

Б.Г. Тимошевский, М.Р. Ткач, А.С. Митрофанов, А.С. Познанский, А.Ю. Проскурин

ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ С ИСКРОВОМ ЗАЖИГАНИЕМ 2Ч 7,2/6 ПРИ РАБОТЕ НА СИНТЕЗ-ГАЗЕ

Представлены результаты экспериментальных исследований работы двигателя с искровым зажиганием и внешним смесеобразованием при работе на синтез-газе, полученном путем паровой конверсии биоэтанола. Получены зависимости изменения параметров работы двигателя по нагрузочной характеристике, а также индикаторные диаграммы при работе на бензине, пропане и синтез-газе. Показано влияние коэффициента избытка воздуха на изменение давления в цилиндре при работе двигателя на синтез-газе.

Постановка проблемы

Ограниченность запасов ископаемых ресурсов обуславливает необходимость применения альтернативного топлива в транспортных установках.

На ближайшие десятилетия для малых и средних транспортных и стационарных установок одним из перспективных типов двигателей являются ДВС с принудительным искровым зажиганием. В связи с этим, основной задачей становится обеспечение эффективной работы двигателей, использующих альтернативные виды топлива.

Анализ исследований и публикаций

В связи с достаточно широкой сырьевой базой наибольший интерес представляет применение в ДВС водорода и водородосодержащего синтез-газа [1, 2]. Синтез-газ может быть получен из разного вида сырья, например, путем газификации угля, паровой конверсии различных углеводородов (метилового и этилового спиртов, метана и т. д.). В большей степени синтез-газ представляет собой смесь CO и H₂, однако в зависимости от условий получения и применяемого сырья в его состав может входить и ряд других компонентов. Именно состав и определяет отличительные особенности организации рабочего цикла ДВС [3]. Так, при работе с высоким содержанием водорода (67...100 % H₂ по объему) для эффективной работы двигателя необходимо учитывать влияние ряда параметров, таких, как коэффициент избытка воздуха, угол опережения зажигания, степень сжатия, коэффициент наполнения цилиндра, фазы газораспределения, способ смесеобразования (внешнее, внутреннее) [4–7].

В результате изучения отечественной и зарубежной литературы не удалось обнаружить достаточно надежных экспериментальных и теоретических данных об особенностях организации рабочего цикла двигателей, работающих на синтез-газе.

Цель работы – исследовать параметры работы двигателя с искровым зажиганием, а также особенности процесса сгорания при использовании синтез-газа, полученного путем паровой конверсии биоэтанола.

Изложение основного материала

Одним из методов исследования является физическое моделирование, которое позволяет получить достаточно точные результаты. © Б.Г. Тимошевский, М.Р. Ткач, А.С. Митрофанов, А.С. Познанский.

Процессы смесеобразования и сгорания синтез-газа в цилиндре двигателя требуют дальнейшего теоретического и экспериментального исследования для определения рациональных параметров рабочего цикла, которые обеспечили наиболее выгодное сочетание расхода топлива, мощности двигателя, эффективных и экологических показателей ДВС.

С целью детального изучения этих процессов была разработана и создана экспериментальная установка на базе двигателя 2Ч 7,2/6. Схема экспериментальной установки представлена на рис. 1, фотография на рис. 2.

Экспериментальная установка состоит из трех подсистем:

- подсистема (на базе двигателя с искровым зажиганием 2Ч 7,2/6) для исследования параметров рабочего процесса ДВС, работающего на синтез-газе;
- подсистема измерений;
- подсистема автоматики и регулирования.

Для проведения экспериментальных исследований рабочего процесса ДВС с искровым зажиганием, работающего на синтез-газе, был разработан стенд на базе двигателя УД-25 (2Ч 7,2/6) с внешним смесеобразованием, работающий на трехфазный генератор переменного тока.

Из баллонов 1 суммарным объемом 300 литров, расположенных в отдельном помещении, синтез-газ поступал в общий ресивер 2 и через редуктор низкого давления 5 (модель 2101-4442) и счетчик газа 7 (Gallus 2000) – в двигатель 10. Двигатель 2Ч 7,2/6 нагружался штатным трехфазным электрогенератором переменного тока, работающим на активную нагрузку 15. Значения тока и напряжения определялись в каждой фазе отдельно при помощи вольтметра 16 и амперметра 17 (M1107). Расход воздуха на входе в двигатель определялся при помощи расходомерной шайбы (лемнискаты) 26 с U-образным манометром 27 для фиксации перепада давления.

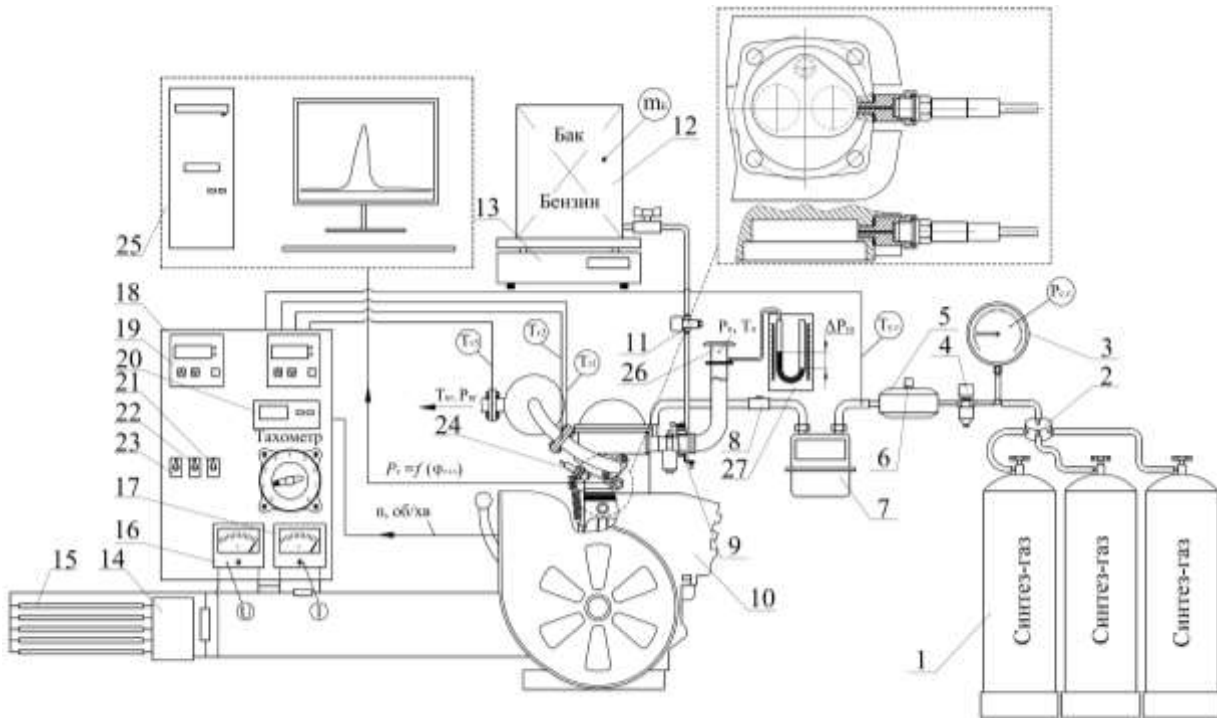


Рис. 1. Схема экспериментальной установки на базе двигателя 2Ч 7,2/6:

1 – баллоны с синтез-газом; 2 – общий ресивер; 3 – манометр; 4 – электромагнитный газовый клапан с фильтром; 5 – редуктор низкого давления; 6 – электромагнитный клапан; 7 – газовый счетчик; 8 – регулятор качества смеси; 9 – дроссельная заслонка; 10 – двигатель с искровым зажиганием 2Ч 7,2 / 6; 11 – электромагнитный бензиновый клапан; 12 – бак с топливом; 13 – весы; 14 – система управления нагрузкой; 15 – блок нагрузки; 16 – вольтметр; 17 – амперметр; 18 – панель приборов; 19 – прибор 2ТРМ1; 20 – тахометр; 21 – тумблер включения бензинового электромагнитного клапана; 22 – тумблер включения электромагнитного газового клапана; 23 – тумблер включения электромагнитного газового пускового клапана; 24 – датчик давления; 25 – ПК; 26 – расходомерная шайба; 27 – U-образный манометр

Для регистрации индикаторных диаграмм чувствительный элемент 24 датчика Kistler 7613С (рис. 3) был максимально приближен к камере сгорания.



Рис. 2. Экспериментальная установка на базе двигателя с искровым зажиганием 2Ч 7,2/6



Рис. 3. Датчик давления Kistler 7613С

Датчик был ввернут в головку двигателя через переходник (рис. 4). При этом степень сжатия в цилиндре уменьшилась на 0,3 %. Результаты замеров индикаторного давления передавались и обрабатывались на компьютере 25.



Рис. 4. Камера сгорания двигателя 24 7,2/6

В условиях эксперимента при испытаниях двигателя 24 7,2/6 на бензине, пропане и синтез-газе плотностью $0,63 \text{ кг/м}^3$ (43 % водорода, 34 % оксида углерода, 23 % метана) получены зависимости изменения основных параметров работы двигателя от электрической мощности генератора при работе по нагрузочной характеристике (рис. 5). Как пример, на рис. 6, а и б приведены снятые индикаторные диаграммы при различной мощности для бензина и пропана, а на рис. 6, в – при различных значениях коэффициента избытка воздуха для синтез-газа. Частота оборотов коленчатого вала двигателя составляла $n = 3000 \text{ об/мин}$.

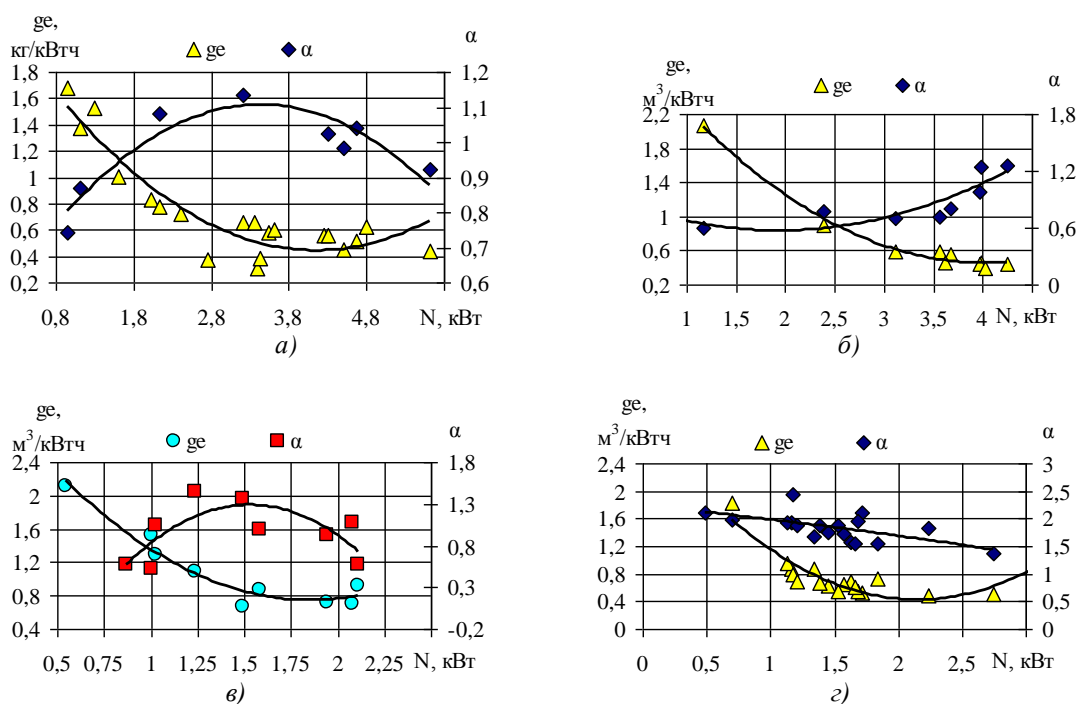


Рис. 5. Параметры работы двигателя по нагрузочной характеристике:
а – бензин; б – пропан; в – синтез-газ при $\alpha = 1,00 \dots 1,45$; г – синтез-газ при $\alpha = 1,38 \dots 2,44$

Вследствие значительного содержания водорода в составе синтез-газа существенно увеличиваются пределы воспламенения топливовоздушной смеси. Так, при работе двигателя с коэффициентом избытка воздуха $\alpha = 1,00 \dots 1,25$ наблюдается более жесткая работа, а также происходит смещение максимума сгорания в сторону ВМТ. Нормальная работа двигателя обеспечивается при использовании $\alpha = 1,35 \dots 1,75$.

При работе двигателя на синтез-газе вследствие значительного содержания водорода увеличиваются пределы воспламенения топливовоздушной смеси. Это, в свою очередь, приводит к увели-

чению индикаторного КПД и снижению расхода топлива.

Так, на основе обработки индикаторных диаграмм индикаторный КПД увеличивается с 0,33 на бензине и 0,31 на пропане до 0,36 на синтез-газе (вырос на 9,1 %). Увеличение индикаторного КПД цикла при увеличении α связано, прежде всего, со снижением теплоемкости и теплосодержания продуктов сгорания, что, в свою очередь, уменьшает долю термодинамических потерь [8].

Увеличение α при использовании синтез-газа приводит также к некоторому снижению температуры ОГ, что, в свою очередь, положительно влияет на экологические показатели ДВС.

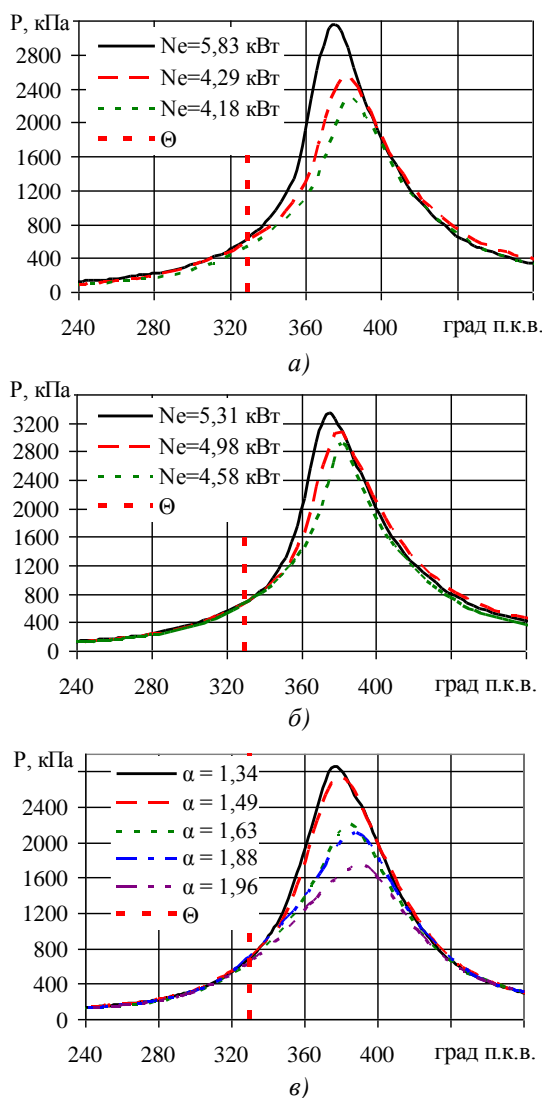


Рис. 6. Экспериментальные индикаторные диаграммы двигателя 2С 7,2/6:
а – бензин; б – пропан; в – синтез-газ; Θ – угол опережения зажигания

Выводы

1. Для принятых условий эксперимента установлено, что вследствие низкой теплотворной способности синтез-газа и малой плотности водорода, доля которого в составе синтез-газа значительная, наблюдается уменьшение мощности двигателя до 40 % по сравнению с использованием бензина в качестве топлива.

2. При работе двигателя на синтез-газе вследствие значительного содержания водорода увеличивается индикаторный КПД с 0,33 на бензине до 0,36 на пропане до 0,36 на синтез-газе (на 9,1 %).

3. Увеличение α при использовании синтез-газа приводит к некоторому снижению температуры ОГ, что, в свою очередь, также положительно

влияет на экологические показатели ДВС. Значение температуры отработавших газов при использовании бензина и синтез-газа находятся в пределах, достаточных для обеспечения протекания реакции конверсии различных топлив и получения синтез-газа.

Список литературы:

1. Данилов, А. М. Альтернативные топлива: достоинства и недостатки. Проблемы применения [Текст] / А. М. Данилов, Э. Ф. Каминский, В. А. Хавкин // Рос. химический журнал об-ва им. Д.И. Менделеева. – 2003. – Т. 47, № 6. – С. 4–11.
2. Шкалова, В. П. Применение нетрадиционных топлив в дизелях [Текст] / В. П. Шкалова. – М.: НИИД, 1986. – 85 с.
3. Каменев, В. Ф. Теоретические и экспериментальные исследования работы двигателя на дизельно-водородных топливных композициях [Текст] / В. Ф. Каменев, В. М. Фомин, Н. А. Хрипач // Альтернативная энергетика и экология. – 2005. – №7(27). – С. 32–42.
4. Анализ и математическое моделирование процесса сгорания водорода в четырехтактном одноцилиндровом двигателе с искровым воспламенением [Текст] / А. П. Марченко, А. А. Осетров, И. Дубей, Р. Маамри // Двигатели внутреннего сгорания. – 2010. – № 1. – С. 24–28.
5. Shudo, T. Influence of Reformed Gas Composition on HCCI Combustion of Onboard Methanol-Reformed Gases [Text] / T. Shudo, T. Takahashi // SAE Technical Paper Series. – 2004. – 8–10 June. – P. 23–31.
6. Shudo, T. Combustion Characteristics of H_2 -CO-CO₂ Mixture in an IC Engine [Text] / T. Shudo, K. Tsuga, Y. Nakajima // SAE Technical Paper Series. – 2001. – 5–8 March. – P. 105–115.
7. Verhelst, S. A study of the combustion in hydrogen-fuelled internal combustion engines [Text] / S. Verhelst / Department of Flow, Heat and Combustion Mechanics, Ghent University. – Belgium: Ghent University, 2005. – 222 p.
8. Генкин, К. И. Газовые двигатели [Текст] / К. И. Генкин. – М.: Машиностроение, 1977. – 196 с.

Bibliography (transliterated):

1. Danilov, A.M. Alternativnyye topliva: dostoinstva i nedostatki. Problemy primeneniya [Tekst] / A.M. Danilov, E.F. Kaminskiy, V.A. Havkin //Ros. ximicheskij gurnal ob-va im. D.I. Mendeleeva. – 2003. – T. 47, № 6. – S. 4–11.
2. Shkalov, V.P. Primenenie netraditsionnyx topliv v dizelyx [Tekst] / V.P. Shkalov. – M.: NIAD, 1986. – 85 s.
3. Kamenev, V.F. Teoreticheskie I eksperimentalnye issledovaniya raboty dvigatelya na diesel-vodorodnyh toplivnyx kompozitsiyah [Tekst] / V.F. Kamenev, V.M. Fomin, N.A. Hrypach // Alternativnaya Energetika i Ecologiy. . – 2005. – №7(27). – S. 32–42.
4. Analys i matematicheskoe modelirovanie processa sgoraniya vodoroda v chetyrextaktnom odnocilindrovom dvigatele s iskrovyim vosplame-neniem [Text] / A.P. Marchenko, A.A. Ostetrov I. Dubey, R. Maamry // Dvigateli vnutrennego sgoraniya. - 2010. - № 1. - S. 24-28.
5. Shudo, T. Influence of Reformed Gas Composition on HCCI Combustion of Onboard Methanol-Reformed Gases [Text] / T. Shudo, T. Takahashi // SAE Technical Paper Series. – 2004. – 8–10 June. – P. 23–31.
6. Shudo, T. Combustion Characteristics of H_2 -CO-CO₂ Mixture in an IC Engine [Text] / T. Shudo, K. Tsuga, Y. Nakajima // SAE Technical Paper Series. – 2001. – 5–8 March. – P. 105–115.
7. Verhelst, S. A study of the combustion in hydrogen-fuelled internal combustion engines [Text] / S. Verhelst / Department of Flow, Heat and Combustion Mechanics, Ghent University. –Belgium: Ghent University, 2005. – 222 p.
8. Genkin, K. I. Gazovye dvigateli [Text] / K.I. Genkin. - M: Mashinostroenie, 1977. - 196 s.

Тимошевский Борис Георгиевич – доктор техн. наук, профессор, заведующий кафедрой двигателей внутреннего сгорания Национального университета кораблестроения им. адм. Макарова, Николаев, Украина, e-mail: btym@mksat.net, (050) 948-22-22.

Ткач Михаил Романович – доктор техн. наук, профессор, заведующий кафедрой теоретической механики Национального университета кораблестроения им. адм. Макарова, Николаев, Украина, e-mail: tkach@mksat.net, (050) 521-93-80.

Митрофанов Александр Сергеевич – ассистент кафедры двигателей внутреннего сгорания Национального университета кораблестроения им. адм. Макарова, Николаев, Украина, e-mail: m.aleksandr.s@mail.ru, (063) 021-30-93.

Познанский Андрей Станиславович – ассистент кафедры теоретической механики Национального университета кораблестроения им. адм. Макарова, Николаев, Украина, e-mail: AndPozn@yandex.ru, (096) 968-51-24.

Проскурин Аркадий Юрьевич – ассистент кафедры двигателей внутреннего сгорания Национального университета кораблестроения им. адм. Макарова, Николаев, Украина, e-mail: mover@ukr.net, (093) 204-80-26.

ПОКАЗНИКИ РОБОТИ ДВИГУНІВ З ІСКРОВИМ ЗАПАЛЮВАННЯМ 2Ч 7,2/6 ПРИ РОБОТІ НА СИНТЕЗ-ГАЗІ

Б.Г. Тимошевський, М.Р. Ткач, О.С. Митрофанов, А.С. Познанський, А.Ю. Проскурін

Наведені результати експериментальних досліджень роботи двигуна з іскровим запаленням та зовнішнім сумішоутворенням при роботі на синтез-газі, який отримано шляхом парової конверсії біоетанолу. Отримано залежності зміни параметрів роботи двигуна по навантажувальній характеристиці, а також індикаторні діаграми при роботі на бензині, пропані та синтез-газі. Показано вплив коефіцієнта надлишку повітря на зміну тиску в циліндрі при роботі двигуна на синтез-газі.

INDICATORS OF SPARK IGNITION ENGINE 2-CYLINDER 4-STROKE 7,2 / 6, WHICH WORK ON THE SYNTHESIS-GAS

B.G. Timoshevsky, M.R. Tkach, A.S. Mitrofanov, A.S. Poznansky, A.U. Proskurin

The results of experimental studies of the spark-ignition engines with external mixture formation at work on the synthesis gas produced by steam reforming of ethanol are presents. The depending change of engine operating parameters on the load characteristics, as well as the indicator diagrams on petrol, propane gas and synthesis gas are obtained. The effect of excess air ratio on the change in pressure in the cylinder when the engine working of the synthesis gas is shows.

УДК 621.43

А.М. Левтеров, Л.И. Левтерова, Н.Ю. Гладкова

РЕЗУЛЬТАТЫ ЧИСЛЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОМОБИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ, РАБОТАЮЩЕГО НА БЕНЗОЭТАНОЛЕ

Потенциал производства и использования этилового спирта в качестве моторного топлива в Украине достаточно велик, в связи с чем прогнозирование эффективности, показателей токсичности энергоустановок транспорта для целесообразно и востребовано. В статье приводятся результаты численного эксперимента для автомобильного двигателя МемЗ 307 (4Ч7,5/7,3), работающего на бензине и бензоэтанольных смесях с различным содержанием этанола. Приводятся основные расчетные рабочие характеристики двигателя, влияние и взаимовлияние на них регулируемых и режимных параметров.

Введение и постановка задачи

Этанол (этиловый спирт) как моторное топливо в странах Южной и Северной Америки, в Европе устойчиво занял свою нишу, дополняя или заменяя определенную долю традиционных топлив. Теперь и Украина на законодательном уровне определила 5 % добавку этанола к бензину. Потенциальные возможности производства этилового спирта для пассажирского транспорта во всем мире оцениваются приблизительно в 32 % от потребляемого бензина при условии использования Е 85 [1]. Задачи необходимых исследований спиртовых топлив ставятся с возникновением новых проблем и

появлением современных технических возможностей. Научный материал по этой тематике обширен, касается экспериментальных [2, 3], численных и расчетно-экспериментальных работ [4, 5, 6], причем часто в работах одновременно рассматривается использование этанола в двигателях с искровым зажиганием (ИЗ) и дизелях [3, 7, 8]. В [2] представлены обобщенные результаты экспериментальных исследований разных авторов для различных типов двигателей и условий. Моделированию рабочего процесса двигателя и получению его рабочих характеристик посвящены работы [4–7]. Следует отметить, что за редким исключением, исследова-