

На правах рукописи

БЫНДИКОВА ЮЛИЯ АЛЕКСАНДРОВНА

**ОЦЕНКА ПРИСПОСОБЛЕННОСТИ АВТОМОБИЛЕЙ
К НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫМ УСЛОВИЯМ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Специальность 05.22.10 – Эксплуатация автомобильного транспорта

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Тюмень 2004

Работа выполнена на кафедре эксплуатации автомобильного транспорта Тюменского государственного нефтегазового университета.

Научный руководитель: доктор технических наук,
Владимир Николаевич Карнаухов

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Николай Васильевич Храмцов
кандидат технических наук
Вера Дмитриевна Ильиных

Ведущая организация: Институт проблем освоения Севера
Сибирского отделения Академии наук
Российской Федерации

Защита состоится «21» апреля 2004 г. в 12:00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.273.04 при Тюменском государственном нефтегазовом университете по адресу: 625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 38, зал им. А.Н. Косухина.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ТюмГНГУ.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах с подписью, заверенной печатью организации, просим направлять в адрес диссертационного совета.

Автореферат разослан «___» *марта* 2004 г.

Телефон для справок (3452) 22-93-02.

Ученый секретарь
диссертационного совета

П.В. Евтин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Переход экономики страны на рыночные отношения резко повышает требования к эффективности работы автомобильного транспорта. Вместе с тем негативное влияние на работу подвижного состава оказывают суровые низкотемпературные условия, в которых эксплуатируется значительная часть автомобильного парка России.

Воздействие низких температур на работу автомобилей учитывается корректированием норм расхода ресурсов автомобильного транспорта, реализацией различных эксплуатационных мероприятий и т.п. Однако при этом недостаточно принимается во внимание различный уровень приспособленности автомобилей разных марок и моделей к низкотемпературным условиям. Это приводит к существенным погрешностям при назначении различных нормативов эксплуатации автомобилей, препятствует объективному планированию, контролю и оценке их эффективности и качества.

Несмотря на большое количество работ в области адаптации автомобилей, отсутствует оценка их приспособленности по комплексу свойств, не выявлена закономерность влияния понижения температуры на комплексный показатель приспособленности.

Для оценки изменения показателей отдельных эксплуатационных свойств автомобилей в суровых условиях широко используются инструментальные методы, которые требуют больших затрат. Вместе с тем комплексно оценить приспособленность возможно и на основании других методов, в частности, экспертных, которые, по сравнению с техническими средствами измерения, обеспечивают существенную экономию ресурсов. Однако до настоящего времени отсутствует научно обоснованная методика применения таких методов для оценки адаптации автомобилей.

Таким образом, работа, направленная на установление закономерности влияния понижения температуры окружающего воздуха на приспособленность автомобиля, является актуальной.

Данная работа выполнена в соответствии с Тематическим планом госбюджетных НИР ТюмГНГУ.

Целью исследования является повышение эффективности автомобильного транспорта на основе установления и использования закономерности влияния низкотемпературных условий эксплуатации на комплексную оценку приспособленности.

Объектом исследования служит система «автомобиль – низкотемпературные условия эксплуатации», а **предметом исследования** – эта система для автомобилей ряда конкретных марок и моделей.

Методологической основой исследования служили системный анализ, основы технической эксплуатации автомобилей, теория вероятностей

и математическая статистика, теория экспертных оценок, научные основы адаптации автомобилей.

Научная новизна работы:

разработана аддитивная математическая модель формирования комплексного показателя приспособленности автомобилей к низкотемпературным условиям эксплуатации;

для автомобилей ряда конкретных марок и моделей найдены численные значения параметров, входящих в модель формирования комплексного показателя приспособленности;

установлена совокупность из пяти частных показателей, необходимая для комплексной характеристики приспособленности автомобилей к низким температурам окружающего воздуха;

определены представительные интервалы низкотемпературных условий эксплуатации автомобилей и оценка их суровости по шкале R ;

установлена закономерность изменения величины комплексного показателя приспособленности автомобиля под влиянием низких температур окружающего воздуха;

разработана методика экспертной оценки адаптации автомобилей к низкотемпературным условиям эксплуатации и пути её практического использования.

Практическая ценность работы. Использование результатов исследования обеспечивает повышение эффективности работы автомобилей в зимних условиях на основе комплексной оценки приспособленности *совершенствованием* норм и нормативов эксплуатационного расхода ресурсов для улучшения планирования их потребности, осуществления режима экономии и рационального использования; рациональным *выбором* подвижного состава для определённых условий эксплуатации, а также *разработкой* требований по улучшению приспособленности автомобилей к низким температурам окружающего воздуха.

На защиту выносятся:

аддитивная математическая модель формирования комплексного показателя приспособленности автомобилей к низкотемпературным условиям эксплуатации;

численные значения параметров, входящих в модель формирования комплексного показателя приспособленности, для автомобилей ряда конкретных марок и моделей;

совокупность из пяти частных показателей, необходимая для характеристики приспособленности автомобилей к низким температурам окружающего воздуха;

представительные интервалы низкотемпературных условий эксплуатации автомобилей и оценка их суровости по шкале R ;

закономерность изменения величины комплексного показателя приспособленности автомобиля под влиянием низких температур окружающего воздуха;

методика экспертной оценки адаптации автомобилей к низкотемпературным условиям эксплуатации, включающая пути её практического использования.

Реализация результатов работы. На основе проведённых исследований разработаны методики, внедрённые в ГУП ТО «Облпассажиравтотранс» и используемые в учебном процессе ТюмГНГУ при подготовке инженеров автотранспортных специальностей.

Апробация работы. Основные положения диссертации были доложены, обсуждены и одобрены на заседаниях кафедры эксплуатации автомобильного транспорта ТюмГНГУ (2002, 2003, 2004 гг.), на научно-техническом семинаре «Транспортный комплекс 2002» в рамках международной специализированной выставки «Город 2002», «Автосалон», «Автозаправочный комплекс» (Тюмень, ТюмГНГУ, 2002), на научно-практической конференции «Нефть и газ: проблемы недропользования, добычи и транспортировки» (Тюмень, ТюмГНГУ, 2002), на 43-ей Международной научно-технической конференции ААИ «Проблемы создания и эксплуатации автомобилей, специальных и технологических машин в условиях Сибири и Крайнего Севера» (Омск, СибАДИ, 2003), на Международной научно-технической конференции «Нефть и газ Западной Сибири» (Тюмень, ТюмГНГУ, 2003).

Публикации. Основные положения и результаты диссертации изложены в 7 публикациях.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, списка литературы и приложений. Объем диссертации составляет 127 страниц текста (в том числе 21 таблица, 11 рисунков), список литературы из 125 наименований и 21 приложения.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, изложены ее научная новизна и практическая ценность, а также положения, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена анализу состояния вопроса.

Оценка воздействия низких температур на показатели эксплуатационных свойств автомобиля проводилась исследователями МАДИ, НАМИ, НИИАТ, СибАДИ, ТюмГНГУ и других российских и зарубежных организаций и учреждений. Указывается более десятка показателей, изменение которых при понижении температуры воздуха позволяет судить о степени приспособленности транспортного средства к низкотемпературным условиям

эксплуатации. Однако перечень показателей, необходимых для характеристики адаптации автомобиля, до настоящего момента не определен.

Установлено, что результаты ранее выполненных по исследуемой проблеме работ не позволяют оценивать адаптацию автомобилей к низкотемпературным условиям эксплуатации по совокупности свойств, не разработана соответствующая математическая модель, не выявлена закономерность изменения величины совокупного показателя приспособленности под влиянием низких температур окружающего воздуха.

С точки зрения экономии материальных, трудовых и временных ресурсов для комплексной оценки приспособленности автомобиля целесообразно использование экспертного метода. Однако до настоящего времени не разработана методика экспертной оценки применительно к приспособленности автомобилей, отсутствуют рекомендации по применению экспертных методов в этой области.

Комплексная оценка адаптации автомобиля может производиться на основании данных об изменении показателей его отдельных эксплуатационных свойств при понижении температуры окружающего воздуха. Однако оценка приспособленности автомобиля для всего множества значений низкой температуры окружающего воздуха является очень трудоёмкой при любом методе оценивания. Требуется разбиение указанного ряда температурных значений на интервалы. Для количественной характеристики указанных интервалов необходим оценочный критерий.

На основании проведенного анализа литературных источников для достижения поставленной цели исследования необходимо решить следующие задачи.

1. Разработать математическую модель формирования комплексного показателя приспособленности автомобилей к низкотемпературным условиям эксплуатации и найти численные значения входящих в неё параметров для автомобилей ряда конкретных марок и моделей.

2. Установить совокупность частных показателей, необходимую для характеристики приспособленности автомобилей к низким температурам окружающего воздуха.

3. Определить представительные интервалы низкотемпературных условий эксплуатации автомобилей и оценить их суровость.

4. Установить закономерность изменения величины комплексного показателя приспособленности автомобиля под влиянием низких температур окружающего воздуха и численные значения входящих в нее параметров.

5. Разработать методику экспертной оценки адаптации автомобилей к низкотемпературным условиям эксплуатации и пути её практического использования.

Вторая глава посвящена аналитическим исследованиям. Разработана общая методика исследований, являющаяся планом проведения аналитических и экспериментальных работ.

В целях оценки суровости условий эксплуатации автомобилей для обеспечения сопоставимости различных суровых факторов условий эксплуатации необходим оценочный критерий. Учитывая многофакторность условий эксплуатации автомобилей, этот критерий должен быть пригоден для использования в интегральном показателе, комплексно характеризующем воздействие совокупности различных факторов, и отвечать требованиям *универсальности, нормированности, сравнимости*. Этим требованиям соответствует универсальная 12-балльная шкала суровости. Единицей измерения суровости является показатель R , соответствующий 1/12 возможного максимального отклонения значения фактора от своего стандартного значения. В стандартных условиях критерий суровости равен 0, а в максимально суровых – 12 R . Таким образом, шкала суровости R может быть использована для оценки суровости представительных интервалов низкотемпературных условий эксплуатации.

Характеристикой приспособленности автомобиля к зимним условиям эксплуатации может служить изменение показателей его отдельных эксплуатационных свойств под воздействием низкой температуры окружающего воздуха. Оценка приспособленности автомобиля является многокритериальной задачей, где в качестве критериев оптимизации выступают показатели эксплуатационных свойств автомобиля. Поскольку указанные критерии имеют различную размерность и физическую природу, необходим механизм оптимизации, дающий возможность решения указанной многокритериальной задачи.

Исследование методов многокритериальной оптимизации позволило сделать вывод о том, что практически все известные методы векторного синтеза оптимальной системы непосредственно или косвенно сводятся к скалярному синтезу. Иначе говоря, частные критерии тем или иным способом объединяются в комплексный критерий, который затем максимизируется (или минимизируется).

Комплексная оценка приспособленности автомобиля предусматривает использование комплексного (обобщающего) коэффициента приспособленности. Комплексный коэффициент приспособленности K автомобиля представляет собой функцию, зависящую от единичных показателей, и может быть найден по формуле:

$$K = K_v \cdot \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot k_{npi} \quad (1)$$

где λ_i – «вес» i -го показателя приспособленности автомобиля;

k_{npi} – коэффициенты адаптации, учитывающие приспособленность автомобиля к низкотемпературным условиям эксплуатации по различным показателям его эксплуатационных свойств;

n – количество показателей приспособленности автомобиля.

K_v – коэффициент «вето». Он обращается в 0, когда один из частных показателей приспособленности выходит за установленные пределы и равен 1 во всех остальных случаях.

Комплексный коэффициент приспособленности изменяется в пределах от 0 до 1. Если $K = 0$, то автомобиль совершенно не приспособлен к данным условиям работы. Если $K = 1$, то значения показателей эксплуатационных свойств автомобиля соответствуют номинальным (указанным в паспорте автомобиля). В соответствии с принятой в рамках исследования классификацией автомобилей по приспособленности, комплексный коэффициент приспособленности K имеет 3 характерных диапазона изменения: от 0 до 0,33 (этому интервалу соответствует *низкий* уровень приспособленности автомобиля), от 0,33 до 0,66 (*средний* уровень приспособленности), от 0,66 до 1 (*высокий* уровень).

Комплексный коэффициент приспособленности K изменяется в пространстве типобразующих эксплуатационных свойств автомобиля, а также в зависимости от суровости низких температур окружающего воздуха. В результате априорного исследования содержательной сущности комплексного коэффициента приспособленности автомобиля сформирована рабочая гипотеза, нашедшая подтверждение в главе третьей настоящей работы. Согласно указанной гипотезе, поиск зависимости комплексного коэффициента приспособленности K от суровости низкотемпературных условий эксплуатации h должен производиться в классе функций, соответствующих типичной аддитивной модели приспособленности.

$$K = K_o - s \cdot h^\alpha, \quad (2)$$

где K_o – оптимальное значение комплексного коэффициента приспособленности автомобиля;

h – суровость низкотемпературных условий эксплуатации, R ;

s – параметр чувствительности к увеличению суровости низкотемпературных условий эксплуатации, отражает степень кривизны линии, $^{\circ}C^{-1}$;

α – параметр математической модели, отражает степень кривизны линии.

Для определения значений комплексного коэффициента приспособленности необходимо сформировать перечень выходных параметров автомобиля, наиболее информативных с точки зрения его приспособленности к низким температурам, установить «вес» каждого из показателей в ком-

плексной характеристике, определить значения частных коэффициентов приспособленности для автомобилей различных марок и моделей в конкретных низкотемпературных условиях эксплуатации.

Установлено, что в условиях, когда показатели, характеризующие различные свойства изучаемого объекта, не соизмеримы и их значения не одинаковы, единственным достаточно объективным способом оценки свойств является определение между ними отношений предпочтительности, которое можно выполнить с помощью метода экспертных оценок.

В третьей главе получена статистическая информация, являющаяся результатом проведения экспертных опросов и прямых измерений, а также произведен её анализ. На основе использования основных принципов экспертного анализа разработаны методики экспертного опроса для определения перечня наиболее информативных с точки зрения приспособленности (типообразующих) показателей эксплуатационных свойств автомобиля и весовых характеристик к ним, для установления представительных интервалов низкотемпературных условий, для комплексной оценки адаптации автомобилей конкретных марок и моделей к понижению температуры окружающего воздуха. В рамках решения задач третьей главы применены также апробированные методики измерения времени прогрева двигателя, а также обработки и анализа полученных данных.

На основании профессионально-теоретического анализа установлены процедуры предварительной оценки экспертов: определены качества, необходимые и достаточные для участия специалистов в экспертизе, составлен перечень вопросов к ним. В качестве способа организации экспертизы выбран метод Дельфы, основные принципы которого: многотуровость, анонимность, использование «обратной связи» – позволяют эмпирически повысить точность результатов экспертного опроса. Для опроса экспертов применен метод интервью, позволяющий индивидуализировать объяснение вопросов экспертам, тем самым практически исключив погрешности, возникающие из-за неправильного их толкования.

На основе анализа литературы установлен первоначальный перечень эксплуатационных свойств автомобиля, способных служить характеристиками его адаптации к низкотемпературным условиям. Установлена необходимость составления ограниченного перечня типобразующих показателей эксплуатационных свойств автомобиля, так как известно, что в условиях дефицита выборочной информации включение малоинформативных показателей в решающее правило не только увеличивает затраты на сбор информации, но и ухудшает среднюю эффективность классификации.

Для установления конечного перечня частных показателей адаптации на основании данных предварительного опроса осуществлен отбор экспертов. В качестве метода упорядочивания альтернатив использован метод ранжирования показателей, как наиболее соответствующий целям

экспертизы. Для достижения требуемого уровня согласованности оценок проведено три тура экспертного опроса, произведена оценка компетентности экспертов (после третьего тура размах ее варьирования составил от 0,56 до 0,98), пересчёт экспертных оценок с учётом показателей компетентности. Выполнен расчёт коэффициента парной корреляции и коэффициента согласия для всех возможных парных взаимосвязей. На основании расчета агрегированы взаимозависимые свойства.

Согласованность экспертных данных подвергнута анализу по трём основным критериям: коэффициенту вариации V (его значение для различных свойств составляло после 3 тура опроса от 0,18 до 0,02), разности $(1 - \mu_j)$ (где μ_j – показатель вариации j -го свойства) как меры согласованности по каждому признаку (варьируется от 0,26 до 0,46), коэффициента конкордации W , характеризующего согласованность мнений по нескольким свойствам, оказывающим влияние на один конечный результат – приспособленность автомобиля (значение W после 3-го тура опроса составило 0,02). Значимость коэффициента конкордации подтверждена критерием χ^2 ($\chi^2_{\text{факт}} < \chi^2_{\text{табл}}$).

Средняя точность экспертных оценок по достижении согласованности после третьего тура опроса составляет 0,85. В результате анализа экспертных данных сформирован перечень из 5-ти частных показателей приспособленности, определены их весовые коэффициенты. Таким образом, комплексный коэффициент адаптации автомобиля будет иметь вид:

$$K = (k_{np_1} \cdot 0,33 + k_{np_2} \cdot 0,27 + k_{np_3} \cdot 0,2 + k_{np_4} \cdot 0,13 + k_{np_5} \cdot 0,07) \cdot K_V, \quad (3)$$

где k_{np_1} – коэффициент адаптации автомобиля по топливной экономичности;

k_{np_2} – коэффициент адаптации автомобиля по лёгкости запуска холодного (непрогретого) двигателя;

k_{np_3} – коэффициент адаптации автомобиля по долговечности двигателя;

k_{np_4} – коэффициент адаптации автомобиля по времени прогрева двигателя после стоянке на открытом воздухе;

k_{np_5} – коэффициент адаптации по долговечности агрегатов трансмиссии;

Показателям свойства *экологичность автомобиля* экспертами были присвоены невысокие ранги. Это объясняется прежде всего отсутствием у экспертов сведений об изменении значений экологических показателей при понижении температуры окружающего воздуха.

Для определения представительных интервалов низкотемпературных условий эксплуатации в результате проведения предварительного опроса сформирована группа из 11 специалистов. Для выявления экспертных знаний в качестве основополагающего использован метод непосредственной интервальной оценки.

Мнения, полученные в результате опроса, были подвергнуты статистической обработке по двум направлениям: анализ экспертных данных о количестве и о составе представительных интервалов низких температур окружающего воздуха. Для достижения требуемого уровня согласованности потребовалось проведение двух туров опроса. Выполнен расчет вариации и относительных вероятностей оценок экспертов. Для анализа распределения мнений экспертов построены гистограммы распределения отдельно для каждой опорной точки интервалов. На рис. 1 показан пример построения гистограммы для верхней опорной точки представительных интервалов низкотемпературных условий.

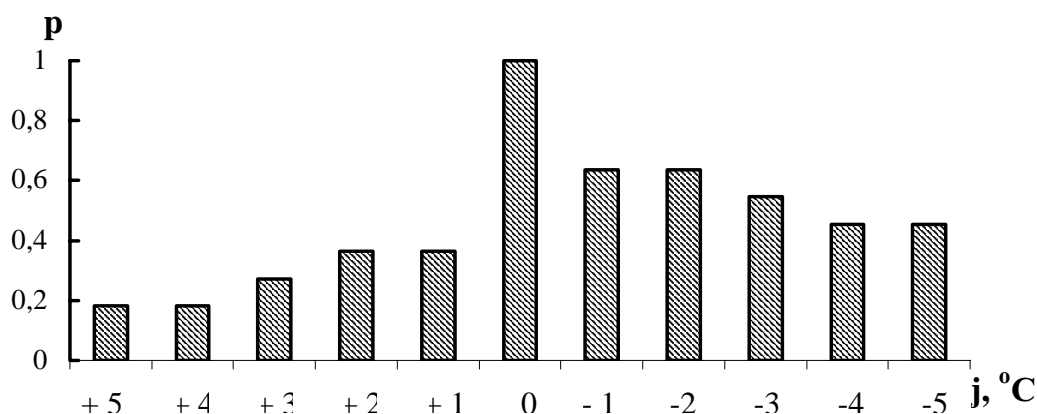


Рис. 1. Гистограмма распределения мнений экспертов о значении верхней опорной точки представительных интервалов низкотемпературных условий эксплуатации автомобилей

Гистограмма показывает высокую согласованность в ответах экспертов относительно значения $0\text{ }^\circ\text{C}$. По оси абсцисс находятся значения температуры окружающего воздуха, по оси ординат – величина p_j , предназначенная для анализа вариации j -го признака. Величина p_j представляет собой отношение метрики Хемминга, служащей для выделения обоснованного дискретного значения в распределении интервальных оценок, к числу экспертов в группе. Принимая во внимание согласованное групповое мнение экспертов, получены четыре представительных интервала низкотемпературных условий эксплуатации. Их оценка в R указана в табл. 1.

Таблица 1

Оценка интервалов низкотемпературных условий эксплуатации

Интервал	Границы интервала, определенные	
	по шкале Цельсия, $^\circ\text{C}$	по шкале суровости, R
1.	[0 ... -10]	[3,4 ... 5,1]
2.	(-10 ... -20]	(5,1 ... 6,9]
3.	(-20 ... -30]	(6,9 ... 8,6]
4.	(-30 ... -40]	(8,6 ... 10,3]

Для комплексной оценки приспособленности автомобиля конкретной марки и модели использованы данные серий экспертных опросов (отдельно для каждой конкретной марки и модели). Состав каждой экспертной группы после проведения предварительного собеседования включал 10 – 15 человек. Всего в экспертизе участвовало 173 специалиста, определявших приспособленность автомобилей 12 различных марок и моделей: ВАЗ-2105, ВАЗ-2106, ВАЗ-2107, ВАЗ-2108, ВАЗ-21099, ВАЗ-21213, ГАЗ-2410, ГАЗ-31029, КамАЗ-5410, КрАЗ-6443, «Москвич»-412, ИЖ-2715. Вопросы к эксперту предполагали ответы, выраженные в словесных формулировках, измеренные по 4-балльной порядковой шкале.

Для проверки согласованности экспертных данных были рассчитаны коэффициенты вариации V , μ , коэффициент, характеризующий область, содержащую основную часть ответов экспертов K_M , а также коэффициент конкордации W , значимость которого определяет показатель χ^2 . Произведен анализ компетентности экспертов, данные скорректированы с учетом показателей компетентности. На основании данных о согласованности экспертных оценок отдельно в каждой серии опроса принималось решение о проведении следующего тура (согласно методу Дельфы).

После того, как было установлено, что полученные данные характеризуются согласованностью выше средней, вычислено обобщенное мнение экспертов, рассчитано значение комплексного коэффициента адаптации автомобилей представленных марок и моделей в каждом представительном интервале суровости низкотемпературных условий эксплуатации.

В вероятном интервале, характеризующем температуру наиболее холодного периода в умеренно-холодной климатической зоне (представительный пункт – г. Тюмень), исследуемые марки и модели автомобилей распределяются в зависимости от уровня приспособленности следующим образом:

Таблица 2

Уровни приспособленности автомобилей в интервале суровости низкотемпературных условий эксплуатации от 6,9 R до 8,6 R

Высокий $K = (0,66 \dots 1,00]$	Средний $K = (0,33 \dots 0,66]$	Низкий $K = [0 \dots 0,33]$
ВАЗ-2108 ВАЗ-21099	ВАЗ-2105 ВАЗ-2106 ВАЗ-2107 ВАЗ-21213 КамАЗ-5410 КрАЗ-6443	ГАЗ-24-10 ГАЗ-31029 Москвич-412 ИЖ-2715

Для подтверждения зависимости комплексного коэффициента приспособленности от температуры окружающего воздуха использованы данные экспертного опроса для трех различных марок и моделей автомобилей: ВАЗ-21099 (карб), ВАЗ-2107 и ИЖ-2715, в целях обеспечения репрезентативности выборки характеризующихся низким, средним и высоким уровнем приспособленности соответственно. Ответы экспертов были измерены по 10-балльной порядковой шкале. Требуемая согласованность была достигнута после второго тура опроса. Диапазон изменения коэффициента вариации V на этом этапе составил от 0 до 0,24 (средняя согласованность достигается при $V \leq 0,24$), коэффициента конкордации от 0,61 до 0,74 при $\chi^2_{\text{факт}} < \chi^2_{\text{табл}}$ (что свидетельствует о существовании неслучайной согласованности во мнениях экспертов).

Для построения требуемой зависимости достоверность экспертных данных была подвергнута проверке. В этих целях были проведены контрольные измерения времени прогрева двигателя для автомобилей ИЖ-2715, ВАЗ-2107 по методикам, разработанным и апробированным на кафедре «Эксплуатация автомобильного транспорта» ТюмГНГУ. Для проведения контрольных измерений был составлен план эксперимента. Методикой предусматривалось проведение замеров длительности прогрева двигателя при температурах окружающего воздуха плюс 20, 0, минус 10, минус 20, минус 30 °С. После длительной стоянки автомобиля на открытом воздухе к датчику температуры ОЖ подключался мультиметр MAS-838, после чего осуществлялся запуск двигателя. По достижении температуры двигателя плюс 20 °С включался секундомер. Прогрев осуществлялся до температуры 60 °С. В каждом из указанных значений температуры воздуха было проведено 4 – 7 замеров. Погрешность измерений составила 3,3 %. Было установлено, что распределение экспериментальных данных подчиняется нормальному закону.

Для сравнения был использован коэффициент приспособленности автомобиля по времени прогрева двигателя ($k_{\text{пр4}}$), определяемый как итог балльного оценивания в экспертном опросе, а при использовании результатов контрольных замеров равный отношению времени прогрева двигателя в стандартных условиях (плюс 20 °С) ко времени прогрева при заданной низкой температуре воздуха. Результаты экспериментов, данные экспертного опроса в сравнении с теоретической кривой, отражающей изменение коэффициента приспособленности автомобиля по времени прогрева двигателя при понижении температуры окружающего воздуха, в графическом виде представлены на рис. 2 и рис. 3.

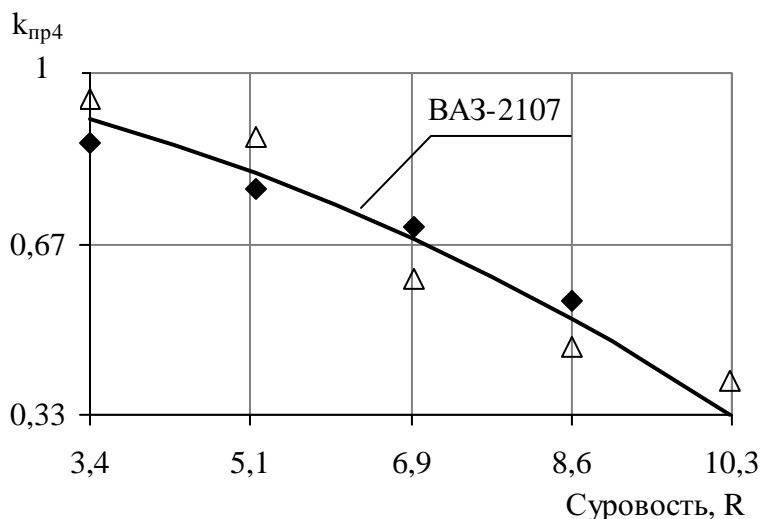


Рис. 2. Влияние суровости на величину коэффициента приспособленности по времени прогрева двигателя:
 ◆ – по результатам контрольных замеров;
 △ – по данным экспертного опроса.

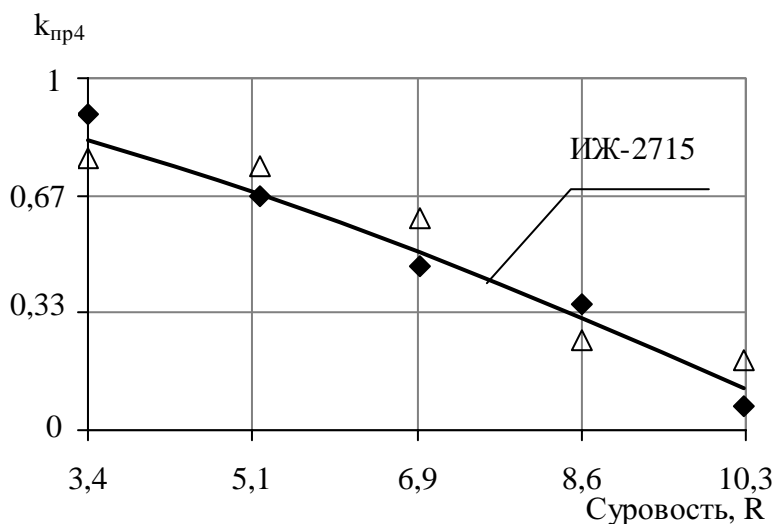


Рис. 3. Влияние суровости на величину коэффициента приспособленности по времени прогрева двигателя:
 ◆ – по результатам контрольных замеров;
 △ – по данным экспертного опроса.

Итоги сравнительного анализа данных измерений времени прогрева двигателей и результатов экспертного опроса на примере автомобилей ВАЗ-2107 и ИЖ-2715 показали, что отличие данных экспертного опроса от результатов контрольных измерений не превышает 15%. Таким образом, данные экспертного опроса могут быть использованы для установления закономерности влияния суровости низких температур окружающего воздуха на комплексный коэффициент приспособленности автомобилей.

В результате обработки полученных данных было установлено, что зависимость изменения величины комплексного коэффициента приспособленности K под влиянием суровости низкой температуры окружающего воздуха описывается типичной аддитивной моделью приспособленности. Результаты статистического анализа на примере автомобилей ИЖ-2715 (характеризуемого низким уровнем приспособленности), ВАЗ-2107 (средним уровнем приспособленности) и ВАЗ-21099 (высоким уровнем) представлены в табл. 3.

Таблица 3

Численные значения параметров и статистических характеристик модели (2)

Параметры	Значения для автомобиля с уровнем приспособленности		
	низким	средним	высоким
$s \cdot 10^{-3}$	10,03	2,81	1,07
α	1,97	2,39	2,69
F -критерий Фишера $факт., F_{факт}$	82,9	16,6	110,03
Ср. ошибка аппроксимации $\varepsilon, \%$	3,45	6,75	2,06
Уровень адекватности	0,95	0,95	0,95

Указанные в табл. 3 статистические характеристики указывают на высокую адекватность полученной модели. Таким образом, полученные результаты подтверждают гипотезу, выдвинутую во второй главе. Графически указанная зависимость для автомобилей с низким, средним и высоким уровнем приспособленности представлена на рис. 4.

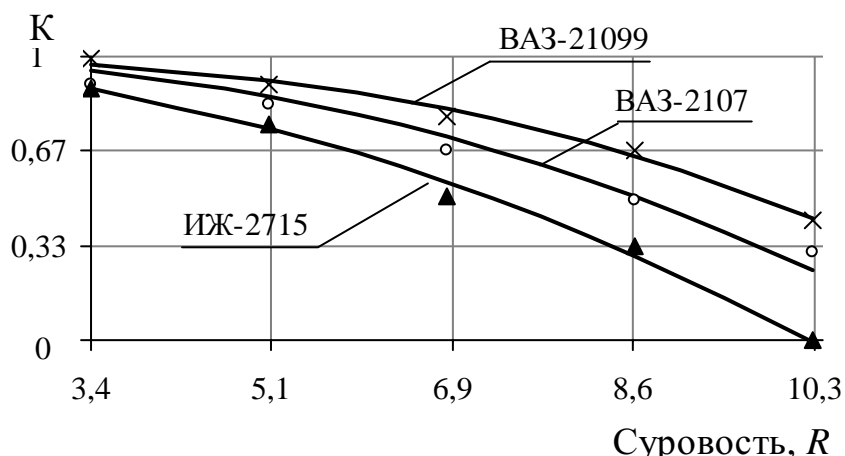


Рис. 4. Результаты определения зависимости изменения величины комплексного коэффициента приспособленности K под влиянием суровости низкотемпературных условий эксплуатации

Четвертая глава посвящена практическому использованию полученных результатов и оценке эффективности от их реализации.

На основании трансформации основных принципов экспертного анализа применительно к адаптации автомобилей, разработки и апробации в рамках исследования отсутствующих методов экспертного анализа разработана методика экспертной оценки адаптации автомобилей к низкотемпературным условиям эксплуатации. Математически формализованы рекомендации по выявлению и использованию экспертных суждений. Для упрощения практического применения составлены методические указания с подробным описанием методики, реализованы на ПЭВМ процедуры обработки и анализа экспертных оценок.

Разработана методика рационального выбора подвижного состава для определённых суровых условий эксплуатации. Указаны границы низ-

котемпературных условий, при которых эксплуатация автомобиля определенной марки и модели может быть признана эффективной, рекомендованы ограничения по использованию транспортных средств.

Для автомобилей различных марок и моделей разработан комплекс рекомендаций по улучшению их адаптации к низким температурам окружающего воздуха, дифференцированный по уровням приспособленности.

На основе разработки комплексной оценки адаптации автомобиля установлена методика дифференцированного корректирования норм расхода топлива. Экономическая эффективность рассчитана по формуле:

$$\mathcal{E} = \frac{N_a \cdot C_m \cdot Q_m}{10^4} \cdot \sum_{i=1}^N \left(N_{\text{дн}_i} \cdot l_{\text{сс}_i} \cdot [K_n - K_{\text{диф}_i}] \right), \quad (4)$$

где \mathcal{E} – экономия топлива в случае внедрения дифференцированных поправок к нормам расхода топлива, руб.;

N_a – количество автомобилей в парке, шт.;

C_m – цена одного литра топлива указанной марки, руб.;

Q_m – норма расхода топлива, л/100 км;

$N_{\text{дн}_i}$ – количество дней в расчетном месяце;

$l_{\text{сс}_i}$ – среднесуточный пробег автомобиля в данном расчетном месяце, км;

K_n – поправочный коэффициент к базовой норме расхода топлива согласно действующим нормам;

$K_{\text{диф}_i}$ – дифференцированный поправочный коэффициент к базовой норме расхода топлива.

Для автомобилей, составляющих предмет исследования, экономическая эффективность составляет от 935 до 2770 руб. в год (в ценах марта 2004 г.) для умеренно-холодной климатической зоны (представительный пункт – г. Тюмень). С учетом затрат на определение уровня приспособленности автомобиля на примере автомобиля ГАЗ-31029 экономическая эффективность указана в табл. 4.

Таблица 4

Расчет экономической эффективности на примере автомобиля ГАЗ-31029

Расчетные характеристики	Экономическая эффективность на 1 автомобиль в год при определении уровня адаптации, руб.	
	экспертным методом	с помощью технических средств
Затраты на определение уровня адаптации	300	2440
Прибыль от экономии топлива	1891	1891
Экономическая эффективность	1861	1647

Таким образом, использование результатов комплексной оценки приспособленности исследуемых автомобилей, а также Методики экспертной оценки адаптации для автомобилей других марок и моделей позволяет получить существенную экономию ресурсов.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Решена научно-практическая задача выявления и использования закономерности влияния низкотемпературных условий эксплуатации на комплексную оценку приспособленности, имеющая существенное значение для повышения эффективности автомобильного транспорта страны.

2. Разработана аддитивная математическая модель формирования комплексного показателя приспособленности автомобилей к низкотемпературным условиям эксплуатации. Значения частных коэффициентов приспособленности k_{np_i} , входящих в математическую модель, для автомобилей исследуемых марок и моделей находятся в пределах от 0,23 до 0,98.

3. Установлено, что для комплексной характеристики приспособленности автомобилей к низким температурам окружающего воздуха необходима совокупность, включающая пять частных показателей: топливная экономичность, легкость запуска холодного двигателя, долговечность двигателя, время прогрева двигателя после стоянки на открытом воздухе, долговечность агрегатов трансмиссии.

4. Низкотемпературные условия эксплуатации автомобилей в условиях умеренно-холодной климатической зоны (представительный пункт – г. Тюмень) характеризуются четырьмя представительными интервалами, суровость которых составляет от 3,4 R до 10,3 R , что соответствует температуре окружающего воздуха от 0 до -40 °С.

5. Закономерность изменения величины комплексного показателя адаптации автомобилей под влиянием низких температур окружающего воздуха характеризуется типичной аддитивной моделью приспособленности. Параметр s , входящий в математическую модель, для автомобилей исследуемых марок и моделей находится в пределах от $1,07 \cdot 10^{-3}$ до $10,03 \cdot 10^{-3}$.

6. Разработана методика экспертной оценки адаптации автомобилей к низкотемпературным условиям эксплуатации, представляющая собой частную модификацию основных принципов экспертного анализа. Указаны также другие пути практического использования полученных результатов.

7. Экономическая эффективность от внедрения полученных результатов составляет от 935 до 2770 руб. на 1 автомобиль в год в условиях представительного пункта умеренно-холодной климатической зоны (г. Тюмени).

8. Дальнейшее развитие исследований данного направления предусматривает установление перечня частных характеристик приспособлен-

ности дифференцированно по видам подвижного состава, а также оценку адаптации автомобилей с учетом их экологичности и комфортности условий для пассажиров и водителя.

Основные положения диссертации и ее результаты опубликованы в следующих работах.

1. Бындикова Ю.А. Применение экспертных методов для оценки приспособленности автомобилей к зимним условиям эксплуатации / Проблемы эксплуатации транспортных систем в суровых условиях. Матер. науч.-практ. конф. 22 – 23 ноября 2001, Ч. 2. – Тюмень: Нефтегазовый университет, 2002. – С. 48 – 52.

2. Бындикова Ю.А. Некоторые особенности методики применения экспертных методов для оценки приспособленности автомобилей к зимним условиям эксплуатации / Прогрессивные технологии в транспортных системах. Сб. докладов 5-ой Российской науч.-техн. конф. Ч. 1. – Оренбург: ИПК ОГУ, 2002. – С. 132 – 136.

3. Бындикова Ю.А. Модель комплексной оценки приспособленности автомобилей к суровым условиям эксплуатации / Транспортные проблемы Западно-Сибирского нефтедобывающего комплекса. Межвуз. сб. науч. трудов. – Тюмень: Изд.-во «Вектор Бук», 2002. – С. 60 – 64.

4. Карнаухов В.Н., Бындикова Ю.А. Проблемы применения экспертных оценок в научно-техническом прогнозировании / Нефть и газ Западной Сибири. Матер. междун. науч.-техн. конф., посв. 40-летию Тюм. госуд. нефтегаз. универ. (Индустр. инстит.). Т.2. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2003. – С. 116 – 117.

5. Карнаухов В.Н., Бындикова Ю.А. Определение представительных интервалов суровости низкотемпературных условий эксплуатации автомобилей / Проблемы создания и эксплуатации автомобилей, специальных и технологических машин в условиях Сибири и Крайнего Севера. Матер. междун. науч.-практ. конф. – Омск: СибАДИ, 2003. С. 69-70.

6. Бындикова Ю.А. Комплексная оценка приспособленности автомобилей к понижению температуры окружающего воздуха // Проблемы эксплуатации транспортных средств в суровых условиях: Мат. регион. науч.-практ. конф. / Отв. ред. Ш.М. Мерданов. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2003. – С. 7 – 8.

7. Бындикова Ю.А. Пути практического использования комплексной оценки приспособленности автомобилей к низкотемпературным условиям эксплуатации / Автомобиль и техносфера – Труды III Междун. науч.-практ. конф. 17-20 июня 2003 г. – Казань: Изд.-во Казан. гос. техн. ун-та, 2003. – С. 1029 – 1031.