

05.05.03

3676

2

Челябинский политехнический институт
имени Ленинского комсомола

На правах рукописи

Волков Вячеслав Евгеньевич

УДК 629.11.072.86.001

МЕТОД УПРАВЛЕНИЯ ТОПЛИВНО-СКОРОСТНЫМ КАЧЕСТВОМ
ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Специальность 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

Челябинск-1985

ЧПИ

Работа выполнена в Управлении главного конструктора
Волжского ордена Трудового Красного Знамени автомобильного
завода имени 50-летия СССР и на кафедре "Автомобили и тракторы"
Курганского машиностроительного института.

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор
А.С. ТЕРЕХОВ.

Официальные оппоненты: заслуженный деятель науки и техники
РСФСР, доктор технических наук,
профессор
А.Н. ОСТРОВЦЕВ,
кандидат технических наук, доцент
Р.К. ГАЛИМЗЯНОВ.

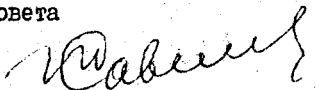
Ведущее предприятие - АвтоАЗ.

Защита состоится 25 декабря 1985 года, в 15 часов, на заседа-
нии специализированного совета К 053.13.02 Челябинского поли-
технического института имени Ленинского комсомола по адресу:
454044, г. Челябинск-44, проспект имени В.И. Ленина, 76.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан 25 ноября 1985 г.

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

 Г.В. САВИЦКИЙ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ



Актуальность тем. В "Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981-1985 годы и на период до 1990 года" режим всемерной экономии топливно-энергетических ресурсов определен одной из главных задач.

Проблема улучшения топливной экономичности автомобилей является отражением этой задачи. По легковой автомобиль должен обладать и потребительскими качествами, во многом определяемыми его динамическими свойствами. Поэтому совокупность этих свойств является определяющей в оценке качества выпускаемых промышленностью автомобилей и повышении конкурентоспособности их на мировом рынке.

Политическая ситуация сегодняшнего дня требует освоения интенсивных методов создания передовой техники. Социалистические обязательства Волжского автозавода имени 50-летия СССР на XII пятилетку определяют задачу: "Разработка новой базовой модели и постановка её на производство в одну пятилетку и ежегодная её модернизация". Исходя из этого, разработка методов, рационализирующих процесс создания автомобиля, позволяющих обеспечивать рынок новой конкурентоспособной автомобильной техникой при значительном сокращении сроков её освоения - актуальная задача. Метод управления топливно-скоростным качеством легкового автомобиля на этапе проектирования позволяет определить направление решений этой общей задачи в области освоения автоматизированных систем проектирования и испытаний, актуальной сегодня не только для Волжского автозавода, но и для автомобильной промышленности страны.

Цель работы. Разработка и внедрение метода управления топливно-скоростным качеством автомобиля с целью сокращения



всего процесса создания автомобиля исключением объемных этапов его доводки. Разработка инженерного инструмента принятия решений при неопределенности и неоднозначности исходных данных.

Научная новизна. Впервые рассматривается метод формирования энергетического образа автомобиля на основе комплексного рассмотрения показателей топливной экономичности и скоростных свойств.

На основе информационно-структурной модели, синтезирован инструмент принятия решений. Системным рассмотрением реального процесса создания автомобиля предложено его представление в виде 4-х этапного замкнутого цикла с 3-х итерационным процессом этапа проектирования. Разработана обобщенная схема системных исследований автомобиля по критерию ТСК и реализована методами САИР.

Практическая ценность. Представленная работа закладывает основы формирования системы автоматизации проектирования и испытаний легковых автомобилей. Разработана и внедрена программа АСУ испытаний и обработки информации в системе: динамометрический стенд-дорога-математическая модель. Разработана методика оценки точности результатов, получаемых как в экспериментальных условиях стенда и дороги, так и при расчете на математической модели. Предложен инженерный инструмент принятия решений при неопределенности и неоднозначности исходных данных в виде таблиц, балансов и номограмм.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, 59 наименований использованной литературы. Она содержит 121 страницу основного текста, 27 рисунков и 21 таблицу. Приложение (2-й том) состоит из технического задания АСУ СДМА, списка научно-технической документации по теме диссертации, бланка "Тест", акта

и протокола приемочных испытаний опытных образцов легкового автомобиля ВАЗ-2108. Оно содержит 85 страниц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Показатели топливной экономичности и скоростные свойства значительно влияют на оценку совершенства конструкции современного легкового автомобиля. В своей совокупности и взаимосвязи эти показатели образуют топливно-скоростное качество (ТСК), позволяющее оценить уровень энергетического совершенства легкового автомобиля, его энергетический образ, являющийся исходной посылкой всего процесса создания автомобиля. Для формирования ТСК автомобиля требуется разработка комплексного метода, позволяющего управлять конструктивными факторами с учетом их взаимовлияния и ограничений, налагаемых внешними условиями и воздействиями, определяющими весь процесс создания легкового автомобиля. Постановка задачи создания нового автомобиля должна основываться на анализе потребностей и их формализации по принятым критериям. Эффективность разрабатываемого метода должна достигаться своевременностью получаемой информации, что значительно сокращает трудоемкие по времени и материальным затратам этапы традиционной доводки автомобиля в дорожных условиях. Информационное обеспечение метода должно основываться на показателях, используемых в практике испытаний автомобилей. Состав показателей топливной экономичности и скоростных свойств определен ГОСТ 20306-74 и ГОСТ 22576-77. Для оценки топливной экономичности автомобилей приняты: контрольный расход топлива, топливная характеристика установившегося движения, топливная характеристика на дороге с переменным профилем. Для оценки скоростных свойств автомобилей: скоростная характеристика

разгона на высшей передаче и предшествующей передаче, скоростная характеристика на дороге с переменным продольным профилем, максимальная скорость, время разгона на пути 400 и 1000 м, время разгона до заданной скорости.

В связи с развитием стендового оборудования для испытаний автомобилей, использованием его для определения отдельных эксплуатационных показателей и нормированием международными и национальными стандартами этих показателей, введена инструкция И 37.001.018-78 "Определение топливной экономичности легковых автомобилей". Согласно этой инструкции вводятся показатели:

1. Средний расход топлива в городском цикле.
2. Расход топлива при установившейся скорости 90 км/ч.
3. Расход топлива при установившейся скорости 120 км/ч.

Дальнейшее развитие состава показателей отражено в РТМ 37.032.007-78, где объем их составляет уже 29 наименований.

Попытки синтеза единого энергетического критерия осложнены противоречивостью требований, предъявляемых к показателям топливной экономичности и скоростных свойств автомобиля. Если топливная экономичность является ограничением, оговоренным в законодательных документах, то скоростные свойства диктуются удовлетворением потребности современного потенциального покупателя. По характеру влияния на топливную экономичность и скоростные свойства факторы подразделяются на конструктивные, производственные и эксплуатационные. Подробное рассмотрение производственных и эксплуатационных факторов и их влияния должно являться предметом самостоятельного исследования. При исследовании конструктивных факторов эксплуатационные и производственные рассматриваются в виде требований и ограничений.

Анализ работ советских и зарубежных ученых по исследованию топливной экономичности и скоростных свойств, факторов, влияющих на их показатели, а также методов, используемых при этом, позволил сформулировать задачи исследований, дополняющие рассмотренные работы в направлении актуальных современных проблем.

1. На основе системного подхода, позволяющего рассмотреть взаимосвязи факторного влияния, определить место анализа и синтеза показателей топливной экономичности и скоростных свойств, комплексное рассмотрение которых образует топливно-скоростное качество, характеризующее энергетический образ легкового автомобиля в процессе его создания.

2. Разработать алгоритмы расчета показателей ТСК на математической модели с реализацией этих расчетов на ЭВМ.

3. Разработать метод оценки точности результатов, получаемых в стендовых и дорожных условиях для обеспечения достоверности исходных данных математической модели.

4. Создать инструмент принятия решений на основе получаемой информации в условиях неопределенности и неоднозначности исходных данных.

На основе системного подхода был проведен анализ традиционного сложившегося процесса создания легкового автомобиля и предложена модель этого процесса в виде замкнутого цикла, группированием элементов в 4-е логические этапа, рис. 1. Первый этап - проектирование, логическим завершением которого является технический проект, представляющий однозначную основу для этапа конструирования. Второй этап - конструирование - заканчивается разработкой конструкторско-технологической документации, то есть однозначной основы для освоения в производстве конструкции реального автомобиля. Третий этап - из-

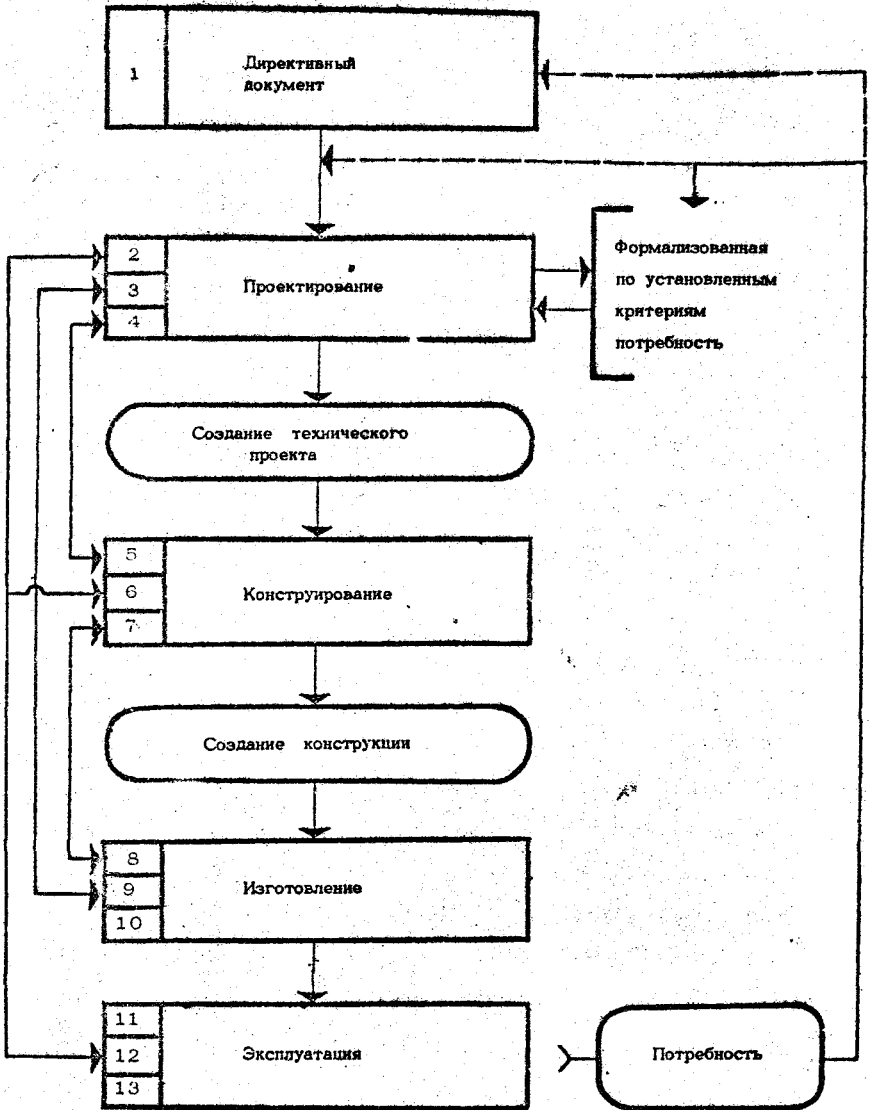


Рис. 1. Модель цикла процесса создания легкового автомобиля

готовление, т.е. освоение массового производства и выход на программу. Четвертый этап - эксплуатация. Реальная эксплуатация автомобилей формирует потребности, формализация которых по принятым критериям образует цель в виде снятия с производства продукции, либо её модернизации, либо обоснования необходимости создания нового легкового автомобиля. Из рис. 1 следует, что наиболее нагруженным информационными связями является этап проектирования. Задача преобразования информации этапа проектирования в управляющие воздействия, явилась предметом наших исследований.

Совершенствование механизма проектирования обосновывается решениями, принимаемыми на этом этапе. Достоверность информации, формируемой в техническом проекте, должна исключать или уменьшать объемы доводочных работ на последующих этапах, что, в конечном итоге, определяет сокращение материально-временных затрат всего цикла создания автомобиля.

Для синтеза и анализа энергетического образа автомобиля (показателей ТСК) предложена его структура, рис. 2, позволяющая описать её известным уравнением тягового баланса. Преобразование этого уравнения в виде балансов топлива, мощности и т.д. относительно любого элемента предложенной структуры автомобиля позволяет проводить анализ и синтез факторного влияния. Описание структуры автомобиля в терминах энергетики позволяет проводить качественный и количественный анализ преобразования энергии в автомобиле с целью оптимизации показателей, определяющих ТСК.

Разработанная модель цикла, структура автомобиля позволили создать обобщенную схему системных исследований автомобиля по критерию ТСК, рис. 3. Постоянное совершенствование этапа проектирования происходит в процессе 3-х итерационных циклов по пред

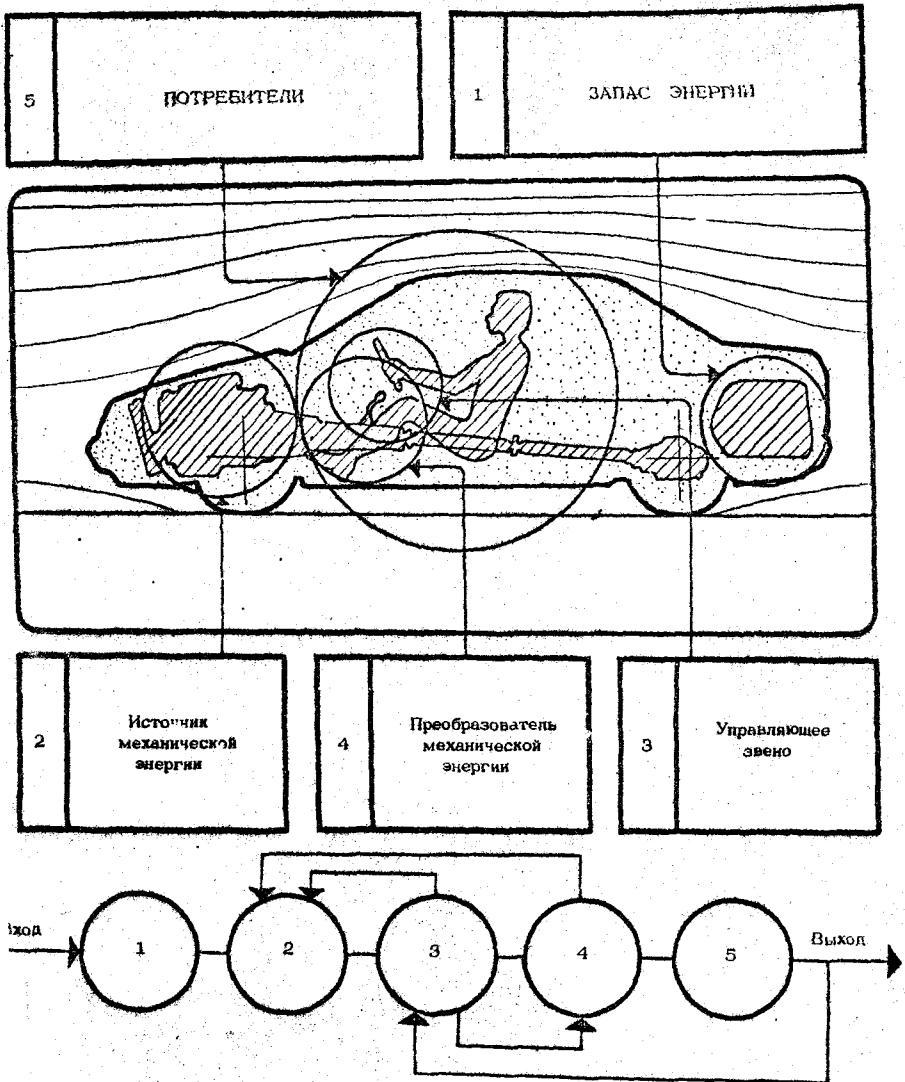


Рис. 8. Структура автомобиля и информационно-энергетический граф

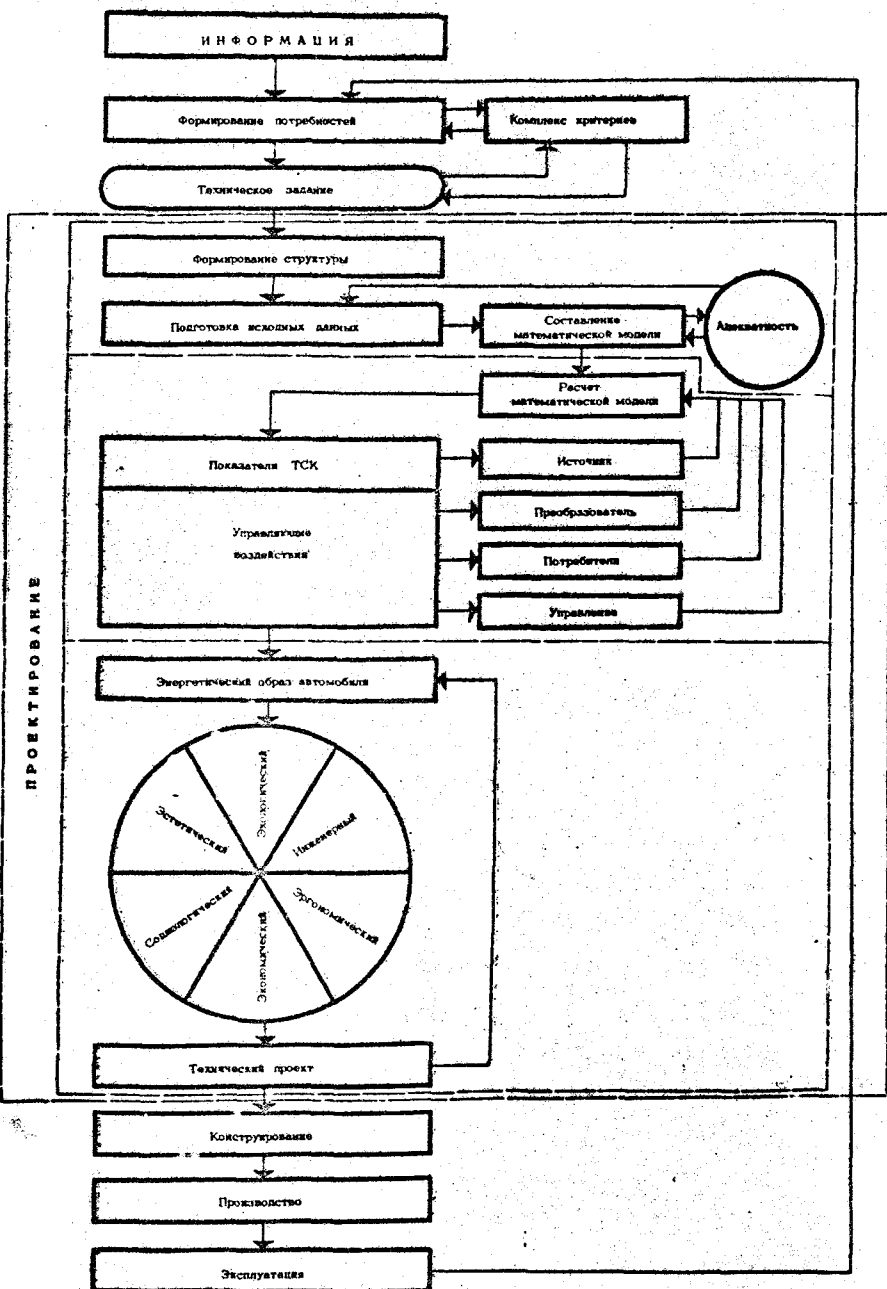


Рис. 3. Обобщенная схема системы исследования автомобиля по критерию ТСК

ложенной схеме. Первый итерационный цикл - это формирование структуры автомобиля, составление математической модели и проверка её на адекватность. Второй итерационный цикл - на основе математической модели рассчитываются показатели ТСК, а их анализ формирует управляющие воздействия на элементы разработанной структуры автомобиля. Управляющие воздействия в работе рассматриваются как информация, позволяющая оценить направление достижения показателей как по отдельным конструктивным факторам, так и по автомобилю в целом. Результатом второго итерационного цикла является энергетический образ автомобиля в виде информационного отображения вариантного достижения показателей ТСК. Энергетический образ автомобиля, несмотря на свою значимость, еще не являет собой реального образа автомобиля, что определяет задачи третьего итерационного цикла, в результате которого формируется технический проект - однозначная основа этапа конструирования. Задачи 3-го итерационного цикла - это согласование энергетического образа легкового автомобиля с шести-аспектной проблемой, определяющей его реальный образ. Техническая сторона этой проблемы представляет собой разработку дизайн-проекта на основе эстетических, эргономических и социологических требований. Область экологических требований характеризуется уровнем токсичности отработавших газов, шума. Экономический аспект в конечном итоге формирует требование к себестоимости создаваемого автомобиля. Под инженерным аспектом понимается обеспеченность конструкторско-технологическими решениями реального образа автомобиля.

Разработка методики расчетно-теоретических и экспериментальных исследований ТСК автомобиля состоит в создании математического аппарата, позволяющего проводить анализ и синтез энергетического образа.

В основу математического описания структуры автомобиля положено уравнение тягового баланса.

Потребляемая мощность двигателя:

$$N_2 = N_1 + N_2 + N_3 + N_A \pm (N_j + N_j) \pm N_n, \text{ кВт},$$

где N_1, N_2 - потери мощности на ведомой и ведущей оси в режиме свободного выбега, кВт;

N_3 - потери мощности на ведущей оси при передаче крутящего момента, кВт;

N_A - потери мощности на аэродинамическое сопротивление, кВт;

N_j, N_j - потери мощности на ускорение поступательной и вращательной масс, кВт;

N_n - мощность, затрачиваемая на преодоление подъемов, кВт.

Потери мощности на ведомой и ведущей осях.

$$N_1 = G_1 K_{01} \cdot (1 + V^2/R_{T1}) \cdot V/1000, \text{ кВт};$$

$$N_2 = G_2 K_{02} \cdot (1 + V^2/R_{T2}) \cdot V/1000, \text{ кВт},$$

где G_1, G_2 - нагрузка на ведомые и ведущие оси, н;

K_{01}, K_{02} - коэффициенты сопротивления качения ведомой и ведущей оси;

R_{T1}, R_{T2} - эмпирические коэффициенты, зависящие от типа шин, $\text{м}^2/\text{с}^2$.

Потери мощности на аэродинамическое сопротивление

$$N_A = kF \cdot V^3/1000, \quad \text{н} \cdot \text{м}^2/\text{с}^2,$$

где kF - коэффициент аэродинамического сопротивления

Потери мощности на ускорение поступательной N_j и вращающейся $N_{j\omega}$ массы автомобиля.

$$N_j = \frac{dv}{dt} \cdot M \cdot V / 1000, \text{ кВт.}$$

$$N_{j\omega} = \left[\frac{dv}{dt} \cdot (J_k + J_M \cdot i_{\Sigma}^2 \cdot \eta_{TP}) / R_k^2 \right] \cdot V / 1000, \text{ кВт.}$$

где $\frac{dv}{dt}$ - ускорение автомобиля, м/с²;

M - масса автомобиля, кг;

J_k, J_M - момент инерции колес и двигателя, приведенные к массе автомобиля, Н·м·с;

η_{TP} - к.п.д. трансмиссии;

R_k - радиус колеса, м.

Время разгона автомобиля в интервале скоростей: $V_1 - V_2$:

$$t = \int_{V_1}^{V_2} \frac{M dv}{P_j}, \text{ с.}$$

где P_j - сила ускорения автомобиля, Н.

Сила ускорения автомобиля выражается из уравнения тягового баланса:

$$P_j = \frac{1000}{V} [N_e - (N_1 + N_2 + N_3 + N_A \pm N_{j\omega} \pm N_0)]$$

Показатели топливной экономичности

Путевой расход топлива определяется по формуле:

$$Q_T = 100 \cdot G_T / 3,6 \cdot V \cdot \gamma_T, \text{ л/100,}$$

где G_T - часовой расход топлива, кг;

V - скорость автомобиля, м/с;

γ_T - плотность топлива, г/см³.

Часовой расход является функцией потребляемой мощности N_e и оборотов двигателя n_e (нагрузочные характеристики):

$$G_T = F_{TK} (N_e, n_e), \text{ кг/ч}$$

Обороты двигателя: $n_e = i_z \cdot v / 0,377 \cdot R_k$, об.мин⁻¹

где i_z - суммарное передаточное число трансмиссии;
 R_k - радиус колеса, м.

Не все входящие в уравнение величины могут быть априорно определены, а рассмотренные зависимости без достоверной информации не могут служить инструментом адекватного анализа и синтеза энергетического образа легкового автомобиля. Поэтому в работе на основе уравнения тягового баланса создана информационно-структурная математическая модель. Источниками информации для формирования математического аппарата, как инструмента анализа и синтеза этала проектирования, служат результаты испытаний, проводимых в стендовых и дорожных условиях. На основе разработанной методики оценки точности была доказана адекватность результатов, получаемых в дорожных и стендовых условиях, а также при расчете на математической модели. Разброс результатов не превышает 5%, что соответствует требованиям инженерного эксперимента. Значительное повышение информативного обеспечения применяемого математического аппарата достигнуто созданием системы АСУ СДМА, см. рис. 4, реализованной на стенде с беговыми барабанами в УТК АвтоВАЗ. В составе стенда имеется аналоговая система регулирования, которая позволяет формировать нагрузочные моменты в соответствии с заданным уравнением тягового баланса. Возможность испытания автомобиля на стенде в условиях адекватных дорожным, позволила использовать необходимый комплекс регистрирующей аппаратуры и, таким образом, существенно увеличить объем получаемой информации. Внедрение АСУ на стенде в виде технологических процедур позволило сократить время, затрачиваемое на испытание примерно (по экспертным оценкам) в 50 раз.

0195162

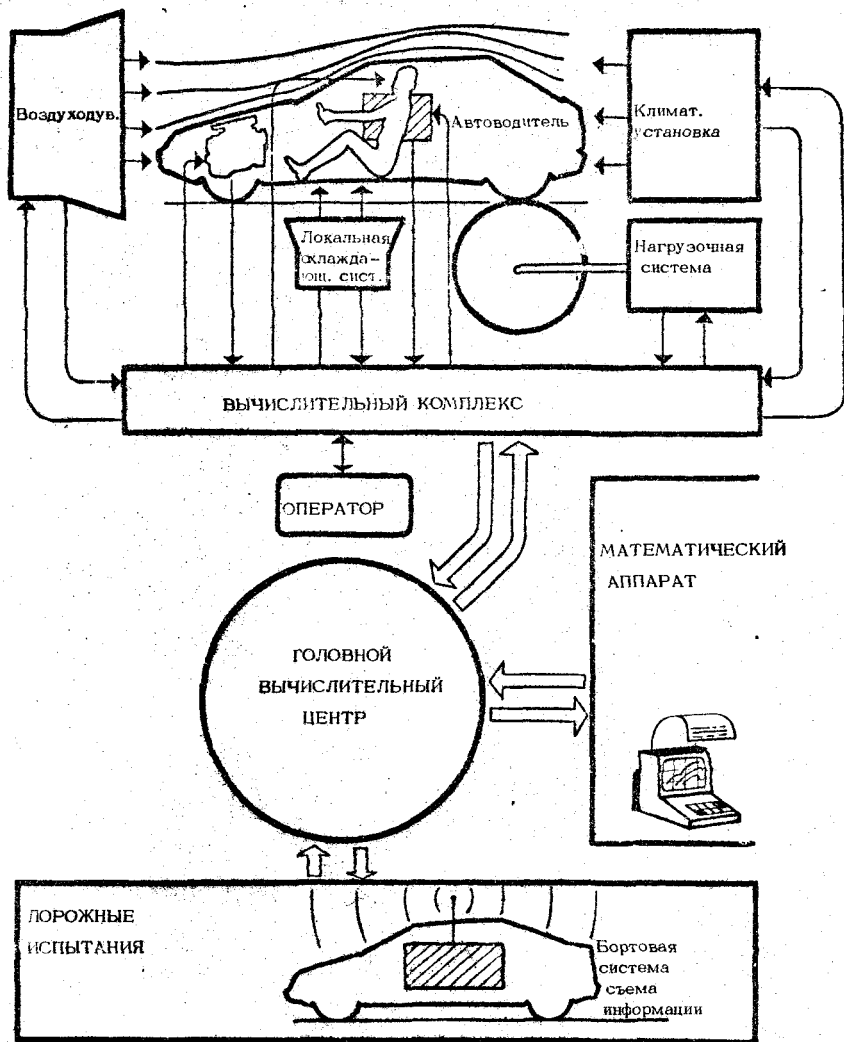


Рис.4. СТРУКТУРА АСУ СДИА

Это достигается за счет:

- а) увеличения объема регистрируемой информации;
- б) применения необходимых математических методов обработки результатов испытаний, т.к. все необходимые данные накапливаются в ЭВМ и исключается необходимость в трудоемкой ручной подготовке большого объема исходных данных;
- в) повышения достоверности регистрируемой информации благодаря исключению ручных операций;
- г) реализации качественно нового режима - динамической коррекции составляющих моделируемого уравнения тягового баланса;
- д) сокращения трудоемкости подготовительных операций.

Внедренная автоматизированная система значительно повысила эффективность использования уникального стенда и открыла возможности реализации качественно новых методик исследований. На рис. 5 показан алгоритм исследования показателей автомобиля, раскрываемый в работе в виде комплексной методики.

Реализация разработанного метода показана в работе на примере создания автомобиля ВАЗ-2108. На основе анализов энергетических балансов серийных автомобилей и аналогов создаваемого автомобиля было определено направление исследований принципиальных возможностей совершенствования конструктивных факторов. Расчет характеристик и экспериментальным исследованием прототипов был проведен модельный анализ резервов показателей ТСК и определены конкретные пути совершенствования конструктивных факторов. В процессе итерационных циклов этапа проектирования происходили изменения исходных данных, которые определяли характер управляющих воздействий на элементы структуры автомобиля. Инструментом для принятия решений служила информация, представляемая в виде графиков, таблиц, балансов. Универсальным инструментом эффективного анализа при неоднозначности и

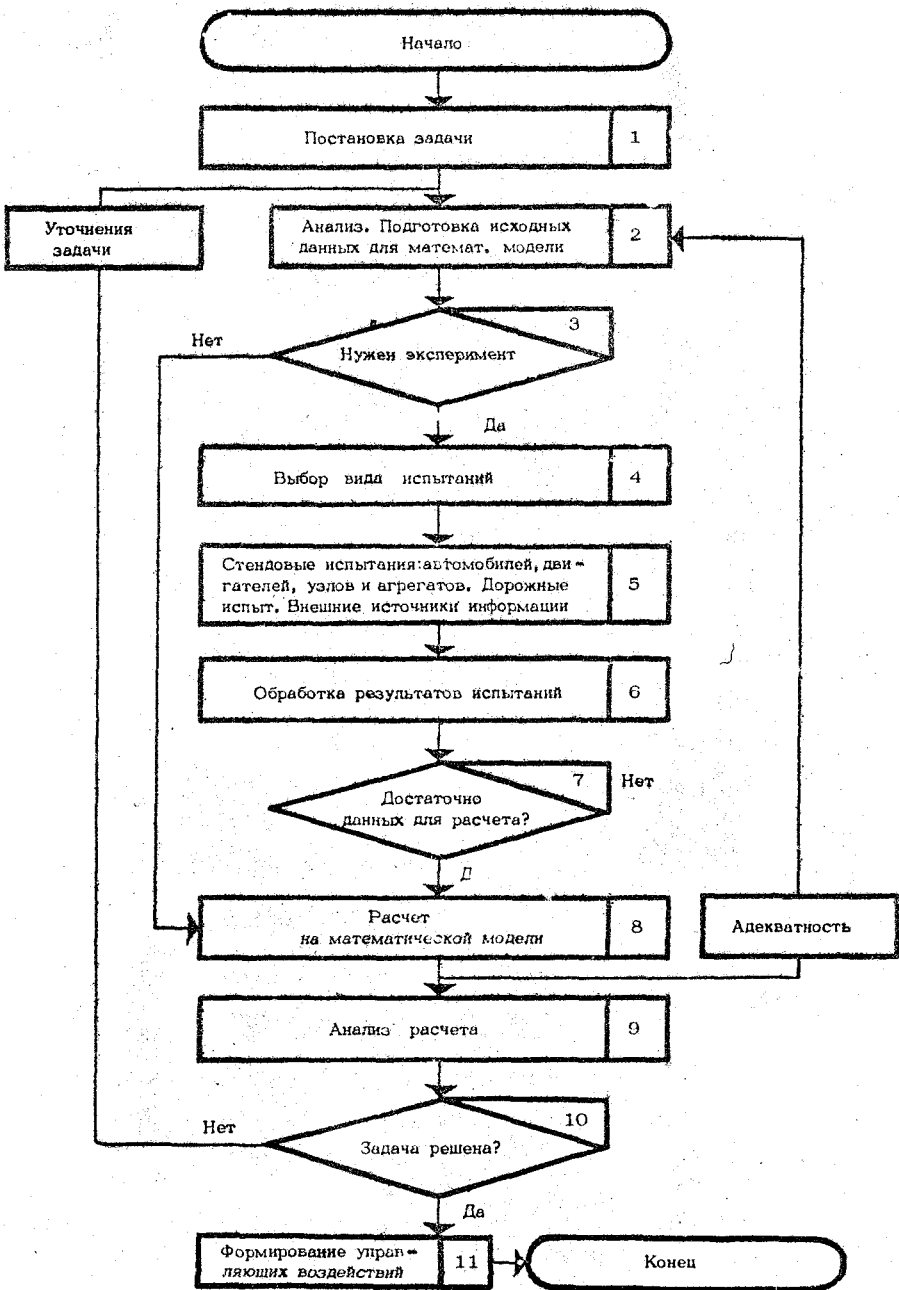


Рис. 5. Алгоритм исследования показателей автомобилей.

неопределенности исходных данных служила номограмма рис. 6, построенная по результатам экспериментально-расчетных исследований, позволившая оценивать вариантное достижение показателей ТСК. В процессе создания автомобиля ВАЗ-2108 номограмма позволила эффективно, с минимальными потерями времени и средств получать необходимую информацию для принятия решений.

Достижение поставленной цели в процессе работы над образцами автомобиля ВАЗ-2108 обеспечило получение показателей ТСК автомобиля соответствующих техническому заданию, что подтверждено результатами приемочных испытаний. При этом время, затраченное на достижение показателей ТСК, составило 3% общего объема доводки автомобиля. Для сравнения, при доводке автомобиля ВАЗ-2105, 2107 по топливной экономичности и скоростным свойствам это время составило 38-40%. Эффект достигнут за счет исключения объема доводочных работ, т.к. обоснованные решения принимались уже на этапе проектирования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цель, поставленная в работе, достигнута решением следующих задач:

1. Сформулировано и доказано, что топливная экономичность и скоростные свойства необходимо рассматривать совместно как топливно-скоростное качество, состав показателей которого характеризует энергетический образ легкового автомобиля.

2. На основе системного подхода определено место и способ действия разработанного метода формирования энергетического образа автомобиля с описанием его структуры информационно-энергетической модели. Доказано, что эффективность процесса создания автомобиля достигается принятием решений по конструктивным параметрам на этапе проектирования, а ис-

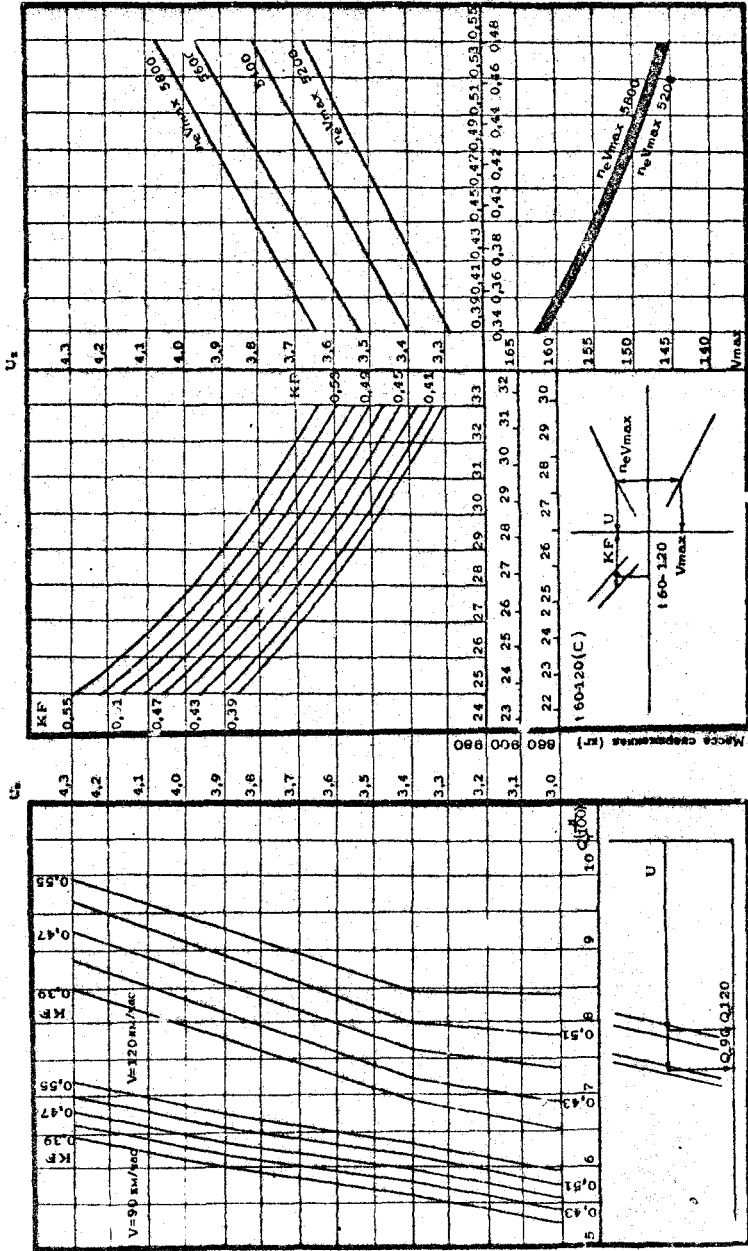


Рис. 6 ИЗОГРАММА ЗАВИСИМОСТИ ТЧК ОТ ОСОБНЫХ X ФАКТОРОВ

ходной посылкой процесса является выявленная и формализованная потребность.

3. Разработана комплексная методика исследования ТСК автомобиля, осуществлена разработка обобщенных алгоритмов расчета показателей ТСК и программное обеспечение, реализованное в системе САПР.

4. Адекватность результатов, получаемых в процессе стендовых и дорожных испытаний автомобиля, обеспечена разработкой методики оценки точности и достоверности, позволяющей получать результаты испытаний с отклонением не более 5%.

5. Разработан инструмент для принятия решений и оценки конструктивных факторов при неоднозначности и неопределенности исходных данных на этапе проектирования, представляемый в виде балансов и номограмм.

6. Доказана (на примере работ по созданию принципиально нового семейства автомобиля ВАЗ) эффективность разработанного метода, что выражается в сокращении времени, в 7,2 раза, на доводочные работы по достижению показателей ТСК.

Суммарный технико-экономический эффект от внедрения результатов диссертационной работы составил 1,5 млн. руб.

Дальнейшее развитие работ в этой области позволит реализовать комплексную систему автоматизации проектно-испытательного процесса, что является главным направлением совершенствования всего процесса создания автомобиля, определяющим значительное снижение материально-временных затрат.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИИ
СОДЕРЖАТСЯ В СЛЕДУЮЩИХ ПУБЛИКАЦИЯХ

1. Корнилов С.Н., Волков В.Е., Кишкурно В.И., Крутов В.И. Оценка алгоритма управления бесступенчатой передачей автомобиля в стендовых условиях. - 6 - Всесоюзная научно-техническая конференция по управляемым и автоматическим механическим приводам с гибкой связью. Тезисы докладов. Одесса, 1980. - с. 62.
2. Волков В.Е., Кишкурно В.И., Мирзоев Г.К. Проблемы топливной экономичности и некоторые пути их решения. - Автомобильная промышленность, 1984, № 1, с. 13-14.
3. Волков В.Е., Кишкурно В.И., Крутов В.И. Испытания автомобилей на топливно-скоростные качества в условиях динамометрического стенда. - Отечественный производственный опыт: экспресс-информ. - Тольятти: филиал НИИНавтопрома, 1985, вып. 5, с. 26-29.
4. Волков В.Е., Кишкурно В.И., Климов А.А. Измерение коэффициента аэродинамического сопротивления по максимальной скорости автомобиля. - Отечественный производственный опыт: экспресс-информ. - Тольятти: филиал НИИНавтопрома, 1985, вып. № 6, с. 26-30.