and management of technical condition of cars in operation]. Moscow: Mechanical Engineering, 178 p.

13. Yahyaev, N.I., Korablin, A.V. (2009) *Osnovy teorii nadezhnosti i diagnostika* [Fundamentals of reliability theory and diagnostics]. Moscow: Academy, 256 p.

14. Moore, D.R. (1975) Principles and Applications of Tribology. *Pergamon Inter. Librury*, 388 p.

15. Peskov, V.I., Kuzmin, N.A. (2013) Critical analysis of new equation of the wheel machine motion. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 102, Development, Research, Certification. Ser. "102nd International Scientific and Technical Conference "Intelligent Systems of Driver Assistance: Development, Research, Certification" "*. Nizhny Novgorod, p. 17. (In Engl.)

Информация об авторах:

Александр Дмитриевич Кустиков, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильного транспорта, Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Нижний Новгород, Россия

e-mail: kustikov-ad@yandex.ru

Николай Александрович Кузьмин, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой автомобильного транспорта, Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Нижний Новгород, Россия

e-mail: kuzntu@mail.ru

Статья поступила в редакцию 26.03.2019; принята в печать 05.06.2019.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Information about the authors:

Aleksander Dmitrievich Kustikov, Candidate of Technical Science, Associate Professor of the department Road transport, Nizhny Novgorod State Technical University named after Alekseev R.E., Nizhny Novgorod, Russia

e-mail: kustikov-ad@yandex.ru

Nikolay Alexandrovich Kuzmin, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the department Road transport, State Technical University named after Alekseev R.E., Nizhny Novgorod, Russia

e-mail: kuzntu@mail.ru

The paper was submitted: 26.03.2019.

Accepted for publication: 05.06.2019.

The authors have read and approved the final manuscript.