

## МЕТОДИКА РАСЧЕТА РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ДВУХТАКТНОГО ДВС ДЛЯ БПЛА

Орлов М.Ю., Горшкалев А.А., Захаров М.О., Корнеев С.С., Урлапкин В.В.  
Самарский университет, г. Самара, adler65@mail.ru, Agorsh@bk.ru

*Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, тепловой расчет, рабочий процесс.*

В последнее время роль беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) во всех сферах их применения и особенно военной, резко возросла и продолжает повышаться. При этом если проектирование и производство летательных аппаратов данного класса с поршневыми двигателями в РФ в настоящее время достаточно освоено и не сопровождается значительными проблемами, то этого нельзя сказать о предназначенных для них двигателях. Сейчас по сути отсутствуют массово производящиеся в серии отечественные поршневые двигатели для БПЛА, особенно мощностью до 50 л.с. Это является следствием того, что проектирование поршневых двигателей внутреннего сгорания (ДВС) для военной и гражданской авиации в нашей стране было свёрнуто в 50-х годах, когда на смену им пришли турбореактивные двигатели, а частная авиация в отличие от некоторых других стран-производителей поршневых двигателей длительное время не развивалась. Из-за отсутствия востребованности, новые авиационные поршневые двигатели не проектировались и не производились, были утрачены методики расчётов, конструирования, доводки и проведения испытаний. В результате была нарушена преемственность в передаче компетенций по созданию авиационных поршневых двигателей. Для ликвидации отставания в обозначенной области, в Самарском университете имени С.П. Королёва выполняется работа по проектированию поршневого двигателя малой мощности для БПЛА. Целью данной работы является не только разработка конкретного двигателя, но и разработка методологии проектирования отечественных авиационных поршневых двигателей, создание новых методик их разработки, испытаний и производства. Первым этапом работы является разработка методики расчета рабочего процесса двухтактного двигателя. Этот выбор обусловлен тем фактом, что именно этот тип двигателя является основным для исследуемого диапазона мощностей.

Структура теплового расчёта была выбрана аналогичной приведенной в книге А.И. Колчина и В.П. Демидова [1] для четырёхтактного двигателя и преобразована с учётом отличий, имеющих место для двухтактного двигателя с использованием теоретических выкладок для процессов горения и газообмена, приведенных в работах О.К. Гаевского [2] и Ю.Б. Моргулиса [3].

Расчет процесса впуска проводился в соответствии с методикой [3], соответствующей кривошипно-камерной продувке цилиндра двигателя. Давление в начале процесса сжатия и коэффициент наполнения определяются по следующим зависимостям:

$$p_a = k \times p_K, \quad (1)$$

где  $k$  – коэффициент зависимости давления в начале процесса сжатия от давления в кривошипной камере,  $p_K$  – давление в кривошипной камере.

$$\eta'_v = \frac{\varepsilon_d}{\varepsilon_d - 1} \times \frac{p_a}{p_K} \times \frac{T_K}{T_K + \Delta T + \gamma_r \times T_r}, \quad (2)$$

где  $\varepsilon_d$  – действительная степень сжатия;

$p_a$  – давление в начале процесса сжатия;  $p_K$  – давление в кривошипной камере;

$T_K$  – температура в кривошипной камере;  $\Delta T$  – подогрев топливовоздушной смеси;

$\gamma_r$  – коэффициент остаточных газов;  $T_r$  – температура остаточных газов.

Особенностью процесса сжатия и процесса расширения в двухтактном двигателе является отличие действительной степени сжатия от геометрической. Первую можно определить по следующей зависимости:

$$\varepsilon_d = \frac{V_C + V_r h}{V_C},$$

где  $V_C$  – объем камеры сгорания;

$V_h' = (1 - \psi) \cdot V_h$ , - полезный объем цилиндра;

$\psi = \frac{V_h''}{V_h}$  - коэффициент потеряннного хода поршня;

$V_h$  - объем цилиндра;

$V_h''$  - потерянный объем.

Это отличие является одной из основ расчёта двухтактного двигателя.

Полученная методика была верифицирована по результатам реальных стендовых экспериментов.

**Заключение**

В ходе выполненной работы была разработана методика расчета рабочего процесса и мощностных характеристик малоразмерных двухтактных двигателей внутреннего сгорания, представляющая собой комбинацию способов расчета двухтактных двигателей [2, 3].

Оценка эффективности созданной методики и её верификация путём сравнения полученных расчетным путем характеристик двигателя с стендовыми испытаниями малоразмерных двигателей Evolution 20GX2, DLE-20 20cc PetrolEngine и OS FS-120S III показала хорошие результаты и доказала возможность её использования на практике.

### **Список литературы**

1. Колчин, А. И. Расчет автомобильных и тракторных двигателей: Учеб. Пособие для вузов. [Текст] / А. И. Колчин, В. П. Демидов – 3-е изд. перераб. и доп.- М.: Высш. шк., 2002.- 496 с.: ил.

2. Гаевский, О. К. Авиамодельные двигатели (Действие, конструкции, эксплуатация) [Текст] / О. К. Гаевский. - М.: ДОСААФ, 1958. - 258с.

3. Моргулис, Ю.Б. Двигатели внутреннего сгорания (теория, конструкция и расчет) [Текст] / Ю.Б. Моргулис. - М.: «Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы», 1959. - 344с.

**Сведения об авторах**

Орлов Михаил Юрьевич, к.т.н., доцент кафедры ТиТД, старший научный сотрудник НОЦ ГДИ - 209. Область научных интересов: рабочий процесс ДВС.

Горшкалев Алексей Александрович, старший преподаватель кафедры ТиТД, научный сотрудник НОЦ ГДИ - 209. Область научных интересов: рабочий процесс ДВС.

Захаров Михаил Олегович, аспирант. Область научных интересов: газодинамические характеристики двигателей внутреннего сгорания.

Корнеев Сергей Сергеевич, ассистент кафедры ТиТД, младший научный сотрудник НОЦ ГДИ - 209. Область научных интересов: рабочий процесс ДВС.

Урлапкин Виктор Викторович, ассистент кафедры ТиТД, младший научный сотрудник НОЦ ГДИ - 209. Область научных интересов: рабочий процесс ДВС.

### **METHODOLOGY FOR CALCULATION OF THE WORK PROCESS TWO-STROKE ICE FOR UAV**

Orlov M. Yu., Gorshkalev A.A., Zakharov M.O., Korneev S.S., Urlapkin V.V.  
Samara National Research University, Samara, Russia Agorsh@bk.ru

*Keywords: internal combustion engine, thermal calculation, working process.*

This paper describes the peculiarities of the methodology of calculation of the working process of a two-stroke engine.