

На правах рукописи

ЭРТМАН СЕРГЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ

**ПРИСПОСОБЛЕННОСТЬ АВТОМОБИЛЕЙ
К ЗИМНИМ УСЛОВИЯМ ЭКСПЛУАТАЦИИ
ПО ТЕМПЕРАТУРНОМУ РЕЖИМУ ДВИГАТЕЛЕЙ**

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:	Заслуженный деятель науки и техники РФ, доктор технических наук, профессор Леонид Григорьевич Резник
Официальные оппоненты:	Заслуженный деятель науки и техники РФ, доктор технических наук, профессор Александр Сергеевич Терехов кандидат технических наук, доцент Александр Егорович Королев
Ведущая организация:	Институт проблем освоения Севера Сибирского отделения Академии наук Российской Федерации

Защита состоится «21» апреля 2004 г. в 10⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 212.273.04 при Тюменском государственном нефтегазовом университете по адресу: 625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 38, зал имени 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 *«19» марта 2004 г.*

Телефон для справок (3452) 22-93-02.

Ученый секретарь
диссертационного совета

П.В. Евтин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Переход к рыночным отношениям обуславливает повышение требований к эффективности работы автомобильного транспорта. В то же время для эксплуатации большей части автомобильного парка нашей страны типичны суровые зимние условия, оказывающие негативное влияние на показатели работы подвижного состава. Зимние условия характеризуются прежде всего низкими температурами окружающего воздуха, влияние которых усугубляется одновременным воздействием ветра.

Под влиянием зимних условий существенно изменяется температурный режим двигателей автомобилей, что объясняется повышением теплоотдачи с поверхности агрегата в окружающую среду. В связи с этим резко возрастает время прогрева двигателей после пуска, и уменьшается период их охлаждения после остановки.

В ряде работ установлено, что двигатели автомобилей различных марок и моделей в одинаково суровых условиях эксплуатации имеют различную интенсивность теплоотдачи, то есть характеризуются разными значениями темпов прогрева и охлаждения. Это объясняется различной приспособленностью автомобилей к зимним условиям, что недостаточно учитывается при их эксплуатации и ведет к снижению эффективности автомобильного транспорта в этих условиях.

Для повышения эффективности использования автомобилей зимой необходима объективная оценка их приспособленности по температурному режиму двигателей. Однако несмотря на большое количество работ, как в области адаптации автомобилей, так и по изучению температурного режима двигателей, до сих пор отсутствует показатель приспособленности автомобилей к зимним условиям, учитывающий в совокупности интенсивность процессов прогрева и охлаждения двигателей. Недостаточно изучены закономерности изменения этих процессов в их совокупности, что свидетельствует о необходимости научного решения рассматриваемой проблемы.

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

Целью исследования является повышение эффективности эксплуатации автомобилей в суровых зимних условиях на основе установления и использования закономерностей изменения их приспособленности по температурному режиму двигателей.

Объектом исследования служат процессы прогрева и охлаждения автомобильных двигателей в зимних условиях эксплуатации, а **предметом исследования** – эти процессы для автомобилей ряда конкретных марок и моделей (Урал, КраЗ, ЗиЛ, ГАЗ, УАЗ, ВАЗ, КАвЗ).

Методологической базой исследования служат системный анализ,

теория вероятности и математическая статистика, основы теплопередачи, программирования и адаптации автомобилей.

Научная новизна работы.

1. Установлены закономерности изменения времени охлаждения и прогрева двигателей под влиянием температуры окружающего воздуха и скорости ветра.

2. Установлено, что связь между температурой охлаждающей жидкости и средней температурой поверхности двигателя описывается линейной зависимостью, что позволяет принять температуру охлаждающей жидкости в качестве представительной для двигателя в целом.

3. Разработана математическая модель формирования комплексного показателя приспособленности автомобилей к зимним условиям эксплуатации по температурному режиму двигателей.

4. Определена закономерность изменения комплексного показателя приспособленности автомобилей к зимним условиям эксплуатации по температурному режиму двигателей при понижении температуры окружающего воздуха и увеличении скорости ветра.

5. Разработана методика оценки уровня приспособленности автомобилей к зимним условиям эксплуатации по температурному режиму двигателей и пути ее практического использования.

Практическая ценность работы. Использование разработанной методики позволяет оценить уровень приспособленности автомобилей для повышения эффективности их работы в зимних условиях *на основе определения* рационального времени, необходимого для прогрева двигателей и *расчета* допустимого времени охлаждения при заданных температуре окружающего воздуха и скорости ветра, *корректирования* расхода топлива на прогрев двигателя в зимний период, *выбора* наиболее эффективных мероприятий для улучшения приспособленности автомобилей к зимним условиям по температурному режиму двигателей.

На защиту выносятся:

- закономерности изменения времени прогрева и охлаждения двигателей под влиянием температуры окружающего воздуха и скорости ветра;
- зависимость температуры охлаждающей жидкости от средней температуры поверхности двигателя;
- математическая модель формирования комплексного показателя приспособленности автомобилей к зимним условиям эксплуатации по температурному режиму двигателей;
- закономерность изменения комплексного показателя приспособленности автомобилей к зимним условиям эксплуатации по температурному режиму двигателей при понижении температуры окружающего воздуха и увеличении скорости ветра;
- численные значения параметров математических моделей приме-

нительно к автомобилям ряда конкретных марок и моделей;

- методика оценки приспособленности автомобилей к зимним условиям эксплуатации по температурному режиму двигателей и пути ее практического использования.

Реализация результатов работы. На основе проведенных исследований разработаны Методики, внедренные в ЗАО "Таксомоторный парк" (г. Тюмень) и используемые в учебном процессе ТюмГНГУ при подготовке инженеров автотранспортных специальностей.

Апробация работы. Основные положения диссертации были доложены, обсуждены и одобрены на международных научно-практических конференциях «Проблемы машиностроения и технологии материалов на рубеже веков» (Пенза, ПГУ, 28-30 мая 2003 г.), «Дорожно-транспортный комплекс, экономика, экология, строительство и архитектура» (Омск, СибАДИ, 21-23 мая 2003 г.), «Проблемы создания и эксплуатации автомобилей, специальных и технологических машин в условиях Сибири и крайнего севера» (Омск, СибАДИ, 24-25 сентября 2003 г.), на научно-практической конференции «Нефть и газ: проблемы недропользования, добычи и транспортировки» (Тюмень, ТюмГНГУ, 25-26 сентября 2002 г.), на заседаниях кафедры эксплуатации автомобильного транспорта ТюмГНГУ (2002, 2003, 2004 гг.).

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

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, списка литературы и приложений. Объем диссертации составляет 127 страниц текста, 37 таблиц, 29 рисунков, список литературы из 117 наименований и 6 приложений.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

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

Первая глава посвящена анализу состояния вопроса.

Большое количество научных работ разных авторов посвящены повышению эффективности эксплуатации автомобильного транспорта в зимних условиях. Такие работы проводились в НИИАТ, НАМИ, МАДИ, СибАДИ, ТюмГНГУ, а также в других организациях и учреждениях. Проведенный анализ литературы показал следующее.

Снижение эффективности эксплуатации автомобилей в зимних условиях исследователи связывают, как правило, с ухудшением температурного режима двигателей. В качестве основных параметров внешней среды, влияющих на тепловое состояние двигателей, большинство исследователей рассматривают температуру окружающего воздуха и скорость ветра.

Основными параметрами, характеризующими температурный режим двигателей, является установившаяся температура, а также время их прогрева и охлаждения. Анализ предыдущих исследований показал, что влияние зимних условий на время прогрева и охлаждения двигателей разных автомобилей имеет дифференцированный характер, закономерности изменения которых до настоящего времени в полной мере не установлены.

Исследования температуры двигателя автомобиля проводятся в большинстве работ по данным измерений температуры его охлаждающей жидкости. Между тем, связь температуры двигателя с температурой его охлаждающей жидкости не доказана.

Неодинаковое влияние зимних условий эксплуатации на температурный режим двигателей автомобилей обусловлено различным уровнем приспособленности этих автомобилей к суровым условиям. Для получения возможности адекватной оценки уровня приспособленности автомобилей необходимо наличие количественного показателя их приспособленности по температурному режиму двигателей. До настоящего времени комплексный показатель, учитывающий приспособленность автомобилей по времени прогрева и охлаждения двигателей, не разработан, не определены уровни приспособленности автомобилей к зимним условиям эксплуатации по температурному режиму двигателей.

Скорость воздушного потока, обдувающего автомобиль, степень утепления и теплофизические свойства двигателя определяют интенсивность теплоотдачи двигателя и, соответственно, влияют на время его прогрева и охлаждения. Вид математической модели изменения комплексного показателя приспособленности под воздействием указанных факторов ранее не был определен, а также не установлены численные значения ее параметров.

Кроме того, не разработана методика оценки приспособленности автомобилей к зимним условиям по температурному режиму двигателей, которая позволяла бы привлекать для эксплуатации наиболее приспособленные к данным условиям автомобили.

В результате анализа материалов по исследуемой проблеме для достижения поставленной цели исследования необходимо решить следующие задачи.

1. Установить закономерности изменения времени прогрева и охлаждения двигателей под влиянием температуры окружающего воздуха и скорости ветра.
2. Установить зависимость между температурой двигателя и его охлаждающей жидкости.
3. Разработать математическую модель формирования комплексного показателя приспособленности автомобилей к зимним условиям эксплуатации по температурному режиму двигателей.

4. Определить закономерность изменения комплексного показателя приспособленности автомобилей к зимним условиям эксплуатации по температурному режиму двигателей при понижении температуры окружающего воздуха и увеличении скорости ветра.

5. Определить численные значения параметров математических моделей применительно к автомобилям ряда конкретных марок и моделей.

6. Разработать методику оценки приспособленности автомобилей к зимним условиям эксплуатации по температурному режиму двигателей и пути ее практического использования.

Во второй главе разработана общая методика исследований, являющаяся планом проведения аналитических и экспериментальных работ, проведены теоретические изыскания в рамках решаемой проблемы.

Время охлаждения двигателя автомобиля $\tau_{охл}$ после остановки определяется теплофизическими свойствами агрегата и условиями протекания процесса охлаждения на его поверхности. Однако теоретическое определение времени охлаждения двигателя затруднено, так как до сих пор не установлена зависимость коэффициента неравномерности распределения температуры в двигателе от условий охлаждения на его поверхности. Для определения характера зависимости коэффициента неравномерности распределения температуры ψ использовано дифференциальное уравнение теплопроводности для шара. Решение этого уравнения позволяет определить зависимость коэффициента неравномерности распределения температур двигателя от числа Bi и представить эту зависимость в виде адекватной модели:

$$Bi \cdot \psi = b'_1 \cdot \exp\left(\frac{b'_2}{Bi}\right), \quad (1)$$

где Bi – число Био,

b'_1, b'_2 – параметры модели, зависящие от свойств двигателя (шара).

Учитывая (1) и то, что для каждого двигателя теплоемкость C , масса M , теплопроводность λ , определяющий размер l и площадь поверхности F являются постоянными – темп охлаждения отдельно взятого двигателя зависит только от коэффициента теплоотдачи α . Разработана модель изменения времени охлаждения двигателя $\tau_{охл}$ от начальной t_n до конечной температуры t_k под влиянием температуры окружающего воздуха t_e , скорости ветра w и теплофизических свойств двигателя:

$$\tau_{охл} = \frac{l}{b_1} \exp\left(-\frac{b_2}{\alpha}\right) \cdot \ln \frac{t_n - t_e}{t_k - t_e}, \quad (2)$$

где b_1 – параметр модели, c^{-1} ;
 b_2 – параметр модели, $Вт/м^2 \cdot ^\circ C$.

Численные значения параметров модели b_1 и b_2 представлены в главе 4.

На основании анализа уравнения теплового баланса решена задача теоретического определения времени прогрева двигателя τ_{np} , зависящего от мощности внутреннего источника теплоты P , температуры окружающего воздуха, темпа охлаждения $m_{охл}$ и теплофизических свойств двигателя, которая имеет вид:

$$\tau_{np} = \frac{730 + 0,5 \cdot (t_k - t_n)}{d_1 \cdot P - d_2 \cdot m_{охл}} \cdot \ln \left(\frac{t_y - t_k}{t_y - t_n} \right), \quad (3)$$

где d_1 – постоянная модели, зависящая от теплофизических свойств двигателя, $^\circ C/Дж$;

d_2 – постоянная модели, $^\circ C$.

Численные значения параметров модели d_1 и d_2 представлены в главе 4.

Изменение температуры двигателя в данный момент времени в процессе прогрева и охлаждения описывается коэкспоненциальными моделями приспособленности (4) и (5):

$$t_k = t_y - (t_y - t_n) \cdot e^{-f(M, m_{охл})}, \quad (4)$$

$$t_k = t_e - (t_e - t_n) \cdot e^{-f(a, b, w, \tau_{охл})}. \quad (5)$$

Для характеристики адаптации автомобилей к суровым условиям эксплуатации применяется коэффициент приспособленности, отражающий изменение времени прогрева и охлаждения в данных условиях эксплуатации по отношению к их значению в стандартных условиях. Установлено, что коэффициенты приспособленности автомобиля к зимним условиям эксплуатации по времени прогрева двигателя от начальной температуры t_n до конечной t_k определяется по формуле (6):

$$K_{np} = \frac{\tau_{np}^{cm}}{\tau_{np}}, \quad (6)$$

а по времени охлаждения по формуле (7):

$$K_{охл} = \frac{\tau_{охл}}{\tau_{охл}^{см}}, \quad (7)$$

где $\tau_{пр}^{см}, \tau_{охл}^{см}$ – время прогрева и охлаждения двигателя от температуры t_n до температуры t_k в стандартных условиях, с;

$\tau_{пр}, \tau_{охл}$ – фактическое время прогрева и охлаждения двигателя от температуры t_n до температуры t_k , с.

При этом под *стандартными* понимаются условия, в которых технически исправный автомобиль реализует номинальные значения своих показателей качества.

Обоснована возможность применения двухкритериальной модели комплексного показателя приспособленности автомобилей к зимним условиям эксплуатации по температурному режиму двигателей, который может быть назван “параметром адаптивности” a .

Параметр адаптивности автомобилей предлагается определять по следующей формуле:

$$a = \frac{2 \cdot K_{пр} \cdot K_{охл}}{K_{пр} + K_{охл}}. \quad (8)$$

Параметр адаптивности изменяется от 0 до 1. Случай $a = 1$ имеет место при полной приспособленности автомобиля к зимним условиям эксплуатации, то есть когда прогрев на холостом ходу и охлаждение при неработающем двигателе осуществляется за тот же период времени, что и в стандартных условиях $\tau_{пр} \rightarrow \tau_{пр}^{см}$, а $\tau_{охл} \rightarrow \tau_{охл}^{см}$. Автомобиль абсолютно не приспособлен к фактическим условиям эксплуатации при $a = 0$, если двигатель автомобиля не прогревается совсем, или его прогрев осуществляется в течение очень длительного времени $\tau_{пр} \rightarrow \infty$, а время остывания очень мало $\tau_{охл} \rightarrow 0$. Значение параметра a также стремится к нулю, если один из коэффициентов приспособленности, входящих в него, стремится к нулю.

В целях оценки суровости условий эксплуатации автомобилей для обеспечения сопоставимости различных суровых факторов условий эксплуатации применена универсальная шкала суровости R . Величина индекса суровости H изменяется от 0 до наибольшего значения $H_{max} = 12R$, которым соответствует отсутствие суровости и наибольшее возможное отклонение фактора условий эксплуатации от стандартной величины.

Для удобства практического применения весь диапазон значений температуры окружающего воздуха разделен на шесть равных интервалов, а диапазон значений скорости ветра на четыре интервала: умеренный, умеренно-суровый, суровый и очень суровый.

Для удобства практического использования диапазон значений показателей приспособленности автомобилей может быть разбит на три уровня – с низкой, средней и высокой приспособленностью. Указанное разбиение может быть выполнено с использованием величины среднеквадратического отклонения σ при условии соответствия распределения значений коэффициентов приспособленности автомобилей нормальному закону. В качестве границ интервалов значений показателей принимается $\bar{a} \pm 2\sigma$, которым соответствует доверительная вероятность 0,95 (табл. 1).

Таблица 1

Характеристики уровней приспособленности автомобилей к зимним условиям эксплуатации по температурному режиму двигателей

Уровни приспособленности	Интервал значений коэффициента приспособленности	Среднее значение коэффициента приспособленности
Низкий	$(\bar{a} - 2\sigma; \bar{a} - 0,5\sigma]$	$\bar{a} - 1,25\sigma$
Средний	$(\bar{a} - 0,5\sigma; \bar{a} + 0,5\sigma]$	\bar{a}
Высокий	$(\bar{a} + 0,5\sigma; \bar{a} + 2\sigma]$	$\bar{a} + 1,25\sigma$

Разработана Методика определения допустимого времени охлаждения и рационального времени прогрева двигателей в зимних условиях эксплуатации. Для упрощения практического использования указанная Методика реализована на ПЭВМ в программе Microsoft Excel.

В третьей главе изложены методики экспериментальных исследований, которые проводились в соответствии с заранее составленным планом.

Для проведения экспериментальных исследований использовались апробированные методики и современные измерительные приборы, в том числе мультиметр MAS-838 и α -калориметр с дифференциальной термопарой.

В результате проведения предварительных экспериментов произведены градуировка датчиков температуры охлаждающей жидкости двигателей и тарировка термопары, а также определена общая тепловая инерционность термопары и мультиметра.

Предметом экспериментальных исследований служили автомобили Урал 4320, Урал 5557 (ЯМЗ 236), Урал 4420 (ЯМЗ 238), КрАЗ 6444, КрАЗ 255 Б1, ЗиЛ 131, ЗиЛ 130, ГАЗ 53, ГАЗ-САЗ 3507, ГАЗ 2705, ГАЗ 31029, УАЗ 31512, ВАЗ 2106, ВАЗ 21213, КАвЗ 3976 с различной степенью утепления двигателей. Диапазон исследования температуры окружающего воздуха составляет от плюс 20 до минус 42 °С, а скорости ветра – от 0 до 13 м/с.

Для определения возможности измерения температуры двигателя по значению датчика температуры его охлаждающей жидкости были получены экспериментальные данные (на примере двигателя ЗМЗ-402), позво-

лившие сделать вывод о наличии функциональной (нестохастической) связи между неслучайными переменными – значениями средней температуры поверхности двигателя и его охлаждающей жидкости. Таким образом, температура охлаждающей жидкости двигателя детерминированно определяется средней температурой двигателя и может выступать в качестве характерной температуры для двигателя в целом.

Для определения времени прогрева двигателя после стоянки автомобиля на открытом воздухе к датчику температуры охлаждающей жидкости подключался мультиметр, и после этого осуществлялся запуск двигателя. По достижении температуры охлаждающей жидкости 20 °С включался секундомер. Прогрев производился до температуры 60 °С.

При проведении эксперимента по определению времени охлаждения двигателя после его продолжительной работы, обеспечивающей равномерный прогрев всех узлов и деталей, двигатель выключался. При уменьшении температуры до 80 – 90 °С включался секундомер. Охлаждение происходило до температуры 40 °С.

Статистический анализ экспериментальных значений комплексного показателя, осуществленный с использованием программы “Regress 2.5”, позволил установить, что вероятность соответствия полученного распределения нормальному закону составляет 0,95. Для определения уровней адекватности математических моделей и установления численных значений их параметров осуществлен корреляционно-регрессионный анализ с применением программ “Regress 2.5” и “Statistica 6.0”.

В четвертой главе произведен анализ результатов аналитических и экспериментальных исследований.

В результате статистического анализа эмпирических значений параметров адаптивности исследуемых автомобилей, произведенного с помощью программы “Regress 2.5”, подтвержден нормальный закон распределения (рис. 1).

Для удобства практического использования весь интервал значений параметров адаптивности автомобилей разбит на три уровня – с низкой, средней и высокой приспособленностью, при этом $\bar{a} = 0,479$, $\sigma = 0,109$. На основании статистической проверки установлена значимость различия уровней приспособленности. Распределение автомобилей по уровням приспособленности представлено на рис. 1 и в табл. 2.

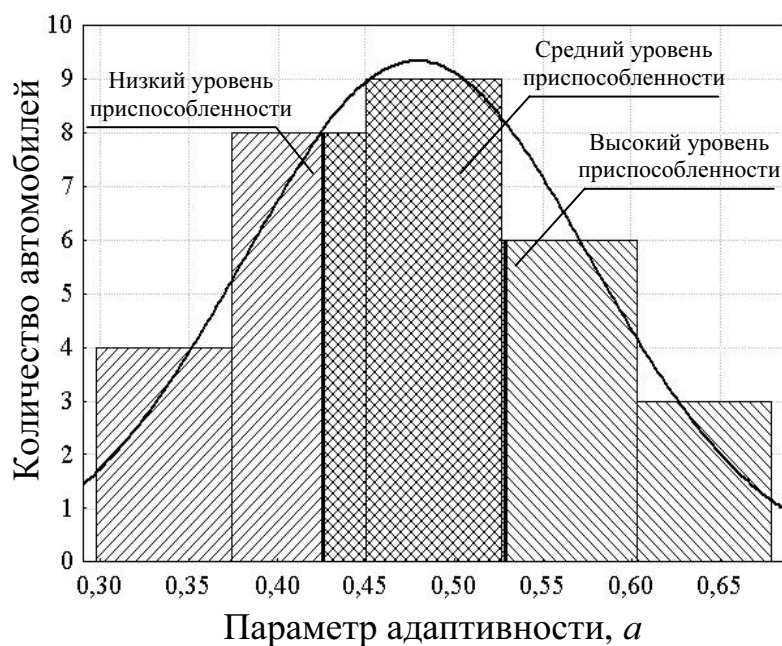


Рис.1. Гистограмма, кривая распределения и уровни приспособленности автомобилей к зимним условиям по температурному режиму двигателей

Таблица 2

Распределение автомобилей по уровням приспособленности к зимним условиям эксплуатации по температурному режиму двигателей

Уровень приспособленности автомобиля		
низкий	средний	высокий
ГАЗ 2705	ВАЗ 2106	ВАЗ 2106+
ГАЗ 53	ВАЗ 21213	ВАЗ 21213+
ЗиЛ 130	ГАЗ 31029	ГАЗ 2705+
ЗиЛ 131	ГАЗ 3507	ГАЗ 31029+
КрАЗ 255 Б1*	ГАЗ 53+	ГАЗ 3507+
КрАЗ 6444*	ЗиЛ 130+	КАвЗ 3976+
УАЗ 31512	ЗиЛ 131+	КрАЗ 6444*+
Урал 4320	КАвЗ 3976	УАЗ 31512+
Урал 4420*	КрАЗ 255Б1*+	Урал 4420*+
Урал 5557**	Урал 4320*+	
	Урал 5557**+	

* – установлен двигатель ЯМЗ 238

** – установлен двигатель ЯМЗ 236

+ – применен утеплитель двигателя

Численные значения комплексного показателя приспособленности автомобилей с высокой, средней и низкой приспособленностью представлены в табл.3.

Таблица 3

Численные значения комплексного показателя приспособленности

Уровень адаптации автомобиля	Интервал суровости H_V по скорости ветра, R	Значение комплексного показателя в интервале суровости H_t по температуре окружающего воздуха, R					
		[0 ... 2)	[2 ... 4)	[4 ... 6)	[6 ... 8)	[8 ... 10)	[10 ... 12]
Высокий	[0 ... 3)	0,79	0,71	0,64	0,56	0,48	0,40
	[3 ... 6)	0,75	0,67	0,59	0,51	0,43	0,35
	[6 ... 9)	0,70	0,62	0,54	0,47	0,39	0,31
	[9 ... 12]	0,66	0,58	0,50	0,42	0,34	0,26
Средний	[0 ... 3)	0,64	0,58	0,52	0,46	0,40	0,34
	[3 ... 6)	0,61	0,55	0,49	0,42	0,36	0,30
	[6 ... 9)	0,57	0,51	0,45	0,39	0,33	0,27
	[9 ... 12]	0,54	0,47	0,41	0,35	0,29	0,23
Низкий	[0 ... 3)	0,55	0,49	0,43	0,37	0,31	0,25
	[3 ... 6)	0,48	0,42	0,36	0,30	0,24	0,18
	[6 ... 9)	0,41	0,35	0,29	0,23	0,17	0,11
	[9 ... 12]	0,34	0,28	0,22	0,16	0,10	0,04

Анализ значений комплексного показателя приспособленности автомобилей с разным уровнем адаптации, представленных в табл. 3, показывает, что чем выше уровень приспособленности и ниже суровость условий эксплуатации, тем ближе к единице значение комплексного показателя приспособленности.

На втором этапе экспериментальных исследований были подтверждены модели изменения времени охлаждения после остановки двигателя и его прогрева на холостом ходу от температуры окружающего воздуха, скорости ветра и наличия утепления двигателя для различных марок и моделей автомобилей. Численные значения параметров моделей (2) и (3) представлены в табл. 4.

Таблица 4

Численные значения параметров моделей (2) и (3)

Уровень адаптации автомобиля	Диапазон варьирования численных значений параметров моделей			
	$b_1 \cdot 10^5, c^{-1}$	$b_2, m^2 \cdot ^\circ C / Bm$	$d_1 \cdot 10^7, (^\circ C) / Дж$	$d_2 \cdot 10^{-2}$
Высокий	21,7 ... 36,7	0,8 ... 4,2	5,8 ... 93	1,19 ... 3,74
Средний	21,9 ... 56,4	1,6 ... 5,3	5,9 ... 111,5	1,49 ... 3,57
Низкий	31,4 ... 48,0	1,5 ... 3,8	6,0 ... 57,5	1,29 ... 2,65

Для определения зависимостей времени прогрева двигателя на холостом ходу и времени охлаждения двигателя после его остановки от температуры окружающего воздуха, скорости ветра и наличия утепления двигателя для различных марок и моделей автомобилей был проведен корреля-

ционно-регрессионный анализ с использованием программы «Regress 2.5». Проверка адекватности модели производилась по критерию Фишера F и средней ошибке аппроксимации ε . Расчеты указанных статистических характеристик показали, что значения дисперсионного отношения Фишера больше табличных значений, а средняя ошибка аппроксимации находится в пределах 1,4...11,2 %, что свидетельствует об адекватности моделей.

Результаты эксперимента в графическом виде на примере автомобиля ГАЗ 2705 представлены на рис. 2 – 5.

Следующий этап исследований позволил получить двухфакторную модель формирования комплексного показателя приспособленности:

$$a = 1 - a_1 \cdot h_t - a_2 \cdot h_t \cdot h_w^{0,73} + a_3 \cdot h_t^2 \cdot h_w^{0,73}, \quad (9)$$

где h_t – суровость условий эксплуатации по температуре окружающего воздуха, R ;

h_w – суровость условий эксплуатации по скорости ветра, R ;

a_1 – параметр, отражающий степень влияния температуры окружающего воздуха, $^{\circ}\text{C}^{-1}$;

a_2, a_3 – параметры, отражающие степень влияния скорости ветра и температуры окружающего воздуха.

Численные значения параметров модели представлены в табл. 5.

Таблица 5

Численные значения параметров модели (9)

Уровень адаптации автомобиля	Диапазон варьирования численных значений параметров модели		
	$a_1 \cdot 10^{-2}$	$a_2 \cdot 10^{-2}$	$a_3 \cdot 10^{-3}$
Высокий	3,63 ... 8,78	1,65 ... 5,28	2,63 ... 8,02
Средний	4,03 ... 13,33	2,93 ... 6,05	3,60 ... 11,38
Низкий	7,06 ... 15,02	3,60 ... 7,36	5,82 ... 12,14

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

Как показывают результаты исследования, чем выше суровость условий эксплуатации и ниже уровень приспособленности автомобиля, тем больше время прогрева на двигателя холостом ходу и меньше длительность его охлаждения после остановки.

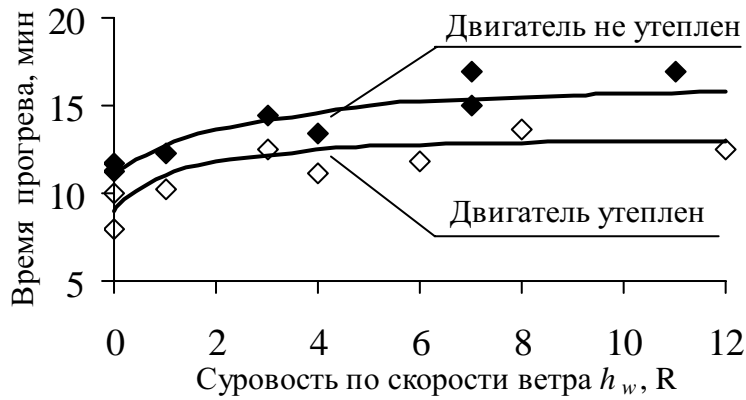


Рис.2. Зависимость времени прогрева двигателя автомобиля ГАЗ 2705 от скорости ветра при температуре окружающего воздуха минус 30 °С

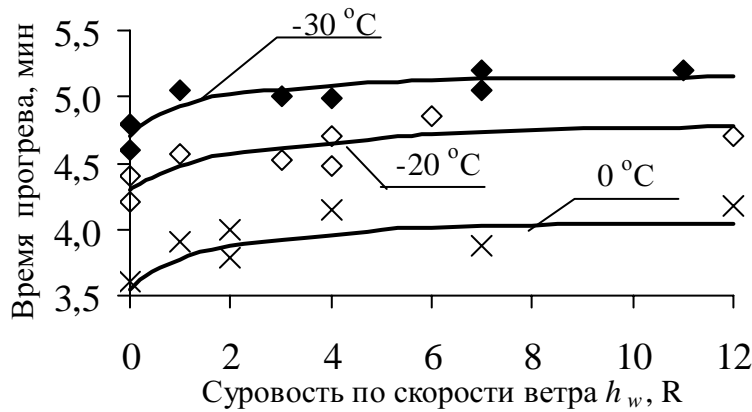


Рис.3. Зависимость времени прогрева двигателя автомобиля ГАЗ 2705 (от 20 до 60 °С) от температуры воздуха при различных скоростях ветра (без утепления двигателя)

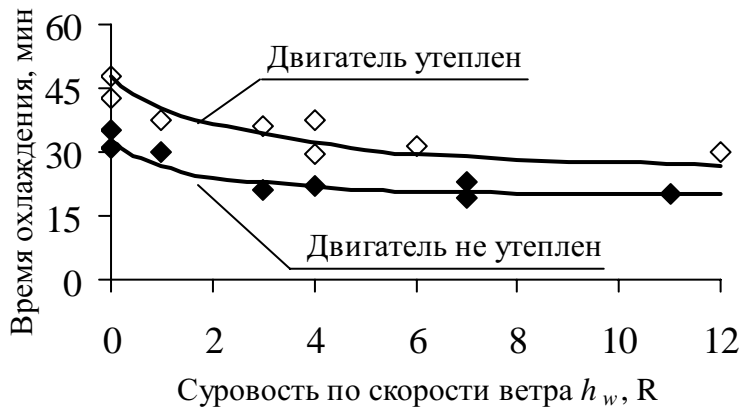


Рис.4. Зависимость времени охлаждения двигателя автомобиля ГАЗ 2705 (от 90 до 40 °С) от скорости ветра при температуре воздуха минус 30 °С

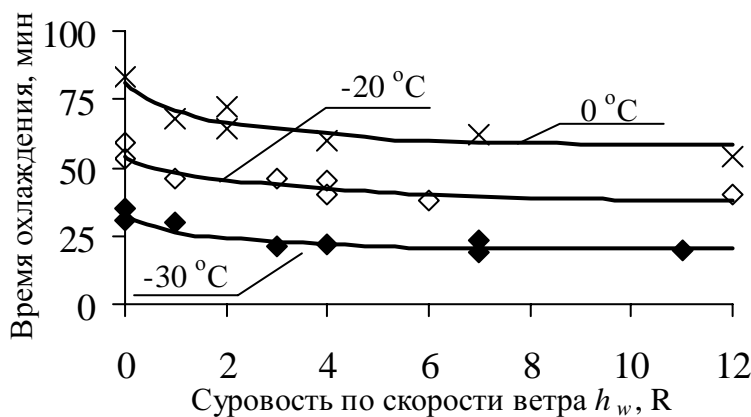


Рис.5. Зависимость времени охлаждения двигателя автомобиля ГАЗ 2705 от 90 до 40 °С от температуры воздуха при различных скоростях ветра (без утепления двигателя)

Численные значения параметров моделей, установленных в результате исследований, позволяют разработать следующие основные направления практической реализации:

1. Определение времени охлаждения двигателя при заданных условиях суровости условий эксплуатации и уровне приспособленности автомобиля.

2. Определение рационального времени прогрева двигателей автомобилей в заданных условиях суровости при известном уровне приспособленности автомобиля.

Разработаны соответствующие методики. Для удобства практического использования для автомобилей исследованных марок и моделей они реализованы в табличном виде. Разработанными методиками можно пользоваться для определения рационального времени прогрева и допустимой длительности охлаждения двигателей автомобилей других марок и моделей, если учитывать их соответствие исследованным автомобилям по массе, месторасположению двигателя, степени его утепления и плотности компоновки подкапотного пространства.

Предлагается реализация разработанных методик для поддержания температуры двигателя в диапазоне от 40 до 80 °С при использовании автомобиля в качестве дежурного и в интервале от 10 до 60 °С при межсменном хранении автомобиля в отрыве от производственной базы.

Изложены рекомендации эксплуатационным предприятиям и промышленности по улучшению топливной экономичности автомобилей в зимних условиях эксплуатации.

Экономический эффект от внедрения результатов исследования обеспечивается за счет учета приспособленности автомобиля к зимним условиям эксплуатации, что сокращает время используемой обычно на практике безостановочной работы двигателя при непродолжительной стоянке автомобиля. Экономия для автомобиля ВАЗ 2106 составляет в условиях умеренно-холодного климата (представительный пункт – г. Тюмень) – 1435 руб., а в условиях холодного климата (представительный пункт – г. Салехард) – 1822 руб. на один автомобиль в год (в ценах марта 2004 года).

Экологический эффект достигается за счет сокращения расхода топлива, что ведет к уменьшению загрязнения окружающей среды токсичными веществами, содержащимися в отработавших газах.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Решена научно-практическая задача повышения эффективности эксплуатации автомобилей в суровых зимних условиях на основе установления и использования закономерностей изменения их приспособленности к этим условиям по совокупности времени прогрева и охлаждения двигателей.

2. Установлены зависимости изменения времени прогрева и охлаждения двигателей от температуры окружающего воздуха и скорости ветра, описываемые многофакторными математическими моделями. На основе экспериментальных исследований определены численные значения параметров установленных моделей для исследованных автомобилей и доказана их адекватность.

3. На основе экспериментального исследования доказано, что температура охлаждающей жидкости представляет собой характерную температуру двигателя, и может быть использована в качестве представительной температуры двигателя в целом.

4. Разработана модель формирования комплексного показателя приспособленности автомобилей к зимним условиям эксплуатации по температурному режиму двигателей, представляющая собой отношение удвоенного произведения коэффициентов приспособленности по времени прогрева и охлаждения к их сумме. Диапазон изменения значений комплексного показателя составляет от 0 до 1.

5. На основании экспериментальных данных установлено, что распределение значений комплексных показателей приспособленности к зимним условиям по температурному режиму двигателей различных автомобилей подчиняется нормальному закону распределения, что позволило корректно определить три уровня приспособленности в соответствии со средним значением показателя приспособленности и его дисперсией. Низкий, средний и высокий уровни приспособленности характеризуются интервалами $-2\sigma \leq \bar{a} \leq -0,5\sigma$, $-0,5\sigma < \bar{a} \leq 0,5\sigma$ и $0,5\sigma < \bar{a} \leq 2\sigma$ соответственно, при этом $\bar{a} = 0,479$, $\sigma = 0,109$. На основании статистической проверки установлена значимость различия уровней приспособленности.

6. Определено, что закономерность изменения комплексного показателя приспособленности автомобилей к зимним условиям эксплуатации по температурному режиму двигателей описывается многофакторной моделью, установлены также численные значения входящих в нее параметров.

7. Разработана методика оценки приспособленности автомобилей к зимним условиям эксплуатации по температурному режиму их двигателей, базирующаяся на математической модели изменения времени прогрева и охлаждения двигателей и реализованная на созданном программно-методическом обеспечении.

8. Разработаны пути использования результатов исследований, которые включают в себя методику определения допустимого времени охлаждения и рационального времени прогрева двигателей в зимних условиях эксплуатации, а также основные принципы методики определения рациональных границ использования автомобилей и оценки эффективности утеплительных средств двигателя автомобиля, эксплуатирующегося в заданных условиях суровости.

9. Экономический эффект от использования методик оценки приспособленности автомобилей к зимним условиям эксплуатации по температурному режиму двигателей и определения допустимого времени охлаждения и рационального времени прогрева двигателей в зимних условиях эксплуатации образуется за счет экономии топлива от уменьшения времени работы двигателей автомобилей на холостом ходу при непродолжительной стоянке автомобилей и составляет для автомобиля ВАЗ 2106 в условиях умеренно-холодного и холодного климата 1435 и 1822 руб. соответственно на один автомобиль в год (в ценах марта 2004 года).

Основные положения диссертации и ее результаты опубликованы в следующих работах.

1. Тюлькин В.А., Эртман С.А. Методика экспериментальных исследований по определению темпов прогрева двигателей автомобилей // Проблемы эксплуатации транспортных систем в суровых условиях. Матер. науч.-практ. конф. 22-23 ноября 2001, Ч. 3. – Тюмень: Нефтегазовый университет, 2002. – С. 43-46.

2. Эртман С.А. Способы повышения темпов прогрева двигателей // Дорожно-транспортный комплекс, экономика, экология, строительство и архитектура. Матер. междунар. науч.-практ. конф. – Омск: СибАДИ, 2003. С. 130-132.

3. Эртман С.А. Измерение температуры двигателя // Проблемы машиностроения и технологии материалов на рубеже веков: Сборник статей VIII междунар. науч.-техн. конф. Часть I. – Пенза: ПГУ, 2003. С. 50-52.

4. Эртман С.А. Темп прогрева двигателя // Проблемы эксплуатации транспортно-технологических машин. Матер. науч.-практ. конф. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2003. С. 123 – 127.

5. Эртман С.А. Влияние элементов системы охлаждения на темп прогрева двигателя // Проблемы создания и эксплуатации автомобилей, специальных и технологических машин в условиях Сибири и Крайнего Севера. Матер. междунар. науч.-практ. конф. – Омск: СибАДИ, 2003. С. 56.

6. Эртман С.А. Комплексный показатель приспособленности автомобиля по температурному режиму двигателя // Проблемы эксплуатации транспортно-технологических машин. Матер. науч.-практ. конф. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2003. С. 117 – 119.

7. Новоселов О.А., Ю.А. Бындикова, Эртман С.А. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Повышение эффективности автомобильного транспорта» для студентов специальности 240100 «Организация перевозок и управление на транспорте (автомобильном)» очной и заочной форм обучения. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2003. С. 10-13.

Подписано к печати
Заказ №
Формат 60×84 1/16
Отпечатано на RISO GR 3750

Бум. писч. №1
Уч. – изд. л. 1
Усл. печ. л. 1
Тираж 100 экз.

Издательство «Нефтегазовый университет»
Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования
«Тюменский государственный нефтегазовый университет»
625000, Тюмень, ул. Володарского, 38
Отдел оперативной полиграфии издательства «Нефтегазовый университет»
625000, Тюмень, ул. Володарского, 38