

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ДИЗЕЛЯ НА МИКРОГЕТЕРОГЕННОЙ ВОДОТОПЛИВНОЙ ЭМУЛЬСИИ

протоколом к ней от 1978 года (МАРПОЛ 73/78) / книга III. – СПб.: ЗАО ЦИИМФ. 2009. – 304 с.

2 Pounders. Marin Diesel Engines and Gas Turbines. Eighth edition. Elsevier Butterwoth–Heimemann. Linacre House. Jordan Hill. Oxford OX2 8DP. – 2004. – 884 p.

3 Лебедев, О.Н. Водотопливные эмульсии в судовых дизелях / О.Н. Лебедев, В.А. Сомов, В.Д. Сисин.– Л.: Судостроение, 1988. – 328 с.

4 Сомов, В.Д. Судовые многотопливные двигатели / В.А. Сомов, Ю.И. Ищук.- Л.: Судостроение, 1984 –240 с.

5 Zhang T., Okada H., Tsukamoto T., Ohe K. Experimental study on water particles action in the combustion of marine four-stroke diesel engine operated with emulsified fuels // Paper № 193, CIMAC, 2007, Vienna.

6 Андриященко, С.П. Установка для получения микрогетерогенной эмульсии / С.П. Андриященко и др. // Научн. проблемы трансп. Сибири и Дальнего Востока.- Новосибирск, 2012.- № 1.- С. 285-287.

Андриященко С.П., аспирант

Попков В.В., аспирант

Титов С.В., к.т.н., доц., доцент

Юр Г.С., д.т.н., проф., заведующий

кафедрой «Судовые ДВС»

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная

академия водного транспорта»,

630099, Новосибирск, ул. Щетинкина, 33,

тел. (83832) 210274.

УДК 621.436

АНАЛИЗ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ВИХРЕКАМЕРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

С.В. Титов, Г.С. Юр

В результате проведенного анализа показано, что одним из явлений способствующих многократному сокращению выбросов твердых частиц размерами более 2 мкм, содержащихся в отработавших газах вихрекамерного дизеля, являются газодинамические колебания, возбуждаемые в процессе горения распыленного топлива.

Ключевые слова: двигатель, рабочий процесс, вихрекамерный дизель, газодинамические колебания.

В Алтайском государственном техническом университете им. И.И. Ползунова под руководством профессора А.Л. Новосёлова был выполнен большой цикл исследований по изучению структуры и состава твердых частиц в отработавших газах вихрекамерного дизеля [1 - 3].

Исследования влияния давления впрыскивания топлива показали, что при прочих равных условиях наблюдалось изменение дисперсного состава и содержания твердых частиц в зависимости от регулировки давления начала впрыска топлива в пределах от 12 МПа до 17,5 МПа. При повышении давления содержание мелких частиц размером 0–2 мкм сохраняется на одном уровне. Содержание частиц размером 2-4 мкм и 4-6 мкм уменьшается соответственно в 1,57 и 2,8 раза, а содержание частиц размером свыше 10 мкм снижается приблизительно в 9 раз [2].

При уменьшении продолжительности впрыскивания топлива с 28 до 21 градуса

ПКВ частотность появления частиц размером 0–2 мкм практически не изменяется. Частотность появления частиц 4-6 мкм возрастает в три раза, 6-8 мкм - в 4,5 раза, а появления частиц размером свыше 10 мкм увеличивается с 0 до 8 [1]. В обоих случаях видно, что с увеличением количества топлива, подаваемого в предкамеру в единицу времени, наблюдается уменьшение до минимума количества крупных частиц. Объясняется это тем, что у вихрекамерного дизеля частицы сажи меньше подвергнуты сублимации.

Не отрицая принятого авторами обоснования полученных ими результатов, мы предлагаем свое объяснение процессам, происходящим в вихрекамерном дизеле.

Согласно гипотезе, предложенной Д.Д. Брозе [4], вихрекамерный дизель с точки зрения акустики представляет собой колебательную систему, состоящую из двух объемов, соединенных между собой каналом (рисунки 1).

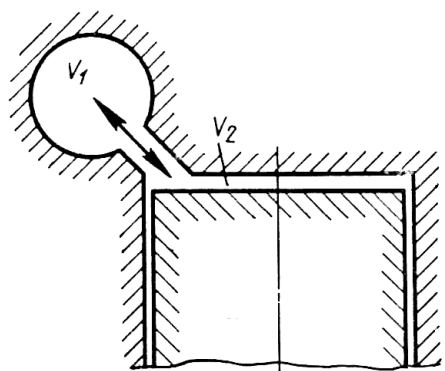


Рисунок 1 – Схема акустической колебательной системы дизеля с разделенной камерой сгорания

В такой системе, состоящей из двух полостей, соединенных каналом, могут возбуждаться весьма мощные газодинамические колебания, сопровождающиеся акустическими эффектами, слышимыми на расстоянии порядка 100 м и более.

В дизельных двигателях с сокращением продолжительности впрыскивания топлива слышны резкие стуки, генерируемые процессом сгорания. Особенно отчетливо они наблюдаются при работе предкамерных дизелей на холостом ходу.

При малой подаче топлива волна давления образующаяся в момент вспышки топлива в предкамере распространяется в основную камеру, отражается от стенки цилиндра и направляется по соединительному каналу обратно в вихревую камеру. Затем этот процесс повторяется. В результате образуется система стоячих волн, в которых по определению рассеивание энергию минимально. Эти газодинамические колебания поддерживаются рассмотренной выше акустической системой и сохраняются определенное время.

С увеличением цикловой подачи увеличивается время и скорость истечения газа из вихревой камеры в основную камеру сгорания. Эффективность такой акустической колебательной системы будет снижаться. Это является результатом уменьшения скорости распространения звуковой волны в соединительном канале в направлении из цилиндра в предкамеру. Отраженная звуковая волна, преодолевая течение газа из предкамеры в основную камеру сгорания, теряет свою скорость. При сверхзвуковой скорости истечения газа такая акустическая колебательная система уже работать не сможет.

Таким образом видно, что максимальная амплитуда газодинамических колебаний в камере сгорания будет при минимальном времени и объеме цикловой подачи топлива.

Подтверждением этого является теоретические и экспериментальные работы выполненные на кафедре судовых двигателей внутреннего сгорания ФБОУ ВПО «НГАВТ».

Известно, что количество твердых частиц в камере сгорания дизеля является результатом двух разнонаправленных процессов – их образования и сгорания.

Рассмотрим особенности протекания этих процессов в осциллирующей газовой среде.

Численные исследования динамики движения и обдува взвешенных твердых частиц применительно к условиям имеющим место в камерах сгорания дизеля позволило установить следующее:

- мелкие частицы первичных структур размером 0,015 мкм мгновенно подхватываются осциллирующим газом и эффект их обдува отсутствует. Частицы следуют за пульсирующим газом, что является причиной их коагуляции в более крупные.

- при увеличении размеров частиц, увеличивается и их масса (вторичные структуры). При размере более 2 мкм наблюдается отставание траектории частиц от траектории движения молекул газа, что приводит к обдуву частиц воздушным зарядом. Более крупные и тяжелые частицы обдуваются интенсивнее, а частицы, имеющие более разветвленную пространственную структуру – слабее т.к. они увлекаются пульсациями газа.

Дополнительный обдув горящих твердых частиц осциллирующей газовой средой содержащей кислород увеличивает скорость их сгорания, что ведет к сокращению их количества.

Таким образом, полученные нами результаты численного моделирования подтверждают результаты экспериментальных исследований выполненных в научной школе А.Л. Новосёлова.

Сравнительные испытания штатного и опытного поршня с камерой сгорания генерирующие газодинамические колебания, проведенные на дизеле Ч 10,5/12 показали, что усиление интенсивности осцилляций позволило в 1,5-2 раза уменьшить дымность отработавших газов.

На рисунке 2 изображены нагрузочные характеристики при частоте вращения коленчатого вала 1500 об/мин.

На рисунке 3 приведены результаты испытаний дизеля с устройством, генерирующим газодинамические колебания в выпускном коллекторе.

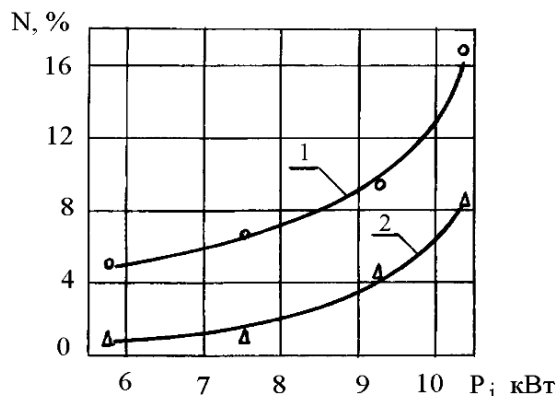


Рисунок 2 – Нагрузочная характеристика дизеля Ч 10,5/12: 1– штатный поршень; 2–опытный поршень (генерирующий газодинамические колебания); N – дымность отработавших газов по шкале Hartridge; P – индикаторная мощность

Применение специальных поршней генерирующих газодинамические колебания связано со значительными конструктивными изменениями. Поэтому для интенсификации процесса горения в на такте выпуска испытано устройство для возбуждения газодинамических колебаний в выпускном коллекторе. (рисунок 3).

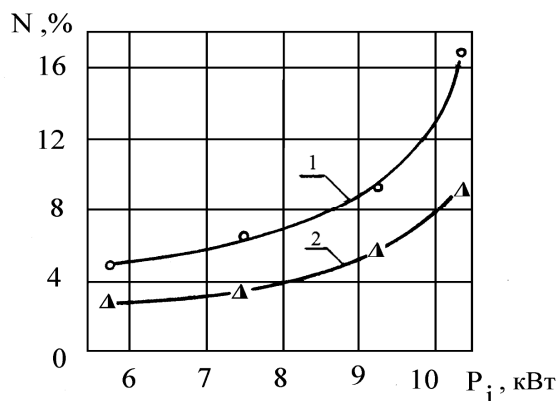


Рисунок – 3 Нагрузочная характеристика дизеля 10,5/12. 1–дизель с штатной выпускной системой; 2 –дизель с устройством генерирующим газодинамические колебания в выпускном коллекторе

Выводы

В результате выполнения комплекса теоретических и экспериментальных исследований можно сделать вывод, что газодинамические колебания являются действенным средством сокращения выбросов твердых частиц размерами более 2 мкм. С увеличением размера частиц эффективность использования колебаний для интенсификации процесса сгорания возрастает.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Новосёлов, А.Л. Характеристики твердых частиц в отработавших газах дизеля в зависимости от продолжительности подачи топлива в вихрекамеру быстроходного дизеля / А.Л Новоселов, А.А. Унгефук // В сб. Повышение экологической безопасности автотракторной техники. Под ред А.Л. Новосёлова. Барнаул. Изд-во Алт. ГТУ. 2011 – С. 116–120.

2 Унгефук, А.А. Результаты определения характеристики твердых частиц в отработавших газах вихрекамерного дизеля в зависимости от давления начала впрыска топлива / А.А. Унгефук // В сб. Повышение экологической безопасности автотракторной техники. Под ред А.Л. Новоселова. Барнаул. Изд-во Алт. ГТУ. 2011 – С. 110–114.

3 Унгефук, А.А. Характеристики твердых частиц в отработавших газах вихрекамерного дизеля в зависимости от угла опережения начала подачи топлива / А.А. Унгефук, И.В. Милюкова // В сб. Повышение экологической безопасности автотракторной техники. Под ред А.Л. Новоселова. Барнаул. Изд-во Алт. ГТУ. 2011 – С. 124–128.

4 Брозе, Д.Д. Сгорание в поршневых двигателях / Д.Д. Брозе // Под ред. А.И. Войнова. – М.: Машиностроение. 1969. – 248 с.

5 Науменко, О.Ф. Газодинамические колебания – эффективное средство уменьшения выбросов твердых частиц с отработавшими газами дизелей / О.Ф. Науменко, В.В. Коновалов, Г.С. Юр // Труды Международного форума по проблемам науки, техники и образования. Том 2. Под ред. В.П. Савиных, В.В. Вишневого. – М.: 2005.– С. 112–114.

Тумов С.В., к.т.н., доц., доцент,
Юр Г.С., д.т.н., проф., заведующий кафедрой,
ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»,
каф. «Судовые ДВС» тел. (83832) 210274.
630099, Новосибирск, ул. Щетинкина, 33.