

Bibliography (transliterated):

1. Matievskij D.D. Issledovanie teplovydelenija i pokazatelej raboty traktornogo dizelja Ch13/14 s polurazdelennoj kameroj sgoranija:

Поступила в редакцию 01.06.2013

Кулманаков Сергей Павлович – канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры двигателя внутреннего сгорания ФБГОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», Барнаул, Россия, e-mail: SPK_ICE@mail.ru; +7-905-985-3559

Кулманаков Сергей Сергеевич – инженер кафедры двигателя внутреннего сгорания ФБГОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», Барнаул, Россия, e-mail: Kulmanakov_SS@mail.ru ; +7-903-949-6148

Лысенко Александр Викторович – аспирант кафедры двигателя внутреннего сгорания ФБГОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», Барнаул, Россия, e-mail: iron_head1989@mail.ru ; +7-961-236-3281

ВПЛИВ СКЛАДУ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ПАЛИВ НА ФОРМУВАННЯ ІНДИКАТОРНОГО ККД ДИЗЕЛЯ

С.П.Кулманаков, С.С.Кулманаков, А.В.Лысенко

У даній статті розглянуто вплив елементарного складу альтернативних палив на індикаторний ККД дизеля. Проведене розрахункове дослідження дозволило оцінити вплив різного складу робочого тіла на коефіцієнти невикористання теплоти в циклі, пов'язані із зміною складу робочого тіла. Наведено результати експериментального дослідження при роботі на паливах з різним співвідношенням вуглецю і водню. В якості об'єкта дослідження було обрано двигун 1Ч 13/14, що працює на сумішевих біопаливах на основі етилового ефіру ріпакової олії та етанолу.

INFLUENCE OF ALTERNATIVE FUELS FOR THE FORMATION OF DIESEL INDICATED EFFICIENCY

S.P.Kulmanakov, S.S.Kulmanakov, A.V.Lysenko

In this article the influence of the elemental composition of alternative fuels on the indicated efficiency of diesel is considered. A computational study allowed to estimate the effect of different composition of the working body on the coefficients of non-use of heat in the cycle associated with changes in the composition of the working fluid. The results of the pilot study while working on fuel with different ratios of carbon and hydrogen are given. The engine 1ЧН 13/14 was chosen as a object of the study. Engine works on mixed biofuels based on ethyl ester of rapeseed oil and ethanol.

УДК 536.46: 662.61

А.П. Сеначин, П.К. Сеначин

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЯВЛЕНИЯ СТУКА ПЕРЕД ФРОНТОМ ПЛАМЕНИ В ДВИГАТЕЛЕ С ИСКРОВОМ ЗАЖИГАНИЕМ НА ОСНОВЕ ДЕТАЛЬНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ КИНЕТИКИ

Приведены результаты численного моделирования пределов самовоспламенения смесей изооктана и н-гептана перед фронтом пламени в двигателе с искровым зажиганием в фазовой плоскости «частота вращения – угол зажигания» при варьировании степени сжатия и коэффициента избытка воздуха. Предложенные математическая модель и детальный кинетический механизм удовлетворительно описывают процесс самовоспламенения смеси и могут быть использованы для прогнозирования пределов стука или детонации в двигателях. Подтверждено существование полуострова самовоспламенения смеси в указанной фазовой плоскости. Влияние термодинамических, конструктивных, геометрических, динамических и других параметров процесса на самовоспламенение соответствует известным экспериментальным данным.

Введение

Проблема жесткого сгорания, со стуком или детонацией, в двигателях внутреннего сгорания с искровым зажиганием все еще далека от окончательного решения [1-3]. В настоящее время исследователи решают эту задачу с привлечением детальной кинетики химических реакций [4-8]. Однако, неэмпирические детальные кинетические меха-

низмы (ДКМ) окисления углеводородов бензиновых фракций содержат тысячи элементарных реакций и сотни частиц, что является серьезным препятствием для применения подобных ДКМ при численном моделировании процессов горения в ДВС. Кроме того, в настоящее время эти ДКМ или отсутствуют или практически недоступны (полностью не опубликованы). Данная работа посвящена

численному моделированию самовоспламенения смеси изооктана и н-гептана с воздухом на основе сокращенного ДКМ.

Использованный в названии статьи термин «стук» (аналогичный англоязычному «knock»), который в последнее время часто заменяют термином «детонация», обозначает ненормальное сгорание смеси в ДВС с искровым зажиганием в конце рабочего цикла (с образованием ударных волн), в течение многих лет используется в русскоязычной литературе. Поскольку истинная детонация при этом реализуется не всегда, старый термин точнее.

В работе также используется термин «полуостров воспламенения» для обозначения области, где реализуется рассматриваемое явление в плоскости «частота вращения – угол зажигания», в некотором смысле подобный аналогичному термину, используемому для обозначения области, ограниченной первым и вторым пределом воспламенения смеси водорода с кислородом в плоскости «температура - давление».

Кинетический механизм

Принятый (на основе разработок Института химической физики им. Н.Н. Семенова РАН) ДКМ 43/31 включает 43 реакции и 31 частицу (таблица 1) и состоит из: блока самовоспламенения и редукции к углеводородам $C_1 - C_2$ (реакции 1-28), и блока реакций самовоспламенения $C_1 - C_2$ (реакции 29-43) [5-7]. Верификация ДКМ 43/31 на гомогенном реакторе идеального смешивания показала, что он удовлетворительно воспроизводит двухстадийность воспламенения углеводородов [8], результаты расчетов близки к результатам моделирования по ДКМ 284/43 и другим [5-7]. Постановка задачи соответствует работе [9]. Моделирование проводится применительно к характеристикам двигателя автомобиля «Renault Logan» типа «K7J 710» размерностью 4Ч 7,95/7 для модельных смесей, соответствующих бензину с октановым числом (ОЧ), равным 90 (90 % изооктана C_8H_{18} и 10 % н-гептана C_7H_{16}).

Таблица 1. Сокращенный ДКМ 43/31

№ пп.	Детальный кинетический механизм
1	$C_7H_{16} \rightarrow C_7H_{15} + H$
2	$C_7H_{15} \rightarrow C_6H_{12} + CH_3$
3	$C_6H_{12} + O_2 \rightarrow C_2H_3 + C_2H_5 + CH_4 + CO_2$
4	$C_7H_{16} + OH \rightarrow C_7H_{15} + H_2O$
5	$C_7H_{15} + O_2 \rightarrow C_7H_{15}O_2$
6	$C_7H_{15}O_2 \rightarrow C_7H_{15} + O_2$
7	$C_7H_{15}O_2 + C_7H_{16} \rightarrow C_7H_{15}O_2H + C_7H_{15}$

8	$C_7H_{16} + O_2 \rightarrow C_7H_{15} + HO_2$
9	$C_7H_{16} + CH_3O_2 \rightarrow CH_3O_2H + C_7H_{15}$
10	$C_7H_{15}O_2H \rightarrow C_7H_{15}O + OH$
11	$C_7H_{15}O \rightarrow C_6H_{11} + CH_3 + OH$
12	$C_6H_{11} + 2O_2 \rightarrow C_2H_3 + 2CH_4 + 2CO_2$
13	$C_7H_{15}O_2 + C_7H_{15} \rightarrow 2C_7H_{15}O$
14	$C_7H_{15}O_2 + HO_2 \rightarrow C_7H_{15}O_2H + O_2$
15	$C_7H_{15} + HO_2 \rightarrow C_7H_{15}O + OH$
16	$C_8H_{18} \rightarrow C_8H_{17} + H$
17	$C_8H_{17} \rightarrow C_6H_{12} + C_2H_5$
18	$C_8H_{18} + OH \rightarrow C_8H_{17} + H_2O$
19	$C_8H_{17} + O_2 \rightarrow C_8H_{17}O_2$
20	$C_8H_{17}O_2 \rightarrow C_8H_{17} + O_2$
21	$C_8H_{17}O_2 + C_8H_{18} \rightarrow C_8H_{17}O_2H + C_8H_{17}$
22	$C_8H_{18} + O_2 \rightarrow C_8H_{17} + HO_2$
23	$C_8H_{18} + CH_3O_2 \rightarrow CH_3O_2H + C_8H_{17}$
24	$C_8H_{17}O_2H \rightarrow C_8H_{17}O + OH$
25	$C_8H_{17}O \rightarrow C_6H_{11} + CH_3 + CH_3O$
26	$C_8H_{17}O_2 + C_8H_{17} \rightarrow 2C_8H_{17}O$
27	$C_8H_{17}O_2 + HO_2 \rightarrow C_8H_{17}O_2H + O_2$
28	$C_8H_{17} + HO_2 \rightarrow C_8H_{17}O + OH$
29	$H + O_2 \rightarrow HO_2$
30	$OH + H_2O_2 \rightarrow HO_2 + H_2O$
31	$H_2O_2 \rightarrow 2OH$
32	$2HO_2 \rightarrow H_2O_2 + O_2$
33	$CH_2O + OH \rightarrow HCO + H_2O$
34	$HCO + O_2 \rightarrow HO_2 + CO$
35	$CH_3 + O_2 \rightarrow CH_3O_2$
36	$CH_3O_2 \rightarrow CH_3 + O_2$
37	$CH_3O_2 \rightarrow CH_2O + OH$
38	$CH_3O \rightarrow CH_2O + H$
39	$C_2H_4 + OH \rightarrow C_2H_3 + H_2O$
40	$C_2H_3 + O_2 \rightarrow C_2H_2 + HO_2$
41	$C_2H_3 + CH_2O \rightarrow HCO + C_2H_4$
42	$C_2H_5 + O_2 \rightarrow C_2H_4 + HO_2$
43	$C_2H_5 + OH \rightarrow CH_3 + CH_3O$

Математическая модель

Модель процесса фронтального горения смеси в ДВС с искровым зажиганием и самовоспламенения (теплового взрыва) перед фронтом пламени включает уравнения (в функции угла ПКВ φ):

- динамики объема

$$\dot{V} = V_c \frac{\varepsilon - 1}{2} \sin\varphi \left(1 + \frac{\cos\varphi}{\sqrt{1/\lambda^2 - \sin^2\varphi}} \right), \quad (1)$$

где $\dot{V} = dV/d\varphi$ - производная объема по углу ПКВ; V_c - объем камеры сгорания; ε - геометрическая степень сжатия; $\lambda = r/l$ - отношение радиуса кривошипа к длине шатуна;

$$V_u = (m_a/M_u)(1-x)RT_u/p, \quad (2)$$

где m_a - полная масса смеси в цилиндре двигателя; M_u - средняя молекулярная масса свежей смеси; R - универсальная газовая постоянная; T_u - температура зоны свежей смеси; p - давление в цилиндре двигателя; x - массовая доля сгоревшей смеси в цилиндре двигателя;

$$V_b = V - V_u, \quad (3)$$

- скорости горения на фронте пламени

$$\dot{x} = \frac{F_f}{2\pi n} \cdot \frac{1-x}{V_u} \sqrt{S_u^2 + u_t^2}, \quad (4)$$

где F_f - площадь поверхности фронта пламени, определяемая как поверхность сферических сечений рабочего объема через приведенную координату фронта пламени r_f и текущую координату поршня z ; n - частота вращения;

- нормальной скорости пламени

$$S_u = S_{u0} (p/p_0)^{m_p} (T_u/T_0)^{m_T}, \quad (5)$$

где S_{u0} - нормальная скорость пламени при нормальных условиях; p_0, T_0 - давление и температура при нормальных условиях;

- скорости турбулентных пульсаций на фронте пламени

$$u_t = k_{nop} \langle u_{nop} \rangle = 4rnk_{nop} \cong 4,2rn, \quad (6)$$

где k_{nop} и $\langle u_{nop} \rangle$ - эмпирический коэффициент

и средняя скорость поршня;

- динамики давления в цилиндре двигателя

$$\begin{aligned} \dot{p} \left(V - V_u \frac{R}{C_{pu}} - V_b \frac{R}{C_{pb}} \right) = -p\dot{V} - \\ - p\dot{x} \left[\frac{V_u}{1-x} \left(\frac{H_u}{C_{pb}T_u} - 1 \right) - \frac{V_b}{x} \left(\frac{H_b}{C_{pb}T_b} - 1 \right) \right] + \\ + \dot{Q}_u \frac{R}{C_{pu}} + \dot{Q}_b \frac{R}{C_{pb}}, \quad (7) \end{aligned}$$

где \dot{Q}_u и \dot{Q}_b - теплообмен со стенками цилиндра, поршня и крышки зон свежей смеси и продуктов сгорания, соответственно; C_{pu} , C_{pb} и H_u , H_b - средние молярные теплоемкости и энтальпии свежей смеси и продуктов сгорания;

- скоростей химических реакций в смеси перед фронтом пламени

$$W_i = k_p (p/p_0) k_i T^{n_i} \prod_{ij} A_j \exp(-E_i/RT), \quad (8)-(50)$$

где k_p - коэффициент влияния давления на скорость химической реакции; k_i и E_i - предэкспонент константы скорости и энергия активации i -ой реакции (таблица 1); A_j - концентрации j -ой компоненты частиц, вступающих в i -ю реакцию;

- динамики температуры свежей смеси

$$\frac{\dot{T}_u}{T_u} = \frac{R}{C_{pu}} \left(\frac{\dot{p}}{p} + \frac{\dot{Q}_u}{pV_u} - \frac{1}{2\pi n p} \sum_i h_i W_i \right), \quad (51)$$

где h_i - теплота (энтальпия) i -ой реакции;

- средней температуры продуктов сгорания

$$T_b = pV_b M_b / (m_a R x); \quad (52)$$

- концентраций компонентов свежей смеси

$$\dot{A}_j = \frac{W_j}{2\pi n} + A_j \left(\frac{\dot{p}}{p} - \frac{\dot{T}_u}{T_u} - \frac{RT_u}{2\pi n p} \sum_i W_i \right) \quad (53)-(83)$$

и начальные условия в моменты закрытия впускного клапана (индекс a) и зажигания (индекс 1):

$$\varphi = \varphi_a, \quad p = p_a, \quad T_u = T_a, \quad A_j = A_{aj}, \quad (84)$$

$$\varphi = \varphi_1, \quad p = p_1, \quad T_u = T_1, \quad A_j = A_{aj}. \quad (85)$$

Численное моделирование

Интегрирование системы уравнений (1)-(85) проводилось по собственной программе, с привлечением специальных методов интегрирования систем жестких уравнений. На рисунке 1 представлены зависимости критического угла опережения зажигания, обеспечивающего сгорание без стука и детонации, от частоты вращения коленчатого вала при различных значениях степени сжатия и коэффициента избытка воздуха. Характер зависимостей соответствует результатам, ранее полученным в [9] с использованием макрокинетического уравнения для химической реакции самовоспламенения смеси перед фронтом пламени. Видно, что существует вполне определенная область углов зажигания, для которых в некоторый момент времени фронтальный режим горения смеси переходит в объемный (со стуком или детонацией) из-за самовоспламенения смеси перед фронтом пламени.

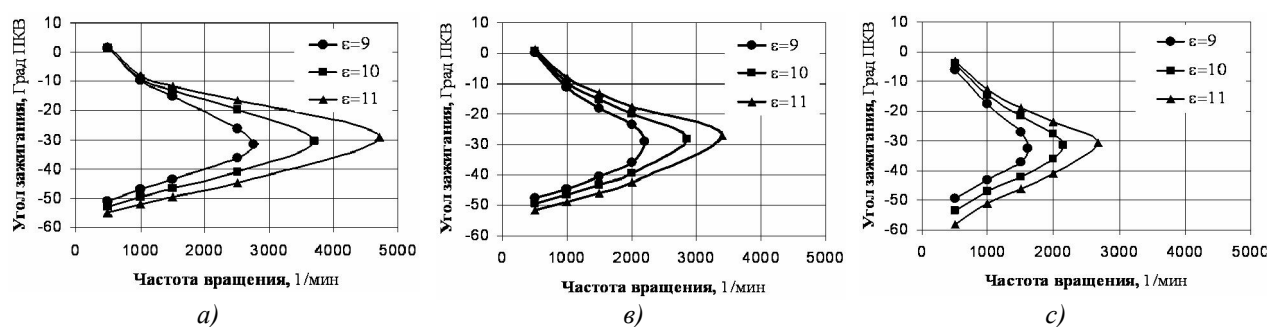


Рис. 1. Графики зависимостей критического угла зажигания φ_1 от частоты вращения вала n при различных значениях степени сжатия ε для смесей разного стехиометрического состава.

Вне полуострова самовоспламенение отсутствует, внутри полуострова – область стука или детонации.

$a - \alpha = 0,8$; $b - \alpha = 1,0$; $c - \alpha = 1,2$

На рисунке 2 приведена динамика самовоспламенения (теплового взрыва) стехиометрической смеси ($\alpha = 1,0$) перед фронтом пламени при степени сжатия $\varepsilon = 11$ и частоте вращения вала $n = 2500$ мин^{-1} для значения угла зажигания $\varphi_1 = -30$ Град ПКВ. Можно отметить следующие особенности динамики процесса самовоспламенения. Температура смеси перед фронтом пламени T_u после момента зажигания плавно растет в результате процессов сжатия поршнем и продуктами фронтального горения смеси. Далее она проходит две точки перегиба во время холоднотеплой стадии, а при переходе ко второй стадии самовоспламенения, проходит третью точку перегиба. Затем в процессе объемного взрывного горения оставшейся смеси температура резко возрастает. При наступлении холоднотеплой стадии самовоспламенения резко возрастает и затем падает концентрация изооктанового перекисного радикала $C_8H_{17}O_2$, при этом максимальное значение концентрации достигает 4600 ppm (рисунок 2, линия 2).

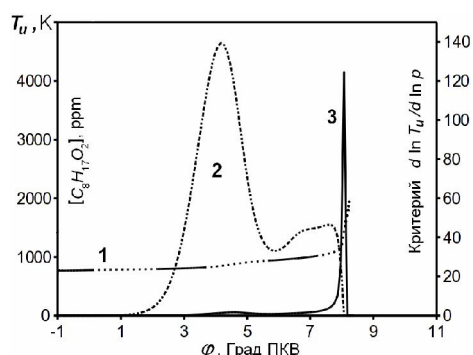


Рис. 2. Динамика самовоспламенения смеси перед фронтом пламени: 1 - температура смеси T_u ; 2 - концентрация радикала $C_8H_{17}O_2$ в единицах ppm; 3 - величина критерия (86)

Дифференциальный критерий самовоспламенения [2]

$$d \ln T_u / d \ln p = \text{const} \quad (86)$$

в начале фронтального горения смеси близок к нулю, во время холоднотеплой стадии перед фронтом пламени его величина достигает нескольких единиц (порядка 1-3) и падает практически до нуля. Причем локальный максимум функции совпадает с максимумом концентрации радикала $C_8H_{17}O_2$ (рисунок 2, линия 3). При переходе ко второй стадии теплового взрыва величина критерия резко возрастает до значения порядка 120. При моделировании углеводородных смесей в двигателе в качестве условия самовоспламенения можно принять значение критерия (86) порядка 20-30.

Отметим, что ранее при теоретическом решении задач самовоспламенения смеси при адиабатическом сжатии, в том числе в ДВС с искровым зажиганием [2, 9], с уравнением макрокинетики, численное значение дифференциального критерия (86) принималось равным единице $d \ln T_u / d \ln p = 1$.

Заключение

Численное моделирование самовоспламенения смеси перед фронтом пламени в ДВС с искровым зажиганием на основе ДКМ 43/31 показывает:

- предложенный ДКМ 43/31 для смесей изооктана и н-гептана с воздухом удовлетворительно описывает процесс самовоспламенения смеси перед фронтом пламени и может быть использован для прогнозирования пределов стука (детонации);
- подтверждено существование полуострова самовоспламенения перед фронтом пламени в фазовой плоскости «частота вращения вала – угол зажигания», ранее полученного с уравнением макрокинетики [9];
- с использованием ДКМ подтверждено влияние термодинамических, конструктивных, геометрических, динамических и других параметров про-

цесса на самовоспламенение смеси перед фронтом пламени в ДВС с искровым зажиганием;

- при самовоспламенении углеводородных смесей в двигателе динамика температуры перед фронтом пламени имеет три точки перегиба по причине двустадийности процесса;

- при самовоспламенении смесей изооктана и н-гептана в ДВС с искровым зажиганием концентрация радикала $C_8H_{17}O_2$ последовательно проходит четко выраженные максимум и минимум на первой (холоднопламенной) стадии процесса, а на второй стадии (перехода к объемному взрыву или детонации) стремится к нулю, что может быть использовано при численном моделировании;

- дифференциальный критерий (86) при самовоспламенении смесей изооктана и н-гептана с воздухом в двигателе имеет два максимума, первый (при прохождении холоднопламенной стадии) является слабовыраженным с численным значением 1-3, а второй (на стадии перехода к взрыву) подобен дельта-функции с максимумом порядка 100-120. При численных расчетах за условие самовоспламенения можно положить достижение критерием (86) значения порядка 20-30.

Список литературы:

1. Воинов, А.Н. Сгорание в быстроходных поршневых двигателях [Текст] / А.Н. Воинов.- М.: Машиностроение, 1977.- 277 с. 2. Сеначин, П.К. Самовоспламенение газа перед фронтом пламени в закрытом сосуде [Текст] / П.К. Сеначин, В.С. Бабкин // Физика горения и взрыва.- 1982.- Т. 18, № 1.- С. 3-8. 3. Bradley, D. Influence of Autoignition Delay Time Characteristics of Different Fuels on Pressure Waves and Knock in Reciprocating Engines [Text] / D. Bradley, G.T. Kalghatgi // Combustion and Flame.- 2009.- Vol. 156.- No. 8.- P. 2307-2318. 4. Варнац, Ю. Моделирование процессов горения с помощью детальной кинетики элементарных реакций [Текст] / Ю. Варнац // Химическая физика.- 1994.- Т. 13, № 2.- С. 3-16. 5. Басевич, В.Я. Сокращенная кинетическая схема для моделирования самовоспламенения воздушных смесей изооктана и н-гептана в течение периода индукции применительно к двигателям внутреннего сгорания [Текст] / В.Я. Басевич, С.М. Фролов // Химическая физика.- 1994.- Т. 13, № 8-9.- С. 146-156. 6. Басевич, В.Я. Моделирование

самовоспламенения изооктана и н-гептана применительно к условиям ДВС [Текст] / В.Я. Басевич, А.А. Беляев, В. Брандштетер, М.Г. Нейгауз, Р. Ташл, С.М. Фролов // Физика горения и взрыва.- 1994.- Т. 30, № 6.- С. 15-25. 7. Басевич, В.Я. Моделирование задержек самовоспламенения метановоздушных смесей в двигателе внутреннего сгорания [Текст] / В.Я. Басевич, В.И. Веденеев, В.С. Арутюнов // Физика горения и взрыва.- 1994.- Т. 30, № 21.- С. 7-14. 8. Сеначин, А.П. Численное моделирование самовоспламенения смесей изооктана и н-гептана с воздухом перед фронтом пламени в поршневых двигателях с искровым зажиганием [Текст] / А.П. Сеначин, П.К. Сеначин // Ползуновский вестник.- 2010.- № 1.- С. 3-12. 9. Сеначин, П.К. Самовоспламенение смеси перед фронтом пламени в поршневых двигателях с искровым зажиганием [Текст] / П.К. Сеначин, В.С. Бабкин, А.В. Борисенко // Физика горения и взрыва.- 1997.- Т. 33, № 6.- С. 3-13.

Bibliography (transliterated):

1. Voinov, A.N. Sgoranie v bystrohodnykh porshnevyykh dvigatelyah [Tekst] / A.N. Voinov. M.: Mashinostroenie, 1977. 277 s. 2. Senachin, P.K. Samovosplamnenie gaza pered frontom plameni v zakrytom sosude [Tekst] / P.K. Senachin, V.S. Babkin // Fizika gorennya i vzryiva. 1982. T. 18. No. 1. S. 3-8. 3. Bradley, D. Influence of Autoignition Delay Time Characteristics of Different Fuels on Pressure Waves and Knock in Reciprocating Engines [Text] / D. Bradley, G.T. Kalghatgi // Combustion and Flame. 2009. Vol. 156. No. 8. P. 2307-2318. 4. Varnats, Yu. Modelirovanie protsessov gorennya s pomoshchyu de-talnoy kinetiki elementarnykh reaktsiy [Tekst] / Yu. Varnats // Himicheskaya fizika. 1994. T. 13. No. 2. S. 3-16. 5. Basevich, V.Ya. Sokraschennaya kineticheskaya shema dlya modelirovaniya samovosplamneniya vozdushnykh smesey izooktana i n-geptana v techenie perioda induktsii pri-menitelno k dvigatelyam vnutrennego sgoraniya [Tekst] / V.Ya. Basevich, S.M. Frolov // Himicheskaya fizika. 1994. T. 13, No. 8-9. S. 146-156. 6. Basevich, V.Ya. Modelirovanie samovosplamneniya izooktana i n-geptana primeni-telno k usloviyam DVS [Tekst] / V.Ya. Basevich, A.A. Belyaev, V. Brandshteter, M.G. Neygauz, R. Tashl, S.M. Frolov // Fizika gorennya i vzryiva. 1994. T. 30. No. 6. S. 15-25. 7. Basevich, V.Ya. Modelirovanie zaderzhek samo-vo-splamneniya metanovoz-dushnykh smesey v dvigatele vnutrennego sgoraniya [Tekst] / V.Ya. Basevich, V.I. Vedeneev, V.S. Arutyunov // Fizika gorennya i vzryiva. 1994. T. 30. No. 21. S. 7-14. 8. Senachin, A.P. Chislennoe modelirovanie samovosplamneniya smesey izooktana i n-geptana s vozduhom pered frontom plameni v porshne-vyih dvigatelyah s iskrovyim zazhiganiem [Tekst] / A.P. Senachin, P.K. Senachin // Polzunovskiy vestnik. 2010. No. 1. S. 3-12. 9. Senachin, P.K. Samovosplamnenie smesi pered frontom plameni v porshnevyykh dvigatelyah s is-krovyim zazhiganiem [Tekst] / P.K. Senachin, V.S. Babkin, A.V. Borisenko // Fizika gorennya i vzryiva. 1997. T. 33. No. 6. S. 3-13

Поступила в редакцию 04.06.2013

Сеначин Андрей Павлович – канд. техн. наук, докторант кафедры двигателей внутреннего сгорания Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова «АлтГТУ», Барнаул, Россия, e-mail: senachin.ap@yandex.ru

Сеначин Павел Кондратьевич – доктор техн. наук, проф., профессор кафедры двигателей внутреннего сгорания Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова «АлтГТУ», Барнаул, Россия, e-mail: senachinp@mail.ru

МОДЕЛЮВАННЯ ЯВИЩА СТУК ПЕРЕД ФРОНТОМ ПОЛУМ'І У ДВИГУНІВ З ІСКРОВИМ ЗАПАЛЮВАННЯМ НА ОСНОВІ ДЕТАЛЬНОЇ ХІМІЧНОЇ КІНЕТИКИ

А.П. Сеначін, П.К. Сеначін

Наведено результати чисельного моделювання меж самозаймання сумішей ізооктана і нормального гептану перед фронтом полум'я в двигуні з іскровим запалюванням у фазовій площині «частота обертання - кут запалювання» при

варіюванні ступеня стиснення і коефіцієнта надлишку повітря. Запропоновані математична модель і детальний кінетичний механізм задовільно описують процес самозаймання суміші і можуть бути використані для прогнозування меж стукну або детонації у двигунах. Підтверджено існування півострова самозаймання суміші у зазначеній фазовій площині. Вплив термодинамічних, конструктивних, геометричних, динамічних та інших параметрів процесу на самозаймання відповідає відомим експериментальним даним.

SIMULATION OF THE PHENOMENA A KNOCK BEFORE OF THE FLAME FRONT IN THE SPARK IGNITION ENGINE ON THE BASIS OF A DETAILED CHEMICAL KINETICS

A.P. Senachin, P.K. Senachin

The results of numerical simulation of ignition limits of mixtures of normal heptane, isooctane and the flame front of a spark ignition engine in the phase plane of the frequency of rotation - the ignition angle when varying the compression ratio and the excess air ratio is offered. The proposed mathematical model and a detailed kinetic mechanism satisfactorily describe the process of spontaneous combustion mixture and can be used to predict the limits of a knock or detonation engines. The existence of the peninsula ignition mixture in said phase plane is proved. The influence of thermodynamic, structural, geometric, dynamic, and other process parameters on the self-ignition consistent with the known experimental data.

УДК 621.43.03

I.A. Швець

ВИЗНАЧЕННЯ ВИХІДНИХ ПАРАМЕТРІВ ГАЗОПОВІТРЯНОГО ПОТОКУ ПРИ РУСІ ЧЕРЕЗ ЗМІШУВАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ

Розглянуто питання щодо визначення вихідних параметрів газоповітряного потоку як перший етап чисельного моделювання. Наведено математичні залежності, які значно спрощують отримання чисельних значень вихідних параметрів і, відповідно, вхідних для роботи з CFD комплексами. Вихідними параметрами які підлягають визначенню перед чисельним моделюванням, є перепад тиску в змішувальному пристрої та швидкість потоку на виході. Розглянуто основні допущення, які можуть застосовуватись при роботі з математичними залежностями, та відмічено їх вплив на точність отримання вихідних параметрів газового потоку.

Вступ

Моделювання параметрів потоку газу (рідини) з використанням розрахункових Computational fluid dynamics (CFD) комплексів типу ANSYS, Flow Vision та інших на сьогодні являє собою складний та кропіткий процес, який вимагає від дослідника:

- фундаментальних знань з гідро- та газодинаміки, для вибору математичної моделі обрахунку параметрів потоку у відповідності до поставленого завдання;

- вмінь швидко та якісно готувати початкові дані для препроцесору;

- навичок роботи на ПЕОМ з інтерфейсом конкретного CFD комплексу;

- значних затрат часу на розрахунок та обробку результатів.

Витрати часу на розв'язання конкретних завдань залежать від:

- 1) складності геометрії фасеткової моделі;
- 2) рівня складності завдання, що розв'язується та обраної для його розв'язання математичної моделі;
- 3) кількості та розмірів кінцевих елементів;
- 4) початкових параметрів потоку, початкових та граничних умов системи, тощо.

Постановка проблеми. Для досягнення найбільшої достовірності результатів, що будуть отримані

мані в ході чисельного експерименту, необхідно забезпечити його тісний взаємозв'язок з натурним експериментом. Тому дані, отримані в ході попереднього натурального дослідження, є основою для дослідження чисельного. За умови відсутності даних, отриманих в ході експериментального дослідження, початкові дані для подальшого чисельного експерименту можуть бути отримані розрахунковим шляхом. Застосування початкових даних, отриманих розрахунковим шляхом, значно зменшує витрати часу при проведенні чисельного експериментального дослідження. Тому отримання математичних залежностей, що дозволять суттєво зменшити час на підготовку початкових даних та обрахунок результатів є на сьогодні актуальним завданням.

В даному випадку вирішується завдання дослідження характеру протікання процесів в камері змішувального пристрою сучасними електронно-обчислювальними засобами із застосуванням програмного комплексу Flow Vision з метою визначення ефективності їх протікання. В даній роботі буде розглянуто математичні залежності щодо визначення попередніх параметрів потоку для підготовки та реалізації чисельного експерименту.

Викладення основного матеріалу

При протіканні повітряного потоку змішувач газу може розглядатись як місцевий опір. Для ви-