

ГРУЗИНСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

Цверава Владимир Александрович

**РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ
ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ
(НА ПРИМЕРЕ ГРУЗИИ)**

Специальность: 05.22.10 - Эксплуатация автомобильного транспорта

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации, представленной на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Тбилиси
2006 г.

диссертационная работа выполнена в Грузинском техническом университете

Научный руководитель:

доктор технических наук,
профессор, **Абрамишвили Г.**

Официальные оппоненты:

доктор технических наук,
профессор, **Тедорадзе Р.** (05.22.10)

кандидат технических наук,
доцент, **Яшвили С.** (05.02.02)

Защита диссертации состоится „----“ „-----“ 2006 г. в „-----“ часов на заседании диссертационного совета Т 05.11. №11 при Грузинском техническом университете по адресу 0175, г.Тбилиси, ул. Костава 77, I корпус, аудитория 613.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Грузинского технического университета

Автореферат разослан „----“ ----- 2006 г.

Учёный секретарь диссертационного совета,
доктор технических наук, профессор

Гелашвили О. Г.

Общая характеристика работы

Актуальность работы. Эффективность функционирования пожарных автомобилей определяется не только их начальным качеством, но и текущим техническим состоянием агрегатов базового автомобиля и пожарного оборудования в процессе эксплуатации. Следовательно, система технического обслуживания пожарных автомобилей предназначена прежде всего для обеспечения их боевой готовности. Однако технические, экономические и социальные аспекты реализации этой задачи связаны с рядом трудностей, в основном обусловленных тем, что потребность в пожарных машинах и продолжительность их работы носят случайный характер. Вероятность того, что пожарный автомобиль находится на тушении пожара или учении, составляет $P_1=0,023$; на техническом обслуживании - $P_2=0,037$; в пожарной части - $P_3=0,94$.

Так как эксплуатация пожарных автомобилей имеет ряд особенностей, то проведение каких-либо мероприятий по изменению периодичности обслуживания транспортных автомобилей не всегда возможно распространять в системе технического обслуживания пожарных машин. В частности, при обслуживании пожарных автомобилей, в соответствии с принятой планово-предупредительной системой, обеспечивается достаточно высокий коэффициент их технической готовности, но вместе с тем периодичность их обслуживания в среднем в 2-раза меньше периодичности обслуживания базовых автомобилей, а трудоемкость намного выше.

При этом надо учесть, что в отличие от автомобилей, используемых в национальном хозяйстве, пробеги пожарных автомобилей определяются не только по спидометру, т.к. двигатель пожарного автомобиля работает не только при движении автомобиля (оперативно-транспортный режим), но и на насос при подаче огнетушащего вещества (стационарный режим). Кроме того, производится его запуск при смене караула. Следовательно, двигатель значительное время работает в качестве привода на насос или без нагрузки. Поэтому работа пожарного автомобиля оценивается пробегом в километрах пути по спидометру и приведенным пробегом - по работе двигателя в часах. Установлено, что износ двигателя при работе на насос в течение одного часа эквивалентен износам при 50 км пробега автомобиля с эксплуатационными температурными режимами. Следует отметить, что пробег по спидометру составляет всего около 40% из общего пробега пожарного автомобиля.

Необходимо также учесть, что работа трансмиссии пожарного автомобиля отличается от работы трансмиссии базового автомобиля. Это отличие состоит прежде всего в наличии дополнительной трансмиссии для привода к пожарному насосу. Использование дополнительной трансмиссии обуславливает особенности в нагрузочных и скоростных режимах. Вместе с тем, установлено, что в большинстве случаев вероятность безотказной работы, например, цилиндрических шестерен коробки передач и заднего моста пожарных автомобилей ниже вероятности исправной работы таких деталей, как гильзы цилиндров, коренные вкладыши и поршни, в связи с чем, агрегатами,

лимитирующими надежность и долговечность современных автомобилей часто являются агрегаты трансмиссии.

Исходя из вышеуказанного, на сегодня актуальной проблемой можно считать проведение исследований по совершенствованию системы технического обслуживания трансмиссии пожарных автомобилей.

Целью работы является разработка методов усовершенствования системы технического обслуживания агрегатов трансмиссии пожарных автомобилей.

Для реализации поставленной цели в работе были решены следующие

Основные задачи:

- анализ особенностей конструкции и эксплуатации агрегатов трансмиссии пожарных автомобилей;
- разработка общей методики исследований для оптимизирования системы технического обслуживания агрегатов трансмиссии пожарных автомобилей;
- разработка методики аналитического определения оптимального количества технических обслуживаний пожарных автомобилей ;
- проведение исследований для оптимизирования периодичности замены масла в агрегатах трансмиссии пожарных автомобилей;
- оценка эффективности реализации научных результатов исследований.

Объект исследования – система технического обслуживания - пробеги, трансмиссионные масла и сроки их замены в агрегатах трансмиссии пожарных автомобилей.

Научная новизна работы:

- получена аналитическая зависимость, основанная на установление закона изменения пробега пожарных автомобилей в течение года, что дает возможность определения оптимального количества технических обслуживаний данных автомобилей в гарнизоне пожарной охраны.
- усовершенствована методика по установлению оптимальной периодичности замены масел в агрегатах трансмиссии пожарных автомобилей, основанное на определение критических значений суммарных критериев - удельной нагрузки заедания и интенсивности изнашивания для отработавших масел, оценивающих реальный ресурс работоспособности последних.
- разработана новая методика по оптимизированию периодичности замены трансмиссионных масел, основанное на определении по 2-х часовой методике на четырехшариковой машине трения (ЧШМ) критических суммарных критериев - удельной нагрузки заедания и интенсивности изнашивания для свежих масел, что дает возможность прогнозирования оптимальных сроков замены нештатных масел по сравнению со штатными маслами в агрегатах трансмиссии пожарных автомобилей соответствующих марок, без проведения их эксплуатационных испытаний.

Апробация работы. Материалы диссертации доложены на научных семинарах кафедры „Автомобильного транспорта“ Грузинского технического университета (Тбилиси, 2002-2003 гг.); республиканской научно-технической конференции „Пути повышения эффективности автомобильного транспорта“

(Тбилиси, 1997); на международной научно-технической конференции Грузинского автомобильно-дорожного института (Тбилиси, 2005).

Публикации. Материалы диссертации опубликованы в пяти научных трудах.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, основных выводов и списка 119 использованной литературы. Содержит 135 страниц текста, в том числе 81 рисунков и 28 таблиц.

Краткое содержание работы

Во введении обоснована актуальность темы и кратко изложена суть диссертации.

В первой главе изложены и проанализированы особенности эксплуатации и конструкций агрегатов трансмиссии пожарных автомобилей.

Первой важной особенностью эксплуатации пожарных автомобилей является то, что они должны характеризоваться высокой боевой готовностью и достаточно большой вероятностью выполнения задачи по тушению пожаров в минимальное время.

В соответствии с проведенными исследованиями можно утверждать, что 60-70% всех вызовов пожарных автомобилей в гарнизонах составляют вызовы по одному разу в сутки, из чего следует, что потребность в пожарных автомобилях носит случайный характер.

Как известно, до 40-50% всех пожаров ликвидируется в течение 30 минут, а до 60-70% - в течение часа. Следовательно, особенностью использования пожарных автомобилей является также то, что продолжительность их работы также носит случайный характер.

При эксплуатации пожарных автомобилей происходит постепенное изменение технического состояния узлов, агрегатов и механизмов. В результате износа увеличиваются зазоры в сопряжениях деталей. При работе механизмов изменяются физико-химические свойства смазочных материалов, в них накапливаются различные примеси. Вследствие ухудшения технического состояния пожарных автомобилей снижаются их эксплуатационные качества и появляются отказы в работе узлов и механизмов.

Опыт эксплуатации и проведенные исследования дают основания утверждать, что на современных автомобилях во многих случаях агрегаты трансмиссии менее надежны и долговечны, чем детали двигателей. В связи с этим, в данной работе основное внимание было уделено трансмиссии пожарных автомобилей.

Как известно, нагрузочные режимы основных трансмиссий автомобилей зависят от дорожных условий, режимов движения, загрузки кузова и т.п. Нагрузочные режимы агрегатов основных трансмиссий и дополнительных трансмиссий пожарных автомобилей определяются тактическим назначением автомобилей, количеством вызовов, их интенсивностью, расстоянием водоисточников до места тушения, типом используемых водоисточников (цистерна, водоем, гидрант) и т.д.

Анализ режимов работы трансмиссий пожарных автомобилей позволяет утверждать, что дополнительная трансмиссия работает кратковременно, с пониженными скоростными и нагрузочными режимами.

Необходимо специально указать на то, что при планово-предупредительной системе технического обслуживания периодичность обслуживания трансмиссии пожарных автомобилей 2-2,5 раза меньше периодичности обслуживания транспортных автомобилей. Можно предположить, что износы рабочих поверхностей деталей агрегатов

трансмиссии пожарных автомобилей будут меньше, чем у транспортного автомобиля.

Проблемы повышения надежности и долговечности трущихся деталей пожарного автомобиля находятся в очень тесной связи с проблемой рационального подбора и применения смазочных материалов.

анализ условий работы трансмиссионных масел и изменения их смазочной способности показывает, что с увеличением продолжительности работы, работоспособность масел постепенно снижается до критического уровня, определяющего необходимость замены масел.

В общем случае можно сказать, что срок службы масла определяется интенсивностью изменения его свойств в процессе работы и допустимой величиной этих изменений, а также уровнем загрязнения масла различными примесями.

Поэтому становится важным определить состав и количество механических примесей в работающих маслах. Кроме того, представляет интерес установление насколько интенсивно изменяются противоизносные свойства масел. Это позволит определить обоснованные критерии по работоспособности масел в механизмах трансмиссии пожарных автомобилей.

На практике в отрядах (частях) технической службы чаще всего замену масла в агрегатах трансмиссии пожарного автомобиля проводят при их сезонном обслуживании или руководствуются рекомендациями завода-изготовителя базового шасси. При этом, заводские рекомендации по периодичности смены масел в трансмиссии пожарного автомобиля практически остаются без изменения в течение длительного периода, несмотря на произошедшие изменения конструкций узлов трения, качества смазочных материалов и не учитывают особенности конструкции агрегатов, режимы работы, условия эксплуатации и многие другие факторы.

Исходя из вышеуказанного, актуальным является проведение исследований для определения оптимальных количества технических обслуживаний пожарных автомобилей в гарнизоне и периодичности замены масел в агрегатах их трансмиссии.

Во второй главе рассмотрены методы и объекты исследования, в том числе разработанная в диссертации общая методика исследования.

Для совершенствования системы технического обслуживания пожарных автомобилей необходимо проведение специальных исследовательских работ. Обычно их сложность состоит в том, что решение того или иного вопроса требует проведения исследований в различных направлениях.

Прежде всего необходимо изучить закономерности формирования величин годовых пробегов пожарных автомобилей, что позволит правильно планировать количество технических обслуживаний на предстоящий год, рассчитать производственную программу для частей технической службы, а также обосновать их финансовые расходы.

При исследованиях режимов работы агрегатов пожарных автомобилей, изменение физико-химических и функциональных свойств масла и обоснование периодичности их замены в агрегатах трансмиссии ранее не

изучалось. В тоже время вопросы рационального использования и повышения качества топлив и смазочных материалов в национальном хозяйстве страны приобретают в настоящее время все большее значение.

Определение количества пожарных автомобилей, требующих обслуживания в течение года в гарнизонах возможно только при обосновании периодичности выполнения работ. Возможность такого обоснования в работе осуществлена на примере оценки периодичности замены масла в агрегатах трансмиссии пожарных автомобилей.

Для обоснования предпосылок исследования необходимо организовать опытную эксплуатацию пожарных автомобилей и лабораторные испытания отбираемых проб масел. Определение факторов, обуславливающих сроки службы масел и установление динамики изменения их свойств, позволит обосновать рациональные сроки замены масел.

Заключительной стадией исследования является экономический анализ предлагаемых сроков замены масла в агрегатах трансмиссии пожарных автомобилей.

Исходя из указанного, разработана общая методика исследований, представленная на рис.1.

Как известно, основными функциями трансмиссионного масла является снижение износа, предотвращение заедания и питтинга рабочих поверхностей смазываемых деталей.

Практика испытаний смазочных материалов показала, что моделирование условий, существующих в высоконагруженных узлах трения трансмиссии автомобилей, легко осуществляется на четырехшариковых машинах трения. Результаты испытаний на этих машинах отличаются высокой воспроизводимостью. Использование стандартных шаров позволяет просто реализовывать как скольжение, так и качение при высоких начальных контактных напряжениях.

Следовательно, для исследования смазывающих свойств свежих и отработавших в агрегатах трансмиссии пожарных автомобилей масел была использована четырехшариковая машина трения (ЧШМ). Определялись: диаметр пятна износа шариков - $d_{и}$; критическая нагрузки заедания - P_k и сваривания - P_c . Использовались стандартные шарики диаметром 12,7 мм из стали ШХ-15.

Диаметр пятна износа измерялся при помощи микроскопа МБС-2. Показатели $d_{и}$, P_k и P_c определялись по 10-секундной стандартной методике (ГОСТ 9490-75, Россия) и методике двухчасовых испытаний на ЧШМ, которая отличается высокой воспроизводимостью и информативностью результатов. Отклонение результатов параллельных испытаний относительно среднего диаметра пятна износа шариков не превышает $\square 2,5\%$.

Общая погрешность нагрузочного устройства ЧШМ не превышала 1,5%.

Сроки службы (работоспособность) масел определяли по критериям – интенсивность изнашивания \square_j (мкм/тыс.км) и удельная нагрузка \square_k (Н).

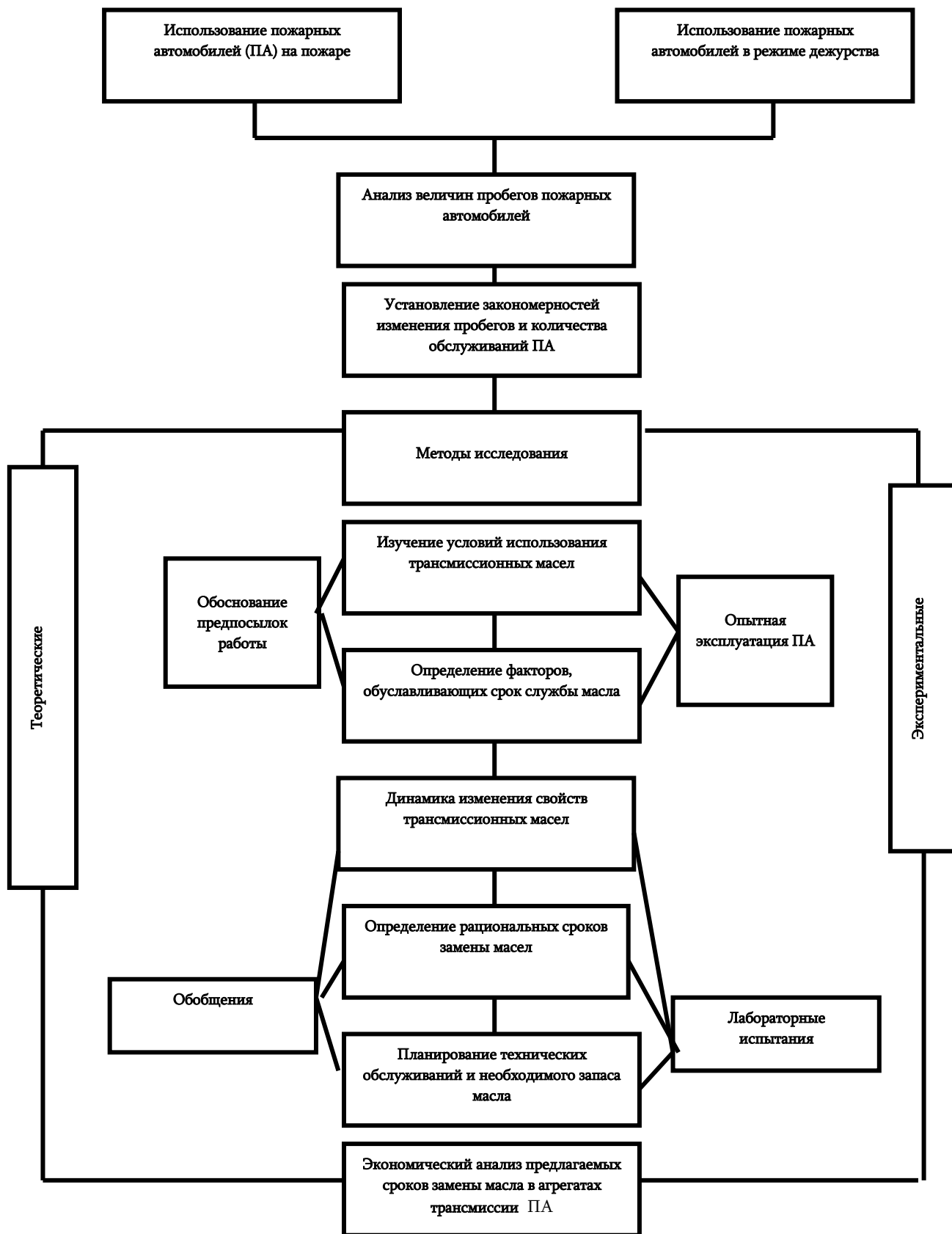


Рис.1. Общая методика исследования для оптимизирования системы технического обслуживания трансмиссии пожарных автомобилей

В качестве объектов испытания использовались штатные стандартные автомобильные трансмиссионные масла ТАп-15В, ТСп-15К, ТАД-17и (Россия), Castrol EP 90 (ФРГ) и разработанные в Грузинском техническом университете опытные моторно-трансмиссионные масла “Колхида-1”и “М-10Г(Т)”.

Износ деталей агрегатов трансмиссии пожарных автомобилей оценивали по двум методам – с помощью спектрального анализа определяли продукты износа деталей трансмиссии в виде содержания железа в масле, а комплексный износ узлов и механизмов трансмиссии определялся измерением суммарного углового люфта. Замер последнего осуществлялся при помощи углового люфтометра КИ-4832.

Спектральный анализ проб трансмиссионного масла производился на установке МФС-3 в ГОСНИТИ (Россия) в соответствии с разработанной ими инструкцией. Предельная ошибка результатов измерения составляла не более 7%.

В данном случае объектами испытания были выбраны базовые автомобили пожарных машин: ЗИЛ-130, КамАЗ-53213, Магirus Доиц-FM232D-17FA и др.

В третьей главе разработаны аналитические метод определения оптимального количества технических обслуживаний пожарных автомобилей и метод определения изменения концентрации механических примесей в масле в картере агрегата трансмиссии автомобиля при отборе проб отработавшего и добавке свежего масла в процессе экспериментов.

Одним из методов, направленных на повышение эксплуатационной надежности и снижение затрат на техническое обслуживание, является планирование технического обслуживания пожарных автомобилей. Однако, планировать пробег пожарных автомобилей, как было сказано выше, практически невозможно, так как потребность в их использовании возникает случайно. Продолжительность использования при каждом вызове также носит случайный характер.

Следовательно, стало необходимой разработкой метода определения количества технических обслуживаний пожарных автомобилей в гарнизоне.

Для реализации этой задачи в первую очередь надо установить законы изменения величин пробега пожарных автомобилей в гарнизонах в течение года.

Согласно нашим исследованиям, величины годовых пробегов пожарных автомобилей подчиняются нормальному закону распределения (рис. 2). Из особенностей случайных величин, имеющих нормальное распределение, следует, что 68,26% значений пробега пожарных автомобилей заключено в интервале $L_{cp} \pm \sigma$; 95,45% - в интервале $L_{cp} \pm 2\sigma$; 99,7% - в интервале $L_{cp} \pm 3\sigma$, где L_{cp} - средний пробег пожарных автомобилей, а σ - среднее квадратичное отклонение. Из рассмотрения рис.2 следует также, что каждая из полос σ характеризует определенное количество пожарных автомобилей с пробегом L_i :

- 1 – полоса $\pm \sigma$ 34,13%
- 2 – полоса $\pm \sigma$ 13,59%
- 3 – полоса $\pm \sigma$ 2,14%

Для определения количества обслуживаний достаточно наложить на ось абсцисс величину периодичности обслуживания T , как показано на рис.2. По значениям σ ; 2σ ; 3σ легко определить количество обслуживаний $N_{\text{обсл}}$.

Предположим, что $L/T \leq 1$, т.е. величина пробегов пожарных автомобилей равна или меньше периодичности обслуживания. В этом случае эксплуатируемые пожарные автомобили не потребуют обслуживания. При $L/T=2$, как это следует из рис.2, количество обслуживаний пожарных автомобилей равно $N_{\text{обсл}} = 0,5N_{\text{па}}$.

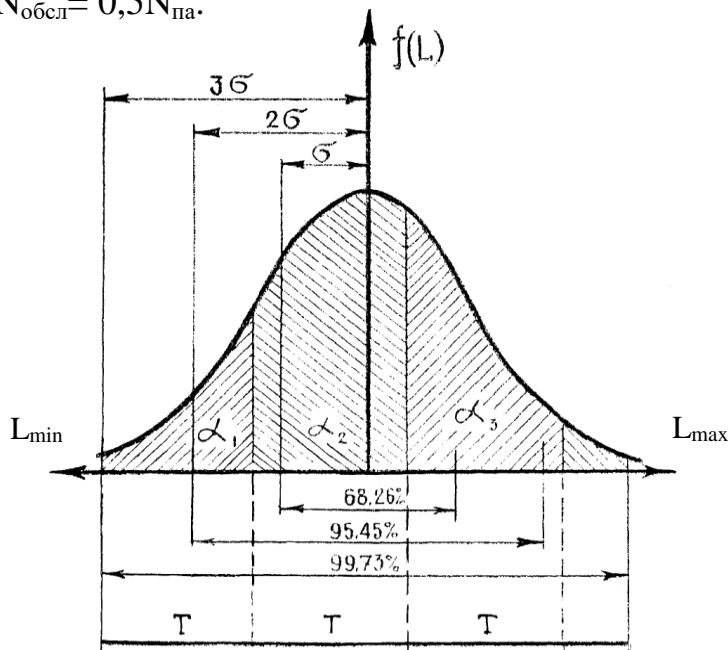


Рис.2. Кривая нормального распределения - зависимость от случайной величины L (пробега пожарного автомобиля) вероятности $f(L)$

Постоянная величина 0,5 устанавливается как сумма $\sum_{i=1}^3 \sigma_i$, приходящаяся на величину L . Легко установить, что при $L/T=2$, для первых трех полос накопленная частота равна $0,3413+0,1359+0,0214 \approx 0,5$.

Изменяя L/T , можно для любых заданных их значения найти постоянную величину K в формуле:

$$N_{\text{обсл}} = K \cdot N_{\text{па}}, \quad (1)$$

где $N_{\text{обсл}}$ - количество обслуживаний; K - постоянная; $N_{\text{па}}$ - количество пожарных автомобилей в гарнизоне.

Из рассмотренного следует, что $K=f(L/T)$, и эту зависимость можно представить в виде прямой линии показанной на рис. 3.

Из рис. 3 (прямая 1) находим, что

$$K = 0,5(L/T - 1). \quad (2)$$

Тогда

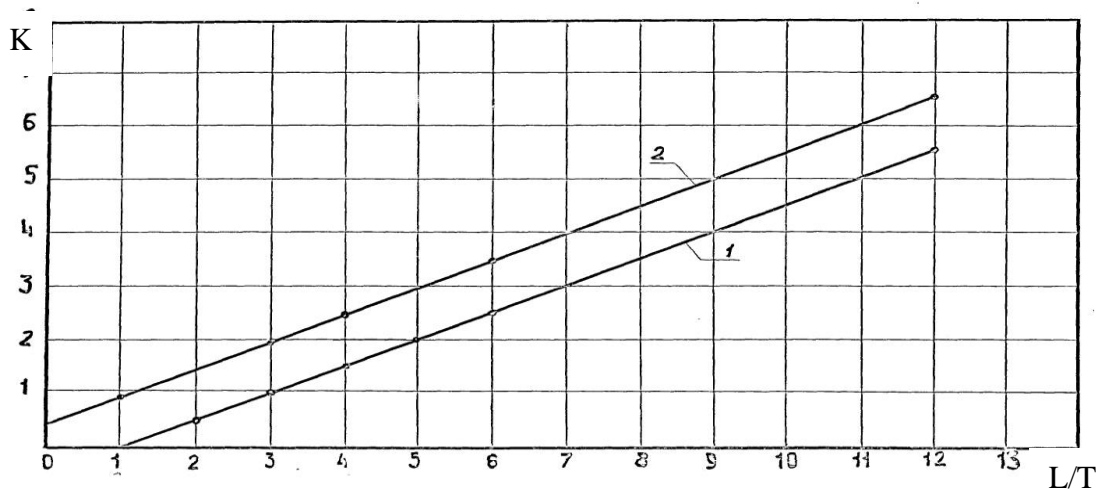


рис. 3 График значений постоянной „K“ в зависимости от соотношения L/T

$$N_{\text{обсл}} = 0,5(L/T - 1)N_{\text{па}} \quad (3)$$

В рассматриваемом методе предполагается, что годовые суммарные пробеги пожарных автомобилей в течение ряда лет существенно не отличаются. Если же установлена тенденция их увеличения (или уменьшения), то это можно учитывать коэффициентом $\square\square$. Так, если в течение 2-3 лет годовые пробеги пожарных автомобилей увеличились на 10-15%, т.е. $\square\square = 1,1 \square 1,15$, тогда

$$N_{\text{обсл}} = 0,5\square\square(L/T - 1)N_{\text{па}} \quad (4)$$

Предлагаемая формула позволяет определить количество обслуживаний в том случае, когда минимальный пробег (L_{min}) пожарных автомобилей изменяется от 0 до T ($0 \leq L_{\text{min}} \leq T$). В тех случаях, когда минимальный пробег пожарных автомобилей больше периодичности их обслуживания $L_{\text{min}} \leq T$, целесообразно применить следующий прием. С начала необходимо определить количество обслуживаний всех пожарных автомобилей, имеющих какой-то пробег L_{min} (рис. 4)

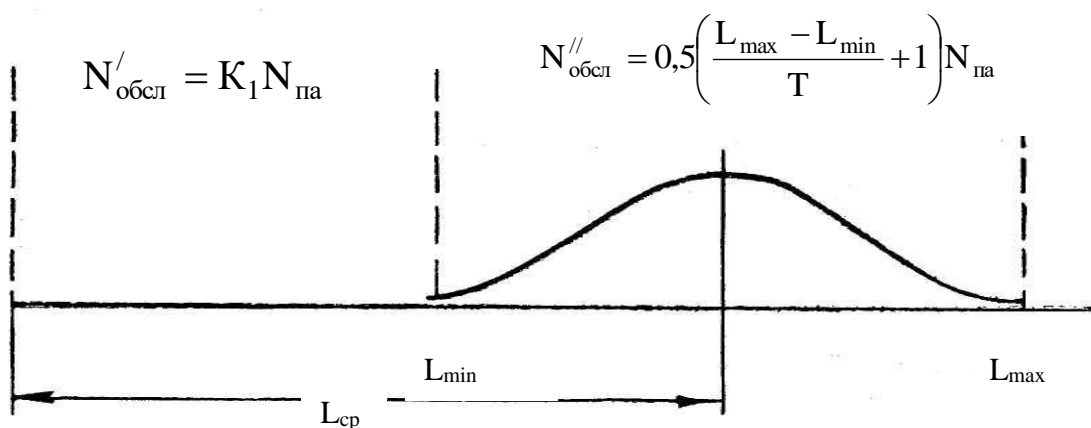


Рис. 4. Определение количества обслуживаний при $L_{min} > T$

$$N'_{обсл.} = K_1 \cdot N_{па} \quad \text{или} \quad N'_{обсл.} = \frac{L_{min}}{T} \cdot N_{па} \quad (5)$$

Количество обслуживаний пожарных автомобилей с пробегом больше L_{min} определяется по формуле:

$$N''_{обсл.} = K_2 \cdot N_{па} \quad , \quad (6)$$

где K_2 – постоянная.

Постоянная K_2 является функцией

$$K_2 = f' \left(\frac{L_{max} - L_{min}}{T} \right) . \quad (7)$$

Проведя аналогичные рассуждения, как и в случае, когда $L_{min}=0$, зависимость (7) логично представить как показано на рис 3 (прямая 2) и описать уравнением

$$K_2 = 0,5 \left(\frac{L_{max} - L_{min}}{T} + 1 \right) . \quad (8)$$

Общее количество обслуживаний в гарнизоне пожарной охраны будет равно

$$N_{обсл.} = N'_{обсл.} + N''_{обсл.} . \quad (9)$$

Тогда, согласно уравнениям (5), (6) и (7):

$$N_{обсл.} = \alpha \left[\frac{L_{min}}{T} + 0,5 \left(\frac{L_{max} - L_{min}}{T} + 1 \right) \right] \cdot N_{па} \quad ,$$

или после преобразования

$$N_{обсл.} = 0,5\alpha \left(\frac{L_{max} - L_{min}}{T} + 1 \right) \cdot N_{па} . \quad (10)$$

Количество пожарных автомобилей на шасси ЗИЛ-130, находящихся под наблюдением, составляло в Тбилиси 11, а в регионах - 69. При этом относительная погрешность данных по пробегам менялась в пределах 5-22%. Зная минимальное и максимальное значение пробегов автомобилей и периодичность обслуживания, можно легко определить количество необходимых видов обслуживания.

До настоящего времени при расчете этой программы руководствовались положением о том, что каждому пожарному автомобилю в году необходимо провести одно ТО-2. Такой способ проведения технического обслуживания согласно нашим расчетам, проведенным по разработанной методике не

отражает реальной потребности пожарных автомобилей в техническом обслуживании, что видно из табл. 1.

Таблица 1

Определение количества ТО-2 в году для гарнизонов пожарной охраны

Наименование гарнизона пожарной охраны	Количество пожарных автомобилей в гарнизоне	Количество ТО-2, определяемое согласно положению	Количество ТО-2, вычисленное по предлагаемому методу
Киевский	62	62	160
Санкт-Петербургский	100	100	277
Тбилисский	11	11	32
Регионы Грузии	69	69	40

По данным табл. 1, между производственными программами, определяемыми по двум различным способам, имеются существенные различия. Исходя из вышеуказанного, при расчете производственной программы отряда (части) технической службы предлагаемый метод дает более точные значения объема работ по обслуживанию пожарных автомобилей.

Надо учесть, что обоснованное уменьшение количества технических обслуживаний обеспечит экономию средств, а необоснованное его уменьшение, приведет к увеличению вероятности возникновения отказов механизмов и систем пожарных автомобилей при следовании на пожар и его тушении.

Разработанный метод определения количества технических обслуживаний пожарных автомобилей можно рекомендовать для всех транспортных средств, которые используются не систематически и большей частью случайно. К ним относятся автомобили скорой медицинской помощи, аварийные машины по обслуживанию водопроводных, газовых, электрических и т.п. систем и другие автомобили коммунального хозяйства.

При исследовании продолжительности работы масла в агрегатах трансмиссии пожарных автомобилей необходимо принимать во внимание освежающее действие порций, периодически доливаемых для компенсации количества масла, израсходованного на анализы, утечки, испарения и т. д.

Согласно известной работе, количество оставшегося от первоначального количества, масла, зависит от емкости картера и от расхода масла на анализы, утечки, испарения. При значительном увеличении числа доливок, первоначально залитое масло может быть полностью заменено на свежее, вновь доливаемое масло.

При этом известно, что по мере работы пожарных автомобилей в результате изнашивания рабочих поверхностей деталей в трансмиссионном масле непрерывно накапливаются продукты износа. Кроме того, из внешней среды в него поступают абразивные частицы. Однако в указанной выше работе не учитывается изменение концентрации механических примесей в масле при

отборе проб масла и доливке свежего масла. Этот вопрос имеет важное значение для правильной оценки количества механических примесей в маслах при использовании спектрального анализа.

Как показывают исследования, концентрация механических примесей в масле является функцией продолжительности t его работы в трансмиссии автомобиля:

$$Y = kt, \quad (11)$$

где K - коэффициент пропорциональности.

При отборе проб масла некоторое количество механических примесей удаляется вместе с отобраным маслом. В то же время за счет доливок свежего масла концентрация механических примесей в первоначальном объеме масла уменьшается, как это следует из рис. 5.

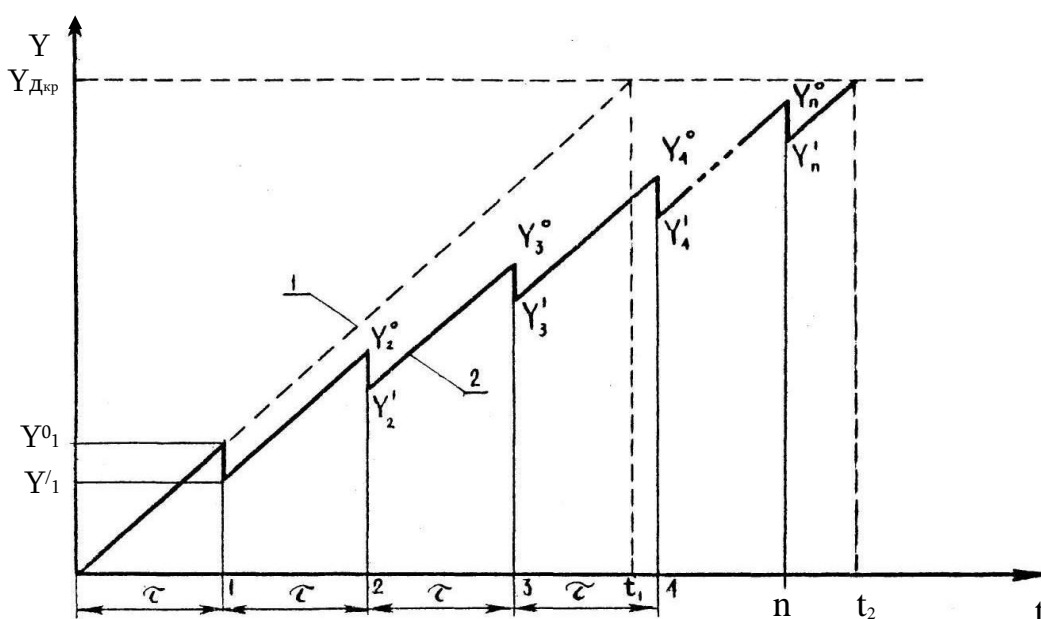


Рис.5. Изменение концентрации \square механических примесей в масле в агрегате трансмиссии пожарного автомобиля в зависимости от продолжительности работы масла t :

1- пробы масла не отбирались; 2- с учетом отбора проб масла

На рассматриваемом рисунке Y_1^0, \dots, Y_n^0 - обозначают концентрации механических примесей в масле до отбора проб; Y_1^1, \dots, Y_n^1 - то же, после их отбора. Обозначим $Y_{кр}$ допустимую концентрацию механических примесей.

После первого отбора пробы масла из картера механизма можно записать:

$$Y_1^1 = \frac{M_0 - M_1}{\rho_r \cdot V_0}, \quad (12)$$

где M_0 - масса механических частиц до отбора пробы масла;

M_1 - масса механических частиц отобранных вместе с пробой масла;

ρ_r - плотность механических частиц в масле;

V_0 - начальный объем масла в агрегате трансмиссии.

Масса механических частиц, отобранных вместе с пробой масла равна:

$$M_1 = Y'_0 \cdot V_n \cdot \rho_r, \quad (13)$$

где Y'_0 - концентрация механических примесей к моменту первого отбора пробы масла;

V_n - объем отобранной пробы масла.

Тогда

$$Y'_1 = \frac{M_0 - Y'_0 V_n \cdot \rho_r}{\rho_r V_0} = \left(\frac{M_0}{\rho_r \cdot V_0} - \frac{V_n}{V_0} Y'_0 \right), \quad (14)$$

здесь $\frac{M_0}{\rho_r \cdot V_0} = Y'_0$, т.е. эта концентрация механических примесей к моменту первого отбора пробы масла.

Следовательно,

$$Y'_1 = Y'_0 \left(1 - \frac{V_n}{V_0} \right), \quad (15)$$

Тогда, с учетом уравнения (11)

$$Y'_1 = K\tau \left(1 - \frac{V_n}{V_0} \right), \quad (16)$$

где τ - продолжительность работы масла в агрегате трансмиссии между отборами проб масла.

Следовательно, после n-го отбора пробы масла концентрация механических примесей будет равной:

$$Y'_n = K\tau \left(n - \frac{V_n}{V_0} \right) \cdot \left(n-1 - \frac{V_n}{V_0} \right) \dots \left(1 - \frac{V_n}{V_0} \right). \quad (17)$$

На основании ряда работ можно утверждать, что в заданных условиях эксплуатации скорость нарастания механических примесей в масле можно считать постоянной, т.е. коэффициент пропорциональности

$$K_1 = K_2 = K_3 = \dots = K_n = K \quad (18)$$

Для общего случая

$$K_n = \frac{Y_n^0 - Y_{n-1}^0 \left(1 - \frac{V_n}{V_0} \right)}{\tau} \quad (19)$$

Таким образом, по формуле (17) можно описать изменение концентрации механических примесей в масле в картере агрегата трансмиссии автомобиля, с учетом отбора проб масла.

В четвертой главе приведены результаты исследований и разработанный оригинальный метод по оптимизированию периодичности замены масел в агрегатах трансмиссии пожарных автомобилей, а также оценка эффективности реализации научных результатов, полученных в данной работе.

Как известно, осуществление оптимизации периодичности замены масел в агрегатах автомобилей возможно как определением реального срока службы (ресурса) штатных масел, так и улучшением качества последних (путем добавления присадок) и подбором более качественных образцов масел.

В Грузии в эксплуатации находится около 150 пожарных автомобилей на шасси автомобилей ЗИЛ-130, ЗИЛ-131, КамАЗ-53213, Магирус-Доич FM-232D17FA, Мерседес-Бенц-LA 322 и др. Основную часть (44%) из них, в том числе в г. Тбилиси (37%), составляют машины на шасси автомобиля ЗИЛ-130. С целью оптимизации периодичности замены штатных трансмиссионных масел и подбора их более перспективных вариантов для пожарных автомобилей, эксплуатируемых в Грузии, были использованы результаты опытной эксплуатации штатных трансмиссионных масел в соответствующих агрегатах пожарных автомобилей на шасси автомобилей ЗИЛ-130 и КамАЗ-53213, проведенной в городе Москва (из-за отсутствия соответствующей возможности в нашей стране).

Целесообразность использования смазочных материалов в агрегатах трансмиссии пожарных автомобилей должна устанавливаться исходя не только из начальных свойств масел, но и из анализа того, как изменяются в процессе эксплуатации их свойства - способность противостоять износу рабочих поверхностей деталей и предотвращать заедание поверхностей трения. Для исследования изменения этих свойств после определенных пробегов отбирались пробы штатных масел ТАп-15В и ТСП-15К из коробки передач и заднего моста пожарных автомобилей на шасси ЗИЛ-130 и КамАЗ-53213. В процессе испытания масло в агрегатах не менялось.

Определялись диаметр пятна износа $d_{и}$, критической нагрузки заедания $P_{к}$ и сваривания $P_{с}$ по ГОСТ 9490-75 (Россия).

На примере показателя $P_{к}$ была проведена серия специальных опытов (10) на неработавших маслах ТАп-15В и ТСП-15К для определения воспроизводимости опытов, в частности относительной точности

$$\psi = \frac{\Delta}{P_{к}} \cdot 100\% .$$
 Установлено, что предельная ошибка выборки не превышает

2,2% при проведении 10 опытов. Отмеченная закономерность относится и к таким показателям смазывающих свойств масел, как $d_{и}$ и $P_{с}$.

По показателям $d_{и}$, $P_{к}$ и $P_{с}$ были определены критерий работоспособности трансмиссионного масла - интенсивность изнашивания ΔJ (мкм/тыс.км) и удельная нагрузка заедания $\sigma_{к}$ (Н). Последние определяются по известным формулам:

$$\Delta J = 1,00405 - 0,00018 P_{с} - 0,0000 P_{к} - 0,55114 d_{и} + 0,54271 d_{и}^2; \quad (20)$$

$$\sigma_{к} = 0,667 (P_{к} + P_{с}). \quad (21)$$

Для сравнения результатов испытания проб масел, отработавших различные сроки, со свежими маслами (табл.2) было проверено, являются ли полученные ряды значений σ_k или ΔJ выборками из одной генеральной совокупности, оценка чего осуществлена путем сравнения средних двух выборок, используя критерий t Стьюдента.

Таблица 2

**Смазывающие свойства и работоспособность масла ТАп-15В,
отработавшего в редукторах задних мостов пожарных автомобилей на
шасси ЗИЛ-130**

№ п/п	Пробег L, км	Смазывающие свойства по ГОСТ 9490-75 (Россия)			Работоспособность	
		d _и , мм	P _к , Н	P _с , Н	σ_k , МПа	ΔJ , мкм/тыс.км
1	2	3	4	5	6	7
0	0	0,6	750	3000	2500	0,306
1	4514	0,6	750	3000	2500	0,306
2	6460	0,6	750	3000	2500	0,306
3	7071	0,6	750	3000	2500	0,306
4	14 485	0,6	750	3000	2500	0,306
5	15 218	0,6	750	3000	2500	0,306
6	15 421	0,61	710	3000	2475	0,308
7	19 781	0,61	710	3000	2475	0,308
8	19 884	0,61	710	3000	2475	0,308
9	21 936	0,61	710	3000	2475	0,308
10	25 832	0,62	710	2820	2355	0,342
11	25 908	0,62	670	2820	2330	0,343
12	26 957	0,62	670	2820	2330	0,343
13	30 051	0,63	670	2820	2330	0,345
14	31 890	0,63	670	2820	2330	0,345
15	32 160	0,63	650	2820	2315	0,345
16	35 452	0,64	650	2820	2315	0,347
17	36 919	0,64	650	2700	2235	0,368
18	37 501	0,65	650	2700	2235	0,370
19	43 244	0,66	620	2700	2215	0,372
20	45 421	0,66	620	2700	2215	0,372
21	46 029	0,67	620	2700	2215	0,374
22	55 782	0,68	620	2700	2215	0,376
23	56 685	0,68	620	2700	2215	0,376
24	56 426	0,69	620	2700	2215	0,378
25	62 873	0,70	500	2600	2070	0,401
26	64 622	0,72	460	2550	2010	0,416
27	65 237	0,75	460	2500	1975	0,432

Установлено, что значения критериев σ_k и ΔJ для отработавшего масла до пробега $L = 40$ тыс.км и свежего масла ТАп-15В различаются несущественно, так как во всех случаях найденные значения вероятности P больше 0,05. При пробеге от 55 до 65 тыс.км разница становится существенной. Начиная с пробега около 63 тыс.км удельная нагрузка заедания σ_k отработавшего масла (около 2035 Н) стала меньше величин того же критерия, (2100-2500 Н), соответствующей группе масел ТМ-3 по напряженности (табл.3), в связи с чем, согласно известной методике, масло подлежит смене. Это заключение подтверждается и тем, что при данном пробеге для отработавшего масла величина интенсивности заедания ΔJ по сравнению со свежим маслом повышается более чем на 25%, а значение вязкости – свыше 30%. Указанное касается и масла ТСп-15К.

Таблица 3

Группы масел по напряженности

Группы масел по напряженности	Удельная нагрузка заедания шестерен, МПа	Вид зубчатой передачи, в которой может работать масло
ТМ1	До 1800	Цилиндрические
ТМ2	1800-2100	То же
ТМ3	2100-2500	Спирально-конические
ТМ4	2800-3000	Гипоидные
ТМ5	Более 3000	Все виды передачи

Вместе с тем, на основе анализа результатов исследования влияния продолжительности испытания масел на ЧШМ (от 10 до 10800 с) на износ шариков при осевых нагрузках в диапазоне 320-3550 Н, установлено, что уровень смазывающих свойств трансмиссионных масел в основном проявляется уже за первые 2ч работы в узле трения данной машины.

Следовательно, сопоставление величин критериев работоспособности σ_k и ΔJ трансмиссионных масел, определенного для свежих и подлежащих смене отработавших в агрегатах трансмиссии пожарных автомобилей штатных масел ТАп-15В и ТСп-15К, по результатам их испытания на ЧШМ при продолжительности опытов 2ч (на каждой осевой нагрузке), показало качественную и количественную корреляцию между ними (табл. 3 и 4).

Как видно из табл. 4, после пробега около 60-65 и 50-57 тыс. км, соответственно, в коробках передач и редукторах задних мостов пожарных автомобилей на шасси ЗИЛ-130 и КамАЗ-53213 ресурс работоспособности масел ТАп-15В и ТСп-15К значительно снижается и по величине удельной нагрузки заедания σ_k эти масла переходят из группы по напряженности ТМ-3 в более низкую группу ТМ-2, что указывает о необходимости их замены. То же самое происходит с этими маслами за 2 часа их работы (на каждой нагрузке по ГОСТ 9490-75) в узле трения ЧШМ. Следовательно, по величине σ_k , определенной по результатам испытания свежих трансмиссионных масел на ЧШМ по 2-х часовой методике, можно прогнозировать оптимальные сроки

замены перспективных масел по сравнению со штатным маслом в агрегатах трансмиссии соответствующих пожарных автомобилей (без проведения длительных и дорогостоящих эксплуатационных испытаний). В частности, по результатам 2-х часовых испытаний масел на ЧШМ, из всех исследуемых масел только опытные трансмиссионное масло “Колхида” и моторно-трансмиссионные “Колхида-1” и “М-10Г(Т)” остались в своей же группе по напряженности ТМ-3, сохранив ресурсы работоспособности более высокие по сравнению с маслом ТАп-15В, соответственно, на 26; 30; 27% и по сравнению с маслом ТСП-15К – на 23; 27; 24%.

Таблица 4

Сопоставление значений критерия работоспособности \square_k для свежих масел и подлежащих смене отработавших в агрегатах трансмиссии пожарных автомобилей масел, определенного по результатам испытания последних на ЧШМ, соответственно, по 10-и секундной и 2-х часовой методикам

№ п/п	Масла	Критерии работоспособности масла (Группа по напряженности) \square_k , МПа	
		Продолжительность каждого опыта 10 с (ГОСТ 9490-75)	Продолжительность каждого опыта 2 ч
Отработавшие, подлежащие смене:			
1.	ТАп-15В (пробег в РЗМ - около 60 тыс.км)	2018 (ТМ-2)	–
2.	ТАп-15В (пробег в КП - около 65 тыс.км)	2070 (ТМ-2)	–
3.	ТСП-15К (пробег в РЗМ - около 50 тыс.км)	2010 (ТМ-2)	–
4.	ТСП-15К (пробег в КП - около 57 тыс.км)	2080 (ТМ-2)	–
Свежие:			
5.	ТАп-15В	2470(ТМ-3)	1968 (ТМ-2)
6.	ТСП-15К	2690 (ТМ-3)	2001 (ТМ-2)
7.	ТАД-17и	3170 (ТМ-5)	2930 (ТМ-4)
8.	Castrol EP 90	3190 (ТМ-5)	2870 (ТМ-4)
9.	“Колхида” (И-12 \square 17,5%АКОР-1+ +5%УПм+1%АзНИИ)	2600	2400 (ТМ-3)
10.	Моторно-трансмиссионное “Колхида-1” (И-50А+ 5%УПм+ +10% Акор-1+ 2% ДФ-11+ +1%АзНИИ)	2730	2490 (ТМ-3)
11.	Моторно-трансмиссионное	2670	2430 (ТМ-3)

Из указанного следует, что для пожарных автомобилей на шасси ЗИЛ-130 и КамАЗ-53213, эксплуатируемых в Грузии, можно рекомендовать применение их штатных трансмиссионных масел ТАп-15В и ТСП-15К с периодичностью замены через 60 и 50 тыс. км пробега, соответственно. Вместе с отмеченным, применением на этих автомобилях указанных опытных масел “Колхида”, “Колхида-1” и М-10Г(Т) сроки замены масел по сравнению со штатными можно увеличить в среднем на 25%-ов.

Практическим подтверждением этих выводов могут служить полученные другими авторами результаты стендовых и эксплуатационных испытаний этих масел в агрегатах трансмиссии серийных автомобилей соответствующих марок. Например, для масла “Колхида”, работавшего в КП и РЗМ при эксплуатации автомобиля ЗИЛ-130 в условиях г. Тбилиси, после пробега 60 тыс. км. критерии работоспособности \square_k составил 2568 и 2500 МПа против 1930 и 1881 МПа для ТАп-15В. Следует также отметить, что при испытании на стенде “Глиссон-510” (США), в случае сливания масла “Колхида” из картера РЗМ автомобиля КамАЗ-53213 по окончании установленного срока испытания (43,5 ч) и продолжения эксперимента в режиме нагруженности редуктора, последний еще в течение 3,5 ч сохранил работоспособность и стал неработоспособным только из-за повреждения пары конических шестерен задиром, в то время как остальные детали редуктора не имели заметных следов повреждений. На маслах ТАп-15В и ТСП-15К редуктор аналогичного состояния достиг уже через 0,5-1 ч.

Универсальные товарные трансмиссионные масла ТАД-17и и Castrol EP-90 (табл. 4) характеризуются наиболее высоким уровнем начальной работоспособности \square_k (около 3200 МПа), однако после 2-х часовых испытаний на ЧШМ, из-за снижения \square_k до 2930 и 2870 МПа, соответственно, они из высшей группы по напряженности ТМ-5 переходят в группу ТМ-4. Несмотря на это, применением этих масел в место ТАп-15В и ТСП-15К, представляющих группу ТМ-3, срок замены масел в пожарных машинах на шасси ЗИЛ-130 и КамАЗ-53213 можно увеличить в среднем на 50%.

Что касается сроков замены масел ТАД-17и и Castrol EP-90 в агрегатах трансмиссии пожарных машин, на шасси, соответственно, автомобилей Магирус Доич FM-232D17FA и Мерседес-Бенц-LA 322, их можно увеличить в среднем на 15%-ов добавлением к ним 50%-ов масла “Колхида”. Сроки замены масел ТАп-15В и ТСП-15К в пожарных автомобилях на шасси, соответственно, ЗИЛ-130 и КамАЗ-53213, также можно увеличить свыше 15%-ов добавлением к ним 1% Фриктола (табл. 5). Справедливость всех отмеченных рекомендаций по увеличению сроков смены масел указанными путями по критериям \square_k и Δl подкреплена данными экспериментов, согласно которым величины изменения показателей вязкости, антифрикционных, противопиттинговых и др. свойств масел также находятся в необходимых пределах.

Таблица 5

**Повышение смазывающих свойств и работоспособности (\square_k)
трансмиссионных масел ТАД-17и, Castrol EP-90, ТAp-15В и ТСп-15К
добавлением к ним других компонентов по результатам испытания на
ЧШМ по 10 секундной /2-х часовой методикам**

№	Масла	Смазывающие свойства		Работоспособность
		P_k, H	P_c, H	\square_k, MPa
1.	ТАД-17и	1200/1000	3600/3400	3170(ТМ-5) /2930 (ТМ-4)
2.	ТАД-17и \square 50% “Колхида”	1250/1200	4000/3900	3500 (ТМ-5) / 3400 (ТМ-5)
3.	Castrol EP-90	1100/950	3680/3350	3190 (ТМ-5) /2870 (ТМ-4)
4.	Castrol EP-90 \square 50% “Колхида”	1200/1100	4000/3900	3468 (ТМ-5) /3335 (ТМ-5)
5.	ТAp-15В	750/400	3000/2550	2470 (ТМ-3) /1968(ТМ-2)
6.	ТAp-15В \square 1% фриктола	900/580	3150/2830	2700(ТМ-3) /2274 (ТМ-3)
7.	ТСп-15К	890/400	3150/2600	2690 (ТМ-3) /2001 (ТМ-2)
8.	ТСп-15К \square 1% фриктола	950/600	3200/2900	2768 (ТМ-3) /2335 (ТМ-3)

Вместе с тем, при добавке к указанным маслам (табл. 5) масла “Колхида” или присадки Фриктол, будет обеспечиваться также снижение энергетических потерь и следовательно, расхода топлива в среднем на 1% из-за низкой вязкости первого компонента и высоких антифрикционных свойств обих компонентов. Применение же масла “Колхида” в место штатных масел ТAp-15В и ТСп-15К, может снизить расход топлива в среднем на 2-10%-ов в зависимости от климатических условий.

Особенно надо подчеркнуть целесообразность применения в место штатных трансмиссионных масел ТAp-15В и ТСп-15к моторно-трансмиссионных масел “Колхида-1” и “М-10Г(т)”, обеспечивающих не только увеличение сроков смены масел в агрегатах трансмиссии пожарных машин на шасси автомобилей ЗИЛ-130 и КамАЗ-53213 в среднем на 25%-ов, но и возможность их использования в качестве единых масел для двигателей и агрегатов трансмиссии. Последнее может обусловить снижение энергопотерь в двигателе и трансмиссии и этим уменьшение расхода топлива при эксплуатации указанных пожарных автомобилей в среднем на 3%, а также увеличение сроков смены масел в двигателях в среднем в 2 раза.

В связи с рекомендацией масла “Колхида-1” в качестве единого моторно-трансмиссионного масла для пожарных машин на шасси автомобиля ЗИЛ-130, оно было подвергнуто стендовым испытаниям в двигателе “ЗИЛ-130”.

Согласно результатам этих испытаний, масло “Колхида-1” по количеству отложения на деталях (поршня) двигателя практически на том же уровне, что и

товарное масло М-8В₁. Все детали находились в работоспособном состоянии - следов задира, питтинга или других видов повреждений не было.

При этом, опытное масло обеспечивает снижение суммарного износа деталей двигателя (табл. 6) на 20%-ов по сравнению с маслом М-8В₁, а также снижает износ поршневых компрессионных колец от истирания и вкладышей коренных и шатунных подшипников коленчатого вала от коррозионно-механических воздействий, соответственно на 15 и 17%-ов.

Таблица 6

“Содержание железа в масле” при 198-ми часовых испытаниях двигателя “ЗИЛ-130”

Продолжительность работы, час	Содержание железа в масле, %	
	Опытное масло	Товарное масло
0	0,00107	0,00112
24	0,00115	0,00139
72	0,00190	0,00257
120	0,00214	0,00318
168	0,00453	0,00590
198	0,00559	0,00699

Масло “Колхида-1” обеспечивает увеличение сроков смены масла в двигателе “ЗИЛ-130” в 2,2 раза по обобщенному критерию работоспособности масел П (табл. 7).

Таблица 7

Показатели работоспособности масел, отработавших в двигателе “ЗИЛ-130” в течение 198 часов

Наименование масел	Изменение вязкости при температуре 100°С □□, %	Изменение кислотного числа □Ск, мг КОН/г	Щелочное число Сщ, мг КОН/г	Содержание нерастворимых в бензине частиц Ст, %	П
Опытное	15,9	1,8	4,9	4,8	31
М-8В ₁	20	3,3	3,1	2,9	71

Известно, что преждевременная замена масла, состояние которого еще позволяет продолжать нормальную эксплуатацию агрегатов трансмиссии, экономически нецелесообразна, т.к. приводит к увеличению расхода масла и к повышению затрат на техническое обслуживание пожарного автомобиля. Увеличение же периодичности смены масел может привести к повышенным старению, загрязнению масла и износу деталей трансмиссии, а иногда даже к отказу агрегатов трансмиссии пожарного автомобиля.

Экономическая эффективность предлагаемых методов увеличения периодичности замены трансмиссионного масла основывается на экономии

масла и уменьшении трудоемкости соответствующего технического обслуживания пожарных автомобилей.

Следовательно общая экономия средств \mathcal{E}_o из-за увеличения сроков замены масла в трансмиссиях пожарных автомобилей равна:

$$\mathcal{E}_o = \mathcal{E}_{MC} + \mathcal{E}_J \quad (22)$$

где \mathcal{E}_{MC} - стоимость сэкономленного масла, а \mathcal{E}_J - экономия по заработной плате.

Согласно результатам проведенных расчетов, увеличение периодичности смены штатного масла ТАп-15В на 25%-ов обеспечит получение экономического эффекта на один пожарный автомобиль на шасси ЗИЛ-130 при пробеге до капитального ремонта в объеме 129 лари; экономическая эффективность применения в тех-же условиях долгорботающих, энергосберегающих масел составляет:

- 1) от замены штатного трансмиссионного масла ТАп-15В на опытное масло “Колхида” – 3268 лари;
- 2) от замены штатного трансмиссионного масла ТАп-15В на масла ТАД-17и и Castrol EP-90 содержащих 50% масла “Колхида” – 1785 и 1755 лари;
- 3) от замены штатных масел - трансмиссионного ТАп-15В и моторно-трансмиссионного масла “Колхида-1” и “М-10Г(т)” – соответственно, 4783 и 4769 лари.

Кроме этого, реализация метода определения оптимального количества технических обслуживания пожарных автомобилей, в регионах Грузии обеспечит годовой экономический эффект в объеме 11 лари на один автомобиль.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Разработаны перспективные методы исследования в области оптимизации периодичности технического обслуживания пожарных автомобилей, учитывающие специфические особенности эксплуатации (случайный характер потребности и продолжительности использования) последних и дающие возможность одновременного повышения боевой готовности и снижения эксплуатационных расходов указанных машин.
2. Анализ годовых пробегов пожарных автомобилей показал, что они подчиняются нормальному закону распределения случайных величин. Использованием свойств последнего был разработан математический метод, позволяющий определить количество необходимых обслуживаний пожарных автомобилей или их агрегатов в год.
3. Предложенный в предыдущем пункте метод:
 - с достаточной для практики точностью, позволяет планировать объем работ по обслуживанию в отрядах технической службы и пожарных частях, что дает возможность уменьшения непроизводительных затрат средств и времени на обслуживание пожарных автомобилей.
 - можно рекомендовать для всех транспортных средств, использование которых носит большей частью случайный характер. К ним относятся автомобили скорой медицинской помощи, аварийные машины по обслуживанию водопроводных, газовых и т.п. систем и другие автомобили коммунального хозяйства.
4. Получена аналитическая зависимость, описывающая изменение концентрации механических примесей в масле, с учетом количества добавленного масла для компенсации при отборе проб при испытании масла в агрегатах трансмиссии автомобилей, дающая возможность правильной оценки содержания продуктов износа деталей в исследуемом масле методом спектрального анализа.
5. Предложен метод оценки работоспособности трансмиссионных масел, усовершенствованный применением суммарных критериев износа и заедания деталей, который дает возможность определения реальных сроков замены масел в агрегатах трансмиссии пожарных автомобилей.
6. Установлено, что величины нагрузки заедания и интенсивности износа, определенные для свежих и подлежащих смене трансмиссионных масел по результатам их испытания при продолжительности каждого опыта на ЧШМ, соответственно, 2 ч и 10 с, находятся в качественной и количественной корреляции. Разработанная на этой основе новая методика определения указанных критериев для свежих масел по 2-х часовым испытаниям на ЧШМ дает возможность прогнозирования оптимальной периодичности замены альтернативных масел по сравнению со штатными в агрегатах трансмиссии

пожарных автомобилей (без проведения их длительных и дорогостоящих эксплуатационных испытаний).

7. На основе анализа результатов экспериментов и соответствующих расчетов, проведенных с применением разработанных методов исследования, было научно доказано, что:

- количество необходимых технических обслуживаний пожарных автомобилей в год в гарнизоне г. Тбилиси следует увеличить приблизительно в 3 раза, а в регионах Грузии можно уменьшить на 167 раз.
- сроки замены штатных масел ТАп-15В, ТАД-17и и ТСП-15К в агрегатах трансмиссии пожарных машин на шасси, соответственно, автомобилей “ЗИЛ-130”, “Магирус Доич FM-232D17FA” и “КамАЗ-53213” можно увеличить на 25, 50 и 50% -ов.
- применение на автомобилях “ЗИЛ-130” и “КамАЗ-53213” в место штатных трансмиссионных масел ТАп-15В и ТСП-15К опытного масла “Колхида” может обеспечить увеличение сроков замены масла на 25%-ов и снижение расхода топлива в условиях Грузии на 2-3%. Добавлением же 1% присадки фриктол к указанным штатным маслам, периодичность их смены в трансмиссии пожарных автомобилей на шасси “ЗИЛ-130” и “КамАЗ-53213” увеличится на 15%-ов.
- добавлением 50% масла “Колхида” к штатным маслам ТАД-17и и Castrol-EP 90, срок службы последних в трансмиссии пожарных машин, соответственно, на шасси автомобилей “Магирус Доич FM-232D17FA” и “Мерседес-Бенц LA 322” увеличится на 15%-ов, а расход топлива снизится в среднем на 1-2%.
- применением в место штатных трансмиссионного масла ТАп-15В и моторного М-8В₁ на пожарных машинах на шасси автомобиля “ЗИЛ-130” опытного единого моторно-трансмиссионного масла “Колхида-1”, сроки замены масла в трансмиссии и двигателе можно увеличить на 25%-ов и в 2 раза, соответственно, а также снизить расход топлива в среднем на 3%. Вместе с тем, опытное масло обеспечивает нормальное работоспособное состояние всех деталей двигателя “ЗИЛ-130” и снижение их суммарного износа на 20%-ов.
- применением в место штатных трансмиссионного масла ТАп-15В и моторных масел М-8В₁ и М-10Г₂К, соответственно, на пожарных машинах на шасси автомобилей “ЗИЛ-130” и “КамАЗ-53213” единого моторно-трансмиссионного масла “М-10Г(т)”, сроки замены масла можно увеличить в трансмиссии - на 25%-ов, в двигателях - в 2 раза, а расход топлива снизить в среднем на 3%.

8. В результате реализации основных научных результатов работы в виде снижения количества необходимых технических обслуживаний пожарных машин, увеличения сроков замены масел в агрегатах последних, снижения расхода топлива и уменьшения соответствующих затрат, можно получить экономический эффект, составляющий на один пожарный автомобиль на шасси “ЗИЛ-130” в объеме 119 лари в год.

Основное содержание диссертации отражено в следующих публикациях:

1. Абрамишвили Г.С., Иосебидзе Д.С., Диасамидзе Н.Н., Башарули Ш.Д., Цверава В.А. Исследование влияния масел, образующих алмазно-графитные поверхностные структуры на долговечность и экономичность автомобильных ДВС. Сборник научных трудов: Информационные технологии и управление., „Энциклопедия - Арменика”. Ереван - № 2-2, 2003, с. 44-48.
2. Цверава В. А., Безбородько М. Д., Абрамишвили Г.С., Зурабишвили Л. А., Бубутеишвили Л.М. Разработка метода определения количества технических обслуживаний пожарных автомобилей. Международный научный журнал „ПРОБЛЕМЫ МЕХАНИКИ”, Тбилиси, № 2 (19), 2005, 83-87 с.
3. Цверава В. А., Иосебидзе Д. С., Абрамишвили Г.С., Чхеидзе А.П., Апакидзе Т.М., Петриашвили Ж. Д. Оптимизация периодичности замены трансмиссионных масел в агрегатах пожарных автомобилей в Грузии. Научно-технический отраслевой журнал „ТРАНСПОРТ”, Тбилиси, №3 (19), 2005, 29-33 с.
4. Цверава В. А., Абрамишвили Г. С., Апакидзе Т. М., Бубутеишвили Л.М., Елисабедашвили И.Г. Разработка общей методики исследований для определения количества технических обслуживаний трансмиссии пожарных автомобилей. Научно-технический отраслевой журнал „ТРАНСПОРТ”, Тбилиси, №3 (19), 2005, 21-23 с.
5. Цверава В. А., Абрамишвили Г. С., Зурабишвили Л. А., Бубутеишвили Л.М., Папашвили Р. Исследование особенностей эксплуатации пожарных автомобилей. Международная научно-техническая конференция Грузинского автомобильно-дорожного института. Труды №2, Тбилиси, 2005, 395-397с.