

РАСЧЁТ ПРОЦЕССА СГОРАНИЯ ГАЗОВОГО ДВИГАТЕЛЯ С ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ ЗАЖИГАНИЯ

**Ф.И. Абрамчук, профессор, д.т.н., А.Н. Кабанов, аспирант,
С.В. Салдаев, аспирант, ХНАДУ**

Аннотация. Предложена методика расчёта процесса сгорания газового двигателя с высокоэнергетической системой зажигания. Разработана методика получения переменного показателя m из экспериментальных индикаторных диаграмм.

Ключевые слова: процесс сгорания, индикаторная диаграмма, показатель сгорания, кривая тепловыделения, газовый ДВС.

Введение

Процесс горения в цилиндре ДВС является сложным комплексом физических и химических явлений, который в настоящее время очень сложно описать аналитически без каких-либо допущений. Поэтому для расчёта рабочего процесса целесообразно использовать упрощённую модель, которая определяет закономерность тепловыделения.

Моделям процесса сгорания в двигателях с искровым зажиганием посвящено большое количество работ. Это модели Генкина К.И. [1], Иноземцева Н.В. [2], Черняка Б.Я. [4], Звонова В.А. [5] и др. Одной из простых и удобных в использовании моделей является методика Вибе И.И. [5]. Однако использование этой модели требует обработки индикаторных диаграмм, и чем больше точность экспериментальных данных, тем выше достоверность расчёта процесса сгорания. Использование автоматизированного комплекса для исследования и диагностики автотракторных двигателей «ИВК ДВС» [6] с регистрацией давлений через 1 °п.к.в. позволяет оперативно обрабатывать индикаторные диаграммы, получая зависимости тепловыделения (рис. 1).

Однако данная модель имеет недостаток. В качестве исходных данных основная величина, определяющая характер протекания процесса сгорания во времени – показатель сгорания m – задаётся как постоянная величина, в то время как в работе Филипповского А.И. [8] показано, что этот показатель изменяется с течением времени.

В то же время, методика Филипповского А.И. разрабатывалась для дизельных двигателей. Известно, что существует большая разница в протекании процесса сгорания в дизельных ДВС и двигателях с искровым зажиганием. Так, в дизелях

максимальное количество теплоты обычно выделяется в начале процесса сгорания ($m = 0,1-1,2$), в то время как в двигателях с искровым зажиганием – приблизительно в середине данного процесса ($m = 3-4$) [6]. Кроме того, отсутствуют рекомендации по выбору показателя процесса сгорания в ДВС с высокоэнергетической системой зажигания.

Поэтому уравнения, предложенные Филипповским А.И. для расчёта показателя сгорания m , для решения поставленной задачи не подходят. Следовательно возникает необходимость разработки методики для исследования процесса сгорания в ДВС подобного типа, что возможно сделать только основываясь на результатах экспериментальных исследований.

Цель и постановка задачи

Исходя из вышеизложенного, целью данного исследования является разработка метода определения величины переменного показателя m в процессе сгорания, а также разработка математической модели расчёта процесса сгорания газового ДВС с высокоэнергетической системой зажигания, используя переменный показатель m .

Методика определения переменного показателя m из экспериментальных данных и разработка математической модели

Кроме того, была разработана методика для определения переменного показателя m в процессе сгорания вида $m = f(\bar{T}, x)$

$$m_i = -1 - \log_{\bar{T}_i} \frac{-6,908}{\ln(1-x_i)},$$

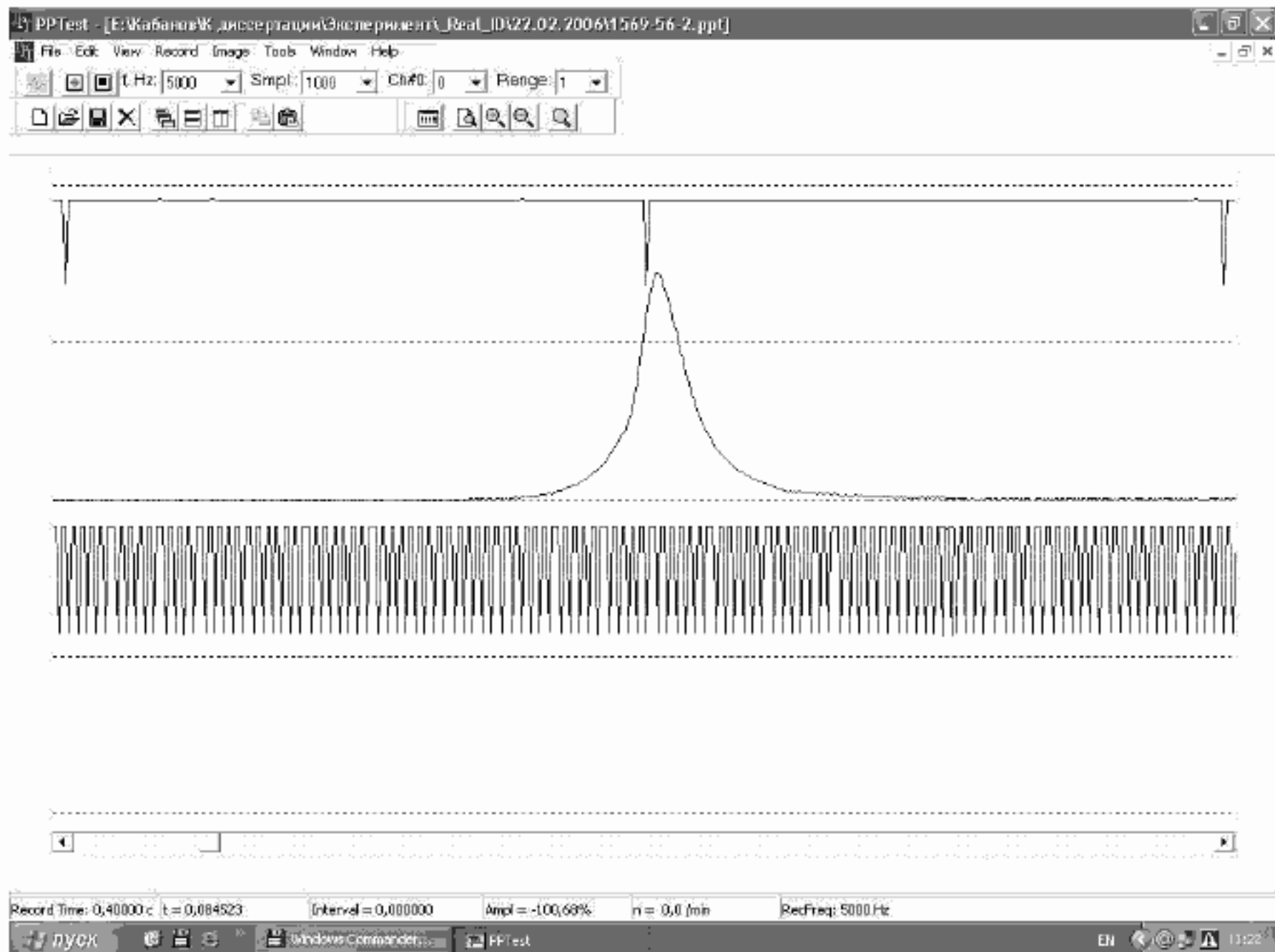


Рис. 1. Копия экрана процедуры снятия индикаторной диаграммы в цилиндре газового ДВС 6Ч 13/14

где m_i – показатель сгорания; $\bar{t}_i$ – относительное время, $\bar{t}_i = t_i/t_z$; x_i – доля топлива, которая выгорела к моменту $\bar{t}_i$; i – порядковый номер элемента в массиве.

Постоянный показатель сгорания определялся по методике, описанной в [6]. При обработке индикаторной диаграммы его постоянное значение составило 3,4.

На основе результатов обработки экспериментальных данных были разработаны формулы для определения переменного показателя m при расчёте процесса сгорания.

При $\bar{t}_i \leq 0,4$

$$m_i = \frac{0,0028 \cdot 0,6845 + 7,6885 \cdot \bar{t}_i^{0,6053}}{0,6845 + \bar{t}_i^{0,6053}}.$$

При $\bar{t}_i > 0,4$

$$m_i = 21,792 - 156,30 \cdot \bar{t}_i + 487,57 \cdot \bar{t}_i^2 - \dots - 654 \cdot \bar{t}_i^3 + 314,7 \cdot \bar{t}_i^4.$$

Расчёт процесса сгорания при постоянном и переменном m и сравнение с результатами эксперимента

На рис. 2, 3, 4 приведены результаты расчётов при постоянном m , определённом по методике Вибе, и при переменном показателе m , рассчитанном по приведенной модели, в сравнении с результатами эксперимента.

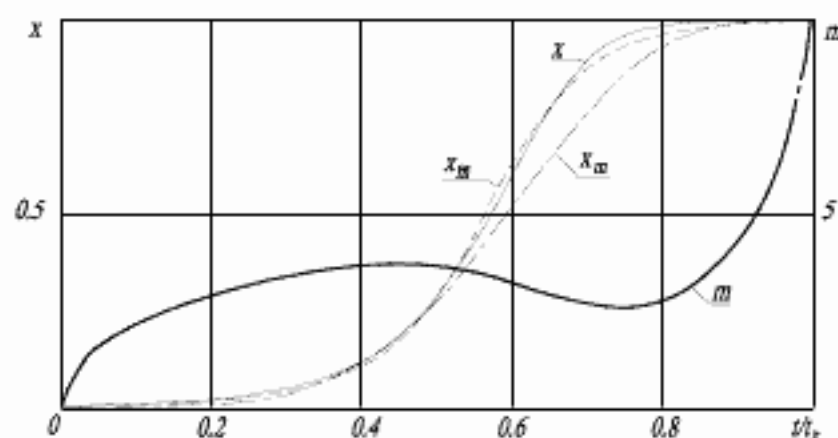


Рис. 2. Расчётные x , x_m , $x_{\bar{m}}$ и экспериментальная m кривые тепловыделения

В табл. 1 приведены результаты обработки расчётных и экспериментальной индикаторных диаграмм на среднее индикаторное давление. В данной таблице p_{im} , $p_{i\bar{m}}$, p_i – индикаторные давления

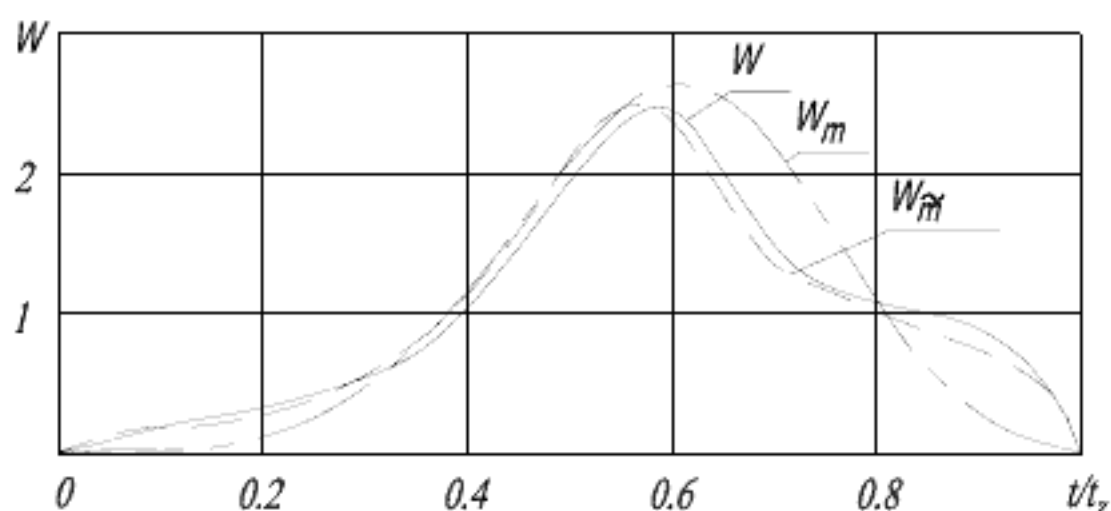


Рис. 3. Расчётные $W_m, \bar{W}_m$ и экспериментальная W кривые скоростей тепловыделения

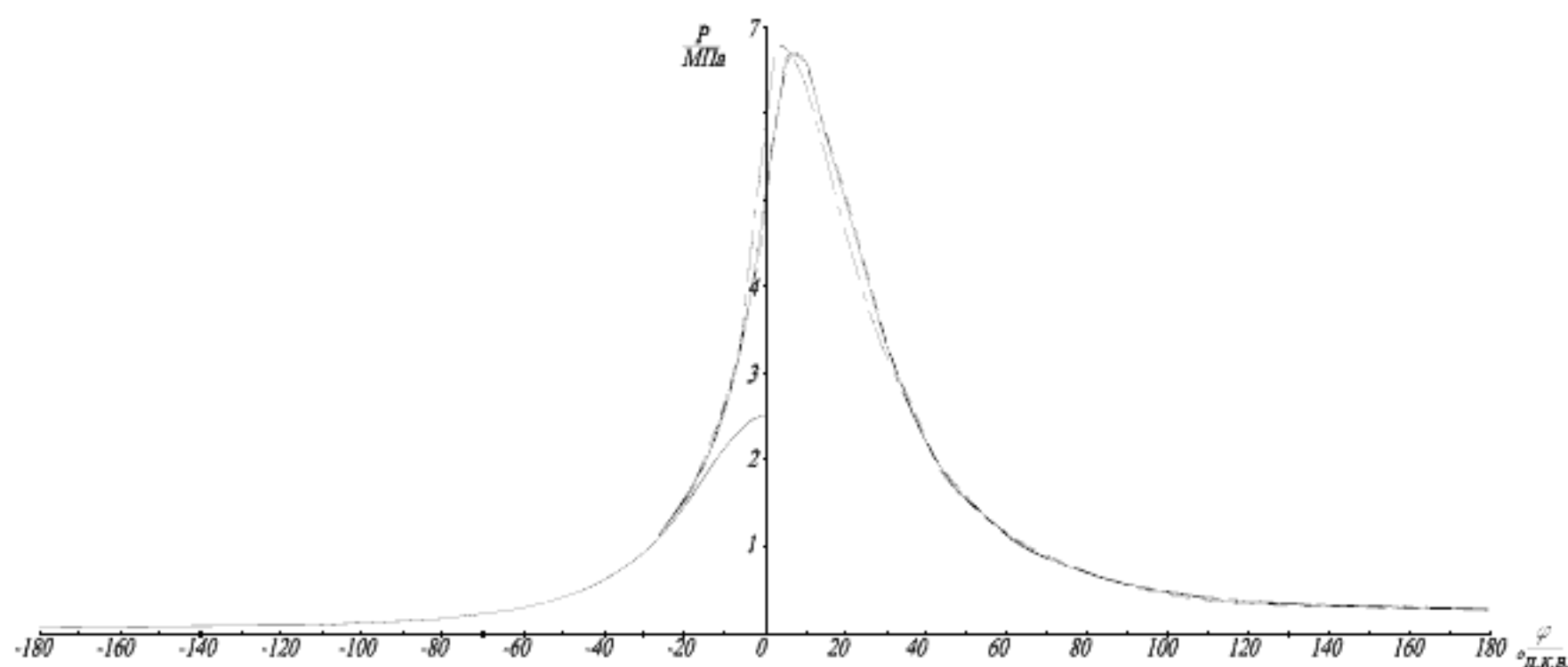


Рис. 4. Расчётные и экспериментальная индикаторные диаграммы: — — — — — индикаторная диаграмма, рассчитанная по модели Вибе с постоянным показателем m ; — · — · — · — индикаторная диаграмма, рассчитанная по модели с переменным показателем m ; — — — — — экспериментальная индикаторная диаграмма

давления, полученные при обработке индикаторных диаграмм, рассчитанных по методу Вибе с постоянным m , по модели с переменным m и полученной экспериментально соответственно.

Таблица 1 Результаты расчёта среднего индикаторного давления

Величина	p_{im}	$p_{im\bar{m}}$	p_i
Значение	0,732	0,754	0,751

Из табл. 1 следует, что при обработке индикаторной диаграммы, рассчитанной по методу Вибе с постоянным m , погрешность определения индикаторного давления составила 2,7 %, в то время как при расчёте по методике с переменным m погрешность определения p_i составляет 0,4 %.

При сравнении расчётных и экспериментальных диаграмм по максимальной величине давления сгорания p_z также видно, что предлагаемая методика обеспечивает более точное соответствие экспериментальным результатам (табл. 2).

Таблица 2 Сравнение расчётных и экспериментальных индикаторных диаграмм по p_z

Величина	p_{zm}	$p_{zm\bar{m}}$	p_z
Значение	6,68	6,58	6,61

Из табл. 2 следует, что погрешность расчётов по методу с постоянным показателем m составляет 1%, а по методике с переменным m – 0,5%.

Выводы

Для снятия индикаторных диаграмм с повышенной точностью применялся современный автоматизированный комплекс «ИВК ДВС».

Для расчёта процесса сгорания газового ДВС с высокоэнергетической системой зажигания лучше всего подходит методика Вибе.

Для повышения точности расчётов разработана методика расчёта с переменным показателем m .

Разработана методика получения значений переменного показателя m при обработке индикаторной диаграммы.

Литература

1. Генкин К.И., Анализ и расчёт влияния сгорания на рабочий процесс в двигателе с искровым зажиганием // Сб. трудов конференции «Поршневые двигатели внутреннего сгорания». – М.: Изд-во АН СССР, 1956. – С.26–30.
2. Иноземцев Н.В., Кошкин В.К., Процессы сгорания в двигателях. – М.: Машгиз, 1949.
3. Вибе И.И. Тепловой расчёт двигателей внутреннего сгорания: Методическое пособие. – Челябинск: Изд-во ЧПИ, 1972. – 100 с.
4. Ефремов Б.Д., Черняк Б.Я. Математическая модель процесса тепловыделения в двигателях внутреннего сгорания. Труды МАДИ. – 1974. – Вып. 96. – С.48–51.
5. Звонов В.А., Николаенко В.Ф. Исследование динамики образования окиси азота в двигателях с искровым зажиганием // Проблемы машиностроения. – 1993. – Вып. 20. – С.38–41.
6. Вибе И.И. Новое о рабочем цикле двигателей. – М.: Машгиз, 1962. – 270 с.
7. Абрамчук Ф.И., Пойда А.Н., Ефремов А.А. и др. Новая автоматизированная система исследования и диагностирования автотракторных двигателей // Автомобильный транспорт / Сб. научн. тр. – Харьков: Изд-во ХНАДУ. – 2005. – Вып. 17. – С.28–34.
8. Филипповский А.И. Совершенствование рабочего процесса дизелей типа ЧН 32/32 на основе физического и математического моделирования: Дисс. канд. техн. наук: 05.04.02 / Харьковский политехнический институт. – Харьков, 1988. – 193 с.

Рецензент: М.А. Подригало, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 7 апреля 2006 г.