

компрессора высокого давления, выходных устройств.

Наиболее сложной в изготовлении деталью из хромоникелевых материалов является деталь «Корпус головки камеры сгорания», изготавливаемая из сплавов ХН45МВТЮБ и ХН50МВТ в связи с тем, что механическая обработка этих сплавов, особенно механическая обработка отверстий, весьма затруднена.

Целью исследования являлось оптимизация режимов обработки основных элементов детали «Корпус головки» (сквозных и глухих отверстий различных типоразмеров) на современном электроэрозионном оборудовании, при обеспечении требований по качеству поверхности и максимальной производительности.

В качестве изменяемых параметров были выбраны ток короткого замыкания  $I_{кз}$ , напряжение  $U$ , длительность импульса  $T_{и}$ , частота следования импульсов  $f$ . Контролируемыми параметрами были производительность и качество обработанной поверхности - шероховатость. Обработка проводилась электродами из меди и графита в керосине на станке Agie Spirit 2.

Были получены зависимости производительности от длительности импульсов, от частоты импульсов при различном токе короткого замыкания.

В результате исследований было установлено следующее:

1. Стандартные режимы обработки не обеспечивают максимальную производительность при обработке хромоникелевых сплавов.

2. Зависимость производительности от частоты импульсов имеет выраженный максимум. При определенном значении частоты импульсов производительность достигает наибольшего значения, при дальнейшем увеличении частоты импульсов производительность снижается за счет затруднения эвакуации продуктов эрозии из межэлектродного промежутка.

3. С ростом величины тока оптимальная величина частоты импульсов смещается в сторону меньших значений.

4. Для каждого типоразмера отверстий были получены оптимальные режимы обработки, обеспечивающие заданную шероховатость поверхности при максимальной производительности.

УДК 536.02

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И КОНСТРУКТИВНЫЕ РАЗРАБОТКИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Кудинов В.А., Алексенцев Е.И., Неклюдов А.А.

Самарский государственный технический университет

### THEORETICAL AND PRACTICAL PILOT PROJECTS OF ENERGY-EFFICIENT COMBUSTION ENGINE

*Kudinov V.A., Aleksentsev E.I., Nekludov A.A. The results of energy-efficient combustion engine theoretic development and its practical realization is presented. Thermodynamic cycle of initiated engine is close to Carnot generalized regenerative cycle. In the presented engine take place separate running isothermic processes of compressing and widening. This design lets regenerate heat by transfer of heat from exhaust to directed to engine cylinder air.*

Современные ДВС имеют КПД 35 – 37%. КПД обобщенного термодинамического цикла Карно в этом же диапазоне температур горячего и холодного источников теплоты составляет около 80 %. Следовательно, в

современных двигателях используется лишь половина возможностей идеального цикла. Поэтому при разработке любых новых конструкций ДВС их циклы должны быть максимально приближены к обобщенному тер-

модинамическому циклу Карно. Каких-либо других путей существенного повышения кпд ДВС не существует в принципе (таковы законы природы и, в частности, второй закон термодинамики).

В связи с чем, анализ потерь кпд в современных ДВС будем выполнять в сопоставлении с идеальным циклом Карно. Значительные потери кпд возникают при адиабатном сжатии рабочей смеси (воздуха в дизелях). Сжатие по изотерме позволяет уменьшить эти потери примерно на 1/3, что составит около 10 % прибавки кпд.

Другой значительной составляющей потерь является потеря от неизотермичности расширения рабочего тела. Организация расширения по изотерме (взамен адиабаты) позволит увеличить кпд также примерно на 10 %. И третья существенная доля потерь кпд (до 15 %) связана с потерями теплоты в окружающую среду при охлаждении газов в атмосфере. Наиболее эффективным способом уменьшения этих потерь является применение регенерации теплоты путем нагрева рабочей смеси выхлопными газами перед ее воспламенением.

Менее значительными (5 – 7 %) являются механические потери и потери, связанные с остаточным давлением выхлопных газов (3 – 5 %). Ввиду малости этих потерь они далее не будут рассматриваться.

Таким образом, для сколь-нибудь существенного повышения кпд современных ДВС остается лишь один путь – приближение циклов этих двигателей к обобщенному термодинамическому (регенеративному) циклу Карно. Других путей не существует в принципе, так как в противном случае следует подвергнуть сомнению второй закон термодинамики.

На рис. 1 дана диаграмма цикла энергоэффективного ДВС, максимально приближенного к обобщенному термодинамическому циклу Карно. Рассмотрим процессы цикла.

1–2 – адиабатное сжатие воздуха в первой ступени компрессора; 2–3 – изобарный отвод теплоты  $q_2'$  от воздуха в теплообменнике; 3–4 – адиабатное сжатие воздуха во второй ступени компрессора; 4–5 – изобарный отвод теплоты  $q_2''$  в теплообменнике; 5–6 – адиабатное сжатие воздуха в третьей ступе-

ни компрессора; 6–7 – подвод теплоты  $q_{рег}$  к воздуху в регенераторе; 7–8 – подвод теплоты  $q_1$  в камере сгорания; 8–9 – адиабатное расширение газов в цилиндре двигателя; 9–10 – изобарный подвод теплоты  $q_1'$  в камере сгорания за счет сжигания добавочной порции топлива; 10–11 – адиабатное расширение газов в цилиндре двигателя; 11–12 – изобарный подвод теплоты  $q_1''$  в камере сгорания за счет сжигания еще одной добавочной порции топлива; 12–13 – адиабатное расширение газов в цилиндре двигателя; 13–14 – изохорный отвод теплоты от газов в регенераторе; 14–1 – охлаждение газов в атмосфере с отводом теплоты  $q_2$ .

Если реализовать процессы в ДВС так как показано в диаграмме на рис. 1 то его цикл будет приближаться к обобщенному термодинамическому (регенеративному) циклу Карно, состоящему из двух изотерм и двух эквидистант (в данном случае изохор), имеющему в заданном интервале температур такой же кпд, как и обычный цикл Карно, состоящий из двух изотерм и двух адиабат.

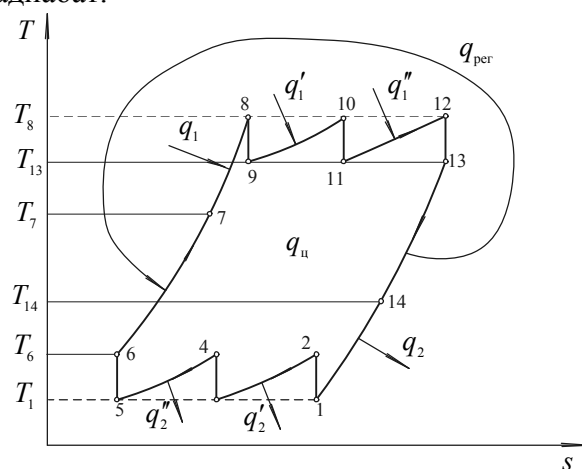


Рис. 1. Цикл ДВС в  $Ts$  – диаграмме

Перечислим основные преимущества такого цикла.

1. Возможность достижения любых степеней сжатия при малых затратах работы (изотермическое сжатие).

2. Возможность организации изотермического горения за счет имеющейся возможности подведения количества сжатого воздуха, достаточного для сжигания любого требуемого количества топлива, обеспечивающего изотермичность расширения.

3. Использование теплоты выхлопных газов для получения дополнительного количества полезной работы (регенерация теплоты).

4. Возможность организации рабочего процесса в цилиндре двигателя за два хода поршня (рабочий ход – выхлоп).

5. При отсутствии кривошипно-шатунного механизма (бесшатунный двигатель) имеется возможность организации рабочего процесса и в подпоршневой зоне. В этом случае рабочий ход будет выполняться при каждом ходе поршня (попеременно в

надпоршневой и подпоршневой областях цилиндра).

#### Библиографический список

1. Заявка на изобретение. Алексенцев Е.И., Кудинов В.А., Неклюдов А.А. Способ работы поршневого двигателя внутреннего сгорания. МПК F 02B29/06.

2. Заявка на изобретение: Алексенцев Е.И., Кудинов В.А., Неклюдов А.А. Двигатель внутреннего сгорания. МПК F 02B33/32.

УДК 681.5

## ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА И ЦЕМЕНТАЦИИ ДЕТАЛЕЙ ДВИГАТЕЛЕЙ

Лившиц М.Ю., Деревянов М.Ю.

Самарский государственный технический университет

### THE OPTIMAL CONTROL OF INDUCTION HEATING AND CARBURIZING PROCESSES OF ENGINE PARTS

*M.Yu. Livshits, M.Yu. Derevianov The paper presents a method and a computational algorithm for the solution of parametric optimization problems of coupled temperature and concentration fields mathematical models attached to heating and mass transfer processes. Suggested method is based on established special characteristics (alternance properties) of the optimum final temperature or concentration distribution with the prescribed accuracy of an uniform approximation to required state.*

Предлагается подход к решению типичных проблем, возникающих при автоматизации промышленных процессов технологической теплофизики в двигателестроении, таких как индукционный нагрев деталей двигателя, высокотемпературная индукционная пайка в вакууме или в защитной атмосфере, термическая и химико-термическая обработка деталей. Значительная часть этих проблем может быть сведена к решению задач оптимального управления соответствующими процессами тепломассопереноса как объектами с распределенными параметрами (ОРП). Предлагается метод решения этих задач, позволяющий получить алгоритмы оптимального управления взаимосвязанными температурными и концентрационными полями для этих технологических процессов. Постановка таких задач как

системной проблемы сводится к следующим процедурам, понимаемым как подсистемы:

- назначение критерия оптимальности или критериев в случае многокритериальной постановки;
- описание объекта управления - как правило, в форме краевых задач математической физики;
- определение областей, множеств, классов допустимых управлений и допустимых состояний объекта управления, включая начальные и конечные, определение и формализация ограничений.

Охарактеризуем эти подсистемы.

1. Основным элементом системного подхода к проблеме является целеполагание, в рассматриваемом случае - назначение критери-