

Министерство образования Украины  
Украинский транспортный университет

На правах рукописи

МАЯК НИКОЛАЙ МИХАЙЛОВИЧ

УДК 656.13.072

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
ТОПЛИВНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ  
ПЕРЕВОЗОК С УЧЕТОМ ФАКТОРОВ СЛОЖНОСТИ  
ДОРОЖНЫХ УСЛОВИЙ

Специальности:

05.22.01 - Транспортные системы

05.22.10 - Эксплуатация автомобильного транспорта

Диссертация на соискание  
ученой степени доктора технических наук

Киев - 1995

596  
356.13

ЛННБ України ім.В.Стефаника



00761422 (M)

На правах рукописи

МАЯК НИКОЛАЙ МИХАЙЛОВИЧ

УДК 656.13.072

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
ТОПЛИВНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ  
ПЕРЕВОЗОК С УЧЕТОМ ФАКТОРОВ СЛОЖНОСТИ  
ДОРОЖНЫХ УСЛОВИЙ

Специальности:

05.22.01 - Транспортные системы

05.22.10 - Эксплуатация автомобильного транспорта

Диссертация на соискание  
ученой степени доктора технических наук

Киев - 1995

АВ 33.256

Диссертация является рукописью.

Работа выполнена в Украинском транспортном университете.  
Официальные оппоненты:

1. доктор технических наук, профессор  
**Долотов Александр Васильевич**
2. доктор технических наук, профессор  
**Брагин Борис Федорович**
3. доктор технических наук, профессор  
**Резник Леонид Григорьевич**

Ведущая организация: ГосавтотрансНИИпроект (г.Киев).

Защита состоится 1. XII 1995 года в 10 часов на заседании специализированного Ученого Совета Д01.27.01 при Украинском транспортном университете по адресу: 252010, Киев-10, ул.Суворова, 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Украинского транспортного университета.

Автореферат разослан 24 X 1995.

Ученый секретарь  
специализированного Ученого Совета

**Дзюба А.П.**

ЛНБ ім. В. Стефаника  
АН України

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность проблемы.** По общему объему перевозимых грузов автомобильный транспорт намного опережает железнодорожный, и такая тенденция даже возрастет на предстоящем периоде развития транспортной системы. В техническом прогрессе на автомобильном транспорте ключевые позиции занимает актуальная проблема улучшения эффективности использования подвижного состава и существенное снижение энергоемкости перевозок по расходу топлива. В Украине ежегодно почти 50% поступающих и вырабатываемых моторных топлив потребляются автомобильным транспортом. Сокращение этих расходов исключительно важно для обеспечения требуемого топливно-энергетического баланса страны.

Сложную многообразную по своему содержанию проблему экономии автомобильного топлива необходимо решать комплексно, базируясь на принципах системного подхода к рассмотрению взаимосвязанных направлений и влияющих факторов. Конечными результатами таких исследований должно непосредственно являться обеспечение высокой топливной экономичности автомобильных перевозок, оцениваемой по расходу топлива, отнесенному не только к пройденному автотранспортным средством расстоянию, но и единице массы доставленного груза или выполненной им транспортной работы.

До настоящего времени в качественном и количественном отношении топливная экономичность перевозок рассматривалась преимущественно для условий работы автомобильного транспорта по дорогам с твердым покрытием. Снижению значительного расхода топлива автомобилями, работающими в трудных дорожно-эксплуатационных условиях, до сих пор не уделялось достаточно внимания. Вследствие этого в этих условиях пока не реализованы с возможным положительным эффектом такие методы снижения топливных затрат на перевозки как улучшенный выбор и адаптация подвижного состава, совершенствование транспортного процесса, нормирование расходов топлива на современном техническом уровне. Вместе с тем, такой подход может рассматриваться как постановка и решение проблемы в общем случае. Существенно сужены исследования роли социальных

факторов, прежде всего водительского состава, в экономии топлива. В то же время по экспериментальным данным при управлении автомобилем разными водителями расходы топлива, л/100 км, различаются на 20-40 % в трудных условиях движения и на 10-20 % на усовершенствованных дорогах. Необходимо повышать надежность водителей по экономичному управлению автотранспортными средствами, создавая специальное методическое обеспечение для обучения в процессе повышения квалификации. Ввиду сложившихся разнообразных эксплуатационных условий для грузовых автомобильных перевозок в разных регионах Украины, важно поднять метрологический уровень контроля за фактическими расходами топлива и транспортной работой автомобилей на линии. Назрела необходимость усовершенствовать и обновить систему управления расходом топлива в автотранспортных предприятиях с различной организационной и правовой структурой.

Актуальность, научное и народнохозяйственное значение данной работы обосновано еще и тем, что ее выполнение с участием автора было предусмотрено в республиканской целевой комплексной программе Минтранса УССР в 1980-85 г.г., а также в программах хоздоговорных научных работ для МосЗИЛ (1979-1981 г.г.), Госагропрома (1986-88 г.г.), Укрнефтегазстроя (1987-89 г.г.), НАМИ (1988-91 г.г.). По государственной научно-технической программе ГКНТ Украины на 1992-95 г.г. - "Экономия топлива и рациональное использование топливо-смазочных материалов" под руководством автора выполняется ее этап - "Разработка и организация производства технических средств, которые обеспечивают нормирование транспортного процесса и автоматизацию обработки дорожной документации (тахографы)".

**Цель диссертационного исследования** состоит в разработке научных основ выбора и обоснования методов, обеспечивающих более эффективное использование подвижного состава и экономию топлива при автомобильных перевозках в различных дорожно-эксплуатационных условиях, а также в применении результатов исследования для системного управления расходами топливных ресурсов в автотранспортных предприятиях.

Методы исследования предусматривали: математическое моделирование расхода топлива на ЭВМ в различных по сложности дорожных условиях; эксплуатационные испытания

подвижного состава при перевозках сельскохозяйственных и строительных грузов; лабораторно-дорожные исследования топливной экономичности полноприводных автомобилей вне дорог на труднопроходимой местности; расчетное определение и сравнительный анализ показателей топливной экономичности перевозок с обоснованием критериев для ее нормирования, оценка потребности в топливных ресурсах.

**Научная новизна работы определена следующими результатами:**

- разработаны математические методы расчета показателей топливной экономичности перевозок и оценки влияющих на нее факторов в системах "Среда-водитель-автомобиль (СВА)" и "Среда - водитель - автомобиль - перевозочный процесс (СВАПП)";
- составлены математические модели расхода топлива полноприводными автомобилями повышенной проходимости и показаны рациональные области их использования для грузовых перевозок;
- установлены временные характеристики и способы повышения надежности водителей по обеспечению экономии топлива, подготовлены методологические разработки для их обучения экономичному управлению автомобилем;
- накоплено экспериментальными исследованиями большое количество новых опытных данных по экспериментальным показателям топливной экономичности перевозок разными моделями автомобилей в нормальных, средних, тяжелых, особо тяжелых дорожных условиях;
- обоснованы главные направления и методы совершенствования перевозочного процесса для сокращения расхода топлива подвижным составом на смешанных маршрутах;
- показано значение более полного использования грузоподъемности и пробега автомобилей для снижения удельных топливных затрат в сложных дорожных условиях;
- разработаны рекомендации к топливно-транспортному мониторингу и по рациональной организации топливно-распределительной сети для заправки автомобилей;
- проведен критический анализ функционирования существующих систем управления расходом топлива в автотранспортных предприятиях с определением способов их улучшения при учете измененных организационных структур;

- предложена коррекция расчетных зависимостей для индивидуального расхода топлива автомобилями в соответствии с их загрузкой и условиями перевозок;

- разработаны принципы и методы для перспективного нормирования топливных затрат автотранспортными средствами с применением эксплуатационного и базовых нормативов;

- обоснована целесообразность и условия эффективного применения тахографов для учета транспортной работы и расхода топлива автомобилями с проработкой проектных решений по их производству.

**Достоверность основных научных результатов исследования** обеспечивается корректным применением положений теории транспортных систем и технологических процессов автомобильных перевозок, закономерностей теории автомобиля, элементов математической теории планирования эксперимента, инженерной психологии, системотехники. Значительный объем экспериментальных данных, полученных с использованием современной измерительной аппаратуры и математической обработки опытных данных, подтверждает расчетные показатели и нормативы по расходу топлива автомобилями разных моделей. Предложения по улучшению топливной экономичности перевозок апробированы в ряде автотранспортных предприятий, на научных конференциях.

**Научное и практическое значение результатов, представленных в работе**, заключается:

- в развитии математических методов расчета расхода топлива автомобилями, основанных на фундаментальных положениях оценки топливной экономичности при учете переменных параметров взаимодействия колесного движителя с деформируемой поверхностью качения в прямолинейном движении и на криволинейной траектории проезда;

- в исследовании расширенного комплекса показателей и критериев топливной экономичности автомобильных перевозок, проведенном для большого диапазона разной сложности дорожных условий;

- в накоплении значительного объема экспериментальных данных по системе показателей, позволивших определить пути их улучшения;

- в подготовке программ и методических разработок для обучения водителей экономичному управлению автомобилем, спо-

собствующего экономии топлива до 5-15 % и обеспечению надежности транспортных операций в особо трудных дорожных условиях;

- в уточнении на 30-40 % расчетов индивидуальной нормы расхода топлива, благодаря корректировке в зависимости от условий движения и нагрузки автомобилей;

- в обосновании рекомендаций и методических разработок по существенному усовершенствованию подсистем управления расходом топлива в автотранспортных предприятиях разного типа.

Практическое внедрение результатов исследования способствовало повышению уровня текущего анализа, нормирования и контроля расхода топлива автомобилями при работе в различных дорожных условиях, на дорогах низших категорий и вне дорог. Для перспективного нормирования топливных затрат и прогноза требуемых запасов по объектным транспортным операциям в диссертации разработан математический аппарат к расчетам с использованием ПЭВМ. Соответственно предложенному районированию дорожно-климатических условий Украины установлены нормативные коэффициенты к определению эксплуатационной нормы расхода топлива по разным маркам автомобилей.

**Апробация основных положений** диссертационной работы проводилась на: международном симпозиуме СЭВ (Москва, 1987 г.), международной конференции "Управление материально-техническими ресурсами на автомобильном транспорте"/Польша, г.Катовице 1989 г./, научных всесоюзных (бывшего СССР) и региональных конференциях (Киев, 1977-1985 г.г.; Донецк 1990 г.; Луцк 1986 г.), научно-практических семинарах (Ташкент 1983 г.; Киев 1977-86 г.г.; Харьков 1985 г.), научных конференциях КАДИ (1975-94 г.г.).

**Публикация** основных результатов диссертационной работы осуществлена в 3 монографиях, 2 учебных пособиях, 54 статьях, депонированных рукописях статей и опубликованных тезисах докладов.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, шести глав, списка литературы и приложения. Объем диссертации составляет 439 страниц, в том числе 300 страниц основного машинописного текста, 46 рисунков, 36 таблиц. Список литературы включает 271 наименование. В приложении помещены документы, подтверждающие апробацию и внедрение результатов работы.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**В первой главе** изложены постановка проблемы и комплексный системный подход к решению задач исследования. Особенности функционирования автомобильного транспорта в национальной транспортной системе Украины существенно влияют на ее топливно-энергетический баланс. Для сокращения расходов нефтяного топлива на грузовые автомобильные перевозки непрерывно осуществляются научные исследования, имеющие большую актуальность.

Различные направления и методы экономии топлива на автомобильном транспорте посредством рациональной организации и управления перевозочным процессом рассмотрены в работах Говорущенко Н.Я., Шейнина А.Н., Афанасьева Л.Л., Карбановича И.И., Воркута А.И., Резника Л.Г., Шумика С.В., Бедняка М.Н., Кузнецова Е.С., Авдоськина Ф.Н., Гутаревича Ю.Ф., Курникова И.П., Рубцова В.А. и других авторов. Изложенные в этих работах методические подходы открывают возможности для дальнейших исследований этой проблемы. Прежде всего для более широкого диапазона дорожных условий перевозок важно осуществлять поиск новых способов повышения производительности подвижного состава и снижения удельных топливных затрат.

В теоретических и экспериментальных исследованиях поставленной проблемы целесообразно основываться на фундаментальных положениях по определению топливной экономичности различных типов автотранспортных средств на стадии конструирования и испытаний, изложенных в трудах Чудакова Е.А., Зимелева Г.В., Токарева А.А., Бухарина Н.А., Фалькевича Б.С., Фаробина Я.Е., Великанова Д.П., Островцева А.Н., Платонова В.Ф., Гришкевича А.И., Дивакова Н.В., Безбородовой Г.Б., Аксенова П.В., Высоцкого М.С., Московкина В.В., Беккера М., Мацкерле Ю., Хилларда Д. и других авторов. Для изучения влияния квалификации водителей на экономичное расходование топлива полезны рекомендации из работ Иванова В.Н., Ерохова В.И., Лаврентьева В.Б., Гаврилова Э.В., Юрковского И.М., Бонн Г., Трейбала Э., Рыхтера В., Ежевского В. и др.

Повышение эффективности использования автомобильного топлива тесно связано с рациональным нормированием топливных

затрат. В этой важной области известны работы НИИАТа, ГосавтотрансНИИпроекта, НИИПиНа, НАМИ, многих ведомственных организаций, автодорожных вузов.

Оперативное управление расходом топлива по индивидуальным, линейным, групповым нормативам освещено в работах Травкина В.С., Мирошникова Л.В., Говорущенко Н.Я., Николина В.И., Шейнина А.М., Ахметова Л.И., Филиппова К.В., Головных И.М., Тот Л., и др. В настоящий период, как это обобщено недавними публикациями Кутенева В.Ф., Наркевича Э.И., Токарева А.А. и других авторов, необходимы новые единые подходы к нормированию расхода топлива автомобилями как при их конструировании, так и в эксплуатации.

Обеспечение топливной экономичности перевозок является одним из важных направлений в усовершенствовании автомобильного транспортного комплекса и связанных с ним систем (рис. 1):

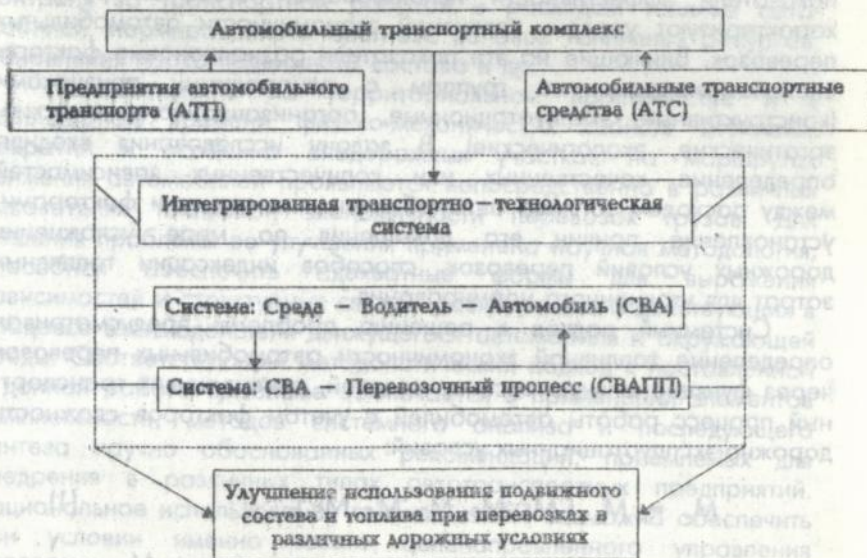


Рис. 1. Системы, определяющие топливную экономичность автомобильных перевозок.

В представленном комплексе объединены собственно предприятия автомобильного транспорта (АТП) и автомобильные транспортные средства (АТС), используемые по установленной заранее технологии для заданных перевозок. На уровне автопредприятия осуществляется формирование объемов и категорий грузов, маршрутизация и организация перевозочного процесса, управление расходом топлива. Выбор и рациональное использование автотранспортных средств предопределяют достигаемые показатели работы АТП, включая абсолютные и относительные затраты автомобильного топлива по видам перевозок. Неразделимое соединение двух звеньев при определенном влиянии также и трудовых ресурсов приводит к интегрированной транспортно-технологической системе. На типологических признаках ее функционирования отражаются внешние проявления подчиненных систем СВА и СВАПП. Тесно связанные с ними показатели эффективности использования топливных ресурсов характеризуют уровень топливной экономичности автомобильных перевозок. Влияющие на эти показатели разноплановые факторы систематизированы по группам с однородными признаками (конструктивные, эксплуатационные, организационно-технические, эргатические, экологические). В задачу исследования входило определение качественных или количественных зависимостей между расходом топлива автомобилями и влияющими факторами, установление причин его повышения по мере усложнения дорожных условий перевозок, способов индексации топливных затрат для уточненного нормирования.

Системный подход к решению проблемы предусматривал определение топливной экономичности автомобильных перевозок через функциональную систему моделей, описывающих транспортный процесс работы автомобилей с учетом факторов сложности дорожно-эксплуатационных условий:

$$M_c = M_c \{ M_1, M_2, M_3, M_4, M_5 \}, \quad (1),$$

где  $M_c$  - системная модель транспортного комплекса;  $M_1$  - модели среды перевозок ("С");  $M_2$  - модели поведения и надежности водителя ("В");  $M_3$  - модели расхода топлива для осуществления движения автомобиля ("А");  $M_4$  - модели организации перевозок

по заданным срокам и маршрутам;  $M_5$  - модели реализации провозных способностей автотранспортных средств ("ПП").

Повышение эффективности использования подвижного состава и экономия топлива обеспечены решением определенных самостоятельных задач при достижении поставленных целей в деятельности автотранспортного предприятия:

$$M_{р.п.} = M_{р.п.} \{ Z_1, Z_2, \dots, Z_n, C_1, C_2, \dots, C_k \}, \quad (2),$$

где целевая функция  $M_{р.п.}$  содержит такие задачи как выбор адаптированного к среде рационального подвижного состава / $Z_1$ /, оптимизация по выбранным критериям сроков и маршрутов перевозочного процесса / $Z_2$ /, обучение водителей экономии топлива / $Z_3$ / и т.д. Целевыми практическими категориями в функции  $M_{р.п.}$  являются методы и средства ( $C_1, C_2, \dots, C_k$ ), используемые в АТП для создания надежных подсистем текущего контроля за транспортной работой и расходом топлива автомобилей, нормирования и прогноза запасов топливных ресурсов, обновления парка подвижного состава и др.

Нестабильность на территориальном пространстве и в календарном времени физико-механических свойств дорожных покрытий и особенно внедорожных участков на маршрутах движения автомобилей проявляются непосредственно в различных показателях топливной экономичности перевозок грузов. Для решения проблемы ее улучшения применена научная методология, способная обеспечить адекватные формы для выражения зависимостей и структурных связей, одновременно действующих в процессе взаимодействия движущегося автомобиля и окружающей среды. Соответствующий методологический подход к поставленной в данной работе проблеме заключается в применении элементов комплексности, методов системного анализа и последующего синтеза научно обоснованных рекомендаций, приемлемых для внедрения в различных типах автотранспортных предприятий. Рациональное использование топлива в АТП возможно обеспечить при условии именно такого целенаправленного управления транспортно-технологической системой по комплексу ее главных компонентов.

**Вторая глава** посвящена разработке теоретических основ определения показателей топливной экономичности перевозок в

трудных дорожных условиях. Показатели топливной экономичности, отнесенные к пройденному автомобилем расстоянию (л/100 км) или транспортной работе (л/ткм), заметно ухудшаются с усложнением дорожно-эксплуатационных условий, но они изучены недостаточно. В связи с этим, были разработаны математические модели для определения расхода топлива, л/100 км, при движении автомобиля в трудных и особо трудных дорожных условиях (песчаный массив, пашня, мокрая луговина и др.) по деформируемым опорным поверхностям.

В случае прямолинейного перемещения трехосного полноприводного автомобиля типа 6x6 с невысокой установившейся скоростью расход топлива определялся в соответствии с затратами мощности двигателя на потери в трансмиссии и сопротивление качению всех колес. Их взаимодействие с деформируемой опорной поверхностью движения определено разными величинами коэффициентов сопротивления качению, сцепления, частичного буксования (не свыше 10-15%). Удельный расход топлива двигателем устанавливался, исходя из относительной частоты вращения вала и используемой мощности двигателя. С применением разработанной в КАДИ В.И.Задорожным методики определен эквивалентный коэффициент сопротивления качению колес автомобиля, расположенных по схемам 1-2 или 1-1-1. Результаты расчета по разработанной математической модели для условий проезда по песчаному массиву указывают на почти прямопропорциональное возрастание расхода топлива автомобилем с увеличением его полной массы, причем тем интенсивнее, чем выше коэффициент сопротивления качению колес и их частичное буксование. Регулированием давления воздуха в шинах в пределах 0,07-0,10 МПа достигается минимум этого коэффициента и соответственно расхода топлива автомобилем. Показано, что снижение на 15-18 % топливных затрат обеспечивается, если на автомобиле устанавливаются шины большего диаметра (16,00-20 вместо 12,00-20).

В математической модели расхода топлива при тяговом режиме прямолинейного движения трехосного полноприводного автомобиля-тягача удельный расход топлива двигателем определялся по обратной топливной характеристике. Расход топлива автомобилем выражен уравнением

$$Q_s = 15,9 \cdot U_{\text{тр}} / r_k \cdot \rho_T \cdot (q^1_{\text{о.х}} \cdot V_h + V M_{\text{о}}), \quad (3)$$

где  $q^1_{\text{о.х}}$  - удельный оборотный расход топлива, отнесенный к одному литру рабочего объема  $V_h$  двигателя, г/л.об;  $U_{\text{тр}}$  - передаточное отношение трансмиссии;  $r_k$  - радиус качения колес, м;  $\rho_T$  - плотность топлива, кг/м<sup>3</sup>;  $V$  - эмпирический коэффициент. Суммарный крутящий момент  $M_{\text{о}}$  на ведущих колесах автомобиля представлен алгебраической суммой моментов  $M_1, M_2, M_3$  на колесах трех мостов. Уравнения этих моментов содержат величины удельной весовой нагрузки каждого моста, а по их колесам - коэффициенты изменения радиуса качения, сопротивления качению и сцепления с опорной поверхностью. Соответствующие уравнения моментов составлены отдельно для малых и больших тяговых усилий на колесах. По разработанной модели численными методами определены зависимости расхода топлива автомобилем типа бхб со схемой 1-1-1 от его конструктивных параметров. Установлено, что с повышением реализуемых на колесах крутящих моментов и тяговых усилий возрастает расход топлива автомобилем-тягачом. Следовательно, выбор массы груженого прицепа следует согласовать с дорожными условиями перевозок с тем, чтобы общая масса автопоезда ограничивалась до уровня оптимальных удельных затрат топлива, л/ткм. Давление воздуха в шинах должно соответствовать заводским рекомендациям, чтобы обеспечивать оптимальную экономичность автомобиля. Так, при проезде автомобиля по песчаному массиву с давлением воздуха в шинах 0,15-0,20 Мпа, вместо рекомендованного 0,07-0,10 Мпа, расход топлива может увеличиваться на 6-8% и 25-27% соответственно при малых и больших тяговых усилиях. Более благоприятное влияние оказывает равномерное распределение весовых нагрузок по мостам автомобиля со схемой расположения колес 1-1-1. Достоверность рассмотренных выше моделей подтверждается близкими значениями расчетного расхода топлива и данными, установленными экспериментально при испытании автомобилей ЗИЛ типа бхб в условиях Севера и Сибири, а также на типичных грунтах сельской местности Украины.

Развернутые уравнения математических моделей расхода топлива трехосным автомобилем, а также эквивалентного коэффициента сопротивления качению его колес, преобразованы с использованием методов теории планирования экспериментов в алгебраические выражения типа уравнений регрессии, удобных для сравнительного анализа, например, в виде:

$$Q_s = 5,6 + 8,1X_1 + 16,0X_2 + 10,5X_3 - 7,0X_4 + 2,5X_1X_2 + 1,6X_1X_3 - 1,1X_1X_4 + 3,2X_2X_3 - 2,1X_2X_4 - 1,4X_3X_4 + 0,49X_1X_2X_3 + 0,3X_1X_2X_4 - 0,2X_1X_3X_4 - 0,4X_2X_3X_4 - 0,7X_1X_2X_3X_4, \text{ л/100км} \quad (4)$$

Они были использованы для установления значений и весомости взаимодействий между влияющими на расход топлива факторами. С применением ортогональных матриц установлена значимость для расхода топлива автомобилем его конструктивных параметров с учетом состояния поверхности движения. При численном многовариантном анализе по плану полного факторного эксперимента с четырьмя переменными параметрами (полная масса автомобиля  $X_1$ , удельный расход топлива двигателем  $X_2$ , коэффициент сопротивления качению  $X_3$ , передаточное число трансмиссии  $X_4$ ) нижний и верхний уровни последних соответствовали реальному процессу движения автомобиля в трудных внедорожных условиях. Показано, что во всех случаях перевозок оптимальное сочетание параметров конструкции автотранспортного средства, даже незначительно влияющих на коэффициент сопротивления качению колес, может снизить расход топлива.

Разработана математическая модель расхода топлива автомобилем типа 4x2, перемещающимся по криволинейной траектории.

Расход топлива вычисляется по формуле (3), для которой при определении суммарного момента на ведущих колесах заднего моста учтены суммарный момент сопротивления повороту автомобиля и момент сопротивления качению его ведущих колес. В модели использованы положения теории поворота автомобиля из трудов А.С.Литвинова, Я.Е.Фаробина, Д.А.Антонова, А.А.Смирнова. В решении комплекса уравнений для анализа топливной экономичности при круговом движении автомобиля использован

метод последовательного приближения. После экспериментального подтверждения адекватности модели реальным условиям, были произведены расчеты по двум вариантам - маневрирование автомобиля с малыми радиусами поворота и загородное движение по дорогам высших категорий. Результаты численного анализа указывают на повышенные в пределах 15-30% топливные затраты при движении автомобиля по кривым с радиусами менее 30 м по сравнению с прямолинейным движением. Но такой прирост снижается до 6-15% для радиусов поворота от 100 до 400 м и до 2-4% при радиусах свыше 600 м. Повышение расхода топлива тем значительнее, чем больше передаточное число используемой при повороте передачи в трансмиссии автомобиля. Аналогичные тенденции в изменении расхода топлива при криволинейном движении установлены также в результате натурных испытаний автомобилей ЗИЛ-130, Урал-4320, ГАЗ-66 на грунтовой дороге, снеговом покрове, целине, рыхлом песке.

**Третья глава** посвящена разработке теоретических основ надежности водителя в экономичном управлении автомобилем и обеспечении топливной экономичности перевозок. В исследовании системы среда-водитель-автомобиль с позиций улучшения использования топлива для перевозочного процесса рассматривались социальные, технические, психологические аспекты производственной деятельности водителя. Присутствующие в ней элементы работы оператора по управлению сложной механической системой послужили основанием для применения методологического и математического аппарата инженерной психологии в задаче по экономии топлива при вождении автомобиля. На определенном уровне стабильного состояния среды при безотказно функционирующих агрегатах автомобиля надежность водителя характеризуют безошибочность и своевременность выполняемых им действий, готовность к переменам операций, быстрая восстанавливаемость и отсутствие ошибок, последствием которых будет повышение расхода топлива при движении автомобиля.

Вероятность правильного выполнения водителем работы по экономичному управлению автотранспортным средством составляет

$$P_{\text{оп}} = \prod_{i=1}^z P_i^{k_i} = e^{-\sum_{i=1}^z \lambda_i \cdot T_i \cdot K_i} \quad (5)$$

где  $\lambda_i$ ,  $P_i$  - соответственно интенсивность ошибок и вероятность безошибочного выполнения  $i$ -го действия по управлению автомобилем;  $z$  - количество разных видов действий ( $i = 1, 2, \dots, z$ );  $K_i$  - число выполненных действий  $i$ -го вида.

Наличие зависимости между расходом топлива и квалификацией водителя доказано результатами проведенных автором натурных испытаний полноприводных автомобилей в условиях Севера, а также при перевозке минеральных удобрений и других грузов по территории Украины. Расхождения в сопоставляемых показателях достигали 15-25%. В полученных по опытным данным интерполяционных уравнениях для среднего расхода топлива автомобилем весомость влияния его полной массы была 55%, а квалификации водителя около 40%. Следовательно, чтобы использовать существенные резервы для сокращения расхода топлива, особенно в трудных условиях перевозок, необходимо проводить целенаправленное обучение водителей. Его методологические принципы разрабатывались путем анализа возможного распределения функций по экономии топлива между элементами системы среда-водитель-автомобиль, с учетом возможной автоматизации управления двигателем и трансмиссией.

Для экономии топлива важно, чтобы у водителя постоянно совершенствовались временные характеристики действий по управлению автомобилем. Обычно его возможности определены некоторой границей по времени  $T_{в.в}$ . Ее не должна превышать сумма  $S$ , состоящая из отрезков времени, затрачиваемых на восприятие и осмысление водителем дорожной обстановки  $t_1$ , решение задачи подготовки к управлению  $t_2$ , осуществление определенных действий по экономичному управлению автомобилем  $t_3$ . В работе проведено исследование временных характеристик  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$  водителя для условий езды в трудных и особо трудных дорожных условиях, на основе чего разработаны рекомендации по доступным способам их улучшения. Для задач по экономичному

управлению автомобилем составлены специальные алгоритмы и структурно-логические схемы действий водителя.

Быстродействие водителя по экономичному управлению автомобилем устанавливалось с помощью сетевых моделей. Для их построения деятельность водителя разбивалась на ряд элементарных операций, характеризующихся матожиданием и дисперсией ее продолжительности во времени. При построении сетевой модели учитывалось, что отдельные перцептивные, мыслительные и двигательные процессы могут быть частично совмещены водителем. Сетевая модель выполнения водителем действия "трогание с места" показана на рис.2. С использованием обобщенного структурного метода разработаны алгоритмы действий водителя по экономичному преодолению единичного и группы сложных препятствий при проезде автомобилем по труднопроходимой местности.

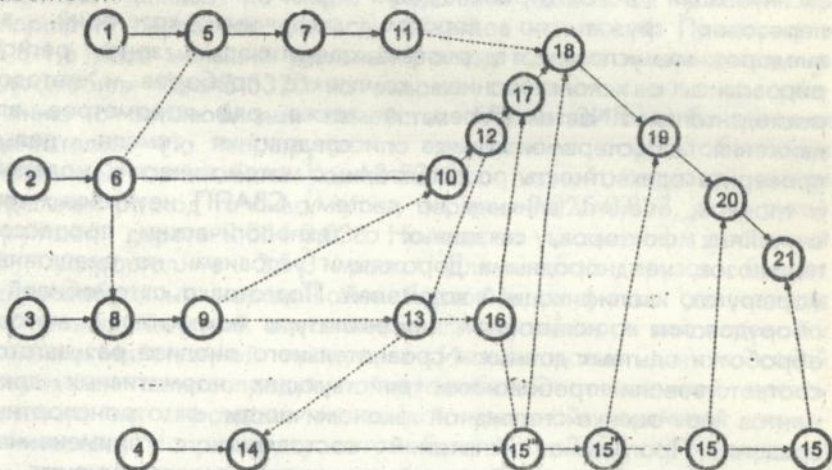


Рис.2. Сетевая модель выполнения действия водителем-оператором ("трогание с места").

① — ⑤ - перенос левой руки на рычаг включения поворота;

② — ⑥ - перенос правой руки на рулевое колесо;

.....  
 ②① — ②② - удержание рулевого колеса в среднем положении.

Поэтапное обучение водителей экономии автомобильного топлива построено на предложенных программах первичного и повторного обучения группами или в индивидуальном порядке. Для этой цели разработано методологическое обеспечение, включающее алгоритмы и структурно-логические схемы экономичного управления автомобилем. Апробация такого подхода с положительными результатами проведена по специальной программе на курсах обучения водителей, на факультете повышения квалификации в КАДИ.

**Четвертая глава** освещает вопросы методики и результаты экспериментальных исследований топливной экономичности автомобильных перевозок. Дорожные испытания серийных автомобилей и автопоездов проведены для условий их регулярной эксплуатации в автотранспортных предприятиях. В процессе перевозок грузов по дорогам различных категорий, во внедорожных условиях, в разных климатических зонах регистрировались с использованием комплекса приборов и методов расход топлива автомобилем, а также ряд параметров его движения. Экспериментальные исследования имели целью проверить адекватность разработанных математических моделей, а главное, оценить влияние на систему СВАПП неучтенных или случайных факторов, связанных с технологическим процессом перевозок, неоднородными дорожными условиями на смешанных маршрутах, квалификацией водителей. Подготовка автомобилей и оборудования к испытаниям, номенклатура показателей, методы обработки опытных данных и сравнительного анализа результатов соответствовали требованиям действующих нормативных документов по оценке топливной экономичности автотранспортных средств. Программа испытаний составлена с применением элементов математической теории планирования эксперимента.

Результаты экспериментальных исследований характеризуют топливную экономичность автомобильных перевозок в дорожно-эксплуатационных условиях различной сложности, по видам грузов, использованному подвижному составу.

При перевозке бетонных растворов в городе на коротких расстояниях на увеличение расхода топлива автомобилями в 2-4 раза заметно повлияли проезды по грунтовым неподготовленным площадкам строящихся объектов.

Показано, что при доставке насыпных материалов на строительство дорог были более эффективны большегрузные самосвалы с дизелем (КамАЗ-5511, КрАЗ-256 Б1), имеющие на 30-40 % меньшие удельные расходы топлива, л/ткм, чем самосвалы с бензиновым двигателем.

Значительный объем испытаний относился к перевозкам сельскохозяйственной продукции (зеленые корма, зерно, сахарная свекла) в Черкасской, Киевской областях Украины автомобилями ГАЗ-52-04, ГАЗ-53А, ЗИЛ-130, ЗИЛ-ММЗ-45022, КамАЗ-5320. Приведенные на рис.3 данные по удельному расходу топлива, л/ткм, при сельскохозяйственных перевозках наглядно характеризуют его снижение с увеличением загрузки автомобилей, даже несмотря на рост их полной массы. Однако при сохранении такой общей тенденции существенно возрастали величины удельного расхода топлива по мере ухудшения дорожных условий на маршруте перевозок для всех объектов испытаний. Примерно в 1,5-1,6 раза меньший удельный расход топлива имели дизельные автомобили КамАЗ-5320 на вывозке сахарной свеклы по сравнению с автомобилями семейства ГАЗ и ЗИЛ с бензиновым двигателем. На маршрутах по дорогам с асфальтобетонным покрытием автомобили КамАЗ-5320 с полной нагрузкой имели удельный расход топлива, л/ткм, порядка 0,025-0,027, а на сухой грунтовой дороге 0,034-0,036. Но при ее увлажненном состоянии он возрастал в 2,5-3 раза. Для многих грузов бывает целесообразным наращивание бортов и установка специальных кузовов повышенной вместимости или контейнеров для перевозки сельскохозяйственной продукции. Использование для массовой перевозки сельхозпродукции автомобилей повышенной проходимости не оправдано их низкой удельной топливной экономичностью. Например, у автомобиля Урал-375Д с бензиновым двигателем при вывозке сахарной свеклы удельный расход топлива был завышенным в пределах 0,14-0,20 л/ткм.

Автомобили повышенной проходимости типа 4x4, 6x6 подвергались эксплуатационным испытаниям в разных регионах. Объектами исследования служили полноприводные автомобили ГАЗ-66, ЗИЛ-131, Урал-375Д, оборудованные централизованной системой регулирования давления воздуха в шинах, влияние которой на расход топлива изучено в недостаточной степени и выяснялось при данных испытаниях. Автомобилями ГАЗ-66

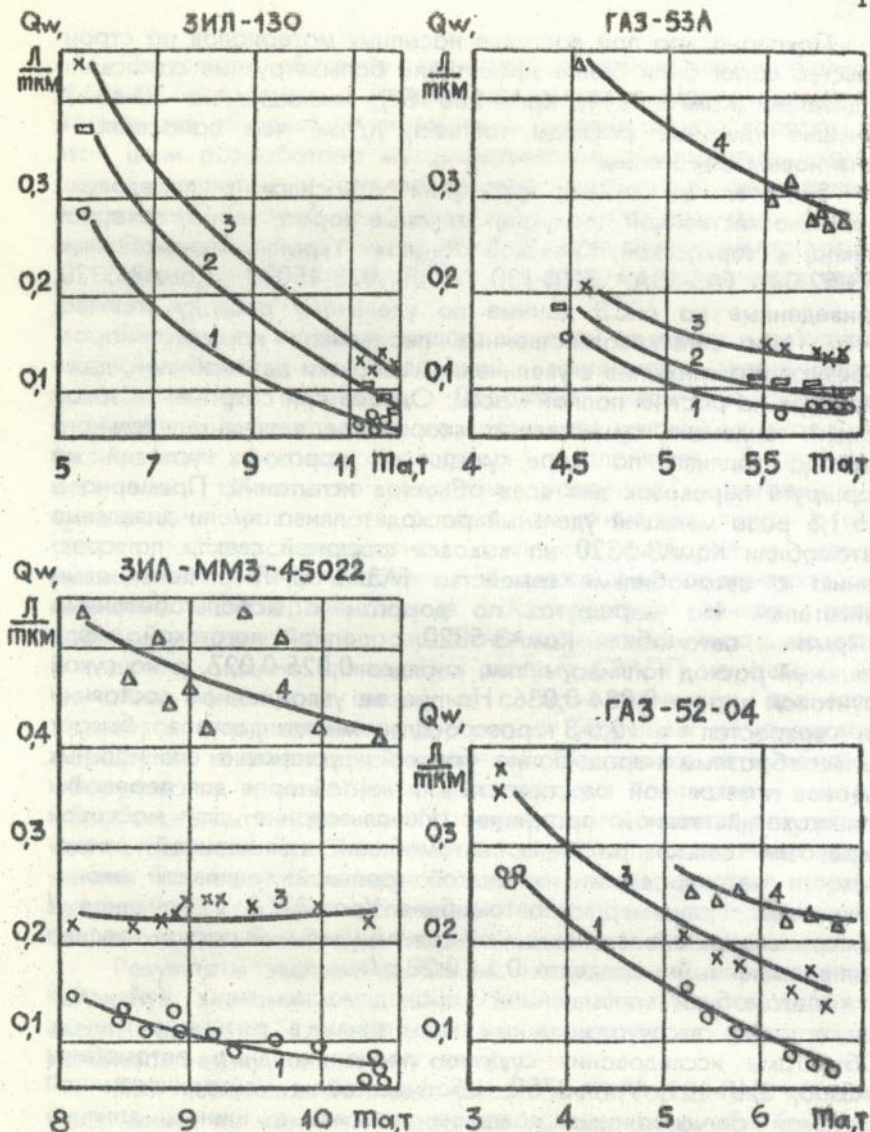


Рис. 3. Экспериментальные зависимости расхода топлива, л/т.км, от массы автомобиля. Дорожные условия:  $\circ$  - дорога с асфальтированным покрытием;  $\square$  - булыжное шоссе;  $\times$  - грунтовая дорога.  $\Delta$  - агрополе (после уборки зерновых культур).

доставлялись грузы на отдаленные стационарные или сезонные молочные фермы по территории Украины. В шинах выдерживалось рекомендованное давление воздуха, Мпа - 0,07 на рыхлом песчаном массиве, 0,15-0,20 - на луговине и пахоте, 0,10 - на снежной целине. В этих внедорожных условиях диапазон топливных затрат составил от 100 до 130 л/100 км, а из-за малых объемов загрузки автомобиля (500-700 кг) удельный расход был резко повышенным (2,4-3,4 л/ткм). Внедорожные испытания автомобиля ЗИЛ-131 производились на строительстве линии электропередачи (ЛЭП) возле города Ухта на Крайнем Севере. При перевозках оборудования по заснеженным грунтовым дорогам расход топлива автомобилем при рекомендованном давлении в шинах 0,2 Мпа составил в среднем 170-190 л/100 км. Но в заездах по глубокой снежной целине (до 0,25-0,35 м) при давлении в шинах 0,075 Мпа топливные затраты возрастали до 580-600 л/100 км, что неприемлемо для регулярной эксплуатации автомобилей.

Дизельные автопоезда с полноприводными тягачами КамАЗ-4310 ТВЭ-10С с роспуском ТМЗ-802 и КрАЗ-256В1 с полуприцепом ПВ-204 проходили эксплуатационные испытания топливной экономичности при перевозке труб на строительстве нефте- и газопроводов. По результатам испытаний в Сумской области Украины получены средние расходы топлива 60-75л/100км у тягача КамАЗ-4310 и 100-120 л/100 км для КрАЗ-255В1, что связано с более высокой собственной массой второго автопоезда. При перевозке труб на строительстве нефтепровода в Тюменской области автопоездом в составе тягача Урал-4320 с полуприцепом ПВ-204 удельные расходы топлива при разной нагрузке находились в приемлемых пределах 0,080-0,084 л/ткм. Автопоезда с полноприводными дизельными тягачами в достаточной степени адаптированы к трудным условиям строительства трубо- и нефтепроводов в северных и иных регионах, но требуют рационально обоснованной загрузки.

Результаты испытаний полноприводных автомобилей высокой проходимости в особо трудных условиях Севера и вне дорог показали их высокую эффективность по топливной экономичности при организации перевозок по доставке грузов на строительство дорог и газопроводов, в отдаленные селения, при чрезвычайных ситуациях. На дорогах с усовершенствованным покрытием такие

автомобили значительно уступают в топливной экономичности перевозок негнуприводным автомобилям типа 4x2, 6x4.

При экспериментальных исследованиях на смешанных маршрутах фиксировали время движения и пройденный путь на разных передачах в трансмиссии автомобилей. После обработки этих данных установлено, что также как и ранее было показано в ХАДИ для условий эксплуатации по дорогам с твердым покрытием и в трудных дорожных условиях расходы топлива растут с увеличением средневзвешенного передаточного числа используемых передач в трансмиссии. Наиболее существенное улучшение топливной экономичности перевозок достигается при условии высокого использования грузоподъемности автотранспортного средства в условиях максимально возможного снижения сил сопротивления его движению. Поэтому является обоснованным последующей экономией топлива подготовка временных проездов, текущий ремонт, реконструкция дорог низших категорий.

**Пятая глава** посвящена обоснованию направлений и методов усовершенствования перевозочного процесса для сокращения расхода топлива. Несмотря на детальное изучение данной проблемы при перевозках грузов по усовершенствованным дорогам, еще недостаточно выяснены возможности более эффективного использования подвижного состава и топлива для средних, трудных и особо трудных дорожных условий. Учитывая актуальность проблемы, в работе рассмотрены главные предпосылки и основные положения, определяющие в рамках системы СВАПП мало разработанные до сих пор методы экономии топлива. К ним отнесены: совершенствование выбора подвижного состава для более полной адаптации к дорожно-климатическим условиям перевозок; рациональное использование грузоподъемности автотранспортных средств; совершенствование технологии и организации перевозочного процесса с корректировкой сроков и маршрутов доставки грузов в соответствии с оперативной, расширенной информацией об изменениях погодных и эксплуатационных условий перевозок. Мероприятия по экономии топлива ориентированы на доступную корректировку выбранного типажа автотранспортных средств по конкретным маршрутам и срокам перевозок, повышение эффективности использования грузоподъемности и пробега автомобилей, определение сфер рационального применения прицепов и автомобилей повышенной

проходимости, дизелизацию парка. Для учета сложности дорожно-эксплуатационных условий определялось относительное приращение расхода топлива автомобилем (критерий  $I_{д}$ ). Одновременно оценивалось значение для удельных топливных затрат степени загрузки автомобиля (критерий  $I_{М}$ , л/100 ткм). Эти критерии определяются исходя из экспериментальных и расчетных данных по методике, разработанной применительно к рассматриваемой системе "среда-водитель-автомобиль-перевозочный процесс" (СВАПП), учитывая особенности смешанных маршрутов. Обобщенной количественной характеристикой дорожных условий, непосредственно влияющей на расход топлива автомобилем, принят коэффициент дорожного сопротивления. Его величина задавалась средним значением коэффициента дорожного сопротивления при нормальном законе его распределения с фиксированной дисперсией.

Дорожные условия перевозок разделены на 4 категории сложности: нормальные, средние, тяжелые, особо тяжелые. Им соответствуют ориентировочно такие интервалы среднего коэффициента дорожного сопротивления: 0,02...0,04; 0,04...0,08; 0,08...0,12; 0,12 и более. Проведенное в работе районирование Украины по характеристикам сложности условий автомобильных перевозок основано на результатах многолетних исследований на кафедре автомобилей КАДИ, разработках автора. Первичными признаками для районирования выбраны изменения рельефа местности и размещение разных типов почво-грунтов в Украине. Территориальное расположение грунтовых зон рассматривалось совместно с влияющими на их физическое состояние изменениями влажности грунтов (на глубине 5...10, 20...25 см) в весенний и осенний времена года. Такие данные были получены в КАДИ в результате математической обработки материалов гидрометеостанций Украины. В работе проведено также обобщение многолетних наблюдений по среднемесячному количеству осадков, отрицательным температурам воздуха и продолжительности устойчивого снегового покрова. Практическая ценность укрупненного районирования Украины подтвердилась при выполнении научно-исследовательских работ для Госагропрома. Составлена структурная схема взаимосвязей характеристик подсистемы "среда" и их влияния на затраты топлива, которые определялись для типичных поверхностей движения автотранспортных средств. В.

проводимых многовариантных расчетах использовались накопленные данные средневзвешенных уклонов местности и коэффициенты сопротивления качению колес автомобиля типа 4x2 для маршрутов перевозок сельскохозяйственной продукции.

При изучении системы СВАПП одной из важных задач являлось расчетное определение зависимости удельных топливных затрат от коэффициента использования грузоподъемности подвижного состава во взаимосвязи с изменениями коэффициента дорожного сопротивления и соответствующей технической скорости движения автомобилей. Проведенный анализ, с использованием апробированных аналитических зависимостей и полученных уравнений регрессии для расчета расхода топлива автомобилем (автопоездом), показал, что при разной загрузке автомобилей расход топлива автомобилем, л/100 км, возрастает вследствие увеличения коэффициента дорожного сопротивления, особенно свыше 0,08...0,10, по закономерности, близкой к полиному второй степени. Такое явление связано с повышенными затратами мощности двигателя, использованием низших передач, снижением средней скорости движения автомобиля. При перевозках грузов по дорогам 4...5 категории расход топлива больше на 60-70 %, а по бездорожью в 2-5 раз по отношению к топливным затратам в нормальных условиях движения автомобилей по дорогам с твердым ровным покрытием.

Степень использования грузоподъемности автотранспортных средств оказывает постоянное определяющее влияние на топливную экономичность перевозок. Теоретически установлена и экспериментально подтверждена, на примере прицепного автопоезда семейства ЗИЛ, прямопропорциональная зависимость между расходом топлива, л/100 км, и общей массой автопоезда. С ростом коэффициента использования грузоподъемности удельный расход топлива соответственно снижается (рис.4).

Полная загрузка автопоезда оправдана и при повышенном коэффициенте дорожного сопротивления, но не более 0,06...0,08.

Лучше адаптируется к сложным дорожным условиям автомобиль-тягач с дизелем, чем определяется более высокая эффективность использования топлива в сравнении с бензиновыми двигателями. Применяемые в автопоездах тягачи повышенной проходимости типа 6x6, 4x4 имеют более высокую снаряженную

массу, чем типа 6x4, 4x2, поэтому у них повышены удельные топливные затраты, л/ткм.

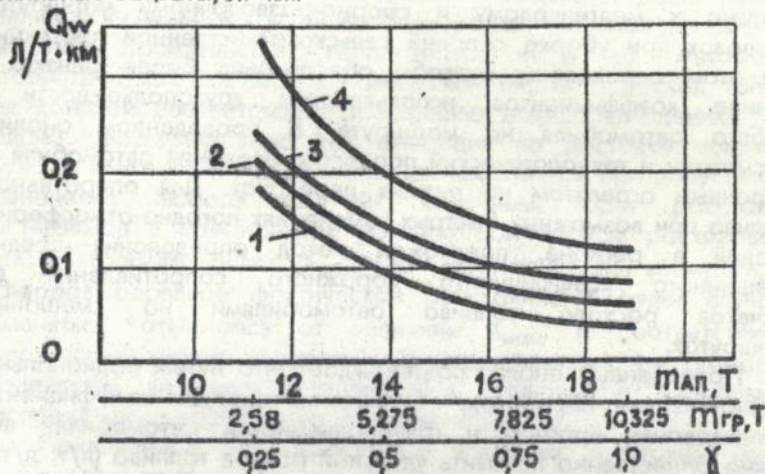


Рис.4. Зависимость удельного расхода топлива  $Q_w$ , л/ткм, от коэффициента  $\gamma$  использования грузоподъемности, массы груза  $m_{гр}$  и массы автопоезда  $m_{оп}$  при среднем коэффициенте дорожного сопротивления: 1 - 0,02; 2 - 0,035; 3 - 0,051; 4 - 0,076.

В современных условиях самостоятельного хозяйствования автотранспортных предприятий резко сузились возможности оптимизировать структуру парка подвижного состава из-за высокой его стоимости. В связи с этим выбор приобретаемых новых автомобилей требует тщательного обоснования при учете удельного расхода топлива. С такой целью могут использоваться разработанные автором методики и результаты данного исследования.

При выбранном подвижном составе и определенном транспортно-технологическом процессе детальная проработка смешанных маршрутов движения автомобилей, не исключая и корректировку временных сроков их работы, существенно важны для улучшения топливной экономичности перевозок. В связи с этим, сформулированы исходные положения к выбору рациональных маршрутов перевозок с учетом факторов сложности дорожных

условий на составных участках. Методика детализирована применительно к маятниковому и сборно-развозочному маршрутам перевозок при уборке с полей сельскохозяйственной продукции. При этом определены способы обеспечения более близких к единице коэффициентов использования грузоподъемности и пробега автомобиля на маршруте. В проведенном анализе рассмотрен и технологический процесс следования автомобиля за уборочным агрегатом на низших передачах. Для оперативного анализа при возможных быстрых изменениях погодных атмосферных условий в регионе, предложен метод определения средне-взвешенного коэффициента дорожного сопротивления для расчетов расхода топлива автомобилями на смешанных маршрутах.

Проведенный анализ подтверждает, что путем рациональной маршрутизации перевозок, обеспечения высоких коэффициентов использования пробега и грузоподъемности автомобилями возможно существенно понизить удельный расход топлива (л/т, л/ткм) независимо от уровня сложности дорожных условий перевозок. В большинстве случаев основные резервы экономии топлива заключены прежде всего в более совершенной организации перевозочного процесса с использованием прогрессивных технологий, сокращением порожних пробегов и недоиспользования грузоподъемности автомобилями при условии их адаптации к дорожным условиям. Проведенные аналитические и экспериментальные исследования позволяют качественно и количественно оценить возможность экономии топлива на примере перевозок массовых сельскохозяйственных и строительных грузов.

Из организационно-технических факторов, влияющих на топливную экономичность перевозок, рассмотрены основные требования и направления по организации заправки автомобилей топливно-смазочными материалами в сложных и особо трудных дорожных условиях. С учетом типовых маршрутов перевозок, отдаленности от основного автотранспортного предприятия составлены рекомендации по сокращению порожних пробегов и потерь топлива при заправках автомобилей по нескольким схемам (на АЗС, от стационарного поста в АТП, из механизированного поста на трассе или топливозаправщика). По каждой схеме определены возможные причины потерь топлива, способы их устранения.

Разработана математическая модель рационального топливообеспечения в условиях бездорожья, типичных для объектов нефте-газостроительства, геологоразведки и др. Автомобиль рассмотрен как сложная динамическая система, расход топлива для которой соответствует расстоянию его перемещения. Такая задача сформулирована как операция по доставке полезного груза из множества заданных начальных пунктов при допустимости назначения любого из них конечным. Если расстояние, достигаемое в номинальных условиях при полном расходе запаса топлива будет  $X_{\text{ном}}$ , то при действии возмущающих факторов реальное фактическое расстояние  $X$  будет случайно изменяться, отклоняясь от величины  $X_{\text{ном}}$ . В соответствии с положениями теории вероятностей предполагалось, что суммарное воздействие возмущающих факторов приводит к нормальному распределению возможного расстояния  $X$ .

Приведенное к номинальным условиям расстояние между начальным и конечными пунктами рассматривается как реализация некоторой случайной величины  $Y$ . Плотность ее распределения представлена кусочно-непрерывной функцией с постоянным значением  $Y$  на заданном интервале. Для энергетического достижения конечных пунктов запасы топлива, или соответствующие им в номинальных условиях расстояния  $X_{\text{ном}}$ , должны выбираться такими, чтобы расстояние  $X_{\text{ном}}$  превышало расстояние  $Y$  с достаточно большой вероятностью. Поставленная задача относится к классу комбинаторных задач выбора или назначения, с той лишь разницей, что в данном случае целевая функция  $X_{\text{ном}}$  является нелинейной и представлена неявно в виде интегрального уравнения.

Использование проведенных разработок позволяет определять не только необходимые запасы топлива для движения автомобиля без дозаправки в сложных эксплуатационных условиях, но и требуемое количество пунктов дозаправки автомобилей, их дислокацию в обслуживаемом отдаленном регионе.

Технологический процесс, сроки перевозок и используемый подвижной состав требуют взаимного согласования по их соответствию объектам транспортного обслуживания. Разнообразие объектов определяет условия рациональной организации

перевозок и связь ее с топливной экономичностью в удельных показателях.

С учетом установленных характерных связей объектов транспортного обслуживания с процессами грузовых перевозок для сферы управления на разных уровнях разработаны основы топливно-транспортного мониторинга. Система мониторинга обеспечивает наблюдение и сбор данных при текущем систематическом контроле за главными параметрами, характеризующими определенные техногенные факторы и природную среду: В качестве основных считались те параметры, которые способны существенно повлиять на перевозочный процесс.

Мониторингом обеспечивается текущий прогноз состояния во времени и в пространстве наблюдаемых параметров с указанием путей экономии автомобильного топлива в процессе управления перевозками. Управление расходом топлива заключается в принятии решений, адекватных полученному прогнозу условий перевозок, и возможной оптимизации по расходу топлива. Элементы мониторинга детализированы применительно к массовым сельскохозяйственным перевозкам в Украине.

**В шестой главе** представлены результаты выполненных с участием автора исследований по совершенствованию ранее разработанной системы управления расходом автомобильного топлива (СУРАТ), которая относится к классу трудовых технологических процессов и эрготехнических систем. Полученные в последующих исследованиях результаты привели к необходимости пересмотра ряда нормативных документов, базирующихся на разработках этой системы. В общей структурной схеме декомпозиции СУРАТ проанализированы состав ее элементов, главные характеристики и свойства, существующие связи между элементами. Влияющие на надежность СУРАТ факторы разделены на управляемые, частично управляемые и неуправляемые (случайные). Наряду с оценкой надежности системы, в результате анализа функциональных связей в СУРАТ, установлены логические соотношения между ее элементами на различных уровнях управления и систематизированы факторы, влияющие на эффективность функционирования СУРАТ.

Показано, что прежде всего перспективна более совершенная организация подсистем управления расходом топлива на уровне автотранспортного предприятия.

Актуально существенное обновление нормативно-правовой базы по управлению топливными затратами, ввиду происходящих изменений в организации, формах собственности, материально-техническом оснащении предприятий автомобильного транспорта. Главными задачами при этом являются: расширение контролируемых параметров топливоснабжения и транспортной работы автомобилей; более полный учет нормообразующих факторов при определении текущего расхода и в прогнозе требуемого запаса топлива по видам перевозок; недопущение искажений в данных по топливным затратам на первичном уровне.

Разработанные в исследовании методы усовершенствования СУРАТ имеют текущую и перспективную направленность по возможностям внедрения в АТП. Первоначально на современном этапе предложено улучшить нормирование максимального уровня топливных затрат в АТП. С такой целью внесены определенные коррективы в действующие ныне расчетные зависимости по индивидуальным нормативам расхода топлива. Это позволило повысить их достоверность в соответствии с различными дорожно-эксплуатационными условиями перевозок и нагрузкой автомобиля. Используемые в осуществленной коррекции осредненные численные значения удельных нормативных коэффициентов получены для условий сельскохозяйственных перевозок в Украине по результатам экспериментальных исследований (табл.1).

Посредством коэффициента  $K_d$  норматив корректируется с учетом факторов сложности дорожных условий, и одновременно коэффициентом  $K_m$  учтено фактическое использование грузоподъемности автомобиля.

Коэффициент  $K_d$  существенно возрастает при перевозках по временным и грунтовым дорогам, достигая величины 1,5-1,8, а на местности вне дорог - 2,7-3,5. Для смешанных маршрутов, состоящих из участков дорог разного типа и бездорожья, коэффициенты  $K_d$  и  $K_m$  вычисляются как средневзвешенная величина. Апробация проведенной корректировки индивидуальных нормативов расхода топлива осуществлялась в автотранспортных предприятиях Укргазстроя и Госагропрома. Установлено, что

предложенной корректировкой индивидуальные нормы для дорожных условий средней сложности уточнены на 15-30 %, а для внедорожных тяжелых условий в 1,5-2 раза по отношению к ныне действующим нормам.

Таблица 1

Нормативные коэффициенты  $K_d$ ,  $K_M$  для условий сельскохозяйственных перевозок

Модели автомобилей	Дорожные условия, вид груза	Средние значения коэффициентов $K_d$ и $K_M$	
		$K_d$	$K_M$
ГАЗ-53А	Дорога с асфальтобетонным покрытием (зеленые корма, кукуруза, сахарная свекла)	0,36	0,025
	Поле после уборки зерновых культур	0,84	0,090
	Грунтовая дорога увлажненная	1,180	0,100
ЗИЛ-130, ЗИЛ-ММЗ-45022	Дорога с асфальтобетонным покрытием	0,20	0,030
	Дорога с булыжным покрытием	0,40	0,045
	Грунтовая дорога укатанная, сухая	0,50	0,100
	Грунтовая дорога увлажненная	0,80	0,110
	Поле после уборки трав, кукурузы	1,03	1,12
КамАЗ-5320, Урал-375Д + ГКБ-819	Грунтовая дорога в сухом состоянии	0,12	0,060
	Временные проезды по мокрым агрополям (сах. свекла)	1,30	0,030

Благодаря уточнению индивидуальных нормативов, произведены изменения в методике определения и анализа эффективности использования топлива в автотранспортном предприятии по групповым нормативам. В их расчете полнее отражены сложность дорожных условий перевозок, дифференцированные по моделям техника-экономические показатели работы автомобилей, их средневзвешенная грузоподъемность, а также уточнен ряд скорректированных надбавок. По разработанной методике составлены регрессионные

уравнения групповой нормы расхода топлива, удобные для оперативной оценки влияющих факторов и их взаимодействий.

Существенную часть данной работы составляют подготовленные предложения по перспективному совершенствованию подсистемы нормирования расхода топлива в АТП. Методом ранжирования рядов определено соотношение между количеством норм и нормируемым ресурсом, идущим на производственно-эксплуатационное потребление. Ограничиваясь минимальным числом позиций, требовалось разработать методы нормирования потребляемого топлива по видам перевозок при учете дорожных условий, главных нормообразующих факторов и энергоемкость транспортного процесса. Наиболее значимые факторы вводятся в соответствующие нормативные показатели таким образом, чтобы наряду с единой эксплуатационной нормой могли составляться дифференцированные нормы для постоянных объектов транспортного обслуживания. В разработках перспективной подсистемы нормирования топливных затрат предложен расчетно-аналитический метод, совмещенный с экспериментальным определением исходных базовых параметров. Технологическую основу для разработанных методов нормирования составили результаты производственных испытаний разных моделей автотранспортных средств, аналитические и регрессионные модели расхода ими топлива в различных дорожных условиях с реализованными для многовариантных расчетов алгоритмами на ЭВМ.

Анализ показал, что целесообразен отказ от практики применения индивидуальных и групповых норм при первичном учете расхода топлива автомобилями. Предлагаемый метод составления таких нормативов отличается от существующей СУРАТ однозначностью самого понятия и общим выражением для эксплуатационной нормы расхода автомобильного топлива:

$$Q_3 = Q_0 + \Delta Q_{\text{тр}} + \Delta Q_{\text{д}} + \Delta Q_{\text{м}} + \Delta Q_{\text{т}} + \Delta Q_{\text{в}} + \Delta Q_{\text{сп}} + \Delta Q_{\text{пр}}, \quad (6)$$

где  $Q_0$  - базисный (базовый) расход топлива автомобилем;  $\Delta Q_{\text{тр}}$ ,  $\Delta Q_{\text{д}}$ ,  $\Delta Q_{\text{м}}$ ,  $\Delta Q_{\text{т}}$ ,  $\Delta Q_{\text{в}}$ ,  $\Delta Q_{\text{сп}}$ ,  $\Delta Q_{\text{пр}}$  - дискретные надбавки к базисному расходу топлива, именуемые, соответственно, как транспортная, дорожная, маршрутная, температурная, высотная

(над уровнем моря), на работу специализированного оборудования и др.

По эксплуатационной норме расхода топлива более объективно, с меньшим влиянием случайных факторов, оценивается эффективность функционирования системы СВАПП, полнее учитываются особенности и сложность дорожно-эксплуатационных условий. Путем заблаговременного анализа необходимых надбавок к базовой норме одновременно могут быть предусмотрены мероприятия по сокращению топливных затрат, реализуемые затем в процессе организации перевозок.

Для надбавок  $\Delta Q_{тр}$ ,  $\Delta Q_{д}$ ,  $\Delta Q_{м}$ ,  $\Delta Q_{т}$  разработаны не только методы определения, но и установлены их численные значения для условий Украины. Переосмыслено понятие температурной надбавки, ее рекомендовано называть зимней, учитывающей совместное влияние низкой температуры воздуха и высоты устоявшегося снегового покрова. Дорожная, особо весомая по величине надбавка детализирована как сумма составляющих, которыми могут быть учтены такие факторы: сложность рельефа местности; дорожное обеспечение в виде соотношения протяженности дорог с твердым покрытием к грунтовым дорогам на маршруте; пробег во внедорожных труднопроходимых условиях; особые зимние условия эксплуатации. Базисный расход топлива по моделям автомобилей предложено определять как вероятностную величину, статистические характеристики которой определяются по результатам испытаний не менее трех образцов этой модели по заданному ездовому циклу для двух массовых состояний. Принимая такие базовые нормы заданными, в автотранспортном предприятии достаточно выбрать количество и установить значения всех надбавок, исходя из конкретных условий транспортно-технологического процесса перевозок данным автомобилем, чтобы определить эксплуатационную норму расхода топлива. На ее основе упрощается и одновременно уточняется разработка групповых норм, а также составление дифференцированных нормативов по видам перевозок и типовым маршрутам. При этом достигается лучшая согласованность нормативных показателей, принятых в автомобилестроении и эксплуатации.

Разработанное методологическое обеспечение является базой совершенствования системы управления эксплуатационным

расходом топлива на уровне АТП по направлениям: дифференциация нормативов по условиям использования подвижного состава; определение комплекса предусмотренных надбавок к базовой эксплуатационной норме расхода топлива; обоснование потребности в топливе по видам перевозок, сезонам года, при разных условиях работы парка и структуры АТП; обеспечение техническими средствами контроля на линии транспортной работы и расхода топлива автомобилями; совершенствование на базе использования ЭВМ путевых и товаро-транспортных документов.

Предложена методика определения объектных норм, относящихся к крупным заказчикам, обслуживаемым на длительном календарном периоде автомобильным транспортом (строительство дорог и трубопроводов, горнодобывающие предприятия, сельскохозяйственные перевозки и др.).

Действующая в автотранспортных предприятиях (АТП) система определения потребности в автомобильном топливе базируется на планируемой групповой норме расхода топлива и ожидаемом грузообороте. Она не обеспечивает необходимой точности расчетов. Расхождение между расчетной потребностью и фактическими затратами топлива доходит до 40 %. С целью повысить достоверность определения потребности АТП в топливных ресурсах разработан метод краткосрочного прогнозирования с использованием алгоритма для ПЭВМ. Повышение точности прогнозирования требуемого запаса топлива, возможность его планирования по сезонам года, видам перевозок обеспечивают надежность выполнения транспортных операций в АТП, являясь составной частью научного управления запасами.

Анализ метрологических аспектов контроля топливной экономичности автомобильных перевозок показал, что в автотранспортных предприятиях до сих пор практически отсутствует приборное обеспечение контроля транспортной работы, загрузки, топливных затрат автомобилей в собственно перевозочном процессе. Это снижает надежность СУРАТ. Кардинальное улучшение контроля топливной экономичности грузовых и пассажирских перевозок сейчас возможно с применением тахографов. Установка тахографов обеспечивает контроль техники управления автомобилем, дает экономию

топлива до 10-15 %, усиливает дорожную дисциплину среди водителей.

В соответствии с Государственной научно-технической программой ГКНТ Украины на 1992-95 г.г. автором проведен ряд работ по подготовке и организации производства тахографов. Обобщена информация по современным техническим средствам контроля и нормирования транспортно-технологического процесса работы автомобилей и подготовлено проектное задание по разработке опытного образца и обеспечению серийного годового выпуска тахографа в количестве не менее 15 тыс. единиц на базе предприятия, специализированного в области авиационной бортовой электроники. Кроме производства тахографов на базе апробированных зарубежных образцов, обоснованы принципиально новая концепция и схемы бортового регистрирующего комплекса по расширенному количеству параметров. Она ориентирована на новые организационные решения по совершенствованию технической и коммерческой эксплуатации автомобилей.

Для новых условий хозяйствования обоснована приоритетность инноваций в комплексе технических средств (персональных ЭВМ, тахографов, топливомеров, экономеров), обеспечивающих качественно новый уровень учета и контроля транспортной работы и расхода топлива. Инвестиции в техническое обеспечение управления транспортным процессом на всех уровнях обеспечивает повышение надежности элементов СУРАТ.

## **ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ.**

1. Проведенный системный анализ факторов при грузовых перевозках в условиях автотранспортных предприятий (АТП) показывает, что существенное повышение топливной экономичности перевозок в общем транспортном комплексе возможно только в интегрированной структуре транспортно-технологической системы. При этом важное значение имеет учет сложности дорожных и эксплуатационных условий использования подвижного состава. Структурный синтез методов рационального использования автомобильного топлива определил необходимость рассмотрения проблемы в системах среда-водитель-автомобиль.

биль (СВА) и среда-водитель-автомобиль-перевозочный процесс (СВАПП).

2. В результате теоретического исследования с использованием построенных математических моделей и численного эксперимента установлено варьирование в широких пределах удельных показателей топливной экономичности перевозок и преобладающее влияние на нее использования грузоподъемности и полной массы автомобиля, а также дорожного сопротивления. В разработанных математических моделях расхода топлива при перевозках вне дорог по деформируемой опорной поверхности дополнительно учтены разные случаи движения автомобиля по прямолинейной и криволинейной траектории, в тяговом режиме, а также неоднозначные числовые параметры взаимодействия ведущих колес с грунтом и их частичное буксование. Многофакторным анализом на основании математической теории планирования эксперимента установлена весомость влияния на расход топлива отдельно и во взаимосвязи характеристик опорной поверхности движения и ряда конструктивных параметров полноприводных автомобилей (колесная формула; типоразмер и давление воздуха в шинах; нагрузка на колеса; КПД и передаточное отношение трансмиссии; тип двигателя).

3. Проведенными исследованиями показано, что рациональное управление эргатическими факторами, характеризующими деятельность работников автотранспортного предприятия, является важным резервом экономии топлива.

Разработан комплекс методического обеспечения для обучения водителей, содержащий более 100 алгоритмов и структурно-логических схем по экономии топлива при вождении автомобилей в разных дорожных условиях. С использованием теоретических основ инженерной психологии, сетевого и структурного методов разработаны рекомендации для водителей по решению оперативных задач экономического управления автомобилем. Рассмотрены трудные условия вождения автомобилей по местности, предупреждение ошибок в управлении разными типами автотранспортных средств, повышающих расход топлива.

Предложенные способы повышения надежности водителей в экономичном управлении автомобилем в системе СВА способствуют снижению расходов топлива на 5-15 %.

4. Исследование топливной экономичности перевозок в производственных условиях при регулярной эксплуатации в автотранспортных предприятиях 16 серийных моделей автомобилей и автопоездов, перевозивших грузы по дорогам разных категорий и во вне дорожных условиях в различных климатических зонах, и накопленные количественные показатели, подтверждают существенную и нестабильную зависимость топливной экономичности перевозок от дорожно-климатических факторов.

Средние расходы топлива, л/100 км, автомобилями на грунтовых дорогах повышенной влажности, пашне, снеговом и песчаном массиве в 2-5 раз больше, чем на дорогах с усовершенствованным покрытием. При этом у дизельных автомобилей топливные затраты на перевозку грузов ниже на 20-30 %, чем при использовании двигателей, работающих на бензине. Для достижения удовлетворительных удельных показателей, г/ткм, топливной экономичности перевозок в рассматриваемых условиях желательно обеспечивать коэффициент использования грузоподъемности автотранспортного средства не ниже 0,60-0,70. Установлены регионы, виды и сроки перевозок, для которых целесообразно использовать полноприводные автомобили и тягачи повышенной проходимости.

5. На основе предложенного укрупненного районирования дорожных условий на территории Украины выявлены и количественно оценены методы улучшения перевозочного процесса для экономии автомобильного топлива с комплексным учетом: уровня адаптации выбранного подвижного состава к дорожным условиям перевозок; дифференцированной маршрутизации доставки грузов, отвечающей согласованию сроков перевозок с погодными условиями; организации топливно-транспортного мониторинга для систематического сбора более полной оперативной информации об эксплуатационных условиях использования автомобильного транспорта; сокращения потерь при заправке автомобилей топливом при их работе в отрыве от основных баз.

6. Для улучшения использования топлива при автомобильных перевозках разработаны методы и средства по усовершенствованию системы контроля, учета, нормирования расхода топлива (СУРАТ):

- в действующие индивидуальные нормативы расхода топлива введены корректирующие коэффициенты учета сложности дорожных условий движения и нагрузки автомобиля, чем обеспечено уточнение норм на 15-40 % для средних и трудных дорожных условий;

- составлено математическое и программное обеспечение на ПЭВМ для более достоверного расчета потребности автотранспортного предприятия в запасах топлива по крупнообъемным перевозкам, при учете разномарочного подвижного состава;

- обоснована необходимость инноваций в средствах метрологического контроля расхода автомобильного топлива и бортовые регистрирующие комплексы типа тахографов;

- разработаны методические основы для перспективного улучшения нормативной базы по топливным затратам на автомобильном транспорте.

7. Итоговым научным результатом выполненного исследования является теоретическое обобщение научных положений и комплекс методов, обеспечивающих более эффективное использование подвижного состава и улучшение топливной экономичности автомобильных перевозок, что способствует сокращению топливных затрат на автомобильном транспорте и служит его дальнейшему техническому прогрессу.

Основные положения и результаты диссертационной работы представлены в следующих публикациях:

1. Маяк Н.М. Топливная экономичность автомобилей в сложных условиях движения. - Киев: Вища школа, 1990. - 215 с.

2. Маяк Н.М. Автомобильное топливо и эффективность его использования /Учеб. пособие. КАДИ/, Киев, УМК ВО 1991.-148 с.

3. Экономия топлива на автомобильном транспорте /Методические указания. Сост. Н.М.Маяк, Г.Б.Безбородова/, Киев, КАДИ, 1991. 120 с.

4. Экономия топлива при вождении автомобиля /Г.Б.Безбородова, Н.М.Маяк, А.А.Чалый. - К.: Техніка, 1986. - 112 с.

5. Маяк Н.М. Исследование топливной экономичности полноприводных автомобилей /Тезисы межвузовской конференции, Киев, 1977 г., с.8.

6. Сахно В.П., Маяк Н.М., Мансуров А.М., Шарай С.М. Вероятностно-статистический метод расчета расхода топлива автомобилем. /Сб.Автом.транспорт, - Киев: Техніка, № 19, 1982, с.79-82.
7. Маяк Н.М. Повышение эффективности топливоиспользования при работе автомобилей в тяжелых дорожно-климатических условиях. / Доклады международной научно-технической конференции "Управление материально-техническими ресурсами на автомобильном транспорте", г.Катовица, ПНР, 1989, с.14.
8. Безбородова Г.Б., Маяк Н.М., Рахманкулов Ф.Х., Чигрин А.Т. Моделирование расхода топлива автомобилем при криволинейном движении. Киевский авт.-дор. ин-т, Киев, 1990, 30с.: Деп. в УкрНИИНТИ, 04.06.90 г., № 924-Ук90.
9. Маяк Н.М. Применение элементов математической теории планирования эксперимента при лабораторно-дорожных испытаниях автомобилей на деформируемых поверхностях /Тезисы докладов конференции "Повышение эффективности проектирования и испытания автомобилей", ПТО Машпром, г.Горький, 1987 г., с. 25-26.
10. Экономия топлива при вождении автомобиля /Г.Б.Безбородова, Н.М.Маяк, А.А.Чалый. 2-е изд., перераб. и доп. - К.: Техніка, 1989, 128 с.
11. Маяк Н.М. Влияние квалификации водителя на расход топлива автомобилем в условиях бездорожья //Проблемы адаптации автомобилей к суровым климатическим условиям Севера и Сибири, вып. 69, Тюмень: 1979, с. 10-11.
12. Маяк Н.М. Составные элементы рационального вождения. /"Механізація сільського господарства", Киев, №8, 1982, с.24.
13. Безбородова Г.Б., Маяк Н.М. Вождение автомобиля в зимних условиях /Автомобильный журнал Украины, №4, 1983, с.42-44.
14. Безбородова Г.Б., Маяк Н.М. Контроль водителем экономичности работы автомобильного двигателя / Автомобильный журнал Украины, №1, 1984, с.51-52.
15. Маяк Н.М., Сахно В.П., Шарай С.М. К оценке топливной экономичности автомобилей в сложных дорожно-климатических условиях эксплуатации. /Тезисы докладов на республиканском семинаре, Ташкент, 1983, с.64-66.

16. Маяк Н.М., Рахманкулов Ф.Х. Исследование топливной экономичности автомобилей в горных условиях и на бездорожье /Тезисы докладов всесоюзной конференции, Ташкент, 1985, с. 24.
17. Маяк Н.М., Силенко В.Е. Особенности методики эксплуатационных испытаний автомобилей с дизельными двигателями на топливную экономичность в условиях бездорожья /Тезисы докладов научно-технической конференции, ГПИ, г.Горький, 1988, с.31-32.
18. Маяк Н.М., Рудзинский В.В., Алексеев А.И. Влияние давления воздуха в шинах на расход топлива автомобилей типа бхб в условиях Севера / Сб. "Проблемы адаптации автомобилей к суровым климатическим условиям Севера и Сибири", Тюмень, 1977. - с.18-20.
19. Маяк Н.М. Исследование топливной экономичности полноприводных автомобилей при их работе на песке. /Тезисы докл. всес. конф. "Повышение эффективности использования автомобильного транспорта в условиях жаркого климата и высокогорных районов", Ташкент, 1978, с.51-52.
20. Маяк Н.М., Рудзинский В.В. Об эффективности использования полноприводных трехосных автомобилей с прицепами на перевозках массовых грузов. /Автодорожник Украины, №2, 1978, - с.9-10.
21. Маяк Н.М., Рахманкулов Ф.Х. Экспериментальное определение влияния кривизны траектории движения автомобиля по деформируемой поверхности на расход топлива. /Труды Ташк. политехн. ин-та, Ташкент, 1986, с. 43-45.
22. Маяк Н.М., Силенко В.Е. Экспериментальное исследование топливной экономичности перевозок строительных грузов. /Киев. автом. дор. ин-т - Киев, 1993 - 24 с. ДЕП в УкрИНТЭИ. 01.02.93, №68-Ук93.
23. Маяк Н.М. Методы снижения расхода автомобильного топлива при перевозках сельскохозяйственных грузов. - Киев, об-во "Знание", 1983, 14 с.
24. Безбородова Г.Б., Маяк Н.М. Резервы экономии автомобильного топлива /Автодорожник Украины, №3, 1983, с.28-29.
25. Маяк Н.М., Силенко В.Е. Повышение эффективности топливоиспользования при работе автомобилей в сложных

- дорожно-климатических условиях /Тезисы докладов региональной научно-практической конференции ВПИ, Владимир, 1987, с.5-6./
26. Безбородова Г.Б., Маяк Н.М. Влияние технического состояния трансмиссии и ходовой системы на расход топлива автомобилем /Автодорожник Украины, №2, 1984, с.50-52.
27. Маяк Н.М. О дифференцированном нормировании расхода топлива при работе автомобилей в сложных дорожно-климатических условиях /Проблемы адаптации автомобилей к суровым климатическим условиям Севера и Сибири. - Тюмень, 1982. с.7-8.
28. Маяк Н.М. Совершенствование нормирования расхода автомобильного топлива. /"Механізація сільського господарства", 1984, №3, с.10-11.
29. Маяк Н.М., Силенко В.Е. Особенности нормирования расхода топлива при работе автомобилей на деформируемых поверхностях движения. /Тезисы докладов региональной конференции, ЧПИ. Челябинск, 1987, с.32.
30. Маяк Н.М., Вельбовец А.Ф., Рахманкулов Ф.Х. Совершенствовать нормы расходования топлива /"Механізація сільського господарства", №11, 1985, с.11-12.
31. Маяк Н.М. Методика обоснования дифференцированных норм расхода топлива и анализа эффективности его использования. /Информационный листок о научно-техническом достижении, КАДИ, Киев, 1990, 4с.
32. Маяк Н.М., Силенко В.Е., Шарай С.М. Определение потребности в автомобильном топливе при заданных условиях перевозок. - Киев, 1994 г., 22 с.: Деп. в ДНТБ 14.11.94 г., №2137-Ук94.
33. Маяк Н.М., Безбородова Г.Б. О топливно-транспортном мониторинге для грузовых автомобильных перевозок. /Тезисы докладов международной научно-технической конференции "Новые технологии и организационные структуры на автомобильном транспорте", 1994г. ВПУ, Винница, с.7-8.
34. Безбородова Г.Б., Маяк Н.М., Хабутдинов Р.А. Возможности економічного управління автомобілем при світлофорному регулюванні руху в містах. /"Сигнал" (український автомобільний журнал), №3, 1995, с.34-35.

## АНОТАЦІЯ

**Маяк М.М. Теоретичні основи і методи забезпечення паливної економічності автомобільних перевезень з урахуванням факторів складності дорожніх умов.**

Дисертація у вигляді рукопису на здобуття наукового ступеню доктора технічних наук з спеціальностей 05.22.01 - транспортні системи та 05.22.10 - експлуатація автомобільного транспорту. Український транспортний університет, Київ, 1995р.

Захищається теоретичне узагальнення наукових положень та комплекс методів, якими забезпечується більш ефективне використання рухомого складу автомобільного транспорту та покращення паливної економічності автомобільних перевезень. Запропоновано теоретичні моделі для визначення витрат палива автомобілями у важких дорожніх умовах експлуатації та для підвищення надійності роботи водіїв по економічному керуванню автомобілем. Обґрунтовані рекомендації для удосконалення підсистем управління витратами палива в автотранспортних підприємствах з різною організацією та правовою структурою.

Ключові слова: автомобільний транспортний комплекс, інтегрована транспортно-технологічна система; витрати палива, організація перевезень, дорожньо-експлуатаційні умови.

## ABSTRACT

Зак. № 803-12.10.95

**Nicolaj M. Mayak. The Theoretical Basis and Methods of Ensuring the Fuel Economy of Automobile Transportation with Regard for the Factors of Hard Road Conditions.**

Dissertation in handwriting for scientific degree Doctor of Technics in applied science 05.22.01 - Transportation Systems and 05.22.10 - Automobile Transport Exploitation. Ukrainian Transport University, Kiev, 1995 .

It is defending the theoretical generalization of scientific propositions and complex of the methods which secure more effective operation of cargo automobile transport and improve fuel economy.

The author proposes theoretical methods for determining the expenditure of automobile fuel during the operation in hard road conditions and increasing the reliability of drivers' work on the economic driving.

The author grounded recommendations for improving the systems of management of the fuel expenditure in autotransport enterprises with different organisation and legislation structure.

Key words: Automobile transport complex, Integrated transport and technological system, fuel expenditure, organization of transportation, road-operational conditions.

30. Мая Н.М., Варбова: А.Ф., Рахманкулов: Ф.А.

31. Мая Н.М., Варбова: А.Ф., Рахманкулов: Ф.А.

ABSTRACT

32. Мая Н.М., Варбова: А.Ф., Рахманкулов: Ф.А.

33. Мая Н.М., Варбова: А.Ф., Рахманкулов: Ф.А.

34. Мая Н.М., Варбова: А.Ф., Рахманкулов: Ф.А.

35. Мая Н.М., Варбова: А.Ф., Рахманкулов: Ф.А.

36. Мая Н.М., Варбова: А.Ф., Рахманкулов: Ф.А.

37. Мая Н.М., Варбова: А.Ф., Рахманкулов: Ф.А.

38. Мая Н.М., Варбова: А.Ф., Рахманкулов: Ф.А.

ОАО "УкрНИИАТ"  
Зак. № 803-12.10.95  
т. 150 экз.



446306

AB 33.256

**AB 33.256**