

.З.Петров Р.Л. Германия: экологический рейтинг автомобилей // *Автомоб. пром-сть*. – 2001. – № 7. – С. 35-39. 4. Коротков М.В., Бондаренко Е.В. Пробег и экологическая безопасность автомобиля // *Автомоб. пром-сть*. – 2003. – № 5. – С. 8–10. 5. Канило П.М., Калениченко А.В., Федосеев П.С. Анализ эколо-

гохимических показателей легковых автомобилей с различными ДВС // *Вестник ХНАДУ*. – 2004. – Вып. 25. – С. 25-29. 6. Панчишный В.И. Системы комплексной очистки отработавших газов дизелей // *Автомоб. пром-сть*. – 2004. – № 1. – С. 25 – 27.

УДК 621.43.-621.2.

И.И. Тимченко, канд. техн. наук, П.В. Жадан, инж., А.А. Ефремов, инж., Д.И. Тимченко, инж.

ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОТОПЛИВ КАК МОТОРНЫХ

Введение

В мире с каждым годом увеличивается напряженность с нефтью и газом, особенно как моторными топливами для транспортных средств. При нынешних объемах использования запасы нефти истощатся через 30 лет, а природного газа через 70-80 лет [1]. В Украине в последние годы добывается около 12% нефти и до 25% природного газа от необходимых [2]. Остроту этой проблеме придают постоянно ужесточающиеся требования к экологической безопасности транспортных установок с двс. Поэтому при выборе перспективных альтернативных моторных топлив следует исходить из этих положений.

1. Формулирование проблемы

Биотоплива, в том числе биогаз, являются постоянно восстанавливаемыми источниками энергии, что объясняет повышенный интерес к ним. Отметим, так же, что отходы при получении биогаза являются ценным органическим удобрением, дефицитным для страны, а очистка территорий от отходов жизнедеятельности людей, животных, производств и др. повысит общую экологическую чистоту.

Применение биогаза вместо бензинов при непосредственной замене связано с рядом недостатков, среди которых основными являются: уменьшение до

20-22% мощности ДВС; ухудшение динамики транспортных установок; уменьшение грузоподъемности и пробега на одной заправке и ряд др.

Поэтому выработка научно обоснованных решений по эффективному использованию биогаза в ДВС - основная задача данной работы.

2. Пути решения проблемы

2.1. Физико-химические особенности биогаза как моторного топлива

Основные причины недостатков, биогаза как моторного топлива, следующие:

- меньшие значения низшей теплоты сгорания, H_u , а соответственно и энергетических показателей работы ДВС;

- меньшая скорость сгорания, а из-за этого растягивание его на такте расширения и как результат, уменьшение мощности, N_e , кВт и увеличение удельного эффективного расхода топлива, g_e , г/кВт-ч;

- меньшее массовое наполнение цилиндров свежим зарядом, η_v из-за подогревания его во впускной системе в ДВС традиционных конструкций, что приводит к уменьшению N_e и повышенного g_e ;

- более высокое значение температуры воспламенения топлива, а отсюда трудности при запуске ДВС;

- худшие антикоррозионные качества биогаза из-за большого содержания в нем диоксида серы SO_2 .

Вместе с тем биогаз имеет значительно более высокое (126), чем у бензинов (76-98), значение октанового числа (ОЧ), что позволяет устранить полностью или частично отмеченные недостатки. Уже в традиционных бензиновых ДВС [3].

Для более эффективного использования биогаза, как моторного топлива, необходимо раскрыть механизмы, которые влияют на эти процессы, и изучить влияние на них конструктивных и эксплуатационных параметров и факторов ДВС. Это и является задачами исследования.

2.2. Общая оценка особенностей смесеобразования и сгорания биотоплив в ДВС

Наиболее характерные особенности рабочего цикла газовых ДВС определяются свойствами газоз воздушных смесей, коэффициентом избытка воздуха α и коэффициентом наполнения η_v . Кроме того, на эти процессы влияют: форма камеры сгорания (КС), степень сжатия, ε ; конструктивные особенности систем впуска и зажигания.

Свойства топлива. Существенно влияют на зависимость $\eta_i = f(\eta_v)$, прежде всего, из-за уменьшения η_v при применении газовых топлив.

Коэффициент α . Максимальные мощность при работе двигателя на бензине достигаются при $\alpha = 0,85-0,93$, а при работе на природном газе и биогазе при α примерно равном 1,0, а максимум КПД, η_i при работе на бензине при $\alpha = 1,05-1,15$, на природном газе $\alpha = 1,35-1,45$, а на биогазе при $\alpha = 1,6-1,7$ [2]. Для ДВС большое значение имеет также характер изменения характеристики $\eta_i = f(\varphi)$. При работе на бензине, достигнув максимума η_i , резко уменьшается, а при $\alpha = 1,25-1,35$ работа двигателя становится нестабильной. При работе на природном газе нестабильность наступает при $\alpha = 1,75-1,8$, а при работе на биогазе при $\alpha = 1,8-2,0$. Расширения пределов вос-

пламенения смеси при работе на газовых топливах позволяет двигателю стабильно работать на всех режимах на бедной смеси. При работе на биогазе большое влияние на процесс смесеобразования оказывает состав биогаза, зависящий от материалов, получения его. Количество CH_4 в биогазе может составлять 40-70%, CO_2 – 12-40%, N_2 – 6-22%, O_2 – 0,8-2,0% и т.д. Поэтому для сохранения α при изменении состава биогаза необходимо корректировать подачу биогаза.

Нестабильность количества CH_4 в биогазе приводит к изменению величины теплоты сгорания топлива, H_u , а количество CO_2 – изменяет его метановое число и скорость сгорания, как из-за изменения скорости диффузии, так и из-за изменения скорости окисления. Поэтому ДВС, работающие на биогазе, должны дооборудоваться устройствами, корректирующими подачу его.

Коэффициент η_v . Влияние η_v на η_i зависит от величины α и вида топлива [3]. При работе двигателя на изобутане и метане и обогащенной смеси ($\alpha = 0,8-0,85$) η_i мало зависит от η_v , а его влияние начинает сказываться при уменьшении нагрузки до $0,5Ne_{ном}$. Для бензиновых смесей ($\alpha = 1,2$) с уменьшением η_v - η_i также уменьшается. Зависимость $\eta_i = f(\eta_v)$, очевидно, обусловлена связью α со свойствами остаточных газов (ОГ), доля которых увеличивается при уменьшении η_v . Увеличение количества ОГ уменьшает концентрацию топлива в смеси и ухудшает процесс сгорания. ОГ при работе ДВС на обогащенных смесях не полностью эквивалентны инертным примесям, поскольку содержат в себе активные продукты неполного сгорания. Кроме того, их температура выше, чем при работе на бедных смесях, что уменьшает влияние η_v на η_i .

Степень сжатия, ε . Наличие в биогазе CO_2 повышает антидетонационную стойкость биогаза, что позволяет увеличить ε на 3-4 единицы по сравнению с работой на бензине. Это смещает границу эффек-

тивного обеднения биовоздушных смесей в сторону больших α , что приводит к увеличению η_i и улучшению устойчивости работы двигателя на малых нагрузках и холостом ходу.

Процесс воспламенения. Основное значение играет температура самовоспламенения. У биогаза она выше и составляет 660-720 °С. Поэтому работа на биогазе требует более мощного электрического разряда для стабильного зажигания.

Гомогенизация смеси. Более мягкая работа биодвигателей обеспечивается при хорошей гомогенизации топливовоздушной смеси, например создания локальных турбулизаций.

Углубленное исследование проведено авторами на основе разработанного или аналитического комплексного метода.

2.3. Исследование работы ДВС ВАЗ-2103 на биогазе

2.3.1. Выбор и обоснование параметров, оказывающих наибольшее влияние на ДВС при работе на биогазе и пределы их варьирования

Проведенный анализ позволил установить удельный вес влияния каждого из факторов и конструктивных и регулировочных параметров двигателя на показатели его работы двигателя, выбрать наиболее существенные из них и установить рациональные пределы их варьирования при исследовании, а именно: $\varepsilon=8,5-12,5$; $\alpha=1-1,5$; $\theta_{оп.зж.} = 20-50$ °ПКВ до ВМТ. В качестве дополнительных ограничений, при исследовании приняты: возможность работы ДВС как на биогазе, так и на бензине (из-за недостаточно развитой в Украине газовой инфраструктуры).

Максимальное значение ε оценено по зависимости

$$\varepsilon_{np} = 17 - 0,42t_{gx} + 5,6(\alpha - 1), \quad (1)$$

При ОЧ равным 126 расчетная величина ε_{np} составила 14 единиц. Обеспечить такой уровень ε на двигателе ВАЗ-2103 без значительных конструктив-

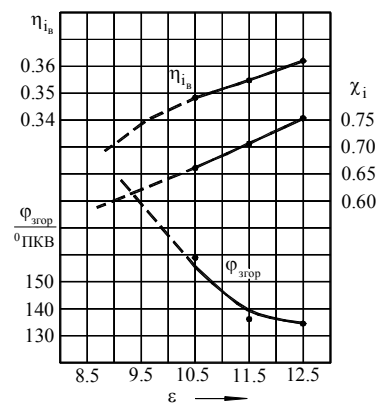
ных изменений, не удастся. Поэтому при исследовании ограничивались значением $\varepsilon=12,5$. За нижний уровень ε принято $\varepsilon=8,5$.

Минимальное значение α при работе ДВС на биотопливах составляло $\alpha=1$, максимальное $\alpha=1,5$.

Диапазон целесообразного изменения $\theta_{оп.зж.}$ установлен по результатам исследований [3] и составлял $\theta_{оп.зж. max.} = -30$ °ПКВ до ВМТ и $\theta_{оп.зж. min.} = -45$ °ПКВ до ВМТ.

2.3.2. Результаты исследования и их анализ

Результаты исследования приведены на рис. 1-3.

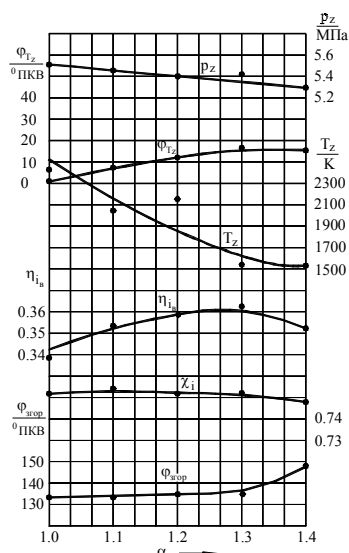


Влияние ε . Как видно из рисунка работа двигателя на биогазе при $\varepsilon \leq 8,5$ не целесообразна из-за низкого значения показателей эффективности рабочего цикла. Увеличение ε от 10,5 до 12,5 единиц сокращает продолжительность сгорания на 20 °ПКВ (с 154 до 134 °ПКВ), что увеличило количество теплоты, пошедшей на совершение полезной работы с $\chi_i=0,65$ до 0,752 и тем самым способствовало увеличению η_i с 0,349 до 0,362, что существенно.

Влияние α . Максимум кпд достигается при $\alpha=1,3$, что соответствует условиям почти симметричного расположения основной фазы сгорания относительно в.м.т. Это согласуется с рекомендациями теоретических исследований рабочего цикла.

Влияние $\theta_{оп.зж.}$. Наиболее эффективно процесс сгорания в двигателе на биогазе протекает при угле опережения зажигания, $\theta_{оп.зж.} = 35-40$ °ПКВ – боль-

шем, чем на бензине. Однако, при этом ухудшаются пусковые качества двигателя. Поэтому, при переводе ДВС с бензина на природный газ, часто $\theta_{\text{оп.зж.}}$ оставляют тем же, что и на бензине. Исследования [3] показали, что компромиссным решением может быть применение более энергоемких систем зажигания или реализация форкамерно-факельного рабочего цикла.



2.4. Рекомендации по изменению конструктивных и регулировочных параметров в ДВС при замене бензина биогазом

2.4.1. ДВС традиционной конструкции

- Дооборудование ДВС газовой аппаратурой;
- Уменьшение толщины уплотнительной прокладки между головкой и блоком цилиндров;
- Создание локальных турбулизаторов в КС;
- Замена системы зажигания более энергоемкой;
- Изменение $\theta_{\text{оп.зж.}}$;
- Реализация способов облегчения пуска ДВС.

2.4.2. ДВС специализированный под биогаз

- Уменьшение объема КС до $\varepsilon = 13^{+1}$ единиц;

- Оптимизация формы КС;
- Применение системы питания биогазом, обеспечивающей расслоение заряда;
- Оптимизация формы канала в головке цилиндров;
- Оптимизация $\theta_{\text{оп.зж.}}$ и применение многоступенчатого зажигания;
- Применение энергоемкой системы зажигания или факельного факельного зажигания;

Заключение

1 Анализ свойств биогаза показал возможность и целесообразность использования его как альтернативного моторного топлива в ДВС.

2 Результаты анализа позволили не только установить особенности рабочего цикла ДВС на биогазе и сформулировать условия для обеспечения его наиболее эффективного применения.

3 Сформулированы требования к различным ДВС, работающим на биогазе, и конструктивные изменения в них для обеспечения наиболее эффективной работы.

Список литературы:

1. Биогаз — ресурс возобновлений энергии /Автомобильная газомоторная ассоциация. Информационный бюллетень №2, 2002.
2. Устименко В.С., Ковалев С.О., Бейко О.А. Перспективи і проблеми розширення використання біопалив автомобільним транспортом України "Автошляховик України", №2, 2003.
3. Тимченко И.И., Рамадан Д. К применению биогаза как моторного топлива для автомобилей. Вестник ХГАДТУ, вып. 5, Харьков 1997. — С. 23-26.