

НАЗЕМНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ

УДК 621.113

М.Г. Корчажкин¹, Н.А. Кузьмин¹, А.Д. Кустиков²

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НОРМАТИВОВ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГОРОДСКИХ АВТОБУСОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева¹,
ООО «Автомобили Баварии»²

Совершенствование нормативов технической эксплуатации автомобилей в зависимости от условий их работы является актуальной задачей. При работе автобусов на маршрутах с подъемами увеличивается число отказов двигателей. Изменяются показатели их безотказности и долговечности. Необходима оптимизация периодичности технических воздействий, проведение упреждающего технического обслуживания.

Ключевые слова: техническая эксплуатация автомобилей, норматив, отказ, двигатель, периодичность технического обслуживания, безотказность, долговечность, надежность.

Существующая в России система корректирования нормативов технической эксплуатации автомобилей (ТЭА) не учитывает многих технических аспектов. Примеров этому вполне достаточно. Возможность адекватно корректировать нормативы ТЭА, если автомобили одной модели и модификации эксплуатировались разное количество времени в различное время года на сегодня, ограничена. Например, если легковой автомобиль «Волга» совершил пробег 200 тыс. км при круглогодичной эксплуатации, а другой подобный автомобиль только летом в одних и тех же условиях эксплуатации, то реальные нормативы ТЭА для них должны быть различны. Значения корректирующих коэффициентов нормативов ТЭА для такого случая в настоящее время принимаются одинаковыми, хотя уровни ухудшения технического состояния данных автомобилей явно различны [1]. В частности износы деталей у второго автомобиля за период этого пробега будут существенно меньше. В этой связи оценивать ресурсы автомобилей, периодичности оптимальных сроков проведения регламентных работ по техническому обслуживанию (ТО) как равные при различных условиях эксплуатации не корректно.

Существует ряд научных работ, в которых предлагается или изменение, или введение новых корректирующих нормативы ТЭА коэффициентов. Например, достаточно подробно переработана система корректирования нормативов ТЭА в горных природно-климатических условиях эксплуатации д.т.н. А.А. Турсуновым на примере Таджикской республики, где действует Российское «Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта». В этой связи, для эксплуатации автомобильного транспорта при различной высоте над уровнем моря и разбега температур окружающей среды, предложены корректирующие коэффициенты норм расхода топлив, которые являются, на наш взгляд, более точными, чем отечественные аналоги. Кроме того, в России вообще не принята надбавка к расходу топлив автотранспортных средств (АТС) в спектре положительных температур [2]. Этим же автором предлагаются более точные значения коэффициентов корректирования периодичности ТО, пробега до капитального ремонта АТС, трудоемкости их обслуживания и расхода запасных частей для различных условий эксплуатации.

Известны результаты научных исследований по детализации осуществления технических воздействий на отдельные конструктивные элементы АТС при периодичностях, отли-

чающихся от нормативных с учетом корректирования. Это призвано повысить показатели безотказности и долговечности автомобилей. Для примера можно привести работы Ю.В. Баженова и К.И. Разговорова по оптимизации периодичности технических воздействий, которые существенно отличаются от нормативных, для передней подвески и рулевого управления переднеприводных автомобилей ВАЗ [3].

Анализ опыта эксплуатации городских автобусов общего пользования ПАЗ-3205 на маршрутах с подъемами в Нижнем Новгороде показывает резкое увеличение количества отказов базовых деталей кривошипно-шатунного механизма (КШМ) и системы охлаждения в жаркое время года, при температурах окружающего воздуха уже выше $+15^{\circ}\text{C}$ (рис. 1). Возникающие отказы – прогар головок блоков цилиндров двигателей, задиры зеркала цилиндров, закоксовывание поршневых колец, прогорание днищ поршней, образование в системе топливоподачи паровых пробок, растрескивание гильз цилиндров. Предшествует этому «закипание» жидкости в системе охлаждения двигателя. С технической точки зрения объяснение этому однозначно – превышение температурного состояния основных теплонагруженных деталей двигателя [4].

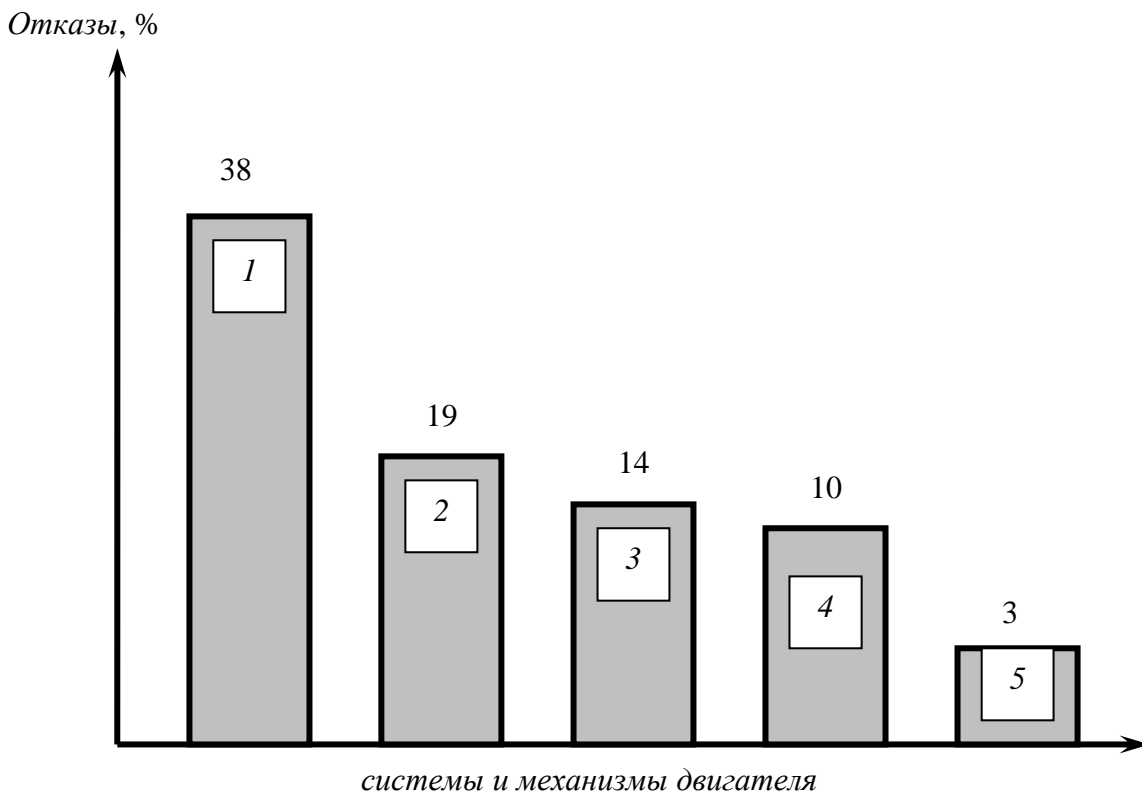


Рис. 1. Диаграмма распределения отказов двигателей автобусов ПАЗ-3205, работающих на маршрутах с уклонами:

1 – кривошипно-шатунный механизм; 2 – система охлаждения; 3 – электрооборудование;
4 – газораспределительный механизм; 5 – система питания

Причиной такого распределения отказов, прежде всего, является наличие значительных подъемов на маршрутах движения автобусов. Так, при движении из «нижней» части города в «верхнюю» автобусы в зависимости от маршрута преодолевают подъемы высотой от 65 до 110 метров. В тоже время суммарный подъем на маршруте может составлять 200 метров и более. Эти факторы приводят к увеличению нагрузок на все агрегаты автобуса и в первую очередь на двигатель. Для последнего это чревато повышением допустимого предела теплонагруженности деталей. Ситуация усугубляется в летний период. В это время температура охлаждающей жидкости в конце подъема достигает 110°C , а температура моторного

масла – до 105°C . В таких условиях работы вполне закономерно увеличение числа отказов, причиной которым является тепловое состояние двигателя [5]. Средняя наработка на отказ двигателей снижается, что приводит к простоям автобусов, увеличиваются эксплуатационные расходы автотранспортных предприятий (АТП). В этой связи и возникла необходимость разработки организационно-технических мероприятий по повышению эксплуатационной надежности двигателей автобусов, работающих на маршрутах с уклонами.

При работе автобусов на маршрутах общего пользования на основные показатели технической эксплуатации влияет большое количество различных факторов. Из общего их числа особо необходимо выделить наличие различных изменений рельефа местности на маршруте. Данная особенность маршрутов сказывается на эксплуатационных показателях автобусов – расход топлива, расход масла на угар, интенсивность износа основных узлов и т.д. С точки зрения надежности наличие подъемов на маршруте следования автобусов приводит к достаточно ощутимому изменению показателей безотказности и долговечности их агрегатов, систем, узлов и деталей. Увеличение нагрузок на все конструкционные элементы автобусов неотвратимо влечет за собой снижение их средней наработки на отказ. Это в свою очередь непосредственно влияет на показатели ТЭА. Так, при изменении средней наработки на отказ агрегата обязательно изменится вид зависимости плотности вероятности отказа от наработки как агрегата, так и всего автомобиля. Данный факт указывает на необходимость корректирования периодичности технических воздействий при эксплуатации автомобилей на маршрутах с подъемами.

Наличие подъемов сказывается и на технико-экономических показателях АТП, обслуживающих данные маршруты. Так, в Нижнем Новгороде существуют автопредприятия, обслуживающие только равнинные маршруты без каких-либо значительных изменений рельефа местности. Сложившееся положение дел с нормативами ТЭА подвижного состава здесь устоявшееся и осуществляется в соответствии с существующей системой ТО и ремонта АТС при незначительных отклонениях от реального положения дел. В то же время часть АТП обслуживает маршруты, соединяющие районы верхней и нижней частей города. На этих маршрутах имеется значительный перепад высот. Применении одинаковых (как регламентируется действующими стандартами [1]) нормативов ТЭА для автобусов предприятий, обслуживающих маршруты с подъемами и для автобусов таких же АТП, работающих на равнинных маршрутах, не совсем правомочно, так как практика доказывает не корректность этого. Реальные расходы на эксплуатацию автобусов у данных предприятий различны. Это, безусловно, связано с различием нагрузок на основные агрегаты автобусов, например, тепловых нагрузок на детали двигателей. Условия работы автобусов на маршрутах заречной части Нижнего Новгорода при проводимых исследованиях были приняты за номинальные. Эти маршруты полностью подпадают под III категорию условий эксплуатации.

По результатам анализа маршрутной сети и геодезической карты Нижнего Новгорода, а также сбора данных по протяженности была построена эпюра характерного маршрута движения автобусов (рис 2). На ней приведен типичный маршрут, соединяющий разные части города. Полученная эпюра позволяет выделить участки маршрута движения автобуса, где наибольший перепад высот. На этих отрезках автобус преодолевает значительные подъемы, испытывая повышенные нагрузки. На эпюре таких участков два – они обозначены I и II (рис.2). Первый участок – Зеленский съезд, его протяженность 1071 м, перепад высот составляет 75 м. При движении по данному участку двигатель автобуса испытывает увеличенные нагрузки, в результате чего повышается его температурное состояние. Ситуация усугубляется в летний период, когда температура окружающего воздуха от $+15^{\circ}\text{C}$ и выше. Замеры показали, что в конце данного подъема при движении автобуса с полной нагрузкой температура охлаждающей жидкости двигателя составляет $105-110^{\circ}\text{C}$. При таких условиях работы двигателей резко увеличивается количество «тепловых» отказов.

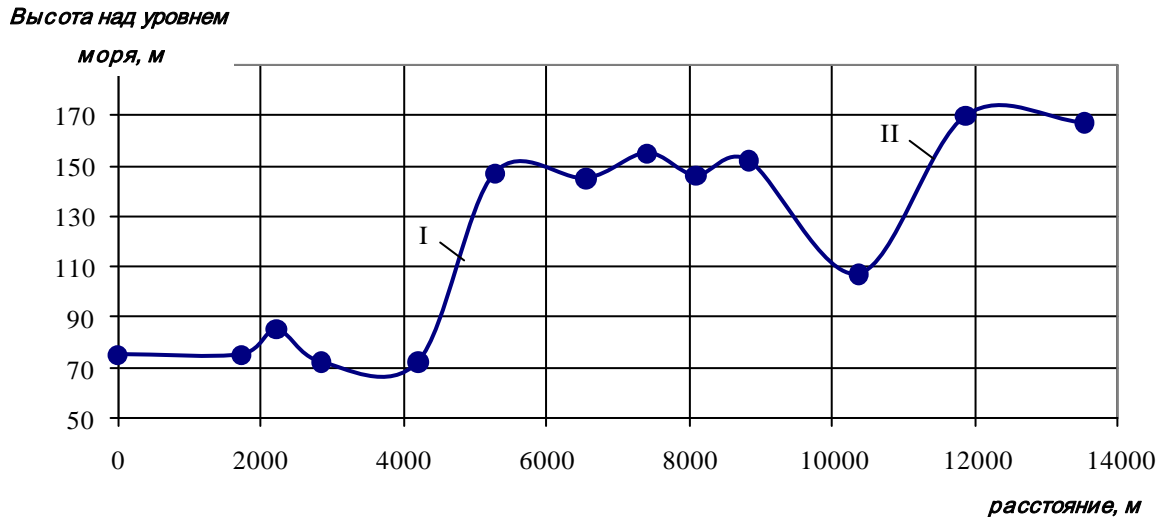


Рис. 2. Эюра маршрута движения городского автобуса в Нижнем Новгороде

Аналогичная картина складывается и на втором участке маршрута – по подъему к Казанскому шоссе вверх на ул. Бринского (рис. 2). Протяженность этого участка 1552 м, а высота подъема – 63 м. Несмотря на большую протяженность и меньшую высоту подъема, чем у участка I, этот отрезок маршрута также вызывает повышенное температурное состояние ДВС. Проблема усугубляется еще и тем, что в середине данного подъема находится остановочный пункт, в то время как первый участок автобусы преодолевает без остановок. Подобных подъемов на маршрутах городских автобусов в городе пять, при преодолении которых также отмечено повышенное тепловое состояние автобусных двигателей, превышающее допустимые пределы.

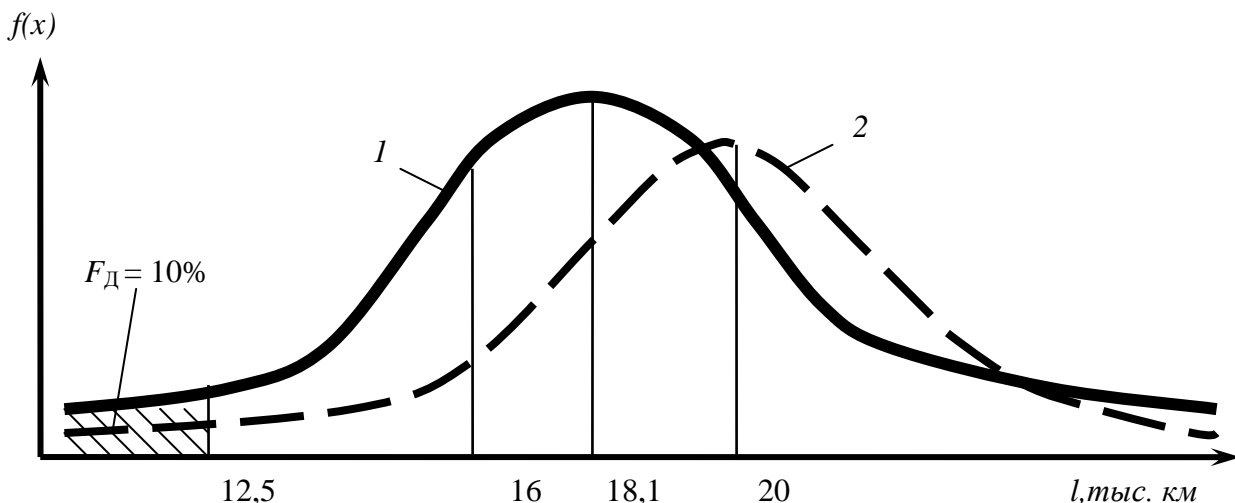


Рис. 3. Функция плотности распределения отказов двигателей автобусов ПАЗ-3205:

1 – распределение отказов при нормативной периодичности ТО-2; 2 – распределение отказов после внедрения предупреждающего ТО; $L_{\text{ТО-2}} = 16000$ км – нормативная периодичность ТО-2 автобусов, эксплуатирующихся в Нижнем Новгороде; $L_{\text{отк}} = 18100$ км – средняя наработка на отказ двигателей; $L_{\text{ТО(П)}} = 12500$ км – оптимальная периодичность предупреждающего ТО; $L'_{\text{отк}} = 20000$ км – средняя наработка на отказ двигателей при внедрении предупреждающего ТО

Для анализа влияния процессов повышения температурного состояния деталей на эксплуатационную надежность двигателей, была собрана информация об отказах двигателей автобусов, работающих на маршрутах со значительными уклонами. Информация собиралась

из технической документации по эксплуатации автобусов в пассажирских автотранспортных предприятиях Нижнего Новгорода в течение двух лет. Наблюдение проводилось за автобусами марок ПАЗ-3205 и ГАЗ-3221(ГАЗель).

Информация об отказах по двигателям была сгруппирована по результатам эксплуатации 20 новых автобусов ПАЗ. В сложившейся ситуации на рынке пассажирских перевозок автобусы ПАЗ-3205 широко используются в качестве маршрутных на линиях Нижнего Новгорода. Доля перевозок, выполняемых этими автобусами, значительна, поэтому исследование двигателей автобусов ПАЗ-3205 представляется актуальным. Выборка отказов двигателей сформирована как по результатам их подконтрольной эксплуатации на предприятиях и маршрутах Нижнего Новгорода, так и по данным, предоставленным ОАО ЗМЗ - предприятия, производящего двигатели для указанных автобусов. Собранная информация была должным образом обработана. В результате получена функция плотности распределения отказов наиболее теплонагруженных деталей двигателей, которая представлена на рис. 3.

Автобусы ГАЗ-3221(ГАЗель) получили широкое применение во многих городах России в качестве маршрутных такси. Установленный на этих автобусах двигатель ЗМЗ-4025.10 работает в режиме увеличенных нагрузок, что особо усугубляется условиями движения на маршруте с подъемами.

Изначально наблюдению подверглись 20 автобусов ГАЗ-3221(ГАЗель). Однако в течение полугода один автобус попал в ДТП и был списан. Информация об отказах собиралась в течение двух лет. Таким образом, выборка по отказам автобусов ГАЗель была сформирована по 19 новым автобусам. Все они работали на одних и тех же маршрутах, при одинаковом среднесуточном пробеге. Функция плотности распределения отказов имеет вид, представленный на рис. 4.

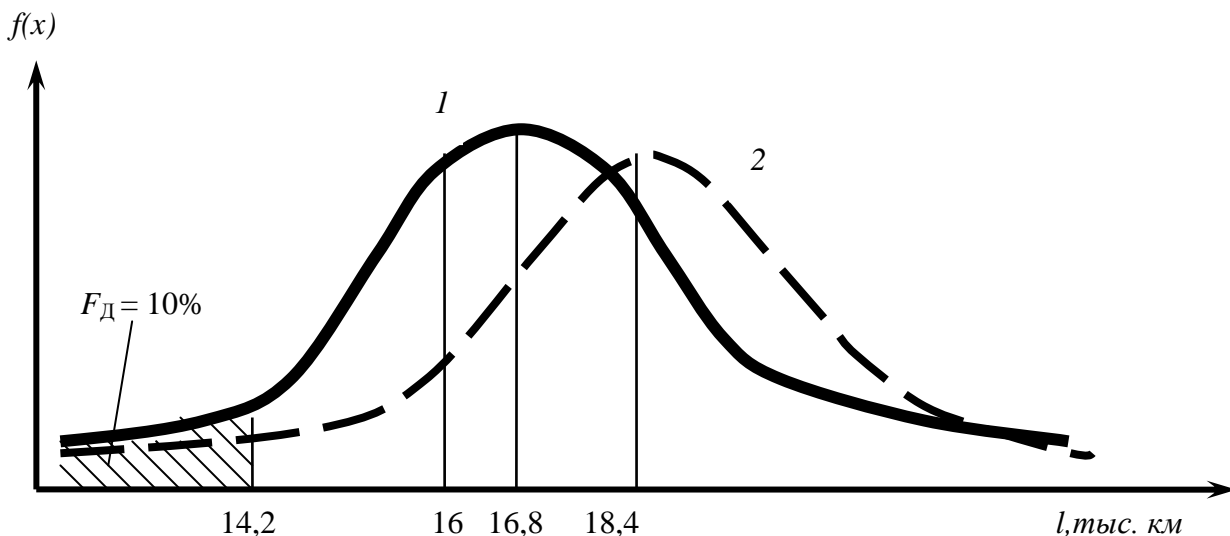


Рис. 4. Функция плотности распределения отказов двигателей автобусов ГАЗ-3221:

1 – распределение отказов при нормативной периодичности ТО-2; 2 – распределение отказов после внедрения предупредительного ТО; $L_{\text{ТО-2}} = 16000$ км – нормативная периодичность ТО-2 автобусов, эксплуатирующихся в Нижнем Новгороде; $L_{\text{отк}} = 16800$ км – средняя наработка на отказ двигателей; $L_{\text{ТО(П)}} = 14200$ км – оптимальная периодичность предупредительного ТО; $L'_{\text{отк}} = 18400$ км – средняя наработка на отказ двигателей при внедрении предупредительного ТО

Анализ графиков на рис. 3 и рис. 4 показывает, что наибольшее количество отказов двигателей, связанных с тепловым состоянием, происходит немногим позже проведения нормативного ТО-2. Это приводит к увеличению простоев автобусов из-за данного типа отказов. На основании полученного предложено и введено предупредительное (упреждающее) ТО ($L_{\text{ТО(П)}}$), которое будет включать в себя только операции, от выполнения которых зависит температурное состояние двигателя. Это, прежде всего, операции подтяжки крепления го-

ловки блока цилиндров, проверка и регулировка натяжения ремня привода вентилятора, проверка исправности работы термостата, промывка и продувка воздухом радиатора, замена моторного масла.

Для введения предупреждающего ТО необходимо определить научно-обоснованную оптимальную периодичность его проведения. По полученным результатам исследований данные значения для автобусов ПАЗ-3205 и ГАЗ-3221 (ГАЗель), эксплуатируемых на маршрутах с наличием крутых подъемов, определялось известным и надежным методом – по допустимому уровню безотказности. Данные числовые значения $L_{ТО(П)}$ для исследуемых автобусов и представлены на рис. 3 и рис. 4. При этом допустимый уровень отказов (риск) принят согласно условиям примененного метода $F_d = 10\%$. Следует отметить также, что было выдержано и главное условие научной обоснованности определения оптимальных периодичностей ТО для данных автобусов и сбора адекватной статистической информации – регламентные технические вмешательства в период подконтрольной эксплуатации не производились, а отказы устранялись по мере их возникновения и сходов автобусов с линии.

После внедрения предложенного предупреждающего ТО для подвижного состава пассажирского автотранспортного предприятия №7 Нижнего Новгорода (НПАП-7) средняя наработка на отказ двигателей по всем маркам автобусов увеличилась. Тепловое состояние двигателей при работе на подъемах стало более стабильным. Распределение отказов двигателей автобусов по системе также изменилось, что на примере автобусов ПАЗ-3205 показано на рис. 5.

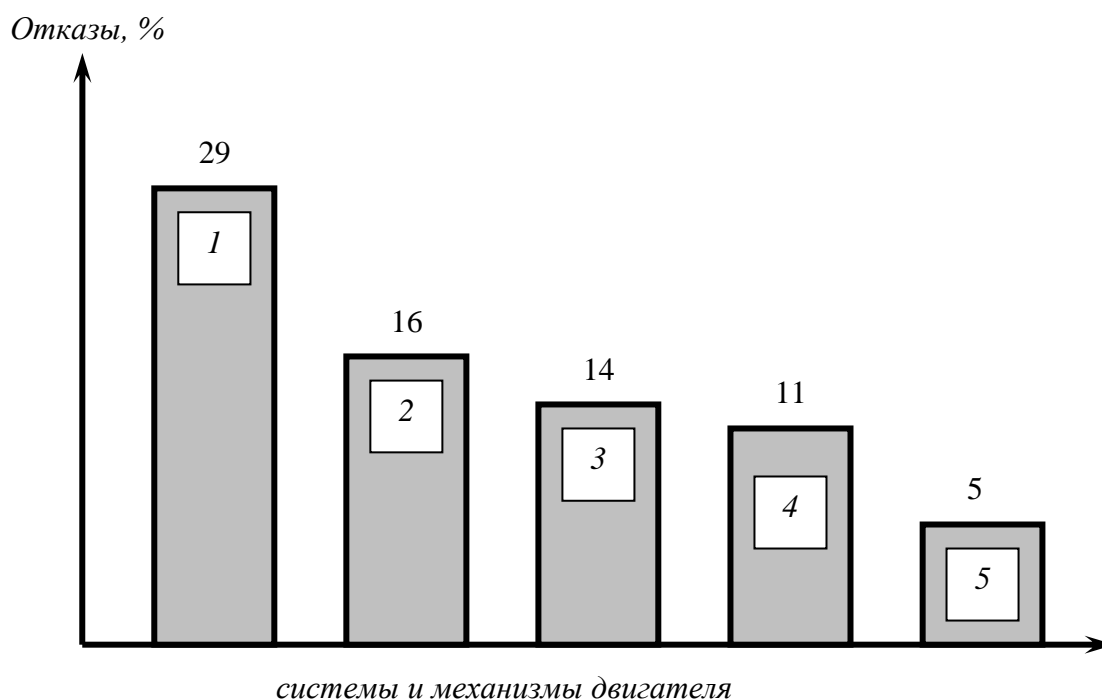


Рис. 5. Диаграмма распределения отказов двигателей автобусов ПАЗ-3205, работающих на маршрутах с уклонами при проведении предупреждающего ТО:
1 – кривошипно-шатунный механизм; 2 – система охлаждения; 3 – электрооборудование;
4 – газораспределительный механизм; 5 – система питания

Оптимальное значение предупреждающего (упреждающего) ТО ($L_{ТО(П)}$) систем двигателей городских автобусов исследуемых и подобных им марок, эксплуатируемых на маршрутах с подъемами, рекомендуется проводить с рассчитанными периодичностями. Для других марок автобусов и подобных условий эксплуатации требуется проведение дополнительных испытаний и расчетов по предложенному алгоритму.

Совмещать операции ТО(П) и ТО-2 рекомендуется при отличии их периодичностей

не более, чем на 300 км пробега. При большом расхождении этих периодичностей проводить ТО(П) можно силами водителей в межсменное время с увеличением соответствующего денежного вознаграждения. Введение дополнительного упреждающего вмешательства ТО(П) в двигатель является необходимой мерой снижения количества отказов двигателей и автобусов в целом.

Библиографический список

1. **Кузьмин, Н.А.** Техническая эксплуатация автомобилей: нормирование и управление: учеб. пособие / Н.А. Кузьмин. – М.: ФОРУМ, 2011. – 224 с.
2. **Турсунов, А.А.** Экспериментальная оценка приспособленности АТС к горным условиям эксплуатации // Актуальные проблемы современной науки. – М., 2002. №2. С. 322-324.
3. **Баженов, Ю.В.** Анализ эксплуатационной надежности шаровых шарниров рулевых тяг и рычагов подвески легковых автомобилей с приводом на передние колеса / Ю.В. Баженов, К.И. Разговоров // Автомобильный транспорт в XXI веке: сб. научных статей конференции. – Нижний Новгород, 2003. – С. 51-54.
4. **Кузьмин, Н.А.** Техническая эксплуатация автомобилей: закономерности изменения работоспособности: учеб. пособие / Н.А. Кузьмин. – М.: ФОРУМ, 2011. – 208 с.
5. **Зеленцов, В.В.** Эксплуатационные свойства и тепловые режимы поршневых автомобильных двигателей внутреннего сгорания: учебное пособие / В.В. Зеленцов, В.В. Крупа. – Н.Новгород: НГТУ, 2002. – 72 с.

*Дата поступления
в редакцию 16.10.2012*

M.G. Korchazhkin¹, N.A. Kuzmin¹, A.D. Kustikov²

IMPROVEMENT OF NORMATIVES OF TECHNICAL OPERATION OF CITY BUSES

Nizhny Novgorod Statet Technical niversity n.a. R.E. Alexeev¹,
LLC Auto Bavaria²

Improvement of normatives of technical operation of cars depending on conditions of their work is an actual task. At operation of buses on routes with liftings the number of failures of engines increases. Non-failure operation and durability indicators are change. Optimization of periodicity of technical influences, carrying out anticipatory technical maintenance is necessary.

Key words: technical operation of cars, normative, failure, engine, periodicity of technical influences, non-failure operation, durability, reliability.