

УТИЛИЗАЦИЯ ТЕПЛОТЫ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ МОЩНОСТНЫХ, ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОРШНЕВЫХ ДВС

В.С. Кукис, д-р техн. наук, проф.,

Челябинский военный автомобильный институт, г. Челябинск, Россия

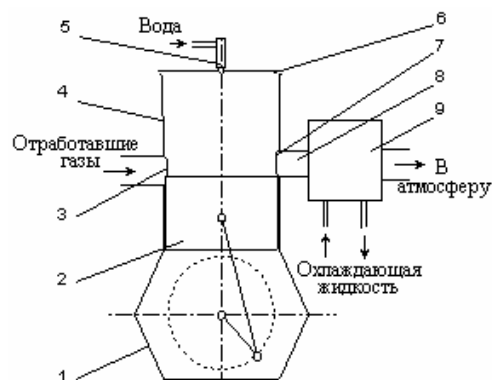
Общая постановка проблемы и ее связь с научно-практическими задачами. Как известно, поршневые двигатели внутреннего сгорания (ПДВС) теряют с отработавшими газами (ОГ) большое количество энергии в форме теплоты. В дизелях эти потери составляют от 85 до 110 % по отношению к эффективной мощности, в бензиновых двигателях превосходят ее на 25-45 %. Кроме этой энергии выбрасываемые в атмосферу ОГ содержат большое количество токсичных веществ и сажи. Их более 280 и они наносят непоправимый вред здоровью человека, возведенным им зданиям и сооружениям, окружающей природе. В современном двигателестроении снижение экологического вреда, наносимого ПДВС, является важнейшей самостоятельной задачей, решение которой во многих случаях отрицательно влияет на их мощностные и экономические показатели.

Обзор публикаций и анализ нерешенных проблем.

Анализ литературы показал, что к настоящему времени для получения дополнительной работы за счет утилизации теплоты ОГ предложено несколько видов систем: паросиловые установки с внешним парообразованием (Шокотов Н.К., 1984, Шахидулла С.А., 1985, Шейпак А.А., 1991 и др.); термоэлектрические генераторы (Зайцев С.В., 1987, Зайцев А.П., 1989, Махов А.В., 1989 и др.); двигатели Стирлинга (Лев Ю.Е., 1971, Юнда Ю.Д., 1982, Кукис В.С., 1989 и др.); воздушные расширительные машины (Цветкова Н.И., 1964, Лев Ю.Е., 1971, Жмудяк Л.М., 1981 и др.); поршневые двигатели с внутренним парообразованием (Стефановский Б.С., 1997, Постол Ю.А., 1997, Кукис В.С., 2001, Руднев В.В., 2001 и др.).

Проведенный нами сравнительный анализ этих систем показал перспективность использования

поршневого УД с внутренним объемным парообразованием (рисунок), разработанного на кафедре двигателей Челябинского военного автомобильного института [1].



Принципиальная схема УД с внутренним объемным парообразованием:

1 - картер; 2 - поршень; 3 - впускное окно; 4 - цилиндр; 5 - форсунка; 6 - головка; 7 - выпускное окно; 8 - выпускной трубопровод УД; 9 - конденсатор

Исследования показали, что утилизация теплоты ОГ с помощью такого двигателя позволяет повысить не только мощностные, но и экономические показатели силовой установки, а также существенно снизить дымность и токсичность ОГ [2]. Важнейшим элементом такой системы является тепловой аккумулятор (ТА), обеспечивающий стабилизацию температуры ОГ ПДВС перед их поступлением в УД, поскольку температура эта существенно изменяется в процессе работы на различных режимах, что снижает эффективность утилизации.

Работает УД следующим образом. В момент, когда при движении поршня от ВМТ к НМТ его верхняя кромка начнет открывать впускное окно, горячие ОГ дизеля попадают в цилиндр. При обратном движении поршня происходит сжатие поступивших в цилиндр ОГ дизеля. В ходе сжатия их температура существенно повышается. При приближении поршня к ВМТ

через форсунку в цилиндр впрыскивается вода. Происходит интенсивное парообразование. Пар, перегреваясь, расширяется, производя работу. Как только поршень начнет открывать выпускное окно, рабочее тело будет выходить из цилиндра. Затем описанный рабочий цикл повторяется.

Цель исследований. Цель настоящего исследования - оценить возможность повышения мощностных, экономических и экологических показателей ПДВС с помощью утилизационной системы (УС), включающей в себя ТА и поршневой двигатель с внутренним объемным парообразованием.

Результаты исследований. Для достижения указанной цели был разработан и изготовлен опытный образец УС, включающий в себя поршневой двигатель с внутренним объемным парообразованием и ТА, стабилизирующий температуру ОГ ПДВС перед их поступлением в УД. Была разработана математическая модель рабочего процесса УС, решение которой реализовано в системе визуального проектирования SIMULINK пакета MATLAB, и создана экспериментальная установка, в состав которой вошли: дизель КамАЗ-740; УС, включающая ТА и поршневой двигатель с внутренним объемным парообразованием; испытательный стенд DS-1036-4/N с измерительной аппаратурой; приборы для определения мощностных, экономических показателей дизеля и УД, дымности и токсичности ОГ; пьезоэлектрический двухлучевой индикатор давления типа 2780-S «Орион» для исследования рабочего процесса УД.

Адекватность разработанной математической модели была проверена и подтверждена (с достоверностью не менее 95 %) на 27 режимах работы силовой установки.

С помощью проведенных натурного и математического экспериментов было установлено, что на режимах работы дизеля КамАЗ-740, соответствующих условиям городской эксплуатации, утилизация теплоты 50 % его ОГ с помощью предложенной системы позволяет увеличить эффективную мощность силовой установки на 46,5 кВт (на 42 %); снизить часовой и удельный расходы топлива соответственно на 7,4 кг/ч и 66 г/(кВт·ч) (на 29,6 %); обеспечить снижение дымности отработавших газов на 35,2 %; концен-

трации оксида углерода - на 73 %; углеводородов - на 69 %; оксидов азота - на 30 %; суммарный выброс вредных веществ, приведенный к CO, - на 44 %. Использование при этом в утилизационной системе ТА дает возможность уменьшить колеблемость температуры ОГ с 27,3 до 8,7 %, т. е. на 68,1 %. Вследствие этого обеспечивается увеличение эффективной мощности силовой установки на 29,2 кВт (на 26,4 %); уменьшение часового и удельного расходов топлива соответственно на 4 кг/ч и 37 г/(кВт·ч) (на 16,1 %); снижение дымности ОГ на 0,2 %; концентрации оксида углерода - на 18 %; углеводородов - на 15 %; оксидов азота - на 1 %; суммарный выброс вредных веществ, приведенный к CO, - на 5 %.

Перспективы дальнейших исследований. Приведенные материалы убедительно свидетельствуют о целесообразности продолжения исследований рассмотренного в работе типа УС, которые проводятся в настоящее время в рамках типовой программы развития малой энергетики АО «Энерго» и программы НИОКР на 2002-2004 гг. РАО «ЕЭС России».

Выводы. Предложенная система утилизации теплоты ОГ ПДВС позволяет существенно повысить мощностные, экономические и экологические показатели последних. Разработанная математическая модель утилизационной системы дает возможность сократить продолжительность необходимого доводочного процесса.

Литература

1. Кукис В.С., Смолин А.Б., Богданов А.И. Двигатель для утилизации теплоты отработавших газов // Тр. Междунар. форума по проблемам науки, техники и образования.- М., 2000.- Т. 1.- С. 56-57.
2. Кукис В.С., Хасанова М.Л., Пятковская Н.А. Снижение токсичности отработавших газов военной автомобильной техники при утилизации их тепловых потерь // Науч.-метод. сб. ГАБТУ МО РФ.- Омск, 2001.- Вып. 50.- С. 50-53.

Поступила в редакцию 15.05.03

Рецензенты: канд техн. наук, проф. ЧВАИ, В. Козьминых, г. Челябинск; д-р техн. наук, проф. Р.Х. Юсупов, АИУ, г. Челябинск