

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

ИНСТИТУТ МАШИНОВЕДЕНИЯ

Диссертационный совет Д 05.11.043

На правах рукописи
УДК 629.113.592.6

МАХМУДОВА ФАРОГАТ МИРЗОНАСРИЕВНА

**Технико-экономические методы управления
работоспособностью автомобилей
в горных условиях эксплуатации**

Специальность 05.22.10 – Эксплуатация автомобильного транспорта

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Бишкек-2012

Работа выполнена в Таджикском техническом университете им. академика М.С. Осими.

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Турсунов А.А.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Маткеримов Т.Ы.

кандидат технических наук, доцент
Суюнтбеков И.Э.

Ведущая организация: Кыргызский национальный аграрный
университет им. К.И.Скрябина

Защита состоится «_____» _____ 2012 года в 14.00 часов на заседании диссертационного совета Д 05.11.043 Национальной академии наук Кыргызской Республики при Институте машиноведения Национальной академии наук Кыргызской Республики по адресу: 720055, Кыргызская Республика, г. Бишкек, ул. Скрябина, 23.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института машиноведения Национальной академии наук Кыргызской Республики.

Автореферат разослан «_____» _____ 2012 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
к.т.н., доцент

Квитко С.И.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Актуальность проблемы. С приобретением независимости Республики Таджикистан (РТ), в условиях перехода к рыночной экономике, развитие автотранспортной отрасли, в частности, автомобильной промышленности, рассматривается как одна из важнейших задач.

В современных условиях при проведении структурных, финансовых и правовых преобразований, возрастает роль транспорта, как системы, обеспечивающей взаимодействие и жизнедеятельность различных отраслей народного хозяйства. Автомобильный транспорт, как одно из важнейших звеньев транспортного комплекса, реагирует на все процессы, происходящие в обществе.

Автомобильный транспорт Республики Таджикистан является ключевым звеном единой транспортной системы страны. На долю автомобильного транспорта приходится более 95 % объема перевозок грузов и пассажиров.

С переходом на рыночные отношения в транспортной отрасли активно развиваются процессы децентрализации управления экономикой. В связи с тем, что результат функционирования и развития транспорта возникает за пределами самой отрасли, снижение транспортных издержек является важной задачей не только для автотранспортных предприятий, но и для предприятий потребителей транспортных услуг.

Однако научных исследований, учитывающих современное состояние предприятий автомобильного транспорта и определяющих теоретические и методологические подходы к повышению их эффективности посредством методов технической эксплуатации, в целом пока недостаточно и в условиях рыночной экономики является, несомненно, актуальной научно-практической задачей.

Цель работы. Разработка технико-экономических методов управления работоспособностью автомобилей в горных условиях эксплуатации, направленных на повышении эффективности их использования.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Создана система корректирования нормативов технической эксплуатации АТС, адекватно учитывающей особенности параметров среды и режима работы агрегатов АТС в горных условиях. Предложена формула для уточнения корректирующего коэффициента K_1 в зависимости от условий эксплуатации с учетом степени нагруженности агрегатов АТС $K_{нагр}$.

2. Усовершенствована математическая модель оптимизации периодичности проведения плановых ремонтов АТС с учетом восстанавливаемости запасных частей при произвольном законе распределения ресурса элементов.

3. Установлена закономерность увеличения суммарной средней удельной стоимости изготовления и обеспечения работоспособного состояния АТС $C(t)$ как функция коэффициентов технической готовности и вариации, чем созданы предпосылки к снижению суммарной стоимости $C(t)$ за счет перераспределения затрат между сферами производства и эксплуатации.

4. Разработана методика определения оптимального уровня запаса элементов АТС на базе численных методы стохастического программирования, предусматривающая, минимизацию ожидаемых затрат на хранение и потерь от дефицита.

Практическая ценность заключается в следующем:

- предложены корректирующие коэффициенты для уточнения норм расхода запасных частей в горных условиях эксплуатации;
- разработка системы корректирования эксплуатационных нормативов по фактическим данным о нагруженности агрегатов АТС в экстремальных условиях эксплуатации;
- сформированы характерные разновидности текущего ремонта (РТР) на примере тормозных систем автомобилей КамАЗ, предусматривающие минимизацию затрат на поддержание требуемого уровня работоспособности путем выбора наилучшей стратегии замен элементов.

Реализация результатов исследования Реализация результатов исследований осуществлена в виде передачи научно-технических разработок, рекомендаций, программных продуктов для ЭВМ в АО «Харакат», г. Худжанд Согдийской области.

Результаты исследования также используются в учебном процессе при подготовке специалистов автомобильно-дорожного профиля в Таджикском техническом университете имени академика М.С. Осими.

Методы исследования. В процессе работы применялись методы: системного подхода и системного анализа, теории надежности, абстрактно-логический, монографический, экономической статистики, экономико-математического моделирования, исследования операций, математической статистики и теории вероятности.

Апробация работы. Материалы диссертации докладывались и обсуждались на I и II Международных научно-практических конференциях Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими в 2004 и 2006 гг.; на научно-практической конференции, посвященной к 25-летию Худжандского филиала ТТУ. Худжанд, 2005; на Международной научно-технической конференции “Качество. Инновации. Наука. Образование (КИНО)”, Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ), г. Омск, 16-17 ноября 2005 г.; на Международной научно-технической конференции. Тюмень: ТюмНГУ, 2006; I –й Международной научно-практической конференции “Научно-технический прогресс и развитие инженерной мысли в XXI веке”. Худжанд, 2007; II –й Респ. научно-практической конференции “Использование современных технологий в переработке горных материалов и металлургии”, Чкаловск:ГМИТ, 2008; III и IV Международной научно-практической «Перспективы развития науки и образования» Тадж. техн. ун-т, 22-24 мая 2008 и 20-22 мая 2010 гг.

Диссертация в полном объеме доложена и одобрена на расширенном заседании кафедры «Организация и безопасность движения» Кыргызско-русского славянского университета им. Б. Ельцина (пр.№10 от 20.06.2008г.).

Публикации. Основные научные и практические результаты диссертации изложены в 18 публикациях.

Структура и объем диссертации определены поставленной целью, задачами и логикой исследования. Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Содержит 158 страниц машинописного текста, 23 рисунков и 25 таблиц. Список литературы включает 116 наименований. В приложении приведены документы, отражающие уровень практического использования результатов исследований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

На основе анализа современного состояния автомобильно-дорожного комплекса и выполненных в этой области работ сформулированы основные проблемы технической эксплуатации автомобилей в горных условиях Таджикистана. Декомпозиция проблем и разработка мероприятий осуществлена на базе созданного паспорта проблемы с учетом поэлементного анализа факторов (целеобразующих систем), влияющих на эффективность технической эксплуатации автомобилей (рис. 1).

Составление **паспорта проблемы** предусматривает формирование четырех последовательно связанных структурных блоков информации: сложившиеся обстоятельства – нежелательные последствия – проблемные ситуации – задачи исследования.

Сущность проблемы, поставленной перед данным исследованием, обуславливается необходимостью повышения эффективности функционирования транспортной системы в рыночных условиях.

Сложившиеся обстоятельства: производство автомобилей, разработка методов технической эксплуатации и нормативно-технической документации без надлежащего учета всего комплекса внешних воздействующих факторов в различных условиях эксплуатации, игнорирование или недостаточный уровень учета вопросов экономического характера и др.

Изложенные обстоятельства вызывают ряд **нежелательных последствий:** специфические условия эксплуатации, например, горные условия, сочетающиеся с жарким климатом, отрицательно влияют на надежность автомобилей, снижают их производительность, повышают себестоимость перевозок и служат основной причиной ДТП.

Анализ нежелательных последствий позволяет сформулировать **проблемную ситуацию:** рынок, результатом которого является необходимость повышения производительности автомобилей, и горные природно-климатические и дорожные условия, которые мешают этому процессу.

Проблемная ситуация предопределяет необходимость **постановки цели** и решения основных **задач исследования.**

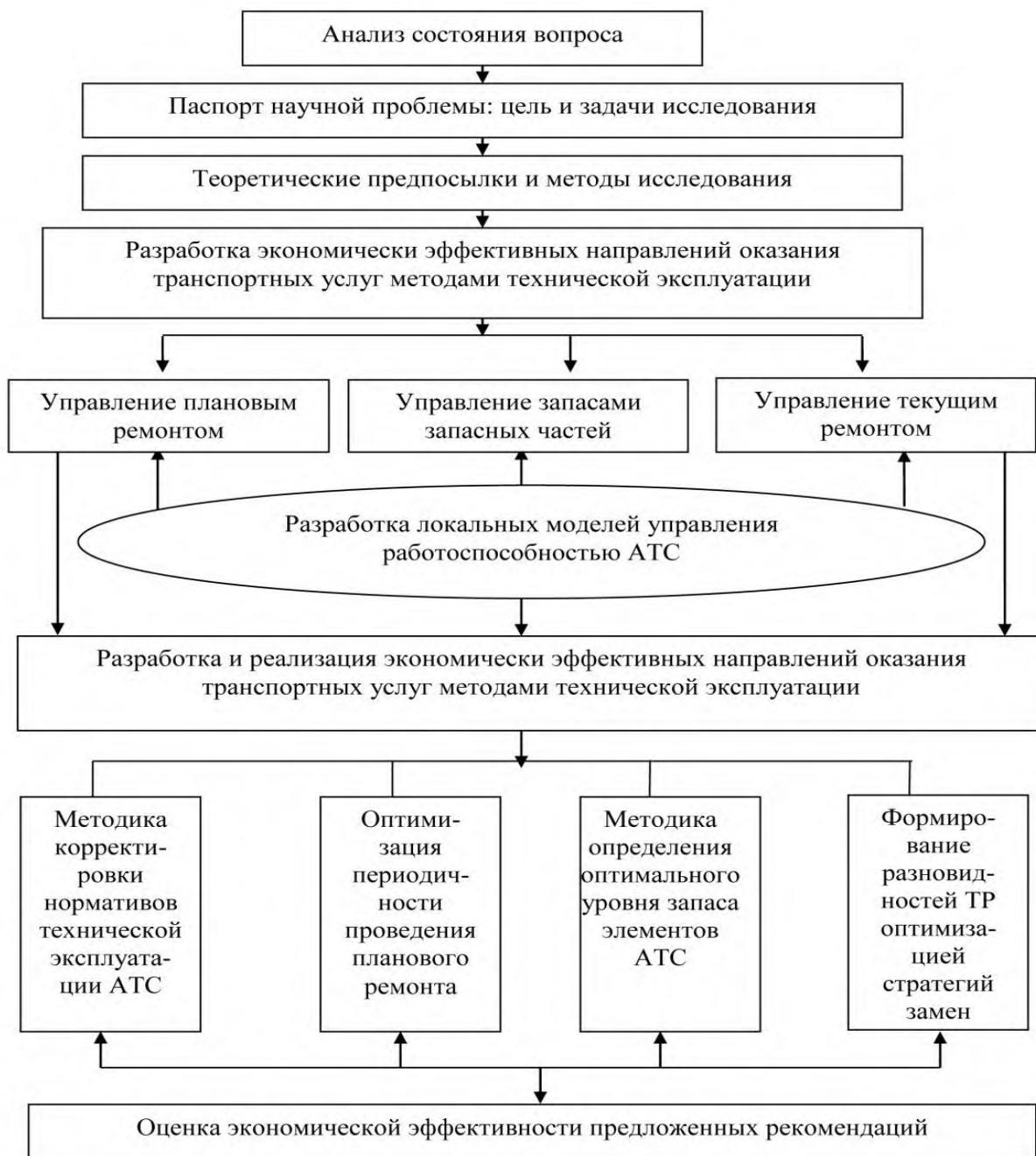


Рис.1. Общая методология исследования

На основе анализа проблемной ситуации сформулирована **цель исследования**. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Создать систему корректирования основных нормативов технической эксплуатации АТС для адекватного учета параметров среды и режима работы агрегатов в горных условиях.

2. Разработать математическую модель определения оптимальной периодичности планового ремонта для агрегатов АТС, обеспечивающих безопасность дорожного движения при требуемом уровне безотказности и приемлемых затратах.

3. Установить закономерность изменения затрат между сферами производства и эксплуатации АТС при управлении их технической готовностью.

4. Разработать методику определения оптимального уровня запаса конструктивных элементов АТС, обеспечивающих уменьшение затрат АТП, связанных с хранением единицы запаса из-за его избытка и потери от простоя при дефиците.

5. Сформировать характерные технические воздействия при восстановлении агрегатов АТС, предусматривающих минимизацию затрат на поддержание работоспособности оптимизацией стратегии по замене элементов.

Научное содержание задачи управления работоспособностью автомобилей состоит в разработке математических моделей, формализующих процессы технической эксплуатации и устанавливающих зависимость характеристик этих процессов от управляемых переменных.

В работе в качестве таких управляемых переменных используются периодичность проведения плановых ремонтов, надежность и стоимостные характеристики сформированных разновидностей текущего ремонта автомобильных конструкций, а также количество и номенклатура запасных частей, хранящихся на автотранспортных предприятиях.

Управление плановым ремонтом агрегатов АТС. Сущность планово-предупредительного ремонта заключается в плановом проведении работ по принудительной замене и ремонту конструктивных элементов автомобиля. Такой вид ремонта нормативно закреплено в «Положении...» и, как правило, применяется для узлов и агрегатов, обеспечивающих безопасность движения.

Разработана (проф. Турсуновым А.А.) математическая модель оптимизации периодичности проведения плановых ремонтов применительно к узлам и агрегатам, обеспечивающих безопасность движения:

$$C(L) = \frac{C_{отк}}{L_{н.р}} \left[\frac{F(L_{н.р})}{1 - 0,5 \cdot F(L_{н.р})} + K \right] \rightarrow \min, \quad (1)$$

где $C(L)$ - затраты на поддержание требуемого уровня надежности, руб.; $C_{отк}$ - стоимость работ между обслуживанием, руб.; $C_{пл.р.}$ - стоимость плановых работ, руб., $K = C_{пл.р.} / C_{отк}$; $F(L_{пл.р.})$ - вероятность отказа объекта ($F(L_{пл.р.}) \leq 0,1$).

Следует отметить, что математическая модель оптимизации периодичностей проведения плановых ремонтов (1) позволяет решать задачу в общем виде и не рассматривает решения задач в конкретных случаях, имеющих места при эксплуатации автомобилей.

В данной работе предусматривается решение задачи определения оптимальной периодичности планового ремонта при произвольном законе распределения их ресурсов (табл. 1).

Таблица 1

Определение $t_{пл.р.i}$ для различных законах

распределения ресурса элементов

№№ п/п	Закон распределения	Функция распределения отказов $F(t)$	Математическое выражение для Определения $t_{нл.р.и}$
1.	Нормальный	$1/2 + 1/2 \Phi((t_{нл.р.и} - tp)/\sigma)$	$tp - U_{pi} \sigma$
2.	Вейбулла	$1 - \exp [-((t_{нл.р.и} - c)/a)^b]$	$a(\ln[1/(1-F(t_{нл.р.и}))])^{1/B} + C$
3.	Логарифмически- нормальный	$1/2 + (1/2)\Phi[(\ln(t_{нл.р.и}) - y_0)/\sigma_l]$	$\exp(y_0 + \sigma_l A_i)$
4.	Экспоненциальный	$1 - \exp[-(t_{нл.р.и}/t_p)]$	$t_p \ln[1 - F(t_{нл.р.и})]^{-1}$

Примечание: a, b, c — параметры закона Вейбулла; y_0, σ — математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение логарифма случайной величины; A_i — значение функции Лапласа, соответствующее каждой $[2 F(t_{нл.р.и}) - 1] < 0$.

Рассчитанные, с помощью оптимизационных моделей, периодичности проведения плановых ремонтов компонентов автомобилей перед их внедрением на практику, скорректируются и приводятся в соответствии с принятыми на этих АТП периодичностей (табл.2).

Таблица 2

Периодичность плановых ремонтов

№№ п/п	Тормозные аппараты	Периодичность плановых ремонтов, тыс.км	
		оптимальные	скорректиро- ванные
1	Регулятор давления	91,3	95,0
2	Предохранитель против замерзания	97,5	103,7
3	Двойной защитный клапан	110,1	112,3
4	Тройной защитный клапан	105,7	103,7
5	Автоматические регуляторы тормозных сил	130,1	129,6
6	Кран включения вспомогательной тормозной системы	70,2	69,1
7	Кран включения системы аварийного растормаживания	98,6	95,0

С учетом стоимости восстанавливаемых запасных частей

$$C_{зпч} = [C_0 + C_v (v(t) - 1)] / v(t), \quad (2)$$

модель оптимизации (1) принимает вид:

$$C(L) = \frac{C_{омк}}{L_{нл.р}} \left[\frac{F(L_{нл.р})}{1 - 0,5 \cdot F(L_{нл.р})} + \frac{C_o + C_e(v(t) - 1) + C_{нл.р}' \cdot v(t)}{C_o + C_e(v(t) - 1) + C_{омк}' \cdot v(t)} \right] \rightarrow \min, \quad (3)$$

где C_o , C_e – оптовая цена запасной части (по прейскуранту) и стоимость ее восстановления соответственно; $v(t)$ – число циклов эксплуатации.

Как следует из математической модели (1), при различных значениях K и коэффициента вариации v зависимости изменения суммарной средней удельной стоимости изготовления и обеспечения работоспособного состояния АТС $C(t)$ как функции изменения коэффициента технической готовности α_m будут различными.

На рис. 2 приведены закономерности увеличения суммарной средней удельной стоимости изготовления и обеспечения работоспособного состояния АТС как функции возрастания коэффициента технической готовности при значениях $K = 0,125$ и $v = 0,20 \dots 0,40$.

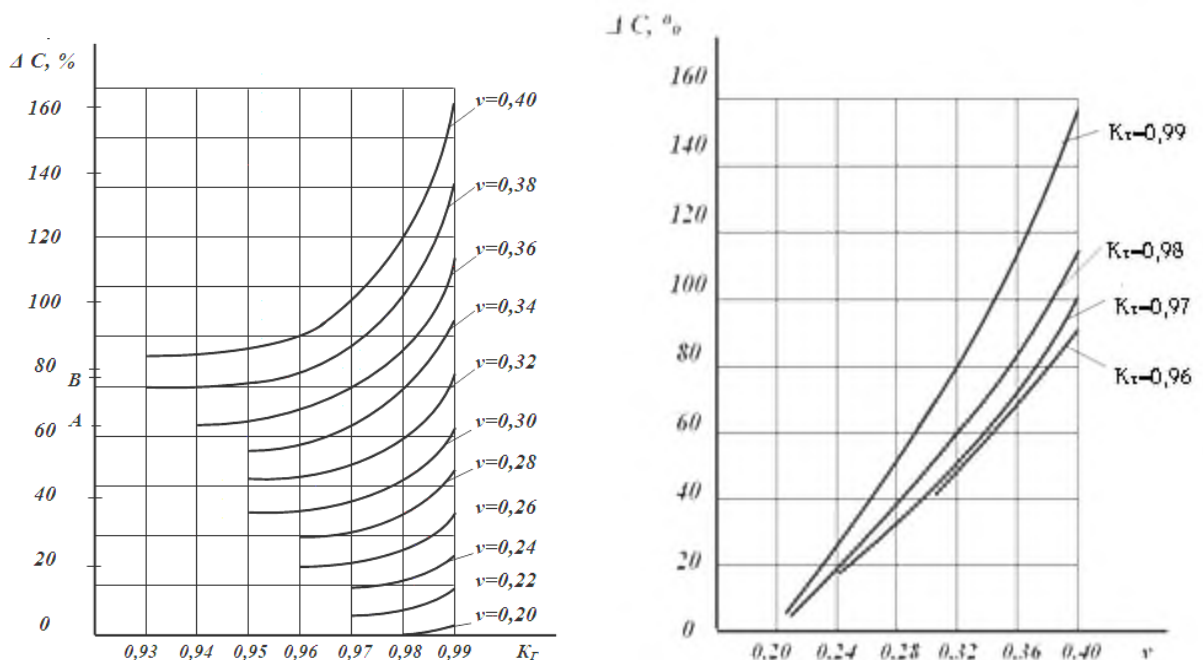


Рис. 2. Закономерности изменения суммарной удельной стоимости изготовления и обеспечения работоспособного состояния АТС как функции возрастания коэффициентов технической готовности и коэффициента вариации v

Так как зависимости увеличения $C(t)$ как функция возрастания α_m для коэффициентов вариации построены относительно $\Delta C = 0$ при $v = 0,20$, то для того чтобы определить в процентном отношении увеличение стоимости ΔC при переходе от точки A к B (рис. 2) производится следующий расчет:

$$\Delta C = \frac{b - a}{a + 100} \cdot 100, \quad \% \quad (4)$$

где a и b – значения ΔC на графике рис. 2 соответственно в точках A и B .

Выявленные закономерности позволяют при производстве АТС оценить, как уменьшение коэффициента вариации v скажется на сокращении стоимости $C(t)$. Для решения данной задачи определена зависимость увеличения суммарной средней удельной стоимости $C(t)$ как функции v (рис. 2). Как видно, коэффициенты вариации существенно влияют на стоимостный критерий: чем меньше v , тем меньше стоимость $C(t)$. Снижение v может быть связано в производстве с дополнительными затратами при одновременном снижении затрат в эксплуатации.

Методика корректирования нормы расхода запасных частей в конкретных условиях эксплуатации. Неадекватное отражение реальных условий эксплуатации в применяемой методике нормирования расхода ЗПЧ приводит к тому, что по одним номенклатурам испытывается острая нехватка, а по другим создаются значительные сверхнормативные запасы.

Анализ показал, что из 14 деталей и узлов, лимитирующих надежность тормозных систем автомобилей КамАЗ по 10 наименованиям, фактический расход превышает нормативный до 2,2 раза, по остальным – до 0,4 раза. Это объясняется неодинаковой степенью влияния горной среды и жаркого климата на расход запчастей из-за различной приспособленности автомобилей к условиям эксплуатации.

Из общего числа n элементов АТС выделяем n' элементов, ресурс которых зависит от воздействия природно-климатических факторов. Тогда достижение $T_g \rightarrow \min$ и α_{max} возможно при $\sum_{i=1}^{i=n'} \Delta T_{зпчi} \rightarrow \min$. Выполнение этого условия предполагает наличие оптимальных нормативов расхода запасных частей и уровня запасов элементов АТС на складах АТП.

При существующей системе корректирования норм для данного климатического района $K_i = const$, поэтому можно записать так:

$$N_{пол} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot K_i = K \cdot \sum_{i=1}^n N_i. \quad (5)$$

Для удобства заменим $\sum_{i=1}^n N_i = N$, где N – годовой норматив поставки запасных частей в расчете на 100 автомобилей в год. Тогда $N_{пол} = K \cdot N$.

При предлагаемой новой системе корректирования

$$N_{нов} = \sum_{i=1}^{n'} N_i \cdot K'_i + \sum_{i=1}^n N_i - \sum_{i=1}^{n'} N_i = N + \sum_{i=1}^{n'} N_i \cdot (K'_i - 1). \quad (6)$$

Сравниваем два варианта – $N_{пол}$ и $N_{нов}$ – при постоянном значении

коэффициента $K=K_i=c: N \cdot c > N + \sum_{i=1}^{n'} N_i \cdot (c-1)$, так как $N \gg \sum_{i=1}^{n'} N_i$.

Полученное соотношение подтверждает преимущество предлагаемого подхода к зональному распределению запасных частей.

С использованием $K_{\text{зоп}}$ и с учетом $K_{\text{норм}}$ установлены районные коэффициенты корректирования норм расхода запасных частей в характерных природно-климатических районах Таджикистана (табл. 3).

Таблица 3 – Районные коэффициенты корректирования норм расхода запасных частей

Климатический район	Коэффициент корректирования
низинно-равнинный, очень жаркий	1,20
предгорный, умеренно жаркий	1,15
низкогорный, теплый	1,10
среднегорный, прохладный	1,25
высокогорный, холодный	1,40

Управление запасами элементов АТС. Применение моделей и методов стохастического программирования при решении задач управления запасами способствует более адекватному условию выбора решений и описанию содержательных особенностей проблемы.

Затраты, связанные с хранением x_i единиц запаса - C_{xp_i} и неудовлетворенным спросом - C_{ai} при условии, что спрос равен ω_i , выражаются стоимостной функцией:

$$f_i(x_i, \omega_i) = \begin{cases} C_{xp_i}(x_i - \omega_i), & x_i \geq \omega_i, \\ C_{ai}(\omega_i - x_i), & x_i < \omega_i, C_{xp_i} > 0, C_{ai} > 0, \end{cases} \quad (7)$$

где $(x_i - \omega_i)$ и $(\omega_i - x_i)$ - соответственно, определяют величину излишка и дефицита запасной части.

Оптимальный объем запаса x_i , который минимизирует ожидаемые затраты определяется из уравнение:

$$F(x) = M \sum_{i=1}^n f_i(x_i, \omega_i) = \sum_{i=1}^n \alpha_i \int_0^{x_i} (x_i - \omega_i) P(d\omega_i) + \sum_{i=1}^n \beta_i \int_{x_i}^{\infty} (\omega_i - x_i) P(d\omega_i), \quad (8)$$

при условии $x \in X = \{x_i: 0 \leq x_i \leq b_i, \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot x_i \leq a, i = \overline{1, n}\}$.

Согласно алгоритму расчета вначале определяются технико-экономические параметры модели: затраты на хранение единицы запаса C_{xp} ; от дефицита запасной части C_A и стоимость простоя среднесписочного автомобиля в АТП. Затраты на хранение единицы запаса C_{xp} и от дефицита запасной части C_A определяются по статистическому материалу конкретного АТП.

Стоимость простоя среднесписочного автомобиля в АТП определяется по формуле:

$$C_A = \frac{\Pi}{A_{cc} \cdot \alpha_m \cdot D_{pe}} \quad (9)$$

и стоимость простоя конкретной марки или модели автомобиля:

$$C_{ai} = C_A \frac{Q_i}{Q_{cp}} \quad (10)$$

Стоимость хранения i -й детали автомобиля:

$$C_{xpi} = C_{ai} \cdot \frac{W_{\partial i}}{W_{Ai}} + D_i \cdot A_c \quad (11)$$

Обозначение в формулах (9...11): Π - суммарная прибыль АТП за год; A_{cc} - списочный состав автомобильного парка; α_m - среднегодовой коэффициент технической готовности парка автомобилей; D_{pe} - среднегодовое количество рабочих дней по АТП; Q_i - номинальная грузоподъемность данной марки автомобиля; Q_{cp} - средняя грузоподъемность одного автомобиля в АТП; $W_{\partial i}$ - стоимость элемента данного наименования; W_{Aj} - балансовая стоимость автомобиля; D_i - занимаемая i -й деталью площадь; A_c - амортизационное отчисление на 1 м² склада в сутки.

Методика оценки нагруженности агрегатов АТС в горных условиях эксплуатации. Результаты проведенных эксплуатационных испытаний показали, что параметры надежности существенно зависят от воздействующих факторов эксплуатации, преобладающими из которых являются дорожные условия. При этом одни и те же условия эксплуатации могут оказаться легкими для одних деталей, узлов и агрегатов и тяжелыми для других, что подтверждает различный уровень степени их приспособленности (адаптации).

Сравнение параметра потока отказов по интервалам пробега автомобилей, работающих в условиях Таджикистана и г. Москвы показало, что в специфических условиях эксплуатации отказов в 1,4 - 1,6 раза больше.

По результатам исследования установлено, что горные условия эксплуатации автомобилей вызывают, необходимости дифференцированного подхода, как при разработке нормативов, так и при оценке надежности деталей, узлов и агрегатов АТС.

Нормативы ТО и ремонта в зависимости от категории условий эксплуатации корректируется коэффициентом K_1 , численное значение которого принято одинаковым для всех типов и моделей АТС без учета особенностей режима их движения.

Предложено следующее выражение для коэффициента K_1 в зависимости от условий эксплуатации с учетом степени нагруженности агрегатов АТС в конкретных регионах:

$$K_1^* = K_1 \left(K_{ni}^{баз} - \frac{K_{nij}}{100} \right) = K_1 K_{1ni} \quad (2.20)$$

где $K_{ni}^{баз}$ и K_{nij} - коэффициенты нагруженности i -го агрегата автомобиля в базовых и j -х условиях эксплуатации:

$K_{nij} = P_{ij}^{p.y} / P_{ij}^{баз}$ - $P_{ij}^{p.y}$ и $P_{ij}^{баз}$ - значение показателя нагруженности в реальных и базовых условиях;

K_{Ini} - коэффициент корректирования нормативов ТЭА в зависимости от условий эксплуатации с учетом нагруженности агрегатов АТС.

Значения коэффициента корректирования K_I^* для основных агрегатов АТС в горных условиях эксплуатации приведены в табл. 4.

Таблица 4

Значения коэффициента корректирования нормативов K_I^* с учетом по степени нагруженности агрегатов автомобиля

Категория условий эксплуатации		I	II	III	IV	V
Автомобиль (по «Положению...»)		1,0	0,9	0,8	0,7	0,6
Двигатель внутреннего сгорания	ЗИЛ-130	0,98	0,88	0,78	0,69	0,59
	МАЗ-5030А	0,98	0,88	0,79	0,69	0,59
	МАЗ-504А	0,98	0,88	0,78	0,69	0,59
Сцепление	ЗИЛ-130	0,91	0,82	0,73	0,64	0,55
	МАЗ-5030А	0,98	0,89	0,79	0,69	0,59
	МАЗ-504А	0,99	0,89	0,79	0,70	0,60
Ведущий мост	ЗИЛ-130	0,98	0,89	0,79	0,69	0,59
	МАЗ-5030А	0,98	0,88	0,78	0,69	0,59
	МАЗ-504А	0,97	0,88	0,78	0,68	0,59

Реализующий алгоритм управления плановым ремонтом АТС в эксплуатации. Производительность автомобиля прямо пропорционально коэффициенту технической готовности. При уменьшении назначенного ресурса элементов АТС при регламентных заменах от его оптимального значения, возрастает коэффициент технической готовности α_m (или $P(t)$) и соответственно, производительность автомобилей.

Чтобы оценить, насколько можно увеличить α_m (уменьшив t_{np}) при приемлемой стоимости $C(t)$, требуется выявить закономерности увеличения стоимости как функции α_m , т.е. $C(t) = f(\alpha_m)$.

Для корректировки назначенного ресурса элемента АТС при регламентных заменах необходимо знать закон распределения вероятности безотказной работы и параметры этого закона. Затем по модели (1) определяется оптимальный назначенный ресурс $t_{np.onm}$, а также $P(t_{np.onm})$ или $\alpha_m(t_{np.onm})$ и $C(t_{np.onm})_{min}$.

После этого, зная приемлемый уровень увеличения стоимости ΔC , по выявленным закономерностям определяется требуемый коэффициент $\alpha_m > \alpha_m(t_{np.onm})$. Потом производится расчет, насколько при этом уменьшается t_{np} . Так, если распределение $P(t_{np})$ не противоречит двухпараметрическому закону

Вейбулла – $P(t_{np}) = \exp [-(t_{np}/a)^b]$, – то процент уменьшения Δt определяется по формуле

$$\Delta t = \left[1 - \left(\frac{\ln \cdot K_2 \cdot t_{об}}{\ln \cdot K_2 \cdot t_{обнт}} \right)^{\frac{1}{b}} \right] \cdot 100 \% \quad (10)$$

Аналогично определено выражение Δt для других законов распределения.

Корректировка периодичности планового ремонта элемента АТС по выявленным закономерностям изменения $C(t)$. Распределение вероятности безотказной работы тормозного аппарата, не противоречит двухпараметрическому закону Вейбулла с параметрами $a = 3986$, $b = 3,76$. Коэффициент вариации $v=0,30$. При этом стоимости устранения отказа $C_{отк}$ и проведения планового ремонта $C_{н.р}$ составляют соответственно $C_{отк} = 51,4$ сомони и $C_{н.р} = 3,63$ сомони. Коэффициент K , равный отношению стоимостей $K = C_{н.р}/C_{отк}$, составляет $K = 0,07$.

С использованием модели (1) определена оптимальная периодичность планового ремонта этого элемента $t_{н.р.онт}$, которая составила $t_{н.р.онт} = 14,12$ тыс. км. При этом коэффициент технической готовности (или вероятность безотказной работы) α_m и минимальная суммарная средняя удельная стоимость изготовления и обеспечения работоспособного состояния $C_{y\delta min}(t)$ составили $\alpha_m = 0,98$ и $C_{y\delta min}(t) = 3,316 \cdot 10^{-3}$ сомони/тыс. км.

Для того чтобы оценить, насколько можно увеличить α_m , снизив при этом $t_{н.р}$, требуется выявить закономерность увеличения стоимости $C(t)$ как функции возрастания α_m . По результатам расчетов на рис. 2 построены зависимости увеличения $C(t)$ как функции возрастания α_m при $K = 0,07$ и $v = 0,20 \dots 0,40$.

Оценим, насколько возрастает стоимость $C(t)$ и уменьшается Δt при увеличении α_m элемента АТС ($v = 0,30$) от значения $\alpha_m = 0,98$ до значения $\alpha_m = 0,99$:

$$\Delta C = \frac{56,0 - 45,6}{45,6 + 100} \cdot 100 = 7,14 \% \text{ и } \Delta t = \left[1 - \left(\frac{\ln 0,99}{\ln 0,98} \right)^{\frac{1}{3,76}} \right] \cdot 100 = 16,9 \%$$

Таким образом, при увеличении α_m в пределах $\alpha_m = 0,98 \dots 0,99$ требуется уменьшить периодичность планового ремонта элемента АТС до значения $t_{н.р} = 11,73$ тыс. км. При этом $C(t)$ возрастет и составит $3,536 \cdot 10^{-3}$ сомони/тыс. км.

Реализующий алгоритм управления запасами. Применение разработанной методики проиллюстрировано на примере тормозной камеры с пружинным энергоаккумулятором типа 20/20. Согласно алгоритму расчета, вначале определялись технико-экономические параметры: затраты на хранение

единицы запаса α (C_{xp}) и затраты от дефицита запасной части $\beta(C_A)$ из-за вынужденного простоя АТС.

Установлено, что применение регрессионного анализа при планировании уровня запасов приводит к большим ошибкам, а оптимизационные методы, даже при малых выборках, дают результаты, близкие к оптимальным. Сопоставление значений суммарных ожидаемых затрат АТП на хранение запасных частей и потерь от дефицита показывает, что их значения уменьшаются по сравнению с фактическими на 23 % и нормативными – на 12 %.

Реализующий алгоритм управления нагруженностью АТС в эксплуатации приведен на рис. 3, а на рис. 4 показаны диапазон и характер изменения коэффициента корректирования K_I^* на примере ДВС и ведущего моста.

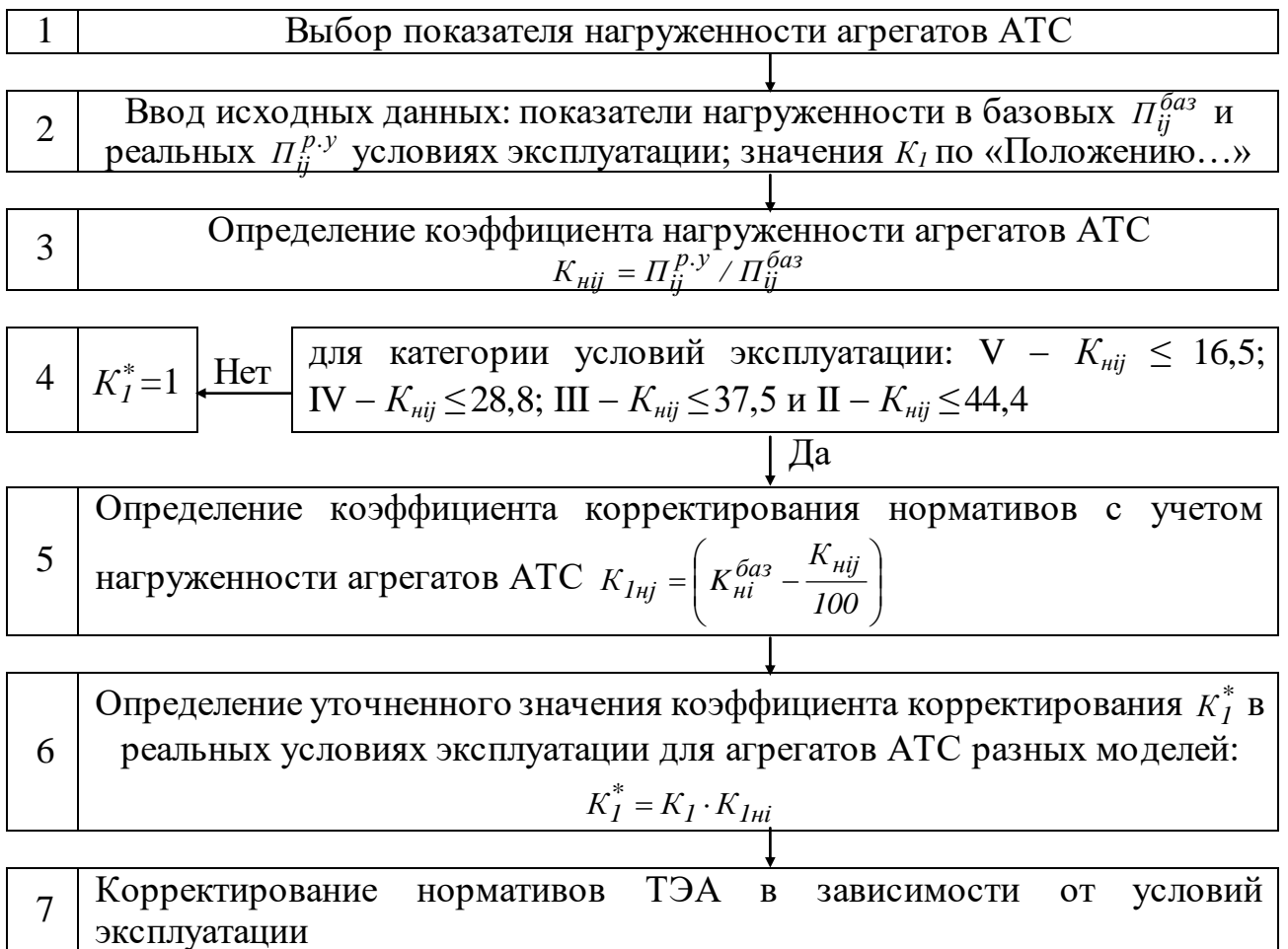


Рис. 3. Реализующий алгоритм управления нагруженностью АТС

Формирование разновидностей текущего ремонта. Формирование разновидностей текущего ремонта (РТР) осуществлено на примере тормозных систем автомобилей КамАЗ по методике профессора А.М. Шейнина (МАДИ

(ГТУ)), предусматривающей минимизацию затрат на поддержание требуемого уровня надежности путем выбора наилучшей стратегии замены элементов.

Исходными данными для формирования РТР являются: чертежи объекта; технические условия на разборочно-сборочные работы; карта надежности, включающая распределение ресурсов деталей и узлов, лимитирующих надежность; требования завода-изготовителя по групповой замене деталей; нормы времени на производство работ; каталог ремонтного оборудования.

В результате обобщения экспериментальных данных, конструкторско-технологических материалов и теоретических исследований сформированы характерные разновидности текущего ремонта тормозных систем.

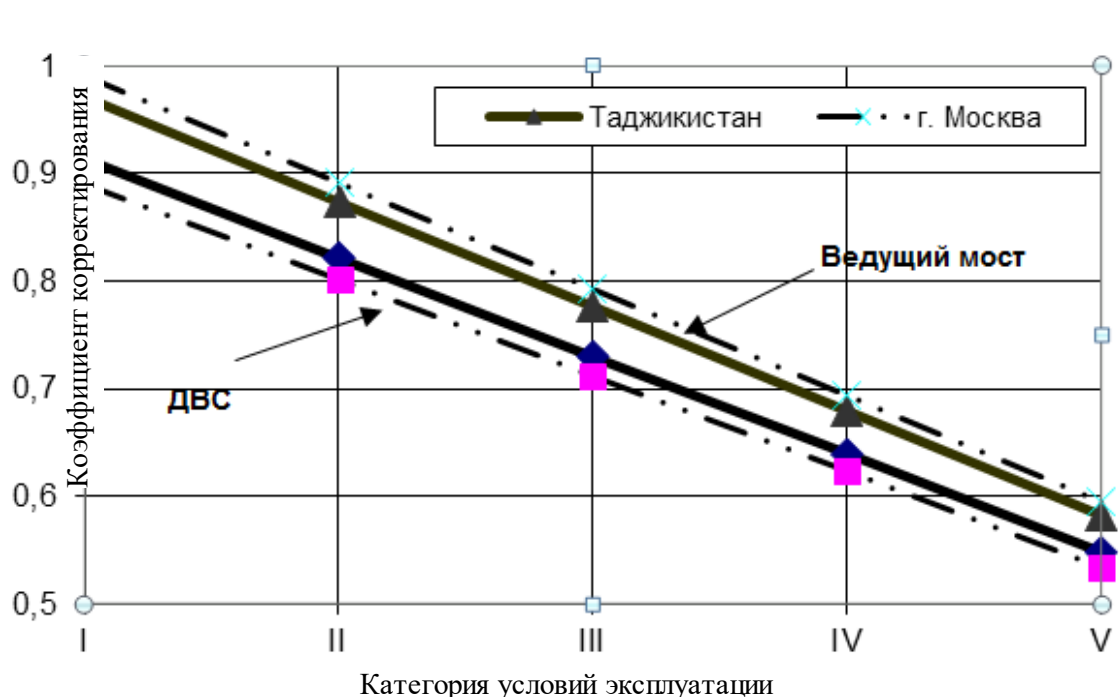


Рис. 4. Коэффициент корректирования нормативов ТЭА по степени нагруженности агрегатов АТС

В качестве примера в табл. 5 приведены результаты расчета выявления оптимального варианта замен по критерию минимума затрат для РТР-12 (обеспечение системы сжатым воздухом – ремонт источника энергии). Сопоставлялись индивидуальная, групповая и комбинированная стратегии замен.

Таблица 5 – Оптимизация правил замен конструктивных элементов АТС (РТР-12)

№ варианта	Заменяемые детали и правила замен	N _{зам}	Стоимостные оценки						Экономия, %
			N _{РТР}	C _{зпч}	C _{отк}	C _{пн(L)}	∑C _{пн(L)}	C _{уд(t)}	
			сомони					сомони на 1000 км	
1	1И	0,992	4,497	1,40	73,64	73,05	209,3	0,58	9
	2И	0,921		1,20	73,44	67,64			
	3И	0,997		18,0	90,24	89,97			
	4И	0,577		0,60	72,84	42,03			
	5И	1,010		3,60	75,84	76,60			
2	3И	0,997	3,559	18,0	90,24	89,97	198,4	0,55	3
	(1-2)Г	1,402		2,60	74,84	104,9			
	4К	0,150		0,60	72,84	10,93			
	5И	1,010		3,60	75,84	76,60			
3	3И	0,997	2,311	18,0	90,24	89,97	192,4	0,53	-
	(1-2-5)Г	1,194		6,20	78,44	93,66			
	4К	0,120		0,60	72,84	8,74			
4	(1-2-3-4-5)Г	1,992	1,992	24,80	97,04	193,3	193,3	0,54	0,5

Как видно из табл. 5, при индивидуальном правиле замен стоимость выполнения операций РТР минимальна, но ведущая функция потока отказов имеет максимальное значение. Правила групповых замен приводит, с одной стороны, к увеличению стоимости устранения отказа, а с другой – к уменьшению значения ведущей функции и числа РТР по сравнению с правилом индивидуальных замен. При комбинированной стратегии замен относительно дешевые детали заменяются по отказу, а при отказе дорогой детали – производится замена группы деталей. В этом случае количество замен меньше, чем при индивидуальной замене.

Оптимальным признан 3-й вариант: групповая замена нагнетательных и впускных клапанов, ремня компрессора; комбинированная замена седла нагнетательного клапана, а также индивидуальная замена поршневых колец (комплект). Применение комбинированного правила замен (вариант 3) в данном случае эффективно по сравнению с индивидуальной и групповой заменами. При этом удельные затраты уменьшаются соответственно на 9 и 0,5 %.

В табл. 5: обозначены: 1 – клапан нагнетательный; 2 – клапан впускной; 3 – кольца поршневые (комплект); 4 – седло нагнетательного клапана; 5 – ремень компрессора; И – индивидуальные, Г – групповые и

К – комбинированные замены; N_{зам} – среднее количество замен за ресурс; N_{РТР} – среднее количество РТР за ресурс; C_{зпч} – стоимость запасных частей; C_{отк} – стоимость отказа; C_{пн(L)} – затраты на поддержание надежности; ∑C_{пн(L)} –

общие затраты на поддержание надежности; $C_{уд}(t)$ – удельные затраты на поддержание надежности.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. На основе выполненных исследований решена научно-техническая задача по обоснованию экономически эффективных направлений улучшения качества транспортных услуг методами технической эксплуатации автотранспортных средств, обеспечивающих требуемого уровня их готовности при приемлемых затратах на эти цели в горных условиях эксплуатации.

2. На базе предложенных зональных корректировочных коэффициентов норм расхода запасных частей K_i' и учета условий эксплуатации по степени нагруженности агрегатов АТС $K_{нар}$ создана система корректирования основных нормативов технической эксплуатации АТС, адекватно учитывающей особенности параметров среды и режима работы агрегатов АТС в горных условиях Таджикистана.

3. Разработанная математическая модель оптимизации периодичности проведения плановых ремонтов (формула 1), применительно к агрегатам АТС, обеспечивающих безопасность движения, позволяет решать поставленную задачу при требуемом уровне безотказности, приемлемых затратах и любых законах распределения их ресурсов. Возможности модели расширены (формула 3) с учетом стоимости восстановленной запасной части.

4. Установлена закономерность изменения суммарной средней удельной стоимости изготовления и обеспечения работоспособного состояния АТС $C(t)$ как функция коэффициентов технической готовности и вариации. Выявленные закономерности создают предпосылки к снижению суммарной стоимости $C(t)$ за счет перераспределения затрат между сферами производства и эксплуатации.

5. С использованием разработанного реализующего алгоритма и выявленных закономерностей изменения стоимости $C(t)$ осуществлена корректировка периодичности планового ремонта элемента АТС. Для рассматриваемого примера увеличения α_m до значения $\alpha_m=0,99$ требует уменьшения периодичности планового ремонта на 16,9% при возрастании стоимости $C(t)$ - 7,14%.

6. Показана целесообразность решения задачи управления запасами на АТП с использованием численных методов стохастического программирования. Затраты АТП, связанные с хранением единицы запаса из-за его избытка и потери от простоя АТС при дефиците, уменьшаются по сравнению с нормативными данными на 10-15 и с фактическими на 20-25%.

7. Установлено, что применение регрессионного анализа при планировании уровня запасов приводит к большим ошибкам, а оптимизационные методы, даже при малых выборках, дают результаты, близкие к оптимальным. Особенно их эффективность проявляется тогда, когда затраты на хранение единицы запаса и потерь от них дефицита соизмеримы.

8. В результате обобщения экспериментальных данных, конструкторско-технологических материалов и теоретических исследований сформированы характерные разновидности текущего ремонта (РТР) тормозных систем автомобилей КамАЗ. Выявленные РТР при оптимальной стратегии замен конструктивных элементов характеризуются следующими показателями надежности: средняя наработка на отказ – от 123 до 292 тыс. км при коэффициенте вариации 0,26...0,88, средняя трудоемкость одного ремонта 0,30...4,01 чел-ч.

9. Экономический эффект от внедрения результатов исследования достигается в результате снижения расхода материальных и трудовых ресурсов при технической эксплуатации АТС с нормативами, адекватно учитывающими специфику горных условий и составил 2631,2 сомони на 100 автомобилей в год.

Основные положения диссертационной работы опубликованы:

1. Турсунов А.А., Махмудова Ф.М. Паспорт проблемы экономического управления надежностью автомобилей в эксплуатации // Материалы I Международной научно-практической конференции / Таджикский технический университет им академика М.С.Осими. – Душанбе, 2005. – С. 77-78.

2. Оценка нагруженности агрегатов автомобилей в горных условиях эксплуатации / А.А.Турсунов, А. М.Абдуллоев, О.С.Ниезов, Ф.М.Махмудова // Материалы Международной научно-технической конференции / ТюмНГУ. – Тюмень, 2006. – С. 34-38.

3. Проблемы повышения надежности и адапционных свойств автотранспортных средств при эксплуатации в горных условиях / А.А.Турсунов, М.А.Абдуллоев, Р.А.Давлатшоев, О.С.Ниезов, Б.Ж.Маджидов, Ф.М.Махмудова // Труды КГТУ / Красноярский государственный технический университет. – Красноярск: ИПЦ КГТУ. – 2006. – № 4. – С. 184-189.

4. Реализующий алгоритм управления плановым ремонтом автомобилей в эксплуатации / Ф.М.Махмудова, И.Т.Башиков, Ш.С.Алиев, А.А.Турсунов // Материалы II Международной научно-практической конференции «Перспективы развития науки и образования в XXI веке», 15-16 марта 2007 г. – Душанбе, 2007. – С. 173-175.

5. Методика оценки качества норм расхода запасных частей автомобилей / И.Т.Башиков, Ф.М.Махмудова, А.А.Турсунов // Материалы I Международной научно-практической конференции «Научно-технический прогресс и развитие инженерной мысли в XXI веке». – Худжанд, 2007. – С. 77-80.

6. Махмудова Ф.М. Методика корректирования нормы расхода запасных частей в конкретных условиях эксплуатации // Материалы I Международной научно-практической конференции «Научно-технический прогресс и развитие инженерной мысли в XXI веке». – Худжанд, 2007. – С. 75-77.

7. Декомпозиция проблем технической эксплуатации автомобилей / Ф.М.Махмудова, А.А.Турсунов, Ш.С.Алиев, А.М.Умирзаков // Материалы I Международной научно-практической конференции «Научно-технический прогресс и развитие инженерной мысли в XXI веке». – Худжанд, 2007. – С. 90-92.

8. Махмудова Ф.М., Турсунов А.А. Адаптивность автомобилей к условиям эксплуатации // Материалы I Международной научно-практической конференции «Научно-технический прогресс и развитие инженерной мысли в XXI веке». – Худжанд, 2007. – С. 83-85.

9. Махмудова Ф.М., Турсунов А.А. Экономические методы управления надежностью автомобилей в эксплуатации // Материалы I Республиканской научно-практической конференции «Из недр земли до горных вершин». – Чкаловск, 2007. – С. 58-60.

10. Махмудова Ф.М., Турсунов А.А. Формирование стратегии технического обслуживания и ремонтов автомобилей оптимизацией экономических параметров // Материалы II Республиканской научно-практической конференции. – Чкаловск, 2008. – С. 73-75.

11. Проблемные ситуации в процессе управления технической готовностью автомобилей / Ф.М.Махмудова, А.А.Турсунов, А.М.Умирзаков, Ш.С. Алиев // Материалы III Международной научно-практической конференции «Перспективы развития нау-

ки и образования в XXI веке» / Таджикский технический университет им академика М.С.Осими. – Душанбе, 2008. – С. 151-153.

12. Махмудова Ф.М., Алиев Ш.С. Проверка однородности статистического материала о надежности автомобилей // Материалы III Международной научно-практической конференции «Перспективы развития науки и образования в XXI веке» / Таджикский технический университет им академика М.С.Осими. – Душанбе, 2008. – С. 100-104.

13. Турсунов А.А., Махмудова Ф.М. Оптимизация планового ремонта агрегатов автомобиля // Вестник КГУСТА. – Вып. 2 (20). – Бишкек, 2008. – С. 30-34.

14. Махмудова Ф.М. Оптимизация периодичности плановых технических воздействий на автомобиль / Кыргызско-узбекский университет // Наука. Образование. Техника. – № 1 (28). – Ч. 2. – Ош, 2009. – С. 117-119.

15. Махмудова Ф.М. Формирование и оптимизация разновидностей текущего ремонта автомобилей оптимизацией систем замен // Известия Вузов, – № 7. – Бишкек, 2009. – С. 10-12.

16. Турсунов А.А., Махмудова Ф.М. Техничко-экономическое содержание методов управления работоспособностью автомобилей // Вестник Таджикского национального университета. – № 3 (59). – Душанбе, 2010. – 167-171.

17. Турсунов А.А., Махмудова Ф.М. Улучшение качества транспортных услуг методами технической эксплуатации АТС. – Душанбе: Илм, 2009. – 140 с.

Махмудова Фарогат Мирзонасриевна

Тема: «Тоолуу шарттарда автомобилдин иш жөндөмдүүлүгүн башкаруунун техникалык-экономикалык ыкмалары»

КЫСКАЧА МАЗМУНУ

Негизги сөздөр: эксплуатациялоонун тоолуу шарттары, иш жөндөмдүүлүгү, ишенимдүү пайдалануунун эффективдүүлүгү, статистикалык мүнөздөмөлөр.

Диссертациялык изилдөөнүн негизги максаты тоолуу шарттарда автомобилдин иш жөндөмдүүлүгүн башкаруунун техникалык-экономикалык ыкмаларын пайдалнууну эффективдүүлүгүн жогорулаттууга багытталган.

Төмөндөгүдөй маселелер каралган: автомобиль транспорт каражаттарынын (АТК) эксплуатациясынын негизги нормативдерин түздөө системасын түзү; жол кыймылыннын коопсуздугун камсыз кылган АТК агрегаттары үчүн пландуу ондоонун мезгилдүүлүгүн оптималдуулугунун математикалык моделин иштеп чыгуу, АТКнын өндүрүштүк жана эксплуатациялык чөйрөлөрүнүн ортосунда алардын техникалык даярдыгын башкарууда сарптоолордун өзгөрүсүнүн мыйзам ченемдүүлүгүн аныктоо, автомобиль ишканаларынын сарптоосунун азаюусун камсыз кылган АТКнын конструкциялык элементтеринин запасынын оптималдуу денгээлин аныктоо ыкмасы иштелип чыккан; АТКнын эксплуатациялоодо ишеничтүүлүгүн жана техникалык-эксплуатациялык көрсөткүчтөрүн аныктоо боюнча жыйынтыктарды жалпылоо жана эксперименталдык эсептөөлөрдү жүргүзү каралган; элементтерди алмашуу стратегиясынын иш жөндөмдүүлүгүн колдоодо чыгымдарын азаюусун алдын алуу АТКнын агрегаттарын кайра калыбына келтирүүдө мүнөздүү болгон техникалык таасирлер калыптанган.

РЕЗЮМЕ

Махмудова Фарогат Мирзонасриевна

Тема: «Технико-экономические методы управления работоспособностью автомобилей в горных условиях эксплуатации»

Ключевые слова: горные условия эксплуатации, работоспособность, надежность, эффективность использования, статистические характеристики.

Основной целью диссертационного исследования является разработка технико-экономических методов управления работоспособностью автомобилей в горных условиях эксплуатации, направленных на повышение эффективности их использования.

Рассмотрены следующие задачи: создание системы корректирования основных нормативов технической эксплуатации АТС; разработка математической модели определения оптимальной периодичности планового ремонта для агрегатов АТС, обеспечивающих безопасность дорожного движения; установление закономерности изменения затрат между сферами производства и эксплуатации АТС при управлении их технической готовностью; разработка методики определения оптимального уровня запаса конструктивных элементов АТС, обеспечивающих уменьшению затрат АТП; приведены результаты расчетов по определению надежных и технико-эксплуатационных показателей АТС в эксплуатации; сформированы характерные технические воздействия при восстановлении агрегатов АТС, предусматривающих минимизацию затрат на поддержание работоспособности оптимизацией стратегии замен элементов.

THE RESUME

Mahmudova Farogat Mirzonasrievna

Theme: «Technical and economic management methods working capacity of cars in mountain service conditions»

Keywords: mountain service conditions, working capacity, reliability, efficiency of use, statistical characteristics.

Main objective of dissertational research is working out of technical and economic management methods by working capacity of cars in the mountain service conditions directed on increase of efficiency of their use.

Following problems are considered: creation of system of a correcting of the basic specifications of technical operation of vehicles; working out of mathematical model of definition of optimum periodicity of planned repair for units of the vehicles providing safety of traffic; an establishment of law of change of expenses between spheres of manufacture and vehicles operation at management of their technical readiness; working out of a technique of definition of an optimum level of a stock of constructive elements of the vehicles, expenses MTE providing to reduction; generalization of results and carrying out of experimental calculations by definition reliability and tehniko-operational indicators of vehicles in operation are considered; characteristic technical influences at restoration of units of the vehicles providing minimization of expenses for maintenance of working capacity by optimization of strategy of replacements of elements are generated.