

УДК 621.431

УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ СИСТЕМЫ ВПУСКА ДВС

© 2011 А. М. Козин, М. М. Русаков

Тольяттинский государственный университет

Представлены результаты экспериментального и расчётного исследования пропускной способности конфузорно-диффузорных каналов в прямом и обратном направлениях при стационарном течении воздуха, а также оценка повышения наполнения цилиндров ДВС за счёт самозакрывающегося впускного клапана и конфузорно-диффузорных каналов.

ДВС, конфузорно-диффузорные каналы, пропускная способность, система впуска, коэффициент наполнения.

При использовании газовых каналов в тепловых двигателях к ним предъявляются различные требования. В системе впуска поршневых и реактивных двигателей внутреннего сгорания необходима максимальная пропускная способность для получения большого коэффициента наполнения и максимальной мощности. Для пульсирующих реактивных двигателей каналы должны иметь малую пропускную способность в обратном направлении (газодинамические клапаны).

Как известно, расход газа через канал определяется его коэффициентом сопротивления. В справочниках по гидродинамике [1-2] представлены таблицы коэффициентов сопротивления, полученные экспериментальным путём. Есть примеры больших и малых коэффициентов сопротивления. Большое различие коэффициентов сопротивления имеют диффузоры круглого сечения с различными углами раскрытия. Так, при углах раскрытия диффузора 5-15° потери потока небольшие, а при углах раскрытия около 40-60° потери наибольшие, что связано с отрывом потока от стенки диффузора и вихреобразованием. Наибольшим коэффициентом расхода, связанным с коэффициентом сопротивления, обладают конфузорно-

диффузорные каналы. Коэффициент расхода таких каналов может составлять ~2,5 [2, 3].

С целью определения пропускной способности различных каналов были проведены экспериментальные исследования на вакуумной установке, включающей в себя вакуумный насос, вакуумметр, набор манометров и исследуемый канал. Исследуемый канал представлял собой сопло, одна часть которого сужается под углом 60°, а другая часть расширяется под углом 14°. Внешние диаметры канала – 42 и 30 мм, наименьший – 12 мм; длины конусных участков – 26 и 75 мм. Определялась пропускная способность в прямом и обратном направлении. На входе в исследуемое сопло задавалось полное давление 1 атм, на выходе – разрежение от 1 до 0,5 атм. Также было рассчитано три варианта каналов с помощью программного комплекса FLUENT: первый – сопло с входом со стороны сужающегося под углом 60° конфузора и выходом с углом 14° диффузора (канал 60°-14° на рис.1), второй – вход с противоположной стороны и третий – для цилиндрического канала диаметром 12 мм. Результаты приведены на рис.1.

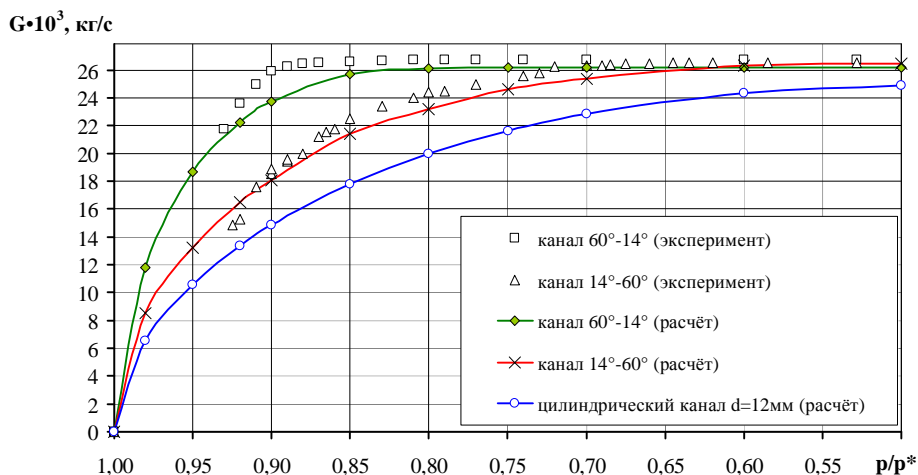


Рис. 1. Зависимости массового расхода воздуха через различные каналы от отношения давлений при стационарном течении

Анализируя данные рис.1, можно сделать вывод о том, что разница расходов через исследуемое сопло составляет до 30-40 %, а увеличение расхода по отношению к цилиндрическому каналу того же минимального проходного сечения составляет 40-60 %. Поэтому представляет интерес практическое применение таких каналов для увеличения пропускной способности каналов системы впуска ДВС.

Величина относительного расхода в разных направлениях отражена на рис.2, на котором также представлены результаты экспериментальных продувок цилиндрического канала диаметром 29 мм с

вставками из диффузорного и конфузорного участков (каналы с соплом на рис.2), имеющих углы раскрытия 60 и 15° при различных диаметрах проходного сечения. Также в системе было установлено сопло Лавалья, в критическом сечении которого с помощью ртутного манометра производился замер давления для расчёта расхода воздуха. Рис.2 показывает, какую разницу расходов в разных направлениях можно получать при различных отношениях давлений. При этом наибольшее различие расходов имеет место при небольших отношениях давлений (до $p/p^* = 0,8$ атм).

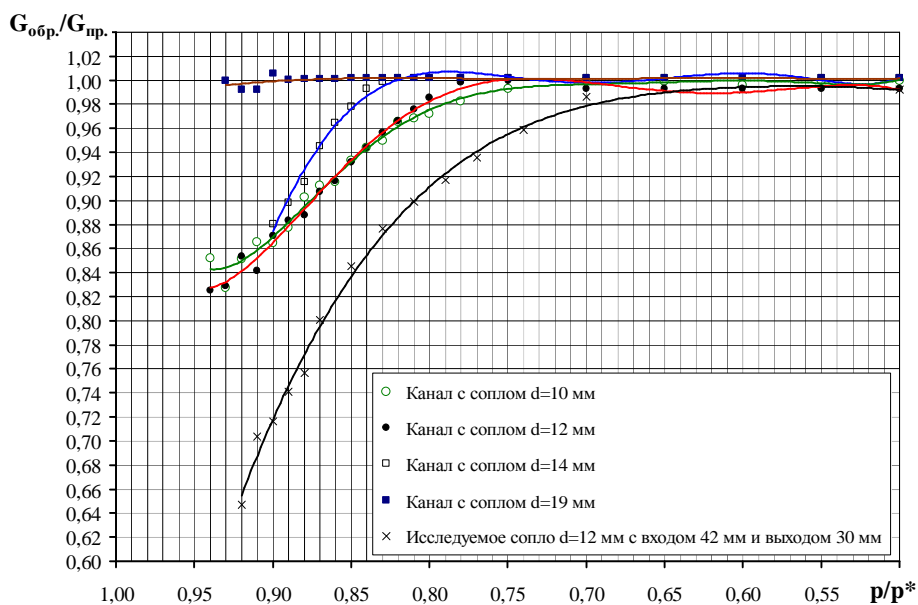


Рис. 2. Отношение пропускной способности каналов в обратном и прямом направлениях

Наполнение цилиндров ДВС также зависит от течения в прямом и обратном направлениях (обратный выброс). Обратный выброс свежего заряда во впускной трубопровод уменьшает коэффициент наполнения и зависит от угла запаздывания закрытия впускного клапана [4]. Увеличить наполнение цилиндров на низких и средних частотах вращения можно за счёт уменьшения угла запаздывания закрытия впускного клапана.

Был проведён расчёт наполнения для различных углов закрытия впускного клапана в программном пакете одномерной газовой динамики ДВС – Wave Ricardo. Расчётная модель включала в себя впускной трубопровод длиной 400 мм и диаметром 29 мм, выпускной трубопровод длиной 500 мм и диаметром 28 мм, цилиндр двигателя, впускной и выпускной клапаны. На границах впуска и выпуска – открытое пространство с атмосферными параметрами – давление 1 атм и температура 293 К.

В качестве модели двигателя был задан четырёхтактный бензиновый двигатель с ходом поршня $S=71$ мм, диаметром цилиндра $D=76$ мм, степенью сжатия $\varepsilon=9,9$, длиной шатуна $L_{ш}=136$ мм. Подъём впускного клапана $h_{вп.кл}=9,5$ мм, подъём выпускного клапана $h_{вып.кл}=9$ мм. Фазы газораспределения: начало открытия впускного клапана – 33° до ВМТ, закрытие впускного клапана – 79° после НМТ, открытие выпускного клапана – 47° до НМТ, закрытие выпускного клапана – 17° после ВМТ. Результаты расчёта представлены на рис.3.

Максимальное значение коэффициентов наполнения при различных оборотах (пунктирная кривая) соответствует одинаковому времени закрытия впускного клапана. Для осуществления такого закона закрытия клапана на кафедре «Тепловые двигатели» был предложен самозакрывающийся впускной клапан [5].

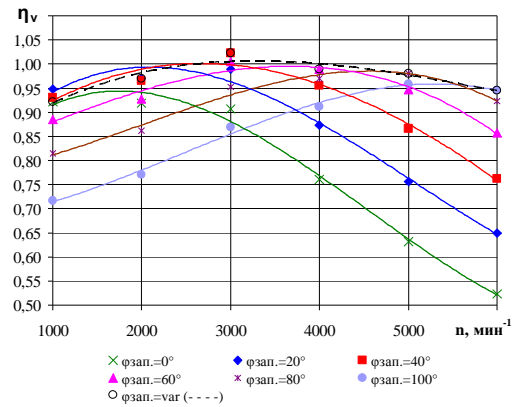


Рис. 3. Зависимости коэффициента наполнения цилиндра ДВС от угла запаздывания закрытия впускного клапана

Для оценки возможностей повышения наполнения цилиндров ДВС за счёт изменения конфигурации впускных каналов (вставка в виде сопла), а также сравнения с самозакрывающимся впускным клапаном были проведены экспериментальные исследования максимального давления в цилиндре двигателя ВАЗ-1111, на котором методом холодной прокрутки производился замер компрессии. Экспериментальные данные представлены на рис. 4, где также представлены расчётные данные повышения компрессии в цилиндре двигателя для разных углов закрытия впускного клапана.

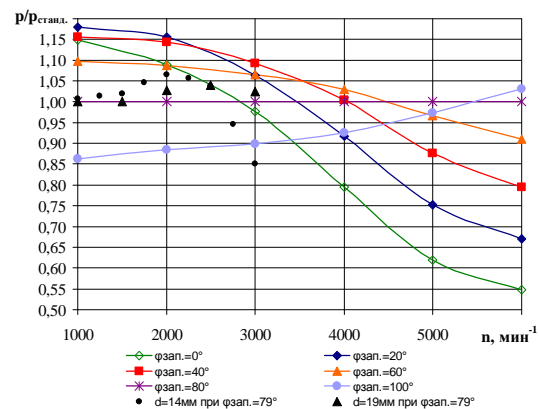


Рис. 4. Оценка возможностей повышения наполнения цилиндров ДВС

Из рис.4 видно, что каналы с уменьшением сечения обеспечивают повышение наполнения цилиндров ДВС на 5-7 % в диапазоне низких частот вращения.

На рис.5 представлены зависимость крутящего момента двигателя ВАЗ-11113 со стандартными фазами газораспределения ($\varphi_{зап.}=79^\circ$), соответствующая экспериментальным данным ОАО «АВТОВАЗ», и зависимость крутящего момента, полученная для этого двигателя с самозакрывающимся впускным клапаном ($\varphi_{зап.}=var$). Из рисунка видим, что за счёт оптимального угла закрытия впускного клапана можно повысить крутящий момент на низких и средних частотах на 10-15 %.

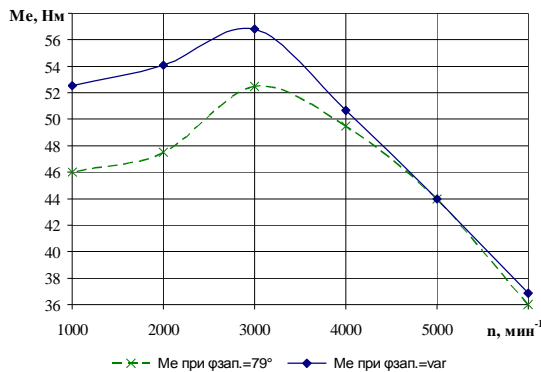


Рис. 5. Повышение крутящего момента двигателя ВАЗ-11113 при оптимальных углах закрытия впускного клапана

В результате проведённых исследований установлено:

1) при стационарном течении возможно получение разницы расходов через конфузорно-диффузорный канал в разных направлениях до 40 % и увеличение пропускной способности до 60 % по сравнению с цилиндрическим каналом того же минимального проходного сечения;

2) увеличение наполнения цилиндров ДВС с конфузорно-диффузорными впускными каналами составляет не более 7 % при определённых оборотах;

3) увеличение крутящего момента ДВС на малых оборотах за счёт оптимизации угла закрытия впускного клапана (самозакрывающийся клапан) возможно до 15 %.

Библиографический список

1. Абрамович, Г. Н. Прикладная газовая динамика [Текст] / Г. Н. Абрамович. – М.: Наука, 1976. – 888 с.
2. Идельчик, И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям [Текст] / И. Е. Идельчик. – М.: Машиностроение, 1992. – 672 с.
3. Благоев, Е. Э. Предельный максимальный коэффициент расхода сужающих устройств гидросистем [Текст] / Е. Э. Благоев // Наука и конструирование. – 2007. – № 2. – С. 57-63.
4. Ленин, И. М. Теория автомобильных и тракторных двигателей [Текст] / И. М. Ленин. – М.: Машиностроение, 1969. – 368 с.
5. Никитин, А. С. ДВС с самозакрывающимся впускным клапаном [Текст] / А. С. Никитин, М. М. Русаков // Всерос. науч.-техн. конф. «Современные тенденции развития автомобилестроения в России». – Тольятти: ТГУ, 2003. – С. 164-165.

INCREASING THE CAPACITY OF ENGINE INTAKE SYSTEM

© 2011 A. M. Kozin, M. M. Rusakov

Togliatti State University

The paper presents the results of experimental and computational analysis of the capacity of confuser-diffuser ducts in the direct and reverse directions with stationary air flow, as well as the evaluation of increasing the volumetric efficiency of ICE cylinders due to the use of a self-closing inlet valve and confuser-diffuser ducts.

Internal combustion engine, confuser-diffuser ducts, ducts having convergent and cone tube section, capacity, intake system, volumetric efficiency.

Информация об авторах

Козин Александр Михайлович, инженер кафедры тепловых двигателей, Тольяттинский государственный университет. Область научных интересов: система впуска ДВС, эффективность ДВС, повышение наполнения ДВС, инерционный наддув ДВС, вычислительная газодинамика. E-mail: kozin.crc@tltsu.ru.

Русаков Михаил Михайлович, доктор технических наук, профессор, профессор-консультант кафедры тепловых двигателей, Тольяттинский государственный университет. Область научных интересов: газовая динамика, сгорание в ДВС, детонация, наддув ДВС. E-mail: crc@tltsu.ru.

Kozin Alexander Mikhailovich, engineer of the department of heat engines, Togliatti State University. Area of research: intake system of engine, engine efficiency, increasing engine volumetric efficiency, ram-effect induction, computational gas dynamics. E-mail: kozin.crc@tltsu.ru.

Rusakov Mikhail Mikhailovich, doctor of technical sciences, professor, consulting professor of the department of heat engines, Togliatti State University. Area of research: gas dynamics, combustion in engines, detonation, engine supercharging. E-mail: crc@tltsu.ru.