

шая получать значения переменного показателя m .

4. Математическое планирование эксперимента, в частности, ортогональный план 2-го порядка для 4-х факторов, варьируемых на 3-х уровнях, позволил значительно сократить количество опытов.

5. Получены обобщённые зависимости для переменного показателя сгорания m и продолжительности сгорания φ_z .

Список литературы:

1. Генкин К.И., Анализ и расчёт влияния сгорания на рабочий процесс в двигателе с искровым зажиганием, Сб. трудов конференции «Поршневые двигатели внутреннего сгорания», Изд-во АН СССР, 1956. – С.26–30. 2. Нейман К., Кинетический анализ процесса сгорания в дизеле, Сб. монографий из иностранной литературы «Двигатели внутреннего сгорания», т. IV, Машиноз, 1938. 3. Куценко А.С. Моделирование рабочих процессов двигателей внутреннего сгорания на ЭВМ. – Киев: Наук. думка, 1988. – 100 с. 4. Samaga B.S., Murthy B.S. Investigation of a Turbulent Flame Propagation Model for Applikation for Combustion Prediction in the Engine. "SAE Preprint", N760758, 1976, 12pp. 5. G.M. Abu-orf and R.S. Cant. A turbulent

reaction rate model for premixed turbulent combustion in spark-ignition engines. *Combust. Flame*, 122:233-252, 2000. 6. Han Z., Reitz R.D., *Turbulence Modeling of Internal Combustion Engines using RNG k-ε Models*, *Combust. Sci. and Tech.* 1995, Vol 106, pp267-295. 7. Виле И.И. Новое о рабочем цикле двигателей. М.: Машиноз, 1962. – 270 с. 8. Филипповский А.И. Совершенствование рабочего процесса дизелей типа ЧН 32/32 на основе физического и математического моделирования: дис. канд. техн. наук: 05.04.02/Харьковский политехнический институт. – Харьков, 1988. – 193 с. 9. Богомолов В.А., Абрамчук Ф.И., Манойло В.М. Экспериментальная установка для доводки систем зажигания и управления газовым двигателем с искровым зажиганием 6Ч13/14 // АГЗК+АТ / Международный научно-технический журнал. – М.: Изд-во АГЗК+АТ. – 2005. – № 4 (22). – С. 42–45. 10. Абрамчук Ф.И., Пойда А.Н., Ефремов А.А. Новая автоматизированная система исследования и диагностирования автотракторных двигателей // Автомобильный транспорт / Сб. научн. тр. – Харьков: Изд-во ХНАДУ. – 2005. – Вып. 17. – С.28–34.

УДК. 621.43: 62-66: 62-62

Е.В. Белоусов, канд. техн. наук

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПРОДУВКИ СЛОЯ ТОПЛИВА НА РАБОЧИЙ ПРОЦЕСС ТВЕРДОТОПЛИВНОГО ПОРШНЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ

1. Актуальность проблемы

Слоевое сжигание твердых топлив в рабочем пространстве поршневого двигателя является принципиально новым направлением в области теории и практики ДВС. В этой связи многие аспекты, связан-

ные с характером протекания рабочего процесса, влиянием отдельных факторов на эффективность и рабочие характеристики двигателя данного класса на сегодня практически не исследованы. В то же время, учитывая тот интерес, который сегодня существует к

проблеме использования альтернативных топлив, можно предположить, что в недалеком будущем такие двигатели могут быть вполне востребованы.

2. Анализ литературных источников

Значительный прогресс, достигнутый за последние десятилетия в области прямого сжигания твердых топлив в поршневых ДВС, позволяет предположить, что данное направление поиска альтернативных путей расширения топливной базы этих двигателей будет и далее развиваться [1, 3]. Основным аргументом в пользу этого является то, что запасы различного рода твердых топлив более, чем в 14 раз превышают запасы нефти [2].

В то же время известные методы использования твердых топлив являются всего лишь попыткой приспособить существующие ныне двигатели для работы на различного рода угольных суспензиях [1-3]. Очевидно, что такой путь не является наиболее рациональным, так как жидкие и твердые топлива имеют огромные различия и, в первую очередь, совершенно отличные механизмы горения [4]. Для твердых топлив необходима разработка принципиально новых методов сжигания в рабочем пространстве поршневого двигателя, учитывающих особенности их агрегатного состояния и горения. Одним из таких методов является слоевое сжигание твердого топлива с принудительной продувкой слоя в специальном выносном реакторе, имеющем с рабочим цилиндром общий тепломассообмен [5].

Особенности конструкции и рабочего процесса твердотопливного поршневого двигателя (ТТПД) позволяют воздействовать на характер протекания термодинамического цикла путем управления продувкой слоя твердого топлива [3, 5], однако влияние отдельных параметров продувки, в том числе ее продолжительности на рабочий процесс, не изучены и требуют специального исследования. Изучение влияния продолжительности продувки на рабочий процесс ТТПД является целью данной работы.

3. Решение проблемы

Особенности организации рабочего процесса и конструкции ТТПД описаны в работах [3, 5].

Для анализа влияния различных факторов на характер протекания термодинамического цикла ТТПД была разработана математическая модель рабочего процесса с использованием классических уравнений термодинамики и теории ДВС.

В качестве объекта моделирования был выбран ТТПД на базе малоразмерного высокооборотного четырехтактного дизеля 4Ч 10,5/11 (Д-144), у которого геометрическая степень сжатия в расчетах была увеличена до 18, а частота вращения принята равной 1500 мин⁻¹.

Выполненный ранее анализ влияния начала продувки на эффективность рабочего процесса показал, что для рассматриваемого случая оптимальный момент начала продувки лежит в диапазоне 0-14° до ВМТ. При данном исследовании начало продувки принималось за 5° до ВМТ. Закон перемещения вытеснителя принимался линейным. Было смоделировано шесть случаев для продолжительности продувки 15, 30 45, 60, 75, 90 градусов по углу поворота коленчатого вала (п.к.в), а влияние продолжительности продувки на рабочие и эффективные показатели двигателя исследовалось в диапазоне 15...115 градусов п.к.в. Расчетные графические зависимости изменения давления и температуры в рабочем цилиндре для различной продолжительности продувки представлены на рис. 1. Характеристики тепловыделения (коэффициент и скорость выделения теплоты) показаны на рис. 2. Изменение основных показателей рабочего процесса как функция продолжительности продувки слоя топлива приведены на рис. 3.

Из представленных данных видно, что продолжительность продувки существенно влияет на рабочий процесс ТТПД, при этом на различные показатели по-разному. Имеет смысл рассмотреть эти закономерности подробнее.

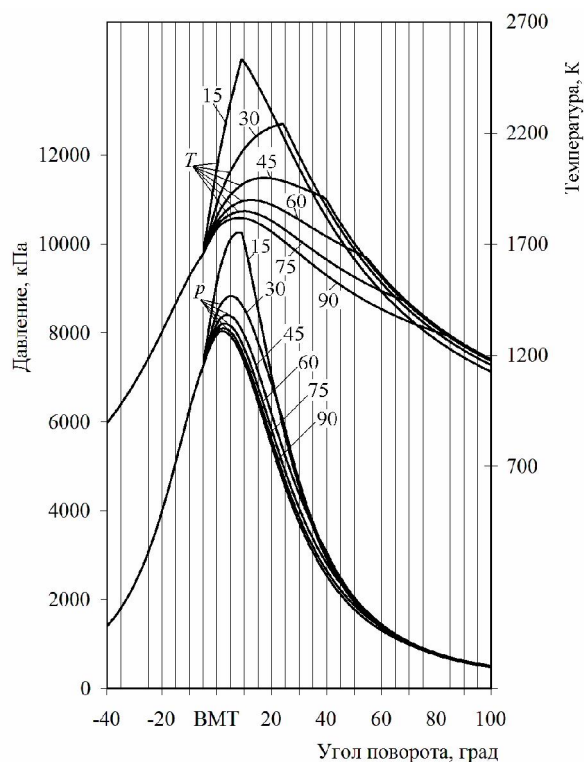


Рис. 1. Расчетные зависимости изменения давления и температуры для различной продолжительности продувки слоя топлива

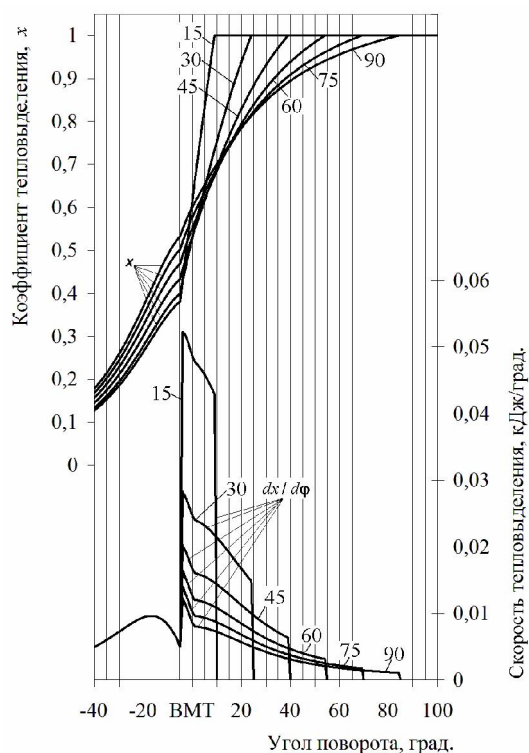


Рис. 2. Расчетные зависимости изменения коэффициента и скорости тепловыделения для различной продолжительности продувки слоя топлива

Индикаторный КПД (η_i) по мере увеличения продолжительности продувки сначала возрастает, а достигая значения, близкого к максимуму, практически не изменяется в диапазоне продолжительности продувки от 70 до 92° п.к.в. и лишь потом начинает медленно снижаться. Индикаторный удельный расход топлива (g_i), являясь функцией эффективности рабочего процесса, достигает своего минимума в указанном диапазоне. Таким образом, для получения максимальной эффективности рабочего процесса ТГПД нет необходимости подводить всю теплоту сразу после ВМТ, как это принято у классических двигателей. Отчасти это можно объяснить тем, что увеличение продолжительности продувки приводит к значительному снижению максимальной температуры цикла (T_2) (рис. 1, 3). Это, в свою очередь, понижает тепловые потери в стенки цилиндра и теплонапряженность рабочего процесса (рис. 2).

Снижение температуры сопровождается уменьшением максимального давления цикла (p_2). При этом давление, как и температура, сначала снижается довольно интенсивно, а затем практически стабилизируется на некотором уровне.

Увеличение продолжительности продувки на первом этапе ведет к повышению давления и температуры отработавших газов (T_b и p_b соответственно). К этому приводит интенсивный подвод теплоты на участке рабочего хода поршня. Далее, по мере снижения плотности заряда, поступающего в слой, и уменьшения скорости подвода теплоты, температура и давление отработавших газов начинают снижаться. Следует отметить, что начало снижения давления и температуры практически совпадает с максимумом эффективности рабочего процесса. Таким образом, эти параметры, как наиболее удобные для контроля, могут быть использованы для оптимизации рабочего процесса двигателя.

Не столь сильное влияние продолжительности продувки на эффективность, как это можно было

ожидать, объясняется еще и тем, что, несмотря на значительное увеличение продолжительности продувки, момент достижения максимальной температуры ($\varphi_{T_{max}}$) в начале удаляется, а далее снова плавно приближается к ВМТ. Таким образом, независимо от продолжительности продувки максимумы температуры и теплонапряженности достигаются в непосредственной близости от ВМТ. С увеличением продолжительности продувки приближается к ВМТ и максимум давления ($\varphi_{p_{max}}$).

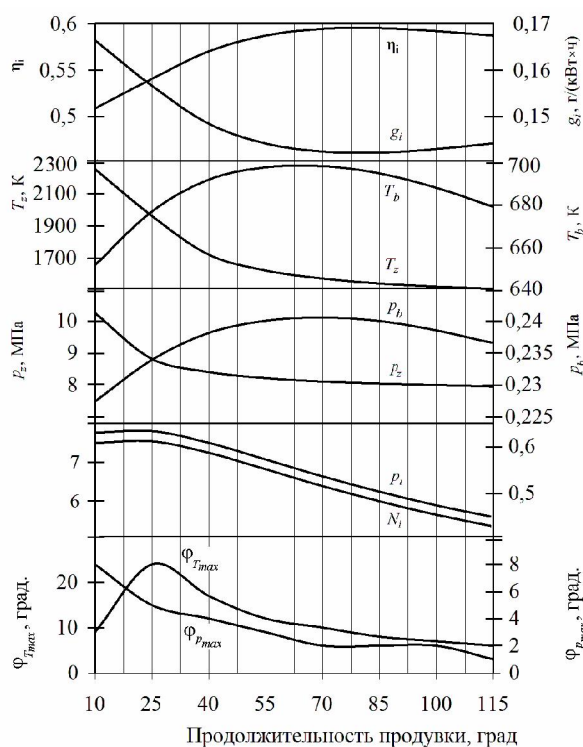


Рис. 3. Расчетные зависимости изменения основных показателей рабочего процесса как функции продолжительности продувки слоя топлива

Это можно объяснить более сильной зависимостью скорости тепловыделения от плотности заряда, чем от скорости движения вытеснителя. В районе ВМТ плотность заряда максимальна, поэтому даже при незначительном перемещении вытеснителя в слой поступает значительная масса свежего заряда. С уменьшением плотности при том же перемещении вытеснителя масса заряда, поступающего в слой,

сокращается и скорость тепловыделения снижается (рис. 3).

Особенно следует отметить влияние продолжительности продувки на среднее индикаторное давление (p_i) и индикаторную мощность (N_i). При увеличении продувки до 20° п.к.в. мощность и давление незначительно возрастают (на 0,55%), а далее снижаются практически прямопропорционально увеличению угла продувки. В рассматриваемом диапазоне это снижение достигает 29%. Если за критерий оптимизации принять максимальную эффективность рабочего процесса, то снижение индикаторной мощности для данного режима продувки составит 15%.

Таким образом, результаты исследования показали, что нельзя выделить единого критерия оптимизации рабочего процесса по продолжительности продувки. Таких критериев существует, как минимум, два – по максимальной мощности и по максимальной эффективности.

Выводы

Исходя из результатов исследования, можно сделать следующие выводы:

- в отличие от классических ДВС, в ТТПД для получения максимальной эффективности рабочего процесса теплота должна подводиться в течение достаточного продолжительного участка цикла (70...92° п.к.в.);
- максимумы давления и температуры отработавших газов практически совпадают с максимумом эффективности цикла. Поэтому эти параметры, как наиболее удобные для контроля, могут быть использованы для оптимизации рабочего процесса двигателя;
- независимо от продолжительности продувки максимумы давления, температуры и теплонапряженности достигаются в непосредственной близости от ВМТ;

– скорость тепловыделения зависит в большей степени от плотности заряда, чем от скорости движения вытеснителя, поэтому при одинаковом перемещении вытеснителя скорость тепловыделения в районе ВМТ остается более значительной;

– нельзя выделить единого критерия оптимизации рабочего процесса по продолжительности продувки. Таких критериев существует, как минимум, два – по наибольшей мощности и по максимальной эффективности. При максимальной эффективности отмечается снижение мощности приблизительно на 15% по сравнению с максимальной.

Список литературы:

1. *Caton J.A., Rosegay K.H. A Review and Comparison of Reciprocating Engine Operation Using Solid Fuels //*

«Transactions of the Society of Automotive Engineers», Vol. 82, №831362. – 1984. – P. 1108-1124. 2. Caton J.A. The Development of Coal-Fueled Diesel Engines: A Brief Review // «Energy Information Annual», Vol. 17. – 1992. – P. A89-A97. 3. Белоусов Е.В. Создание и совершенствование твердотопливных поршневого двигателей внутреннего сгорания. – Херсон: ОАО ХГТ, 2006. – 451с. 4. Хзмалян Д.М. Теория топочных процессов. Учебное пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 352 с. 5. Белоусов Е.В., Тимошевский Б.Г., Белоусова Т.П. Усовершенствование слоевого метода сжигания твердых топлив в двигателях внутреннего сгорания. // Зб. наук. праць УДМТУ. – Миколаїв: УДМТУ, 2001. – № 6 (378). – С. 68–77.

УДК 621.43.068.7+662.756.3

А.И. Крайнюк, д-р техн. наук, И.П. Васильев, канд. техн. наук

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОПЛИВ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В ДИЗЕЛЯХ

Введение

Истощение природных запасов углеводородных топлив порождает интерес к использованию топлив растительного происхождения (ТРП), апробируемыми разновидностями, которых в настоящее время являются спирты и маслосодержащие продукты переработки сельскохозяйственного сырья [1-3].

В Германии находит применение биодизельное топливо, полученное путем переработки растительных масел с показателями, нормируемыми общеевропейским стандартом. В Украине биодизельное топливо применяется в ограниченных объемах, что в

значительной степени связано с отсутствием стандартов на его производство [4].

Помимо биодизельного топлива на автозаправках Германии в качестве топлива для дизельных двигателей реализуется сырое (чистое) рапсовое масло [5]. Растительное масло, как продукт менее высокой технологической переработки, имеет более низкую относительно биодизельного топлива себестоимость, выделяемой при сгорании тепловой энергии. Однако его непосредственное использование в качестве топлива на дизеле предполагает переоснащение или дополнение (для двухтопливных установок) систем