

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ
ВОСТОЧНОУКРАИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

**На правах рукописи
УДК 621.436.068**

КОЗЛОВ Андрей Викторович

**УЛУЧШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ДИЗЕЛЯ ПОДАЧЕЙ ИСПАРЕННОГО МЕТАНОЛА
НА ВПУСК**

05.22.12 - Промышленный транспорт

05.26.05 - Инженерная экология

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Луганск 1996

06.10.07.07
536.082

AB 36, 297

Работа выполнена на кафедре экологии и безопасности жизнедеятельности
Восточноукраинского государственного университета **ЛННБ України ім.В.Стефаніка**



00761081 (N)

Научный руководитель

доктор технических наук
В.А. Звонко

Научный консультант

кандидат технических наук
Л.С. Заиграев

Официальные оппоненты

доктор технических наук, с.н.с.

А.С. Куценко

кандидат технических наук, с.н.с.

О.П. Дзецина

Ведущее предприятие

Производственное объединение
"Лугансктепловоз"

Защита состоится "6" марта 1997 г. в 12⁰⁰ на заседании специализированного ученого совета Д 18.02.02 при Восточноукраинском государственном университете по адресу:

348034, г. Луганск, кв. Молодежный, 20а, ВУГУ

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Восточноукраинского государственного университета

Автореферат разослан "28" 01 1997 г.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью, просьба высылать в адрес специализированного совета Д 18.02.02 университета по адресу:

348034, г. Луганск, кв. Молодежный, 20а, ВУГУ

Ученый секретарь
специализированного совета

доктор технических наук, профессор

В.А.Ульшин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ, АКТУАЛЬНОСТЬ И СТЕПЕНЬ ИССЛЕДОВАННОСТИ ТЕМАТИКИ

Дизельные двигатели находят широкое применение в промышленности и на транспорте. Сжигая нефтяное топливо, запасы которого постоянно уменьшаются, они выбрасывают в атмосферу большое количество вредных веществ.

Одним из путей экономии ресурсов дизельного топлива и снижения вредного воздействия отработавших газов на окружающую среду является применение в качестве топлива метилового спирта. Преимуществами метанола являются: наличие обширной сырьевой базы, отработанных технологий и производственных мощностей для его синтеза; удобство использования, так как метанол в нормальном состоянии - жидкость; одновременное снижение выбросов основных токсичных компонентов дизельного выхлопа - оксидов азота и твердых частиц.

Перевод парка дизельных двигателей на питание метанолом в ближайшем будущем невозможен, так как это требует существенного увеличения уровня производства метанола, развития сети заправочных станций, а также сложной доработки или замены существующих дизелей. В связи с этим в настоящее время целесообразна разработка способов и устройств для частичной замены дизельного топлива метанолом при сохранении возможности работы двигателя на дизельном топливе.

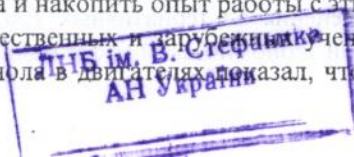
Существует несколько способов частичной замены дизельного топлива метанолом. Основные из них:

- использование эмульсии метанола в дизельном топливе;
- использование продуктов каталитического разложения метанола;
- подача испаренного метанола на впуск дизеля.

Сравнительная оценка приведенных выше способов по критерию комплексной экономической эффективности, учитывающему затраты на топливо и экономический ущерб от выброса вредных веществ в атмосферу при использовании того или иного способа, показала, что наиболее эффективным на ближайшую перспективу является подача испаренного метанола на впуск дизеля.

Применение систем питания дизелей испаренным метанолом, по литературным данным, позволило бы уменьшить потребление дизельного топлива на 30...40 %, существенно снизить выбросы оксидов азота и твердых частиц, а также создать инфраструктуру для производства и распределения метанола и накопить опыт работы с этим видом топлива.

Анализ работ отечественных и зарубежных ученых по использованию испаренного метанола в двигателях показал, что во-первых основ-



ная часть исследований проводилась на двигателях с искровым зажиганием, а работа дизелей с добавкой испаренного метанола исследована недостаточно, во-вторых необходима разработка компактной и надежной конструкции испарителя для систем питания дизеля метанолом.

Анализ конструкций устройств для испарения жидкостей показал, что наилучшими энергетическими показателями обладают испарители на основе пористых структур, однако в ходе патентного поиска не было найдено конструкций, способных работать в составе систем питания дизеля испаренным метанолом. Обзор теоретических исследований по теплообмену в пористых средах показал, что эти вопросы глубоко исследованы в тепловых трубах и системах пористого охлаждения и тепловой защиты. Модели и методики расчета пористых испарителей найдены не были.

ЦЕЛЬ И ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью настоящей работы является улучшение экологических показателей дизеля подачей испаренного метанола на впуск. Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

1. Разработка методики комплексной экологической и экономической оценки эффективности применения альтернативных топлив в ДВС.
2. Разработка математической модели испарителя, его конструкции и определение оптимальных параметров испарителя.
3. Исследования экологических и технико-экономических показателей дизеля при работе с системой питания испаренным метанолом, выбор закона регулирования подачи метанола.
4. Разработка схемы системы питания дизеля испаренным метанолом.
5. Разработка рекомендаций по проектированию систем питания транспортных дизелей испаренным метанолом.

ОБОСНОВАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ПРАКТИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ И ЕГО НАУЧНОЙ НОВИЗНЫ

Теоретическую ценность имеют математические модели процесса испарения метанола из пористых структур, процесса теплообмена при вынужденной конвекции теплоносителя в пористой структуре, а также модель и методика расчета пористого испарителя метанола.

Научную новизну составляют:

1. Методика комплексной экологической и экономической оценки эффективности применения альтернативных топлив в ДВС на основе критерия комплексной экономической эффективности.

2. Двумерная математическая модель пористого испарителя метанола, учитывающая особенности передачи теплоты от теплоотдающей к испарительной пористой структуре через разделительную теплопроводящую перегородку.

3. Экспериментальные данные по интенсивности теплообмена при испарении метанола из волоконных пористых структур и вынужденной конвекции воды в волоконной пористой структуре, выраженные в виде эмпирических зависимостей.

4. Экспериментальные данные о влиянии угла опережения впрыска топлива на экологические показатели дизеля и его КПД при добавке испаренного метанола на впуск.

Практическую ценность представляют:

1. Методика расчета относительной экономической эффективности применения альтернативных топлив в ДВС с учетом экологического ущерба от вредных выбросов с отработавшими газами.

2. Методика расчета пористого испарителя метанола; полученные на основе исследований рекомендации по выбору параметров пористых структур при проектировании испарителей.

3. Конструкция компактного модульного пористого испарителя метанола для дизельных двигателей.

4. Схемы систем питания дизелей испаренным метанолом со ступенчатой подачей и с микропроцессорным управлением.

5. Рекомендации по проектированию систем питания транспортных дизелей испаренным метанолом и выбору закона подачи метанола.

УРОВЕНЬ РЕАЛИЗАЦИИ, ВНЕДРЕНИЯ НАУЧНЫХ РАЗРАБОТОК

Исследования, выполненные в диссертации, являются частью Государственной научно-технической программы "Экономия топлива и рациональное использование топливо-смазочных материалов", утвержденной ГКНТ Украины 13.10.92 г.

Внедрены в практику проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в ИПМаш НАН Украины, ВУГУ: методика оценки эффективности применения различных методов снижения токсичности ДВС, а также методика и программа расчета пористого испарителя, конструкция пористого испарителя метанола. Научные результаты диссертации используются в учебном процессе ВУГУ при подготовке инженеров по специальности 7.090225 - локомотивостроение.

АПРОБАЦИЯ И ПУБЛИКАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ, СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертационной работы доложены на научно-технических конференциях в Восточноукраинском государственном университете (1993-1996 гг.) и на республиканском семинаре в Таврийской государственной агротехнической академии (1996 г.). Научная работа, представленная на региональный конкурс "Экология Донбасса", заняла III место (1994 г.).

Публикации. По результатам диссертационного исследования опубликовано 9 печатных работ.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованных литературных источников и приложения. Работа изложена на 130 страницах, содержит 12 таблиц, 71 рисунок и 103 литературных источника.

ЛИЧНЫЙ ВКЛАД В РАЗРАБОТКУ НАУЧНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ, ВЫНОСИМЫХ НА ЗАЩИТУ

Автором лично разработаны: методика комплексной экологической и экономической оценки эффективности применения альтернативных топлив в ДВС; двумерная математическая модель, методика и программное обеспечение для расчета пористого испарителя метанола; конструкция модульного пористого испарителя метанола для дизельных двигателей; схемы систем питания дизеля испаренным метанолом; рекомендации по проектированию систем питания транспортных дизелей испаренным метанолом и выбору закона подачи метанола, а также выполнены экспериментальные исследования теплообмена при испарении метанола из пористых структур и теплообмена при вынужденной конвекции теплоносителя в пористой структуре.

ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДОЛОГИИ, МЕТОДА ИССЛЕДОВАНИЯ ПРЕДМЕТА И ОБЪЕКТА

Предмет исследования - система питания дизеля испаренным метанолом.

Объект исследования - пористый испаритель метанола.

Методы исследования - теоретические и экспериментальные. Теоретические исследования проводились на математических моделях испарителя. Используемые в моделях значения коэффициентов теплоотдачи в процессах теплообмена определялись экспериментально. Исследования

техничко-экономических и экологических показателей дизеля с системой питания испаренным метанолом проводились на моторном стенде.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций работы подтверждена удовлетворительной сходимостью результатов теоретических и экспериментальных исследований (расхождения не превышали 5 %).

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы исследований и приведены основные положения работы.

В первой главе анализируется возможность улучшения экологических и экономических показателей дизельных двигателей путем использования альтернативных топлив. Сделан вывод о целесообразности применения метанола в качестве топлива для дизельных двигателей.

На основании обзора способов применения метанола в дизельных двигателях выделены способы частичной замены дизельного топлива:

- использование эмульсии метанола в дизельном топливе;
- использование продуктов каталитического разложения метанола;
- подача испаренного метанола на впуск дизеля,

и способы полной замены:

- искровое зажигание;
- двойной впрыск;
- присадки диметилового эфира;
- воспламенение от сжатия;
- воспламенение свечей накаливания

Сравнение способов производилось с использованием приведенных в литературе экспериментальных данных об их эффективности на основе разработанной методики комплексной экологической и экономической оценки применения альтернативных топлив в ДВС (см. гл. 5). Проведенный анализ позволил сделать вывод, что более эффективными являются способы полной замены дизельного топлива, однако их применение требует разработки новых метанольных двигателей, которые не могут работать на дизельном топливе. На ближайшую перспективу целесообразна разработка способов и устройств для частичной замены дизельного топлива метанолом при сохранении возможности работы двигателя на дизельном топливе. Наиболее эффективным из таких способов является подача испаренного метанола на впуск дизеля, применение которой путем оборудования дизелей дополнительной системой питания позволит уменьшить потребление дизельного топлива на 30...40 %, снизить вы-

бросы оксидов азота и твердых частиц, а также создать инфраструктуру для производства и распределения метанола и накопить опыт работы с этим видом топлива.

В конце главы, на основе проведенного анализа, сформулированы цель и задачи исследования.

Во второй главе приведен обзор конструкций устройств для питания двигателей испаренным топливом. Представлена классификация таких устройств на основе следующих признаков:

- тип (испаритель либо устройство для приготовления горючей смеси);

- способ испарения топлива (кипение в большом объеме, кипение в трубе, испарение с поверхности пленки, барботажное испарение, испарение из пористой структуры);

- источник теплоты для испарения топлива (отработавшие газы, охлаждающая жидкость, впускной воздух, электрический ток);

- способ регулирования расхода топлива (регулированием подачи жидкого топлива в испарительное устройство либо регулированием подачи пара в двигатель).

Приведены результаты патентного поиска и, согласно классификации, описаны конструкции различных типов испарительных устройств. На основе проведенного анализа определены следующие конструктивные особенности испарителя для системы питания: устройство должно выполнять только функцию испарителя, что упрощает его компоновку на двигателе; в качестве источника теплоты (теплоносителя) должна использоваться жидкость охлаждающая двигатель; парообразование должно осуществляться из пористой структуры, коэффициент теплоотдачи при испарении из которой в 2...3 раза выше, чем при кипении на технически гладкой поверхности, что позволит создать очень компактную конструкцию; регулирование подачи топлива должно производиться изменением расхода жидкого метанола. Кроме того в канале для прокачивания теплоносителя необходимо поместить пористую вставку. Это позволит увеличить интенсивность теплообмена в 5 и более раз. Таким образом пористый испаритель будет иметь габаритный объем на порядок меньший, чем аналогичный по производительности испаритель другого типа.

Приведена разработанная конструктивная схема пористого испарителя метанола. Испаритель (см. рис.1) состоит из испарительной 1 и теплоотдающей 2 пористых структур, закрытых крышками 4 и 5. Между испарительной и теплоотдающей пористыми структурами помещена

сплошная разделительная теплопроводящая перегородка 3. Жидкий метанол подается в испаритель через патрубок 6. Попадая в испарительную пористую структуру 1, метанол распространяется по всему ее объему под действием капиллярных сил. Для отвода паров метанола из испарительной пористой структуры 1 в ней выполнены продольные каналы 10. Таким образом в испарителе принята противоточная схема подвода теплоты и испаряемой жидкости, то есть, метанол поступает сверху к нижним слоям испарительной пористой структуры, которая обогревается теплоотдающей пористой структурой снизу. Такая схема работы обеспечивает более высокую производительность испарителя по сравнению с прямоточной схемой. Образовавшиеся пары метанола отводятся из испарителя через патрубок 7. Теплоноситель подводится к теплоотдающей пористой структуре 2 через патрубок 8 и отводится через патрубок 9. Для равномерного распределения теплоносителя по всему объему теплоотдающей пористой структуры в крышке 5 выполнены карманы 11 и 12.

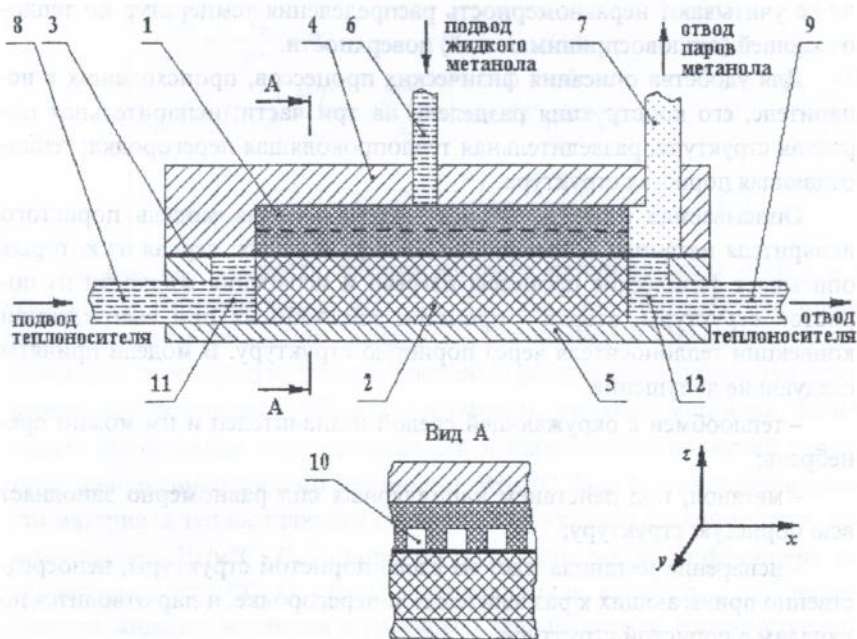


Рис. 1. Конструктивная схема испарителя метанола

1 - испарительная пористая структура; 2 - теплоотдающая пористая структура; 3 - разделительная теплопроводящая перегородка; 4, 5 - крышки; 6, 7, 8, 9 - патрубки; 10 - пароотводящие каналы; 11, 12 - карманы

В конце главы отмечена необходимость разработки математической модели пористого испарителя метанола.

В третьей главе описана математическая модель пористого испарителя метанола.

Приведен краткий анализ работ, связанных с теоретическим и экспериментальным исследованием теплообмена в пористых структурах при испарении и при вынужденной конвекции жидкостей в пористых структурах. Сделан вывод о необходимости проведения экспериментальных исследований теплообмена при испарении метанола из пористых структур и при вынужденной конвекции воды через волоконную пористую структуру, так как в ходе анализа не было обнаружено данных об интенсивности теплообмена. Также необходима разработка математической модели пористого испарителя метанола, так как существующие модели процессов теплообмена при испарении описывают испарительные охлаждающие устройства (то есть принципиально иные по назначению), а модели теплообмена при вынужденной конвекции теплоносителя не учитывают неравномерность распределения температур по теплоотдающей (тепловоспринимающей) поверхности.

Для удобства описания физических процессов, происходящих в испарителе, его конструкция разделена на три части: испарительная пористая структура; разделительная теплопроводящая перегородка; теплоотдающая пористая структура.

Описываемая ниже двумерная математическая модель пористого испарителя метанола основывается на двух моделях, первая из которых описывает физические процессы нагрева и испарения жидкости из пористой структуры, вторая - процессы теплообмена при вынужденной конвекции теплоносителя через пористую структуру. В модели приняты следующие допущения:

- теплообмен с окружающей средой незначителен и им можно пренебречь;
- метанол, под действием капиллярных сил равномерно заполняет всю пористую структуру;
- испарение метанола идет из слоев пористой структуры, непосредственно прилегающих к разделительной перегородке, и пар отводится по каналам в пористой структуре;
- характеристики пористых структур одинаковы для всех точек сечения;
- теплоноситель течет равномерно по всему сечению пористой структуры (вдоль оси x);

– температуры испарительной пористой структуры, заполненной жидким метанолом, теплоотдающей пористой структуры и теплоносителя вдоль оси y постоянны по всему сечению перпендикулярному оси x ;

– метанол испаряется полностью, то есть отсутствует унос капель неиспарившегося метанола;

– коэффициент объемной теплопередачи одинаков во всех точках пористой структуры;

– контактное термическое сопротивление в местах соединения пористых структур с разделительной перегородкой отсутствует, так как величина падения температуры в этом контакте невелика.

Используя названные выше математические модели, и дополнив систему уравнением теплопроводности через разделительную перегородку, с учетом принятых допущений можно записать:

$$\left\{ \begin{array}{l} u_{мж} \frac{\partial T_{мж}}{\partial x} + v_{мж} \frac{\partial T_{мж}}{\partial z} = \frac{\lambda_{эфмж}}{\rho_{мж} c_{рмж}} \left(\frac{\partial^2 T_{мж}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T_{мж}}{\partial z^2} \right); \\ \frac{\partial^2 T_{рп}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T_{рп}}{\partial z^2} = 0; \\ \lambda_{тп} \alpha (1 - \Pi_{тп}) \left(\frac{\partial^2 T_{тпс}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T_{тпс}}{\partial z^2} \right) = \alpha_v (T_{тпс} - T_T); \\ G_T c_{рт} \left(\frac{\partial T_T}{\partial x} + \frac{\partial T_T}{\partial z} \right) - \lambda_{тп} \Pi_{тп} \left(\frac{\partial^2 T_T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T_T}{\partial z^2} \right) = \alpha_v (T_{тпс} - T_T), \end{array} \right. \quad (1)$$

где $u_{мж}$, $v_{мж}$ – скорости течения жидкого метанола вдоль осей x и z (см. рис. 1), соответственно, м/с; $T_{мж}$, $T_{рп}$, $T_{тпс}$, T_T – температура, заполненной жидким метанолом, испарительной пористой структуры, разделительной перегородки, теплоотдающей пористой структуры и теплоносителя, соответственно, °С; $\rho_{мж}$ – плотность жидкого метанола, кг/м³; $\lambda_{эфмж}$ – эффективная теплопроводность испарительной пористой структуры, заполненной жидким метанолом, Вт/м²°С; $\lambda_{тпс}$, λ_T – теплопроводности материала теплоотдающей пористой структуры и теплоносителя, соответственно, Вт/м²°С; $\Pi_{тпс}$ – пористость; α_v – объемный коэффициент теплопередачи, Вт/м³°С; G_T – расход теплоносителя, кг/м²с; $c_{рмж}$, $c_{рт}$ – теплоемкости жидкого метанола и греющего теплоносителя, соответственно, Дж/кг°С.

Для описанной математической модели сформулированы граничные условия. Кроме того модель описывает гидравлические характеристики испарителя. По модели разработаны алгоритм и программа расчета для ЭВМ. Результаты расчетов были сопоставлены с показателями

испарителя полученными экспериментально (см. гл. 4). Различия между экспериментальными и расчетными значениями производительности испарителя не превышали 5%, то есть находились в пределах погрешности эксперимента.

Разработанная математическая модель и алгоритм расчета пористого испарителя метанола, позволяют производить исследования и инженерные расчеты испарителей для систем питания дизельных двигателей испаренным метанолом.

В четвертой главе описываются результаты расчетно-экспериментальных исследований работы испарителя метанола.

Указано, что использование разработанных математической модели и методики расчета пористого испарителя метанола возможно при известных значениях коэффициента теплоотдачи при испарении метанола из пористой структуры, а также объемного коэффициента теплопередачи при вынужденной конвекции теплоносителя через пористую структуру. Как было отмечено во второй главе в литературе данных по интенсивности теплообмена найдено не было, то есть возникла необходимость проведения таких экспериментальных исследований. Кроме того разработанная математическая модель нуждается в проверке ее адекватности, для чего необходимо сравнить результаты расчетов по модели с реальными показателями работы испарителя, которые могут быть получены экспериментальным путем.

Приведены результаты исследований испарения метанола из пористых структур, на специально разработанной экспериментальной установке. Достоверность получаемых результатов была проверена путем сравнения их с данными из литературы и была признана удовлетворительной (различия не превышали 5%). Исследования проводились на образцах пористой волокнистой структуры из нержавеющей стали, выполненных в виде дисков диаметром 20 мм. Диаметр волокон составлял 70 мкм. Толщина дисков варьировалась в диапазоне 0,8...3,0 мм, пористость – 0,55...0,85. По результатам исследований была получена эмпирическая зависимость для коэффициента теплоотдачи при испарении метанола из указанных пористых структур:

$$\alpha_n = 8,522q^{0,461} \left(\frac{\lambda_{ж}^2}{\nu_{ж} \sigma T_k} \right)^{1/3} D_{\max}^{0,265}, \quad (2)$$

где q - тепловой поток Вт/м²; $\lambda_{ж}$ - теплопроводность испаряемой жидкости, Вт/мК; $\nu_{ж}$ - кинематическая вязкость испаряемой жидкости,

m^2/c ; σ - коэффициент поверхностного натяжения, Н/м; T_k - температура кипения жидкости, К; D_{\max} - максимальный диаметр пор, м.

Представлены результаты исследований теплообмена при вынужденной конвекции воды через медную волокнистую пористую структуру. Для проведения экспериментов была разработана установка, моделирующая условия работы теплоотдающей части испарителя метанола. Исследования проводились на образцах пористой волокнистой структуры из меди также выполненных в виде дисков диаметром 20 мм. Диаметр волокон составлял 130 мкм. Толщина дисков варьировалась в диапазоне 1,8...3,5 мм, пористость – 0,58...0,7. В результате исследований была получена эмпирическая зависимость для критерия Нуссельта:

$$Nu = 0,398Re^{1,163} P^{4,145} l^{-1,617}, \quad (3)$$

где $Re = \beta G / \alpha \mu$ - критерий Рейнольдса; P - пористость; l - безразмерная толщина пластины (за единицу толщины принят 1 мм); G - расход теплоносителя, кг/м²с; μ - динамическая вязкость воды, Па·с; $\alpha = 8,445 \cdot 10^8 \cdot P^{-2,9765}$ - вязкостный коэффициент, 1/м²; $\beta = 910 \cdot P^{-5,33}$ - инерционный коэффициент, 1/м.

На основе проведенных экспериментальных исследований и выполненных по модели расчетов была разработана конструкция пористого испарителя метанола. Проверка работоспособности конструкции испарителя, а также адекватности математической модели и методики расчета пористого испарителя метанола проводились на безмоторном стенде, имитирующем работу испарителя на двигателе. В ходе эксперимента изменялись температура и расход теплоносителя и определялась максимальная производительность испарителя на каждом режиме.

На основе результатов исследования влияния геометрических размеров и характеристик пористых структур на производительность и гидравлическое сопротивление испарителя, даны рекомендации по проектированию пористых испарителей для систем питания испаренным метанолом.

В пятой главе приведены результаты исследований технико-экономических и экологических показателей дизеля, оборудованного системой питания испаренным метанолом с пористым испарителем.

Исследования проводились на одноцилиндровом отсеке дизеля Ч 12/14 с полуразделенной эллиптической камерой сгорания в поршне на режимах, соответствующих 13-и ступенчатому испытательному циклу согласно Правилам №49-02 ЕЭК ООН.

Проанализировано влияние добавки испаренного метанола на экономические и экологические показатели двигателя на различных режи-

мах испытательного цикла, а также рассчитаны цикловые показатели. На номинальном режиме проведены исследования влияния изменения угла опережения впрыска топлива на выбросы вредных веществ и КПД двигателя. Добавка испаренного метанола на впуск дизеля при уменьшенном угле опережения впрыска топлива позволяет уменьшить потребление дизельного топлива на 30...40 %, снизить выбросы оксидов азота на 30...50 %, твердых частиц на 70...80 %, приведенного выброса вредных веществ на 40...60 % при практически неизменном КПД.

Приведена методика комплексной экологической и экономической оценки эффективности применения альтернативных топлив в ДВС на основе критерия относительной экономической эффективности, включающего следующие показатели: уровень вредных выбросов, затраты на топливо и себестоимость двигателя. Данная методика позволяет сравнивать эффективность различных способов применения альтернативных топлив.

По экспериментальным данным произведена оценка эффективности применения испаренного метанола для различных законов подачи метанола. Оценка производилась для уменьшенного на 7 град. п.к.в., по сравнению с оптимальным (по КПД) для работы на дизельном топливе угле опережения впрыска топлива для следующих законов подачи метанола:

- постоянная подача метанола на всех режимах;
- двухступенчатая подача;
- трехступенчатая подача;
- подача, обеспечивающая максимальный КПД;
- подача, обеспечивающая минимальный приведенный выброс вредных веществ;
- подача, обеспечивающая максимальную долю заменяемого дизельного топлива (при условии, что максимальное давление сгорания не будет более чем на 15 % выше давления при использовании дизельного топлива).

Результаты исследования показывают, что на ближайшую перспективу целесообразно применять законы со ступенчатой подачей метанола, которые при минимальных затратах средств обеспечивают существенное улучшение экологических характеристик двигателя: до 2,5 раз позволяют снизить выбросы оксидов азота, в 2...3 раза твердых частиц при экономии 20...30 % дизельного топлива. На рис. 2 приведена схема системы питания дизеля испаренным метанолом, реализующая эти законы подачи.

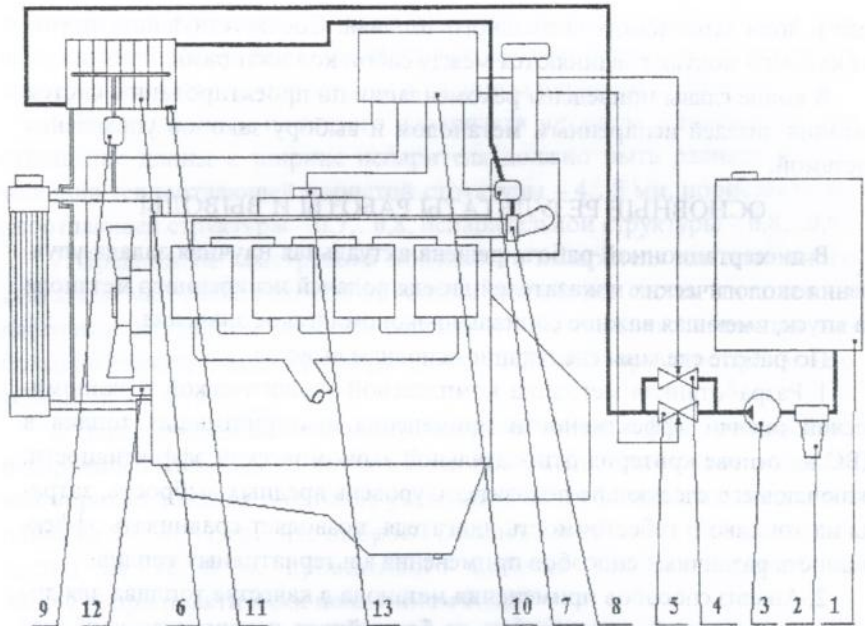


Рис. 2. Схема системы питания дизеля испаренным метанолом со ступенчатым регулированием

1 - бак для метанола; 2 - метанольный фильтр; 3 - насос; 4,5 - электромагнитные клапаны; 6 - испаритель; 7 - газовый клапан; 8 - смеситель; 9 - водяной фильтр; 10 - электронный блок управления; 11 - датчик температуры теплоносителя; 12 - датчик частоты вращения коленчатого вала; 13 - датчик положения рейки топливного насоса

Метанол из бака 1 через метанольный фильтр 2 насосом 3 подается к электромагнитным клапанам 4 и 5. В зависимости от сигналов с датчиков температуры теплоносителя на входе в испаритель 11, частоты вращения коленчатого вала 12 и положения рейки топливного насоса 13 блок управления 10 открывает один из клапанов или оба клапана 4 и 5, которые отрегулированы на различный расход метанола. Метанол подводится в испаритель 6, через который прокачивается жидкость из системы охлаждения двигателя. Для очистки охлаждающей жидкости от механических примесей она пропускается через фильтр 9. Пары метанола из испарителя 6 через газовый клапан 7 подаются в смеситель 8. Смеситель образует метаноловоздушную смесь, которая подается в цилиндры двигателя и сгорает. В данной системе используется испаритель, состоящий из нескольких модулей, число которых зависит от мощности двига-

теля и доли заменяемого дизельного топлива. Соответствующие штуцеры каждого модуля соединяются между собой коллекторами.

В конце главы приведены рекомендации по проектированию систем питания дизелей испаренным метанолом и выбору законов управления системой.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ И ВЫВОДЫ

В диссертационной работе решена актуальная научная задача улучшения экологических показателей дизеля подачей испаренного метанола на впуск, имеющая важное социально-экономическое значение.

По работе сделаны следующие основные выводы.

1. Разработанная методика комплексной экологической и экономической оценки эффективности применения альтернативных топлив в ДВС на основе критерия относительной экономической эффективности, включающего следующие показатели: уровень вредных выбросов, затраты на топливо и себестоимость двигателя, позволяет сравнивать эффективность различных способов применения альтернативных топлив.

2. Анализ способов применения метанола в качестве топлива для дизельных двигателей показал, что на ближайшую перспективу наиболее эффективен способ подачи испаренного метанола на впуск дизеля, позволяющий снизить выбросы оксидов азота и твердых частиц, уменьшить потребление дизельного топлива, а также создать инфраструктуру для производства и распределения метанола и накопить опыт работы с этим видом топлива.

3. Установлено, что для питания двигателя метанолом необходимо устройство, выполняющее функцию испарителя, с подводом теплоты от жидкости, охлаждающей двигатель. Испарение метанола целесообразно осуществлять из волокновой пористой структуры.

4. На основании дифференциальных уравнений теплообмена в пористых структурах разработаны двумерная математическая модель, учитывающая особенности передачи теплоты от теплоотдающей к испарительной пористой структуре через разделительную теплопроводящую перегородку, и алгоритм расчета пористого испарителя метанола, позволяющие производить исследования и инженерные расчеты испарителей для систем питания дизельных двигателей.

5. На основании экспериментальных исследований теплообмена при испарении метанола из пористых структур и при вынужденной конвекции воды через волокновую пористую структуру, получены эмпирические зависимости коэффициента теплоотдачи при испарении метанола из пористых структур от теплового потока и максимального диаметра

пор пористой структуры, а также зависимость критерия Нуссельта при вынужденной конвекции воды через волоконную пористую структуру от критерия Рейнольдса, пористости и толщины пористой структуры.

6. Исследованием пористого испарителя метанола установлено, что отношение длины к ширине испарителя должно быть равным 0,5...1, толщина теплоотдающей пористой структуры – 4...5 мм, пористость теплоотдающей структуры – 0,7...0,8, испарительной структуры – 0,8...0,9.

7. Предложена конструкция модульного испарителя для дизельного двигателя, на основе которой возможна разработка систем питания испаренным метанолом дизелей различного назначения, имеющая небольшие геометрические размеры (130x110x25 мм), при паропроизводительности 2,5 кг/ч.

8. Экспериментальными исследованиями подтверждено, что добавка испаренного метанола на впуск дизеля при уменьшенном угле опережения впрыска топлива позволяет уменьшить потребление дизельного топлива на 30...40 %, снизить выбросы оксидов азота на 30...50 %, твердых частиц на 70...80 %, приведенного выброса вредных веществ на 40...60 % при практически неизменном КПД.

9. Путем сравнительной оценки шести вариантов законов подачи метанола показано, что наиболее рациональной является трехступенчатая подача, которая до 2,5 раз позволяет снизить выбросы оксидов азота, в 2...3 раза твердых частиц при экономии 20...30 % дизельного топлива. Предложены схемы систем питания дизеля испаренным метанолом со ступенчатой подачей метанола и с микропроцессорным управлением.

10. Даны рекомендации по проектированию систем питания транспортных дизелей испаренным метанолом с учетом требований по экологической чистоте и экономичности, а также условий эксплуатации дизеля.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Звонов В.А., Заиграев Л.С., Козлов А.В. Выбор рационального способа использования метанола в тепловозных дизелях // Транспортное машиностроение: Респ. межведомственный научно-техн. сб. - 1995. - С. 189-195.

2. Звонов В.А., Заиграев Л.С., Козлов А.В. Методика комплексной оценки эффективности применения альтернативных топлив в двигателях внутреннего сгорания // Экотехнологии и ресурсосбережение. - 1996. - № 1. - С. 10-13.

3. Звонов В.А., Заиграев Л.С., Козлов А.В. Математическая модель процесса испарения из пористой структуры // Вестник ВУГУ Сер. Транспорт. - 1996. - С. 258-263.

4. Козлов А.В. Улучшение экологических и экономических показателей тепловоза применением метанола в качестве частичного заменителя дизельного топлива // Экология Донбасса: Сб. научных трудов. - 1993. - С. 75-76.

5. Заиграев Л.С., Козлов А.В., Гречка В.А. Улучшение экологических показателей автомобильного дизеля путем добавки метанола // Экология Донбасса: Инф. бюллетень. - Киев-Луганск: ЛМУ, 1994. - С.24.

6. Заиграев Л.С., Козлов А.В., Черных В.И. Токсикологические особенности использования метанола и топлив на его основе // Экология Донбасса: Инф. бюллетень. - Киев-Луганск: ЛМУ, 1994. - С.25.

7. Козлов А.В., Заиграев Л.С. Разработка и исследование пористого испарителя для системы питания дизеля метанолом // Материалы 2-го респ. научно-техн. семинара по улучшению показателей тепловых двигателей и ресурсосбережению, 3-6 сент. 1996 г. - Мелитополь. - С. 53-54.

8. Козлов А.В., Заиграев Л.С. Экспериментальные исследования системы питания дизельного двигателя испаренным метанолом // Материалы 2-го респ. научно-техн. семинара по улучшению показателей тепловых двигателей и ресурсосбережению, 3-6 сент. 1996 г. - Мелитополь. - С. 61-62.

9. Черных В.И., Козлов А.В. Система питания двигателя легкового автомобиля испаренным метанолом // Материалы 2-го респ. научно-техн. семинара по улучшению показателей тепловых двигателей и ресурсосбережению, 3-6 сент. 1996 г. - Мелитополь. - С. 63-64.

АННОТАЦИЯ

Козлов А.В. Улучшение экологических показателей дизеля подачи испаренного метанола на впуск.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальностям 05.22.12 - промышленный транспорт и 05.26.05 - инженерная экология. Восточноукраинский государственный университет, Луганск, 1996.

Защищается 9 научных работ, которые содержат результаты исследований влияния добавки метанола на впуск дизельного двигателя на его экологические и экономические показатели. Разработана двумерная математическая модель пористого испарителя метанола. Предложена конструкция пористого испарителя и схемы систем питания дизелей испаренным метанолом.

ANNOTATION

Kozlov A. Improvement ecological characteristics of a diesel engine by adding vaporized methanol into an intake manifold.

The thesis is being submitted in fulfillment of the requirements for the award of the degree of candidate of technical sciences in industrial transport and environmental engineering. East-Ukrainian State University, Lugansk, 1996.

The defended materials are 9 scientific works which contain the results of the investigation of the effect of vaporized methanol adding into the intake manifold of the diesel engine on the ecological and economical characteristics. The two-dimensional mathematic model of the porous methanol vaporizer has been developed. The design of the porous methanol vaporizer and the scheme of the feed system of vaporized methanol has been developed.

Ключевые слова: метанол, испаритель, дизель, экология, вредные выбросы

A. Kozlov

442423

КОЗЛОВ Андрей Викторович

УЛУЧШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ДИЗЕЛЯ ПОДАЧЕЙ ИСПАРЕННОГО МЕТАНОЛА НА
ВПУСК

05.22.12 - Промышленный транспорт

05.26.05 - Инженерная экология

Подписано к печати _____ . Формат 60x84 1/16. п.л. 1

Зак. 77. Тираж 100 экз.