

ЦИФРОВЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДВС

Д. А. ВАРАНКИН¹, аспирант

С. А. ПЛОТНИКОВ¹, д-р техн. наук, профессор

М. Н. ВТЮРИНА², канд. хим. наук, доцент

¹ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»,
Киров, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО «Вятский государственный агротехнологический университет»,
Киров, Российская Федерация

Введение. Определение эффективных показателей двигателя внутреннего сгорания – ключевой этап для создания экономичных, мощных и экологичных двигателей [1–9]. Традиционно эффективные показатели ДВС определяют на стендах с помощью физических методов. Однако в настоящее время цифровые методы предлагают новые возможности для анализа и предсказания работы ДВС, открывая путь к более быстрым и экономичным решениям.

Основная часть. Двигатель внутреннего сгорания – это сердце многих транспортных средств, и его работа напрямую влияет на экономичность, динамику и экологичность. Чтобы оценить качество работы ДВС, применяют эффективные показатели, три из которых особенно важны: мощность, КПД и расход топлива.

Мощность – это количество механической энергии, которую двигатель вырабатывает за единицу времени. Она измеряется в киловаттах (кВт) или лошадиных силах (л. с.). Мощность определяет динамические характеристики транспортного средства: разгон, максимальную скорость, способность преодолевать подъемы. Чем выше мощность, тем быстрее разгоняется автомобиль и тем больше груза он может перевозить.

КПД – это отношение механической энергии, произведенной двигателем, к тепловой энергии, выделенной при сгорании топлива. Измеряется он в процентах. Чем выше КПД, тем эффективнее двигатель преобразует тепловую энергию топлива в механическую работу. Это позволяет уменьшить расход топлива и снизить выбросы вредных веществ в атмосферу.

Расход топлива – это количество топлива, которое ДВС потребляет за определенное время или для выполнения определенной работы.

Измеряется он в литрах на 100 километров (л/100 км) для автомобилей, килограммах на час (кг/ч) для других типов двигателей, а также в граммах на киловатт-час (г/кВт·ч) для оценки удельного расхода.

Важно отметить, что эти три показателя тесно взаимосвязаны. Например, повышение КПД двигателя приводит к уменьшению расхода топлива, но может привести и к незначительному снижению мощности.

На сегодняшний день в большинстве случаев эффективные показатели ДВС рассчитываются физическими методами – на стендах.

Стендовые испытания ДВС – один из ключевых методов оценки его эффективности. Они позволяют измерить мощность, КПД, расход топлива и другие важные параметры в контролируемых условиях.

Существует несколько типов стендов для испытания ДВС:

- тормозные стенды: вал двигателя соединяется с тормозным устройством, которое создает сопротивление вращению. Измеряя силу сопротивления и скорость вращения вала, можно рассчитать мощность двигателя;

- абсорбирующие стенды – вал двигателя соединяется с электрическим генератором, который преобразует механическую энергию в электрическую. Измеряя вырабатываемую электрическую энергию и скорость вращения вала, можно рассчитать мощность двигателя;

- стенды с имитацией нагрузки – эти стенды имитируют нагрузку, которую двигатель будет испытывать в реальных условиях эксплуатации. Например, имитируется сопротивление движению автомобиля или работе гидравлического насоса;

- стенды с контролем параметров окружающей среды позволяют контролировать температуру, влажность и давление воздуха, что дает возможность измерять эффективные показатели ДВС в разных условиях.

Процесс определения эффективных показателей ДВС на стендах включает следующие этапы:

- двигатель устанавливается на стенд (рис. 1) и подключается к необходимым системам (топливная система, система охлаждения, система выпуска выхлопных газов);

- двигатель запускается и прогревается до рабочей температуры;

- на стенде устанавливается необходимый режим работы двигателя (скорость вращения вала, нагрузка, температура окружающей среды и т. д.);

- измерение параметров осуществляется с помощью специальных датчиков и измерительной аппаратуры;
- полученные данные обрабатываются специальной программой, которая рассчитывает эффективные показатели ДВС и создает графики и диаграммы для наглядного представления результатов.



Рис. 1. Стенд для испытаний ДВС

В наше время широко используются цифровые методы для определения различных показателей двигателей (таблица).

С помощью этих методов можно предсказывать и рассчитывать важные показатели на основе анализа других, часто более доступных и простых в измерении свойств.

Цифровое моделирование широко используется во многих сферах: автомобилестроении, авиастроении, строительстве для предсказания прочности конструкций, тепловых потерь, аэродинамических характеристик и т. д.

Однако определение эффективных показателей ДВС цифровыми методами пока мало распространено. Примером программного про-

дукта может послужить комплекс анализа динамики систем различной физической природы PRADIS. Одним из активных пользователей комплекса PRADIS является ОАО «АВТОВАЗ». В связи с этим в настоящее время в комплексе активно развивается автомобильный модуль, применяемый в двигателестроении [3].

Параметры двигателя и приборы для их измерения

Параметр	Размерность	Средство измерения
Крутящий момент, M_k	Н·м	Динамометрические устройства
Частота вращения коленчатого вала, n	мин ⁻¹	Тахометры по ГОСТ 21339-82
Расход топлива, G_T	кг/ч (г/с)	Расходомеры топлива электронные КИ-13967, АИР-50
Атмосферное давление, P_o	кПа	Барометр-анероид метеорологический
Давление наддува, P_k	МПа	Манометры, показывающие по ГОСТ 8.302-78
Температура окружающего воздуха, топлива, t_o , t_f	°С	Термометры ртутные ГОСТ-2823-73
Температура охл. жидкости и масла, $t_{ож}$, t_m	°С	Термопары с электронными потенциометрами ГОСТ 6617-74
Относительная влажность Воздуха, δ_o	%	Психрометры аспирационные
Концентрация вредных выбросов в отработавших газах	г/м ³	Газоанализатор, дымометр
Продолжительность работы двигателя, τ	с	Секундомер СОСпр2Б-3 ГОСТ 5072-79

Цифровые методы являются перспективными, экономичными и быстрыми способами для расчета показателей ДВС. На сегодняшний день задача – разработать методы точного аналитического расчета эффективных показателей. Для этого нужно использовать физико-химические свойства топлив, конструктивные параметры двигателя (размерность, литраж) и режим работы (нагрузка, частота вращения), разрабатывать математические зависимости.

Заключение. Цифровые методы представляют собой перспективный инструмент для определения эффективных показателей ДВС. Их дальнейшее развитие позволит ускорить процесс разработки новых

двигателей, улучшить их эффективность и сделать транспортные средства более экономичными и экологичными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гергенов, С. М. Испытания автомобильных двигателей / С. М. Гергенов. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2002. – 64 с
2. Безмоторные методы оценки эксплуатационных свойств топлив для сельскохозяйственной техники / П. В. Гневашев, С. А. Плотников, Г. П. Шишкин, Е. Н. Резник, М. В. Смольников // Вестник РГАТУ. – 2021. – № 2 (13). – С. 110–115.
3. Ладуга: PRADIS – анализ динамики систем различной физической природы [Электронный ресурс] // «Ладуга» Инженерные услуги. 2005-2014 – URL: <https://laduga.ru/pradis/>. – (дата обращения: 20.10.202).
4. Макушев, Ю. П. Определение технико-экономических показателей двигателя внутреннего сгорания путем анализа его характеристик / Ю. П. Макушев, К. К. Абишев, К. Б. Асылова // Наука и техника Казахстана. – 2019. – № 4.
5. Новокшанов, Ф. А. Исследование мощностных показателей дизельного двигателя при работе на рапсовом масле с подачей воды на впуске / Ф. А. Новокшанов, А. Л. Бирюков, П. Ю. Малышкин // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 306–309.
6. Плотников, С. А. Безмоторные методы оценки эксплуатационных свойств альтернативных топлив / С. А. Плотников, П. В. Гневашев, А. Н. Карташевич // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2021. – Вып. 6. – С. 230–235.
7. Селиванов, Н. И. Испытания автотракторных двигателей / Н. И. Селиванов. – Красноярск, 2014. – 220 с.
8. Смольников, М. В. Детальное изучение опыта применения безмоторного метода в исследованиях учеными Российской Федерации / М. В. Смольников, С. А. Плотников, Г. П. Шишкин // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2024. – Вып. 9. – С. 309–312.
9. Шароглазов, Б. А. Двигатели внутреннего сгорания: теория, моделирование и расчет процессов: / Б. А. Шароглазов, М. Ф. Фарафонов, В. В. Клементьев. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2005. – 403 с.

Аннотация. Рассмотрены традиционные методы определения эффективных показателей ДВС на стендах и проанализированы перспективы использования цифровых методов. Подчеркивается важность разработки методов точного аналитического расчета эффективных показателей ДВС с использованием физико-химических свойств топлив, конструктивных параметров двигателя и режимов работы. Приводятся примеры программных продуктов, применяемых в двигателестроении, и обсуждаются преимущества цифровых методов для ускорения и удешевления процесса разработки ДВС.

Ключевые слова: эффективные показатели ДВС, цифровые методы, аналитические расчеты, стендовые испытания ДВС.