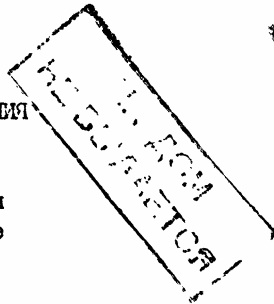


М 457453
МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
С С С Р

Московское ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени высшее техническое
училище им. Н.Э.Баумана



На правах рукописи

УДК 629.114.4.004.18

ВОДОБУЕВ Евгений Федорович

УЛУЧШЕНИЕ ТОПЛИВНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ АВТОМОБИЛЯ
НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ЕГО ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

05.05.03 - Автомобили и тракторы

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва - 1987

Работа выполнена в Центральном ордена Трудового Красного
Знамени научно-исследовательском автомобильном и автомоторном
институте (НАМИ)

Научный руководитель	- доктор технических наук В.М.Семенов
Официальные оппоненты	- доктор технических наук, профессор Р.В.Ротенберг - кандидат технических наук, доцент В.В.Селифонов
Ведущее предприятие	- ордена Трудового Красного Знамени Кутаисский автомобильный завод им. Г.К.Орджоникидзе

Защита состоится " 18 " _____ мая 1987 г. на
заседании специализированного Совета К 053.15.10 в Московском
ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового
Красного Знамени высшем техническом училище им. Н.Э.Баумана по
адресу: 107085, Москва, ул. Бауманская, д. 15, корпус К-3.

С
им. Н.Э

ВТУ

Ан

г.

Ва

ой печатью,

просим

спец
док

ЦНБИИ

М 457453

Актуальность темы. Решениями XXVI съезда КПСС намечены пути развития экономики нашей страны на обозримом этапе. XI пятилетка выдвинула одну из важнейших задач развития экономики — снижение энергозатрат всеми видами транспорта. Особенно высокие требования предъявляются к автомобильному транспорту, где за пятилетие намечено увеличить грузооборот на 30—40% и при этом снизить расход топлива на 18—20%.

В настоящее время конструктивные решения, направленные на снижение потерь мощности на движение и соответственно расхода топлива, представлены в большом объеме и, в основном, с позиций статистики. Изучение задачи снижения расхода топлива на основе анализа влияния динамических процессов открывает новые пути решения данной проблемы.

Автомобиль представляет собой сложную колебательную систему и движение его в реальных условиях эксплуатации происходит как на установившихся режимах (часто около зоны резонанса, где потери мощности на колебания наиболее сильно влияют на расход топлива), так и на неустановившихся режимах (тротание с места, разгон с переключением передач, торможение), которые достигают 50—80% от общего времени движения. В связи с этим особую актуальность приобретают работы, направленные на снижение расхода топлива автомобиля на основе анализа его динамических процессов.

Целью данной работы является разработка путей повышения топливной экономичности автомобиля на основе комплексного использования результатов испытаний и расчетов на ЭВМ влияния колебательных процессов в его узлах и агрегатах на расход топлива и выбор рациональных параметров динамической системы автомобиля по условию минимума расхода топлива при движении как на установившихся, так и на неустановившихся режимах.

Методы исследования. Для решения поставленных задач в работе были использованы основные положения теории автомобиля, методы математического моделирования, численные методы математического анализа и решения систем дифференциальных уравнений на ЭВМ. Проверка адекватности математической модели реальному объекту осуществлялась сравнением результатов расчетных и экспериментальных исследований.

Научная новизна работы заключается в том, что вопросы

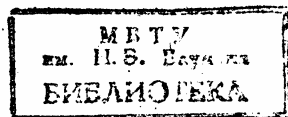
I

НТБ МГТУ им. Н. Э. Баумана



1457453

Волобуев Е. Ф. Улучшение тор



улучшения топливной экономичности автомобиля исследуются с точки зрения влияния динамических процессов в узлах и агрегатах на расход топлива при движении его на установившихся и неустановившихся режимах.

Разработанная математическая модель динамики движения автомобиля типа 4x4 позволяет учитывать особенности работы ДВС и сцепления, взаимосвязь колебаний в подвеске и трансмиссии, логику поведения водителя (законы управления педалью сцепления, педалью подачи топлива и рычагом управления переключения передач) в зависимости от дорожных условий для движения с постоянной скоростью или для разгона с переключением передач.

Разработанная методика расчета на ЭВМ позволила провести:

- расчетные режимометрические исследования автомобиля с получением основных эксплуатационных показателей и нагрузочных режимов узлов и агрегатов автомобиля;

- качественный и количественный анализ влияния динамических процессов на потери мощности на колебания. В качестве критерия оценки влияния потерь мощности на диссипацию энергии выбран расход топлива.

На основании проведенного анализа предложено выбирать рациональное значение момента инерции двигателя с учетом влияния его на расход топлива и по предельному значению неравномерности вращения коленчатого вала двигателя. Выявлены предпосылки, позволяющие снизить расход топлива автомобиля за счет применения маховика с переменным моментом инерции.

Практическая значимость работы заключается в получении обоснованной и экспериментально подтвержденной методики расчетного определения топливной экономичности автомобиля и динамической нагруженности его узлов и агрегатов при проектировании, модернизации и доводке автомобиля, что позволяет повысить эффективность и качество конструкторских работ.

Реализация результатов работы. Результаты исследований нашли практическое применение при разработке методик и программ расчета на ЭВМ динамики движения автомобиля типа 4x4, которые были внедрены в систему автоматизированного проектирования ПО АвтоКАЗ по форме Р-10 (акт внедрения получен 14.06.86 г.) с экономическим эффектом 56 тыс. рублей.

Апробация работ. Основные положения диссертации докладывались на XI и XII научно-технических конференциях молодых уче-

ных и специалистов НАМИ (февраль 1979 г., апрель 1981 г.), XXXIV конференции ученых и специалистов НАМИ (март 1980 г.), Всесоюзном научно-техническом совещании "Динамика и прочность автомобиля" (октябрь 1984 г.), Всесоюзном семинаре "Проблемы совершенствования автомобильной техники" (октябрь 1986 г.).

Публикации. По результатам диссертационной работы опубликовано 6 научно-технических статей и 2 научно-технических отчета.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, основных выводов, списка литературы (118 наименований) и приложения. Общий объем работы 194с., из них 129с. машинописного текста, 67 рисунков, 9 таблиц, 21с. приложения.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении показана актуальность темы диссертации, формулирована ее цель и дана краткая аннотация работы.

В первой главе проведен краткий обзор работ по исследованию колебательных процессов в узлах и агрегатах автомобиля и влиянию их на потери мощности на колебания, нашедшие свое отражение в работах А.И.Гришкевича, Н.Я.Говорущенко, Г.А.Смирнова, А.А.Хачатурова, В.М.Семенова, В.А.Петрушова, И.Г.Пархиловского, Ю.Б.Беленького, В.В.Московкина, Р.А.Мусарского, А.В.Согина и других авторов.

В основном эти работы посвящены исследованию потерь мощности на колебания в системе поддрессоривания, которые могут достигать 15% от номинальной мощности двигателя при движении автомобиля по неровной дороге. Потери мощности на колебания обычно определяются экспериментально и выражаются эмпирическими зависимостями. Расчетным путем потери мощности на колебания определяются в основном методом статистической динамики только для линейных динамических систем, то есть без учета таких ярко выраженных нелинейностей, как динамические коэффициенты жесткости, демпфирования и силы сухого трения системы поддрессоривания. Таким образом, требование более точного качественного и количественного исследования данной проблемы вызывает необходимость разработки взаимосвязанных нелинейных многомассовых математических моделей, позволяющих изучить особенности динамических процессов в автомобилях. Следует отметить, что вышеперечисленные авторы не связывали потери мощности на колебания с расходом топлива автомобиля.

Большое внимание в обзоре уделяется также работам, посвященным исследованию динамики системы поддрессирования, определению параметров подвески и разработке математических моделей листовых рессор. К ним относятся работы Р.В.Ротенберга, Я.М.Цивзнера, В.Л.Нидермана, И.Г.Пархиловского, А.И.Гришкевича, А.А.Силзева, Н.Н.Яценко, С.К.Прутчикова, В.А.Галашина, В.И.Ковицкого, В.И.Кольцова, Г.Г.Гридасова, А.М.Горелика, А.Е.Плетнера, А.Д.Конева, С.М.Воеводенко и других авторов. Ими был проведен анализ системы поддрессирования, который позволил выявить основные особенности ее работы, зависимости параметров подвески от частоты возмущающего воздействия со стороны дороги.

Задача снижения расхода топлива на установившихся режимах с учетом диссипации энергии в узлах и агрегатах автомобиля, рассматриваемая в настоящей диссертационной работе, является развитием работ вышеперечисленных авторов.

Неустановившийся режим движения (в основном это разгон с переключением передач или разгон на передаче) характеризуется повышенным расходом топлива автомобиля по сравнению с установившимся. Поэтому вопрос снижения расхода топлива на режиме разгона является важным. Из всего многообразия факторов, влияющих на экономические показатели автомобиля на режиме разгона, остановимся на определении рационального момента инерции двигателя. Дело в том, что на низших передачах момент инерции двигателя соизмерим с приведенной к нему поступательно движущейся массой автомобиля, и поэтому при разгоне значительная часть энергии ДВС (около 15% от всей работы) расходуется на ускорение коленчатого вала двигателя с маховиком. Уменьшение инерционных нагрузок позволяет снизить расход топлива.

Вопросу влияния момента инерции двигателя на экономические показатели автомобиля посвящены работы Н.С.Карпухина, В.И.Шестухина и некоторые работы зарубежных авторов.

Таким образом на основе анализа решаемой проблемы были сформулированы основные задачи данной работы:

- разработать взаимосвязанную нелинейную математическую модель динамики движения автомобиля типа 4x4, учитывающую взаимодействие его основных подсистем, возмущающее воздействие со стороны двигателя и дороги и управляющее воздействие водителя;
- разработать методики и программы расчета на ЭВМ динамики движения и топливной экономичности автомобиля на основе анализа

Влияния динамических процессов в его узлах и агрегатах на расход топлива при движении на установившихся и неустойчивых режимах;

- провести экспериментальные исследования топливной экономичности автомобиля и сопоставление полученных результатов с расчетными;

- разработать методические и конструктивные рекомендации по снижению расхода топлива автомобиля.

Во второй главе диссертации рассмотрен мощностной баланс автомобиля при движении по неровной дороге, определены основные его составляющие. Потери мощности на колебания в автомобиле происходят в основном в трех подсистемах: трансмиссии, колесном двигателе и подвеске.

Потери мощности на колебания в трансмиссии незначительны и при движении автомобиля на установившихся режимах ими можно пренебречь.

Потери мощности на колебания в шинах определяются экспериментально. Находится петля гистерезиса при нагрузке и разгрузке шины, площадь которой и определяет потери энергии. Эти потери можно выразить зависимостью

$$N_{\text{кол}}^{\text{ш}} = \sum_{i=1}^n K_{\text{ш}i} (h_i - \dot{z}_{mi})^2$$

где: $K_{\text{ш}i}$ - коэффициент демпфирования в шинах i колеса;

h_i - высота неровностей дороги под i колесом;

z_{mi} - вертикальное перемещение оси i колеса;

n - число колес автомобиля.

Наиболее существенными являются потери мощности в подвеске, которые определяются сопротивлением амортизаторов, межлистовым трением в рессорах, трением в пальцах и шарнирах подвески, которые выражаются зависимостью

$$N_{\text{кол}}^{\text{под}} = \sum_{i=1}^{n_1} K_{pi} \dot{S}_{0i}^2 + \sum_{i=1}^{n_2} F_{pi} \dot{S}_{0i}$$

где: K_{pi} - коэффициент демпфирования в подвеске;

F_{pi} - сила сухого трения в рессорной подвеске;

S_0 - относительное перемещение кузова и колес автомобиля;

n_1 - количество амортизаторов в подвесках автомобиля;

n_2 - количество рессор в автомобиле.

Потери мощности на колебания в шинах и в подвеске приводятся к дополнительным силам сопротивления движению; приложенным к колесам

$$P_{\text{кол}}^{\text{ш}} = N_{\text{кол}}^{\text{ш}} / v ; P_{\text{кол}}^{\text{под}} = N_{\text{кол}}^{\text{под}} / v$$

где: v - скорость автомобиля.

Дополнительные силы сопротивления $R_{\text{ш кол}}$ и $R_{\text{под кол}}$ приводят к увеличению двигателем расхода топлива для поддержания заданной скорости движения автомобиля.

Следует подчеркнуть, что улучшение качества подвески и шасси должно стать одним из резервов снижения потерь мощности на колебания и соответственно улучшения топливной экономичности автомобиля при движении по неровным дорогам.

В третьей главе изложены основные положения разработанной математической модели динамики движения автомобиля типа 4х4, описаны математические модели основных его подсистем.

На первом этапе исследования была создана линейная модель, на базе которой проведены расчеты собственных и вынужденных колебаний динамической системы. Анализ полученных результатов позволил изучить влияние основных конструктивных параметров автомобиля на собственные частоты и влияние жесткостных и демпфирующих свойств системы поддрессоривания на уровень вертикальных ускорений масс автомобиля.

Рядом исследований установлено, что такие динамические подсистемы автомобиля, как трансмиссия и подвеска, имеют элементы с нелинейными характеристиками, вызванными наличием зазоров и сил сухого трения. Учет нелинейных характеристик позволяет исследовать динамические процессы более точно и качественно.

Для моделирования реального процесса движения автомобиля были разработаны модели основных его подсистем.

В данной работе была составлена математическая модель дизельного двигателя с двухрежимным регулятором. При движении автомобиля на установившихся режимах крутящий момент двигателя M_d и удельный расход топлива g_e задаются по статическим характеристикам. На неустановившихся режимах движения учитывалось влияние углового ускорения коленчатого вала двигателя $\dot{\varphi}_d$ на M_d и g_e введением коэффициента пропорциональности λ .

Исследования по качению колеса по опорной поверхности проводились В.Л.Бидерманом, В.И.Кнорозом, Н.Ф.Бочаровым, Г.А.Смирновым, Г.В.Зимелевым, А.А.Хачатуровым, Ю.В.Пирковским и многими другими. Разработанная в диссертации математическая модель динамики качения колеса основывается на положениях, выдвинутых вышеперечисленными авторами. Отличием данной модели является то, что она учитывает воздействия на автомобиль продольного профиля дороги через угол наклона касательной в точке

качения колеса. Такое представление объясняет энергетику взаимодействия ДВС с колесом при преодолении автомобилем неровностей дороги. Если представить только чисто вертикальное воздействие на колесо, то в этом случае вектор тяговой силы и вектор вертикальной силы направлены под углом 90° , то есть двигатель не совершает работу на колебания автомобиля.

Все вышеперечисленные факторы были учтены при разработке общей математической модели динамики движения автомобиля типа 4x4, расчетная схема которой представлена на рис. 1. При этом были использованы следующие допущения:

- автомобиль и дорога симметричны относительно продольной плоскости автомобиля;
- рама автомобиля рассматривается как твердое тело, имеющее продольную ось симметрии;
- угловые колебания автомобиля считаются малыми;
- контакт колеса с дорогой - точечным;
- отсутствие буксования колеса при движении автомобиля по твердой опорной поверхности;
- боковая жесткость шин не учитывается.

Для составления дифференциальных уравнений динамики движения автомобиля использовалось уравнение Лагранжа 2-го рода:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_i} + \frac{\partial \Pi}{\partial q_i} + \frac{\partial \Phi}{\partial q_i} = Q_i$$

где: T - кинетическая энергия системы;

Π - потенциальная энергия системы;

Φ - диссипативная функция, характеризующая потери энергии под действием сил сопротивления;

q_i - i -я обобщенная координата;

Q_i - обобщенная сила, соответствующая i -й обобщенной координате.

Было получено и исследовано при расчетах на ЭВМ 17 уравнений второго порядка и 3 уравнения первого порядка.

Следует отметить, что данная расчетная схема является многоструктурной, где каждой структуре соответствует свой режим движения и соответствующие дифференциальные уравнения.

Для решения системы дифференциальных уравнений был выбран путь численного интегрирования на ЭВМ типа ЕС методом Рунге-Кутты IV порядка. Разработанная методика исследования реализована в виде программы расчета, которая позволяет опреде-

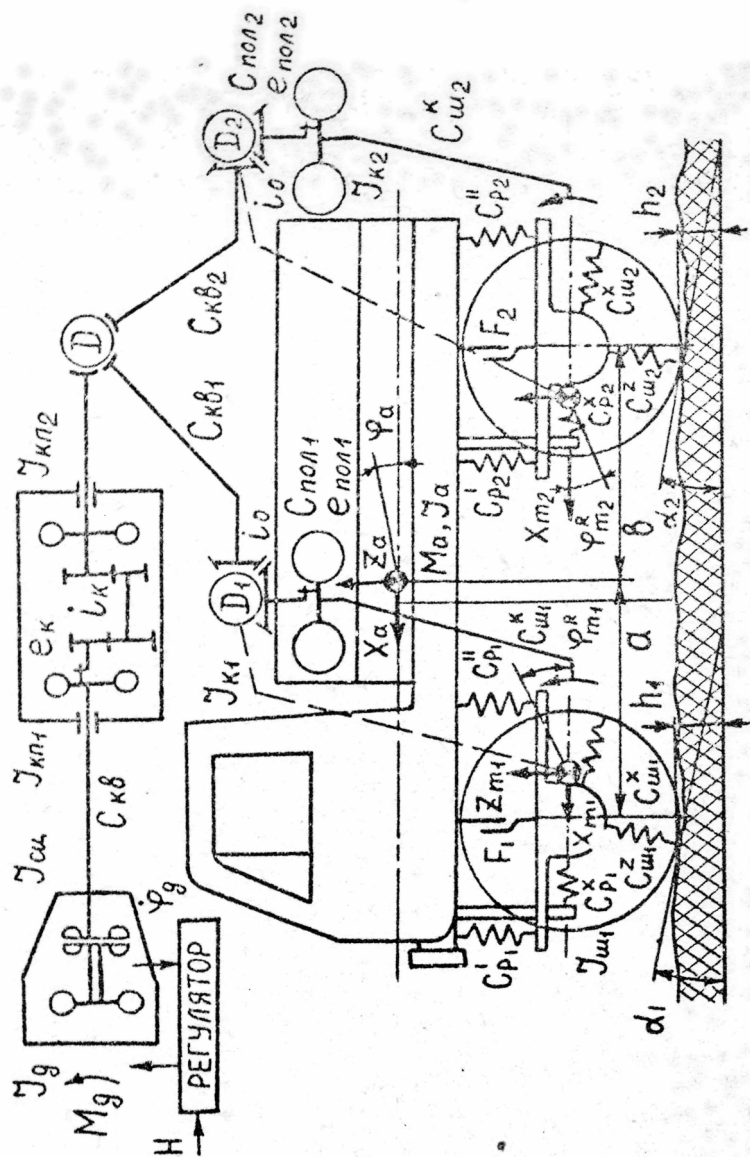


Рис. I Расчетная схема динамики движения автомобиля типа 4х4

лать, во-первых: основные эксплуатационные показатели автомобиля (скорость, время движения, расход топлива, количество переключений передач), а также мощности на валах трансмиссии, мощность сопротивления движению и мощность на диссипацию энергии; во-вторых: определять динамическую нагруженность узлов и агрегатов автомобиля в виде массивов крутящих моментов и упругих сил и, в-третьих: проводить исследования влияния основных конструктивных параметров автомобиля в динамике с целью улучшения его тягово-динамических и технико-экономических свойств.

В четвертой главе приведены результаты расчетных исследований топливной экономичности автомобиля на установившихся и неустановившихся режимах с учетом анализа динамических процессов в его узлах и агрегатах.

Расчетные исследования установившегося режима работы автомобиля типа 4x4 включали расчеты потерь мощности на колебания в шинах и подвеске в зависимости от конструктивных параметров подвески (силы сухого трения F_p и коэффициента демпфирования K_p) с целью изучения влияния диссипации энергии на расход топлива по разработанной методике.

Для выявления качественной картины микропрофиль в расчете представлен в виде синусоиды с длиной волны 1,2 м и высотой неровностей от 0,015 м до 0,03 м, преобладающих в спектре воздействия булыжника ровного замощения.

Расчетами было показано, что потери мощности на колебания составляют 16% от мощности двигателя. Анализ результатов расчета по разработанной методике показал, что уменьшение силы сухого трения на 20% приводит к снижению расхода топлива на 6% в зоне резонанса неподдрессированных масс автомобиля ($U = 30+40$ км/ч) на различных передачах, см. рис. 2.

При движении вне зоны резонанса потери мощности на колебания менее 5% и расход топлива уменьшается на 1-2%.

Следует отметить, что дальнейшее снижение силы сухого трения не дает уменьшения расхода топлива в интервале скоростей $U = 30+40$ км/ч, так как в этом случае увеличиваются потери мощности на колебания в шинах.

При уменьшении силы сухого трения в подвеске на 20% снижаются ускорения поддрессированной массы автомобиля на 15%, но при этом увеличивается ход подвески на 15%.

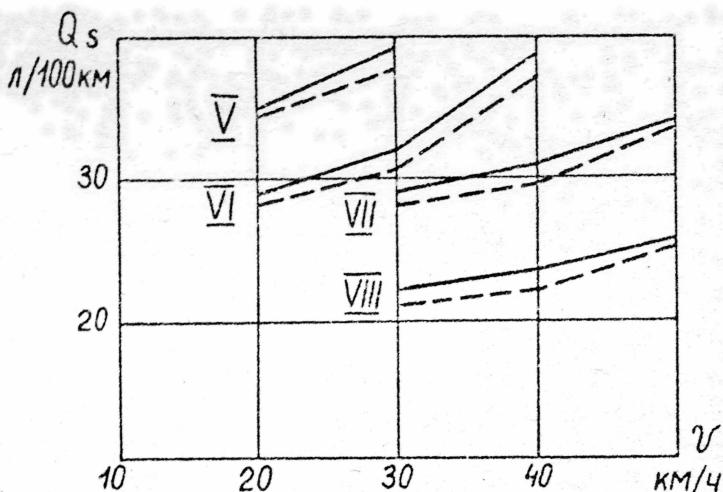


Рис. 2 Расход топлива автомобиля типа 4x4 при движении по синусоидальному профилю ($S_g = 1,2$ м, $h_0 = 0,021$ м)

— $F_p = 6,0$ кН

--- $F_p = 4,8$ кН

Расчетные исследования движения автомобиля типа 4x4 на неустановившихся режимах посвящены изучению вопроса влияния момента инерции двигателя на расход топлива. Снижение инерционных нагрузок за счет уменьшения момента инерции двигателя и массы автомобиля позволяет улучшить его топливную экономичность. Для достижения экономии топлива на 8% при разгоне необходимо снизить массу автомобиля на 1 т, а если уменьшить момент инерции маховика J_m на 30% (снижение массы маховика на 10 кг), то экономия топлива составляет 6,2%.

С уменьшением J_m увеличивается неравномерность вращения коленчатого вала двигателя δ . При снижении J_m на 30% δ увеличивается на 40%, но даже такое значение не превышает допустимую величину $\delta_{доп}$. Предельное уменьшение J_m на 30% (снятие металла с нерабочей поверхности маховика) принято на основании расчета допускаемых напряжений растяжения в тангенциальном направлении для данного материала маховика.

При расчетах на ЭВМ исследовался чисто теоретический вариант разгона автомобиля с переменным моментом инерции махови-

на, где только на режиме разгона после окончания буксования сцепления момент инерции маховика принимает свое минимальное значение. При переключении передач J_m принимает свое максимальное значение. В этом случае можно уменьшить время разгона на 13,7% и расход топлива на 18% по сравнению со стандартным маховиком.

В пятой главе приведены результаты экспериментальных исследований, которые подтвердили правильность теоретических разработок данной диссертации.

Для подтверждения расчетных исследований влияния потерь мощности двигателя при колебаниях на расход топлива были проведены дорожные испытания автомобиля при движении по булыжнику ровного мощения при установке в подвеску заднего моста малолистовых подпрессорников и амортизаторов одностороннего и двухстороннего действия. При движении автомобиля в интервале скоростей 30-40 км/ч, что соответствует режимам, близким к зоне резонанса неподпрессоренных масс, было установлено, что при установке в подвеску заднего моста малолистовых подпрессорников, расход топлива уменьшается на 6% и увеличивается максимальный ход подвески на 15%, при установке малолистовых подпрессорников и амортизаторов одностороннего действия расход топлива уменьшается на 4% и увеличивается максимальный ход подвески на 10%, и при установке малолистовых подпрессорников и амортизаторов двухстороннего действия расход топлива увеличивается на 2% и уменьшается максимальный ход подвески на 20% при сравнении с серийной моделью.

Результатам экспериментальных исследований соответствуют результаты расчета движения автомобиля по синусоидальному профилю с параметрами $S_g = 1,2$ м и $h_0 = 0,021$ м. Следует отметить, что основой для сравнения является максимальный ход подвески при расчете и эксперименте. Известно, что булыжник ровного мощения характеризуется средним квадратическим отклонением высоты неровностей дороги h_x , равной $h_x = 0,011 - 0,015$ м для длин волн от 1 до 20 м, то есть возмущающее воздействие со стороны дороги при расчете и эксперименте одинаковое.

Для экспериментального определения расхода топлива автомобиля на неустановившихся режимах был изготовлен облегченный маховик, момент инерции которого меньше стандартного на 30%. Исследовался режим разгона автомобиля на отдельных передачах с

минимально устойчивых до максимальных оборотов двигателя.

На основании обработки экспериментальных данных была построена зависимость разницы по расходу топлива ΔQ_s (см. рис. 3) при разгоне со стандартным и облегченным маховиками на различных передачах. Экономия топлива происходит за счет более быстрого по времени достижения максимальных оборотов или скорости автомобиля с облегченным маховиком.

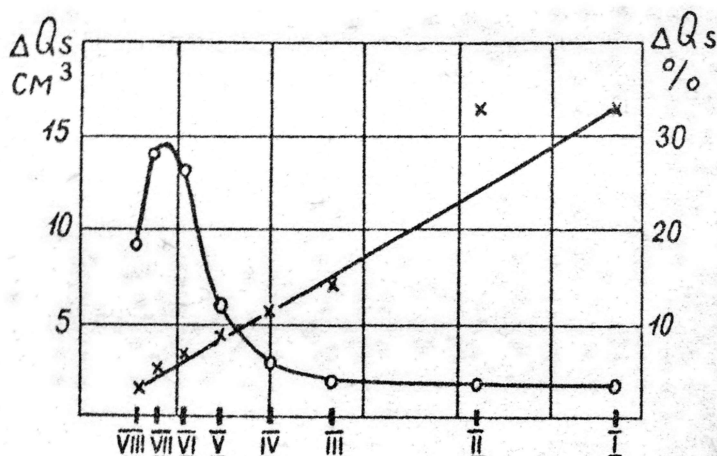


Рис. 3 Расход топлива автомобиля со стандартным и облегченным маховиками (их разница ΔQ_s) при разгоне на различных передачах

На низших передачах время разгона с облегченным маховиком почти такое же как и со стандартным, хотя в процентном отношении здесь наибольшая экономия по времени разгона и по расходу топлива. Это объясняется тем, что разгон на этих передачах длится около 5 сек. На высших передачах разница в ускорениях двигателя при разгоне со стандартным и облегченным маховиком уменьшается до 5-9%, но при этом процесс движения происходит достаточно долго (до 25 сек). Как видно из результатов наибольший выигрыш получается на VI передаче. При разгоне на VII передаче маховик на порядок меньше поступательно движущейся массы автомобиля, приведенной к двигателю. Разница в ускорениях на передаче меньше 1%, поэтому ΔQ_s стремится к нулю. Данные ре-
12

зультаты эксперимента относятся к движению на горизонтальном асфальтированном участке дороги при резком нажатии на педаль подачи топлива. При эксплуатационном разгоне кривая ΔQ_s имеет плавный характер, то есть нет ярко выраженного пика на VI передаче. Если разгон будет проводиться на дорогах, где силы сопротивления качению больше, чем на асфальте, то пик кривой ΔQ_s сместится в сторону понижающих передач, и ее абсолютное значение будет больше.

Интегральную оценку влияния момента инерции двигателя на динамику разгона и расход топлива дает режим разгона с переключением передач до определенной скорости. Было получено, что при эксплуатационном разгоне автомобиля типа 4x4 до скорости

$V = 70 \text{ км/ч}$ с облегченным маховиком на 30%, выигрыш по времени составляет 5% и по расходу топлива 6% по сравнению со стандартным.

Очень важным режимом в эксплуатации автомобиля является трогание и разгон с переключением передач в условиях с повышенным сопротивлением движению. Были проведены испытания на горной дороге с 10% подъемом. Автомобиль и со стандартным и с облегченным маховиками трогался с места на I, 2, 3, 4 передачах. Следует отметить, что падение оборотов Δn с облегченным маховиком на 30% больше на 300 мин^{-1} по сравнению со стандартным только при переключении передач с I на 3-ю, а на остальных передачах разница Δn была незначительна, так как в этом случае играет большую роль буксование сцепления. Все это говорит о том, что применение облегченного маховика в пределах до 30% дает улучшение динамики разгона и топливной экономичности и не ухудшает его тяговые качества в дорожных условиях с повышенным сопротивлением качению колеса.

В приложениях приведены:

- техническая характеристика автомобиля типа 4x4 (приложение 1);
- блок-схема расчета на ЭВМ динамики движения автомобиля типа 4x4 (приложение 2);
- предварительный расчет экономической эффективности от внедрения методики и программы расчета на ЭВМ динамики движения, нагруженности и вероятностной долговечности деталей трансмиссии автомобиля типа 4x4 как элемента САПР автомобиля, которая составляет 56 тыс.руб. на один цикл расчета (приложение 3);

- акт внедрения по форме Р-10 разработанной методики и программы расчета на ПО АвтоКАЗ (приложение 4).

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Разработанная методика расчетов на ЭЕМ динамики движения автомобиля типа 4x4 на установившихся и на неустановившихся режимах позволяет на стадии проектирования вести исследования влияния динамических процессов в его узлах и агрегатах на расход топлива и позволяет находить новые пути повышения топливной экономичности автотранспортных средств.

2. Разработанная математическая модель автомобиля типа 4x4 учитывает взаимодействие его основных подсистем и потери мощности на колебания в его узлах и агрегатах, которые приводятся к дополнительным силам сопротивления движению и зависят от параметров динамической системы автомобиля.

3. Расчетные исследования показали, что потери мощности на колебания могут составлять 16% от мощности двигателя. За критерий оценки потери мощности на колебания принимается расход топлива автомобиля.

4. Комплексными расчетно-экспериментальными исследованиями установлено, что при движении автомобиля типа 4x4 на режимах, близких к зоне резонанса неподрессоренных масс и при установке в подвеску заднего моста:

а) малолистовых поддрессорников расход топлива уменьшается на 6%, максимальный ход подвески увеличивается на 15%;

б) малолистовых поддрессорников и амортизаторов одностороннего действия расход топлива уменьшается на 4% и максимальный ход подвески увеличивается на 10%;

в) малолистовых поддрессорников и амортизаторов двухстороннего действия, расход топлива увеличивается на 2% и уменьшается максимальный ход подвески на 20%.

Полученные результаты даны в сравнении с серийной моделью.

5. На скоростные и экономические показатели автомобиля при разгоне оказывает влияние момент инерции двигателя, рациональное значение которого нужно выбирать с учетом влияния его на расход топлива и по предельному значению неравномерности вращения коленчатого вала двигателя.

6. Уменьшение момента инерции маховика на 30% позволяет уменьшить время разгона до скорости $V = 70$ км/ч на 5% и расход топлива автомобиля на 6% и не ухудшает тягово-динамические

свойства автомобиля при трогании с места и дальнейшем разгоне с переключением передач в тяжелых дорожных условиях.

7. Уменьшение момента инерции маховика на 30% хотя и приводит к увеличению неравномерности вращения коленчатого вала на 40%, но не превышает допустимую величину.

8. Полученное удовлетворительное совпадение результатов расчетов и экспериментов, дает основание рекомендовать к использованию в КБ заводов разработанную методику расчета на ЭВМ при выполнении работ на стадии проектирования, доводки и модернизации автомобиля.

9. Разработанные методики и программы расчетов динамики движения и динамической нагруженности узлов и агрегатов автомобиля типа 4x4 внедрены на ПО АвтоКАЗ. Ожидаемый экономический эффект составляет 56 тыс. рублей на один цикл расчетов за счет замены части дорогостоящих натуральных испытаний расчетными исследованиями на стадии проведения проектно-конструкторских и доводочных работ.

Основные положения диссертации отражены в следующих работах:

1. Динамика машинных агрегатов с реактивными элементами / В.М.Семенов, В.А.Умняшкин, Д.В.Киселев, Е.Ф.Волобуев // Механические передачи. -Ижевск, 1977.-Вып.2.-С.61-65.-(Межвуз.об. / Ижевск.механический ин-т).

2. Колебания автомобильного колеса по неровной дороге / В.М.Семенов, Е.Ф.Волобуев, Д.В.Киселев, С.П.Контанисов // Труды НАМИ.-1979.-Вып.173.-С.66-76.

3. О динамике взаимодействия ведущего автомобильного колеса с дорогой / В.М.Семенов, Е.Ф.Волобуев, Д.В.Киселев, С.П.Контанисов // Труды НАМИ.-1979.-Вып.173.-С.77-85.

4. Разработка подсистем автоматизированного выбора параметров трансмиссии и ходовой части автомобилей и автопоездов с целью повышения их тягово-динамических качеств и снижения расхода топлива: Отчет о НИР (заключит.) / Научно-исслед.автомобил. и автотранспорт. ин-т (НАМИ): Руководитель В.М.Семенов.-ХД 45-77; № ГР 77046226; Инв.№ Б 916586.-М.,1980.-143с.

5. Комплексные расчетные исследования на ЭВМ влияния характеристик двигателей, параметров трансмиссии и ходовой части на расход топлива и динамическую нагруженность узлов и агрегатов автомобиля с целью повышения их надежности и долговечности:

Отчет о НИР (заключит.) / Научно-исслед.автомобил. и автомо-
торн.ин-т (НАМИ); Руководитель В.М.Семенов.-ХД 161,127-81;
№ IP 8 81065976; Инв.№ 02830029522.-М.,1982.-109с.

6. Семенов В.М., Колозян Г.Г., Волобуев Е.Ф. Влияние гео-
метрических параметров на конструкцию автомобиля // Изв.АН АССР
(Ереван).-1984.-Вып.37, № 4.-С.9-12.

7. Волобуев Е.Ф., Семенов В.М. К вопросу о влиянии конст-
руктивных параметров автомобиля на его топливную экономичность
и динамические качества // Динамика и прочность автомобиля;
Тез.докл.Всесоюз.науч.-техн.совещ.:.-М.,1984.-С.112.

8. Волобуев Е.Ф., Киселев Д.В. Мощностной баланс автомо-
биля и пути снижения его оставляющих с целью улучшения тяго-
вой динамики и топливной экономичности // Проблемы совершенст-
вования автомобильной техники; Тез.докл.Всесоюз.семинара.-М.,
1986.-С.29-30.

Е.Волобуев

Д-44774 от 7/IV-87 г. Заказ 463

Объем .I. п.л. Тираж 100 экз. Ротапринт МВТУ.