

УДК 621.113

А.Д. Кустиков¹, Н.А. Кузьмин², М.Г. Корчажкин²

ВЛИЯНИЕ НАЛИЧИЯ ПОДЪЕМОВ ГОРОДСКИХ МАРШРУТОВ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННУЮ НАДЕЖНОСТЬ МЕХАНИЧЕСКИХ КОРОБОК ПЕРЕДАЧ АВТОБУСОВ

ООО «Автомобили Баварии»¹,
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева²

Целью работы является исследование возможностей увеличения ресурса коробок передач городских автобусов, работающих на маршрутах с подъемами на примере ПАЗ-32054 и ПАЗ-4234, а также установление наличия причинно-следственной связи между отказами и системой технического обслуживания. Свойства работающего масла агрегатов трансмиссии (особенно коробки перемены передач) вследствие температурных, скоростных и нагрузочных воздействий (а также внешних загрязнений) заметно меняются в зависимости от времени и условий эксплуатации. Для оценки физико-химических характеристик трансмиссионного масла использовались нормативные документы, действующие в настоящее время на территории РФ. Установлено, что при соблюдении рекомендованной периодичности технического обслуживания массовая доля механических примесей и массовая доля воды в трансмиссионном масле могут превышать допустимое значение. В связи с этим предложены решения по повышению надежности коробок передач путем разработки методики оценки состояния масла, внедрения операции промывки картеров, разработки обкаточного цикла после ремонта, корректирования периодичности и содержания технических обслуживаний, изменения конструкции.

Ключевые слова: отказ, коробка передач, маршрут с подъемом, трансмиссионное масло, механические примеси, износ, периодичность обслуживания, надежность.

Городские автобусы, зачастую, работают в режимах повышенных нагрузок, что влечет за собой снижение надежности и увеличение затрат на ремонт и обслуживание. Такая эксплуатация требует доработок конструкций трансмиссий и/или корректировок технических воздействий в процессе их эксплуатации.

Для проведения анализа отказов коробок передач ПАЗ МП «НИЖЕГОРОДПАССАЖИ-РАВТОТРАНС» выборка была обработана по системам и по полученным результатам построена гистограмма распределения отказов коробок передач автобусов ПАЗ – 32054 (рис. 1).

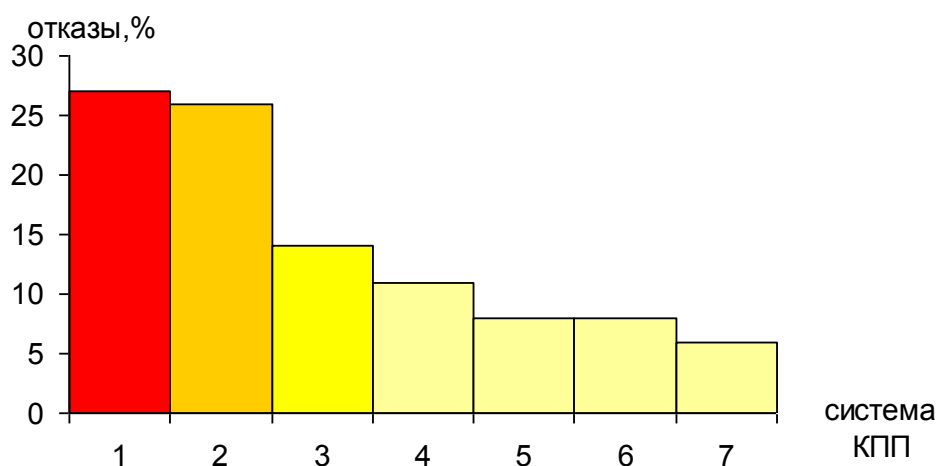


Рис.1. Гистограмма распределения отказов коробок передач автобусов:
1 – шестерни (27%); 2 – подшипники (26%); 3 – синхронизаторы (14%); 4 – валы (11%);
5 – сальники (8%); 6 – картер (8%); 7 – механизм переключения (6%)

На рис. 1 приведено распределение отказов коробок передач автобусов, работающих в условиях III категории эксплуатации в Н.Новгороде. Наибольшее количество отказов приходится на отказы шестерен (27%), подшипников (26%), синхронизаторов (14%) и валов (11%), что связано с повышенными нагрузками, возникающими при преодолении затяжных подъемов.

О преимущественном абразивном изнашивании трансмиссии свидетельствуют данные выполненных нами ранее исследований: массовая доля механических примесей в пробах трансмиссионного масла вдвое выше при эксплуатации на маршрутах с подъемами, в отличие от равнинных маршрутов, где все показатели в пределах нормы (табл. 1).

Таблица 1

**Анализ масла трансмиссионного марки ТАп-15В при пробеге 40 тыс. км
на равнинном маршруте и маршруте с подъемом**

	Наименование показателей	Нормы	Фактически (равнинный)	Фактически (с подъемом)	Методы испытаний
1	Плотность при 20°С, г/см ³ , не более	0.930	0.9230	0.9390	ГОСТ 3900
2	Вязкость кинематическая при 100°С, мм ² /с, (сСт)	14.0-16.0	14.70	14.97	ГОСТ 33
3	Температура вспышки, определяемая в открытом тигле, °С, не ниже	185	193	199	ГОСТ 4333
4	Температура застывания, °С, не выше	-20	- 20	- 7	ГОСТ 20287
5	Массовая доля механических примесей, %, не более	0.03	0.0291	0.0466	ГОСТ 6370
6	Массовая доля воды, %, не более	следы	следы	0.21	ГОСТ 2477
7	Испытание на коррозию в течение 3 ч при 100 °С на пластинах из стали и меди	выдерживает	выдерживает	выдерживает	ГОСТ 2917
8	Массовая доля активных элементов: серы, не более	-	2.03	2.18	ГОСТ 1437
9	Содержание водорастворимых кислот и щелочей	отсутствует	отсутствует	отсутствует	ГОСТ 6307
10	Совместимость с резиной УИМ-1 (по изменению объема),%	4-10	10.09	11.01	ГОСТ 9.03 ГОСТ 23652 п.5.9

Тяжелые условия работы, динамический характер нагружения, абразивные частицы снижают прочность и время эксплуатации зубчатых передач и их приводов.

Принятая оценка долговечности зубчатой передачи по исходным параметрам эвольвентных профилей зубьев является приближенной. Такая оценка не содержит отражения того факта, что из-за износа зубьев форма профиля становится отличной от эвольвентной. В результате изменяются нагрузочно-кинематические параметры контакта, которые изменяют темп изнашивания и форму профилей зубьев.

Абразивный износ можно рассчитывать статистическими методами, важной особенностью которых является то, что задачу оценки износа можно свести к определению действия, производимого одной частицей (механика частицы), и суммированию этих независимых повреждений (статистика частиц).

Крагельский И. В. предложил рассчитывать износ зубчатых передач статистическими методами, основанными на вероятности попадания абразивной частицы в контакт между зубьями [1].

На основе общей теории износа удалось показать, что абразивный износ тяжело-нагруженных сопряжений связан с интенсивным дроблением абразивных частиц, чем и объясняется весьма слабая зависимость такого вида износа от нагрузки (в области больших нагрузок). Важной особенностью этого случая является то, что задачу оценки износа можно свести к определению действия, производимого одной частицей (механика частицы), и суммированию этих независимых повреждений (статистика частиц).

Применительно к исследованию изнашивания пар трения качения, работающих с проскальзыванием, можно выделить два механизма взаимодействия абразивных частиц с элементами пары трения:

- абразивные частицы проходят из клиновидного зазора в зону контакта и, не разрушаясь под действием нагрузки, производят износ;
- абразивные частицы, испытывая действие все возрастающих нормальных сил, дробятся при определенной глубине внедрения.

Дробление частиц происходит до размеров d_i , сопоставимых с величиной $(h' + R_{\max})$, где h' – толщина смазывающей пленки; R_{\max} – максимальная высота микронеровностей, после чего частицы проходят зону контакта.

Экспериментальные исследования и оценочные расчеты показали, что особенности условий работы элементов пар трения качения (высокие нагрузки в контакте, значительные твердости трущихся поверхностей, небольшое количество абразивных частиц, попадающих в зазоры) приводят к осуществлению второго механизма износа, внешним признаком которого является слабая зависимость интенсивности изнашивания от нагрузки.

Для рассмотрения задачи механики абразивной частицы в зазоре вводится вероятностное представление ее скорости v как линейной комбинации скоростей поверхностей v_1 и v_2 :

$$v = \alpha v_1 + \beta v_2, \quad (1)$$

где α и β — вероятности закрепления частицы на поверхностях 1 и 2 соответственно, средние значения которых приближенно можно принять обратно пропорциональными твердостям сопряженных поверхностей, поскольку твердость является определяющим фактором глубины внедрения индентора в поверхность.

Вероятностное представление скорости позволяет разграничить систему трех взаимодействующих элементов (поверхность 1 — частица — поверхность 2) на две независимые подсистемы (поверхность 1 — частица) и (поверхность 2 — частица) и в каждой из этих подсистем определить характеристики движения частицы, от которых зависит износ поверхностей.

Скорость износа (мкм/ч) для поверхности 1:

$$v_1 \approx 4 \cdot 10^2 \frac{\varepsilon^{2/3} \sigma^{2.5} r^{0.5}}{\varepsilon_0^t HB_1^{1.5} HB_2} \sqrt{\rho^*} \frac{v_1 - v_2}{\alpha v_1 + \beta v_2} n_{\omega 1}, \quad (2)$$

где ε — концентрация абразивных примесей; σ — условно разрушающее напряжение; r — средний размер частиц; ε_0 — относительное удлинение материала при разрыве; t — коэффициент усталости материала при пластических деформациях; HB_1, HB_2 — твердости сопряженных поверхностей по Бринеллю; ρ^* — приведенный радиус кривизны поверхностей; v_1, v_2 — скорости поверхностей 1 и 2; α, β — вероятности закрепления частицы на поверхностях 1 и 2; $n_{\omega 1}$ — число нагружений для поверхности 1.

Для анализа износа выделим три группы факторов:

$$A = \varepsilon^{2/3} \sigma^{2.5} r^{0.5}, \quad (3)$$

$$M = \varepsilon_0^t HB_1^{1.5} HB_2, \quad (4)$$

$$K = \sqrt{\rho^*} \frac{v_1 - v_2}{\alpha v_1 - \beta v_2}. \quad (5)$$

Фактор «А» характеризует абразивное воздействие и зависит от концентрации абразивных примесей, их среднего размера и условного разрушающего напряжения частиц. Фактор «М» показывает влияние на износ механических свойств материалов поверхностей соприкосновений (твердости). Фактор «К» показывает влияние на износ кинематических и геометрических параметров сопряжения: скоростей, числа нагружений, скольжения, приведенного радиуса кривизны поверхностей.

Минимальный износ, согласно усталостной теории, будет при оптимальном сочетании свойств материалов, т. е. когда произведение пластичности и твердости материала детали имеет максимальное значение.

В проведенном исследовании значение износа для 1-й передачи рассчитывалось по формуле

$$h_1 \approx 6.8 \frac{\varepsilon^{2/3} \sigma^{2.5} r^{0.5}}{\varepsilon_0^t HB_1^{1.5} HB_2} \sqrt{\rho^*} \frac{v_1 - v_2}{\alpha v_1 + \beta v_2}. \quad (6)$$

Полученные результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2

Параметр	Маршрут с подъемом	Равнинный маршрут
Концентрация абразива, ε , %	0,0466	0,0291
Средний размер частицы, r , мм	0,03	0,015
Износ за 1 нагружение, $h1$, мкм	8,278e-06	4,3e-06
Скорость износа, $v1$, мкм/ч	0,463386	0,23939

Сравнение износа за одно нагружение для равнинного маршрута и маршрута с подъемом показано на рис. 2.

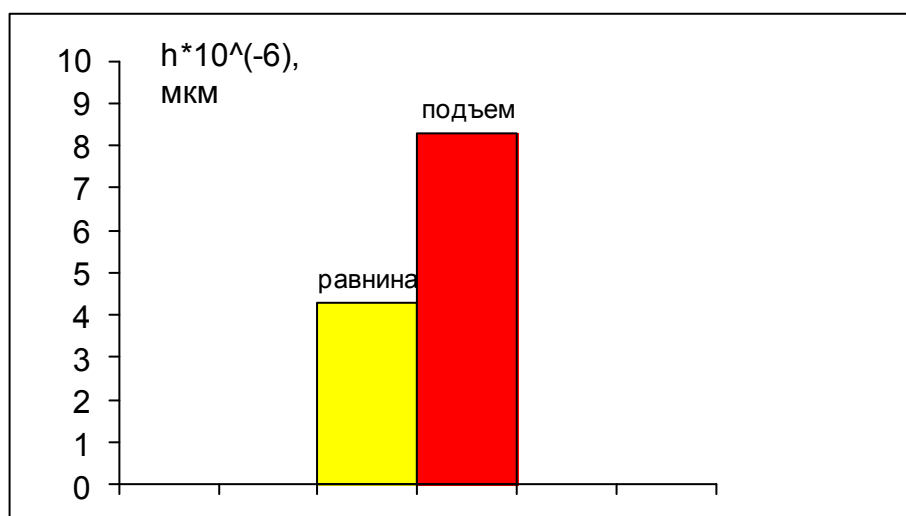


Рис. 2. Сравнение износа за одно нагружение

Зависимость скорости износа от концентрации абразивных веществ в масле представлена на рис. 3.

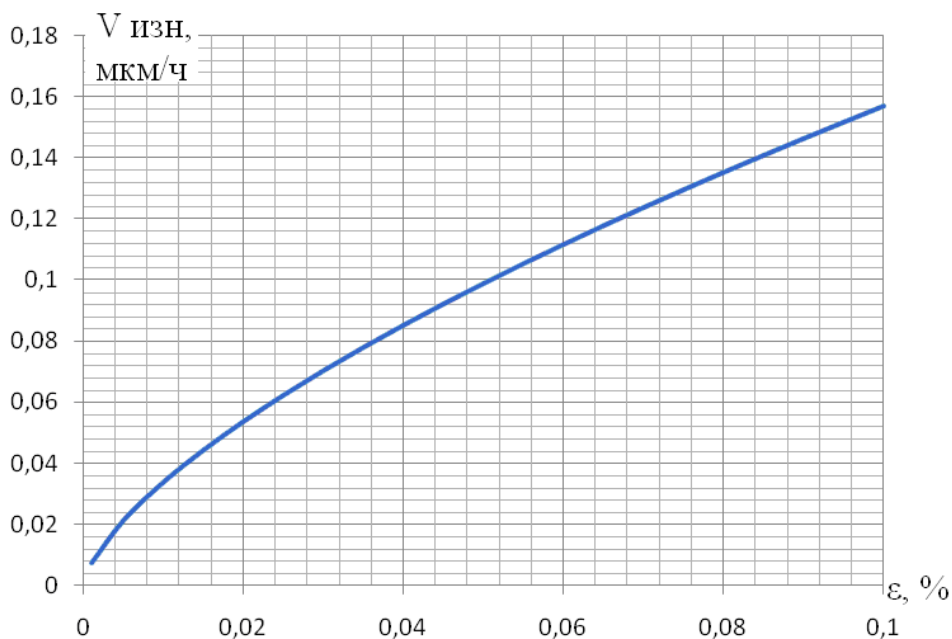


Рис. 3. Зависимость скорости износа от концентрации абразивных веществ

Результаты расчетов, приведенные в табл. 2, указывают на то, что износ и значение скорости износа на маршрутах с подъемами практически в два раза превышают аналогичные показатели при эксплуатации на равнинных маршрутах.

Таким образом, суммарный износ зубчатого зацепления первой передачи автобуса ПАЗ-32054, например, за один год эксплуатации на маршруте с подъёмом составит 108,101 мкм.

Полученные значения указывают на то, что ресурс коробки передач в таких условиях заметно снижается, поэтому необходимо рассмотреть эксплуатационные способы, направленные на повышение ресурса коробок передач при эксплуатации городских автобусов на маршрутах с подъемами.

Основными направлениями в разработке способов повышения надежности трансмиссий являются:

- разработка методики отрицательной оценки состояния масла;
- использование промывочных масел для коробки передач при проведении технического обслуживания;
- проведение испытаний и обкатки отремонтированных коробок передач, работающих на маршрутах с подъемами;
- корректирование периодичности технических воздействий на трансмиссии автобусов, работающих на маршрутах с подъемами по допустимому уровню безотказности;
- разработка коэффициента корректирования периодичности замены трансмиссионного масла, учитывающего наличие подъемов на маршруте следования.
- внедрение изменений в конструкции агрегатов трансмиссии.

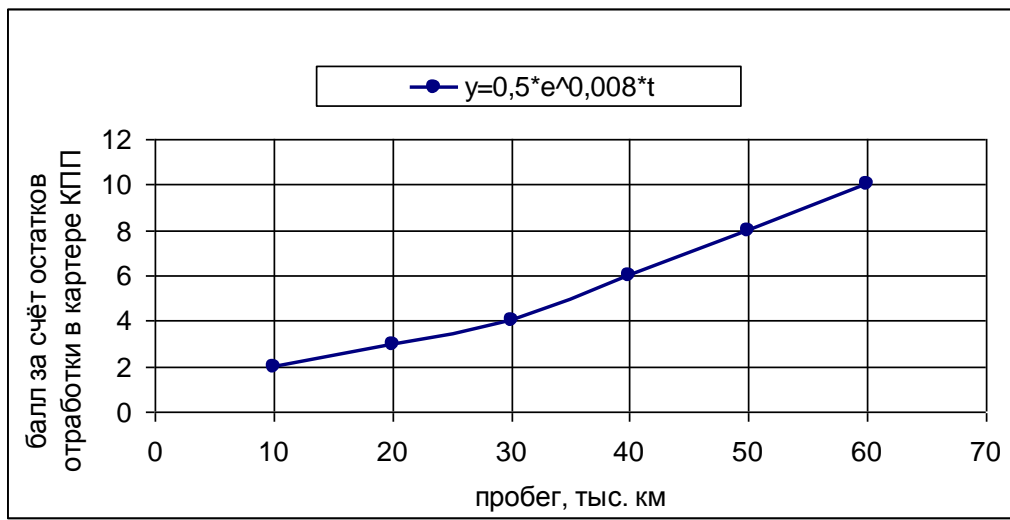
1. Предложенная отрицательная система оценки ухудшения качества и увеличения примесей в масле представляет собой десятибалльную систему показателей M трансмиссии:

$$M_{\text{транс}} = (\Pi_{\text{max п}} - \Pi_0) / 10Ж, \quad (7)$$

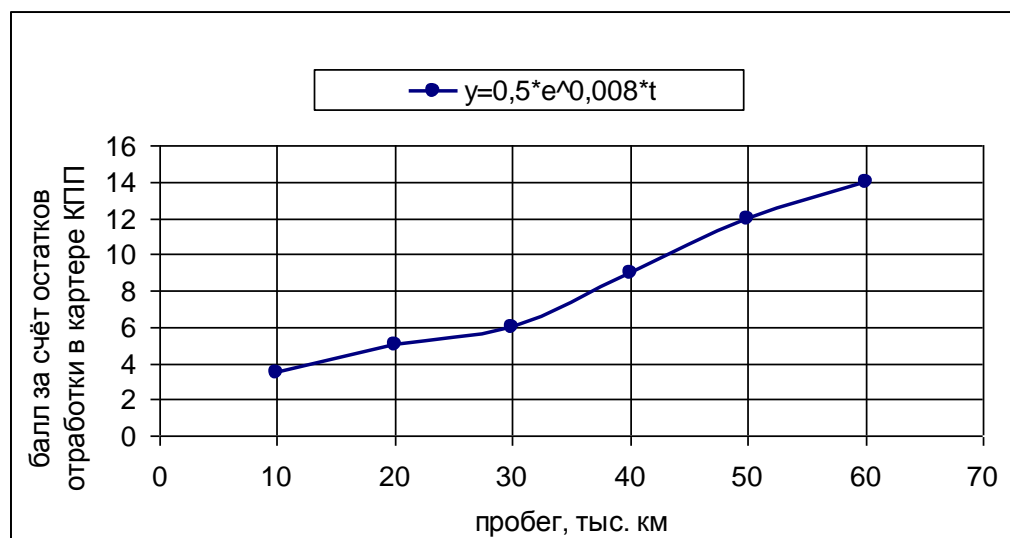
где $\Pi_{\text{max п}}$ – максимально допустимое количество примесей в отработавшем масле (по результатам анализа) для максимального пробега; Π_0 – количество примесей в свежем масле при его замене (согласно ТУ).

Предлагается определить качество трансмиссионных масел на основании десятибалльной шкалы отрицательной системы оценки по показателям механических примесей. При этом качество свежего масла будет оцениваться 0 баллов, а предельно загрязненному отработанному маслу следует давать оценку 10 баллов.

Значение концентрации механических примесей равной 0,5–0,6% принято в качестве предельной, определяющей износ деталей и степень срабатывания присадок в трансмиссионном масле, тогда отрицательная система оценки качества масла для десятибалльной шкалы составит (0,5% : 10) для каждого балла. Для изменения K_M (процентное содержание механических примесей в масле) можно зафиксировать следующую зависимость: при 10 тыс. пробега $K_M \approx 2$ балла; при 20 тыс. ≈ 3 балла; при 40 тыс. ≈ 6 баллов и при 60 тыс. км ≈ 10 баллов.



а)



б)

Рис. 4(б). Баллы механических примесей в трансмиссионном масле ПАЗ-32054:
а – обслуживание равнинного маршрута; б – обслуживание маршрута с подъемами

Из анализа рис. 4 следует, что при проведении соответствующего технического обслуживания, предполагающего замену трансмиссионного масла отработавшее масло автобусов, эксплуатирующихся на маршрутах с подъемами (рис. 4, б), будет содержать механических примесей больше на 1,5 – 2,0 балла, чем у автобусов, эксплуатирующихся на равнинных маршрутах (рис. 4, а).

Таким образом, предложенная система позволяет получать количественные характеристики срабатываемости масла и оптимизировать периодичность его замены для данных условий эксплуатации автобусов.

2. Далее показана целесообразность внедрения обязательной операции промывки картера КПП при замене масла и методика ее проведения.

Удельный вес масла при увеличении его температуры может быть определен по формуле Д.И. Менделеева:

$$\gamma_t = \frac{\gamma_{15}}{1 + \beta(t_m - 15)}, \quad (8)$$

где γ_t – удельный вес масла при данной температуре, γ_{15} – удельный вес масла при температуре 15°C; β – коэффициент (для масел имеет значение 0,0007); t_m – температура масла при измерении.

Так как рабочая температура масла в летнее время может достигать 90°C и выше, а процессы замены масла происходят при температуре 25–28°C, то примерно 5–8 см³ масла остается на стенках внутренних полостей картеров коробки передач. Для коробки передач ПАЗ-32054, например, это составит 0,2–0,4% от общего объема. При заливке свежего масла оставшиеся компоненты отработанного масла будут служить активными центрами окислительных цепных реакций при дальнейшей эксплуатации коробок передач.

Вследствие того, что цепные реакции окисления протекают с нарастающей скоростью, необходимо введение операции промывки коробок передач при плановых заменах трансмиссионного масла.

В качестве промывочных масел можно использовать либо специальное промывочное масло, либо очищенное от воды и механических примесей отработанное трансмиссионное масло с добавлением 30% дизельного топлива. Промывочные операции можно проводить на стендах с беговыми барабанами в течение 30 мин с периодическим изменением передаточного числа (переключением передач) при числе оборотов ведущего вала КПП не более 1200–1400 об/мин.

3. На основании рекомендаций предприятий «Группы ГАЗ» - ОАО «ГАЗ» и ОАО «Автодизель» (ЯМЗ) – предложен обкаточно-испытательный цикл отремонтированных коробок передач автобусов:

- на первой передаче – 30 мин с нагрузкой 50% на первичном валу;
- на второй передаче – 2 ч с нагрузкой 50% с короткими тремя переключениями на третью передачу и обратно;
- на третьей передаче – 2 ч с нагрузкой 50% с короткими переключениями на четвертую передачу и обратно;
- на четвертой передаче – 1 ч с нагрузкой 50%;
- на пятой передаче – 1 ч с нагрузкой 50%.

В случаях излишнего нагрева и повышенной шумности работы цикл следует повторить после полного остывания агрегата. Обкатку и испытания следует проводить на стандартном или специальном обкаточном масле.

Указанные выше режимы способствуют предотвращению задиров на рабочих поверхностях деталей и увеличивают ресурс отремонтированных коробок передач на 10–12% вследствие предотвращения критической глубины микротрещин (менее 0,015мм) на рабочих поверхностях пар трения.

4. Вычисление оптимальных периодичностей проведения работ осуществлялись с использованием известного метода – по допустимому уровню безопасности. По результатам исследований периодичность замены трансмиссионного масла автобуса ПАЗ-32054 получена равной 35 065 км, что не является кратным с периодичностью ТО-1. Однако, если принять периодичность замены равной 35 200 км, то кратность с ТО-1 соблюдается. Расчетная периодичность замены трансмиссионного масла микроавтобусов ГАЗ-322132 получена равной 41 500 км. Для

получения кратности с ТО-1 необходимо скорректировать периодичность замены до 40 000 км. Это обоснованно, так как скорректированная периодичность данного технического воздействия не выходит за границы допустимого вероятности отказов (риска) $F_d = 10\%$.

5. Ключевым вопросом является определение коэффициента, характеризующего влияние подъемов на маршруте на состояние трансмиссионного масла.

Найденный коэффициент будет учитывать зависимость, общую для расчета периодичности замены трансмиссионного масла, поэтому станет возможным введение данного коэффициента во все формулы корректирования периодичности замены масла в трансмиссии, что значительно снизит затраты на определение оптимальных значений периодичностей.

Рассчитанный далее коэффициент будет иметь очень широкое применение при корректировании периодичности обслуживания трансмиссии в зависимости от наличия на маршруте подъемов и от их числа.

Для расчета коэффициента необходимо знать: количество подъемов на маршруте, величину угла подъема, которую можно определить, зная высоту подъема h , продолжительность подъема L . Определяющей величиной будет являться \sin величины угла подъема. Но так как на маршруте может быть не один подъем, а несколько, то следует учитывать их суммарное влияние. Также необходимо принять во внимание, что автобусы за рабочий день делают несколько рейсов, поэтому требуется учесть и их количество.

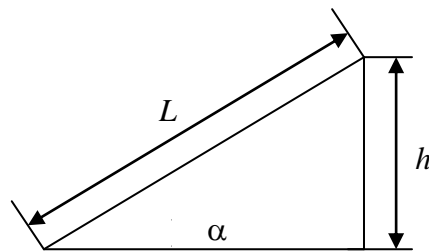


Рис. 5. Угол подъема

Таким образом, формула для расчета необходимого коэффициента будет иметь вид

$$K_{\text{подъема}} = \sum_{i=1}^n \frac{h_i}{L_i} N, \quad (9)$$

где h_i – высота подъема i ; L_i – длина подъема i ; N – количество рейсов.

Критериями введения предложенного коэффициента являются:

- наличие на маршруте подъема величиной 7 и более процентов;
- время нахождения автобуса на подъеме, которое должно быть не менее 3 мин.

Для расчета коэффициента следует пользоваться картой маршрута, где указаны все значения перепадов высот и длин преодолеваемых участков. Например, на одном из исследованных нами маршрутов (маршрут Т-34) присутствует два значительных подъема:

- первый - Зеленский съезд, протяженностью 1071 м и перепадом высот 75 м;
- второй - Ракатное шоссе, протяженностью 1552 м и высотой подъема 63 м.

Таким образом, для автобуса ПА3-32054, обслуживающего этот маршрут, коэффициент, учитывающий наличие подъема, будет рассчитан следующим образом:

$$K_{\text{подъема}} = \left(\frac{75}{1071} + \frac{63}{1552} \right) 8 = 0,9. \quad (10)$$

При этом периодичность замены масла в трансмиссии составит

$$38\,400 \cdot 0,9 = 34\,560. \quad (11)$$

Однако в целях оптимизации рабочего времени необходимо соблюдать кратность с периодичность ТО-1, поэтому принимаем периодичность замены равной 35 200 км.

Соответствие полученного значения рассчитанному по допустимому уровню безотказности подтверждает верность формулы расчета предложенного коэффициента.

Аналогичные исследования и расчеты были проведены и для других маршрутов с подъемами в Нижнем Новгороде: полученные значения также совпали с расчетами по допустимому уровню безотказности.

В этой связи для городских автобусов общего пользования требуется введение указанных мер при наличии на маршруте хотя бы одного подъема за рабочую смену. Повышение нагрузок коробки наступает при преодолении номинально загруженным автобусом подъема величиной 7% и более. Контрольным критерием введения предложенных мероприятий является время нахождения автобуса на подъеме, которое должно быть не менее 3 мин. При этом стало возможным корректирование периодичности замены трансмиссионного масла с использованием предложенного коэффициента $K_{\text{подъема}}$.

Данные критерии действуют для автобусов с бензиновыми двигателями и механическими коробками передач. Скорость движения автобусов при этом ограничивается сверху мощностными характеристиками двигателей, по опыту на уклоне 7% не превышает 30 км/ч и должна быть максимально возможной для того, чтобы автобус не отклонился от временного графика движения на маршруте.

6. Анализ проб трансмиссионного масла показал, что на автобусах ПАЗ-4234 с коробкой передач САЗ-3206 эффект от влияния подъемов на состояние трансмиссионного масла тот же, но в меньшей степени. Также на этих автобусах было зарегистрировано большее количество отказов картеров коробок передач (рис. 6).

Таким образом, можно сделать вывод о том, что повышенный износ зубчатых передач имеет причинно-следственный характер, возникающий из-за нарушения соосности валов, что, в свою очередь, является следствием недостаточной жесткости картера.

Основными дефектами картеров коробок передач являются: износ посадочных поверхностей гнезд под подшипники качения; износ отверстий под оси шестерни заднего хода; износ или срыв резьбы в отверстиях; трещины.

С целью повышения долговечности и надежности данного элемента конструкции выполнен анализ напряженно-деформированного состояния картера коробки передач в процессе эксплуатации автомобиля:

Для проведения прочностного расчета картера коробки передач была построена конечно-элементная модель, объемом в 492 437 элементов второго порядка. Основной используемый элемент - тетраэдр второго порядка, который имеет 10 точек интегрирования;

Для получения значений и определения направлений радиальных усилий на отверстия под подшипники вторичного, промежуточного валов и на ось блока шестерён заднего хода, использовались значения и направления равнодействующих сил, возникающих от зацепления зубчатых колес. Радиальные усилия в отверстиях гнезд подшипников распределяются через контактную поверхность с наружным кольцом опор рассматриваемых валов.

Рассмотрены два наиболее нагруженных случая для картера коробки передач: движение на первой передаче, движение на передаче заднего хода.

Конструкция картера коробки передач принималась удовлетворительной для использования в условиях переходных процессов, если коэффициент запаса $n > 2,5$.

В результате анализа проведенных расчетов сделан вывод: высокие напряжения и деформации в рассматриваемой зоне указывают на недостаточную жесткость картера для приведенных нагрузок, что может привести к появлению различного рода трещин, деформаций. Нарушения в виде деформаций картера приводят к износу отверстий под подшипники, несоосности валов, а следовательно, к повышенному износу зубчатых соединений коробки передач.

Предложено введение дополнительного ребра жесткости и увеличение радиуса сопряжений в зоне между подшипниками вторичного и промежуточного валов коробки передач (рис. 7), что позволит снизить максимальные напряжения в рассматриваемой зоне на 35,04 % в режиме заднего хода и на 27,91 % на первой передаче.

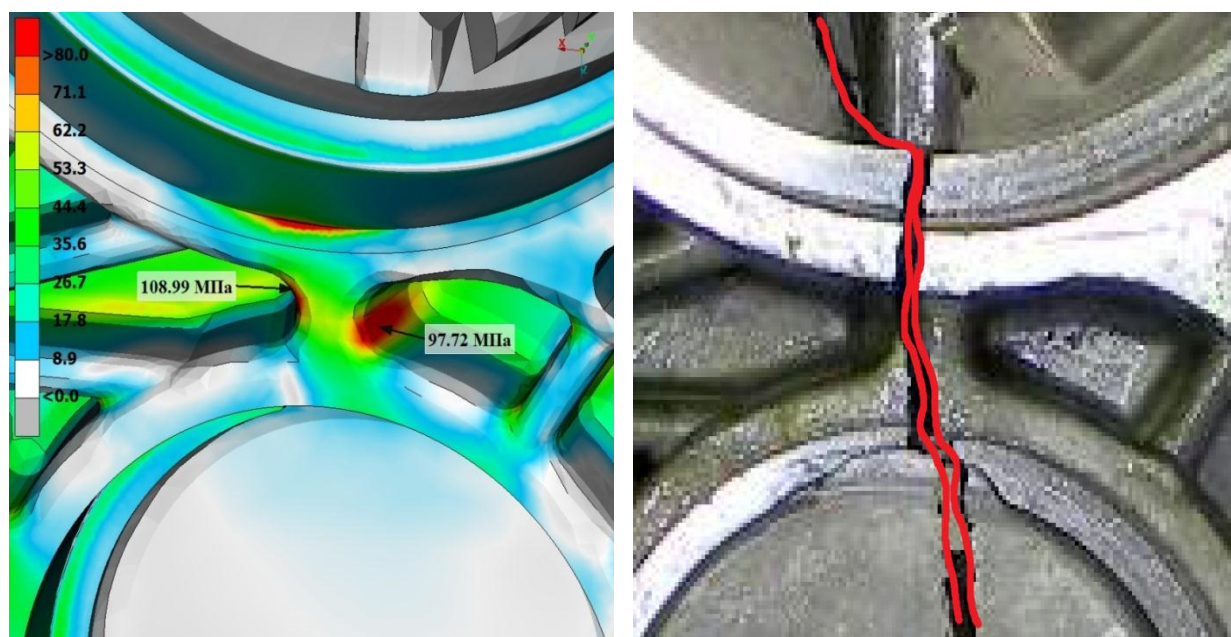


Рис. 6. Валидация результатов

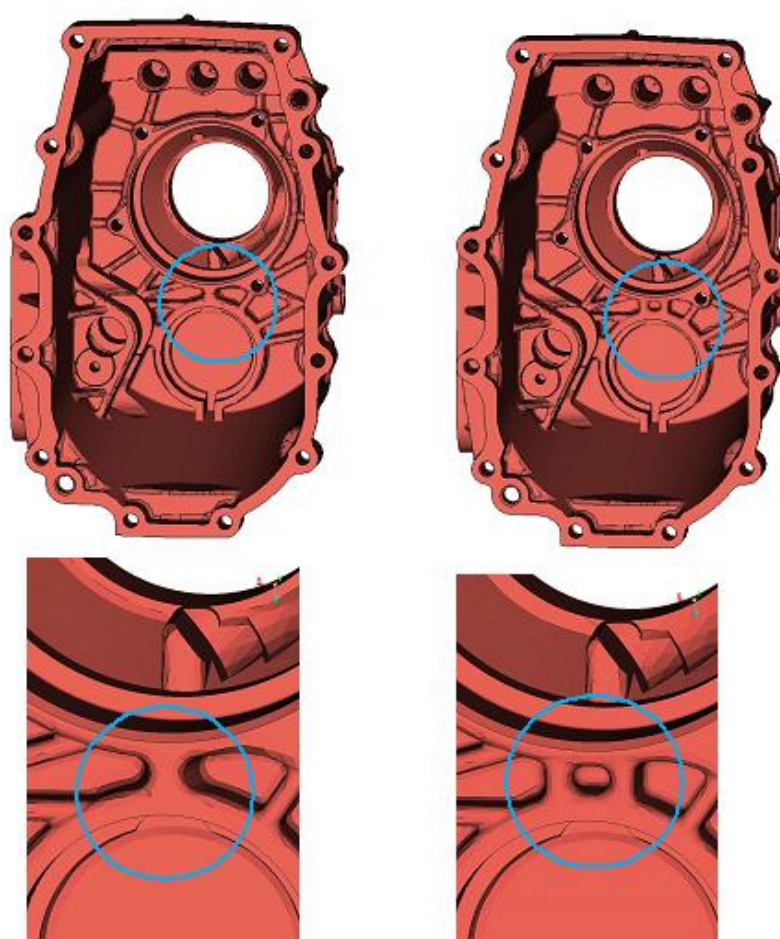


Рис. 7. Изменение конструкции картера

Результаты исследований одобрены департаментом транспорта г. Н.Новгорода и МП «НИЖЕГОРОДПАССАЖИРАВТОТРАНС», внедрены в практику работы НПАП-7 Н.Новгорода.

Результаты анализа напряженно-деформированного состояния исследований одобрены и приняты к внедрению на предприятиях «Группы ГАЗ»: ОАО «Завод коробок скоростей ОАО ГАЗ» и ОАО «Павловский автобус».

Библиографический список

1. Крагельский, И. В. Основы расчетов на трение и износ / И. В. Крагельский, М. Н. Добычин, В. С. Комбалов. – М.: Машиностроение, 1977. – 526 с.
2. Кузьмин, Н.А. Техническая эксплуатация автомобилей: нормирование и управление: учеб. пособие / Н.А. Кузьмин. – М.: ФОРУМ, 2011. – 224 с.
3. Кузьмин, Н.А. Проблемы надежности трансмиссий городских автобусов / Н.А. Кузьмин, А.Д. Кустиков // Отраслевой ежемесячный научно-производственный журнал «Автотранспортное предприятие». 2013. № 8. С. 39–42.
4. Кузьмин, Н.А. Особенности работы механических коробок передач городских автобусов при эксплуатации на маршрутах с подъемами / Н.А. Кузьмин, А.Д. Кустиков, В.В. Ясенов // Отраслевой ежемесячный научно-производственный журнал «Автотранспортное предприятие». 2014. № 4. С. 37–39.
5. Кустиков, А.Д. Проблемы надежности трансмиссий городских автобусов / А.Д. Кустиков, Н.А. Кузьмин, М.Г. Корчажкин // Труды НГТУ. 2013. №4. С. 18–26.
6. Ролдугин, В.И. Физикохимия поверхности: учебник-монография / В.И. Ролдугин. – Долгопрудный: Интеллект, 2008. – 568 с.
7. Турсунов, А.А. Экспериментальная оценка приспособленности АТС к горным условиям эксплуатации // Актуальные проблемы современной науки. 2002. №2. С. 322–324.
8. Кузьмин, Н.А. Техническая эксплуатация автомобилей: закономерности изменения работоспособности: учеб. пособие / Н.А. Кузьмин. – М.: ФОРУМ, 2011. – 208 с.
9. Зеленцов В.В. Эксплуатационные свойства и тепловые режимы поршневых автомобильных двигателей внутреннего сгорания: учеб. пособие / В.В. Зеленцов, В.В. Крупа; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Н. Новгород, 2002. – 72 с.

Дата поступления
в редакцию 20.09.2014

A.D. Kustikov¹, N.A. Kuzmin², M.G. Korchazhkin²

THE IMPACT OF THE PRESENCE OF LIFTINGS URBAN ROUTES ON THE OPERATIONAL RELIABILITY OF THE BUSES MECHANICAL GEAR BOXES

LLC «Auto Bavaria»¹,
Nizhny Novgorod state technical university n. a. R.E. Alexeev

Purpose: research of opportunities of increase gear boxes resource of buses which operating on routes with rises on the example of PAZ - 32054 and PAZ - 4234.

Design/methodology/approach: To evaluate the physical and chemistry characteristics of transmission units of city buses used by instruction.

Findings: Periodicity of technical impacts and their list of the buses will have to be made available on the route climbs and increased workload.

Research limitations/implication: for urban public buses should be the introduction of the above pre-emptive technical services available on a route of at least one lift and if such rises was not less than five per working shift.

Originality/value: The results of the research are relevant for passenger transport enterprises of many cities in Russia, for example, almost all located on the steep banks of large rivers and coastal shores.

Key words: failure, transmission, the route with rise, gear oil, mechanical impurities, mass fraction of water, frequency of service, reliability.