

УДК 621.432.73

Санаев Н.К.

СИНГУЛЯРНЫЙ МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ СТЕПЕНИ СЖАТИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Sanaev N.K.

SINGULAR METHOD OF INCREASE OF EXTENT OF COMPRESSION OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES

С целью повышения степени сжатия в цилиндре двигателей внутреннего сгорания (ДВС) предлагается использовать модифицированный поршень и устройство для определения частоты вибрации, формируемой рабочим процессом в камере сгорания.

Ключевые слова: поршень, цилиндр, картер, прорыв газа.

In work, for the purpose of increase of extent of compression in the cylinder of the internal combustion engines (ICE) it is offered to use the modified piston and the device for determination of frequency of the vibration formed by working process in the combustion chamber.

Key words: piston, cylinder, case, gas break.

Введение. Одним из важных направлений в вопросе эксплуатации двигателей внутреннего сгорания (ДВС) является улучшение показателей рабочего процесса, в частности, повышение качества смесеобразования и надпоршневого давления в камере сжатия, зависящее пропорционально от степени сжатия.

В свою очередь степень сжатия ДВС типа 4Ч 8,5/11, взятого в качестве объекта исследования и серийно выпускаемого ОАО «Завод «Дагдизель»», зависит от износа поршневой группы и их размерной точности.

Именно эти показатели определяют прорыв газа в картер двигателя и, следовательно, снижают КПД, повышают расход топлива, нарушают тепловой режим группы и, самое главное, влияют на условия воспламенения гомогенной смеси при пуске холодного двигателя. Увеличение степени сжатия приводит к росту температуры заряда воздуха в конце сжатия, что улучшает пусковые качества двигателя.

Если рассматривать утечку газа в зависимости от конструктивного исполнения отдельных составляющих поршневой группы, то использование с этой целью поршневых колец с большей силой прилегания к стенке цилиндрической втулки, может вызвать ускоренный износ данной пары и тем самым снизить показатели мощности двигателя.

Нельзя не рассматривать утечку газа вне зависимости от размерного анализа составляющих поршневой группы. Если степень сжатия вихрекамерного двигателя определяется по известной формуле:

$$\varepsilon = \frac{V_h}{V_c} + 1 \quad (1)$$

где: V_h - рабочий объем цилиндровой втулки а V_c - объем камеры сгорания для исследуемого двигателя $V_c = V_1 + V_2 + V_3$

где:

V_1 - объем некоторой части головки цилиндра;

V_2 - части объема камеры сжатия;

V_3 - части объема камеры между стенками цилиндровой втулки.

Значения этих объемов могут колебаться в зависимости от отклонений размеров. Проведенный размерный анализ показал, что в зависимости от отклонений размеров звеньев цепи, степень сжатия колеблется в пределах $1,6 \div 1,7$ и составляет $\varepsilon = 15,4 \div 18,5$. Такое колебание влечет за собой изменение давления и, как следствие, пусковых качеств двигателя.

Постановка задачи. Поставлена задача повышения давления гомонизированной топливно-воздушной смеси за счет повышения степени сжатия, которая при всех равных условиях, зависит во многом от прорыва газа в картер двигателя. Решение поставленной задачи было осуществлено через модификацию поршня [1], которая заключается в том, что на профиле боковой поверхности поршня была нарезана канавка каплевидной формы, рис. 1

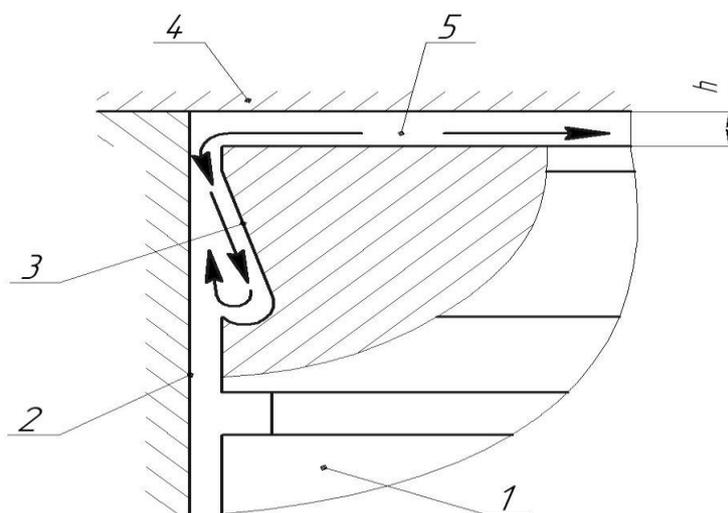


Рисунок 1 - Поршень с каплевидной канавкой:

1-поршень; 2-стенка втулки цилиндра; 3- каплевидная канавка; 4-головка цилиндра; 5-камера сжатия с высотой $h=(0,9 \div 1,4)$ мм в верхней мертвой точке

Предпосылкой использования канавки такого вида была принята аэродинамическая теория, согласно которой любая деформация потока течения газа конструктивными элементами приводит к перераспределению газа присте-

ночного давления и, как следствие, к изменению направления струи газового потока.

Экспериментально установлено (рис.2), что воздух, направленный через трубку 2, проходя через дроссельный канал 3 в нижней части канала истечения меняет свое направление и поступает в надпоршневое пространство в виде струи 1.

Отраженный конструктивной формой канавки поршня поток газа направляется навстречу газу, поступающему из камеры сжатия и в верхней мертвой точке на поверхности огневого днища поршня турбулизуется, что способствует улучшения гомонизации топливно-воздушной смеси, и уплотнению поступающего в цилиндр воздуха.

Визуализация физической картины течения газа проводилась методом дымового туннеля, при котором в кольцевой дроссель вводился дым, который делал течение видимым в проходящем свете.

Предполагаемое снижение утечки было подтверждено экспериментально-аналитическим путем [2].

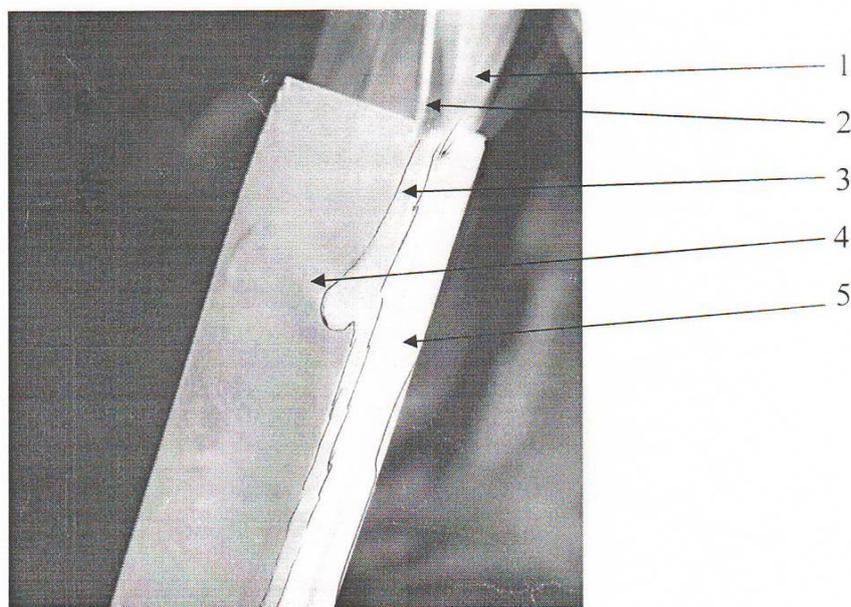


Рисунок 2 - Картина изменения направления течения газа:
1-воздух; 2-трубка; 3-дроссельный канал; 4-корпус мундштука; 5-крышка мундштука

На рис.3 представлены графические зависимости прорыва газа в картер двигателя от давления подаваемого компрессором в зону рабочего движения поршня при различном количестве колец.

Приведенные зависимости убедительно показывают, что предложенная модификация поршня значительно снижает прорыв газа, что особенно заметно при использовании одного кольца.

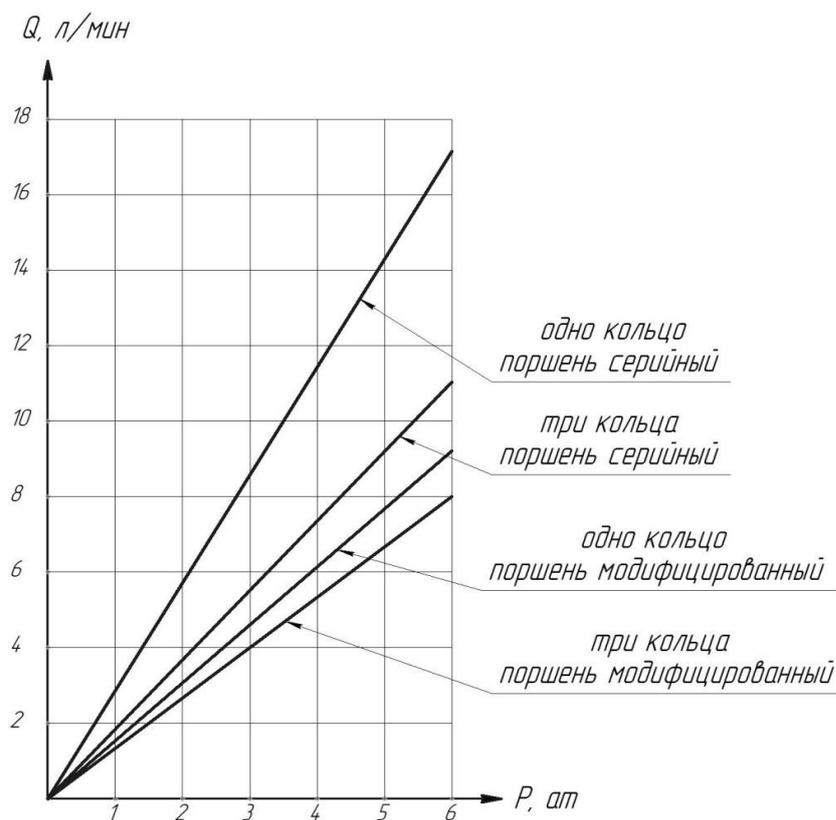


Рисунок 3 - Объемный расход воздуха в зависимости от давления и конструкции поршня

Здесь уместно заметить, что применение модифицированного поршня вне зависимости от колебания размеров размерной цепи дает устойчивое снижение прорыва газа, а, следовательно, повышение степени сжатия.

Результаты эксперимента и их обсуждение. Основываясь на изложенном, считаем целесообразным рассмотреть вопрос движения, отраженного конструкцией канавки газа в зависимости от динамических характеристик работы двигателя. Наиболее важной характеристикой в этом отношении является - виброакустическая.

Известно, что при $Re < 2300$ движение потока газа считается ламинарным [3] в первом приближении, полагая, что скорость поршня для большинства судовых малоразмерных дизелей находится в пределах от 6 до 14 м/с, можно определить число Рейнольдса

$$R = \frac{\omega \cdot d}{\gamma} \quad (2)$$

где:

$\omega=10$ м/с – скорость течения газа, приравненная к скорости поршня;

$d=0,0001$ м – диаметр дросселя (зазор поршневого цилиндра);

$\gamma=0,57$ см²/с/t = 4000 с – кинематический коэффициент.

Рассчитанное безразмерное число $Re=175 < R_{кр}=2300$, что свидетельствует о ламинарном движении [3].

Вместе с тем, специальные исследования [4] карбюраторных двигателей показали, что в межстеночном пространстве и в районе огневого днища поршня имеет место турбулизированное течение газа. В связи с этим было сделано предположение, что причиной такого рода течения газа может быть присутствие вибрации двигателя во время его работы.

При диагностировании цилиндра-поршневой группы по вибрационным характеристикам важным является выбор места установки датчика (акселерометра) на поверхности корпуса двигателя. Датчик следует установить в такой точке, которая обеспечивает получение максимальной информации – в диагностической дефекционной зоне. В силу этого, акселерометр устанавливали на стопорном болту вихревой камеры сгорания.

Виброакустические характеристики, формируемые рабочим процессом исследуемого дизеля типа 4Ч 9,8/11, регистрировали и анализировали в заводских условиях с помощью универсального многофункционального диагностического прибора модели УМДП-3. Двигатель работал без нагрузки с частотой вращения коленчатого вала $n=1200$ об/мин, температура масла составляла $(85 \div 90)^\circ\text{C}$.

По полученным данным третьактавного анализатора модели RFT-80 была построена спектрограмма двигателя, рис.4.

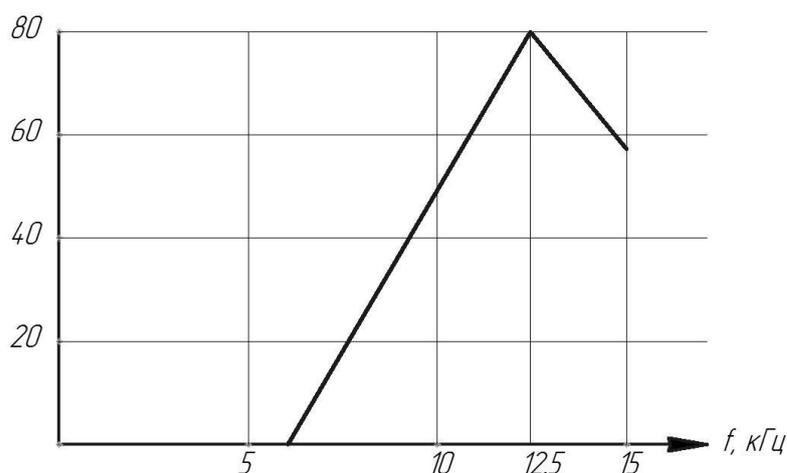


Рисунок 4 - Виброшумовая характеристика дизеля в районе камеры сгорания при повороте коленчатого вала до $(5 \div 8)^\circ\text{C}$ до ВМТ

Таким образом, с помощью стробирования в тракт измерителя вибраций прибора УМДП-3, было установлено, что вибрации, формируемые рабочим процессом и регистрируемые индикатором в период нарастания давления в камере сгорания, имеют полосу частоты $(11 \div 13)$ кГц (рис.4).

В целях подтверждения предполагаемого влияния вибраций на характер течения газовой струи в районе камеры сгорания был изготовлен и апробирован на практике струйный прибор. Таким струйным пневмопреобразователем может быть, например, цилиндрический капилляр.

За аналог изготовленного в заводских условиях прибора был взят бесконтактный преобразователь электрических сигналов в пневматические, раз-

работанный в лаборатории гидроавтоматики Волгоградского государственного технического университета.

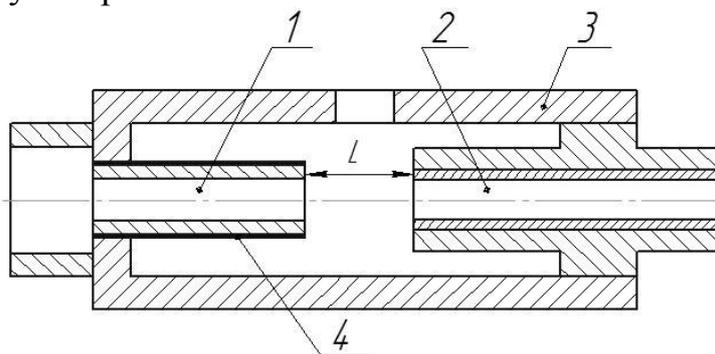


Рисунок 5 - Щелевой струйный пневмопреобразователь

Устройство (рис. 5) состоит из корпуса 3, в котором установлено питающее сопло 1 диаметром 0,8 мм с токопроводящими электродами 4, нанесёнными на наружную поверхность. Внутренний размер питающего сопла имеет размер, равный расстоянию между огневым днищем поршня и головкой цилиндра в верхней мёртвой точке в момент впрыскивания топлива.

На приёмное сопло 2, выполняющее функцию приемника звука был нанесен сегнетоэлектрик титанат бария $BaTiO_3$. Для придания прибору преобразующих свойств (пьезоэлектрического эффекта) приемное сопло было поляризовано.

Работа прибора заключается в том, в начале работы в сопло питания 1 подавалась струя воздуха с ламинарным течением. При отсутствии давления (вибраций от подачи электрического сигнала на приемное сопло), воздух, поступающий от постороннего источника давления полностью, или почти полностью, попадает в приёмное сопло.

При подаче на входное сопло электрических сигналов, оно испытывает механическое колебание. В результате этого происходит нарушение ламинарного движения. Подтверждением этому является тот факт, что поступающий в приёмное сопло 2 воздух резко снижает давление на выходе (присутствие так называемого «воздушного гистерезиса»), что говорит о турбулизации воздушного потока.

По результатам проведенных измерений наиболее устойчивое снижение до 150 Па имеет значение при следующих параметрах дросселя: частота колебания входного сопла (10-15) кГц, межторцевое расстояние $L=8$ мм, что соответствует турбулентному течению.

Вывод. Исходя из проведенного исследования, в районе огневого днища сформировался объём воздуха, представляющий собой пространственное течение с турбулентным режимом. Это в свою очередь порождает многоочаговое воспламенение заряда по всему объёму камеры сгорания.

В результате, скорость тепловыделения значительно возрастает, что при одной и той же степени сжатия обеспечивает ДВС топливную экономичность, высокий КПД и повышение давление сжатия.

Предложенный метод повышения степени сжатия за счет применения поршня с каплевидной канавкой является наиболее доступным и экономичным.

Библиографический список:

1. Патент на изобретение № 2534761 «Поршень с каплевидной канавкой». Патентообладатель ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет».
2. Санаев Н.К. Экспериментально-аналитическое исследование утечки газа в двигателях с модифицированным поршнем//Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. №1 (том 24), 2012г., С. 49-56.
3. Трение теплопередача в поршневых кольцах двигателей внутреннего сгорания: Справочное пособие, Петриченко Р.М. и другие, - Л.ЛГУ, 1990.- 248с.
4. Устинов А.Н., «Исследование поршневых колец дизелей», изд. Саратовского университета, 1974.-127 с.