

*В. Ву*

БАРАНОВ Виталий Грьевич

УЛУЧШЕНИЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ  
КАРБОРАТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ РЕГЕНЕ-  
РАЦИИ ТЕПЛОТЫ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ

05.04.02 - Тепловые двигатели

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Харьков - 1993

621.4

Робота виписана в Луганське  
Научний керівник -



00388122 (0)

- Научний консультант - кандидат фізико-математических наук,  
доцент Таратуска В.А.
- Оби.нальные оппоненты - доктор техніческих наук,  
профессор Дьяченко В.Г.  
- кандидат техніческих наук,  
профессор Михайлов И.Д.
- Ведущее предприятие - Головное спеціалізоване  
конструкторське бюро по дви-  
гателям середньої потужності

Захита диссертации состоится "28" сентябре 1993 г  
в 13<sup>30</sup> часов на заседании спеціалізованого совета К ІІ4.04.01  
при Харьковском институте инженеров железнодорожного транспорта  
по адресу: ЗІС050, г. Харьков, площадь Фейербаха, 7.

С диссертацией можно ознакомяться в библиотеке Харьковского  
института инженеров железнодорожного транспорта.

Автореферат разослан "16" сентября 1993 г.

Ученый секретарь  
спеціалізованого совета  
К ІІ4.04.01,  
кандидат технических наук

В.И. ПЕЛЕСИЧЕНКО

### ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** В большинстве прогнозов, посвященных развитию энергетики и транспортных средств, отмечается, что поршневые двигатели внутреннего сгорания и в будущем сохраняют ведущую роль на транспорте.

В связи с быстрым развитием автомобильного транспорта потребление традиционных нефтяных топлив возрастает. Поэтому, с целью обеспечения в будущем достаточного количества энергетических ресурсов, необходимо создание более совершенных силовых установок для использования топлив нефтяного происхождения, в частности спиртов и водорода. Применение водорода в качестве моторного топлива сдерживается недостатками существующих систем хранения и высокой стоимостью его производства.

Одним из способов получения водородсодержащего газового топлива на борту автомобиля является конверсия метанола, применяемого в качестве жидкого гидрида. Анализ различных систем хранения водорода показал, что по своим массогабаритным характеристикам система конверсии метанола на порядок превосходит лучшую из систем хранения водорода /на основе энергоаккумулирующих веществ/. Кроме того, использование для конверсии метанола теплоты отработавших газов /ОГ/ позволяет осуществить термохимическую регенерацию /ТХР/ их тепла в цикл. При этом тепло ОГ путем изменения вида топлива превращается в химическую энергию продуктов конверсии метанола /ПКМ/, что обеспечивает увеличение их нижней теплоты сгорания, в сравнении с исходным топливом, на 20% и способствует повышению КПД транспортной установки в целом.

Однако использование ПКМ в качестве топлива для ДВС сдерживается рядом проблем, в первую очередь, таких как: необходимость обеспечения эффективного подвода тепла ОГ в зону реакции; разработка активного, износоустойчивого, низкотемпературного катализатора и др. Решение этих проблем, находящихся на стыке наук, позволит ускорить использование метанола в качестве жидкого носителя водорода. Данная работа является частью комплексных исследований по применению метанола в качестве перспективного топлива.

**Цель работы.** Повышение эффективности использования водородсодержащего газового топлива для двигателей с искровым зажиганием путем разработки теплообменных аппаратов и совершенствования систем ТХР теплоты ОГ двигателя, обеспечивающих более высокие технико-экономические и экологические показатели. В работе постав-

лены и решаются следующие задачи:

1. Разработка методики расчета рабочего процесса карбюраторного двигателя с ТХР теплоты ОГ.
2. Разработка методики расчета тепловой схемы силового устройства автомобиля с системой ТХР теплоты ОГ.
3. Разработка и экспериментальное исследование устройств для получения водородсодержащего газового топлива из метанола.
4. Испытания в стендовых условиях катализатора конверсии метанола на основе интерметаллических соединений /ИМС/.
5. Определение оптимальной по экономичности присадки продуктов конверсии метанола к основному топливу.

Методы исследований. Решение поставленных задач достигалось анализом предшествующих работ, выполнением теоретических исследований с применением ЭВМ, проведением экспериментальных исследований на моторном стенде с двигателем ЗМЗ-24Д.

Научная новизна. Разработана методика расчета рабочего процесса двигателя с принудительным зажиганием и системой ТХР теплоты ОГ. Получено уравнение для определения степени регенерации теплоты ОГ в цикле ДВС в зависимости от температуры смеси на впуске и степени повышения давления. Оценено влияние на степень регенерации рабочей температуры катализатора, состава смеси и степени сжатия. Определена зависимость индикаторного КПД двигателя от параметров системы ТХР теплоты ОГ и нижней теплоты сгорания исходного топлива. Установлено, что количество тепла, возвращаемого в цикл путем ТХР, зависит от температурного уровня ОГ, свойств исходного топлива. Разработана методика расчета автомобильной системы ТХР теплоты ОГ. На основании расчетных исследований получены полиномиальные зависимости степени конверсии метанола и выхода целевого продукта / $H_2$ / от тех факторов: расхода метанола через реактор, температуры ОГ и площади теплообмена реактора, которые могут быть использованы при проектировании новых систем ТХР.

Выполнены стендовые испытания нового катализатора конверсии метанола с применением ИМС редкоземельных элементов с переходными металлами /на основе  $LaNi_5$ /. Разработаны методики отбора проб ПКМ, термометрирования и проведения гидравлических испытаний реактора конверсии.

Определены экспериментальным путем величины оптимальных доз добавок ГМ к бензину.

Практическая ценность. Разработана методика теплового расчета цикла карбюраторного двигателя с термохимической регенерацией теплоты отработавших газов.

Разработанные конструкции реакторов конверсии метанола, в том числе защищенные патентом, являются основой для создания экономичных, малотоксичных установок с ТХР теплоты ОГ.

Апробированная методика расчета тепловой схемы силовой установки автомобиля РАФ и ЗАЗ с термохимической регенерацией теплоты ОГ на ПЭВМ может быть использована при разработке систем конверсии к другим автомобилям, что позволит сократить объем работ.

Внедрение результатов. Материалы диссертации используются при выполнении трех научно-исследовательских работ ЛМСИ. Результаты исследований применяются в учебном процессе кафедр ДВС и инженерной экологии Луганского машиностроительного института. В ИПМаш АН Украины внедрена опытная установка системы конверсии метанола для проведения стендовых испытаний новых катализаторов конверсии метанола.

Апробация работы. Основные результаты диссертации докладывались на научно-технической конференции "Повышение эффективности использования топлива в энергетике, промышленности и на транспорте", г. Киев, 1989 г; Всесоюзной научно-технической конференции "Научно-технический прогресс в химотологии топлив и смазочных материалов", г. Днепропетровск, 1990 г; научно-технической конференции "Водород и экология автомобильного транспорта", г. Москва, 1991 г; на II Всесоюзной научно-технической конференции "Развитие теоретических основ химотологии", г. Днепропетровск, 1992г; на научно-технических конференциях ЛМСИ, г. Луганск, 1990, 1992 гг.

Публикации. По результатам работы опубликовано 12 печатных работ, в том числе получено 2 положительных решения на выдачу патентов.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на страницах машинописного текста и состоит из введения, четырех глав, выводов, списка используемых источников /ГОИ наименование/ и приложения. Работа содержит 18 таблиц и 31 рисунок.

#### СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации как одного из направлений, связанных с решением энергоэкологических задач автотранспорта.

В первой главе рассмотрены вопросы применения в двигателях с электрическим зажиганием систем конверсии жидкого топлива в водородсодержащий газ. Выполнен анализ отечественных и зарубежных работ по сравнению различных видов жидкого топлива, который показал,

что наиболее вероятным для применения в условиях двигателя является метанол, диссоциирующий при температуре 500-620 К. Несмотря на интенсивные исследования, развернувшиеся с 70-х годов по использованию метанола в качестве топлива для ДВС, количество работ по конверсии его в водородсодержащий газ и разработке устройств для ее осуществления на двигателе незначительно. До сих пор не изучены особенности рабочего процесса ДВС при работе на ПКМ, или с их присадкой к основному топливу.

Не решены вопросы разработки методик расчета рабочего процесса двигателей с ТХР теплоты ОГ, расчета тепловой схемы силового установочного автомобиля с системой ТХР теплоты ОГ, разработки высокоэффективных реакторов и катализаторов конверсии метанола.

Во второй главе изложены методики и результаты теоретических исследований, включающие: расчет рабочего процесса карбюраторного двигателя с ТХР теплоты ОГ; тепловой расчет силовой установочного автомобиля с системой ТХР теплоты ОГ; расчет оптимальной производительности реактора конверсии метанола при движении автомобиля по Европейскому ездовому циклу.

Разработанная методика расчета рабочего процесса карбюраторного двигателя с ТХР теплоты ОГ позволяет определить параметры работы двигателя с учетом степени регенерации тепла ОГ и теплофизических свойств исходного топлива. С целью анализа эффективности рабочего процесса двигателя с ТХР теплоты ОГ выполнен расчет рабочего процесса с учетом регенерации и, для сравнения, без нее при работе двигателя на топливе, моделирующем различный состав ПКМ. При расчете использован новый подход в определении свойств рабочего тела при работе на газожидкостном топливе /при частичной конверсии/.

Цикл двигателя внутреннего сгорания с ТХР представляет собой регенеративный термодинамический цикл, в котором тепло ОГ путем изменения вида топлива превращается в химическую энергию продуктов конверсии.

Степень регенерации теплоты ОГ в цикле находится в прямой зависимости от рабочей температуры катализатора и теоретически может достигать 60%. Однако в действительности регенерируется только часть тепла, необходимая для химического преобразования исходного топлива в ПКМ, зависящая от свойств исходного топлива.

Для учета регенерации тепла ОГ и конверсии метанола в дей-

отвительном цикле была получена формула индикаторного КПД:

$$\eta_{i \text{ конв}} = \eta_i \frac{1}{1 - \frac{\Delta H_u}{Q_2} \alpha_k}$$

где  $\eta_i$  - индикаторный КПД двигателя, работающего на топливе, моделирующем продукты конверсии метанола /без ТХР/;

$\Delta H_u$  - увеличение нижней теплоты сгорания ПМ по сравнению с исходным топливом;

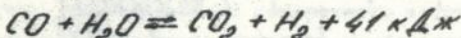
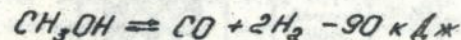
$Q_2$  - теплота, отведенная в цикле с ОГ;

$\alpha_k$  - степень конверсии метанола.

По результатам расчета для карбюраторного двигателя с  $\epsilon = 12$  получены полиномиальные зависимости индикаторных показателей от степени конверсии и состава смеси. Расчеты показали, что конверсия парообразного метанола приводит к росту индикаторного КПД /до 12% при полной конверсии/. Увеличение индикаторного КПД двигателя с ТХР теплоты ОГ зависит от роста нижней теплоты сгорания ПМ по отношению к исходному топливу и степени конверсии.

Методика расчета автомобильной системы конверсии метанола базируется на математической модели материально-теплового баланса системы "двигатель - реактор". При этом использовался разработанный в НИИХимтехнологии /г. Северодонецк/ пакет программы САТРАПС /система автоматизированных технологических расчетов аппаратов, потоков и схем/.

Система конверсии /рис. 1/ включала испаритель, перегреватель и колухотрубный реактор конверсии метанола. При разложении водного раствора метанола в каталитическом реакторе процесс протекает по двум реакциям:



Расчетная модель реактора конверсии метанола описывалась уравнениями материального баланса, констант равновесия и теплового баланса:

$$\alpha_5 (P_{\text{CH}_3\text{OH}} + P_{\text{H}_2\text{O}} + P_{\text{CO}} + 2P_{\text{CO}_2}) = P_{\text{CH}_3\text{OH}} + P_{\text{CO}} + P_{\text{CO}_2},$$

$$\beta_5 (4P_{\text{CH}_3\text{OH}} + 2P_{\text{H}_2\text{O}} + 2P_{\text{H}_2}) = P_{\text{CH}_3\text{OH}} + P_{\text{CO}} + P_{\text{CO}_2},$$

$$\alpha_s = \frac{S_c}{S_0}, \quad \beta_s = \frac{S_c}{S_H},$$

$$P = P_{CO} + P_{CO_2} + P_{H_2} + P_{H_2O} + P_{CH_3OH},$$

$$K_{p1} = \frac{P_{CO} \cdot P_{H_2}^2}{P_{CH_3OH}},$$

$$K_{p2} = \frac{P_{CO_2} \cdot P_{H_2}}{P_{CO} \cdot P_{H_2O}},$$

$$H - H_0 = \alpha_1 F (T - T_x)$$

где  $\alpha_s, \beta_s$  - коэффициенты, учитывающие соотношение числа атомов;

$S_i$  - количество атомов соответствующих элементов С, Н, О;

$P_i$  - парциальные давления  $i$ -го компонента в смеси;

$H, H_0$  - значения энтальпии системы на выходе и на входе;

$F$  - площадь теплообмена реактора;

$T$  - температура греющего теплоносителя;

$T_x$  - температура стенки катализаторной трубки;

$\alpha_1$  - коэффициент теплоотдачи от ОГ к стенкам катализаторных трубок.

Расчетная схема системы конверсии метанола

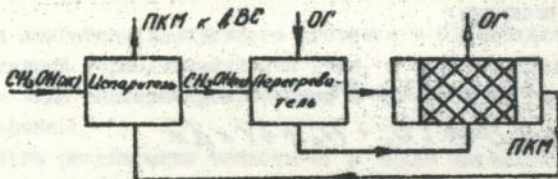


Рис. I.

Система нелинейных уравнений была преобразована в систему линейных уравнений, используя метод Ньютона. Решение системы уравнений осуществлялось методом Гаусса. При расчетах исследовалось влияние на состав ПКМ трех факторов: расхода метанола, температуры ОГ и количества воды в исходном топливе.

Выполненный числовой эксперимент на ЭВМ, с применением ортогонального плана, позволил получить уравнения для определения степени конверсии и содержания водорода в виде полиномов 2-го порядка в функции от вышеперечисленных факторов. Погрешность определения степени конверсии и концентрации водорода по аппроксимирующим зависимостям не превышает 1%, в сравнении с расчетом.

Анализ полученных результатов показал, что наличие в метаноле до 10% об. воды способствует более полной конверсии исходного топлива за счет протекания экзотермической реакции конверсии  $\text{CO}$  водяным паром. На выход водорода наличие воды оказывает меньшее влияние, более значительным фактором является температура греющего теплоносителя /ОГ/. Недостаток тепла ОГ для протекания реакции конверсии метанола может быть компенсирован увеличением присадки воды к метанолу, что даст возможность повысить степень конверсии, однако низшая теплота сгорания продуктов конверсии водного раствора метанола будет меньше.

На основании вышеприведенной модели была разработана методика определения производительности реактора конверсии метанола по максимуму выхода водорода и его габаритных характеристик для малолитражных автомобилей.

Путем варьирования площади теплообмена, расходов метанола и ОГ был определен оптимальный расход метанола по максимуму степени конверсии, который целесообразно пропускать через реактор с габаритами, приемлемыми для размещения на существующих автомобилях. Расчеты, выполненные по этой методике для автомобиля ЗАЗ-1102, показали, что целесообразна частичная конверсия метанола.

Известно, что применение испаренного метанола повышает эффективность рабочего процесса двигателя приблизительно на 8%. Поэтому более рациональна система конверсии, в которой через испаритель проходит все топливо, а в реактор подается только такое его количество, которое прореагирует с наибольшей степенью конверсии в водородсодержащий газ при данном режиме работы двигателя. Таким образом создаются оптимальные условия для работы реактора по максимуму степени конверсии.

В третьей главе приведены результаты экспериментального исследования рабочего процесса автомобильного карбюраторного двигателя при работе на бензине с присадкой синтез-газа, моделирующего ПКС  $/\text{H}_2: \text{CO} = 2 : 1/$ .

Известны исследования двигателей с принудительным зажиганием, работающих на бензоводородной смеси, выполненные в НАМИ и в ИПМаш АН Украины. В НАМИ были проведены такие испытания при работе двигателя на чистом синтез-газе, состоящем из водорода и оксида углерода.

Целью испытаний была оптимизация регулировочных параметров двигателя /по топливной экономичности/ при работе на бензовоздушных смесях с присадкой синтез-газа для разработки системы питания двигателя при работе на ПКС.

Ориентация на работу двигателя на бензине с присадкой синтез-газа объясняется невозможностью в настоящее время практического обеспечения полной конверсии метанола на частичных режимах работы двигателя и недостаточным объемом производства метанола.

Влияние присадки синтез-газа к бензо-воздушной смеси на экономичность двигателя оценивалось путем снятия регулировочных характеристик по составу смеси. На каждой характеристике угол опережения зажигания оптимизировался по максимуму крутящего момента.

Решение исследований малые нагрузки объясняется тем, что режимы малых и средних нагрузок определяют среднее эксплуатационную топливную экономичность автомобиля в условиях городского движения. Кроме того, критические условия по температурному режиму для автомобильного реактора конверсии метанола создаются именно на этих режимах.

Анализ регулировочных характеристик двигателя и построенных по ним зависимостей /рис. 2/ показывает, что наибольшее относительное влияние на рабочий процесс оказывает сравнительно небольшая присадка синтез-газа - 0,25...0,3 мас. доли в суммарном топливе. Это объясняется: уменьшением угла опережения зажигания и энергии, требуемой для искрового воспламенения; увеличением температуры и давления в момент искробразования; гомогенизацией горючей смеси.

Исследование включало также снятие нагрузочной характеристики в области  $Ne < 0,25 / Ne_{ном} /$  на различных уровнях присадки синтез-газа /рис. 3/ и характеристик холостого хода при работе на синтез-газе.

Влияние присадки ПЖМ на показатели двигателя

Нагрузочная характеристика двигателя  $n = 1600 \text{ мин}^{-1}$

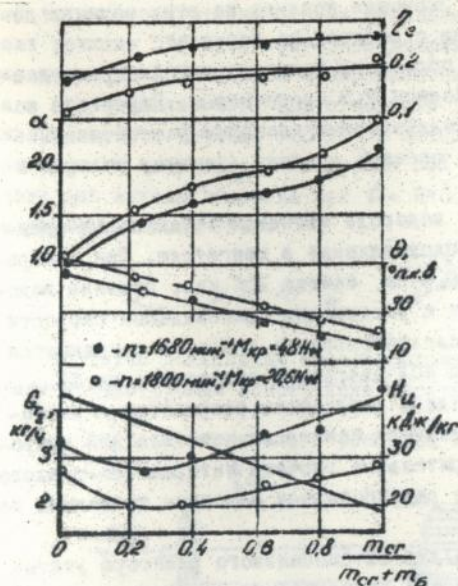


Рис. 2

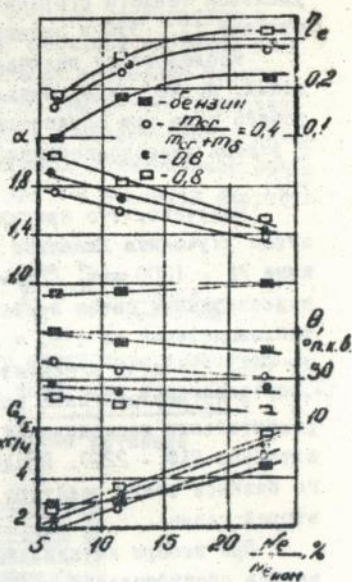


Рис. 3

Анализ нагрузочной характеристики двигателя свидетельствует о том, что в случае использования синтез-газа в качестве топлива оптимальным по эффективному КПД является "смешанное" регулирование мощности двигателя, обусловленное как уменьшением количества горючей смеси /количественное регулирование/, так и изменением соотношения "воздух - топливо" /качественное регулирование/.

Совместный анализ рис. 2 и 3 показывает, что наиболее эффективны незначительные присадки синтез-газа /в пределах 0,25.. 0,3 мас. долей от суммарного топлива/ в интервале нагрузок, составля-

вших менее 15% от *N<sub>нмн</sub>*. В этом случае увеличение эффективного КПД, связанное в основном с улучшением стабильности сгорания и уменьшением потерь на наполнение, столь значительно, что общий весовой расход топлива снижается, несмотря на уменьшение его удельной теплоты сгорания. Экономия топлива на этих режимах достигает 17...35% в сравнении с работой на бензине.

Исследования включали обработку индикаторных диаграмм давления, по методике, предложенной Н.В.Иноземцевым. Параметры рабочего тела при обработке индикаторных диаграмм рассчитывались с учетом многокомпонентного состава топлива /бензин, водород и CO/.

Получено, что присадка водорода является эффективным средством улучшения динамики тепловыделения в двигателе. Так, на режиме  $n = 1000$  мин<sup>-1</sup>,  $M_{кр} = 20,6$  Нм, замена 25% мас. бензина водородсодержащим газом приводит к уменьшению максимальной скорости тепловыделения на 17%, а продолжительность сгорания сокращается на 10%. При этом эффективный КПД двигателя возрастает на 5%.

В четвертой главе приведены результаты разработки и экспериментальных исследований реактора конверсии метанола для микроавтobуса РАФ - 2203. Предварительные расчеты материально-теплого баланса этого реактора по разработанной методике приведены во второй главе.

При выборе катализатора для автомобильного реактора учитывались специфические условия его эксплуатации на транспортной установке /вибрация, неустановившийся режим работы/. Катализатор должен обладать достаточной активностью при низких температурах ОГ в момент запуска двигателя, малым временем прогрева, высокой /до 4000 ч<sup>1</sup>/ объемной скоростью по парам метанола, обеспечивать селективность процесса по водороду без образования побочных продуктов и сажи на поверхности катализатора, однородный состав газа в широком интервале температур, иметь высокую удельную активность, не быть чувствительным к окислению.

В стандартных условиях испытывался катализатор конверсии метанола на основе интерметаллических соединений /ИМС/ редкоземельных элементов с переходными металлами /LaNi<sub>5</sub>/, разработанный ИОХ РАН.

Интерметаллические соединения редкоземельных элементов быстро и обратимо поглощают большие количества водорода. Быстрое

установление равновесия в процессе абсорбции-десорбции способствует тому, что на поверхности ИМС присутствует активный атомарный водород, что обуславливает высокую каталитическую активность ИМС и их гидридов в реакциях, протекающих с участием водорода.

Испытания катализатора на разложение метанола в лабораторной установке проточного типа показали, что при температуре в зоне реакции 550 К, атмосферном давлении, объемной скорости паров метанола 1000...2500 ч<sup>-1</sup> наблюдается полная конверсия метанола с образованием СО и Н<sub>2</sub> в отношении 1 : 2. При работе в указанных условиях в течение 300 часов активность и селективность катализатора не изменились. По данным ИОХ получено кинетическое уравнение для выхода водорода при  $t = 240...320^{\circ}\text{C}$  и объемной скорости по парам метанола 962 ч<sup>-1</sup>:

$$r_{\text{H}_2} = 2,12 \cdot 10^{-3} e^{-\frac{39593}{RT}} [\text{CH}_3\text{OH}]^{1,4}, \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{СЕК} \cdot \text{Г КГТ}}$$

С учетом применения гранулированного катализатора была выбрана кожухотрубная конструкция реактора конверсии метанола /рис.4/.

Схема автомобильного реактора конверсии метанола

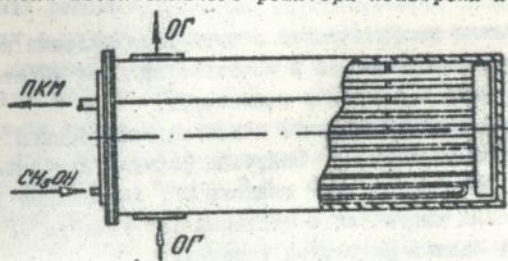


Рис. 4

Теплофизические испытания реактора конверсии метанола производились в стендовых условиях на двигателе ЗМЗ-24Д при работе на бензине. Двигатель использовался в качестве источника греющего теплоносителя /ОГ/, ПКМ через газсачализатор выпускались в атмосферу. Исследование процесса конверсии метанола в опытном реакторе на стенде с двигателем проводилось с целью изучения влияния на процесс различных факторов /расхода метанола и температуры ОГ/.

Анализ газовой /СО, СО<sub>2</sub>, Н<sub>2</sub>, СН<sub>4</sub>, СН<sub>3</sub>ОН, диметиловый эфир/

и жидкой  $H_2O$ ,  $CH_3OH$ / фаз продуктов конверсии выполнялся на хроматографе "Газохром-3101" и ЛХМ-8МД соответственно.

Конверсия метанола осуществлялась при варьировании температуры катализаторного слоя в пределах 500...530 К на различных режимах работы двигателя, при объемной скорости по парам метанола  $1140...4000 \text{ ч}^{-1}$ . При этом состав ПКМ /% об./:  $H_2$  - 65...50,  $CO$  - 41...30,  $CO_2$  - 0,4...11,  $CH_4$  - до 1,5,  $CH_3OH$  - до 7,  $H_2O$  - до 0,4. Это соответствует степени конверсии 92%, что согласуется с результатами лабораторных испытаний катализатора.

По данным хроматографического анализа, в ПКМ не обнаружены метилформиат и диметиловый эфир. Вода в ПКМ содержится в меньшем количестве, чем в исходном метаноле /до 2,5% мас./, что указывает на протекание экзотермической реакции конверсии  $CO$  водяным паром с выделением  $CO_2$ .

Вместе с тем, испытания показали, что данный катализатор обладает недостаточной износоустойчивостью в стендовых условиях /вибрация, пульсирующие тепловые потоки, неустановившийся режим работы/ и вызывает засорение ПКМ катализаторной пылью. Это говорит о необходимости применения блочных носителей катализаторов.

#### ВЫВОДЫ

1. Выполнен комплекс теоретических и экспериментальных исследований по использованию метанола в качестве жидкого носителя водорода для двигателей с искровым зажиганием.

2. Выполнен анализ действительного цикла карбюраторного двигателя с системой ТХР теплоты ОГ. Получены формулы для анализа параметров цикла двигателя с ТХР теплоты ОГ. Наибольшее увеличение индикаторного КПД двигателя с системой ТХР теплоты ОГ - 12%, что соответствует полной конверсии метанола.

3. Разработана методика расчета тепловой схемы автомобильной силовой установки с системой ТХР теплоты ОГ. Получены зависимости степени конверсии метанола и выхода водорода от расхода метанола через реактор, температуры ОГ и площади теплообмена кожухотрубного реактора.

4. Проведено исследование рабочего процесса двигателя на бензине с присадкой синтез-газа, моделирующей ПКМ. Получено, что оптимальная по массовому расходу топлива присадка синтез-газа составляет 0,25...0,3 массовой доли в суммарной топливе при работе

двигателя на частичных нагрузках. Экономия смесового топлива /по массе/ при работе двигателя на малых нагрузках составляет 17...35% в сравнении с бензином.

5. Разработаны конструкции автомобильных реакторов конверсии метанола, в т.ч. защищенные патентом.

6. Выполнены экспериментально-теоретические исследования работы реактора конверсии метанола для микроавтобуса P.A. В стендовых условиях проведены испытания катализатора на основе ИМС-соединений. Определены массо-габаритные показатели реакторов для существующих катализаторов в зависимости от степени конверсии.

7. В ИПМаш АН Украины внедрена опытная установка для стендовых испытаний катализаторов конверсии метанола.

8. Дальнейшие работы по внедрению предлагаемой системы конверсии метанола должны быть направлены на снижение массо-габаритных показателей реактора конверсии, разработку высокоэффективных дешевых катализаторов, обеспечение холодного запуска ДВС.

Основные положения диссертации отражены в работах:

1. Звонов В.А., Балакин В.К., Черных В.И., Баранов В.О. Исследования рабочего процесса автомобильного двигателя при использовании в качестве топлива продуктов газификации метанола // Материалы семинара: Пути снижения загрязнения воздушного бассейна выбросами ДВС, Москва, 1987 г, ВДНХ СССР/Фил. н.-и. конструкт.-технол. ин-та тракт. и комбайновых двигателей.М., 1988, 237-245с. /Рукопись деп. в ЦНИИТЭИ тракторосельхозмаше 22.08.88, 1036-тс88/.

2. Звонов В.А., Черных В.И., Баранов В.Е. Анализ цикла двигателя с термохимической регенерацией теплоты отработавших газов // Научно-технический прогресс в химотологии топлив и смазочных материалов: Тез. докл. Всесоюз. научно-техн. конф. - Днепрпетровский, 1990, с. 33.

3. Звонов В.А., Черных В.И., Баранов В.О. Анализ цикла двигателя с термохимической регенерацией теплоты отработавших газов /ЛМСИ.-Луганск, 1990.-20с.- Деп. в УкрНИИТИ 10.09.90, №1585-Ук90.

4. Звонов В.А., Черных В.И., Баранов В.О., Прилуцкий А.Е. Моделирование работы автомобильной системы термохимической регенерации теплоты отработавших газов/ЛМСИ.- Луганск, 1991.- 28 с. - Деп. в УкрНИИТИ 20.08.91, № 1219- Ук91

Ав 27.980

5. Патент I77763I СССР, пуск двигателя внутреннего сгорания // Звонов В.А., Гречка Е.А., Бондаренко В.И., Сытник А.М. / зарегистрировано в Государственном реестре изобретения СССР 22.07.92.

6. Звонов В.А., Черных В.И., Баранов В.В., Ушакова Н.Н. Химмотологические свойства продуктов конверсии метанола / ЛМСИ.- Луганск, 1992.- 15 с.- Деп. в УкрНИНТИ 13.01.92, 26- Ук92.

7. Звонов В.А., Черных В.И., Баранов В.В., Муза И.А., Ушакова Н.Н. Обоснование параметров системы конверсии метанола для малолитражного автомобиля / ЛМСИ.- Луганск, 1992.- 13 с.- Деп. в УкрНТЭИ 06.04.92, 427-Ук92.

8. Звонов В.А., Черных В.И., Баранов В.В., Муза И.А., Ушакова Н.Н. Анализ эффективности рабочего процесса двигателя с термохимической регенерацией теплоты отработавших газов / ЛМСИ.- Луганск, 1992.- 7 с.- Деп. в УкрНТЭИ 28.04.92, 509- Ук92.

9. Звонов В.А., Черных В.И., Баранов В.В. Получение водородсодержащего газового топлива конверсией метанола // Развитие теоретических основ химмотологии: Тез. докл. Всесоюз. научно-техн. конф.- Днепрпетровск, 1992, с. 7-8.

10. Звонов В.А., Черных В.И., Баранов В.В. Химмотологические свойства продуктов конверсии метанола // Развитие теоретических основ химмотологии: Тез. докл. Всесоюз. научно-техн. конф.- Днепрпетровск, 1992, с. 15-16.

11. Звонов В.А., Черных В.И., Баранов В.В. Ретроспективный обзор результатов исследований автомобильных систем конверсии метанола / ЛМСИ.- Луганск, 1992.- 32 с.- Деп. в УкрНТЭИ 26.06.92, 937- Ук92.

12. Заявка № 50094 I0/06 /0652229/, F 02 M 25/12. Автомобильный реактор конверсии метанола с регенерацией теплоты отработавших газов двигателя // Звонов В.А., Черных В.И., Баранов В.В., Гречка Е.А., Владимиров Ю.В., Ушакова Н.Н. / положительное решение на выдачу патента от 23.07.92.

Подписано к печати

г. Формат 60x84 1/16, п.л. 1,0

Тираж 100 экз. Заказ №390.

Ротапринт ЛМСИ, г. Луганск, кв. Молодежная, д. 20-я

281803