

О ВЛИЯНИИ СКРЫТЫХ НЕИСПРАВНОСТЕЙ НА ЭКСПЛУАТАЦИЮ АВТОМОБИЛЯ

Важным направлением изучения автомобильного транспорта, также как способом повышения эффективности его эксплуатации, является планирование экономически целесообразного ресурса, после прохождения которого дальнейшее применение считается нецелесообразным. Для выполнения данного процесса необходимо изучить явление, по причине которых изменяется техническое состояние систем, а также определить факторы, ускоряющие интенсивность старения. Также потребуется определить с показателем, который будет непосредственно характеризовать в комплексе данное явление.

Ключевые слова: надежность автомобилей, планирование, ресурс автомобилей, эффективность эксплуатации

An important trend in the study of road transport, as well as a way to increase the efficiency of its operation, is a cost effective resource planning, which after passing through the continued application is not considered appropriate. To complete this process it is necessary to study the phenomenon, which varies due to the technical state of the system, as well as to identify the factors that accelerate the rate of aging. Then it will also need to determine the measure, which will be directly characterized in the complex this phenomenon.

Keywords: automobile reliability, planning, automobile resource, efficiency of operating

В настоящее время актуальным вопросом при эксплуатации автомобильного транспорта является определение скорости старения подвижного состава. Причиной рассмотрения данного явления служит значимость определения эффективного периода эксплуатации автотранспорта. Отличительной особенностью такого определения является довольно широкая его вариация в зависимости от условий, в которых функционирует подвижной состав.

С точки зрения понятия надежности автомобильного транспорта, продолжительность эффективной эксплуатации будет характеризовать конечную величину ресурса, т.к. последующее использование подвижного состава будет убыточно, а значит, нецелесообразно [3]. Основное свойство, которое будет оценивать комплексно понятие надежность, это долговечность, т.к. именно она определяет живучесть техники с применением установленной системы технического обслуживания и текущего ремонта. Данное свойство непосредственно связано с другим – безотказностью, которая характеризует дополнительно и количество повреждений, появившихся в течение эксплуатации, но устраненных в ходе ремонта. Для выполнения планирования трудовых и материальных затрат целесообразно будет рассматривать именно это свойство, т.к. оно может более комплексно оценить ресурсы, необходимые для поддержания подвижного состава в исправном состоянии [7].

Основным техническим параметром, который характеризует безотказность подвижного состава, является наработка на отказ – среднее значение наработки между смежными отказами системы, выраженное в км пробега, либо часах работы. Соответственно, имея данные по количеству отказов автомобилей, а также учитывая номинал и изменение трудоемкости устранения отказа с наработкой, можно определить эффективный ресурс подвижного состава. Для этого потребуется установить некоторый порог значения затрат, превышение которого будет означать окончание периода эффективной ресурсной наработки автомобиля. Имея достаточный объем статистических данных, можно определить значение наработки на отказ, которое будет являться предельным для конкретных моделей и марок автомобилей в определенных условиях их функционирования. Данные условия не должны ограничиваться лишь условиями эксплуатации, которые имеют конкретные характеристики в Положении о техническом обслуживании и текущем ремонте подвижного состава автомобильного транспорта [1] (далее Положение). Они также обязательно должны включать организационные условия действия автотранспортного предприятия, а также условия качества проведения работ по техническому обслуживанию и текущему ремонту. Для широкого применения такого подхода необходимо выполнить стандартизацию в сфере

перечисленных пунктов, не входящих в систему корректировки и нормирования, указанной в Положении.

Подход по оценке затрат на эксплуатацию можно встретить в большом количестве работ по исследованию эффективности функционирования подвижного состава автомобильного транспорта. Одним из способов установления целесообразного порога значения издержек на функционирование подвижного состава является непосредственное сравнение общих затрат на использование автомобилей с прибылью, которую приносит рассматриваемая единица автопарка в определенный промежуток наработки [2, 3, 4, 8]. Превышение первого значения по сравнению со вторым приводит к неэффективному и нецелесообразному продолжению данного процесса. В ряде работ [4, 6] указывается также, что с течением наработки существенно снижается коэффициент технической готовности (КТГ) подвижного состава. В некоторых случаях его значение доходит до 0.1 – 0.2, что крайне негативно характеризует эффективность эксплуатации автомобилей. Однако данный критерий определяет качество использования и поддержания работоспособного состояния в комплексе [6]. Доведение техники до состояния, при котором КТГ имеет столь малое значение возможно только при крайне запущенной системе технического обслуживания и текущего ремонта, что далее и будет рассмотрено подробнее.

Физическое старение подвижного состава можно характеризовать количеством накопленных явных и скрытых неисправностей (рис.1) [9].

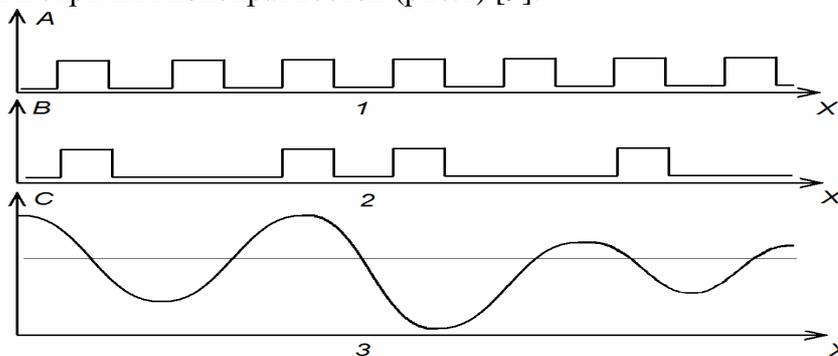


Рис. 1. Изменение количества неисправностей системы с течением времени: 1 – поток отказов А; 2 – замена элементов В; 3 – общее количество скрытых неисправностей С; X – продолжительность эксплуатации / наработка [9]

Отличительной чертой явных неисправностей является тот факт, что их накопление с учетом особенностей эксплуатационного процесса затруднено. Это связано в первую очередь с тем, что данные неисправности непосредственно влияют на поток отказов автомобиля, почему и устраняются по возможности либо на ближайшем техническом обслуживании, либо в принудительном порядке между рабочими сменами в ходе текущего ремонта. Невыполнение данного требования приводит к потерям эффективности эксплуатации - дополнительным затратам, связанным с устранением аварийных отказов, восстановлением функционирования линии перевозок - основного производственного процесса каждого автотранспортного предприятия. Данная проблема подробно изучается на предприятиях, выпускающих автомобили.

Характерным отличием неявных, скрытых неисправностей является сложность выявления, что способствует их накоплению с течением наработки автомобиля [5]. Повышение количества такого вида неисправностей способствует негативному воздействию на безотказность и долговечность системы «автомобиль». Хотя и далеко не каждая неисправность непосредственно влияет на надежность, однако их накопление повышает вероятность, а значит, и интенсивность воздействия на техническое состояние.

Однако, учитывая накопление явных и скрытых неисправностей, необходимо также иметь в виду тот факт, что с течением наработки выполняются замены отказавших деталей, узлов и даже агрегатов, восстановление которых либо слишком убыточно, либо вообще невозможно. Это способствует некоторому фиксированию общего количества

неисправностей, либо скорости их накопления, т.к. с отказавшими элементами системы, исчезают и неисправности, возникшие на данных частях автомобиля.

Таким образом, постепенный рост количества неисправностей после определенного периода прекратится, если будут выполняться замены элементов, узлов и целых агрегатов, в моменты, соответствующие их целесообразной ресурсной наработке. Однако если таковые не последуют, то рост количества неисправностей не остановится, а значит, интенсивность негативного влияния на безотказность и долговечность также будет повышаться. Следствием будет являться потеря эффективности эксплуатации подвижного состава, а значит, и целесообразность его использования будет под вопросом. Применение охарактеризованной методики поддержания работоспособного состояния хотя и имеет довольно низкий уровень затрат на эксплуатацию в течение всего периода использования техники, однако, неуклонно ведет к повышению количества неисправностей в системах автомобиля, а значит, негативно влияет на уровень затрат с течением наработки. Отсюда можно сделать вывод, что с течением эксплуатации также постоянно будет снижаться КТГ автомобиля и достигать критического значения 0.1 – 0.2 или менее.

По этой причине целесообразнее рассматривать систему поддержания работоспособного состояния с учетом ресурсных наработок многих элементов конструкции автомобиля. Отличительной особенностью данного подхода является большие, чем в первом случае, ресурсные затраты на поддержание работоспособного состояния. Причиной тому является высокая трудоемкость замен элементов с ресурсной наработкой, а также большие затраты на приобретение новых запчастей. Однако данный подход должен привести к стабилизации во времени общих затрат на эксплуатацию подвижного состава. Это будет происходить потому, что количество неисправностей, которые характеризуют состояние автомобиля, будет иметь фиксированную величину.

Изменение количества неисправностей с течением времени с учетом влияния потока отказов и соответствующих замен частей системы из некоторого количества элементов изображено на рис. 1. На построенном графике учитывается изменение общего количества неисправностей – как явных, так и скрытых. Накопление и снижение общего значения величины происходит по причине ресурсной наработки отдельных элементов системы, а также вследствие соответствующих замен негодных для последующей эксплуатации деталей.

Итоговая кривая общего количества неисправностей будет колебаться относительно некоторого среднего значения. Вариация ее величины будет иметь определенное, конечное значение.

Если применить данную модель для всего автомобиля, то она заметно изменится. Это произойдет потому, что количество неисправностей в автомобиле значительно больше количества в конкретной системе. Причиной тому является тот факт, что автомобиль – система систем. Соответственно общее количество элементов будет на много выше, а значит, расширится и перечень условий, по которым происходит проверка исправности технического состояния. При этом повышается и соответствующее количество неисправностей. Упрощенное сравнение автомобиля, как системы из систем, представлено в табл. 1. Количество неисправностей на детали будет непосредственно связано с перечнем требований T через некоторый коэффициент X .

Таблица 1. Причины повышения среднего значения неисправностей системы автомобиль по отношению к системе из N равнозначных элементов

Показатель / рассматриваемая система	Система из N равнозначных элементов	Автомобиль, как система из Y систем, состоящих из N равнозначных элементов
Количество деталей	N	$N*Y$
Количество требований на деталь	T	T
Количество неисправностей в детали	$X*T$	$X*T$
Общее количество требований	$N*T$	$N*T*Y$
Общее количество неисправностей	$N*X*T$	$N*X*T*Y$

В итоге изменится степень влияния каждой отдельной возникающей и устраняемой неисправностей, т.к. поток событий будет более интенсивный. Это значит, что каждая конкретная неисправность будет влиять очень слабо на изменение количества в системе автомобиль. Именно по этой причине ведение учета данного свойства считается нецелесообразным. Однако еще более сложным является определение конкретного показателя, который будет характеризовать это свойство.

Важной особенностью эксплуатации технических систем автомобиля является накопление количества неисправностей в начальный период времени. В течение общего ресурса конкретной детали будут возникать дефекты, которые в итоге приведут к отказу. Однако с момента перехода детали в неисправное состояние до момента отказа может и проходит большое, нефиксированное и зависящее от конкретной детали, функций, выполняемых ею, количество наработки.

Это состояние продолжается до момента, когда интенсивность накопления неисправностей сравнивается с интенсивностью их устранения. В течение наработки выполняется комплекс работ, который ведет к уменьшению количества неисправностей, однако данный показатель все равно будет расти, т.к. основной особенностью повышения эффективности эксплуатации является стремление к наиболее полному использованию целесообразной ресурсной наработки конкретного элемента. Эксплуатация же систем из деталей с более полным использованием ресурса ведет к накоплению в них определенного количества неисправностей. Однако, значение ресурсной наработки – конечная величина, а значит и накопление неисправностей – тоже конечная величина.

В итоге значение наработки на отказ будет изменяться (снижаться) в течение продолжительной начальной эксплуатации условно «нового» автомобиля, однако по истечению некоторого срока ее значение должно зафиксироваться, т.к. фиксируются и основные факторы, которые влияют на ее величину.

Нормативная составляющая технической эксплуатации жестко не учитывает количество скрытых неисправностей, хотя и подразумевает их накопление. Данный процесс выполняется посредством корректирующего коэффициента в зависимости от пробега автомобиля, что указано в Положении. Такая корректировка имеет высокую погрешность, т.к. в условиях различных предприятий количество скрытых неисправностей на единицу подвижного состава может варьироваться в очень больших пределах. Это связано в первую очередь с качеством самого автомобиля, технического обслуживания, текущего ремонта, применяемых запасных частей, с номенклатурой используемого оборудования. Немалое значение имеет ряд организационных причин, в том числе условия процесса перевозок и многие другие факторы, планирование которых с необходимой точностью либо крайне затруднительно, либо вообще невозможно. Большую роль играет также квалификация персонала, выполняющего технические воздействия, а также способы стимулирования качества работ по обслуживанию и ремонту автомобилей. Немаловажно также учитывать сложность и ремонтпригодность подвижного состава.

В результате теоретически подкрепленное прогнозирование эксплуатации условно «старых» автомобилей можно считать либо совсем неопределенным, либо выполненным в недопустимо широких рамках, смысл которого теряется вследствие избыточной вариации. Выполнение планирования количества неисправностей в конструкции автомобиля – чрезвычайно сложный процесс, требующий немалых ресурсных затрат. Для этого необходимо формирование системы нормирования влияющих факторов на изучаемый параметр, которые перечислены в предыдущем абзаце. Для выполнения этого процесса потребуется жесткая привязка создаваемой математической модели к результатам – количеству неисправностей в конструкции автомобиля. Однако впоследствии погрешность результатов будет очень высока. Это в первую очередь связано с тем, что нормирование каждого из них будет иметь неточность, которая в конце концов по законам определения погрешности связанных в систему факторов будет перемножаться.

Необходимо также иметь в виду, что постепенное «омоложение» автомобиля за счет замены элементов конструкции будет способствовать стабилизации потока отказов. Данный процесс будет происходить потому, что общее количество скрытых неисправностей, изменяющееся в определенных пределах (рис. 1), будет иметь максимальное и минимальное значения, в пределах которого и будет варьироваться. Логическим выводом отсюда будет утверждение о том, что общая надежность системы «автомобиль» в долгосрочном периоде эксплуатации, характеризуемая в первую очередь обратным отношением количества неисправностей и отказов в единицу времени, в этом случае будет колебаться, но никак не постепенно снижаться. Хотя, по отношению к ситуации с новым автомобилем, вполне естественно некоторое снижение общей надежности вследствие накопления скрытых неисправностей, так или иначе влияющих на техническое состояние автомобиля.

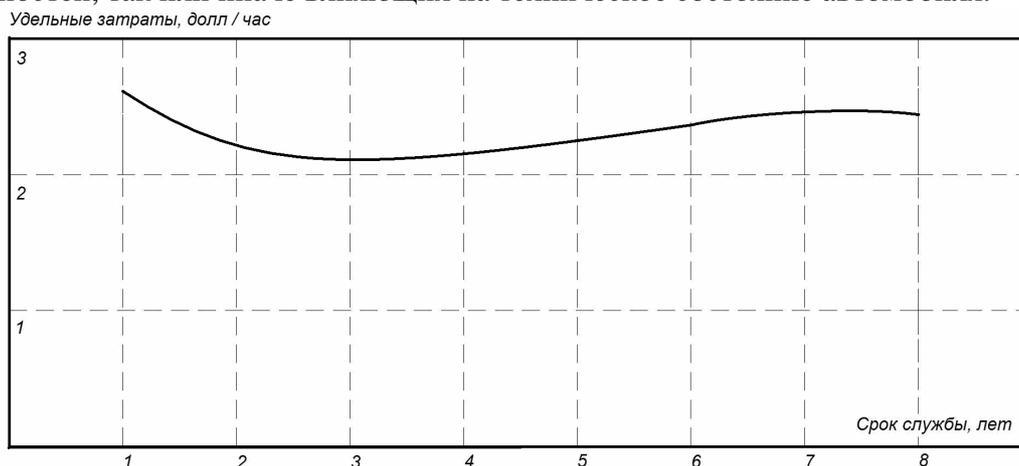


Рис. 2. Удельные затраты в зависимости от срока службы автомобилей в США [2]

В настоящее время в РФ замечена тенденция замены парка грузовых автомобилей после 4-5 лет использования [2], что характеризует как первоначальную надежность автомобиля, так и уровень ее стабильности при эксплуатации. Применение автомобилей может быть безубыточным в течение как минимум, 8 лет [2] в условиях развитых производственных баз и с учетом планирования состояния автотранспорта в долгосрочных периодах (рис. 2). Такое утверждение неоднократно проверено на практике, и такой способ эксплуатации продолжает применяться в США.

Таблица 2. Характеристика анализируемого подвижного состава

Группа а/м	Дорожные условия	Пробег на начало исследования	Анализируемый пробег	Удельные затраты
Вольво F12	Асфальт, за пределами города	600000 км	400000 км	0,637 руб/км
Мерседес Актрос	Асфальт, за пределами города	200000 км	400000 км	1,104 руб/км
КАМАЗ 43101	Грунт, за пределами города	75000 км	200000 км	1,623 руб/км
КАМАЗ 44108	Грунт, за пределами города	50000 км	200000 км	1,169 руб/км
КАМАЗ 53215	Асфальт, за пределами города	150000 км	300000 км	1,017 руб/км

Для подтверждения полученных в статье выводов в условиях автотранспортных предприятий ульяновской области были проведены исследования изменения с наработкой параметров подвижного состава. Проанализировано изменение среднего значения наработки на отказ в течение продолжительной эксплуатации (рис. 3). В табл. 2 представлена общая характеристика исследуемого подвижного состава: указаны дорожные условия, пробег автомобилей на момент начала и в течение исследования, а также средние удельные затраты на эксплуатацию. Подвижной состав разделен на группы автомобилей одной модели. Всего представлено 5 групп: Вольво F12, Мерседес Актрос, КАМАЗ 43101, КАМАЗ 44108 и КАМАЗ 53215.

Рассмотренные группы автомобилей имеют низкие показатели удельных затрат на эксплуатацию, что характеризует их эффективность эксплуатации. На них влияет приспособленность транспорта к условиям эксплуатации и качество процесса поддержания

работоспособного состояния, т.к. с течением наработки показатель безотказности не падает, а значит и надежность системы «автомобиль» имеет фиксированную величину.

Первая подгруппа, которая включает автомобили марок Вольво F12, Мерседес Актрос и КАМАЗ 53215, дает возможность непосредственного сравнения уровня безотказности произведенного в России подвижного состава с иностранным. Вторая подгруппа, включающая модели марки КАМАЗ 43101 и 44108, определяет степень влияния дорожных условий на бортовые автомобили и седельные тягачи, что дает возможность непосредственного сравнения между условиями эксплуатации, а также между модификацией подвижного состава.

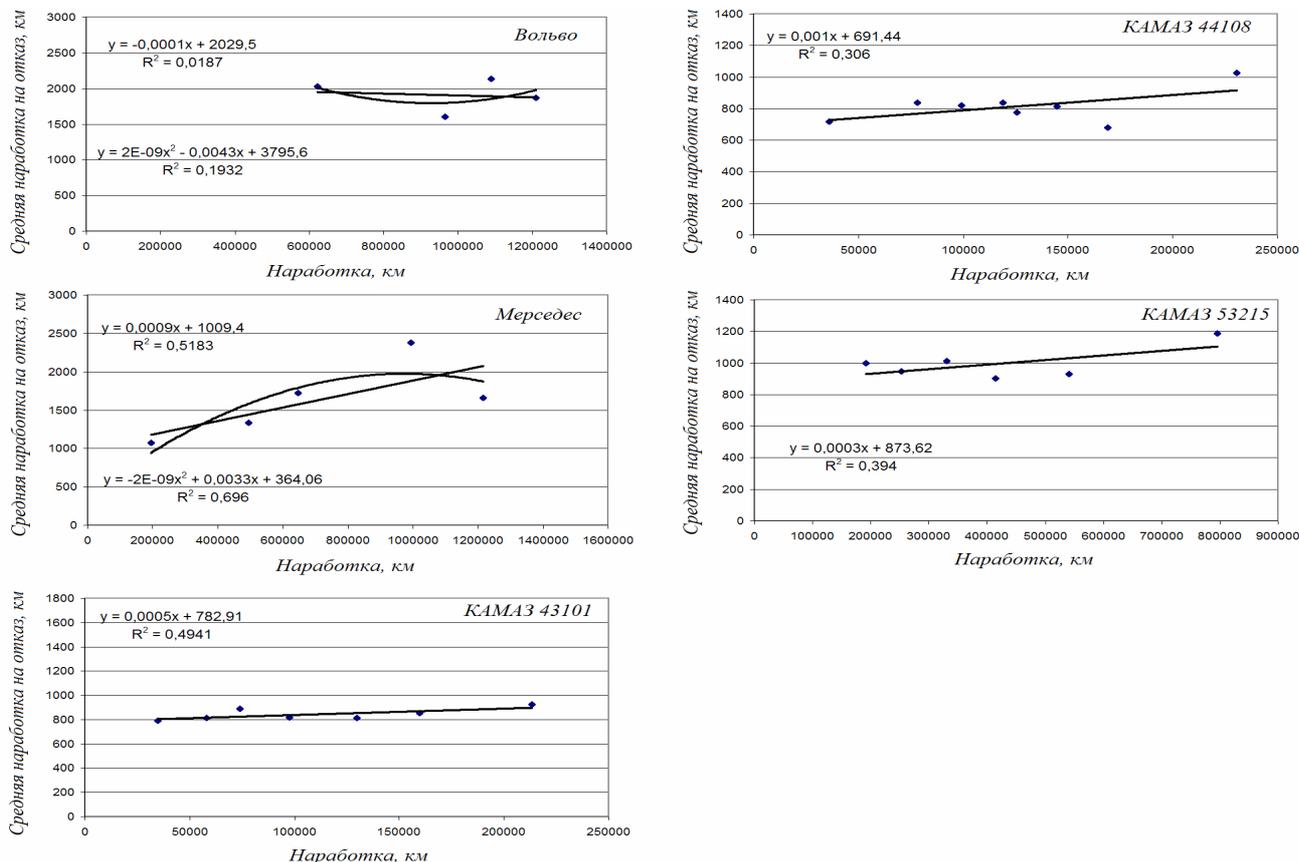


Рис. 3. Изменение наработки на отказ (км) в течение эксплуатации автомобилей по группам

По изменению наработки на отказ в большинстве случаев видно, что значение имеет некоторый стабильный уровень внутри групп. Исследование включает 4 года интенсивного использования автотранспорта, разделенного в группы по маркам с одинаковыми внутригрупповыми условиями эксплуатации. Подвижной состав имел большой пробег на начало, а также немалый пробег в течение исследования. Стабильность наработки на отказ с накоплением времени эксплуатации характеризует подвижной состав как состав с практически неизменяемым уровнем безотказности.

Анализ полученных данных показывает, что в течение рассмотренного периода эксплуатации лишь в группе Вольво F12 просматривается негативная тенденция изменения значения наработки на отказ в течение эксплуатации. В любом случае интенсивность изменения значения наработки на отказ в продолжительной эксплуатации очень мала: по линейной зависимости параметр упал с 1900 км до 1850 км пробега до следующего отказа системы. Однако стоит отметить, что данные имеют большой разброс, а значит, погрешность полученных результатов также высока. В подтверждение этого была подобрана квадратичная функция, тенденция которой обратная, а показатель, характеризующий достоверность результатов, выше чем в случае линейной зависимости.

Остальные группы автомобилей имеют положительное изменение значения наработки на отказ с течением эксплуатации. Например, в группе автомобилей Мерседес Актрос изучаемый параметр возрос с 1300 км до более чем 2000 км, что характеризует существенное

изменение технического состояния группы автомобилей. Причиной тому является выполнение текущих ремонтов с полной разборкой и качественной дефектовкой составных деталей в течение периода исследования. Заметно также, что с наработкой разброс показателя повышается. Применение квадратичной функции ведет к изменению тенденции в обратную сторону с небольшим повышением достоверности результатов.

Анализ среднего значения наработки на отказ в группах характеризует автомобили марок Вольво и Мерседес как наиболее надежные. Однако стоимость обслуживания и ремонта указанных групп по сравнению с автомобилями марки КАМАЗ несколько выше, т.к. влияют дефицит запасных частей, а также высокая сложность конструкций. Это способствует увеличению потерь времени.

В общем по КАМАЗ'ам, эксплуатируемым в тяжелых условиях, наработка на отказ имеет колебание своего значения между 800 км и 900 км до последующего отказа. Специфика условий функционирования данного подвижно состава ведет к ощутимому изменению интенсивности выхода из строя автомобилей, т.к. в случае КАМАЗ 53115 значение параметра составляет 1100 км, а это уже на 20 % больше, чем у ранее названных. Конкретно по группам исследуемых отечественных автомобилей видно, что разброс данных минимален с наработкой, а это определяет надежность техники на будущие периоды эксплуатации.

Таким образом, применяемые автомобили имеют отличительные особенности при эксплуатации. Иностранные грузовики обладают повышенным уровнем безотказности (в 1.5 – 2 раза по наработке на отказ). Однако стоимость восстановления работоспособного состояния на много выше отечественных. Это связано с дефицитом запасных частей, а также со сложностью выполнения соответствующих работ (суммарные затраты на проведение единичного ремонта в 1.5 – 2.5 раза больше по сравнению с отечественными автомобилями).

Наработка на отказ косвенно оценивает значение количества неисправностей в системах автомобиля. Особенно это касается вопроса скрытых неисправностей, описанных в данной статье. Для качественной оценки состояния подвижного состава необходимо следить за значением наработки на отказ, а особенно за тенденцией и интенсивностью его изменения. В рассмотренных в статье примерах показателей эксплуатации автомобилей применена стратегия улучшения состояния подвижного состава, следствием которой является положительное изменение значения наработки на отказ в процессе эксплуатации и ее исследования. Как было указано ранее, для ведения такой стратегии необходимы повышенные затраты на ведение технической эксплуатации автомобилей. Однако, данный подход имеет положительные результаты – техническое состояние автотранспорта в группах улучшается.

Список использованной литературы

1. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта / М-во автомоб. трансп. РСФСР. – М.: Транспорт, 1988. – 78 с.
2. Обеспечение надежности автотракторных двигателей / А.С. Денисов, А.Г. Кулаков. – Саратов: Саратов. гос. техн. Ун-т, 2007. – 422 с.
3. Корчагин В.А., Птицын Д.В. Расчет экономической эффективности внедрения новой техники на автотранспортных предприятиях. – К.: Техника, 1980. – 104 с.
4. Как повысить КТГ автопарка / В. Курганов, М. Грязнов // Мир транспорта. – 2011. – N 3. – С. 106 – 117.
5. О понятии «Надежность автомобиля» / С.А. Лаптев // Автомобильная промышленность. – 2000. – N 4. – С. 20 – 24.
6. Подходы к надежности транспортных систем / М. Грязнов // Мир транспорта. – 2010. – N 2. – С. 14 – 19
7. Проблемы современных методов испытаний автомобильной техники для оценки ее надежности / В.С. Устименко, А.П. Поскачей // Автомобильная промышленность. - 2008. – N 9. – С. 30 – 32.
8. Управление ресурсом городских автобусов в региональных условиях / И.Н. Аринин, А.Г. Кириллов, А.Н. Иголкин // Автотранспортное предприятие. – 2011. – N 2. – С. 32 – 35.
9. Скрытые неисправности как фактор старения автомобиля / М.Ю. Обшивалкин, Паули Н.В. // Проблемы и достижения автотранспортного комплекса: сборник материалов IX Всероссийской научно-технической конференции. Екатеринбург: УрФУ, - 2011, - С. 162 – 165.