

УДК 621.436

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ДИЗЕЛЯ
С ОБЪЕМНО-ПЛЕНОЧНЫМ СМЕСЕОБРАЗОВАНИЕМ
MODELING OF THE WORKING PROCESS OF A DIESEL WITH
A VOLUME-FILM MIXTURE

А.Н. Петрученко, канд. техн. наук, доц.,
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Беларусь

A. Petruchenko, Ph.D. in Engineering, Associate Professor
Belarusian national technical University, Minsk, Belarus

Аннотация. Выполнен анализ влияния на топливно-экономические и экологические показатели дизеля отношения объема камеры сгорания к объему сжатия, площади пятна контакта топливных струй на боковой поверхности камеры сгорания и средней температуры стенок камеры

Abstract. The analysis of the effect on the fuel-economic and environmental indicators of a diesel engine on the ratio of the volume of the combustion chamber to the volume of compression, the area of the contact patch of fuel jets on the side surface of the combustion chamber and the average temperature of the chamber walls.

Ключевые слова: Камера сгорания, объемно-пленочное смесеобразование, математическое моделирование, планирование эксперимента.

Key words: The combustion chamber, bulk film mixing, math modeling, experiment planning.

ВВЕДЕНИЕ

В двигателях с полуразделенными камерами сгорания (КС) значительное количество топлива скапливается в пристеночной зоне, где условия для его испарения, смесеобразования и сгорания неудовлетворительны. Для улучшения условий увеличивают площадь контакта топливной пленки с боковой поверхностью КС, повышают температуру ее стенок, и уменьшают толщину пограничного слоя [1, 2]. Технически это осуществляется за счет увеличения количества распыливающих отверстий распылителя, изменения формы и размеров

Секция «ТЕПЛОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ»

КС и вихревого движения свежего заряда требуемой интенсивности. Эффективность влияние каждого из факторов можно оценить экспериментально или расчетным путем. Менее затратные, но достаточно эффективные расчетные методы исследования. Для установления возможностей улучшения показателей работы дизеля за счет совершенствования камеры сгорания выполнены расчетные исследования.

ПРОГРАММА И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для расчетов использовалась компьютерная программа, в которой реализованы математические модели расчета характеристики испарения топлива, сосредоточенного в пристеночном слое [1, 2].

Расчет показателей рабочего процесса определяется с помощью скорректированному значению коэффициента избытка воздуха α [3]. Корректировка величины α проводится по отношению объёма камеры сгорания к объёму сжатия V_K/V_C :

$$\alpha_K = \alpha \cdot V_K/V_C. \quad (1)$$

В процессе исследований определялись индикаторные и экологические показатели рабочего процесса дизельного двигателя ЧН11×12,5 в зависимости от соотношения V_K/V_C , средней температуры (T_w) и площади поверхности стенок КС (F_w). Площадь F_w изменялась в пределах 200–600 мм², температура T_w бралась из интервала 450–650 К. Значения для V_K/V_C выбирались из интервала 0,75–1.

Расчет проводился для режима С100, при этом частота вращения вала составляла 2000 мин⁻¹, угол опережения впрыска топлива – 5 град ПКВ до ВМТ, давление и температура наддувочного воздуха на впуске, соответственно – 0,314 МПа и 313 К, продолжительность впрыска топлива – 32 град ПКВ (однофазный впрыск), площадь боковой поверхности камеры сгорания – 4792 мм²; степень сжатия – 17, вихревое отношение – 3,5, диаметр сопловых отверстий – 0,159 мм. Форсунка имела центральное расположение и восьми сопловой распылитель. Величина среднего индикаторного давления в 1,996 МПа поддерживалась постоянной за счет изменения цикловой подачи топлива.

На рисунке 1 показаны зависимости изменения содержания оксидов азота (g_{NO_x}) в отработавших газах и удельного индикаторного

Секция «ТЕПЛОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ»

расхода топлива (gi) от V_k/V_c и F_{w1} , при T_w равной 550 К. Для всего диапазона изменения величины F_{w1} , существуют такие значения V_k/V_c при которых содержание g_{NO_x} минимально, а gi принимает значения из интервала 192...193 г/(кВт · ч). При других значениях величины T_w характер изменения величин g_{NO_x} , gi и их значения могут существенно поменяться.

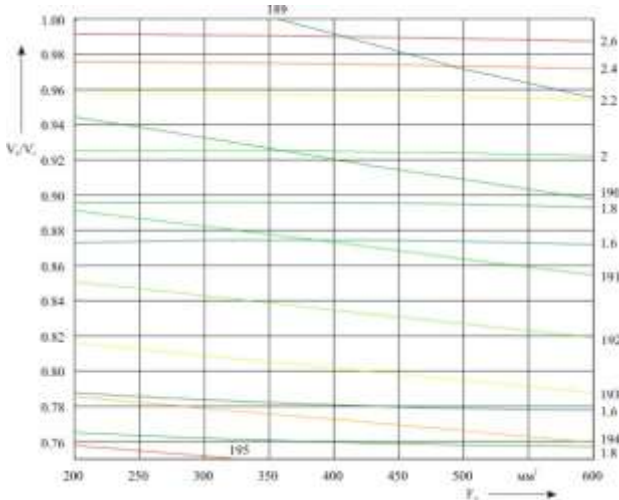


Рисунок 1 – Зависимости удельных индикаторного расхода топлива (г/(кВт · ч)) и выбросов оксида азота (г/(кВт · ч)) от соотношения V_k/V_c , и площади поверхности стенок F_{w1} .

Поиск рационального сочетания параметров, определяющих показатели рабочего процесса, при их количестве более двух требует получения и анализа значительного количества выходных данных. Задача значительно усложняется, если требуется поиск компромиссного решения, например, обеспечить низкое содержание оксидов азота в отработавших газах при удовлетворительной топливной экономичности. Для обработки большого количества информации целесообразно использовать статистические методы. В нашем случае требуется провести трехфакторный численный эксперимент с целью получения регрессионных зависимостей с последующим их анализом.

Секция «ТЕПЛОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ»

Для нахождения регрессионных зависимостей использован D оптимальный план [4]. Обработка результатов численного эксперимента позволила получить выражения, связывающие g_{NO_x} , g_i с приведенными значениями V_k/V_c , F_w , и T_w .

$$g_i = 192,6 - 4,02 \cdot \overline{T_w} - 0,45 \cdot \overline{F_w} - 3,23 \cdot \overline{V_k/V_c} + 1,37 \cdot \overline{T_w}^2 - 0,014 \cdot \overline{F_w}^2 + 0,92 \cdot \overline{V_k/V_c}^2 + 0,03 \cdot \overline{T_w} \cdot \overline{F_w} + 0,55 \cdot \overline{T_w} \cdot \overline{V_k/V_c} + 0,03 \cdot \overline{F_w} \cdot \overline{V_k/V_c} \quad (2)$$

$$g_{NO_x} = 1,59 + 0,025 \cdot \overline{T_w} + 0,00003 \cdot \overline{F_w} + 0,4 \cdot \overline{V_k/V_c} - 0,0166 \cdot \overline{T_w}^2 + 0,008 \cdot \overline{F_w}^2 + 0,647 \cdot \overline{V_k/V_c}^2 + 0,005 \cdot \overline{T_w} \cdot \overline{F_w} + 0,185 \cdot \overline{T_w} \cdot \overline{V_k/V_c} + 0,027 \cdot \overline{F_w} \cdot \overline{V_k/V_c} \quad (3)$$

С помощью данных зависимостей определёнno сочетание величин V_k/V_c , F_w , и T_w обеспечивающих минимальную величину g_{NO_x} при этом удельный расход топлива может составить 191 г/(кВт · ч). Задача решена для одного из режимов тринадцатипу ступенчатого испытательного цикла. Изменение режима работы для обеспечения минимума g_{NO_x} потребует поиска другого сочетания параметров V_k/V_c , F_w , и T_w .

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенный метод выбора рационального сочетания отношения объёма камеры сгорания к объёму сжатия, средней температуры и площади поверхности стенок позволяет в первом приближении определить параметры камеры сгорания, обеспечивающие требуемые показатели работы дизеля для различных режимов его работы, что важно при проектировании камеры сгорания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Семенов, Б. Н. Рабочий процесс высокооборотных дизелей малой мощности [Текст] / Б. Н. Семенов, Е. П. Павлов, В. П. Копцев. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1990. – 240 с.

Секция «ТЕПЛОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ»

2. Кавтарадзе, Р. З. Теория поршневых двигателей. Специальные главы [Текст]: учебник для вузов / Р. З. Кавтарадзе. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 720 с.

3. Кухаренок, Г. М. Рабочий процесс высокооборотных дизелей. Методы и средства совершенствования [Текст] / Г. М. Кухаренок. – Минск: БГПА, 1999. – 180 с.

4. Хартман, К. Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов [Текст] / К. Хартман, Э. Лецкий, В. Шефер и др. – Москва: Мир, 1977. – 552 с.

Представлено 17.05.2019

УДК 621.436

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ
В ЭЛЕКТРОГИДРАЛИЧЕСКОЙ ФОРСУНКЕ
MODELING OF THE WORKING PROCESS
OF A DIESEL WITH A VOLUME-FILM MIXTURE

А.Н. Петрученко, канд. техн. наук, доц., В.А.Сенчук, маг.,
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Беларусь

A. Petruchenko, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,
V. Senchuk Master student

Belarusian national technical University, Minsk, Belarus

Аннотация. Получена зависимость, связывающая коэффициент расхода топлива в канале жиклера и отводящем канале электромагнитного клапана. Уточнена математическая модель электрогидравлической форсунки.

Abstract. The dependence connecting the coefficient of fuel consumption in the jet channel and the discharge channel of the electromagnetic valve is obtained. The mathematical model of the electro-hydraulic injector has been clarified.

Ключевые слова: Электрогидравлическая форсунка, камера управления, компьютерное моделирование, планирование эксперимента.