

Корогодский Владимир Анатольевич, к.т.н., доцент, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, korohodskiy@ukr.net, Стеценко Оксана Николаевна, аспирант, Украинский государственный университет железнодорожного транспорта.

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА СГОРАНИЯ РАССЛОЕННОГО ТОПЛИВНО-ВОЗДУШНОГО ЗАРЯДА В ДВУХТАКТНОМ ДВИГАТЕЛЕ С ИСКРОВЫМ ЗАЖИГАНИЕМ

Применение непосредственного впрыска топлива в цилиндр двухтактного двигателя с искровым зажиганием и организация расслоенного топливно-воздушного заряда (РТВЗ) способствуют повышению технико-экономических и экологических показателей ДВС.

Прогнозирование параметров рабочего тела в цилиндре и определение показателей двигателя возможно с помощью математического моделирования рабочего процесса, поэтому проведение аналитических исследований является актуальным и перспективным.

На практике широко используется термодинамический метод расчёта рабочих процессов двигателей с искровым зажиганием и непосредственным впрыском топлива с учётом двухзонной модели при сгорании: зоны топливно-воздушной смеси и зоны продуктов сгорания, при этом упускается возможность образования в РТВЗ зоны воздуха. В связи с этим не рассматриваются в полной мере особенности протекания процессов смесеобразования и сгорания РТВЗ, что ограничивает возможность определения локальных параметров рабочего тела одновременно в трёх зонах.

Моделирование рабочего процесса проведено с помощью термодинамической модели на базе метода объёмного баланса, которая учитывает РТВЗ и образование трёх зон в процессе сгорания: зоны топливно-воздушной смеси, зоны продуктов сгорания и зоны воздуха на частичных режимах работы двигателя. Для сравнения представлены экспериментальные и расчётные значения, полученные из индикаторных диаграмм: расчётные значения максимальной средней температуры в надпоршневом объёме и расчётные значения максимальных температур в соответствующих объёмах трёхзонной модели на режимах частичных нагрузок ($p_e = 0,144 - 0,322$ МПа) при частоте вращения коленчатого вала двигателя $n = 3000$ мин⁻¹ (табл. 1 и 2).

На такте сжатия на всех режимах нагрузочной характеристики за основу принята однозонная модель. На такте расширения, после окончания процесса сгорания рассчитывается средняя температура в цилиндре по гипотезе предельного полного перемешивания продуктов сгорания и воздуха.

Исходя из экспериментальных индикаторных диаграмм, с повышением нагрузки возрастает максимальное давление ($P_{z \text{ эксп}}$) в цилиндре двигателя от 3,74 МПа до 5,02 МПа и происходит смещение пика давления относительно ВМТ от 8 до 13 град. п.к.в. (табл. 1). Расходимость по значениям P_z расчётной и экспериментальной индикаторных диаграмм составляет до 5 %, что является приемлемым в инженерных расчетах.

Таблица 1. Сравнение значений максимальных давлений при сгорании по экспериментальным и расчётным индикаторным диаграммам

p_e , МПа	P_z эксп, МПа	P_z расч, МПа	Смещение P_z относительно ВМТ, град. п.к.в.	Расходимость по P_z , %
0,144	3,74	3,77	8	1
0,192	3,84	3,67	10	4,43
0,283	4,25	4,12	12	3,1
0,322	4,44	4,28	13	3,6
0,428	5,02	4,83	13	3,78

С повышением нагрузки увеличивается средняя максимальная температура в цилиндре от 1843 до 2555 К.

Таблица 2. Сравнение значений температур в цилиндре двигателя по трёхзонной модели

p_e , МПа	$T_{пс}$, К	$T_в$, К	$T_б$, К
0,144	2053	1063	577
0,192	2249	1090	645
0,283	2998	1086	763
0,322	3080	1187	792

При сгорании РТВЗ температура продуктов сгорания ($T_{пс}$) в сгоревшей зоне резко возрастает, а температура в зоне воздуха ($T_в$) остаётся относительно низкой (табл. 2). В процессе сгорания максимальная температура в зоне продуктов сгорания выше средней максимальной температуры в цилиндре, вследствие меньшего объёма на единицу подведенной теплоты. С повышением нагрузки температура в конце расширения ($T_б$) увеличивается до 792 К.

На режиме максимальной нагрузки ($p_e = 0,428$ МПа) предполагается, что топливно-воздушная смесь занимает весь надпоршневой объём, поэтому расчёт процесса сгорания проводится по двухзонной модели. При этом максимальная средняя температура рабочего тела в цилиндре составляет 2149 К, а максимальная температура продуктов сгорания достигает 2965 К и к концу такта расширения снижается до 1298 К.