

Секция «ТЕПЛОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ»

3. Tulaev, V. Математическая модель перемещения рейки топливного насоса двигателя внутреннего сгорания / В. Tulaev, J.O. Khakimov, J.B. Mirzaabdullaev / East European Scientific Journal. Warsaw, Poland: 2018. №2 (30). part 2, pp. 66–68.

4. Тулаев Б.Р., Даминов О.О. Автоматизированный расчетно-графический комплекс проектирования двигателей внутреннего сгорания. «IV Резниковские чтения». IV международная научно-техническая конференция «Теплофизические и технологические аспекты повышения эффективности машиностроительного производства». Голытьти, 27–29 май 2015 г.

Представлено 17.05.2019

УДК 621.436.068.4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫБРОСОВ ДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ
И ТЕМПЕРАТУРЫ ГАЗОВ ПОСЛЕ ТУРБОКОМПРЕССОРА
ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ДИЗЕЛЯ
DETERMINATION PARTICULATES MATTER
AND TEMPERATURE OF EXHAUST GAS AT MODELING
THE COMBUSTION PROCESS OF DIESEL

Г.М. Кухарёнок, д-р техн. наук, проф.,

В.И. Березун, канд. техн. наук.

Белорусский национальный технических университет,

H. Kukharonak, Doctor of technical Science, Professor,

V. Berazun, Ph.D. in Engineering.

Belarusian National Technical University, Minsk, Republic of Belarus

Аннотация. В статье проведен анализ современных подходов исследования дисперсных частиц. Для прогнозирования выброса дисперсных частиц в дизелях высокого экологического класса наиболее целесообразным является использование зависимости сажевой составляющей, скорректированной на основании экспериментальных данных. Получены зависимости для расчета дисперсных частиц и температуры отработавших газов после турбокомпрессора, позво-

Секция «ТЕПЛОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ»

ляющие повысить точность расчета и производить оценку параметров системы очистки отработавших газов при изменении характера протекания рабочего процесса в цилиндре.

Abstract. The article analyzes modern approaches to the study of particles mater. To predict the emission of particles mater in high-class diesel, it is most appropriate to use the dependence of the particulate component, adjusted on the basis of experimental data. The dependences of the calculation of particles mater and the exhaust gas temperature after the turbocharger are obtained, which allow to increase the accuracy of the calculation and to evaluate the parameters of aftertreatment system at the changes combustion process in the cylinder.

Ключевые слова: температура, дизель, рабочий процесс, очистка отработавших газов.

Key words: temperature, diesel, working process, exhaust gas cleaning.

ВВЕДЕНИЕ

Среди ярких представителей многозонного моделирования, в котором отражены современные подходы расчета рабочего процесса (РП) дизеля, следует выделить Н.Ф. Разлейцева [1] и Н. Hiroyasu [2]. Обе модели имеют как недостатки, так и преимущества друг перед другом. Однако тот факт, что в модели Н.Ф. Разлейцева учитывается форма, структура по протяженности распространения струи и температура поверхности пристеночного потока, позволяет считать ее более перспективной.

Феноменологическая модель Н.Ф. Разлейцева учитывает геометрические параметры цилиндра, частично описывает физико-химические процессы смесеобразования и горения, ее безусловным преимуществом является наличие подмодели расчета выброса сажи. Однако в базовой концепции не предусмотрена возможность расчета выбросов дисперсных частиц (PM) и температуры отработавших газов после турбины турбокомпрессора (ТКР), что делает их определение актуальным и востребованным.

Последние тенденции развития двигателестроения, направленные на снижение результирующего выброса частиц, привели к перераспределению этих двух составляющих в сторону увеличения доли сажи в общем выбросе дисперсных частиц в процентном выражении.

Секция «ТЕПЛОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ»

Наибольшую популярность в исследовательских кругах получило направление поиска зависимости выброса дисперсных частиц C_{PM} , мг/м³, от дымности в %HSU (N) [3, 4, 5].

Другим направлением исследований является определения частиц в зависимости от дымности в FSN [6, 7].

Проанализировав приведенные в работах [3, 7] зависимости, можно отметить широкий диапазон варьирования результатов, полученных в различных лабораториях на отличных объектах исследования независимо от методов определения дымности (оптического или FSN).

Такое расхождение результатов существующих зависимостей объясняется различием фракционного состава дисперсных частиц, точнее вариацией растворимой органической фракции несгоревших углеводов, а также методов определения дымности.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Технические решения, реализуемые в последнее время для снижения выбросов вредных веществ ВВВ, направлены на увеличение доли объемного смесеобразования, которое сопровождается увеличением диаметра горловины камеры сгорания и соответственно угла раскрытия топливных факелов совместно со снижением пролива распыливающих отверстий распылителя [8]. Все эти действия способствуют снижению доли растворимых фракций в общем составе выбросов, что позволяет считать сажу основным источником дисперсных частиц и использовать модель образования сажи Н.Ф. Разлейцева для расчета ВВВ в процессе сгорания. Любая зависимость расчета дисперсных частиц без учета химических процессов в выпускном тракте будет обладать значительной неопределенностью, ввиду недостаточного уровня знаний в этой области на текущий момент. Поэтому, для прогнозирования выброса дисперсных частиц, наиболее целесообразным является использование зависимости сажевой составляющей, скорректированной на основании полученных экспериментальных данных.

При разработке зависимостей, а также при проверке адекватности модели использованы результаты исследований, полученные на экспериментальной установке, приведенной в работе [9]. Измерение выбросов дисперсных частиц проводилось гравиметрическим методом

Секция «ТЕПЛОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ»

на установке SPC-478. Объект исследования представлял собой дизель 4ЧН11х12,5.

Как показали результаты испытаний, в выбранном диапазоне исследования параметров топливоподачи и степени рециркуляции отработавших газов, доля сажевых компонентов является доминирующей. Полученная зависимость PM , г/кВт·ч, от содержания сажи (рисунок 1) была включена в расчетную модель:

$$PM = -0,53 \cdot PM_s^2 + 1,21 \cdot PM_s + 0,03, \quad (1)$$

где PM_s – выброс сажи, г/кВт·ч.

Температурный фактор, являясь следствием процесса сгорания в цилиндре, оказывает непосредственное влияние на эффективность работы систем очистки отработавших газов (ОГ). Ввиду того, что выбор параметров РП заключается в поиске компромисса между обеспечением «сырого» выброса дизеля и степени конверсии систем нейтрализации ОГ, оценка изменения температурного потока ОГ является существенным фактором в снижении ВВВ дизелей.

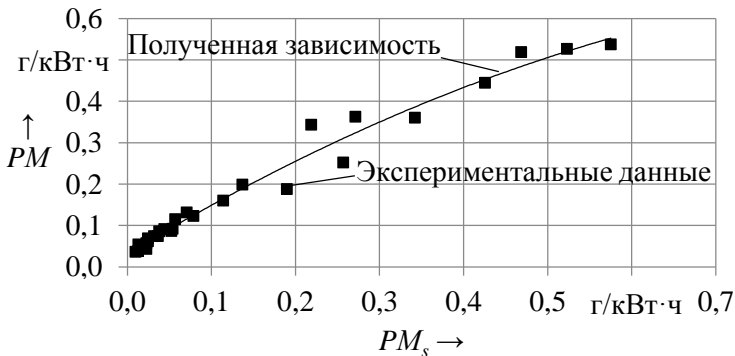


Рисунок 1 – Зависимость PM от PM_s

Определив значения температур газов в цилиндре в момент открытия выпускного клапана и сопоставив с экспериментальными значениями температур ОГ после ТКР (T_r'), измеренных при различных значениях параметров топливоподачи и степени РОГ (рисунок 2) была получена зависимость:

Секция «ТЕПЛОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ»

$$T_r' = 0,362 \cdot T_{\text{о.вып.кл.}} + 275,1, \text{ К;} \quad (2)$$

где $T_{\text{о.вып.кл.}}$ – температур газов в цилиндре в момент открытия выпускного клапана, К.

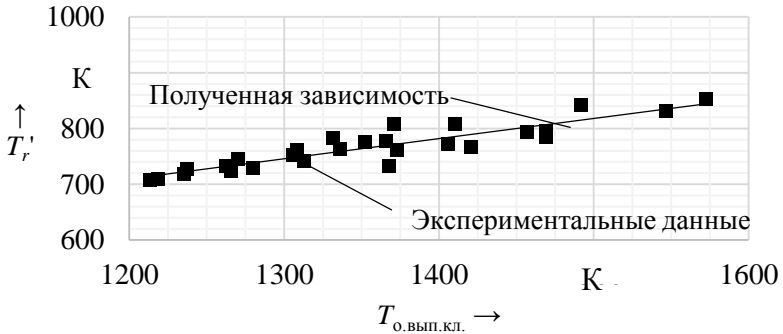


Рисунок 2 – Сопоставление температур T_r' и $T_{\text{о.вып.кл.}}$.

Зависимость имеет линейный характер и позволяет прогнозировать температуру ОГ при моделировании рабочего процесса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Получены зависимости для определения выбросов дисперсных частиц и температуры отработавших газов после турбокомпрессора, которые используются при моделировании рабочего процесса дизеля высокого экологического класса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Разлейцев, Н. Ф. Моделирование и оптимизация процесса сгорания в дизелях / Н. Ф. Разлейцев. – Харьков: Вища школа, 1980. – 169 с.
2. Hiroyasu, H. Development and use of a spray combustion modeling to predict diesel engine efficiency and pollutant emissions / H. Hiroyasu, T. Kadota, M. Arai // Combustion modeling / Bulletin of the JSME. – 1983. – № 26. – P. 569–575.

Секция «ТЕПЛОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ»

3. Hardenberg, H. Grenzen der Rußmassnbestimmung aus optischen Transmessungen / H. Hardenberg, H. Albrecht // MTZ. – 1987. – № 2. – S. 51–54.

4. Филипосянц, Т. Р. К вопросу об ускоренных методах контроля и доводки дизелей по экологическим параметрам / Т.Р. Филипосянц, А.Г. Иванов // Экология двигателя и автомобиля: сб. научн. тр. НАМИ. – М., 1998. – С. 19–25.

5. Парсаданов, И. В. Повышение качества и конкурентоспособности дизелей на основе топливно-экологического критерия / И. В. Парсаданов. – Харьков: Изд. центр НТУ «ХПИ», 2003. – 244 с.

6. Alkidas, A. Relationship between smoke measurements and particulate measurements / A. Alkidas // SAE Technical Paper. – 1984. – № 840412. – P. 1–12.

7. Muntean, G. A theoretical model for the correlation of smoke number to dry particulate concentration in diesel exhaust / G. Muntean // SAE Technical Paper. –1999. –№ 1999-01-0515. –P. 1–9.

8. Кухаренок, Г. М. Снижение выбросов вредных веществ дизельных двигателей / Г. М. Кухаренок, А. Н. Петрученко, В. И. Березун. – Москва: Новое знание, 2014. – 220 с.

9. Березун, В. И. Экспериментальная установка для исследования рабочего процесса дизеля высокого экологического класса / В. И. Березун // Наука – образованию, производству, экономике: материалы 13 Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 21 апр. 2015 г. : в 4 ч. / Белорус. нац. техн. ун-т ; редкол. : Б. М. Хрусталеv [и др.]. – Минск, 2015. – Ч. 2. – С. 68–69.

Представлено 17.05.2019