

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 теплопереноса 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-

ев оптимальности. В большинстве известных авторам исследований в области оптимизации промышленных процессов в качестве критериев оптимальности недостаточно обосновано использованы технологические и технико-экономические группы критериев и весьма редко применяются эксплуатационные критерии. Полученные при этом результаты нередко вступают в противоречие между собой и, что наиболее существенно в условиях рыночной экономики, с интересами потребителя. При системном подходе родственные понятия: целостность, эмерджентность, негентропийность, целеполагание – определяют структуру проектируемых систем оптимального управления ОРП.

Для рассматриваемых технологических процессов упрочнения иерархическая структура локальных критериев оптимальности может быть получена путем декомпозиции заданного глобального критерия, в качестве которого можно использовать, например, экономический критерий оценки жизненного цикла изделия – приведенный доход т. к. он расположен выше оптимизируемых технологических процессов в целевой иерархии.

2. Декомпозиция глобального критерия по его компонентам определяет дальнейшую структуру математических моделей и топологию подсистем управления ОРП, что соответствует фундаментальному принципу системного анализа – принципу декомпозиции. При этом структурная декомпозиция глобального критерия оптимальности порождает соответствующее "дерево целей" как совокупность локальных эксплуатационных и технологических критериев, которому соответствует "дерево моделей". Соответствие моделей локальным критериям и определяет минимально допустимую сложность моделей. В соответствии с системным принципом иерархии и приоритетом целенаправленности математические модели должны также быть иерархически упорядочены на базе гомоморфизма моделей верхнего уровня по отношению к моделям нижнего уровня на основе агрегирования переменных состояния последних. Детализация описания возрастает по мере продвижения вниз по иерархическим ступеням на основе декомпозиции мо-

делей верхнего уровня параллельно декомпозиции глобального критерия.

Для оптимизации ОРП используются иерархические, структурные и конструктивные модели. При этом если конструктивные модели имеют общий базис (для рассматриваемых технологических процессов упрочнения - термодинамический), целесообразно осуществить его вычленение с целью получения общих закономерностей оптимизации этих процессов.

3. Ограничения и допустимые состояния ОРП определяются прежде всего условиями принадлежности функции состояния допустимой области пространства, определяемой конкретной формой модели. Кроме того, обычно действуют энергетические и технологические ограничения на управление. Способ оценки погрешности отклонения результирующего состояния от заданного, определяющий метрику, а следовательно топологию достижимого множества прямо следует из технологии, а следовательно из математических моделей, отражающих связи критериев качества технологии и эксплуатационных критериев, полученных декомпозицией глобального критерия. В большинстве известных авторам работ в качестве такой метрики используется среднеквадратическое по объему детали отклонение. Такая метрика и порождаемые ею через соответствующие условия трансверсальности решения оптимальных задач может быть оправдана при параметрической идентификации, адаптации и чрезвычайно удобна в вычислительной практике. Однако, топология множества достижимости, заданная чебышевской нормой, на взгляд автора адекватно отвечает реальной технологической практике, хотя и вносит дополнительные затруднения в решение задачи.

Таким образом, в достаточно общей постановке задача оптимального управления ОРП может быть сформулирована так :

Определить ограниченное управление $V(p, \tilde{\tau}) = v^0(p, \tilde{\tau}), v^0(p, \tilde{\tau}) = \arg \min_V J(\chi),$

$V(p, \tilde{\tau}) = \bar{\mathfrak{R}} \subset L_2,$

доставляющее минимум заданному, в общем случае негладкому, критерию оптимальности

$$J(\chi) = \max \left\{ F(\chi, p, \nu, \tilde{\tau}) : p \in \overline{D}^\alpha \subset \overline{D} \right\}$$

в условиях заданных ограничений на компоненты $\chi \in \overline{N} \subset L_2$, $\forall \tilde{\tau} \in [0, \tilde{\tau}^0]$ пространства состояний ОРП и переводящее его из заданного начального состояния $\chi_0(p)$ в априори фиксированную достижимую замкнутую область

$$\overline{\Omega} = \left\{ \chi : \Phi(\chi) = \max_{\chi} \Psi(\chi, \nu) < \varepsilon_0 \right\},$$

$$\varepsilon_0 \geq \varepsilon_{\min} = \inf \Phi(\chi); p \in \overline{D}^\beta \in \overline{D},$$

где \overline{D}^α и \overline{D}^β - связные компактные подмножества множества \overline{D} , а $p \in \overline{D}$ - материальная точка множества \overline{D} . Системная постановка задач оптимизации тесно связывает между собой элементы: целеполагание, моделирование и собственно оптимизацию, что обеспечивает высокую эффективность применения предлагаемого подхода.

Научно-исследовательская работа выполнена в рамках реализации ФЦП « Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013гг. и при поддержке РФФИ.

УДК534.63:64

ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ГАЗОЖИДКОСТНЫХ ПОТОКОВ В ПОЛЕ ПОПЕРЕЧНОЙ ВИБРАЦИИ

Лиманова Н.И., Левкин Ю.С.

Самарский государственный аэрокосмический университет
Тольяттинский государственный университет

DIAGNOSTICS OF GAS-LIQUID FLOWS IN THE FIELD OF TRANSVERSE VIBRATION

Limanova N. I., Levkin Y.S. The analysis of internal structure of gas-liquid flows was conducted depending on the parameters of the transverse vibration. The experiment covered the structure of two-phase flow. The structural models for the two-phase mode have been received. The frequency bands in the field of transverse vibration were identified, which are characteristic for each of the new models. Keywords: two-phase flow, transverse vibration, vibration parameters.

Характер движения топлива в системах обвязки транспортных средств, в силовых и энергетических установках при работающих двигателях представляет научный интерес, так как является ключом к пониманию происходящих в них процессов. На современном уровне развития техники неотъемлемой чертой работающих транспортных средств, энергетических установок и их систем является вибрация. Вибрация существенным образом влияет на структуру газожидкостных потоков. Известны гидравлические расчёты горизонтальных, восходящих и нисходящих двухфазных потоков. К сожалению, они выполнены без учета вибрационных воздействий. Наиболее слабо изученным является влияние вибрационных процессов на проб-

ковую структуру газожидкостных потоков. Вибрационные поля способны изменять структуру двухфазных потоков, поэтому задача диагностики состояния газожидкостных потоков в поле поперечной вибрации является весьма актуальной.

Любое топливо, как для двигателей внутреннего сгорания, так и для летательных аппаратов работает в разных температурных режимах. Температура превращает жидкую фазу, как авиа керосина, так и авиа бензина в двухфазную смесь. При высоких рабочих температурах образуются пузырьки газовой фазы, а при низких температурах растворённая в углеводородном топливе вода превращается в лёд. В докладе рассматривается газожидкостная смесь, у которой