

TO QUESTION ABOUT THE CREATION A PULSED SEISMIC ENERGY SOURCE WITH INDUCTION-DYNAMIC MOTOR TYPE FOR SEISMIC EXPLORATION WATER AREA

©2012

V.V. Ivashin, doctor of the technical sciences, professor, professor-consultant of the academic department «Industrial Electronics»
K.H. Uzbekov, research associate of scientific research laboratory № 6
A.E. Pestryakov, junior research associate of research laboratory № 6
Togliatti State University, Togliatti (Russia)

Keywords: non-explosive seismic exploration water area, pulsed marine seismic energy source, electromechanical drive, induction-dynamic motor, boomer sources.

Annotation: Substantiates the prospects of a non-explosive seismic source pulse for seismic exploration in the waters with induction-dynamic type drive. Considered the features of power characteristics seismic source and structure layout of it's implementation which improves the efficiency of seismic source.

УДК 621.434

О ВОЗМОЖНОСТИ ОЦЕНКИ РАБОТЫ ЦИКЛА ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ИОНИЗАЦИОННЫМ ЗОНДОМ

© 2012

П.В. Ивашин, кандидат технических наук, доцент кафедры «Энергетические машины и системы управления»
М.П. Рамазанов, кандидат физико-математических наук, инженер
А.Я. Твердохлебов, аспирант
А.П. Шайкин, доктор технических наук, профессор кафедры «Энергетические машины и системы управления»
Тольяттинский государственный университет, Тольятти (Россия)

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, работа цикла, горение, пламя, ионный ток, взаимосвязь.

Аннотация: с помощью ионизационного зонда, установленного в камере сгорания двигателя внутреннего сгорания с искровым зажиганием, экспериментально выявлена взаимосвязь локальной электропроводности пламени и энергии, выделяющейся в течение рабочего цикла. Показано, что для анализа энергетических параметров процесса горения в цикле двигателя внутреннего сгорания может быть использован один ионизационный зонд.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Один из перспективных методов исследования горения в камерах сгорания двигателей и энергетических установок основан на явлении электропроводности пламени. Зона горения в пламени углеводородных топлив обладает аномально высокой неравновесной концентрацией заряженных частиц, обусловленной особенностями цепного механизма химических реакций горения этих топлив. Это явление, называемое химионизаци-

ей [1,2], является причиной того, что электропроводность зоны реакций в пламени на несколько порядков выше электропроводности продуктов сгорания при той же температуре.

Анализ публикаций, посвящённых физике и химии горения и явлению электропроводности пламени углеводородов [3,4,5,6,7,8], а также ранее проведённые работы [9,10], позволил высказать гипотезу, согласно которой электропроводность пламени в камере сгорания может

отражать энергетические показатели процесса горения. Для первичной проверки данной гипотезы проведен экспериментальный анализ энергетических показателей горения в двигателе внутреннего сгорания с искровым зажиганием (ДВС). При этом энергетические показатели процесса горения предложено оценивать с помощью экспериментально определяемых значений цикловой работы, как эквивалента тепловой энергии.

Цель эксперимента – выявление взаимосвязи между электропроводностью пламени и работой продуктов сгорания при турбулентном горении в замкнутом объеме.

Для реализации цели хорошо подходит лабораторный ДВС, так как сгорание происходит в замкнутом объеме без массообмена с окружающей средой, с практически постоянным теплообменом и постоянными потерями на трение.

ЭКСПЕРИМЕНТ

Эксперимент проведен на исследовательской установке УИТ-85, представляющей собой одноцилиндровый ДВС с искровым зажиганием. Лабораторный ДВС отличается тем, что коленчатый вал приводится в движение от электропривода и отсутствует дроссельная заслонка. Поэтому для оценки работы расширяющихся газов необходима регистрация давления и объема камеры сгорания. Камера сгорания (КС) цилиндрической формы диаметром 85 мм и искровым зажиганием с боковой стороны. В наиболее удаленной от свечи зажигания зоне КС установлен ионизационный зонд. Ионизационный зонд представляет собой проводник, изолированный от двигателя. Между центральным электродом зонда и двигателем приложена постоянная разность потенциалов 360 В. Если зонд находится в зоне химических реакций, то в цепи зонда течет ток, обусловленный электропроводностью пламени. Появление импульса тока на ионизационном зонде соответствует появлению пламени в зоне установки зонда. Это подтверждено оптическими исследованиями пламени в условиях камеры сгорания (бомбы) постоянного объема и в ДВС [3], а также исследованиями горения в ДВС с помощью быстродействующих газоотборных клапанов [11], когда положение зоны реакции определялось с помощью быстрого отбора и анализа проб газов из камеры сгорания. Для регистрации давления в КС использовался датчик давления Kistler, совмещенный со свечей зажигания. Схема камеры сгорания приведена на рис. 1.

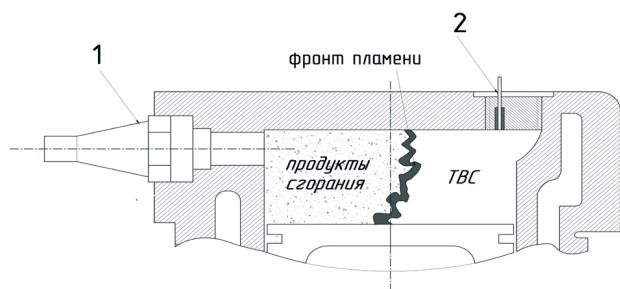


Рис. 1. Схема камеры сгорания экспериментальной установки.
1 – датчик давления, совмещенный со свечей зажигания,
2 – ионизационный зонд.

Экспериментальная установка была оснащена системами регистрации параметрических данных о расходе воздуха (термоанемометрический датчик Bosch), массовом расходе бензина (лабораторные весы В-512), положении коленчатого вала (оптический датчик) и моменте искрового разряда.

Данные регистрировались с помощью системы сбора данных Advantech (14 бит, дискретизация 20000 т/сек на каждый канал). Пример регистрации осциллограмм

сигналов ионизационного зонда и датчика давления в камере сгорания показан на рис. 2. На рис. 2 показано, что значения сигналов на ионизационных зондах падают практически до нуля после достижения максимального давления, несмотря на высокую температуру продуктов сгорания в данный момент цикла, как в экспериментах, описаны в [3]. Этот факт говорит о том, что в эксперименте регистрировалась и оценивалась ионизация, обусловленная именно химическими особенностями горения углеводородов.

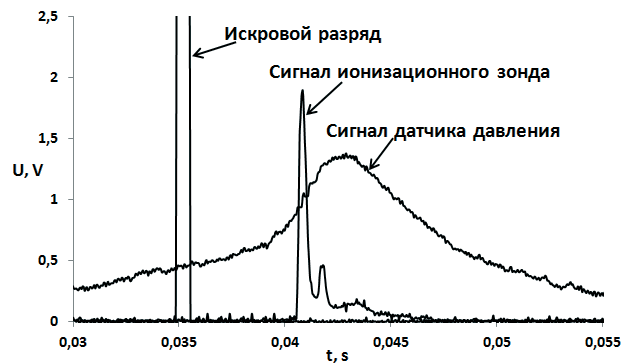


Рис. 2. Осциллограммы сигналов датчиков ионного тока и давления.

Режимы работы двигателя поддерживались постоянными. Для этого контролировались: температура воздуха на впуске, температура охлаждающей жидкости, частота вращения коленчатого вала, массовый расход воздуха, массовый расход топлива, положение коленчатого вала, момент искрового разряда.

Варьируемый фактор: соотношение воздух-топливо (коэффициент избытка воздуха изменялся от 0.7 до 1.5), т.е. имело место качественное регулирование мощности двигателя, когда расход воздуха остается практически постоянным, но изменяется энергосодержание горючей смеси. Эксперимент с варьированием состава смеси проведен на двух скоростных режимах ДВС: 600 и 900 мин⁻¹, т.е. при двух различных газодинамических характеристиках заряда в КС.

Методика эксперимента заключалась в регистрации осциллограмм ионного тока на каждом режиме в количестве не менее 100 циклов горения подряд. Обработка осциллограмм заключалась в определении усредненных значений площади индикаторной диаграммы и амплитуды сигнала в цепи ионизационного зонда по всему ансамблю циклов. Усреднение по циклам производилось для снижения ошибки, связанной с межцикловой нестабильностью процесса горения в ДВС. Гистограмма распределения параметров оценки, полученных при усреднении последовательно зарегистрированных циклов горения, достаточно хорошо описывается кривой нормального распределения. Погрешность определения амплитуды ионного тока и давления складывается из систематической погрешности измерительной цепи, составляющей не более 1%, и межциклового рассеяния, связанного с неидентичностью циклов горения. Исходя из обработки массива данных, на каждом режиме получены относительные значения среднеквадратичного отклонения, не превышающие 15%. Нестабильные режимы с количеством пропусков горения более 5% не обрабатывались.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА И ИХ АНАЛИЗ

Для расчета работы цикла на основе усредненных индикаторных диаграмм строилась индикаторная диаграмма в PV координатах (рис. 3). Работа цикла L как площадь внутри индикаторной диаграммы по формуле [12]:

$$L = \oint p dV$$

где p – текущее давление, dV – малое изменение объема камеры сгорания.

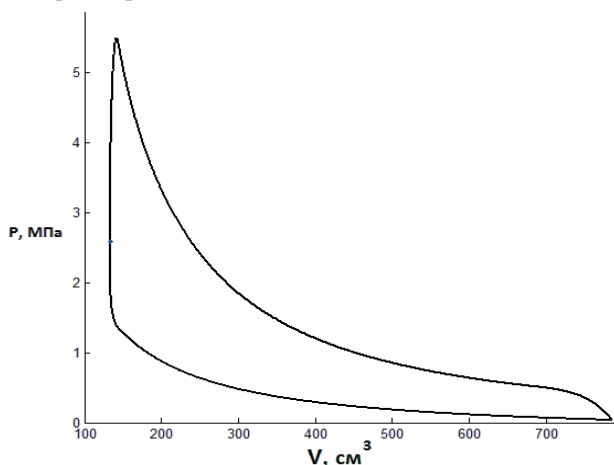
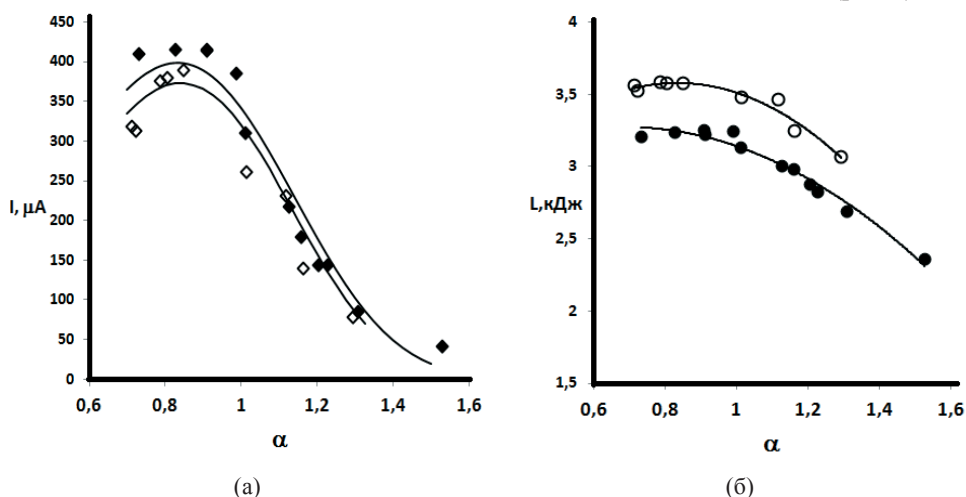
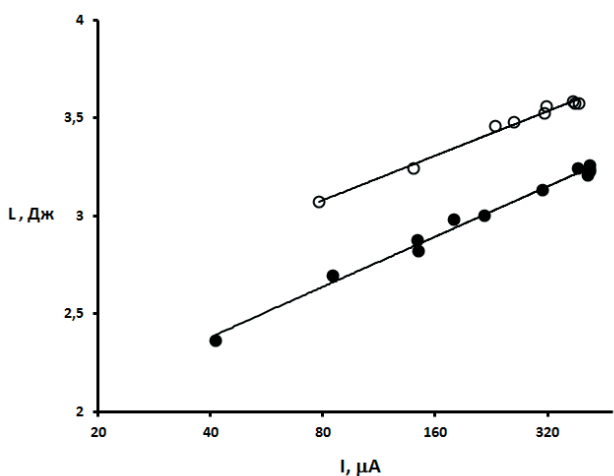


Рис. 3. Индикаторная диаграмма в P-V координатах.



◇ Амплитуда ионного тока, ○ Цикловая работа газов,
Светлые значки соответствуют режиму 600 мин⁻¹, темные – 900 мин⁻¹

Рис. 4. Зависимости ионного тока и цикловой работы газов от состава смеси.



Светлые значки соответствуют режиму 600 мин⁻¹, темные – 900 мин⁻¹

Рис. 5. Взаимосвязь работы цикла, определенной с помощью индикаторной диаграммы, и амплитудного значения тока в цепи ионизационного зонда.

В результате обработки осциллограмм на каждом режиме получены зависимости ионного тока (рис. 4а) и работы цикла (рис. 4б) от состава смеси. Характерно наличие максимума ионного тока при $\alpha = 0,85-0,9$, т.е. при составах смеси, соответствующих максимальной мощности двигателя. При обеднении смеси до предела, соответствующего появлению пропусков зажигания, ионный ток значительно падает и в циклах с отсутствующим горением не регистрируется. Работа цикла также падает с обеднением смеси, однако не так интенсивно как ионный ток.

Работа цикла на режиме 600 мин⁻¹ превышает работу цикла на 900 мин⁻¹. Это обусловлено конструктивными особенностями установки – ухудшением наполнения цилиндра свежим зарядом при изменении скоростного режима. Т.е. наблюдается влияние экстенсивного фактора – изменения наполнения камеры сгорания свежим зарядом, что соответствует количественному регулированию мощности.

Анализа взаимного изменения ионного тока и работы цикла при варьировании состава смеси выявил взаимосвязь работы цикла, определенной с помощью индикаторной диаграммы, и амплитудного значения тока в цепи ионизационного зонда (рис. 5).

Данная взаимосвязь может быть достаточно хорошо аппроксимирована логарифмической функцией (значения ионного тока на рис. 5 показаны в логарифмических координатах). Причем, характер взаимосвязи ионного тока и работы цикла при изменении основного химического фактора – состава смеси, определяющего её энерго-содержание, сохраняется и при изменении экстенсивного фактора – наполнения цилиндра.

Следует отметить, что в отличие от известных исследований [7,8], где в качестве ионизационного датчика использовалась свеча зажигания, нами был использован для анализа только один ионизационный зонд, установленный в удаленной от свечи зажигания зоне КС. Причем сигнал ионного тока анализировался в период, соответствующий контакту ионизационного зонда с зоной реакций горения. Следовательно, наличие взаимосвязи ионного тока и работы цикла говорит о том, что локальные значения электропроводности пламени содержат информацию об энергетических показателях процесса турбулентного горения.

ВЫВОДЫ

Экспериментально подтверждена гипотеза о том, что электропроводность пламени содержит информацию

об энергетических параметрах горения углеводородных топлив. Причем показано, что локальная характеристика ионизации пламени отражает энергию всего процесса турбулентного горения в замкнутом объеме. На данном этапе не представляется возможным утверждать, что подобная взаимосвязь будет иметь место при анализе ионизации пламени в любой зоне камеры сгорания, однако сохранение характера взаимосвязи при изменениях газодинамических и тепловых условий позволяет предполагать, что могут быть установлены универсальные закономерности, связывающие электропроводность пламени и выделение энергии при горении. Для выявления универсальности полученных закономерностей необходимо проведение дальнейших экспериментов с другими видами углеводородных топлив, в разных камерах сгорания и на различных режимах. Выявление этих закономерностей будет полезно при инструментальном анализе сгорания в энергетических установках при воздействии на процесс горения с помощью химических факторов.

Работа выполнена в рамках ФЦП «Научные и педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 г. ГК №14.В37.21.0152, ГК №14.В37.21.0308.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калькот Г. Процессы образования ионов в пламенах // Вопросы ракетной техники №4, 1958, с. 78–94.
2. Соколик А.С., Семенов С.Е. О природе хемиионизации пламен // Журнал физической химии, т.38, №7, 1964, с. 1784–1789.
3. Соколик А.С. Самовоспламенение пламя и детонация в газах. – М.: АН СССР, 1960, - 427 с.
4. Иноземцев Н.Н. Ионизация в ламинарных пламенах // Известия АН СССР, ОТН, Энергетика и автоматика №2, 1960, с. 59–66.
5. Аравин Г.С., Семенов Е.С. О связи между скоростями химической ионизации и реакции горения в ламинарном пламени // Физика горения и взрыва 1979, Т.15, №5, с.40–46.
6. Степанов Е.М., Дьячков Б.Г. Ионизация в пламени и электрическое поле. – М.: Металлургия, 1968. – 311 с.
7. Ingemar Andersson Cylinder Pressure and Ionization current Modeling for Spark Ignited Engines / Doctoral Thesis 962 Linkoping's University, 2002 / <http://www.vehicular.isy.liu.se>
8. Gerard W. Malaczynski and Michael E. Baker, Real-Time Digital Signal Processing of Ionization Current for Engine Diagnostic and Control // SAE tech. Paper # 2003-01-1119, 2003.
9. Ивашин П.В. Использование электропроводности пламени для анализа процесса сгорания в условиях ДВС с искровым зажиганием // Вестник СГАУ им. С.П. Королева, 2011, №3(27), с. 88 – 94.
10. Шайкин А.П., Ивашин П.В., Бобровский И.Н., Исследование основных характеристик сгорания в поршневых двигателях с внешним смесеобразованием // Вектор науки ТГУ, №4 (14), 2010 с.94–98.
11. Иноземцев Н.В., Кошкин В.К. Процессы сгорания в двигателях. Под общей редакцией Иноземцева Н.В., М.: Машгиз, 1949, 344 с.
12. Стечкин Б.С., Золотаревский В.С., Генкин К.И., Скородинский И.В. Индикаторная диаграмма, динамика тепловыделения и рабочий цикл быстроходного поршневого двигателя. – М.: Издательство АН СССР, 1960.

ON THE EVALUATION OF THE WORK OF THE CYCLE OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE WITH IONIC CURRENT SENSOR

© 2012

P.V. Ivashin, candidate of technical sciences,
associate professor of the chair «Energy machines and control systems»

M.P. Ramazanov, candidate of physical and mathematical sciences,
engineer of the chair «Energy machines and control systems»

A.Ya. Tverdokhlebov, postgraduate student

A.P. Shaikin, doctor of technical sciences,
professor of the chair «Energy machines and control systems»

Togliatti state university, Togliatti (Russia)

Keywords: internal combustion engine; work of cycle; combustion; flame; ionic current; correlation.

Annotation: correlation between the electro conductivity of flame and the work of the cycle in an internal combustion engine was studied experimentally with help of an ionic current sensor installed in the combustion chamber of a spark ignited internal combustion engine. It is shown that only one ionic current sensor is needed for estimation of energy release through the combustion in spark ignited internal combustion engine.