

Капустин Александр Васильевич, к.т.н., доцент,  
Новгородский государственный университет,  
Жоробеков Болотбек Астаевич, к.т.н., доцент,  
Болушев Эрнест Маматалиевич,  
Ошский технологический университет  
e-mail: ernest75@mail.ru

## **РАСЧЕТНЫЙ АНАЛИЗ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО ЦИКЛА ПОРШНЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ С РАЗДЕЛЕННОЙ КАМЕРОЙ СГОРАНИЯ**

*Приведены результаты расчетного анализа цикла поршневого двигателя с искровым зажиганием, имеющего двухполостную камеру сгорания.*

*Ключевые слова: Термодинамический цикл, двухстадийное сгорание, двухполостная камера, интенсивности тепловыделения, индикаторный КПД.*

Kapustin Alexander Vasilievich,  
candidate of technical sciences, associate professor,  
Novgorod State University,  
Zhorobekov Bolotbek Astaevich,  
candidate of technical sciences, associate professor,  
Bolushev Ernest Mamatalievich,  
Osh Technological University

## **COMPUTATIONAL ANALYSIS OF THE THERMODYNAMIC CYCLE OF A PISTON ENGINE WITH A SEPARATED COMBUSTION CHAMBER**

*The results of the computational analysis of the cycle of a spark-ignition piston engine with a two-cavity combustion chamber are presented.*

*Key words: Thermodynamic cycle, two-stage combustion, two-cavity chamber, heat release rates, indicator efficiency.*

Поршневые двигатели с искровым зажиганием (ДсИЗ) с разделенными (двигатели с форкамерно-факельным зажиганием) или полуразделенными камерами сгорания [1,2] имеют преимущества по сравнению с двигателями с однополостными камерами сгорания. В двухполостных камерах сгорания (КС) в свечной полости можно создать богатую горючую смесь, а в полости без свечи – бедную. Это обеспечит устойчивое быстрое развитие начального горения в свечной полости (первая стадия сгорания), а при объединении полостей очень интенсивное турбулентное сгорание всей оставшейся смеси (вторая стадия сгорания). В результате такого двухстадийного сгорания можно получить более широкий предел эффективного обеднения смеси в ДсИЗ с двухполостными КС и повысить индикаторный КПД по отношению к ДсИЗ с традиционными однополостными КС. Кроме этого, антидетонационные свойства ДсИЗ с двухполостными КС выше [1,2], чем у ДсИЗ с однополостными КС, что позволит увеличить степень сжатия по условиям детонации и дополнительно повысить КПД такого двигателя. При организации цикла двигателя с двухстадийным сгоранием важно знать, как выгоднее распределить цикловую дозу топлива между свечной и безсвечной полостями камеры сгорания, то есть какую долю топлива сжечь в первой стадии и какую во второй стадии двухстадийного сгорания, какое влияние на экономичность ДВС оказывает продолжительность как общего сгорания, так и отдельных стадий.

Интерес представляет количественная сравнительная оценка экономичности циклов с одностадийным и двухстадийным процессами сгорания.

С целью получения ответов на эти вопросы по разработанной ранее математической модели и программе расчета термодинамического цикла, приближенного к действительному [3], был проведен данный расчетный анализ.

Для сравнения в качестве базового был принят термодинамический цикл с одностадийным процессом сгорания и следующими основными исходными параметрами:

- длительность тепловыделения – 48 поворота коленчатого вала (ПКВ), под длительностью тепловыделения понимается длительность второй фазы сгорания от начала видимого сгорания (начало отрыва линии сгорания от линии сжатия)) до максимальной температуры цикла;
- угол начала тепловыделения – 24 ПКВ до верхней мертвой точки (соответствует оптимальному углу опережения зажигания);
- показатели интенсивности тепловыделения:  $\beta=2$ ;  $n=2,5$ , отметим, что показатели интенсивности тепловыделения при оптимальном расположении тепловыделения относительно ВМТ оказывают незначительное влияние на КПД цикла;
- коэффициент избытка воздуха  $\alpha=0,9$  (мощностной состав смеси);
- степень сжатия – 9;
- коэффициент наполнения – 0,84.

Расчетный индикаторный КПД этого цикла равен 0,37304. При расчетах циклов с двухстадийным сгоранием исходные параметры принимались по базовому одностадийному циклу, за исключением тех, которые дополнительно вводились для расчета двухстадийного процесса и которые необходимо было менять для оценки степени их влияния. В данном расчетном анализе составы смеси в первой и второй стадиях сгорания принимались одинаковыми, равными  $\alpha=0,9$ .

В табл.1 показано влияние цикловой доли топлива, участвующей в первой стадии сгорания, на индикаторный КПД цикла. При равномерном распределении топлива по всему объему камеры сгорания эта доля соответствует доле объема, занимаемого свечной полостью, в общем объеме КС. В данном расчете продолжительности первой и второй стадий сгорания равнялись соответственно 28 и 20 ПКВ.

Таблица 1

Влияние на индикаторный КПД цикловой доли топлива  $G_1$ , участвующей в первой стадии сгорания

$G_1$	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9
Индикаторный КПД - ( $\eta_I$ )	0,3637	0,3612	0,3614	0,3637	0,3675

Из табл.1 видно, что при одинаковом составе смеси в обеих полостях КС распределение топлива между двумя стадиями сгорания оказывает незначительное влияние на индикаторный КПД цикла. Поэтому при проектировании двуполостной КС соотношение объемов свечной и бессвечной полостей можно выбирать исходя только из конструктивных соображений.

В табл.2 показано влияние на индикаторный КПД ( $\eta_I$ ) длительности первой стадии сгорания при постоянной общей длительности тепловыделения 48 ПКВ, а в табл.3 – влияние общей длительности тепловыделения при неизменной длительности второй фазы. В расчетах принято равномерное распределение топлива между полостями КС и объемы полостей одинаковы.

Таблица 2

Влияние на  $\eta_I$  длительности первой стадии сгорания -  $\theta_1$ 

$\theta_1, ^\circ\text{ПКВ}$	24	28	34	39	44
$\eta_I$	0,3647	0,3614	0,3555	0,3503	0,3449

Таблица 3

Влияние на  $\eta_I$  общей длительности тепловыделения -  $\varphi_{2T}$  при постоянной длительности первой стадии  $\theta_1=28 ^\circ\text{ПКВ}$ 

$\varphi_{2T}, ^\circ\text{ПКВ}$	30	35	40	45	48
$\eta_I$	0,3618	0,3656	0,3656	0,3635	0,3614

Видно, что более сильное влияние на КПД оказывает длительность первой стадии сгорания. Общая длительность сгорания при неизменной длительности первой стадии мало влияет на КПД цикла.

Из сравнения циклов с двухстадийным сгоранием с базовым циклом с одностадийным сгоранием следует, что индикаторный КПД одностадийного цикла заметно выше индикаторного КПД любого цикла с двухстадийным сгоранием.

Отсюда следует, что при прочих равных условиях двигатели с разделенными КС будут иметь более низкий КПД по сравнению с двигателями с однополостными КС.

При одинаковых степенях сжатия выигрыш в экономичности ДСИЗ с разделенными или полуразделенными КС можно получить только за счет более сильного общего обеднения смеси в цикле, что неизбежно приведет к снижению мощности. Чтобы компенсировать эти потери мощности потребуется увеличение степени сжатия.

#### Литература:

1. Капустин, А.В. Математическая модель цикла двигателя с двухстадийным сгоранием [Текст] // Ученые записки ИСХ и ПР НовГУ, 2004, с. 87-90.
2. Патент RU 2232906 С1, F 02 В 23/08, 2003.
3. Патент RU 2231556 С1, F 02 В 23/08, 2002.