

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].

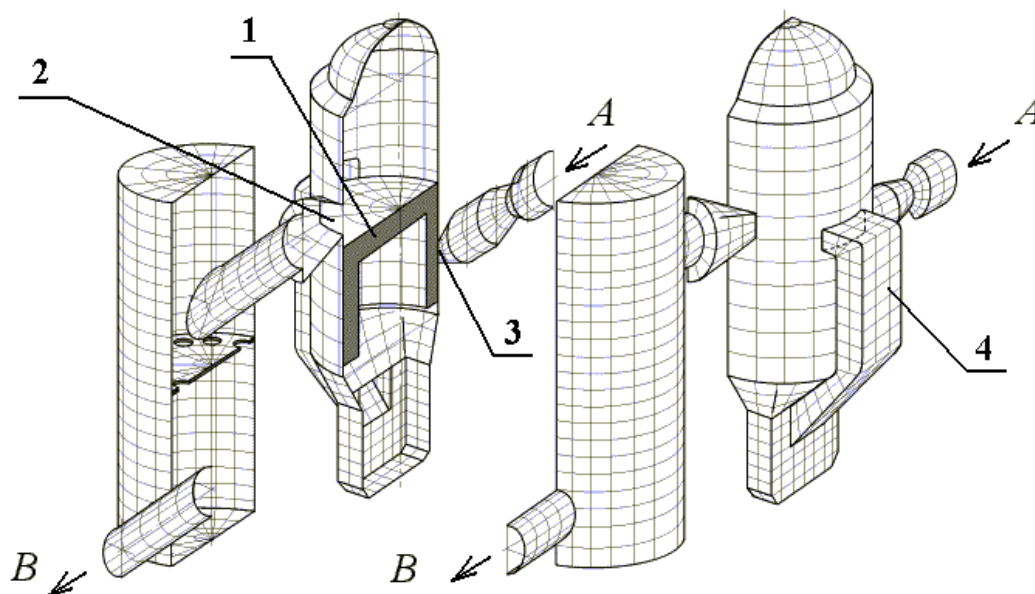


Рис.1 Объемное представление расчетной схемы одноцилиндрового двух-
тактного бензинового двигателя внутреннего сгорания: 1-поршень, 2-
выпускной канал, 3-впускной канал, 4-продувочный канал,
А,В – направление движения заряда.

При разработке математической модели двигателя были приняты следующие допущения:

1. Рабочее тело – совершенный газ.
2. Процесс сгорания представляется традиционным в теории ДВС подводом тепловой энергии по закону И.И. Вибера. В данном случае подвод тепловой энергии осуществлялся ко всем ячейкам, находящимся в камере сгорания.
3. Процесс подачи топлива карбюратором задается в виде фиксированного в процессе расчета соотношения расхода топлива к расходу воздуха.

В качестве исходной газодинамической системы дифференциальных уравнений была взята система уравнений Эйлера, записанная в дивергентном виде. В нее вошли: уравнение неразрывности (сохранения массы); уравнения сохранения импульса по осям координат; уравнение сохранения полной удельной энергии и уравнение неразрывности (сохранения массы) для продуктов сгорания. Для замыкания системы было использовано уравнение состояния для идеального газа.

В процессе реализации численного интегрирования исходной системы дифференциальных уравнений с помощью МКЧ вся расчетная область покрывалась фиксированной в пространстве Эйлеровой расчетной сеткой. Сетка состояла из прямоугольных элементарных ячеек - объемов. Общее

количество таких ячеек в процессе исследования не превышало 150-180 тысяч. Все вычислительные операции производились для половины двигателя. Более подробное описание трехмерной математической модели двигателя приведено в работе [3].

Разработанная на базе математической модели ДВС компьютерная программа была протестирована, а достоверность получаемых с ее помощью расчетных данных оценена с помощью большого количества экспериментальных данных. Для тестирования программы использовались индикаторные диаграммы двигателя, снятые одновременно в трех местах: в цилиндре, в кривошипной камере и системе выпуска при его работе по внешней скоростной характеристике, а также расходные характеристики (расход воздуха и топлива). Степень совпадения расчетных и экспериментальных кривых достаточно высокая.

Моделирование пространственных газодинамических процессов внутри двигателя, когда последний рассматривается как единая система, позволило на более высоком количественном и качественном уровне оценить эффективность процесса газообмена и спрогнозировать уровень шумовой эмиссии.

В качестве оценочного параметра при отработке конструкции по минимизации расхода топлива в двухтактном бензиновом двигателе использовался коэффициент использования свежего заряда, который определялся по формуле [4]:

$$\eta_{\text{и}} = \frac{\langle q_{\text{вх}} \rangle - \langle q_{\text{вых}} \rangle}{\langle q_{\text{вх}} \rangle},$$

где $\langle q_{\text{вх}} \rangle$ – средний массовый расход свежей смеси на входе в цилиндр двигателя (стык продувочного канала(ов) с цилиндром); $\langle q_{\text{вых}} \rangle$ – средний массовый расход свежей смеси на выходе из цилиндра двигателя (стык выпускного канала(ов) с цилиндром).

Массовый расход свежей смеси через контрольные сечения определялся по формулам:

$$q_{\text{вх}} = \sum_{i=1}^N A \cdot u_i \cdot (\rho_i - b_i) \quad \text{и} \quad q_{\text{вых}} = \sum_{i=1}^M A \cdot u_i \cdot (\rho_i - b_i)$$

где N - число целых ячеек в контрольном сечении продувочного(ых) канала(ов); M - число целых ячеек в контрольном сечении выпускного(ых) канала(ов); ρ_i - плотность газа, находящегося в ячейке; b_i - плотность продуктов сгорания, находящихся в ячейке; u_i - скорость газа в ячейке, перпендикулярная контрольному сечению; A - площадь ячейки в контрольном сечении.

При отработке конструкции двигателя с целью снижения уровня шума во внимание принималось следующее. Источниками шума у ДВС

подобного класса являются: шум впуска, шум выпуска, корпусной шум, шум от сгорания и механический шум. Поскольку разработанная математическая модель позволяла расчетным образом оценивать только характер течения газа в ГВТ двигателя, то основное внимание в исследовании было уделено минимизации уровня шума выпуска отработавших газов и шума от поступающего в двигатель свежего воздуха. В качестве параметра оценки использовалась амплитуда массового расхода газа. Исследования, проведенные Рудым Б.П. [5] показали, что при увеличении амплитуды расхода на входе и выходе из двигателя шум возрастает и наоборот.

В ходе совместных опытно – конструкторских работ (ОКР) с ФГУП «Машзавод им. Ф. Э. Дзержинского» г. Перми с использованием разработанной модели были выполнены численные расчеты двигателя "Урал-2Э" с серийным (объем внутренней полости 570 см^3 , рис.2,а) и модифицированным глушителем (930 см^3 , рис.2,б). При этом оценивалось влияние конструкции глушителя на эффективные параметры его работы, на параметры газообмена и, в частности, потери свежего заряда при продувке.

На рис.3. приведены результаты расчета массового расхода газа на выходе. У двигателя с модифицированным глушителем амплитуда расхода оказалась значительно меньше. При этом было зафиксировано снижение среднего индикаторного давления при использовании модифицированного глушителя, а также повышение коэффициента использования свежего заряда.

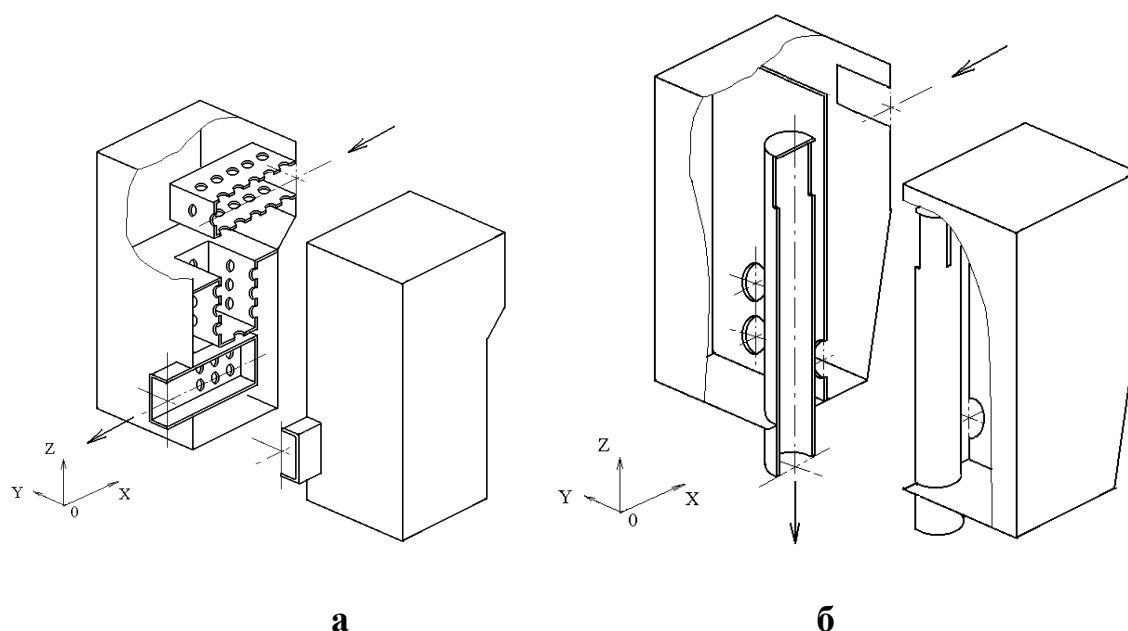


Рис.2. Исследованные глушители бензомоторной пилы "Урал-2Э":
а) серийный вариант;
б) модифицированный вариант

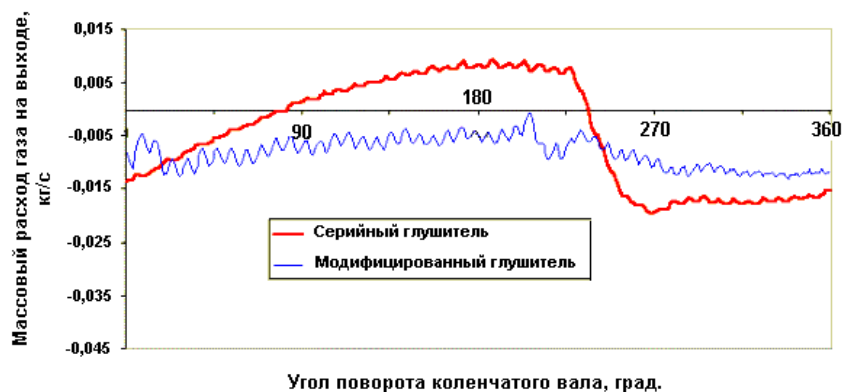


Рис. 3. Изменение массового расхода газа на выходе из двигателя

Выполненные расчеты позволили на этапе численной отработки конструкции двигателя утверждать, что применение модифицированного глушителя должно привести к снижению уровня шума производимого двигателем, относительному снижению расхода топлива и мощности.

Натурные испытания, проведенные на заводе, подтвердили данный прогноз. Двигатель с серийным глушителем показал общий уровень шума 108 дБа, с модифицированным — 105 дБа. Иначе говоря, шум удалось уменьшить почти в 2 раза. Снижение уровня шума было основной задачей проводимой ОКР. Было зафиксировано также, что использование модифицированного глушителя позволяет снизить расход топлива на 3 % при 2 % снижения мощности.

Вывод. Представленные результаты использования пространственно-трехмерной математической модели двухтактного двигателя при численной отработке его конструкции доказали ее эффективность. Достоверность и точность воспроизведения структуры газодинамических потоков в полостях двигателя в данном случае значительно выше в сравнении с известными одномерными моделями. Комплексный подход в исследовании газодинамических течений внутри ДВС, когда двигатель рассматривается как единая система, состоящая из системы впуска и выпуска, цилиндра с функциональными каналами и кривошипной камеры, позволяет на принципиально ином, более высоком количественном и качественном уровне оптимизировать конструкцию двигателя и оценивать перспективность разработки еще на стадии проектирования. Созданный программный комплекс может быть полезен при совершенствовании конструкции впускного и выпускного тракта двигателя, оптимизации характера течения газа внутри цилиндра и фаз газообмена. Последующее развитие математической модели связано с использованием турбулентных моделей процесса сгорания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лобов Н.В. Трехмерная математическая модель двухтактного одноцилиндрового бензинового ДВС// В журнале «Строительные и дорожные машины», 2003, №2, с. 40-42.
2. Ю.М. Давыдов. Крупных частиц метод. – В кн.: Мат. энциклопедия, Т.3, 1982, с. 125-129.
3. Лобов Н.В. Моделирование рабочего процесса в двухтактном одноцилиндровом двигателе внутреннего сгорания, Пермь, ПермГТУ, 2003, 82 с.
4. Лобов Н.В. Оценка эффективности процесса газообмена в двухтактном двигателе с кривошипно-камерной продувкой // Ползуновский вестник. – 2004. – №1. – С.225–229.
5. Рудой Б.П., Галлиулин Ф.Ф. Концепция проектирования выпускного тракта ДВС по шумовым характеристикам// Двигатель – 97: Материалы МНТК.– М., 1997. – С.93.

О РАЦИОНАЛЬНОМ ОПИСАНИИ ГИДРОГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДВС

Малиованов М.В., Хмелёв Р.Н.

Тульский государственный университет, г. Тула

Современный этап теоретических исследований ДВС характеризуется существенной сложностью используемых математических моделей [1 – 4]. Это прежде всего касается многомерных математических моделей, описывающих течение жидкого или газообразного рабочего тела в проточных частях двигателя. Используемые математические модели, как правило, на достаточно высоком уровне описывают течение жидкой или газовой среды в отдельных элементах гидрогазодинамических систем. При этом процесс функционирования двигателя в целом часто исключается из рассмотрения, а его влияние на исследуемый элемент заменяется соответствующими граничными условиями.

При исследовании гидрогазодинамических систем ДВС, как правило, наибольший интерес представляют система топливоподачи и газозоудный тракт в различных конструктивных сочетаниях, зависящих от типа двигателя. Названные системы представляют собой совокупность звеньев различной физической природы: твердых, жидких, газообразных и при их движении имеет место комплекс механических, тепловых и других движений и процессов. Кроме того, эти системы имеют глубокие внутренние связи, которые при динамическом анализе (анализе их функционирования) не позволяют расчленять каждую систему на независимые составляющие,