

Украинский транспортный университет

На правах рукописи

Скальга Николай Николаевич

УДК 621.433.

УЛУЧШЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ С ДВИГАТЕЛЯМИ  
С ИСКРОВЫМ ЗАЖИГАНИЕМ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПУТЕМ  
ПРИМЕНЕНИЯ СМЕСЕВЫХ ТОПЛИВ

Специальность 05.22.10 — Эксплуатация автомобильного  
транспорта

А в т о р е ф е р а т  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Киев — 1996



00759815 (Z)

Робота виконана в Укр

Научний керівитель: Заслужений діятель науки і техніки України, доктор технічних наук, професор Гутаревич Григорій Феодосійович

Научний консультант: кандидат технічних наук, доцент Корпач Анатолій Александрович

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор Дикий Миколай Александрович  
кандидат технічних наук, доцент Ворницький Павло Іванович

Ведущая організація: ГосавтотрансНІІпроект, г.Київ

Захист состоится 26 апреля 1996г. в 10<sup>00</sup> час на засіданні спеціалізованого ради Д01.27.02 при Українському транспортному університеті по адресу: 252010, Київ, ул. Суворова 1.

С дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці університета

Автореферат розослан 25 марта 1996г.

Учений секретар спеціалізованого ради: кандидат технічних наук, професор

Дмитриев Н.Н.

Актуальность темы. Резкое увеличение количества транспортных средств, использующих в качестве источника механической энергии двигателя внутреннего сгорания (ДВС), влечет за собой резкое возрастание потребления моторных топлив нефтяного происхождения. В результате потребность топлив зачастую превышает возможности добычи и переработки нефти. Кроме того, питание двигателей транспортных средств (ТС) топливами нефтяного происхождения оказывает отрицательное воздействие на окружающую среду и человека вследствие выбросов с отработавшими газами (ОГ) вредных веществ.

Как показывает анализ режимов работы транспортных двигателей, большую часть времени они работают на частичных нагрузках, когда, для бензиновых двигателей, требования к октановому числу (ОЧ) топлива невысоки. В этих режимах было бы целесообразно применять бензины с меньшим, относительно штатных, ОЧ, но при работе двигателя в режимах высоких нагрузок это повлечет за собой возникновение детонации.

Одним из способов существенного снижения потребления топлив нефтяного происхождения и снижения токсичности ОГ транспортных двигателей является использование альтернативных топлив, в частности — сжатого природного газа (СПГ).

Однако, применение СПГ как моторного топлива, при прямом конвертировании бензиновых двигателей, на 10-20% снижает эффективную мощность двигателя и, практически в 2 раза, запас хода автомобиля. Поэтому усилия специалистов все больше направляются на создание смешанных или бинарных систем питания, позволяющих использовать в качестве топлива штатный бензин, СПГ или их смесь. Такие системы питания называют еще универсальными.

Однако существующие конструкции универсальных систем питания не позволяют максимально использовать качества каждого вида топлива: высокую теплотворную способность бензинов и высокие ОЧ СПГ. Поэтому представляют научный и практический интерес исследования, направленные на создание универсальных систем питания, позволяющих двигателю работать на бензине, в том числе и низкооктановом, в режимах холостого хода и малых нагрузок, а при выходе в режимы высоких нагрузок — выше границы детонации — на бензогазовых смесях.

Такие универсальные системы питания позволили бы использовать для питания двигателя низкосортные бензины без опасности возникновения детонации, которая предупреждалась бы высоким общим

ОЧ бензогазовой смеси. Кроме того, обеспечение питания по такой схеме позволило бы приблизить энергетические и экономические показатели двигателей автомобилей к показателям при работе на бензине, а экологические — к показателям при работе на СПГ.

Объектом исследования является универсальная система питания (УСП), установленная на двигателе ЗМЗ-53 автомобиля ГАЗ-53-27.

Цель работы: улучшение показателей грузовых автомобилей с ДВС с искровым зажиганием в условиях эксплуатации путем применения бензогазовых смесевых топлив.

Для реализации поставленной цели в работе решались следующие задачи:

1. Экспериментальное определение оптимального закона переключения питания двигателя с низкооктанового бензина на бензогазовую смесь.
2. Создание опытного образца универсальной системы питания с электронным управлением, для обеспечения возможности работы двигателя отдельно на штатном бензине, СПГ и смеси бензина с СПГ в зоне высоких нагрузок.
3. Составление математической модели системы "водитель-автомобиль-дорога" для грузового автомобиля, учитывающей особенности питания двигателя штатным бензином, СПГ и бензогазовой смесью.
4. Определение, с помощью математической модели, влияния вида применяемого топлива на показатели грузового автомобиля при различных режимах и условиях движения.
5. Определение показателей двигателя ЗМЗ-53, оборудованного универсальной системой питания, и автомобиля ГАЗ-53-27 с таким двигателем.

Научную новизну работы составляют:

1. Закономерности переключения питания, позволяющие наиболее оптимально использовать свойства каждого вида топлива.
2. Математическая модель системы "водитель-автомобиль-дорога", учитывающая особенности питания двигателя бензином, СПГ и бензогазовой смесью, для различных режимов и условий движения грузового автомобиля.
3. Результаты исследований на математической модели показателей автомобиля с универсальной системой питания.
4. Результаты комплексных исследований, подтвердившие, на примере автомобиля ГАЗ-53-27 с двигателем ЗМЗ-53, оборудованным универсальной системой питания, что при питании двигателя бензо-

газовой смесью его токсические показатели приближаются к показателям при питании СНГ, а тягово-динамические — к показателям при питании штатным бензином.

Практическая ценность работы заключается:

1. В установлении диапазона режимов работы двигателя ЗМЗ-53, при которых целесообразно применение низкооктанового бензина, без опасности возникновения детонации.

2. В экспериментальном определении закономерности переключения питания двигателя ЗМЗ-53 с низкооктанового бензина на бензогазовую смесь и обратно.

3. В создании действующего экспериментального образца универсальной системы питания, которая позволяет двигателю работать на штатном бензине, СНГ и смеси бензина, в том числе и низкооктанового, с СНГ. Система, в последнем случае, обеспечивает автоматическое переключение питания с бензина на бензогазовую смесь и обратно, по заданному закону, в зависимости от угла открытия дроссельных заслонок и частоты вращения коленчатого вала.

4. В улучшении тягово-динамических и экологических показателей грузового автомобиля ГАЗ-53-27 при питании его двигателя бензогазовой смесью.

Реализация работы. Результаты работы освещены в отчетах кафедры "Двигатели и теплотехника" и могут быть переданы в автопредприятия для переоборудования автомобилей ГАЗ-52-28, ГАЗ-53-27, ЗиЛ-138А и однотипных им.

Апробация работы. Результаты диссертационной работы докладывались на научных конференциях в Украинском транспортном университете (1993, 1994 гг.) и в Винницком государственном техническом университете (1994 г.).

Публикации. Основное содержание диссертации опубликовано в пяти печатных работах.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, списка литературы, приложений и содержит 303 страниц текста, 19 таблиц, 57 рисунков, 73 наименований литературных источников.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность темы исследования, формулируются цель, задачи и дается общая характеристика выполненной работы.

Первая глава посвящена обоснованию принятого способа улучшения показателей грузовых автомобилей с двигателями с искровым зажиганием в условиях эксплуатации путем применения бензогазовых смесевых топлив.

В главе рассмотрены вопросы использования альтернативных топлив для питания транспортных двигателей; вопросы изменения экономических и экологических показателей транспортных ДВС с искровым зажиганием при питании смесевыми топливами; выполнен обзор источников по системам питания бензогазовыми смесевыми топливами; формулируются цель и задачи исследования.

Вторая глава посвящена определению оптимального закона переключения питания ДВС с искровым зажиганием с низкооктанового бензина (на примере бензина с ОЧ около 56ед.) на бензогазовую смесь. На рис.1 показаны экспериментальные данные по определению границы детонации двигателя ЗМЗ-53.

По результатам стендовых исследований установлено, что в режимах самостоятельного и принудительного холостого хода, а также близких к ним нагрузочных режимов, требования к ОЧ топлива невысоки. В этих режимах возможно и целесообразно использовать низкооктановый бензин. С увеличением нагрузки на двигатель, вблизи и выше границы детонации, необходимо осуществлять переключение питания на бензогазовую смесь.

На рис.2 показана принципиальная схема универсальной системы питания с электронным управлением для ДВС с искровым зажиганием. Система питания позволяет двигателю работать отдельно на штатном бензине, СПГ и смеси бензина, в том числе и низкооктанового, с СПГ.

В первом случае (ключ 5 находится в положении I) исполнительное устройство 23 включает электромагнитные клапаны 18. Этим обеспечивается проход бензина через отверстия 20 и 21 к главным топливным жиклерам 22.

Во втором случае (все ключи находятся в положении II) электромагнитный клапан 8 проставки 9 обеспечивает проход СПГ в двигатель через отверстия 12 и 13 проставки 9, совмещенные с отверстиями 17 и 16 дозирующей пластины 14. При выходе двигателя в режимы

Скоростная характеристика двигателя ЗМЗ-53 по определению границы детонации при работе на бензине с  $СЧ$  около 56 ед.

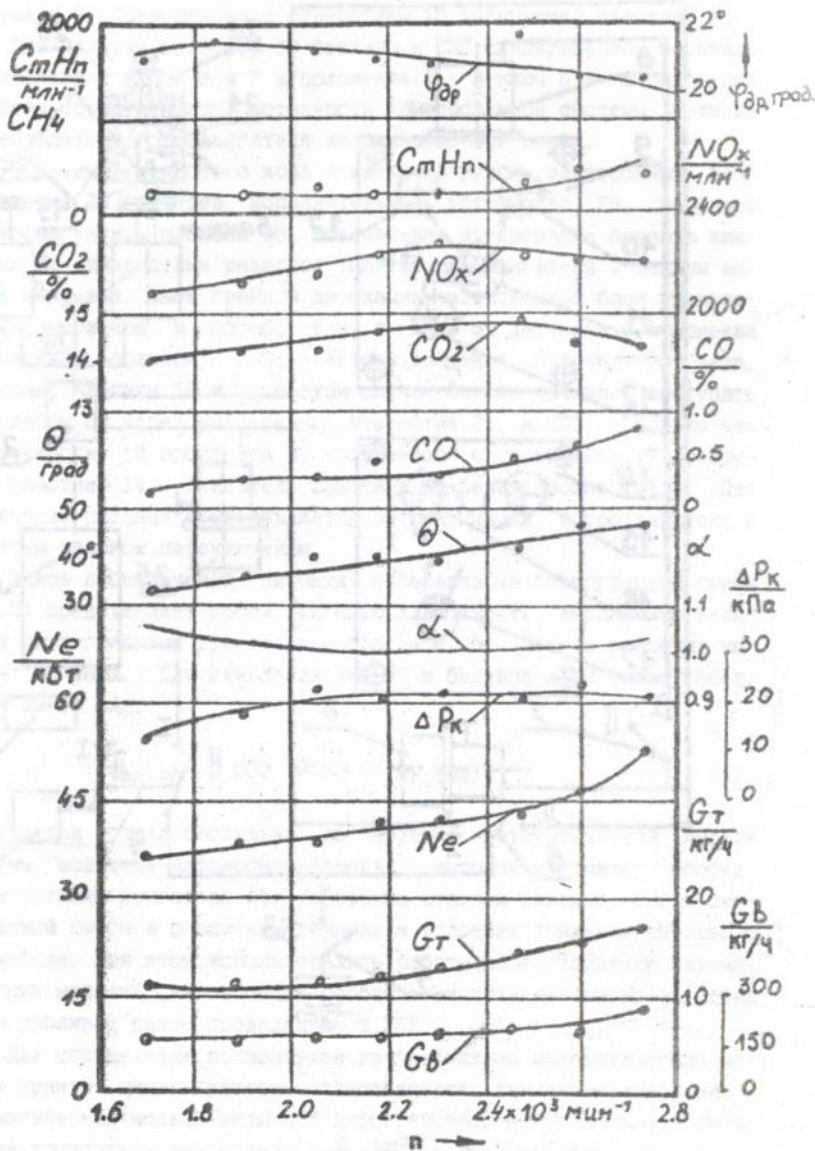


Рис. 1.

Приципальная схема универсальной системы питания.

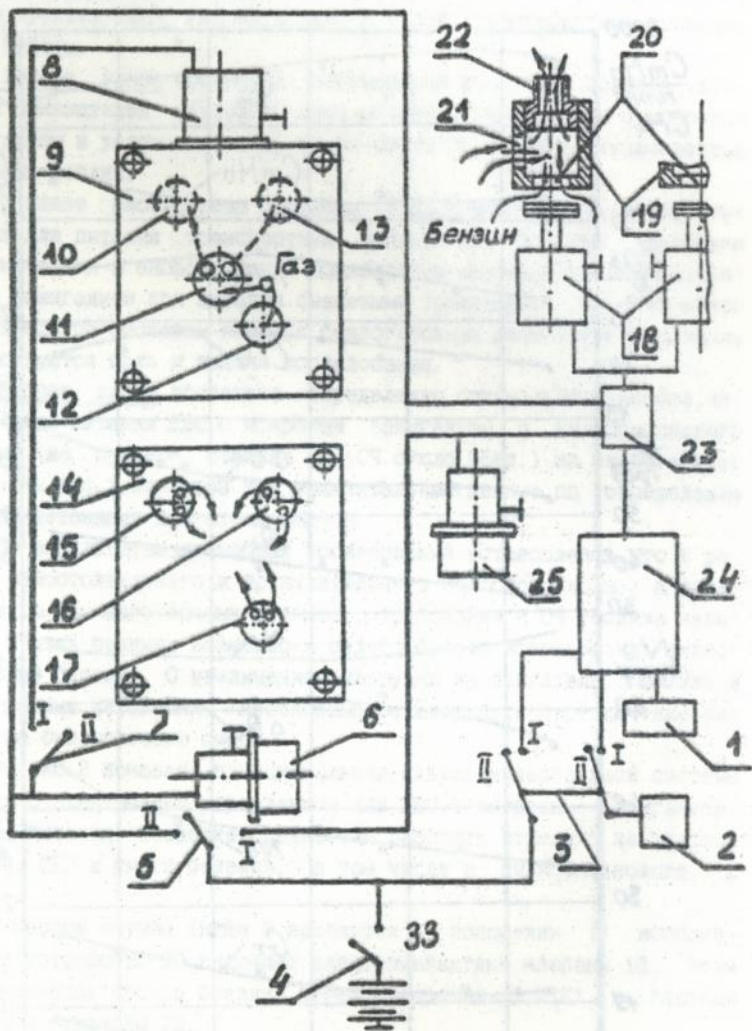


Рис. 2.

высоких нагрузок СПГ дополнительно подается через отверстие 10 проставки 9, совмещенное с отверстием 15 дозирующей пластины 14.

При наличии на борту ТС бензина и СПГ одновременно водитель устанавливает ключи 3 и 7 в положение I, а ключ 5 — в положение II. Этим обеспечивается готовность универсальной системы питания осуществлять работу двигателя на бензогазовой смеси.

В режимах холостого хода и малых нагрузок электронный блок управления 24, через исполнительное устройство 23, включает электромагнитные клапаны 18, обеспечивая дозирование бензина жиклерами 22 стандартных размеров. При выходе двигателя в режимы высоких нагрузок, выше границы детонации, электронный блок управления 24, получая и обрабатывая сигналы от датчиков 1, положения дроссельных заслонок, и 2, частоты вращения коленчатого вала, выключает клапаны 18 и 8. В этом случае бензин начинает поступать к жиклерам 22 через уменьшенные отверстия 21, а СПГ — только через отверстие 12 проставки 9, совмещенное с отверстием 17 дозирующей пластины 14. Двигатель работает на бензогазовой смеси. Переключение питания осуществляется автоматически, в соответствии с принятым законом переключения.

Закон переключения питания с бензина на бензогазовую смесь (рис.3) представляет собой линейную зависимость, выражаемую величиной угла открытия дроссельных заслонок, от частоты вращения коленчатого вала. Для двигателя ЗМЗ-53 и бензина с ОЧ около 5бед, закон имеет вид:

$$\varphi_{др.оп} = 0,003 \cdot (9200 - n_{д.тек}),$$

(1).

Третья глава посвящена составлению математической модели системы "водитель-автомобиль-дорога", которая учитывает особенности питания двигателя при работе на штатном бензине, СПГ и бензогазовой смеси в различных режимах и условиях движения грузового автомобиля. При этом использовались работы по составлению математических моделей, учитывающих особенности питания двигателя одним видом топлива, ранее проведенные в УТУ.

Для определения показателей автомобиля на математических моделях принят цикл "разгон-установившееся движение-замедление". Математическая модель включает дифференциальные уравнения, описывающие показатели автомобиля в различные периоды движения; учитывает особенности определения показателей автомобиля при питании

Принятый закон переключения питания двигателя на бензозаговую смесь в зависимости от характера кривой границы детонации.

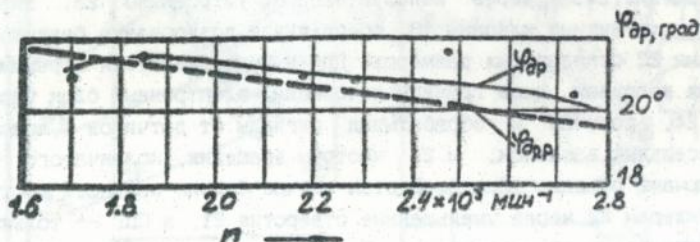


Рис. 3.

его двигателя штатным бензином, СПГ и бензогазовой смесью; содержит уравнения и коэффициенты полиномиальных моделей, а также условия считывания этих коэффициентов в зависимости от используемого вида топлива.

Процесс разгона двигателя в режиме холостого хода описывается дифференциальным уравнением:

$$\frac{dn_d}{dt} = M_k(\varphi_{др}, n_d) \cdot \frac{30}{I_d \cdot \pi}, \quad (2)$$

где  $\frac{dn_d}{dt}$  - ускорение коленчатого вала двигателя,  $\text{мин}^{-1}, \text{с}^{-1}$ ;

$I_d$  - момент инерции двигателя,  $\text{кг} \cdot \text{м}^2$ ;  $M_k(\varphi_{др}, n_d)$  - эффективный крутящий момент двигателя,  $\text{Н} \cdot \text{м}$ .

Расход топлива, воздуха, содержание в составе ОГ оксида и диоксида углерода, углеводородов и оксидов азота определяются по полиномиальным моделям, составленным при питании двигателя бензином (газом).

Процесс трогания автомобиля с места при пробуксовывающем сцеплении характеризуется наличием условия, предусматривающего переключение питания с бензина на бензогазовую смесь и в общем виде описывается системой уравнений:

а) для двигателя:

$$\frac{dn_d}{dt} = \left[ M_k(\varphi_{др}, n_d) - M_{сц} \right] \cdot \frac{30}{(I_d + \lambda) \cdot \pi}, \quad (3)$$

б) для ведомой части сцепления, с учетом соединенных с ней вращающихся масс автомобиля, приведенных к сцеплению:

$$\frac{dn_c}{dt} = \left( M_{сц} - M_{ст} \right) \cdot \frac{30}{I_{эв} \cdot \pi}, \quad (4)$$

где  $I_d$  - момент инерции двигателя;  $dn_d/dt$  - замедление коленчатого вала двигателя;  $M_k$  - эффективный крутящий момент двигателя;  $M_{сц}$  - момент трения сцепления,  $\text{Н} \cdot \text{м}$ ;  $dn_c/dt$  - ускорение ведомой части сцепления,  $\text{мин}^{-1}, \text{с}^{-1}$ ;  $\lambda$  - экспериментальный коэффициент неустановившегося режима;  $I_{эв}$  - момент инерции вращающихся масс автомобиля, приведенных к сцеплению,  $\text{кг} \cdot \text{м}^2$ .

В процессе трогания осуществляется постоянная проверка условия необходимости переключения питания на бензогазовую смесь:

$$\varphi_{др.тек} > \varphi_{др.оп}, \quad (5)$$

где  $\Phi_{др.тек}$  - текущее значение величины угла открытия дроссельных заслонок в процессе разгона двигателя;  $\Phi_{др.оп}$  - определяется по зависимости (1).

В случае выполнения неравенства (5) осуществляется переключение питания на бензоз газовую смесь, в противном — дальнейшее питание двигателя бензином. Показатели двигателя рассчитываются по полиномиальным моделям нагрузочных режимов.

Процесс разгона автомобиля со заблокированным сцеплением на 1-й передаче в общем виде описывается уравнением:

$$\frac{dV}{dt} = \frac{1}{\delta(M_0 + M_{TP})} \left( \frac{M_k \cdot U_i \cdot U_p \cdot \eta_T}{R_d} - P_f \pm P_i - P_V \right), \quad (6).$$

Следует также отметить, что особенностью модели, кроме указанных выше, является уточнение расчета коэффициента избытка воздуха  $\alpha$ , где сказывается влияние насоса-ускорителя, в зависимости от вида используемого топлива:

при питании бензином

$$\alpha_{нБ} = \frac{G_{вБ}}{I_{об} \cdot \left( G_Б + \frac{\Delta G_T \cdot 3,6}{\Delta t_n} \right)}$$

при питании СПГ

$$\alpha_{нСПГ} = \frac{G_{вСПГ}}{I_{ог} \cdot G_{СПГ}}$$

при питании БГС

$$\alpha_{нБГС} = \frac{G_{вБГС}}{I_{об} \cdot \left( G_Б + \frac{\Delta G_T \cdot 3,6}{\Delta t_n} \right) + I_{ог} \cdot G_{СПГ}}$$

(7)

где  $G_{вБ}$ ,  $G_{вСПГ}$ ,  $G_{вБГС}$  — часовые расходы воздуха при питании соответствующими видами топлива, кг/час;  $G_Б$ ,  $G_{СПГ}$  — часовые расходы бензина и СПГ, кг/час;  $\Delta G_T$  — количество бензина, подаваемое насосом-ускорителем в процессе открытия дроссельных заслонок;  $\Delta t$  — время, в течение которого осуществляется обогащение смеси от насоса-ускорителя, сек;  $I_{об}$ ,  $I_{ог}$  — теоретически необходимые количества воздуха (кг) для сгорания 1 кг топлива. В расчетах принято:  $I_{об} = 14,95$  и  $I_{ог} = 17,0$ .

При питании двигателя только СПГ, на основании ранее проведенных исследований, принималось условие, что величина  $\alpha_{\text{СПГ}}$  равна таковой для сходственного установившегося режима.

Показатели двигателя в процессе разгона на  $i$ -й передаче определяются по полиномиальным моделям нагрузочных режимов с учетом коэффициентов, соответствующих питанию тем, или другим видом топлива.

В процессе переключения передач питание двигателя осуществляется только бензином (газом). При этом частота вращения коленчатого вала двигателя определится по уравнению:

$$n_d = n_{dk1} \cdot e^{-\frac{30kt_c}{\pi \cdot T_d}} \quad (8)$$

где  $t_c$  — время с момента выключения сцепления, сек;  $k$  — опытный коэффициент.

Показатели автомобиля определяются по уравнению:

$$\frac{dV}{dt} = \frac{1}{\delta_1 \cdot (M_0 + M_{ГР})} \left\{ -P_f \pm P_i - P_V \right\} \quad (9)$$

где  $\delta_1$  — коэффициент учета вращающихся масс, за вычетом двигателя.

Показатели двигателя при этом рассчитываются по полиномиальным моделям принудительного ходостого хода.

Установившееся движение автомобиля характеризуется тем, что питание двигателя осуществляется либо бензином (газом), либо бензогазовой смесью. Это зависит от необходимой величины крутящего момента при данной скорости движения, а следовательно, от частоты вращения коленчатого вала и положения дроссельных заслонок.

Необходимая величина крутящего момента определяется из уравнения тягового баланса автомобиля:

$$M_{СТ} = \frac{(M_0 + M_{ГР}) \cdot (f_0 \cos \alpha + f_0 A V_d^2 \cos \alpha \pm \sin \alpha) \cdot R_d \cdot g}{U_1 \cdot U_p \cdot \eta_T} \quad (10)$$

Величина частоты вращения коленчатого вала, используемая при этом:

$$n_d = \frac{30 \cdot V_d \cdot U_1 \cdot U_p}{\pi \cdot R_k} \quad (11)$$

Режим замедления, рассматриваемый в системе, характеризуется отъединением двигателя от трансмиссии (выбег) без использования тормозов.

Для определения показателей в этом режиме используется модель рагона автомобиля (режим переключения передач).

Величина частоты вращения коленчатого вала определяется по уравнению (8), а показатели автомобиля — по уравнению (9). Расчет уравнения производится до момента  $n_d = n_{\text{хх.мин}}$ .

Показатели двигателя определяются исходя из условия, что питание осуществляется только бензином (газом).

Уравнения полиномиальных моделей, описывающих экономические и экологические показатели двигателя, используемые в системе, в общем случае имеют вид:

1. Для режимов самостоятельного и принудительного холостого хода:

$$y = x_0 + x_1 \cdot n_d + x_2 \cdot n_d^2, \quad (12)$$

где  $y$  — определяемый показатель;  $n_d$  — частота вращения коленчатого вала;  $x_0, x_1, x_2$  — опытные коэффициенты.

2. Для нагрузочных режимов:

Расход воздуха описывается полиномом второй степени:

$$G_b = x_0 + x_1 n_d + x_2 \Delta P_k + x_3 n_d^2 + x_4 \Delta P_k^2 + x_5 n_d \Delta P_k, \quad (13)$$

где  $\Delta P_k$  — разрежение во впускном трубопроводе;  $x_0, x_1, x_2, x_3, x_4, x_5$  — опытные коэффициенты.

Расход топлива, содержание в составе ОГ оксида и двуоксида углерода, углеводородов и оксидов азота определяется по полиномиальным моделям третьей степени вида:

$$Y = x_0 + x_1 n_d + x_2 \Delta P_k + x_3 n_d^2 + x_4 x_5 n_d \Delta P_k + x_5 \Delta P_k^2 + x_6 n_d^3 + x_7 n_d^2 \Delta P_k + x_8 n_d \Delta P_k^2 + x_9 \Delta P_k^3, \quad (14)$$

где  $x_0, x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9$  — опытные коэффициенты.

Для получения более точного вычисления показателей расхода топлива и содержания в составе ОГ вредных веществ величина  $\Delta P_k$  определялась по уравнению:

$$\Delta P_k = x_0 + x_1 n_d + x_2 \varphi_{др} + x_3 n_d^2 + x_4 x_5 n_d \varphi_{др} + x_5 \varphi_{др}^2 + x_6 n_d^3 + x_7 n_d^2 \varphi_{др} + x_8 n_d \varphi_{др}^2 + x_9 \varphi_{др}^3, \quad (15)$$

с разбивкой по участкам, в зависимости от диапазона изменения  $\varphi_{др}$ . Аналогично, с разбивкой по участкам, относительно диапазона

изменения  $\Delta P_k$ , производились вычисления концентраций  $CmHn$  в составе ОГ.

Значения крутящего момента  $M_k$  во всех установившихся режимах, кроме экономайзерного, удовлетворительно описывается уравнением вида:

$$M_k = A_0 + A_1 \cdot \Delta P_k, \quad (16)$$

где  $A_0, A_1$  - опытные коэффициенты.

При работе двигателя по внешней характеристике ( $\Delta P_k = 0$ ):

$$M_k = f_1 + f_2 v_d + f_3 v_d^2, \quad (17)$$

где  $f_1, f_2, f_3$  - опытные коэффициенты.

В заключительной части третьей главы приводятся блок-схемы алгоритмов расчета показателей автомобиля, для случаев питания БГС с переключением и СПГ, в процессах неустановившегося движения и движения с постоянной скоростью; даются таблицы идентификаторов, используемых в программах.

В четвертой главе описаны: экспериментальная установка, приборы и оборудование, а также методика проведения стендовых и дорожных исследований.

Целью исследований являлось определение показателей бензинового двигателя, оборудованного экспериментальным образцом универсальной системы питания, и автомобиля с таким двигателем.

Кроме того, стендовые исследования позволили получить данные и определить опытные коэффициенты для составления математических моделей, описывающих экономические и токсические показатели двигателя и проверки адекватности этих моделей.

Объектом стендовых исследований был двигатель ЗМЗ-53, оборудованный экспериментальным образцом универсальной системы питания.

Программа стендовых исследований включала:

1. Снятие серии нагрузочных характеристик двигателя ЗМЗ-53 с замером его эффективных показателей и концентраций вредных веществ в составе ОГ, при питании штатным бензином, СПГ и бензогазовой смесью.

2. Снятие осциллограмм переходных процессов при переключении питания двигателя ЗМЗ-53, оборудованного универсальной системой питания, с бензина на бензогазовую смесь и обратно, в различных интервалах изменения частоты вращения коленчатого вала и нагрузки.

Программа дорожных исследований автомобиля ГАЗ-53-27 с двигателем ЗМЗ-53, оборудованным универсальной системой питания,

включала серию заездов автомобиля.

В пятой главе приведены результаты экспериментальных исследований и расчетов на математической модели.

Результаты экспериментальных исследований включают: комплексную нагрузочную характеристику двигателя ЗМЗ-53 ( $n_d=2000\text{мин}^{-1}$ ) при питании штатным бензином, СПГ и бензогазовой смесью (рис.4); нагрузочную характеристику ( $n_d=2000\text{мин}^{-1}$ ) с использованием универсальной системы питания (рис.5); скоростные характеристики самостоятельного и принудительного холостого хода; фрагмент осциллограммы переходного процесса при переключении питания с бензина на бензогазовую смесь и обратно (рис.6); топливную характеристику автомобиля ГАЗ-53-27 с двигателем ЗМЗ-53, оборудованным универсальной системой питания (рис.7).

Анализ комплексной нагрузочной характеристики (рис.4) показывает, что мощность двигателя ЗМЗ-53 при питании бензогазовой смесью составляет примерно 94% мощности этого двигателя, работающего на штатном бензине, а мощность при питании газом — только 82%. Показатели токсичности занимают промежуточные значения, но они ближе к показателям при питании СПГ в основном нагрузочном диапазоне. В режимах полной мощности содержание CO и  $\text{CmHn}$  соответствует содержанию при питании штатным бензином.

Анализ нагрузочной характеристики с переключением питания (рис.5) показывает, что универсальная система питания обеспечивает закономерность переключения питания с бензина на бензогазовую смесь. Величина угла открытия дроссельных заслонок при этом  $\theta_{\text{Б-ГС}} = 21^\circ$ .

Анализ осциллограммы (рис.6) показывает, что в момент переключения питания отсутствует скачкообразное изменение крутящего момента. При этом электронный блок универсальной системы питания осуществляет переключение вида топлива в соответствии с принятой закономерностью и с учетом гистерезиса.

Комплексная нагрузочная характеристика двигателя ЗМЗ-53 при работе на штатном бензине А-76 /---/, на бензогазовой смеси /приблизительно 40%+60%, ---/, на СПГ /- - -/.

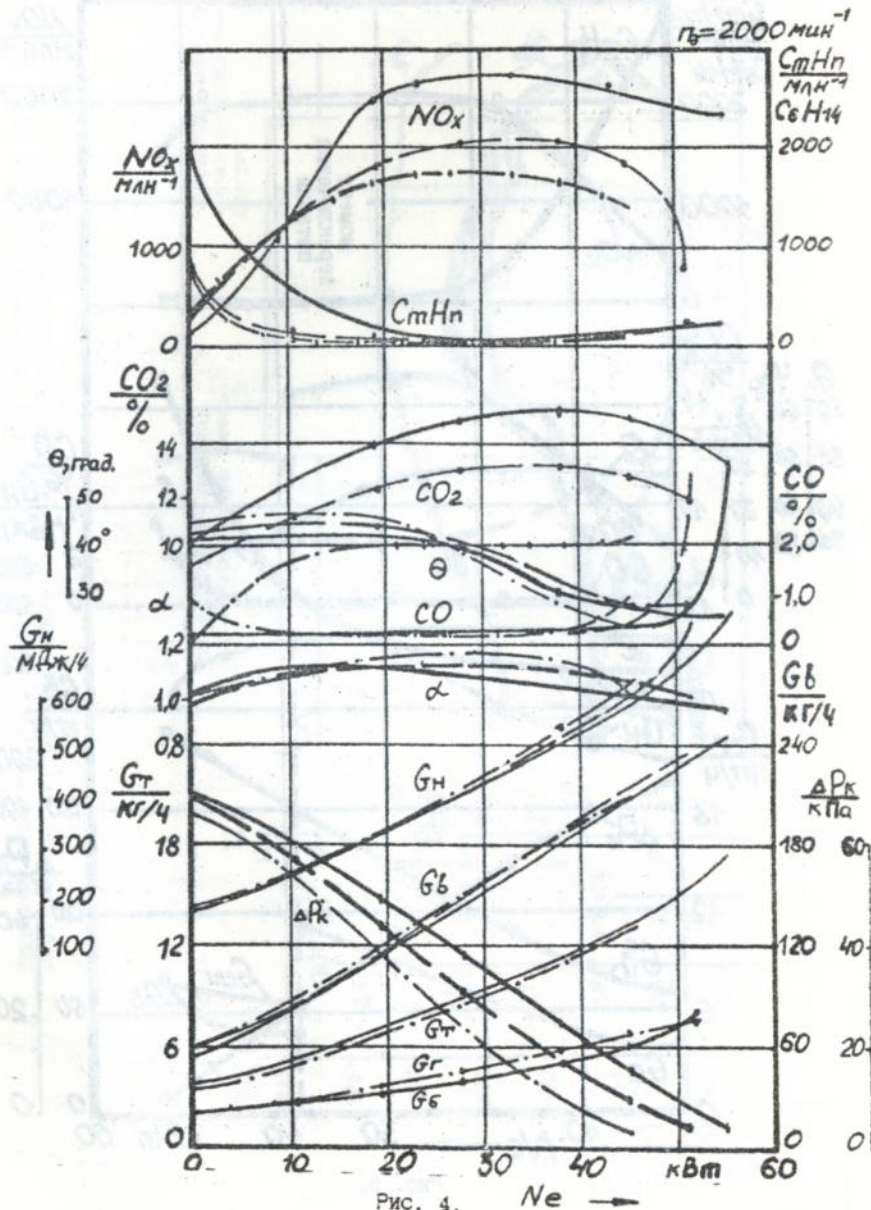


Рис. 4.

Нагрузочная характеристика двигателя ЗМЗ-53, оборудованного универсальной системой питания, с переключением питания на бензогазовую смесь.

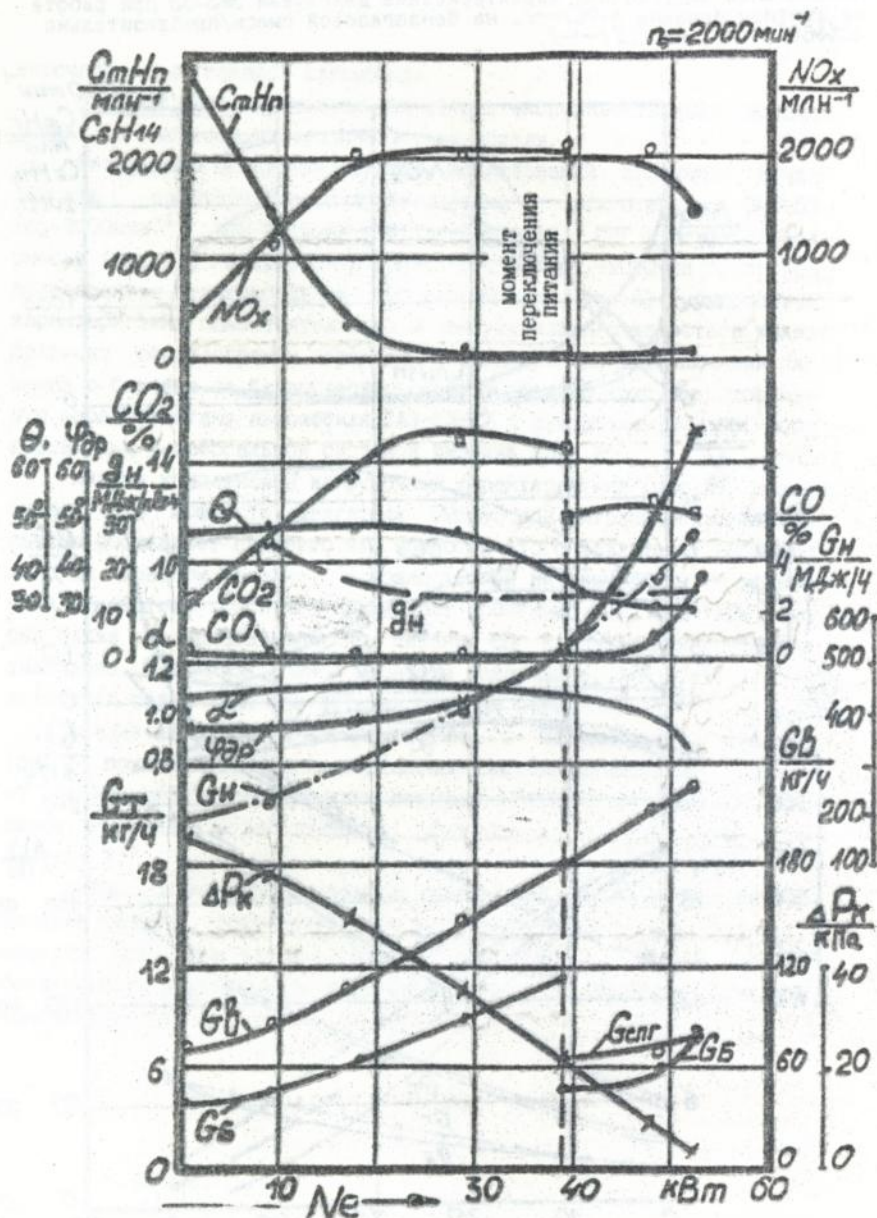


Рис. 5.

Фрагмент осциллограммы переходных процессов двигателя ЗМЗ-53 при переключении питания с бензина на бензоголовую смесь и обратно

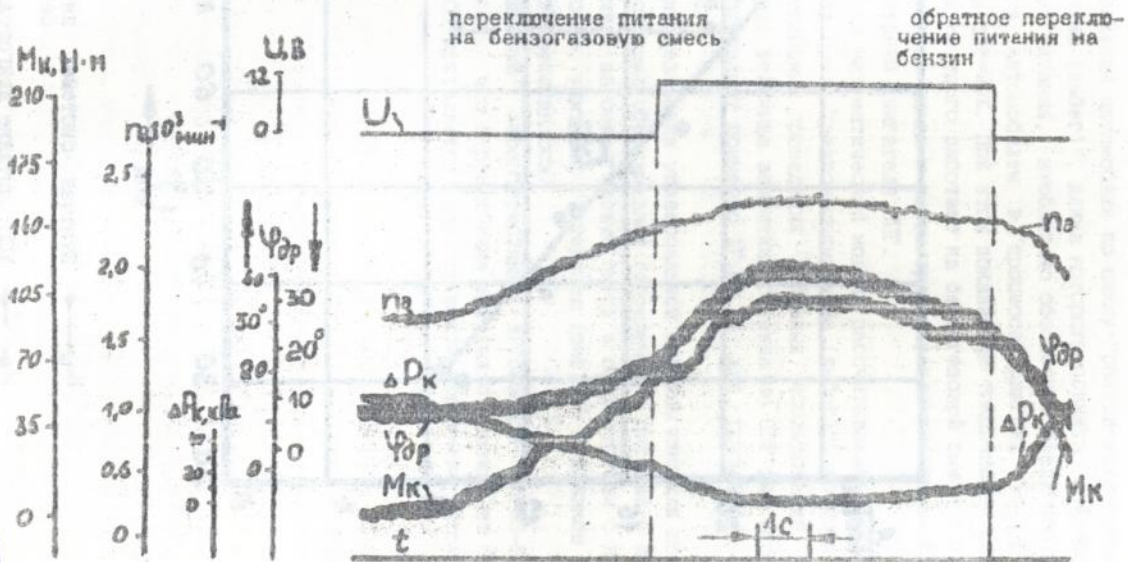
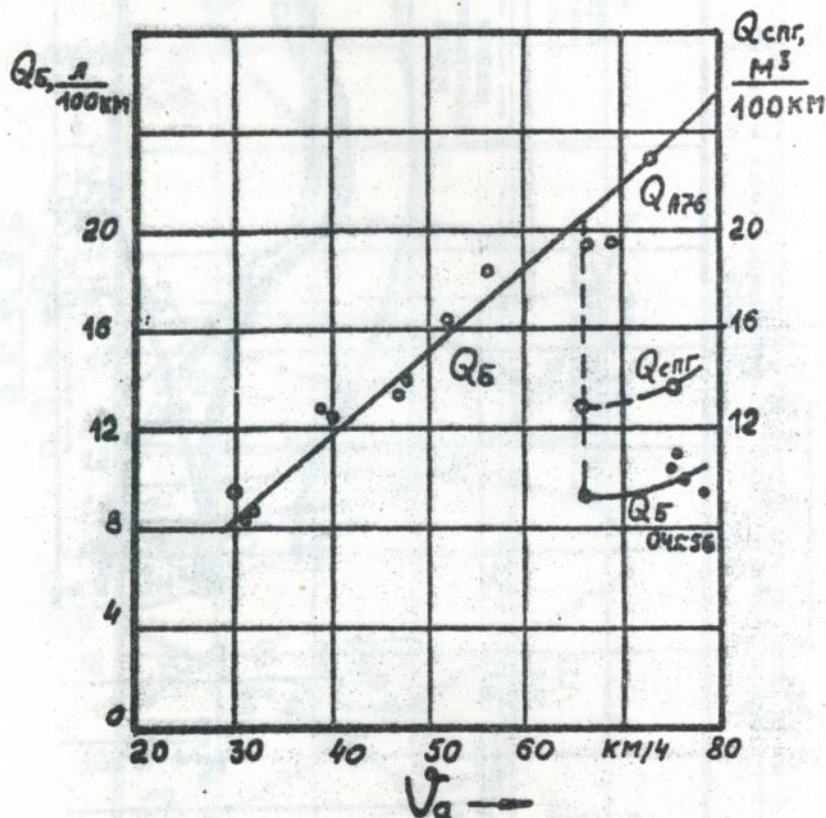


Рис. 6.

Топливная характеристика автомобиля ГАЗ-53-27 с двигателем ЗМЗ-53, оборудованным универсальной системой питания.



- — ○ Штатная система; питание двигателя бензином А-76
- ○ — USP; питание двигателя смесью бензина с ОЧ-56 + СПГ

Рис. 7.

Расчеты показателей автомобиля на математической модели показывают: при движении автомобиля по циклу "разгон-установившееся движение-замедление (выбег)", длина которого принята одинаковой для всех случаев питания, необходимо обеспечить следующие параметры управления автомобилем в процессе разгона:  $\Phi_{др.Б}$ -50%;  $\Phi_{др.БГ}$ -52%;  $\Phi_{др.СП}$ -90%. При этом показатели токсичности автомобиля, двигатель которого работает на бензогазовой смеси с переключением, для данного цикла и параметров управления, очень близки к таковым при питании двигателя СП.

Кроме того, на математической модели рассчитывались показатели автомобиля для цикла "разгон-торможение (выбег)", который наиболее близок к условиям проведения дорожных исследований. В результате получено: величина замещения бензина на СП для порожнего автомобиля составляет примерно 17,8%, а для груженого Gpr-2500кг — до 40%.

Стендовые исследования универсальной системы питания показали, что данная система обеспечивает переключение питания с низкооктанового бензина на бензогазовую смесь в соответствии с принятой закономерностью, учитывая гистерезис (рис.6). Признаков детонации при этом не наблюдалось.

Анализ топливной характеристики автомобиля ГАЗ-53-27, (рис.7) показывает, что переключение питания с бензина на бензогазовую смесь осуществляется при скорости порожнего автомобиля  $V_a$  66км/час.

### ОБЩИЕ ВЫВОДЫ.

1. Анализ режимов работы грузовых автомобилей с бензиновыми двигателями показал, что значительную часть времени они работают на частичных скоростных и нагрузочных режимах, где требования к ОЧ бензина невысоки. Следовательно, на этих режимах можно было бы использовать бензины с меньшим, относительно штатных, ОЧ. Однако, при работе двигателя в режимах, близких к номинальному, применение низкооктановых бензинов явилось бы причиной возникновения детонации. Одним из эффективных способов повышения ОЧ топливовоздушной смеси, при работе двигателя в высоких нагрузочных режимах, является применение бензогазовых смесевых топлив. Это дает возможность экономить штатные средне- и высокооктановые бензины за счет замещения их на СПГ, приблизить экономические показатели к показателям базового двигателя, а экологические — к показателям при питании СПГ.

2. Экспериментально определен оптимальный закон переключения питания двигателя с низкооктанового бензина на бензогазовую смесь. Закон представляет собой линейную зависимость изменения момента переключения питания двигателя с бензина на бензогазовую смесь и обратно, выраженную в виде функции двух переменных: величины угла открытия дроссельных заслонок  $\varphi_{др}$  и частоты вращения коленчатого вала  $n_d$ . Для двигателя ЗМЗ-53 и бензина с ОЧ=56ед. эта зависимость изменяется в пределах:  $n_d=1200\text{мин}^{-1}$  —  $\varphi_{др}=24^{\circ}$ ;  $n_d=3200\text{мин}^{-1}$  —  $\varphi_{др}=18^{\circ}$ .

3. При участии автора создан экспериментальный образец универсальной системы питания с электронным управлением для бензиновых двигателей. Система позволяет двигателю работать на штатном бензине, СПГ и смеси бензина, в том числе и низкооктанового, с СПГ.

Для исключения пульсирующего характера переключения питания с бензина на бензогазовую смесь и обратно, при малой амплитуде изменения нагрузки, в электронный блок управления включен элемент, обеспечивающий гистерезис. Система также предусматривает корректировку закономерности переключения питания в зависимости от ОЧ конкретного, имеющегося на борту автомобиля, бензина.

4. Стендовые исследования двигателя показали, что данная универсальная система питания обеспечивает необходимую закономер-

ность переключения питания с бензина на бензогозовую смесь и обратно. Для двигателя ЗМЗ-53 и бензина с ОЧ=5бед. величины углов открытия дроссельных заслонок, при которых осуществляется переключение питания, с учетом гистерезиса, изменяются в пределах: при разгоне —  $\varphi_{др.1200}=23,6^{\circ} + \varphi_{др.3200}=17,3^{\circ}$ ; при замедлении —  $\varphi_{др.1200}=22,7^{\circ} + \varphi_{др.3200}=16,5^{\circ}$ . При этом признаков детонации не наблюдалось.

5. Составлена математическая модель системы "водитель-автомобиль-дорога" для автомобиля с бензиновым двигателем, оборудованным универсальной системой питания, при движении этого автомобиля в различных условиях и режимах. В модели учтены особенности, связанные с процессами переключения питания на бензогозовую смесь и определением показателей автомобиля при питании его двигателя штатным бензином, СПГ и бензогозовой смесью.

6. Стендовые исследования двигателя ЗМЗ-53, оборудованного универсальной системой питания, подтвердили, что показатели этого двигателя улучшаются по сравнению с показателями при питании отдельно штатным бензином или СПГ. Так, в частности, мощность двигателя при переключении питания на бензогозовую смесь ( $n_d=2000\text{мин}^{-1}$ ) составляет 95% мощности этого двигателя, работающего на штатном бензине А-76, а при питании СПГ — только 82%.

Также установлено, что, для основных нагрузочных режимов, имеет место улучшение токсических показателей. Выбросы вредных веществ уменьшились: СО — примерно в 1,7 раза;  $\text{СmHn}$  — в 1,5 раза;  $\text{NOx}$  — в 1,25 раза.

7. Результаты расчетов на математической модели показывают: при оптимальных параметрах разгона ( $\varphi_{др.к1}=70\%$ ;  $n_{к1-3}=2200\text{мин}^{-1}$ ,  $n_{к4}=1782\text{мин}^{-1}$ ) единичного автомобиля до скорости  $V_a=50\text{км/час}$  время и путь разгона составили:  $t_B=56,94\text{сек.}$ ,  $S_B=562,8\text{м.}$ ;  $t_{БГС}=65,52\text{сек.}$ ,  $S_{БГС}=654\text{м.}$ ;  $t_{СПГ}=78,99\text{сек.}$ ,  $S_{СПГ}=793\text{м.}$

При движении автомобиля по циклу, включающему разгон, установившееся движение и замедление (выбег), длина которого принята равной для всех случаев питания, необходимо обеспечить следующие параметры управления автомобилем в процессе разгона:  $\varphi_{др.Б}=50\%$ ;  $\varphi_{др.БГС}=52\%$ ;  $\varphi_{др.СПГ}=90\%$ , при прочих равных условиях.

При таких параметрах управления для случая с переключением питания на бензогозовую смесь, в процессе движения автомобиля по циклу, наблюдалось снижение количества вредных выбросов относительно таковых для случая питания штатным бензином: СО — пример-

но в 2,7 раза;  $\text{СmHn}$  — примерно в 2 раза;  $\text{NOx}$  — в 1,1 раза. Выбросы соединений свинца, при прочих равных условиях, снижаются примерно в 2 раза.

8. Исследованиями в эксплуатационных условиях установлено, что при движении порожнего автомобиля ГАЗ-53-27 с двигателем ЗМЗ-53, оборудованным универсальной системой питания, обеспечивается замещение штатного бензина на СПГ — до 16,8%, а грузенного (Ггр-2500кг) — до 32%. Эти результаты близки к результатам расчета на математической модели, которые показывают, что величины замещения штатного бензина на СПГ равны 17,8% и 40% соответственно.

Таким образом расчеты на математической модели и проведенные экспериментальные исследования подтвердили, что применение бензогазовых смесей позволяет улучшить тягово-динамические показатели автомобиля по сравнению с показателями при работе на СПГ, а экологические — по сравнению с работой на бензине.

Приемочные испытания универсальной системы питания проводились комиссией, составленной из представителей УТУ и АТП—13061 г. Киева.

Испытания универсальной системы питания, в соответствии с заключением комиссии, показали, что автомобиль надежно работает на бензине, газе и их смеси. В случае использования в качестве топлива смеси бензина и газа доля жидкого топлива снижается в условиях городского движения: для порожнего автомобиля на 16,8%, загрузенного на 60% грузоподъемности — на 32%.

По теме диссертации опубликованы следующие работы:

1. Гутаревич Ю.Ф., Говорун А.Г., Корпач А.А., Скалыга Н.Н. Универсальная система питания для ДВС с искровым зажиганием. Деп. в ГНТБ Украины 23.03.1993, №641 — Ук.93.

2. Гутаревич Ю.Ф., Говорун А.Г., Корпач А.А., Скалыга Н.Н. Исследование универсальной системы питания для ДВС с искровым зажиганием. Деп. в ГНТБ Украины 22.12.1993, №258 — Ук.93.

3. Гутаревич Ю.Ф., Говорун А.Г., Корпач А.А., Скалыга Н.Н. Разработка и исследование универсальной системы питания транспортных двигателей с искровым зажиганием. //Автоторожник Украины, №2, 1994г.

4. Гутаревич Ю.Ф., Говорун А.Г., Корпач А.А., Скалыга Н.Н. Стендовые и дорожные исследования универсальной системы питания. // Тезисы к докладу на V-м международном симпозиуме "Metody obliczeniowe i badawcze w rozwoju systemow pojazdow samochodowych i maszyn", Польша, Жешув, 1994, с.81-86.

5. Скалыга Н.Н. Результаты исследований универсальной системы питания двигателя автомобиля ГАЗ-53-27. //Тезисы к докладу в кн. "Новые технологии и организационные структуры на автомобильном транспорте", Винница, 1994, с. 12

#### АНОТАЦІЯ

Скаліга М.М. Покращення показників вантажних автомобілів з двигунами з іскровим запалюванням в умовах експлуатації шляхом використання сумішових палив.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.10 — "Експлуатація автомобільного транспорту", Київ, 1995.

Досліджено принципову схему універсальної системи живлення для бензинового двигуна вантажного автомобіля. Система дозволяє використовувати в якості палива штатний бензин, СПГ та суміш бензину, у тому числі і низькооктанового, із СПГ. Створено експериментальний зразок універсальної системи живлення; проведено серію досліджень двигуна, обладнаного цією системою, і автомобіля з таким двигуном, в стендових та дорожніх умовах.

Розроблено математичну модель системи "водій-автомобіль-дорога", що дозволяє розрахувати показники автомобіля в різних режимах та умовах дорожнього руху і враховує особливості живлення двигуна штатним бензином, СПГ та бензогазовою сумішшю.

Ключові слова: універсальна система живлення, двигун, автомобіль, бензин, стиснений природний газ, бензогазова суміш.

ABSTRACT.

Nickolay N. Skalyga. The improvement of the spark plug engine trucks characteristic, the trucks are in the exploitation conditions, by way of the mixture's fuel use.

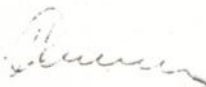
Abstract of the thesis of candidate's degree of technical sciences in the speciality 05.22.10 — " The Exploitation of the Car's Transport", Ukrainian Transport University, Kyiv, 1995.

The principal schem of the electronic control universal fuel feeding system for the trucks' engine is reseached in this work. This system make to use as fuel a motor petrol, a compressed natural gas and a mixture of a petrol, heavy petrol is too, with a compressed natural gas.

The universal fuel feeding system's experimental model is made; the engines, truck's too, test series have been carried at the test benches and the road conditions, the engine have been equiped by universal fuel feeding system and the car had such engine type.

The mathematics model of the system "driver-car-road" is built, the mathematics model allows to calculate the car characteristics for diferent power rate and road going conditions, it takes account the fuel feeding features by a motor petrol, a compressed natural gas and by petroleum-compressed natural gas mixture.

Key words: universal fuel feeding system, petrol, engine, car, truck, motor, compressed natural gas, petroleum - compressed natural gas mixture.



Подписано к печати 14.03.96г. Формат 10x8 $\frac{1}{16}$   
Объем 46 условных печатных листов.  
Заказ № 478 Тираж 100 экз. Бесплатно  
размножено ГНЦ Минстата Украины ООП







445710

AB 34.556

**AB 34.556**