

4449031
Министерство высшего и среднего специального образования
РСФСР

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

На правах рукописи

ГУМЕРОВ Ирек Флорович

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМИЧНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ДОБАВОК ВОДОРОДА К БЕНЗИНУ

05.04.02. - Тепловые двигатели

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

МОСКВА 1987

НА ДОМ
НЕ ВЫДАЕТСЯ

Работа выполнена в Заводе-вузе при Московском автомобиль-
ном заводе им. И.А.Лихачева

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор
Я.С.Агейкин

Официальные оппоненты - доктор технических наук, профессор
В.З.Махов
кандидат технических наук, доцент
Е.И.Шанин

Ведущая организация - НПО Главмосавтотранс

Защита состоится "4" марта 1987г. в 15³⁰ часов

на засе- .10 в Московском

высшесу: г.Москва,

2-я

еке Московского

выс

г.

М449031

Н.А.Иващенко



1449031

Гумеров И.Ф. Повышение эконо

Актуальность работы. В последние годы в связи со все возрастающей стоимостью производства и с ограниченностью запасов нефти в Советском Союзе и за рубежом уделяется большое внимание экономии углеводородного топлива. В "Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1986-1990 годы и на период до 2000 года" отмечается необходимость рационального и экономного расходования всех видов ресурсов.

Другой важной проблемой современности является охрана окружающей среды. Решение этих проблем необходимо проводить комплексно, осуществив ряд мероприятий во всех отраслях народного хозяйства. Одним из путей решения этих задач, применительно к автомобилестроению, наряду с дизелизацией и переводом на газ автомобилей, является применение водорода в качестве топлива на автомобильном транспорте. Применение водорода в качестве топлива увеличивает КПД и снижает токсичность выпускных газов двигателей. К тому же ресурсы водорода практически неограничены.

Учитывая изложенное выше, исследования, направленные на выяснение возможности применения для автомобилей водородного топлива, приобретают особенно важное значение. Как показывает практика, в ближайшие годы целесообразно выяснить возможность использования водорода в качестве добавок к бензиновому топливу.

Цель и задачи исследования. Основной целью диссертационной работы является определение оптимальных составов бензоводородовоздушных смесей и разработка системы питания двигателя, использующего добавки водорода к основному топливу - бензину. В соответствии с поставленной целью решались следующие задачи:

1. Разработка методов определения оптимальных составов смесей для двухтопливных двигателей;
2. Определение оптимальных составов бензоводородовоздушных смесей для работы двигателя грузового автомобиля на различных режимах;
3. Разработка простой, унифицированной с существующими конструкциями, системы питания для автомобильного двигателя, работающего на бензине с добавками водорода;
4. Проведение экспериментального исследования двигателя с разработанной системой питания в лабораторных условиях и на автомобиле в реальных дорожных условиях.



Методы исследования. Поставленные задачи решались: проведением экспериментальных исследований двигателя ЗИЛ-130 с применением современного электронного оборудования, использованием теории планирования эксперимента и анализа регрессионных математических моделей.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- Разработан критерий для оценки эффективности использования двухтопливных смесей с учетом стоимости топлив;
- Разработаны методы определения оптимальных по экономичности составов двухтопливных смесей;
- Получены зависимости КПД двигателя от состава бензоводородо-воздушной смеси на различных режимах работы двигателя.

Практическая ценность. Разработанный критерий позволяет анализировать эффективность использования двухтопливных смесей с точки зрения денежных затрат на топливо. Предложенные методы определения оптимальных составов двухтопливных смесей позволили определить оптимальные по экономичности составы смеси для двигателя типа ЗИЛ-130.

Реализация работы. Результаты исследований использовались на Московском автозаводе им. И.А. Лихачева при создании макетного образца автомобиля ЗИЛ-130, работающего на бензине с добавками водорода.

По методу определения оптимальных составов бензоводородо-воздушных смесей поставлен лабораторный практикум в заводе-втузе при ЗИЛе.

Апробация работы. Результаты исследований докладывались и обсуждались на научно-технических конференциях в заводе-втузе при ЗИЛе (1983-1985 гг.), на конференции молодых специалистов ЗИЛА (1983-1984 гг.), на конференции молодых специалистов ЦНИИП НАМИ (1985 г.), на семинаре аспирантов и молодых специалистов "комбинированные двигатели" МВТУ.

Публикация. Материалы исследований отражены в 5 печатных работах.

Объем работы. Работа изложена на 153 стр., содержит 40 рисунков, 27 таблиц и состоит из пяти глав, общих выводов, списка литературы (85 наименований).

Первая глава. Дан анализ работ, посвященных использованию водорода как топлива для ДВС. Большой вклад в изучение этого вопроса внесли советские ученые: Варлавацкий И.Л., Роганов С.Г., Подгорный А.Н., Мищенко А.И., Раменский А.Ю., Талда Г.Б., Трелин Ю.А., Федчук В.И., Хмыров В.И. и др.

Отмечено, что недостаточно исследований посвящено определению оптимальных составов бензоводородовоздушных смесей.

По результатам обзора работ сделаны следующие выводы:

- Водород обладает рядом достоинств как моторное топливо. Но его использование в качестве самостоятельного топлива на современном этапе встречает ряд трудностей. Целесообразно в ближайшем будущем использование водорода в качестве добавок к углеводородному топливу;
- Недостаточно исследованы вопросы определения оптимальных составов бензоводородовоздушных смесей. Не разработаны методики таких исследований;
- Не разработаны простые, унифицированные с существующими конструкциями, системы питания.

Вторая глава. Рассмотрены способы снятия регулировочных характеристик по составу смеси для однотопливных двигателей. Первый способ: снятие регулировочной характеристики при неизменном положении дроссельной заслонки ($\varphi_v = const$) и постоянной частоте вращения коленчатого вала ($n = const$). Второй способ: снятие регулировочной характеристики при постоянном крутящем моменте ($M_e = const$) и постоянной частоте вращения коленчатого вала ($n = const$). Проанализированы способы определения оптимальных составов смесей (α_{opt}) по экономичности (φ_{opt}) из этих регулировочных характеристик.

Определение оптимального состава из регулировочных характеристик по составу смеси, снятых при $M_e = const$, достаточно просто. Это минимум часового или удельного расхода данной характеристики.

Регулировочные характеристики по составу смеси, снятые при $\varphi_v = const$, и способы определения оптимальных составов приведены на рис. I. Показано аналитически, что оптимальным является состав, определенный по методу огибающей. Геометрическим анали-

зом это ранее показали Сороко-Новицкий В.И., Куров Б.А. и др. Аналитически и экспериментально показано, что истинно оптимальный состав беднее соответствующего минимуму удельного расхода отдельной ветви регулировочной характеристики, снятой при

$$\eta_c = \text{const.}$$

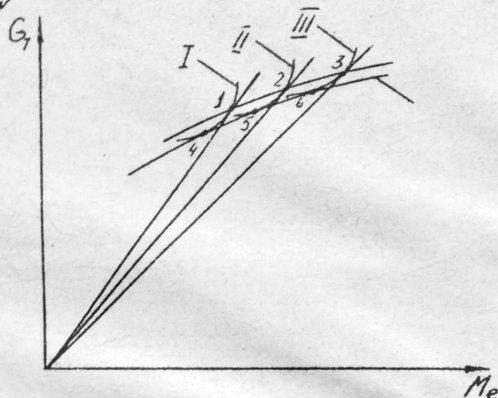


Рис. I Два способа определения оптимальных составов смеси по данным регулировочных характеристик по составу смеси

I, 2, 3 - точки, найденные по первому способу метод касательной ;
4, 5, 6 - точки, найденные по второму способу метод огибающей ;
I, II, III - ветви регулировочных кривых; IV - огибающая кривая.

В работе отмечено, что для определения оптимальных составов на всех режимах работы двигателя необходимо использовать оба способа снятия регулировочных характеристик: для холостого хода и малых нагрузок необходимо использовать регулировочные характеристики при $M_e = \text{const}$, на больших нагрузках при $\eta_c = \text{const}$.

Для двухтопливных двигателей задача определения оптимального состава смеси усложняется, так как количество необходимых экспериментов увеличивается. Уменьшить количество экспериментов позволяет использование методов планирования эксперимента, позволяющих получить математическую регрессионную модель зависимости КПД двигателя (η) от состава смеси (α, α_f) и нагрузки, по которой аналитическим методом или численным анализом можно определить оптимальные составы смеси для каждого отдельного режима.

Рассмотрены методы анализа регрессионных моделей типа:

$\eta = f(\alpha_1, \alpha_2, M_e)$ и $\eta = f(\alpha_1, \alpha_2, \eta_c)$, где α_1 и α_2 - условные коэффициенты избытка воздуха для бензина и водорода; M_e - эффективный крутящий момент двигателя; η_c - коэффициент наполнения.

Для модели типа $\eta = f(\alpha_1, \alpha_2, M_e)$ необходимо определять оптимальные по КПД составы из условия экстремума при фиксированном крутящем моменте ($M_e = \text{const}$):

$$\begin{cases} \left(\frac{\partial \eta}{\partial \alpha_1} \right)_{M_e} = 0; \\ \left(\frac{\partial \eta}{\partial \alpha_2} \right)_{M_e} = 0. \end{cases} \quad (I)$$

Найдено, что для определения оптимальных по КПД составов из модели типа $\eta = f(\alpha_1, \alpha_2, \eta_c)$ необходимо решить систему уравнений:

$$\begin{cases} \left(\frac{\partial \eta}{\partial \alpha_1} \right)_{\alpha_2, \eta_c} + \left(\frac{\partial \eta}{\partial \eta_c} \right)_{\alpha_1, \alpha_2} \frac{\eta_c}{\alpha_1^2 L_1} \left(\frac{H_1}{\alpha_1 L_1} + \frac{H_2}{\alpha_2 L_2} - \frac{1}{1 + \frac{1}{\alpha_1 L_1} + \frac{1}{\alpha_2 L_2}} \right) = 0; \\ \left(\frac{\partial \eta}{\partial \alpha_2} \right)_{\alpha_1, \eta_c} + \left(\frac{\partial \eta}{\partial \eta_c} \right)_{\alpha_1, \alpha_2} \frac{\eta_c}{\alpha_2^2 L_2} \left(\frac{H_2}{\alpha_2 L_2} + \frac{H_1}{\alpha_1 L_1} - \frac{1}{1 + \frac{1}{\alpha_1 L_1} + \frac{1}{\alpha_2 L_2}} \right) = 0. \end{cases} \quad (2)$$

где H_1 и H_2 - теплотворные способности бензина и водорода;

L_1 и L_2 - мольные стехиометрические отношения для бензовоздушных и водородовоздушных смесей.

Получена система уравнений анализа регрессионных зависимостей для определения составов, обеспечивающих максимум крутящего момента при фиксированном коэффициенте наполнения, из моделей типа $\eta = f(\alpha_1, \alpha_2, \eta_c)$:

$$\begin{cases} \left(\frac{\partial \eta}{\partial \alpha_1} \right)_{\alpha_2, \eta_c} - \frac{\eta_c}{\alpha_1^2 L_1} \left(\frac{H_1}{\alpha_1 L_1} + \frac{H_2}{\alpha_2 L_2} - \frac{1}{1 + \frac{1}{\alpha_1 L_1} + \frac{1}{\alpha_2 L_2}} \right) = 0; \\ \left(\frac{\partial \eta}{\partial \alpha_2} \right)_{\alpha_1, \eta_c} - \frac{\eta_c}{\alpha_2^2 L_2} \left(\frac{H_2}{\alpha_2 L_2} + \frac{H_1}{\alpha_1 L_1} - \frac{1}{1 + \frac{1}{\alpha_1 L_1} + \frac{1}{\alpha_2 L_2}} \right) = 0. \end{cases} \quad (3)$$

При использовании двухтопливных смесей переход от составов смеси, обеспечивающих максимальный КПД, к составам, обеспечивающим максимальный момент, можно обеспечить при разнообразных сочетаниях α_1 и α_2 . Наиболее оптимальным при этом будет пере-

ход, обеспечивающий максимальный КПД. Условием этого является:

$$\left(\frac{\partial \eta}{\partial \alpha_1}\right)_{\eta, M_2} = 0 \quad (4)$$

или

$$\left(\frac{\partial \eta}{\partial \alpha_2}\right)_{\eta, M_2} = 0. \quad (5)$$

Учитывая условие (4), получено уравнение:

$$\left(\frac{\partial \eta}{\partial \alpha_1}\right)_{\eta, \alpha_2} \left(\frac{H_1}{\alpha_1 L_1} + \frac{H_2}{\alpha_2 L_2} - \frac{1}{1 + \frac{1}{\alpha_1 L_1} + \frac{1}{\alpha_2 L_2}} \right) - \left(\frac{\partial \eta}{\partial \alpha_2}\right)_{\eta, \alpha_1} \left(\frac{H_1}{\alpha_1 L_1} + \frac{H_2}{\alpha_2 L_2} - \frac{1}{1 + \frac{1}{\alpha_1 L_1} + \frac{1}{\alpha_2 L_2}} \right) = 0 \quad (6)$$

решение которого дает составы смеси, обеспечивающие максимальный КПД при заданных крутящем моменте и коэффициенте наполнения.

Для оценки стоимостной эффективности использования бензоводородных смесей найден критерий η_c :

$$\eta_c = \frac{\eta}{1 + E_2(K-1)} \quad (7)$$

где E_2 - энергетическая доля водорода; K - отношение стоимости единицы энергии водорода к стоимости единицы энергии бензина. Этот критерий безразмерен и пропорционален работе на единицу денежных затрат на топливо. Из выражения (7) видно, что такой критерий равняется КПД в случае, когда энергетическая доля водорода равна нулю ($E_2 = 0$) или отношение стоимостей энергий равно единице ($K = 1$).

Третья глава. Описана специально созданная экспериментальная установка и характеристики контрольно-измерительной аппаратуры. Установка для испытаний двигателя оборудована тормозным устройством, пультом управления, контрольными и измерительными приборами и различными вспомогательными устройствами, обеспечивающими проведение экспериментов по заданной программе. В соответствии с ГОСТами экспериментальную установку оснастили устройствами для охлаждения воды и масла, питания двигателя топливами и воздухом, отвода выпускных газов. Помещение испытательного бокса оборудовали вытяжной системой вентиляции и автоматическим сигнализатором взрывоопасной концентрации водорода в воздухе.

Задача по определению оптимального состава решена следующим образом. На первом этапе работ определена область, близкая к оптимальной точке, для чего был использован метод планирования эксперимента - крутое восхождение по градиенту (метод Бокса-Уилсона). Используя определенную область, близкую к оптимальным со-

ставам смеси, и из условия совместности факторов по данным предварительных экспериментов определена область планирования для построения полиномиальной модели второго порядка, затем проведены эксперименты по планам. На основе экспериментов построены полиномиальные модели второго порядка зависимости индикаторного КПД η_i от факторов $M_e, n, \alpha_1, \alpha_2$ на малых и средних нагрузках и от факторов $\eta, n, \alpha_1, \alpha_2$ (на больших и средних нагрузках). Так же получены модели зависимости стоимостного КПД η_{ci} от факторов $M_e, n, \alpha_1, \alpha_2$ на малых и средних нагрузках при разных соотношениях стоимости бензина и водорода. Использована модель следующего вида:

$$\eta = \theta_0 + \sum_{i=1}^4 \theta_{ii} X_i^2 + \sum \theta_i X_i + \sum_{i < j \leq 4} \theta_{ij} X_i X_j, \quad (8)$$

где η - функция отклика (КПД или "стоимостной" КПД см. раздел 2); X_i - кодированное значение факторов; $\theta_0, \theta_{ii}, \theta_i, \theta_{ij}$ - коэффициенты уравнения регрессии.

Были выбраны следующие интервалы варьирования или область планирования : $\alpha_1 = 1,25 + 2,00$; $\alpha_2 = 6,5 + 11,0$;

$M_e = 38,2 + 191$ нм; $n = 1200 + 2700$ об/мин для малых и средних нагрузочных режимов, $\alpha_1 = 1,05 + 1,70$; $\alpha_2 = 6,5 + 11,0$; $n = 1200 + 2700$ об/мин; $\eta_i = 0,75 \frac{\eta_{max} + \eta_{max}}{1000}$, где $\eta_{max} = 1,11 - 0,6 \frac{n}{1000} + 0,4 \left(\frac{n}{1000} \right)^2 - 0,07 \left(\frac{n}{1000} \right)^3$ для средних и больших нагрузочных режимов.

Натуральные значения факторов связаны с соответствующими кодированными значениями следующими формулами. Для малых и средних нагрузочных режимов:

$$\alpha_1 = \frac{1}{0,65 + 0,15 X_1}; \quad (9)$$

$$\alpha_2 = \frac{1}{0,1225 + 0,0315 X_2}; \quad (10)$$

$$M_e = 114,6 + 76,4 X_3; \quad (11)$$

$$n = 1950 + 750 X_4. \quad (12)$$

Для средних и больших нагрузочных режимов:

$$\alpha_1 = \frac{1}{0,77 + 0,18 X_1}; \quad (13)$$

$$\alpha_2 = \frac{1}{0,1225 + 0,0315 X_2} ; \quad (14)$$

$$n = 1950 + 750 X_3 ; \quad (15)$$

$$\eta = (0,875 + 0,125 X_4) \eta_{\max} . \quad (16)$$

Эти зависимости получены с учетом интервалов варьирования факторов и условия, что область планирования для кодированных значений факторов представляет собой гиперкуб: $|X_i| \leq 1$, где $i = 1, 2, 3, 4$.

Коэффициенты уравнения регрессии на малых и средних нагрузках зависимости стоимостного КПД от факторов X_1, X_2, X_3, X_4 при разных соотношениях стоимости бензина и водорода приведены в таблице I.

Используя полученные коэффициенты и условие экстремума (I), нашли, что уравнения для определения оптимальных составов имеют вид: $K = 1$, параметр оптимизации $\eta_{ci} = \eta_i$, согласно (7)

$$\begin{cases} X_1 = -0,005 - 0,206 X_3 + 0,003 X_4 ; \\ X_2 = 0,338 - 0,186 X_3 - 0,223 X_4 , \end{cases} \quad (17)$$

$K = 1,5$, параметр оптимизации η_{ci}

$$\begin{cases} X_1 = 0,320 - 0,152 X_3 + 0,008 X_4 ; \\ X_2 = 0,048 - 0,214 X_3 + 0,272 X_4 , \end{cases} \quad (18)$$

$K = 2$, параметр оптимизации η_{ci}

$$\begin{cases} X_1 = 0,544 - 0,128 X_3 + 0,005 X_4 ; \\ X_2 = -0,197 - 0,262 X_3 - 0,309 X_4 . \end{cases} \quad (19)$$

Изолинии индикаторного КПД η_i и стоимостного КПД η_{ci} от состава смеси приведены на рис. 2. Заштрихованные области, в которых значение параметра оптимизации меньше максимального значения не более, чем на 2 %. Из рис. 2 видно, что при увеличении частоты вращения коленчатого вала необходимо несколько обогащать по водороду и несколько обеднять по бензину рабочую смесь для обеспечения максимального значения параметра оптимизации. Рис. 2 иллюстрирует малую чувствительность бензоводородного двигателя по составу смеси, что так же отмечалось в работе Раменского А.Ю.

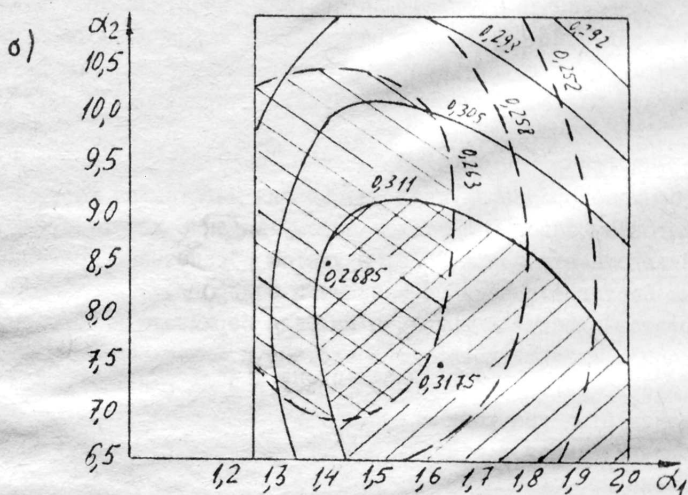
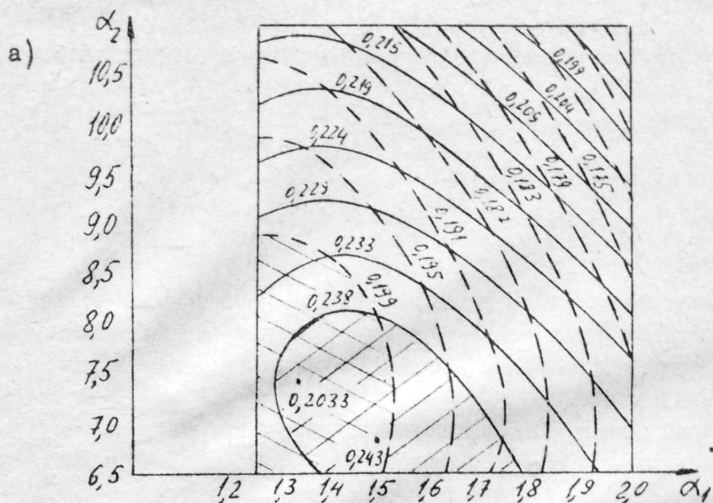


Рис. 2. Изолинии стоимостного КПД при $n = 1200$ об/мин.

а) $M_e = 58,2$ нм; б) $M_e = 191$ нм.

— $K = 1$; - - - - $K = 2$

Уравнение регрессии для средних и больших нагрузок при факторе, характеризующем нагрузочный режим - коэффициенте выполнения имеет вид:

$$\begin{aligned} \eta = & 0,339 + 0,021 X_1^2 - 0,006 X_2^2 - 0,005 X_3^2 - 0,002 X_4^2 - \\ & - 0,025 X_1 - 0,001 X_2 + 0,012 X_3 + 0,002 X_4 - \\ & - 0,003 X_1 X_2 + 0,002 X_1 X_3 - 0,008 X_1 X_4 - 0,004 X_2 X_3 - \\ & - 0,003 X_2 X_4. \end{aligned} \quad (20)$$

Оптимальные составы по экономичности на средних и больших нагрузках определили, решив систему уравнений (2) на ЭВМ численными методами. Оптимальные составы, полученные таким способом, приведены в таблице 1.

Составы смеси, обеспечивающие максимум крутящего момента, определили, решив систему уравнений (3) (при η_{max}) численными методами на ЭВМ. Результаты приведены в таблице 2.

Решив уравнение (6), получили составы смеси, обеспечивающие максимум КПД при η_{max} и значениях от максимального крутящего момента M_c до крутящего момента, полученного при оптимальном составе по экономичности. Результаты приведены в таблице 3.

Четвертая глава. Опытный карбюратор-смеситель для питания двигателя бензоводородовоздушной смесью был изготовлен Московским карбюраторным заводом по техническому заданию лаборатории двигателей завода-втуза при ЗИЛе, с учетом обеспечения найденных оптимальных составов смесей по бензину и водороду.

Карбюратор-смеситель выполнен на базе серийного карбюратора К-88А. В каналы главной дозирующей системы и холостого хода установлены электромагнитные клапаны (поз. 1 и 2 на рис. 3). При этом обеспечиваются два режима работы.

1. Приготовление смеси с обычным значением α_f (режим работы - только на бензине).
2. Работа с обедненным по бензину значением $\alpha_f = 1,40 + 1,65$, когда двигатель работает с добавками водорода.

Подача водорода осуществляется через газовый редуктор, выполненный на базе серийного редуктора для газобаллонных автомобилей ЗИД-138. Редуктор имеет следующие изменения: удалено экономалезерное устройство, отключена система холостого хода, уменьшен размер отверстия дозирующей шайбы редуктора. Эксперименталь-

Таблица 1.

Оптимальные составы по экономичности на средних и больших нагрузках

№	n об/мин	$M_{\text{нм}}$	ζ_i	α_1	α_2	ζ
1	1200	237	0,323	1,61	7,07	0,587
2	1200	265	0,329	1,72	7,48	0,684
3	1200	289	0,334	1,84	7,93	0,782
4	1950	252	0,337	1,59	7,74	0,601
5	1950	281	0,343	1,70	8,25	0,701
6	1950	304	0,347	1,83	8,82	0,801
7	2700	243	0,342	1,57	8,56	0,582
8	2700	274	0,348	1,68	9,20	0,679
9	2700	293	0,353	1,83	9,95	0,776

Таблица 2.

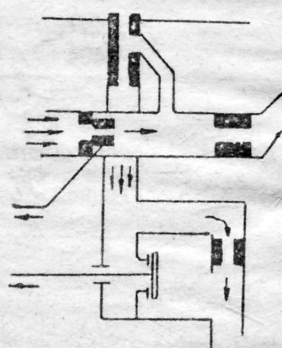
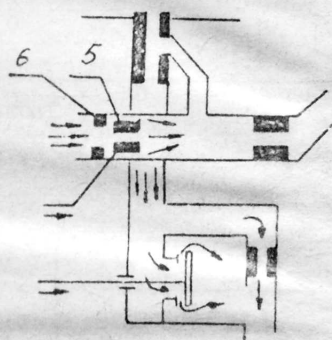
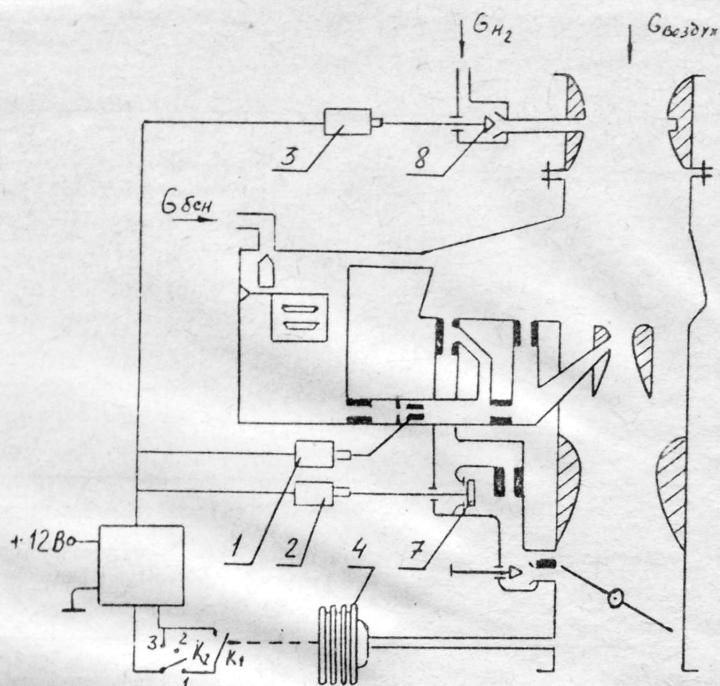
Составы бензородовоздушной смеси, обеспечивающие максимум $M_{\text{нм}}$.

№	n об/мин	$M_{\text{нм}}$	ζ_i	α_1	α_2	ζ
1	1200	377	0,302	1,18	7,24	0,78
2	1950	407	0,315	1,15	7,92	0,80
3	2700	404	0,321	1,13	8,75	0,78

Таблица 3.

Составы, обеспечивающие максимум ζ_i при $\zeta_{\text{max}} = 0,782$ и заданном $M_{\text{нм}}$ при $n = 1200$ об/мин.

№	$M_{\text{нм}}$	ζ_i	α_1	α_2
1	377	0,301	1,18	7,23
2	370	0,321	1,30	7,36
3	355	0,330	1,40	7,48
4	343	0,335	1,50	7,58
5	327	0,337	1,60	7,68
6	311	0,337	1,70	7,79
7	289	0,334	1,84	7,93



а) бензин

б) бензоводород

Рис.3. Схема бензоводородного карбюратора-смесителя.

но найдено, что для подачи оптимальных добавок водорода размер отверстия дозирующей шайбы должен быть $d = 3,6$ мм. Водород от редуктора через электромагнитный клапан (поз.3 и 8 рис.3) поступает в смеситель с периферийным подводом газа (штатное изделие карбюратора К-91 автомобиля ЗИЛ-138А). Смеситель расположен над последовательно включенным с ним карбюратором. Экспериментально определено, что требуемая подача водорода на всех режимах может быть обеспечена без системы холостого хода.

Для переключения режимов работы (в качестве топлива — только бензин или бензин с добавками водорода) разработана схема управления электромагнитными клапанами, установленными на карбюраторе (поз.1 и 2 рис.3), и электромагнитным клапаном подачи водорода (поз.3 рис.3). Схема позволяет осуществить, по выбору водителя, три режима работы двигателя (режим определяется положением выключателя K_2).

Первый режим. Выключатель K_2 — в положении 2. Работа двигателя — только на бензине с обычными значениями бензовоздушной смеси на всех режимах, как у серийных двигателей. Электромагнитный клапан подачи водорода 3 закрыт. Электромагнитные клапаны обеднения по бензину открыты.

Второй режим. Выключатель K_2 — в положении 1. Работа двигателя — на бензоводородовоздушных обедненных смесях на режиме $0 \leq M_e < 0,65 M_{e_{max}}$ и на обычных смесях на режиме $0,65 M_{e_{max}} < M_e$ (разрежение во впускной трубе $\Delta P < 80$ мм ртутного столба). Переход с режима работы на бензине с добавками водорода только на бензин осуществляется автоматически за счет датчика разрежения 4. При частичных открытиях дроссельной заслонки карбюратора-смесителя датчик разрежения 4 замыкает контакты K_1 , и напряжение бортовой сети подается на электромагниты обеднения смеси по бензину 1, 2 и подачи водорода 3. При этом в главной дозирующей системе обедняющий жиклер 5 плотно садится в седло 6 и дополнительно дросселирует поток бензина в канале (рис.3.а), обеспечивая $\alpha_v = 1,40 + 1,65$. Когда открытие дроссельной заслонки мало, то основная доля бензина поступает в двигатель по системе холостого хода. Для обеднения смеси на этих режимах служит электромагнит 2, приводящий в действие клапан 7 в системе холостого хода. По мере открытия дроссельной заслонки разрежение во впуск-

ной трубе ΔP снижается. При $\Delta P \leq 80$ мм ртутного столба датчик разрежения размыкает контакты K_I , электромагниты 1, 2, 3 возвращаются в исходное положение. В результате этого обедняющий жиклер 5 отходит от седла 6, клапан 7 отходит от седла, а клапан подачи водорода 8 закрывается. Двигатель переходит на работу только на бензине с обычными значениями α , обеспечивая получение номинального крутящего момента.

Третий режим. Выключатель — в положении 3. Работа двигателя на бензоводородовоздушных смесях обеспечивается при любом открытии дроссельной заслонки. При этом обеспечивается высокая экономичность и малая токсичность на всех режимах. Однако, двигатель при полном открытии дроссельной заслонки развивает крутящий момент меньше номинального (примерно на 35 %).

При работе двигателя на стенде на бензине с добавками водорода с опытным карбюратором-смесителем получено увеличение КПД двигателя на 10 %. Концентрация окиси углерода в выпускных газах не превышает 0,1 %, углеводородов — менее 100 ч.н.м.

Исследования автомобиля ЗИЛ-130, работающего на бензине с добавками водорода, с опытным карбюратором-смесителем на беговых барабанах показывают значительное снижение токсичности выпускных газов. Получено снижение токсичности, по сравнению с бензиновым вариантом: по окислам углерода — в 6 + 10 раз; по окислам азота NO и NO_2 — в 5 + 8 раз. По углеводородам улучшение незначительно. При испытаниях по городскому ездовому циклу получено повышение КПД на 5,2 %.

Пятая глава. Проведен экономический расчет использования водорода в качестве добавки к бензину. Отмечено, что без учета социально-экономического эффекта экономический эффект от использования добавок водорода, при современном уровне цен на водород и бензин, получить не удается.

Социально-экономический эффект от снижения ущерба за счет токсичных выбросов считали по методикам, предложенным Мамовым Р.В., Дупачевым П.Д., Жегалным О.И. Экономический эффект получен при использовании несжатого водорода металлгидридный способ хранения и, с учетом социально-экономического эффекта, составил 102 рубля на один автомобиль в год.

ВЫВОДЫ.

1. С учетом сравнительно высокой стоимости водорода и трудностью размещения достаточных его запасов на борту автомобиля в настоящее время целесообразно применять для грузовых автомобилей минимальные добавки водорода к бензину, обеспечивающие повышение КПД и снижение токсичности выпускных газов двигателя.

2. Экономичный состав смеси, определяемый по регулировочной характеристике, зависит от способа снятия и обработки регулировочной характеристики. Различие экономичных составов смеси, в зависимости от способа, достигает 10 %. Оптимальным следует считать состав смеси, определенный как экстремум регулировочной характеристики, снятой при постоянном крутящем моменте, или полученный путем построения огибающей к серии регулировочных характеристик, снятых при постоянном положении дроссельной заслонки.

3. Для определения оптимальных по экономичности составов предлагается использовать способ анализа регрессионных моделей зависимости КПД от состава двухтопливной смеси и параметров режима работы ДВС. Совместно с использованием планирования экспериментов такой метод позволяет сократить объемы экспериментальных работ по определению оптимальных составов двухтопливных смесей в 2 + 4 раза.

4. В работе предложен критерий ξ_c для оценки эффективности использования двухтопливных смесей, с учетом их разной стоимости. С помощью этого критерия найдены оптимальные по стоимости составы бензоводородовоздушных смесей двигателя типа ЗИЛ-130 для различных соотношений стоимости бензина и водорода. Рекомендуется использовать коэффициенты избытка воздуха: для водорода - от 7 до 10,5; для бензина - от 1,35 до 1,7, в зависимости от цен.

5. Разработанная система питания карбюратор-смеситель, система управления им обеспечивает близкие к оптимальным составы бензоводородовоздушной смеси в широком диапазоне скоростных и нагрузочных режимов работы двигателя, обеспечивает повышение КПД двигателя на стенде до 12 %, улучшение экономичности автомобиля при испытаниях по городскому ездовому циклу до 6 %, снижение уровня токсичности по CO - до 0,04 + 0,08 %, по CH - до 40 + 120 млн⁻¹, по NO - до 90 + 570 млн⁻¹, по NO_x - до 110 + 590 млн⁻¹.

Результаты исследований отражены в следующих работах:

1. Гумеров И.Ф. и др. Дозирование бензина и водорода в опитном двигателе типа ЗИЛ -130, использующего бензоводородовоздушные смеси / И.Ф.Гумеров, В.В.Гусаров, А.И.Жданов и др.; Завод-втуз при Моск. автомоб. з-де - М., 1984.-9с. - Деп. в НИИНавтопроме 10.09.84, №1172ап-85Деп.

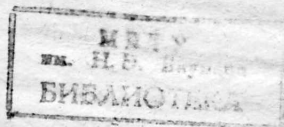
2. Гусаров В.В., Гумеров И.Ф., Жариков В.В. Об экспериментальной оценке экономичных составов топливовоздушных смесей двигателей внутреннего сгорания с внешним смесеобразованием /Завод-втуз при Моск. автомоб. з-де - М., 1985.-8с. - Деп. в НИИНавтопроме 5.04.85, №1172ап-85Деп.

3. Гусаров В.В., Гумеров И.Ф. Оценка эффективности добавок водорода к бензину с учетом их стоимости для поршневых двигателей / Завод-втуз при Моск. автомоб. з-де - М., 1985.-7с. - Деп. в НИИНавтопроме 5.04.85, №1173ап-85Деп.

4. Гусаров В.В., Гумеров И.Ф. Оценка оптимальных составов многокомпонентных топливных смесей // Автомобильная промышленность. - 1985.- №10 - С.5-6.

5. Гусаров В.В., Гумеров И.Ф. Определение количеств бензина и водорода в экономичных составах бензоводородовоздушных смесей поршневых двигателей // Известия ВУЗов. Машиностроение.- 1985. - № 8 - С.41-44.

Гумеров



Гумеров Ирек Флорович

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМИЧНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ДОБАВОК ВОДОРОДА К БЕНЗИНУ

А в т о р е ф е р а т

Подписано к печати 23.01.87 Формат 60х90 1/16. Объем 1,2 п.л.
Бумага № 1. Заказ № 142 Л-44556 Тираж 100

Ротапринт Завода-вуза при ЗИЛе, 109068 Москва, Автозаводская, 16