

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМЕ ВПУСКА ПОРШНЕВОГО ДВС

Б.П. Жилкин, д. ф.-м.н., проф.; Л.В. Плотников, асп.; С.А. Корж, к.т.н.; доц.,
И.Д. Ларионов, доц.

Уральский государственный технический университет–УПИ

В статье приводятся результаты экспериментальных исследований газодинамических процессов в системе впуска поршневого ДВС при различных частотах вращения коленчатого вала. Исследования колебаний скорости воздушного потока во впускном коллекторе двигателя выполнены на безмоторном стенде при помощи двух быстродействующих термоанемометров постоянного тока.

Было установлено, что с ростом частоты вращения коленчатого вала двигателя после закрытия впускного клапана амплитуда колебаний скорости воздуха во впускном коллекторе увеличивается, в то время как частота колебаний уменьшается.

Эффективность работы двигателей внутреннего сгорания в значительной степени зависит от совершенства процессов, протекающих в их газоздушных трактах, и прежде всего во впускных и выпускных каналах. Исследованию и оптимизации впускных и выпускных систем двигателей внутреннего сгорания посвящены труды Вихерта М.М., Грудского Ю.Г., Драганова Б.Х., Круглова М.Г., Обухова В.С. и других [1, 2]. Однако их исследования проводились, в основном, методами численного моделирования или экспериментально в статическом режиме. Сведения о динамике процесса впуска очень ограничены и весьма противоречивы. Данная статья посвящена численному и экспериментальному исследованию газодинамики процесса впуска применительно к двигателю 2С7,1/8,2.

Экспериментальным исследованиям предшествовало численное моделирование процесса впуска с помощью программного комплекса «Дизель-РК», разработанного в МГТУ им. Н. Баумана.

Результаты моделирования представлены на рис. 1, где показан расчетный расход воздуха через впускные органы дви-

гателя 2С7,1/8,2 в зависимости от угла поворота коленчатого вала φ . Обращает на себя внимание наличие провала в значении расхода воздуха I сразу после открытия впускного клапана и существование перегиба II на участке ускорения воздушного потока, которые не фиксировались на осциллограммах [1]. Согласно данным численного анализа, при углах ПКВ $\varphi > 400^\circ$ изменение расхода воздуха становится менее выраженным, вследствие закрытия впускного клапана.

Для экспериментального исследования газодинамики процесса впуска была разработана и изготовлена экспериментальная установка, показанная на рис. 2. Она представляет собой натурную модель двигателя внутреннего сгорания, приводимого в движение от асинхронного двигателя через упругую муфту. Для уплотнения газового стыка между поршнем и цилиндром и для снижения трения на поршне установлено одно фторопластовое кольцо. Для уравнивания к щекам коленчатого вала крепятся противовесы.

Механизм газораспределения экспериментальной установки заимствован от двигателя ВАЗ-1113 и представляет собой головку блока в сборе с некоторыми конструктивными изменениями. Впускной и выпускной клапаны управляются распределительным валом со шкивом, который приводится от коленчатого вала при помощи ременной передачи с натяжным роликом. Для смазки подшипников распределительного вала установлены масленки. Все основные элементы экспериментальной установки смонтированы на опорной плите, которая крепится к лабораторному столу. Для снижения вибрации в эле-

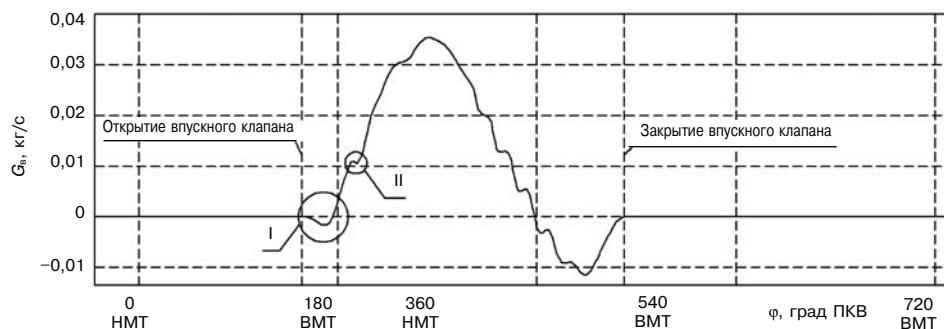


Рис. 1. Расчетное значение расхода воздуха G_v двигателя 2С7,1/8,2 в функции угла ПКВ φ ($n = 1500$ об/мин)

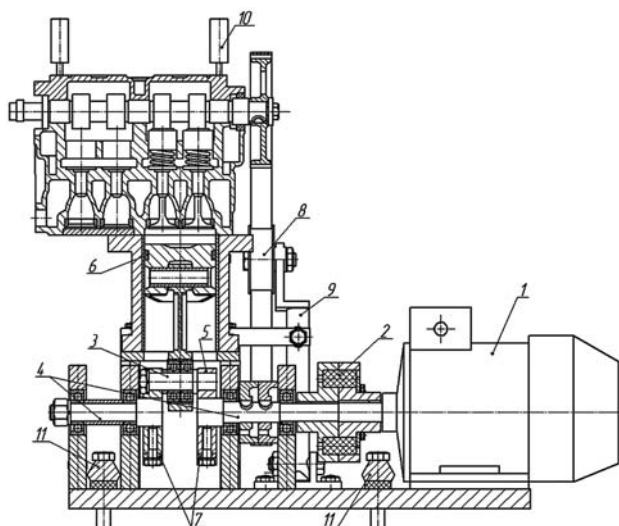


Рис. 2. Экспериментальная установка:

1 — асинхронный двигатель; 2 — упругая муфта; 3 — шатунная шейка; 4 — коренная шейка; 5 — щека; 6 — кольцо фторопластовое; 7 — противовес; 8 — ролик; 9 — стойка натяжителя; 10 — масленка; 11 — крепежные болты

ментах крепления применены резиновые прокладки.

Частота вращения приводного асинхронного двигателя регулируется преобразователем частоты Altivar 31 фирмы «Shneider Electric» в диапазоне $n = 600\text{--}3000$ об/мин с точностью $\pm 0,1\%$.

В модели отсутствует топливная система, поэтому исследования газодинамики проводились без учета влияния топлива.

В свечное отверстие установлен обратный клапан, через который воздух на такте сжатия свободно уходит в атмосферу.

На рис. 3 показана конфигурация впускного тракта экспериментальной установки. К головке цилиндра пристыкован на шпильках впускной канал 1 длиной $L_1 = 150$ мм. К нему при помощи хомутов крепится измерительный канал (рабочий участок) 2 длиной $L_2 = 220$ мм и диаметром $d = 32$ мм. В измерительном канале имеется два отверстия на расстоянии $L_4 = 100$ мм для установки датчиков термоанемометра. При этом расстояние от входа в измерительный канал до первого датчика $L_3 = 100$ мм.

Для проведения исследований на базе аналого-цифрового преобразователя была создана автоматизированная система сбора данных, передающая их в персональный компьютер. Для измерений использовались два термоанемометра с нитевыми зондами и тахометрический датчик.

В данной работе использовались термоанемометры постоянного тока оригинальной конструкции, чувствительным элементом которых является нихромовая нить диаметром 5 мкм и длиной 5 мм. Перед проведением экспериментов проводилась статическая и динамическая тари-

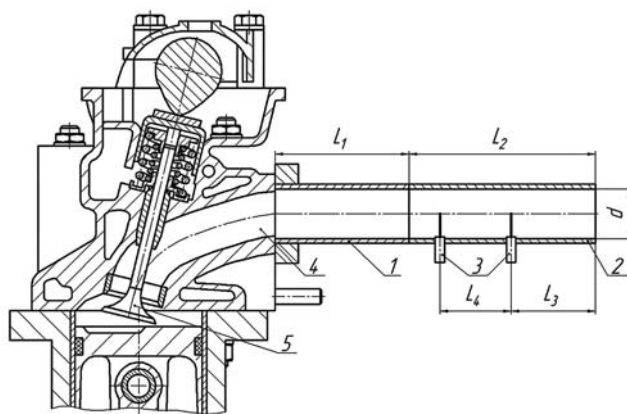


Рис. 3. Конфигурация впускного тракта экспериментальной установки:

1 — впускной канал; 2 — измерительный канал; 3 — датчики термоанемометра; 4 — впускной канал в головке цилиндра; 5 — впускной клапан; L_1 — длина впускного канала; L_2 — длина измерительного канала; L_3 — расстояние от входа в измерительный канал до первого датчика термоанемометра; L_4 — расстояние между датчиками термоанемометра

ровка системы в целом, которая показала, что она обеспечивает быстроедействие, необходимое для исследования газодинамических процессов на впуске. В частности, постоянная времени термоанемометра при скорости воздуха 20 м/с составляла 3 мс. Систематическая ошибка измерения скорости потока воздуха при этом оценивается величиной 5 %.

Для синхронизации измеряемых процессов в установке использовался тахометрический датчик, состоящий из зубчатого диска, закрепленного на валу, и индуктивного датчика. Сигналы на выходе датчика образуют импульсы напряжения с частотой, пропорциональной скорости вращения коленчатого вала, по которым можно судить о положении вала и соответственно определять нахождение поршня при движении от ВМТ к НМТ. Сигналы от датчиков поступают в персональный компьютер через аналого-цифровой преобразователь (АЦП) фирмы «L-Card» модели E14-140 и обрабатываются с использованием программы «Lgraph 2.0».

Исследования процесса впуска проводились при различных частотах вращения коленчатого вала при изменении конфигурации впускной системы с фильтром и без него. В данной работе приведены результаты исследования газодинамики цилиндрического впускного канала без фильтра.

Результаты измерений скорости потока на впуске при различных частотах вращения (600, 1500, 3000 об/мин) коленчатого вала приведены на рис. 4. Следует пояснить, что применение неравномерной шкалы для скорости потока обусловлено нелинейной тарировочной кривой термоанемометра.

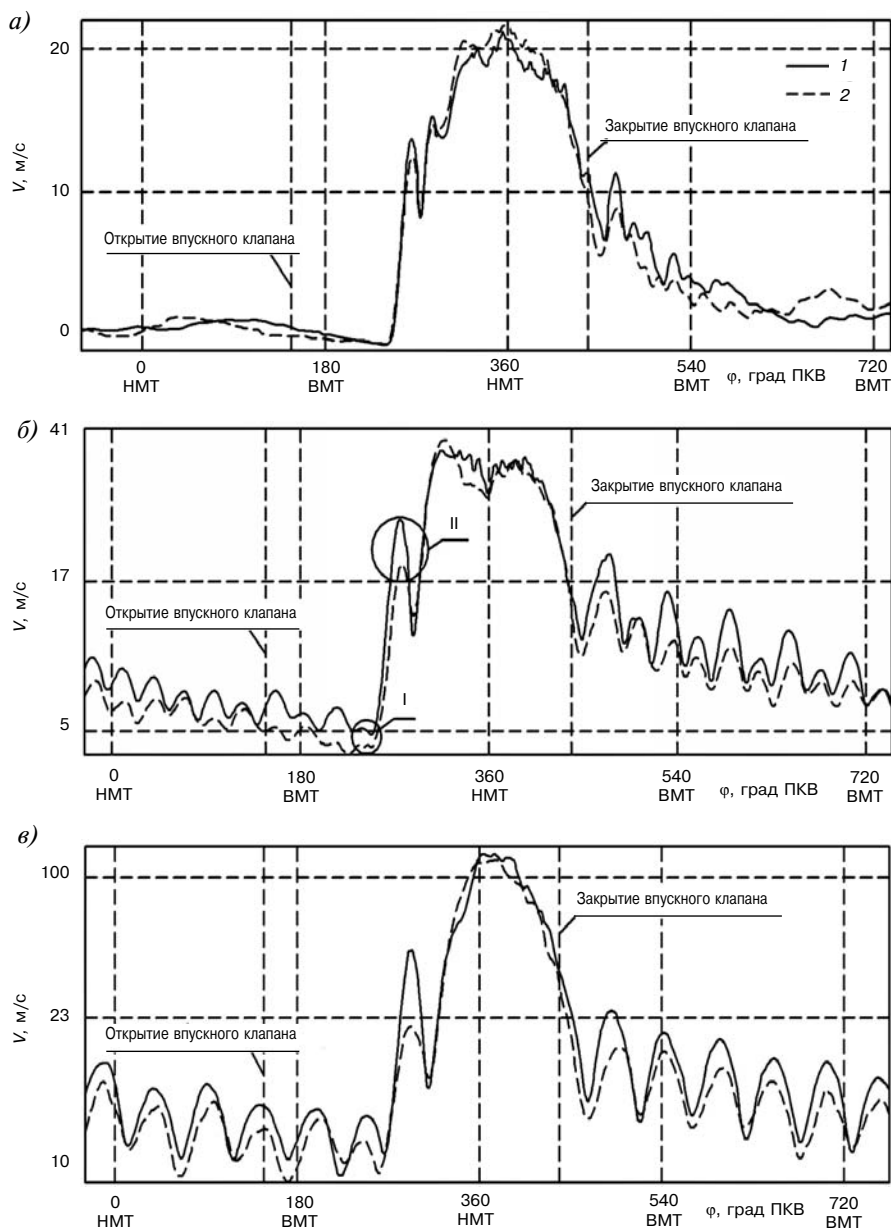


Рис. 4. Изменение скорости воздуха V во впускном канале по углу ПКВ φ при различных частотах вращения:

a — 600 об/мин; $б$ — 1500 об/мин; $в$ — 3000 об/мин; 1 — сигнал с первого термоанемометра; 2 — сигнал со второго термоанемометра

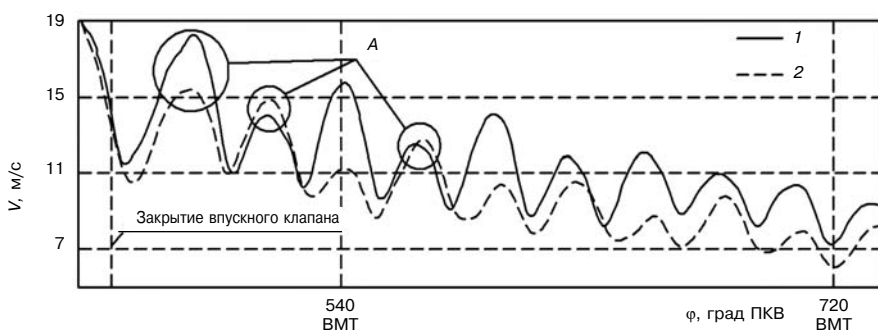


Рис. 5. Изменение скорости воздуха V в канале после закрытия впускного клапана при $n = 1500$ об/мин:

1 — сигнал с первого термоанемометра; 2 — сигнал со второго термоанемометра

Одним из заслуживающих внимания результатов эксперимента является то, что на экспериментальных осциллограммах появились зоны I и II, ранее полученные при численном моделировании исследуемого процесса.

Результаты выполненного исследования (см. рис. 4) показывают, что динамика процесса впуска усложняется с увеличением частоты вращения коленчатого вала. Как и следовало ожидать, скорость воздуха возрастает по мере увеличения частоты вращения коленчатого вала и достигает приблизительно 100 м/с. Одновременно усиливается влияние пульсационных эффектов на процесс впуска. При максимальной частоте вращения (см. рис. 4, в) процесс впуска начинается при наличии переходных процессов во впускном канале, что может отрицательно влиять на процесс наполнения цилиндра, тогда как при малой частоте вращения (см. рис. 4, а) процесс впуска начинается фактически из установившегося состояния.

Также обращает на себя внимание наличие пульсационных эффектов уже после закрытия впускного клапана. Более детально они представлены на рис. 5. После закрытия впускного клапана (завершения процесса впуска) наблюдаются сильные колебательные явления со смещением пиков сигналов от разных датчиков (зоны А). Примечательно, что экстремум скоростей потока во впускном канале, фиксируемый дальним от входа в измерительный канал зондом может опережать таковой от ближнего зонда, что может свидетельствовать о наличии возвратного течения во впускном канале. При численном моделировании процесса впус-

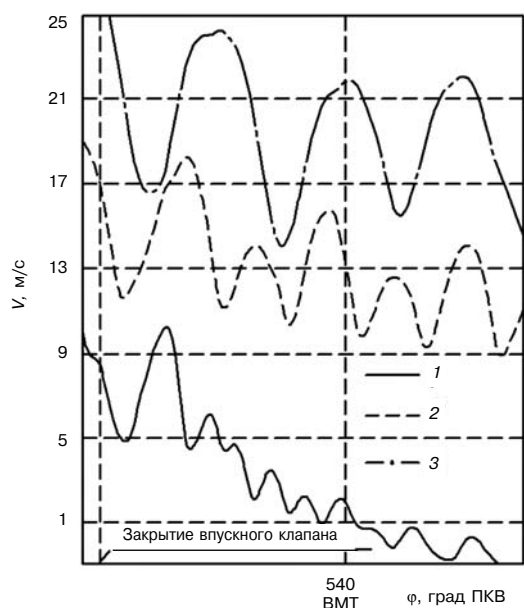


Рис. 6. Изменение скорости воздуха V в канале после закрытия впускного клапана при различных частотах вращения коленчатого вала:
1, 2 и 3 — 600, 1500 и 3000 об/мин

ка (см. рис. 1) рассматриваемые явления отсутствуют.

На рис. 6 детально показан процесс пульсации скорости потока V во впускном канале после

закрытия впускного клапана при различных частотах вращения коленчатого вала. Обращает на себя внимание регулярное чередование большой и малой амплитуды колебаний скорости потока при частоте вращения $n = 1500$ об/мин (кривая 2) и увеличение периода колебания скорости воздуха на впуске с увеличением частоты вращения коленчатого вала.

Результаты выполненных экспериментальных исследований показали необходимость дальнейшего углубленного изучения колебательных явлений во впускном канале двигателя после закрытия впускного клапана и их влияния на процесс наполнения цилиндров в многоцилиндровых двигателях. Также необходимо продолжить поиск способов увеличения расхода воздуха через впускные органы двигателя внутреннего сгорания с минимальными конструктивными доработками впускной системы.

Литература

1. Драганов Б.Х., Круглов М.Г., Обухова В.С. Конструирование впускных и выпускных каналов двигателей внутреннего сгорания. — К.: Вища школа Головное изд-во, 1987. — 175 с.
2. Вихерт М.М., Грудский Ю.Г. Конструирование впускных систем быстроходных дизелей. — М.: Машиностроение, 1982. — 151 с.

ЮБИЛЕЙ!

Виктору Ивановичу Федышину 60 лет

5 февраля 2009 г. исполнилось 60 лет Виктору Ивановичу Федышину, кандидату технических наук, ст. научному сотруднику, члену-корреспонденту Санкт-Петербургской инженерной академии, директору Санкт-Петербургского филиала фирмы «МАН Ферросталь АГ», члену редакционной коллегии журнала «Двигателестроение»



В.И. Федышин в 1972 г. окончил Ростовский университет (ГДР) по специальности «Судовые силовые установки», куда был направлен по обмену после окончания 1-го курса Ленинградского кораблестроительного института.

В 1973 г. поступил на работу в ЦНИДИ, где проработал почти 20 лет, пройдя путь от инженера до заведующего отделом. Этот период профессиональной деятельности был отмечен изучением состояния и перспектив развития отечественного и зарубежного дизелестроения, практическим приложением теории квалиметрии в оценке технического уровня дизельных установок различного назначения. Высокий профессиональный уровень, широкий кругозор, блестящие аналитические способности позволили ему стать одним из ведущих специалистов этого направления. Главные результаты его исследований стали основой кандидатской диссертации, более чем 100 научных трудов. Научную работу совмещал с преподавательской деятельностью, на протяжении ряда лет был председателем и членом ГАК по специальности «ДВС» в ЛКИ и СЗПИ.

В 1992 г. по поручению фирмы МАН В.И. Федышин организовал ее филиал — «МАН Ферросталь АГ» в Санкт-Петербурге, которым успешно руководит до настоящего времени и активно способствует развитию сотрудничества и взаимовыгодных связей российских судостроительных заводов и конструкторских бюро с передовыми западно-европейскими фирмами.

Коллектив СПб филиала фирмы «МАН Ферросталь АГ», редакция журнала «Двигателестроение», коллеги-дизелисты поздравляют Виктора Ивановича с юбилеем, желают ему здоровья, благополучия, дальнейших творческих успехов