

2. Klingmann V.R., Bruggemann H. Der neue Vierzylinder-Dieselmotor OM611 mit Common-Rail-Einspritzung. Teil 2: Verbrennung und Motormanagement // MTZ. Motortechnische Zeitschrift. - 1997. - Bd. 58, N 9.

3. Иващенко Н.А., Вагнер В.А., Грехов Л.В. Моделирование процессов топливоподачи и проектирование топливной аппаратуры дизелей: Учебное пособие. Барнаул – Москва: АлтГТУ, 2002. – 165 с.

ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ АДАПТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Лашко В.А.

Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск

Аннотация: Рассмотрены основные проблемные вопросы создания адаптивных двигателей. Показано, что КДВС – сложная техническая система (СТС), имеет сугубо нелинейное взаимодействие между подсистемами. Установлено, что необходимо внедрение фундаментальной теории управления в практику проектирования и создания современных поршневых двигателей.

В настоящее время ведется интенсивный поиск путей создания адаптивных двигателей. Однако это остается пока на уровне элементов адаптации. Нет теоретического подхода к разрешению данной проблемы. Очевидно, причина кроется в отсутствии современных методов приложения фундаментальной теории управления к практике проектирования поршневых двигателей.

Остановимся на основных проблемных вопросах создания адаптивных поршневых двигателей.

1. До сих пор остается аддитивный принцип, принятый в практике проектирования и доводки современных двигателей.

Традиционно в процессе создания или совершенствования комбинированных двигателей внутреннего сгорания (КДВС) в специальных конструкторских бюро дизелестроения (СКБД) заводов, проектных организациях отработка отдельного модифицированного элемента конструкции ДВС осуществляется автономно с последующим включением в общую систему КДВС и соответствующей доводкой на экспериментальном стенде. В процессе автономной оптимизации элементов, например, проточных частей термогазогидродинамической системы КДВС (впускные и выпускные каналы, турбина, компрессор и т.д.) целевой функцией являются, как правило, локальные характеристики выделенных элементов (коэффициент расхода, гидравлического сопротивления, КПД и т.д.). В то же время достижение оптимума по локальным характеристикам не гарантирует того, что будет получено пропорциональное улучшение конечного технико-

экономического показателя двигателя – удельного эффективного расхода топлива. Это связано с тем, что установка на двигатель модифицированного элемента вызывает перераспределение термогазогидродинамических параметров и приводит к установлению нового состояния, как правило, не наилучшего.

2. Проблема описания нелинейного взаимодействия различных физических процессов в элементах сложной системы Σ (КДВС) при иерархически изменяемой структуре.

Следует отметить, что необходимы фундаментальные компоненты, представляющие основу поисковых исследований в области разработки сложных систем:

- теории исследуемого класса систем;
- методики и аппарата построения сложных проектных решений;
- технических (вычислительных) средств реализации соответствующих методик.

3. Проблема внедрения в практику проектирования КДВС основ современной фундаментальной теории управления сложными системами.

Сложность системы - Σ (КДВС) обусловлена тем, что приложение фундаментальной теории имеет ряд проблемных аспектов. Во-первых, в поле зрения исследователей попадает целый ряд новых категорий и понятий чисто математического характера. Прежде всего, необходимо сформулировать систему нового класса, относящихся к сложным системам с логико-динамическими процессами управления. Сложность заключается в том, что в функционировании логико-динамических систем (ЛДС) объединены два сложившихся принципа функционирования, связанных с управлением на континуальном и конечном (возможно счетном) множестве состояний. По существу необходимо «органическое» объединение фундаментальных моделей в виде конечных динамических систем (КДС) и динамических дифференциальных систем (ДДС). Во-вторых, функционирование ДДС рассматривают в континуальной области конечномерного пространства, а КДС на конечном множестве обобщенных координат. Время задается дискретно (на счетном множестве). В-третьих, конечный (логический) автомат рассматривается как математическая модель функционирования физической системы. Универсальность такой модели заключается в том, что формализованные элементы автомата: вход, выход, состояние задаются с помощью абстрактных символов, не связанных через соотношения размерностей.

Выделенный класс сложных систем - Σ (КДВС) относится к иерархическим системам, которые обладают следующими свойствами:

- традиционные метрические свойства (нижний уровень – дифференциальная динамика);
- логические свойства (средний уровень – структурная динамика);

- комбинаторные свойства (верхний уровень – динамика взаимодействия подсистем).

Нижний уровень – динамическая дифференциальная система, например, термогазогидродинамической системы в КДВС представлена на удовлетворительно. Известно, что для таких систем существует средний и верхний уровень. Пока необходимо констатировать, что даже на нижнем уровне существует ряд нерешенных вопросов:

1. Проблема односторонней вариации. Известно, что любая система так же, как и комбинированный двигатель внутреннего сгорания реализует свое функциональное назначение в ограниченном пространстве. С другой стороны, необходимо отметить, что основное необходимое условие экстремума – уравнение Эйлера – выведено в предположение свободы варьирования. Это констатирует, что методы классического вариационного исчисления не могут быть прямо приложены к задачам с ограничением в виде неравенств.

2. До конца не решена проблема выбора функции дополнительного управления. При тщательном рассмотрении функций управления, воздействующих на энергетический поток в термогазогидродинамической системе КДВС, проходящей через впускные и выпускные органы и топливоподающую аппаратуру, было предложено в качестве нелинейных функций преобразования s_λ использовать соотношение вида

$$s_\lambda = (u_{\max \lambda} / u_\lambda) \cdot \sin v_\lambda,$$

где v_λ – дополнительное управление, $\lambda = 1, \dots, L$.

Однако следует остановиться на проблемах, которые в дальнейшем придется решать:

Прежде всего, необходимо расшифровать параметр дополнительного управления v_λ , что позволит решить задачу синтеза нелинейных законов управления.

Достаточные условия достижения максимума функционала комбинированного двигателя (η_e – эффективный КПД) потребуют доказательную базу ряда утверждений и в большей степени это относится к теореме о переключении границ экстремалей.

3. Стоит вопрос о сходимости несобственного интеграла вида, $\int dt / q(t)$, где t – время, а $q(t)$ – нормальные характеристики ограничений.

4. Проблема определения локального изменения эффективного КПД поршневых двигателей. Прежде всего, это связано пока с невозможностью расшифровки природы сгорания в двигателях внутреннего сгорания.

Что касается среднего и верхнего уровня, то эти области в поршневых двигателях остаются нерешенными для специалистов.

4. Согласование характеристик поршневого двигателя с другими характеристиками систем, входящие в комбинированные установки.

Основные проблемы:

- нелинейное взаимодействие между подсистемами сложной системы Σ (КДВС);
- отсутствуют характеристики регулируемых турбин, компрессоров, поршневых двигателей;
- нет ясности с постановкой вариационной задачи по согласованию характеристик турбины, компрессора и поршневого двигателя;
- нет «рулей», позволяющих обеспечить оптимальное протекание согласованных характеристик.

5. Аналитическое конструирование оптимальных регуляторов по управлению.

Адаптивный двигатель должен быть оборудован автоматизированными регуляторами по управлению: фазами газораспределения, степенью сжатия, энергетическими потоками в системе наддува, теплоносителями в системе охлаждения надувочного воздуха, тепловыми режимами в деталях КДВС (ЦПГ, крышка, гильза цилиндра и т.д.), износов в деталях движения, колебаниями в двигателях (крутильные, продольные, изгибные) и т.д.

Однако при аналитическом конструировании оптимальных регуляторов по управлению необходимо разрешить следующие проблемы:

1. Как обосновать квадратичный функционал для описываемых систем?
2. Какой физический аналог потребуется при замене механических систем?
3. Как найти оптимальную траекторию управления, которая непосредственно связана с особенностями управления физических процессов в двигателях?

6. Проблема создания математических моделей с изменяемым рабочим процессом в комбинированных двигателях внутреннего сгорания.

Двигатели, имеющие большое число управляемых параметров и позволяющие осуществлять оптимальную настройку на каждый режим работы комбинированного двигателя внутреннего сгорания, получили название КДВС с изменяемым рабочим процессом или адаптивных двигателей.

Необходимо констатировать, что отсутствует теоретическая база физических процессов при работе адаптивного двигателя в реальных условиях эксплуатации. Существующая теория рабочих процессов двигателей внутреннего сгорания ограничена и описывает частные случаи. Она далека от реальных частичных режимов работы двигателя. Требуется разработка новых концепций, подходов, принципиально новых теорий. Нельзя механически переносить на частичные режимы уже разработанные теории рабочих процессов при максимальной мощности. Теория рабочих процессов адаптивных двигателей на несколько порядков сложнее, более общая и рассматривает сугубо нелинейные процессы, которые до настоящего вре-

мени не расшифрованы. Скорее всего можно предположить, что распознавание физических процессов адаптивного двигателя можно начать с понимания изменяемого рабочего процесса в КДВС при работе его в реальных условиях эксплуатации, которая требует разрешение следующих проблем:

1. Расшифровка физических процессов различной природы в двигателях внутреннего сгорания при работе его на частичных режимах.
2. Понимание «нелинейной деформации» рабочих процессов при переходе от номинального режима к частичным нагрузкам, природа которой неясна до настоящего времени.
3. Привлечение современных теорий: вариационного исчисления, гибридного графа, логико-динамических систем к глубокому пониманию физических процессов адаптивных двигателей.
4. Широкое использование экспериментальных исследований для реального понимания физических процессов при работе двигателя на частичных режимах.

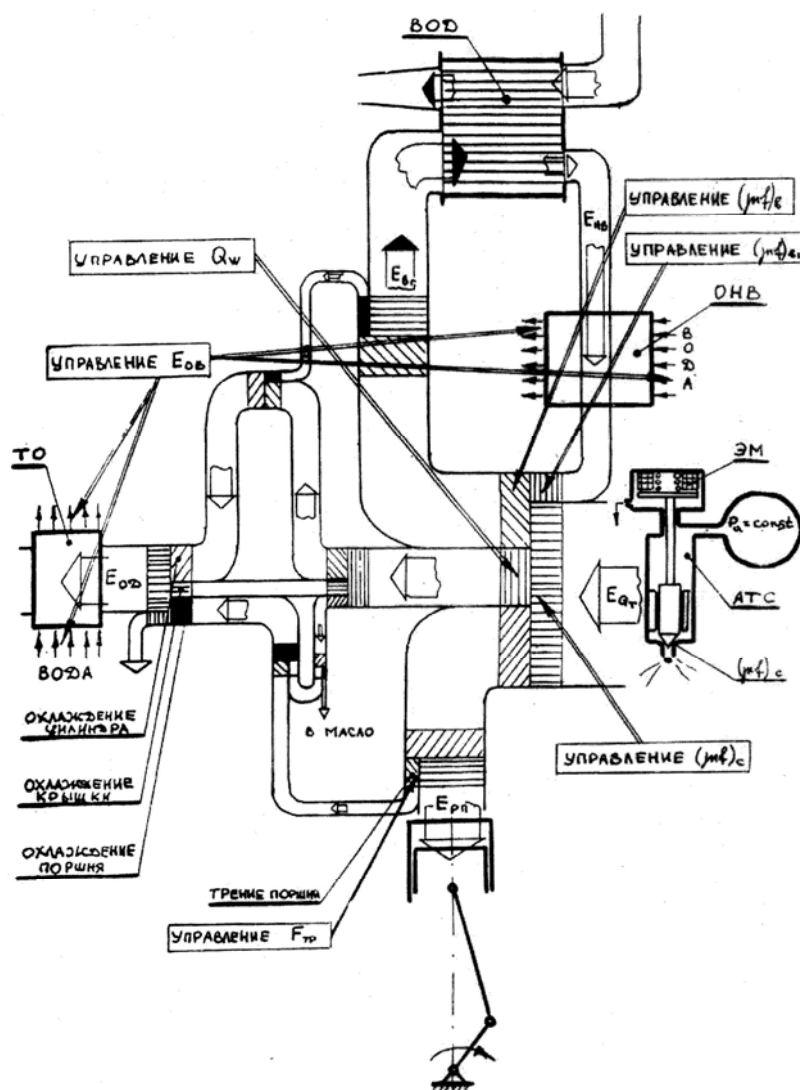


Рис. 1. Формирование интеллектуальной системы двигателя

Подводя итог вышеизложенному, можно констатировать, что исследования и разработки по созданию адаптивного двигателя осуществляются в двух направлениях:

1. Первое базируется на дальнейшем расширении возможностей ДВС традиционных схем путем увеличения числа управляемых элементов. Конструктивные исполнения, реализующих управление по какому-либо параметру называют «элементами адаптации».

2. Второе связано с разработкой двигателей, у которых в зависимости от условий рядовой эксплуатации происходит изменение (конвертирование) самой схемы. Это направление потребует «глобального» пересмотра существующей технологии проектирования двигателя и использование самой современной фундаментальной теории управления.

И в заключении предлагается концептуальный подход формирования адаптивного двигателя (рис. 1). В основе её лежит принцип управления энергетическими потоками в сложной технической системе – КДВС. Как будет реализован адаптивный двигатель в практике, покажет будущее.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ ДВУХТАКТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТРЕХМЕРНЫХ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Лобов Н.В.

Пермский государственный технический университет, г. Пермь

Одной из проблем, препятствующих существенному сокращению сроков разработки и доводки новых схем и конструкций двухтактных двигателей внутреннего сгорания (ДВС), является отсутствие высокоточных (пространственных) математических моделей, позволяющих получать полную и достоверную картину о протекающих в их системах газодинамических процессах. В настоящей статье приводится краткое описание созданной трехмерной математической модели двухтактного двигателя. Эффективность ее использования продемонстрирована на примере отработки конструкции отечественного серийного двигателя бензомоторной пилы "Урал-2Э".

Расчетная схема двигателя представлена на рис.1. Основной отличительной особенностью данной математической модели двигателя является то, что двигатель рассматривается как единая система, в которой имеются системы впуска и выпуска, цилиндр с функциональными каналами и кривошипная камера [1]. Для описания нестационарных газодинамических процессов во внутренних полостях двигателя был использован отечественный метод – метод крупных частиц (МКЧ) [2].