

ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ СКОРОСТИ ПОТОКА И РАСХОДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕССА ВЫПУСКА В ПОРШНЕВОМ ДВС

Жилкин Б.П., Плотников Л.В. (ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»)

Сведения о динамике изменения скорости потока и расходных характеристиках в выпускной системе поршневого ДВС в реальных условиях (пульсирующий поток) весьма ограничены. Основными целями представляемой работы было получение дополнительных данных о свойствах процесса выпуска поршневого двигателя, поиск факторов наиболее сильно влияющих на газодинамику и расход в выпускной системе двигателя, а также определение направления поиска способов лучшей очистки цилиндра от отработавших газов.

Для экспериментального исследования использовалась натурная установка размерности 8,2/7,1 (рис. 1), механизм газораспределения которой заимствован от двигателя автомобиля ВАЗ-11113 (ВАЗ-ОКА). Фазы газораспределения и подъем клапанов установки соответствовали таковым для двигателя ВАЗ-ОКА. Привод распределительного вала осуществлялся через ременную передачу с помощью асинхронного электродвигателя 11, частота вращения которого регулировалась преобразователем частоты Altivar 31 фирмы Shneider Electric в диапазоне $n = 300 - 1500 \text{ мин}^{-1}$ (с точностью $\pm 0,1 \%$), что соответствует частоте вращения коленчатого вала от 600 до 3000 мин^{-1} .

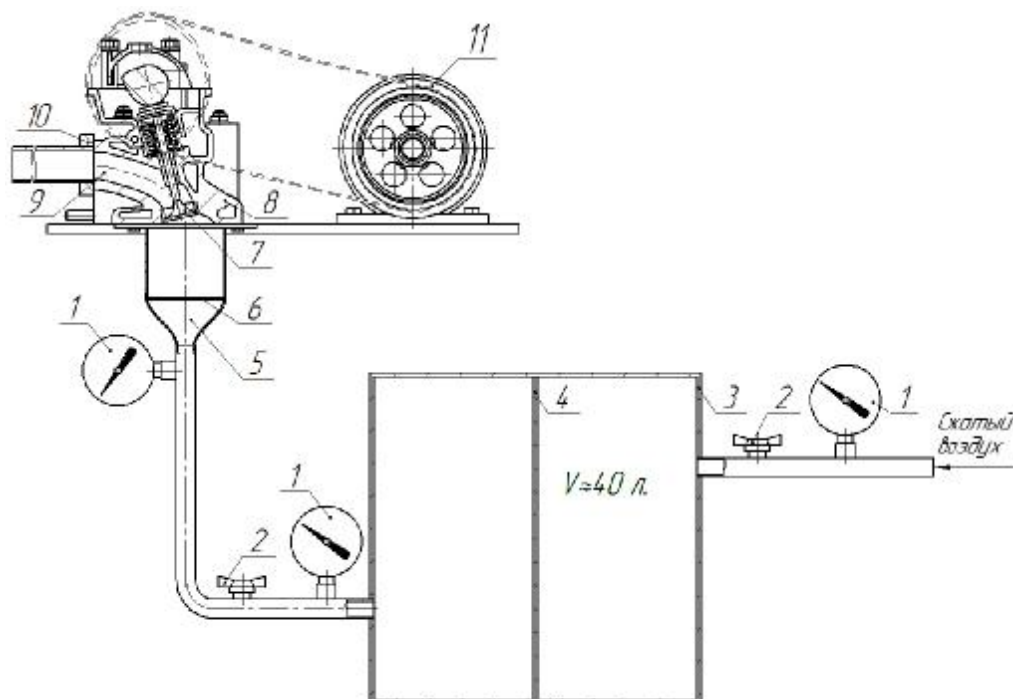


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 – манометр; 2 – кран; 3 – бак-ресивер; 4 –выравнивающая решетка; 5 – цилиндр - дутьевая камера; 6 – хоней-комб; 7 – выпускной клапан; 8 – головка цилиндров; 9 – выпускной канал в головке цилиндров; 10 – опытная выпускная труба; 11 – асинхронный электродвигатель

На рис. 2 более подробно показана конфигурация выпускного тракта экспериментальной установки и места установки датчиков для измерения мгновенных значений средней скорости потока воздуха. В связи ограниченным количеством качественной информации по газодинамике процесса выпуска за основу был выбран классический прямой канал с круглым поперечным сечением: к головке цилиндра 2 пристыкована на шпильках выпускная труба 4 длиной $L = 400$ мм и диаметром $d = 30$ мм. В трубе имеется три отверстия для установки датчиков термоанемометра 5 на расстояниях L_1 , L_2 и L_3 соответственно 20, 140 и 340 мм от выпускного окна в головке блока (контрольные сечения).

Для осуществления необходимых замеров на базе аналого-цифрового преобразователя фирмы L-Card была создана автоматизированная система сбора данных, передающая оцифрованные сигналы в персональный компьютер. В ней для определения средней по сечению скорости потока воздуха w_x использовался термоанемометр постоянной температуры.

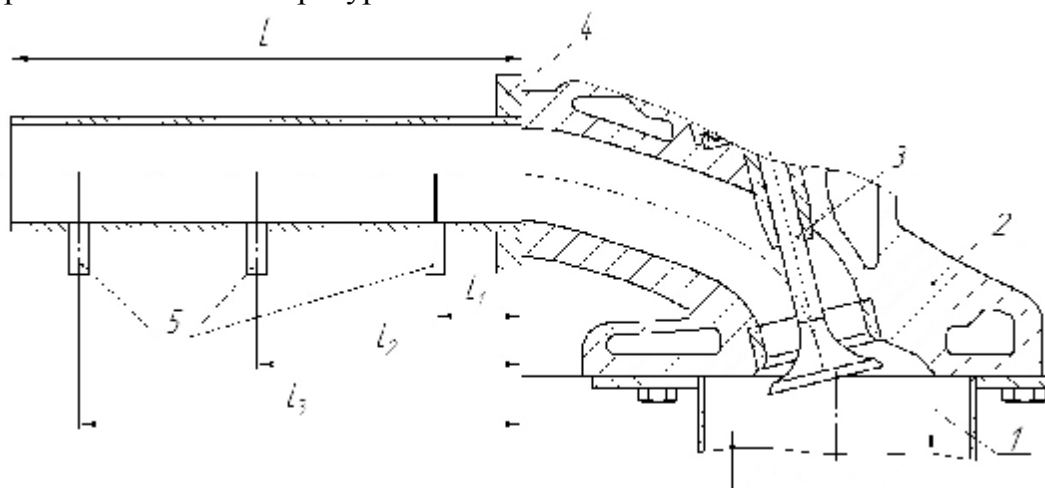
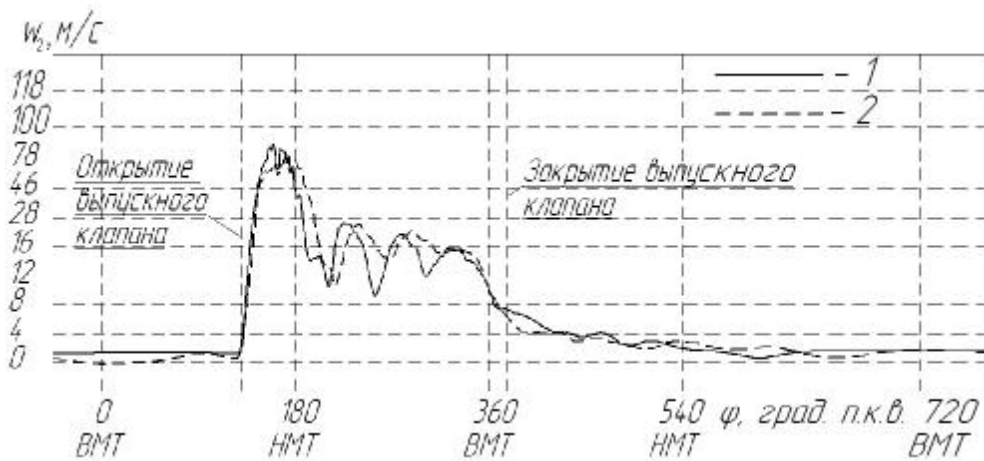


Рис. 2. Конфигурация выпускного тракта экспериментальной установки: 1 – цилиндр-камера; 2 – головка цилиндров; 3 – выпускной клапан; 4 – рабочий участок – выпускная труба; 5 – датчики термоанемометра L – длина выпускной трубы; L_{1-3} – расстояния до мест установки датчиков термоанемометра от выпускного окна

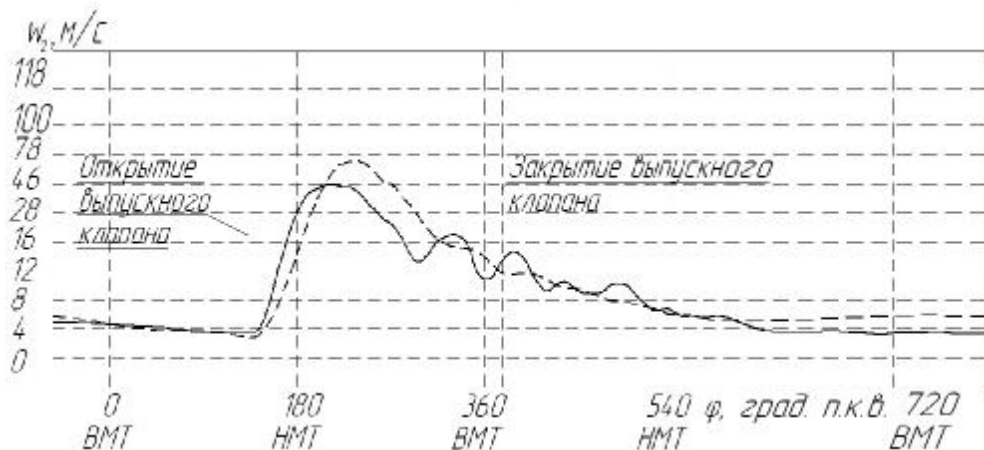
Чувствительным элементом датчиков термоанемометра служила нихромовая нить диаметром 5 мкм и длиной 5 мм. Замер частоты вращения и индикация положения распределительного вала производились тахометром, состоящим из закрепленного на валу зубчатого диска и индуктивного датчика. По этим данным определялось условное положение коленчатого вала, в частности, прохождение поршнем ВМТ и НМТ.

Исследования проводились для различных частот вращения коленчатого вала (от 600 до 3000 мин^{-1}) при разных избыточных давлениях на выпуске (от 0,5 до 2,0 бар) без использования глушителя шума. Результаты определения функции w_x от угла поворота коленчатого вала j при разных частотах вращения в контрольном сечении на расстоянии L_2 показаны на рис. 3. Применение неравномерной шкалы на рисунке обусловлено нелинейной тарировочной кривой термоанемометра.

Оказалось, что пульсации скорости потока воздуха наиболее выражены при низких частотах вращения коленчатого вала при всех значениях избыточного давления. Следует отметить, что противоположный эффект наблюдается в процессе выпуска в поршневом ДВС [1], где динамика процесса усложняется (фиксируются более выраженные пульсации скорости потока воздуха) по мере увеличения частоты вращения коленчатого вала.



а)



б)

Рис. 3. Зависимость скорости потока воздуха w_2 в выпускном канале ($L_2=140$ мм) от угла поворота коленчатого вала j при разных частотах вращения коленчатого вала n : а) 600 мин^{-1} ; б) 3000 мин^{-1} ; 1 – избыточное давление на выпуске $p_e = 0,5$ бар; 2 – избыточное давление на выпуске $p_e = 2,0$ бар

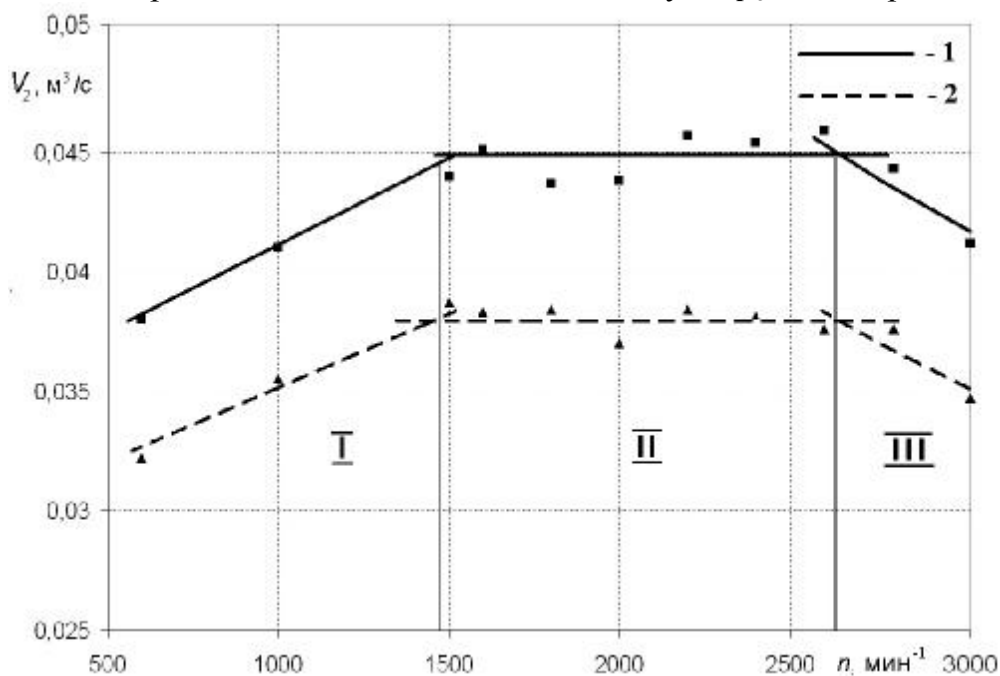


Рис. 4. Расход воздуха V_2 через выпускной канал в зависимости от частоты вращения коленчатого вала n 1 – избыточное давление 2,0 бар; 2 – избыточное давление 1,0 бар

При высоких значениях частоты вращения коленчатого вала (рис. 3, б) пульсации скорости потока более сглажены. Примечательно, что после закрытия выпускного клапана скорость потока воздуха не становится равной нулю и наблюдаются некоторые флуктуации скорости. Схожий эффект наблюдался и для процесса впуска [1], где скорость потока воздуха после закрытия впускного клапана также не обращалась в нуль.

Путем обработки графиков изменения скорости потока за отдельный такт были получены зависимости местного объемного расхода V_2 через выпускной канал. На рис. 4 показаны опытные точки зависимости расхода воздуха V_2 от частоты вращения коленчатого вала n для различных постоянных избыточных давлений p_b перед клапаном, которые аппроксимированы линейными функциями.

В результате аппроксимации в условиях постоянного давления p_b проявились три режимных участка: I – участок увеличения расхода (от 600 до 1500 мин⁻¹); II – зона постоянного расхода (от 1500 до 2600 мин⁻¹); III – участок его спада (от 2600 мин⁻¹). Обнаруженное снижение расхода воздуха при высоких частотах вращения коленчатого вала, возможно, связано с образованием на этих режимах застойных зон в канале и соответствующим уменьшением проходного сечения. Следует отметить, что в реальном двигателе и при расчете в ДИЗЕЛЬ-РК расход газа через выпускные органы монотонно возрастает с увеличением частоты вращения. Такой непрерывный прирост, по-видимому, объясняется увеличением внутрициклового давления на выпуске, приводящего к снижению удельной работы.

В целом, можно сделать следующие выводы: наблюдаются значительные пульсации скорости потока воздуха в процессе выпуска, что наиболее ярко выражено при низких частотах вращения коленчатого вала. Расход воздуха через выпускной канал увеличивается с ростом давления в системе. При этом в условиях постоянного давления в цилиндре имеются режимы постоянного расхода (от 1500 до 2500 мин⁻¹), после которых происходит его снижение.

Таким образом, проведенное исследование позволило определить следующие направления совершенствования процесса выпуска: сглаживание пульсаций, что может привести к более полной очистке цилиндра от отработавших газов, и разработке как пассивных, так и активных методов, которые могут привести к увеличению расхода газа за процесс выпуска при высоких оборотах.

Литература

1. Экспериментальное исследование газодинамических процессов в системе впуска поршневого ДВС/ Б.П. Жилкин, Л.В. Плотников, С.А. Корж, И.Д. Ларионов// Двигателестроение. – 2009. – №1. – С. 24-27.

УЧЕТ ЛОКАЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР КАМЕРЫ СГОРАНИЯ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ДИЗЕЛЯ

Барченко Ф.Б. (МГТУ им. Н.Э. Баумана)

В настоящее время во всем мире проектирование и доводка ДВС не мыслится без проведения математического моделирования и компьютерной оптимизации. Расчет рабочего процесса в цилиндре ДВС является важной и сложной задачей. Термодинамические модели расчета рабочего процесса в ДВС не требуют мощностей суперкомпьютеров и все без исключения используют большое количество эмпирических и полуэмпирических формул для описания смесеобразования и сгорания. Набор таких математических моделей (ММ) весьма широк. Среди них сле-