

УЛУЧШЕНИЕ РАБОТЫ АВТОМОБИЛЯ С ДВУХКАМЕРНЫМ БЕНЗИНОВЫМ ДВИГАТЕЛЕМ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДРОССЕЛИРОВАННОГО ПЕРЕТОКА МЕЖДУ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ КАМЕРАМИ

Кандидат техн. наук, доцент **Вохмин Д.М.**
(Тюменский индустриальный университет)

IMPROVING OPERATION OF A VEHICLE WITH A TWO-CHAMBER PETROL ENGINE WHEN USING A THROTTLE FLOW BETWEEN THE MAIN AND AUXILIARY CHAMBERS

D.M. Vokhmin, Ph.D. (Tech.), Associate Professor
(Tyumen Industrial University)

Техническая эксплуатация, коэффициент остаточных газов, дросселирующее сечение, коэффициент избытка воздуха, автомобильный транспорт.

Technical operation, residual gas ratio, throttling section, excess air ratio, road transport.

Рассматривается анализ влияния дросселирования между основной и дополнительной камерами бензинового двигателя на коэффициент наполнения основной камеры сгорания, а также величину температуры и количества остаточных газов в основной и дополнительной полости. В процессе эксплуатации автомобильных двигателей большое значение придается повышению наполнения цилиндров, это достигается в том числе улучшением очистки камеры сгорания от остаточных газов, несмотря на то, что их эффективность в повышении экономичности и снижении токсичности выхлопов носит неоспоримый характер. Изучение внутренней рециркуляции, при использовании дополнительного объема, с умеренным дросселированием, позволяет сочетать достоинства высокого наполнения и наличия остаточных газов. Результаты исследований дают возможность прогнозировать улучшение показателей работы автомобилей при использовании подобных схем организации рабочего процесса, например форкамерно-факельных.

The article examines the analysis of the effect of throttling between the main and additional chambers of a gasoline engine on the filling factor of the main combustion chamber, as well as the value of temperature and the amount of residual gases in the main and additional cavities. During the operation of automobile engines, great importance is attached to increasing the filling of cylinders, this is achieved, among other things, by improving the cleaning of the combustion chamber from residual gases, despite the fact that their effectiveness in increasing the efficiency and reducing the toxicity of exhaust is undeniable. The study of internal recirculation, using additional volume, with moderate throttling, allows you to combine the advantages of high filling and the presence of residual gases. The research results make it possible to predict the improvement of vehicle performance when using similar workflow schemes, for example, prechamber and flare.

Введение

На протяжении всей истории развития автомобильного транспорта происходило исследование роли остаточных газов на эффективность работы применявшихся двигателей. Эффективные показатели работы двигателя зависят от коэффициента наполнения, а коэффициент остаточных газов, влияет на экологичность и экономичность автомобиля в целом. Хорошо известно, что рециркуляция отработавших газов повышает экономичность и экологичность транспортного средства, но в тоже время снижает мощность и коэффициент наполнения.

Современная тенденция — это использование на транспорте однокамерных двигателей с максимально возможной их очисткой от остаточных газов. Это диктуется тем, что на протяжении всего рабочего процесса заряд в цилиндре однороден. В многокамерных двигателях различной конструкции гомогенность заряда имеет место лишь на тактах рабочего хода и выпуска, в остальное время присутствует заметное расслоение.

Наша задача оценить влияние дросселирования [1, 2, 3] при межкамерном перетоке и спрогнозировать его влияние на эффективные показатели работы двигателя транспортного средства.

Моделирование условий температурного и материального расслоения в условиях двухкамерного двигателя и дросселированного перетока

Одним из главных результатов дросселирования является температурное расслоение. Его степень зависит от величины остаточных газов, выражаемой коэффициентом γ_r определяемым как в основной, так и в дополнительной камерах сгорания [1].

Величина в молях, продуктов сгорания 1,0 кг топлива:

$$M_r = M_0 + (\alpha - 1) \cdot L_0 = \alpha \cdot L_0 + \Delta M, \quad (1)$$

где M_0 — величина продуктов сгорания 1,0 кг топлива;

α — коэффициент избытка воздуха;

L_0 — теоретическое количество воздуха для сгорания 1 кг топлива;

ΔM — приращение объема в кг/моль/кг топлива.

Величина ΔM , при изменении коэффициента избытка воздуха $\alpha = 1,0 \dots 2,0$ изменяется в пределах 5,5...3,0 %. Величиной данной погрешности, можно пренебречь, таким образом, преобразуя (1) получим:

$$\alpha \cdot L_0 = M_0 + (\alpha - 1) \cdot L_0 = M_r. \quad (2)$$

Величина остаточных газов в камере сгорания в конце расширения:

$$M_{ог} = \gamma' \cdot \alpha \cdot L_0 = \gamma' [M_0 + (\alpha - 1) \cdot L_0], \quad (3)$$

где γ' – доля остаточных газов без учета состава входящих в них компонентов;

Выражение для коэффициента остаточных газов:

$$\gamma_{г} = \frac{\gamma' [M_0 + (\alpha - 1) \cdot L_0]}{\alpha \cdot L_0}. \quad (4)$$

В выражении (4) значения M_0 и L_0 принимаются постоянными, их величины зависят от элементарного состава топлива, который постоянен.

Величину M_0 выражаем:

$$M_0 = L_0 + \Delta M. \quad (5)$$

Приняв допущение (2), имеем:

$$M_0 = L_0. \quad (6)$$

При впуске, в двухкамерном двигателе, воздух заполняет основную камеру сгорания [4, 5]. Дополнительная камера остается заполненной остаточными газами на протяжении всего периода впуска. При этом давление в дополнительной камере постепенно принимает давление основной камеры P_a , также имеет место постепенное выравнивание температуры от $T_{гг}^k$ до $T_{га}^k$, (причем $T_{гг}^k > T_{га}^k$).

Данный процесс снижения температуры от ($T_{гг}^k$ в конце выпуска) до ($T_{га}^k$ в конце наполнения) определяют, при помощи уравнения политропы расширения, приняв допущение $P_{га}^k \approx P_a$, тогда:

$$\frac{T_{гг}^k}{T_{га}^k} = \left(\frac{P_{гг}^k}{P_{га}^k} \right)^{\frac{n_2 - 1}{n_2}} = \left(\frac{P_{гг}^k}{P_a} \right)^{\frac{n_2 - 1}{n_2}}, \quad (7)$$

где $T_{гг}^k$ – температура в дополнительной камере в конце выпуска;

$T_{га}^k$ – температура в дополнительной камере в конце наполнения;

$P_{га}^k$ – давление в дополнительной камере в конце наполнения;

P_a – давление в основной камере в конце наполнения;

n_2 – показатель политропы расширения.

После преобразования получим выражение для определения температуры на выпуске $T_{гг}^k$ в дополнительной камере:

$$T_{гг}^k = T_{га}^k \cdot \left(\frac{P_{гг}^k}{P_a} \right)^{\frac{n_2 - 1}{n_2}}. \quad (8)$$

При работе двигателя на такте сжатия в дополнительном объеме, в любой момент времени коэффициент остаточных газов $\gamma_{гг}^k$ определяется, на основе соотношения для случая недросселированного перетока [1, 2]:

$$\gamma_{гг}^k = \frac{\gamma_{г} \cdot \varepsilon - a}{\varepsilon - a} + \frac{\varepsilon(1 - \gamma_{г})}{\varepsilon_x(\varepsilon - a)}, \quad (9)$$

где ε – величина степени сжатия;

ε_x – текущая величина степени сжатия;

a – относительный объем дополнительной камеры.

При дросселированном перетоке в функции распределения объемов [2]:

$$\gamma_{гг}^k = \frac{\gamma_{г} \cdot \varepsilon - a}{\varepsilon - a} + \frac{\varepsilon(1 - \gamma_{г})}{f(\varepsilon_x)(\varepsilon - a)}. \quad (10)$$

Изменение коэффициента остаточных газов при работе двигателя на такте впуска для однополостных камер сгорания при влиянии коэффициента наполнения в любой момент времени:

$$\gamma_{гг} = \frac{P_{г} \cdot T_0}{T_{г} \cdot P_0 \cdot (\varepsilon - 1) \cdot \eta_{vx}}, \quad (11)$$

где $T_{г}$ – температура в конце выпуска;

T_0 – температура на впуске;

$P_{г}$ – давление в конце выпуска;

η_{vx} – коэффициент наполнения при движении поршня.

При работе двигателя, в главной полости камеры сгорания, величина остаточных газов определяется:

$$\gamma_{г}^{\Pi} = \frac{G_{г}^{\Pi}}{G_{\Sigma}}, \quad (12)$$

где $G_{г}^{\Pi}$ – количество остаточных газов в главной полости камеры сгорания;

G_{Σ} – общее количество поступившего заряда в главной полости камеры сгорания.

Количество остаточных газов в главной полости камеры сгорания в нижней мертвой точке в конце такта впуска:

$$G_{г}^{\Pi} = G_{\Sigma} \cdot \gamma_{г} - \frac{a}{\varepsilon} \cdot G_{\Sigma}. \quad (13)$$

Величина остаточных газов на основании (12):

$$\gamma_{г}^{\Pi} = \frac{\gamma_{г} \cdot G_{\Sigma} - \frac{a}{\varepsilon} \cdot G_{\Sigma}}{\varepsilon - a} \cdot G_{\Sigma}. \quad (14)$$

После сокращения

$$\gamma_{г}^{\Pi} = \frac{\varepsilon \cdot \gamma_{г} - a}{\varepsilon - a}. \quad (15)$$

Температура сжатия в любой момент времени:

$$T_{сж}^{\Pi} = T_a^{\Pi} \cdot \varepsilon_x^{n-1}. \quad (16)$$

С учетом перепада давлений:

$$T_{сж}^{\Pi} = T_a^{\Pi} \cdot f(\varepsilon_x)^{n-1}. \quad (17)$$

Температура сжатия в любой момент времени в дополнительном объеме:

$$T_c^k = \frac{\varepsilon_x^{n_1 - 1}}{\varepsilon_x} \cdot [(\varepsilon_x - 1) \cdot T_a^{\Pi} + T_{га}^k]. \quad (18)$$

С учетом перепада давлений:

$$T_c^k = \frac{f(\varepsilon_x)^{n_1 - 1}}{f(\varepsilon_x)} \cdot [f(\varepsilon_x) - 1] \cdot T_a^{\Pi} + T_{га}^k, \quad (19)$$

где T_a^{Π} – температура в основном объеме в конце такта впуска;

$T_{га}^k$ – температура в дополнительном объеме в конце такта впуска.

Результаты

Расчеты работы двигателя УД-15, переоборудованного в двухкамерный вариант со следующими данными в таблице и на рисунке.

Таблица.

Исходные данные для расчета

Показатель	Значение
Температура на выпуске T_r	1100 К
Температура подогрева на впуске ΔT (воздушное охлаждение)	65
Коэффициент остаточных газов γ_r	0,068
Температура на впуске T_a	378 К
Коэффициент наполнения η_v	0,851
Относительный объем дополнительной камеры a	0,4
Показатель политропы расширения n_2	1,2
Давление остаточных газов P_r	0,108 мПа
Давление на впуске P_a	0,099 мПа
Диаметр соединительного канала, наличие дросселирования d_k	4мм

Результаты расчетов, следующие:

- коэффициент наполнения в главном объеме двухкамерного двигателя больше, чем в однокамерном ввиду того, что остаточных газов в главном объеме двухкамерного двигателя меньше, чем в однокамерном;
- перепад давления между основным и дополнительным объемом при дросселировании улучшает очистку основной камеры от отработавших газов.

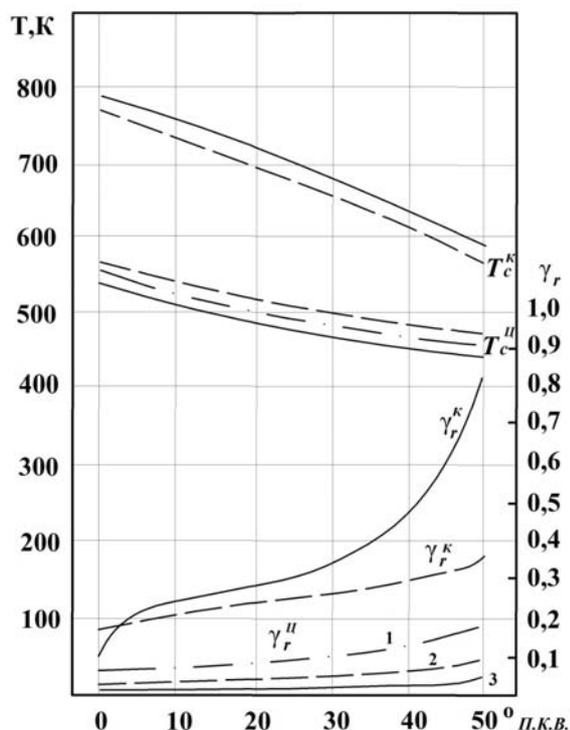


Рисунок. Результаты расчетов коэффициента остаточных газов и температуры в основном объеме (цилиндре) и дополнительном объеме камеры сгорания: 1 – без дополнительной камеры; 2 – с дополнительной камерой без дросселированного перетока; 3 – с дополнительной камерой и дросселированным перетоком

Также значительным преимуществом является то, что на момент воспламенения температура заряда в дополнительной камере на 250 градусов выше [6, 7, 8], чем в камере сгорания обычного двигателя.

Наличие вышеперечисленных положительных качеств раскрывает перспективы для разнообразных схем организаций рабочих процессов использующих слепые не вентилируемые дополнительные камеры.

Заключение

Наличие дросселирования, позволяет резко разграничить зоны материального и температурного расслоения, сочетая достоинства однокамерных и двухкамерных двигателей [9, 10]. Применение внутренней рециркуляции позволяет:

- интенсифицировать процесс воспламенения в дополнительной камере и повысить энергетическую составляющую, вызванную перепадом давлений при дросселировании, и дополнительной турбулизации свежего заряда, для улучшения работы двигателя на детонационно опасных режимах 1100...1400 мин⁻¹, стимулируя возможность повышения степени сжатия до 2 единиц;

- улучшить экологические характеристики автомобиля, оснащенного двухполостным двигателем за счет наличия в дополнительной камере сгорания балластных газов, способствующих снижению температуры сгорания и уменьшению эмиссии окислов азота.

Литература

1. Вохмин Д.М. Количественная оценка дросселирования в двухкамерном дизельном двигателе// Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник.- 2020, № 4.- С. 8-11.
2. Вохмин Д.М. Анализ параметров энергии смеси образования в двигателях внутреннего сгорания поршневого типа // Научное обозрение. –2016. – № 18. – С. 60-65.
3. Козин Е. С., Базанов А. В. Электронные системы управления двигателем и системы безопасности автомобиля – Тюмень, – 2017. – 130 с.
4. Штайн Г. В., Панфилов А.А. Топливная экономичность дизелей с системой Adblue-Bluetec // Научное обозрение. -2016. -№ 1. -С. 115-118.
5. Congbiao Sui, Enzhe Song, Douwe Stapersma, Yu Ding Mean value modelling of diesel engine combustion based on parameterized finite stage cylinder process // Ocean Eng., – 136 (15) (2017), – pp. 218-232.
6. Vokhmin D. M. Research of throttled interchamber cross-flow in multifuel engine // В сборнике: Proceedings of the international conference actual issues of mechanical engineering 2017 (AIME 2017). 2017. С. 897-902.
7. Vokhmin D. M. Determination of the prechamber charge at throttled interchamber cross-flow// ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2017. Т. 12. № 19. С. 5560-5567.
8. Sangki Park, Youngkun Kim, Seungchul Woo, Kihyung Lee Optimization and calibration strategy using design of experiment for a diesel engine Appl. Therm. Eng., – 31 (2017) – pp. 244-259.

9. Vaibhav R. Wakode, Amarsingh B. Kanase-Patil Regression analysis and optimization of diesel engine performance for change in fuel injection pressure and compression ratio Appl. Therm. Eng., – 113 (2017), – pp. 322-333.

10. Vokhmin D. M. Optimization of mixing energy in two-chamber engines //Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2016. – Т. 7. – № 5. – P. 928-938.

Сведения об авторе:

Вохмин Дмитрий Михайлович, доцент кафедры Сервис автомобилей и технологических машин, Институт транспорта, Тюменский индустриальный университет.

Адрес: 625000, Уральский федеральный округ, Тюменская область, г. Тюмень, ул. Володарского, 38.

Телефон рабочий 83452539559, мобильный 89129240463,

e-mail: wokhmin@gmail.com.