

Kamyshov Sergei Sergeevich

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: kamsergej@yandex.ru.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: +78634371694.

The Department of Electrical Engineering and Mechatronics; Master.

УДК 621.43: 629.113

Р.А. Тихонов

ИССЛЕДОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ СКОРОСТИ ВОЗДУШНЫХ ПОТОКОВ В ГАЗОВЫХ ТРАКТАХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Рассматриваются различные виды впускных трактов. Производится анализ их преимуществ и недостатков. Описаны принципы конструирования впускных коллекторов. Произведено моделирование стандартного впускного тракта двигателя внутреннего сгорания. Предлагается разработанный автором впускной тракт оригинальной формы. Создана реальная модель экспериментального впускного тракта. Приведены результаты экспериментов с различными впускными трактами. По результатам проведенных экспериментов доказана достоверность данных полученных с помощью компьютерного моделирования.

Газодинамические характеристики газовых трактов; оптимизация газовых трактов.

R.A. Tikhonov

INVESTIGATION AND OPTIMIZATION OF AIR VELOCITY AT THE GAS PATH COMBUSTION ENGINES

The article discusses the various types of inlet tracts. The analysis of their advantages and disadvantages. The principles of design of intake manifolds. Produced by simulation of standard intake tract internal combustion engine. Developed by the author is invited to the intake tract of the original form. Created a real model of the experimental intake tract. The results of experiments with different intake tract. The results of the experiments proved the reliability of data obtained through computer simulation.

Gas-dynamic characteristics of gas paths; the optimization of gas tracts.

Введение. Изучение газодинамических характеристик и оптимизация газовых трактов является важным фактором в правильной настройке и создании топливовоздушной смеси двигателя внутреннего сгорания.

Основные требования, предъявляемые к впускному тракту, заключаются в обеспечении минимального сопротивления на впуске и равномерном распределении горючей смеси по цилиндрам двигателя.

Правильно сконструированный впускной коллектор позволяет значительно повысить мощность двигателя. Мощность двигателя напрямую связана с рабочим объемом цилиндров и количеством подаваемой в них топливо-воздушной смеси. То есть чем больше в цилиндрах сгорает топлива, тем более высокую мощность развивает силовой агрегат. Повысить мощность двигателя можно путем увеличения его рабочего объема, но это приводит к увеличению габаритов и массы конструкции, при этом возникают серьезные проблемы, связанные с ростом сил инерции и резким увеличением механических нагрузок на детали силового агрегата, что приведет к снижению ресурса двигателя. Наиболее эффективным способом в этой ситуации является наддув. При наддуве улучшается наполнение цилиндров

свежим воздухом, что позволяет сжигать в цилиндрах большее количество топлива и получать за счет этого более высокую агрегатную мощность двигателя. Основной задачей наддува является создание избыточного давления перед впускным клапаном.

Однако существенно улучшить наполнение цилиндров можно, оптимизировав форму впускного коллектора.

Длина трубопровода рассчитывается так, чтобы волна, несколько раз отразившись от его концов, пришла к клапану в нужный момент. При коротком впускном коллекторе двигатель лучше работает на высоких оборотах, при низких оборотах более эффективен длинный впускной тракт.

Уменьшение сопротивления на впуске за счет уменьшения скорости потока путем увеличения сечений трубопроводов не всегда возможно по нескольким причинам. Во-первых, при увеличении сечений трубопроводов возрастают габариты и масса двигателя, во-вторых, снижение скорости потока уменьшает турбулизацию свежего воздуха при поступлении его в цилиндры, в результате чего происходит ухудшение качества смесеобразования как в бензиновых, так и в дизельных двигателях [5].

Постановка задачи. Используя средства компьютерного моделирования, исследовать структуру воздушного потока в стандартном впускном трубопроводе автомобиля ВАЗ 2110. На основании полученных данных построить компьютерную модель впускного коллектора оригинальной формы, обладающую необходимыми газодинамическими характеристиками. На основании данных компьютерного моделирования построить экспериментальную модель впускного коллектора оригинальной формы. Используя стенд для проверки мощности двигателя, поставить эксперимент со стандартным впускным коллектором и впускным коллектором оригинальной формы. По результатам эксперимента определить достоверность информации, полученной с помощью компьютерного моделирования.

Метод решения задачи. Для равномерного распределения свежего заряда по цилиндрам впускному тракту придают симметричную форму. Наиболее важно это для двигателей с внешним смесеобразованием, у которых процесс смесеобразования начинается в карбюраторе. При таком смесеобразовании важно обеспечить не только равномерное наполнение цилиндров, но и одинаковый качественный состав поступающей в цилиндры смеси. По этой причине система должна иметь не только пространственную симметрию, но и симметрию по времени. Последнее означает, что проходящая через дроссельную заслонку порция смеси должна подходить к впускным каналам всех цилиндров за одинаковое время [5].

Площадь сечения резонансного трубопровода задается такой, чтобы при допустимой длине трубопровода он обеспечивал приемлемые гидравлические потери. Наиболее существенное влияние на настройку волновой системы оказывают объем резонатора и длина резонансного трубопровода. При этом зависимость частоты колебаний чувствительности системы на изменение длины резонансного трубопровода в 1,5–2,0 раза выше, чем на изменение объема резонатора. Поэтому резонатор выполняется в виде части штатного впускного коллектора.

Изучение движения и теплообмена текучей среды моделируется с помощью уравнений Навье-Стокса, описывающих в нестационарной постановке законы сохранения массы, импульса и энергии этой среды. Кроме того, используются уравнения состояния компонентов текучей среды, а также эмпирические зависимости вязкости и теплопроводности этих компонентов среды от температуры. Сжимаемые жидкости задаются зависимостью их плотности от давления. Для моделирования турбулентных течений используются уравнения Навье-Стокса, осредненные по Рейнольдсу, т.е. используется осредненное по малому масштабу времени влияние турбулентности на параметры потока, а крупномасштабные временные изме-

нения осредненных по малому масштабу времени составляющих газодинамических параметров потока (давления, скоростей, температуры) учитывается введением соответствующих производных по времени. В результате, уравнения имеют дополнительные члены – напряжения по Рейнольдсу, а для замыкания этой системы используются уравнения переноса кинетической энергии турбулентности и ее диссипации в рамках k - ε модели турбулентности [1].

Эта система уравнений сохранения массы, импульса и энергии нестационарного пространственного течения имеет вид в рамках подхода Эйлера в декартовой системе координат ($x_i, i=1,2,3$), вращающейся с угловой скоростью Ω вокруг оси, проходящей через ее начало:

$$\begin{aligned} \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_k} (p u_k) &= 0, \\ \frac{\partial (p u_i)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_k} (p u_i u_k - \tau_{ik}) + \frac{\partial P}{\partial x_i} &= S_i, \\ \frac{\partial (p E)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_k} ((p E + P) u_k + q_k - \tau_{ik} u_i) &= S_k u_k + Q_H. \end{aligned}$$

Кинетическая энергия турбулентности k и диссипация этой энергией ε определяются следующими двумя уравнениями:

$$\begin{aligned} \frac{\partial p k}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_k} (p u_k k) &= \frac{\partial}{\partial x_k} \left((\mu_i + \frac{\mu_i}{\partial_k}) \frac{\partial k}{\partial x_k} \right) + S_k, \\ \frac{\partial p \varepsilon}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_k} (p u_k \varepsilon) &= \frac{\partial}{\partial x_k} \left((\mu_i + \frac{\mu_i}{\partial_\varepsilon}) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_k} \right) + S_\varepsilon. \end{aligned}$$

Ламинарные и турбулентные пограничные слои течения около поверхностей твердого тела, а также переход ламинарного пограничного слоя в турбулентный и наоборот, турбулентного в ламинарный моделируется с высокой точностью с помощью модифицированных универсальных пристеночных функций.

Для сжимаемых текучих сред используется уравнение состояния:

$$\rho = \rho(P, T, y),$$

где $y=(y_1, y_2, \dots, y_N)$, – вектор концентрации компонентов текучей среды.

Также используется уравнение состояния идеального газа

$$\rho = P / (RT).$$

Для несжимаемых жидкостей используется

$$\rho = \rho(T, y).$$

Для сжимаемых жидкостей выбирается одна из следующих зависимостей плотности от давления:

Логарифмическая:

$$\rho = \rho_0 / \left(1 - C \cdot \ln \frac{B + P}{B + P_0} \right),$$

где ρ_0 – плотность жидкости при давлении P_0 , C, B – коэффициенты.

Или степенная зависимость:

$$\rho = \rho_0 \cdot \left(\frac{B + P}{B + P_0} \right)^{1/n}.$$

Используя средство компьютерного трехмерного твердотельного параметрического моделирования SolidWorks и пакета FloWorks, произведено моделирование стандартного впускного коллектора автомобиля ВАЗ 2110 с 16ти клапанным двигателем, изображенного на рис. 1.

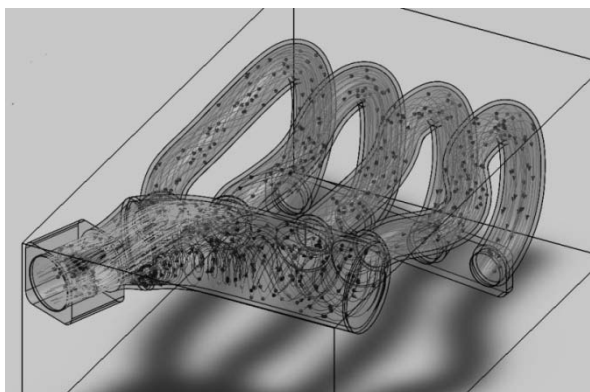


Рис. 1. 3D-модель стандартного впускного коллектора ВАЗ 2110

Характеристики впускного коллектора ВАЗ 2110 изображены на рис. 2 и 3.

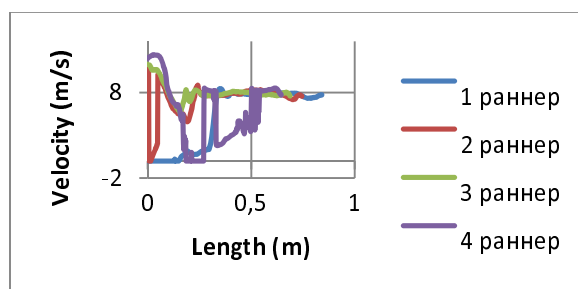


Рис. 2. Характеристики скорости воздушных потоков

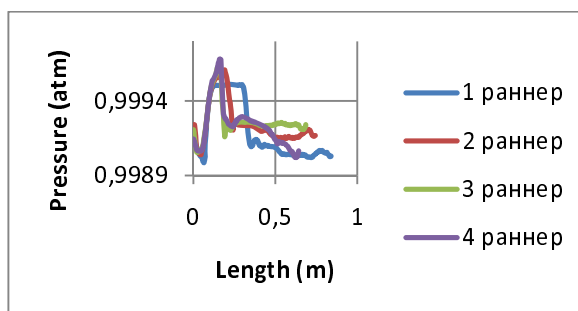


Рис. 3. Характеристики давления создаваемого воздушными потоками

По полученным данным видна неравномерность формирования потока воздуха, следствием чего и является неравномерность наполнения цилиндров.

По результатам моделирования стандартного впускного коллектора построена компьютерная модель впускного коллектора оригинальной формы.

Характеристики впускного коллектора оригинальной формы представлены на рис. 4 и 5.

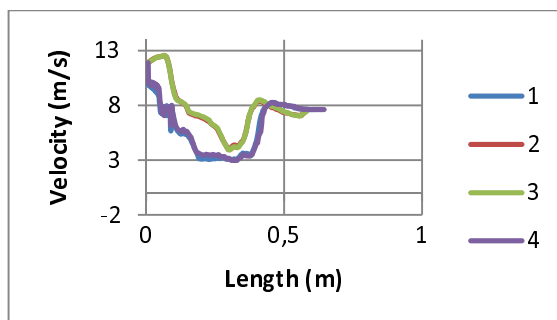


Рис. 4. Характеристики скорости воздушных потоков во впускном коллекторе оригинальной формы

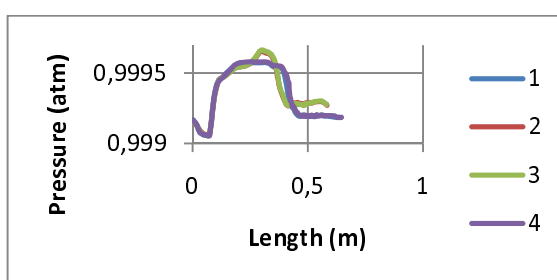


Рис. 5. Характеристики давления создаваемого воздушными потоками во впускном коллекторе оригинальной формы

Из диаграмм видно, что происходит более равномерное формирование воздушных потоков. Показатели скорости и давления создаваемого воздушным потоком выше, чем в стандартном впускном коллекторе.

Ниже представлены результаты эксперимента по измерению мощности и крутящего момента двигателя с установленным стандартным впускным коллектором и экспериментальной моделью впускного коллектора оригинальной формы.

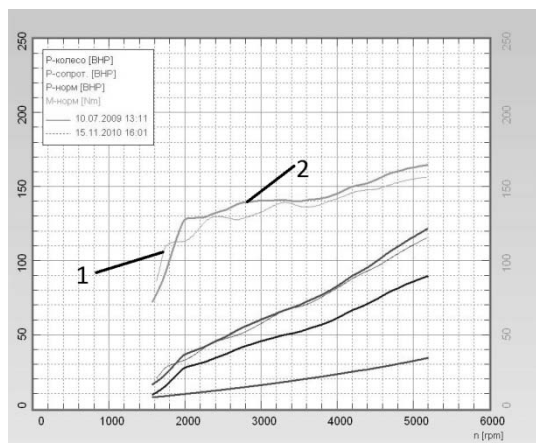


Рис. 6. График мощности и момента с использованием стандартного и впускного коллектора оригинальной формы: 1 – стандартный впускной коллектор; 2 – впускной коллектор оригинальной формы

Из графика видно, что впускной коллектор оригинальной формы дает прибавку мощности в диапазоне 2000–2900 об/мин порядка 6 лошадиных сил и крутящего момента – 18 Н/м, а в диапазоне 3100–5100 об/мин около 10 лошадиных сил и крутящего момента – 12 Н/м.

Результаты эксперимента доказали достоверность компьютерного моделирования.

Заключение. По результатам полученных данных и проведенной работе видно, что изменение формы, переход к симметричной модели дает существенную прибавку мощности и крутящего момента. На данный момент изучается возможность влияния формой впускного тракта на экологические характеристики двигателей внутреннего сгорания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. SolidWorks 2007/2008. Компьютерное моделирование в инженерной практике / Алямовский А.А., Собачкин А.А., Одинцов Е.В., Харитонович А.И., Пономарев Н.Б. – СПб.: БХВ-Петербург, 2008. – 1040 с.
2. SolidWorks. Практическое руководство. – М.: ООО «Бином-Пресс», 2004. – 448 с.
3. Дейч М.Е. Техническая газодинамика. Изд. 2-е изд., перераб. – М.-Л. Госэнергоиздат, 1961. – 680 с.
4. Основы прикладной газодинамики. Моделирование газодинамических течений. А.П. Шашкин: Учебное пособие. Новосибирск. 2001. – 89 с.
5. Драганов Б.Х., Круглов М.Г., Обухова В.С. Конструирование впускных и выпускных каналов двигателей внутреннего сгорания. – К.: Виша шк. Головное изд-во, 1987. – 175 с.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор Р.А. Нейдорф.

Тихонов Роман Александрович

Технологический институт федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: tanz-sa@rambler.ru.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.

Тел.: +79044426439.

Кафедра электротехники и мехатроники; магистрант.

Tikhonov Roman Alexandrovich

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: tanz-sa@rambler.ru.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: +79044426439.

The Department of Electrical Engineering and Mechatronics; Master.

УДК 621.865.8-182.3

Б.В. Гуренко

СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОДВОДНЫМИ ГЛАЙДЕРАМИ

Рассматриваются принципы функционирования и структурно-алгоритмическая организация системы управления подводных глайдеров, а также существующие системы подводных глайдеров, проанализирован их состав. Представлена математическая модель и проведено моделирование движения глайдера вдоль заданных пилообразных траек-