ТЕПЛОЙ АККУМУЛЯТОР КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ, МОЩНОСТНЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОРШНЕВЫХ ДВС

В.С. Кукис, Ю.Ф. Коваленко, А.В. Разношинская

Как правило, поршневые ДВС (ПДВС) работают на переменных режимах, в результате чего температура их отработавших газов (ОГ) изменяется в широких пределах. Между тем, существуют как минимум два случая, когда эти изменения нежелательны и возникает целесообразность демпфирования колебаний температуры ОГ в выпускной системе.

Первый случай связан со снижением токсичности ОГ при помощи каталитических нейтрализаторов (КН), весьма широко используемых на объектах мобильной техники. Наряду со многими достоинствами КН имеют существенный недостаток - процесс нейтрализации вредных компонентов в них осуществляться эффективно только при сравнительно высокой температуре ОГ (более 250 °С). При температуре ОГ на входе в КН, например, 150 °С эффективность его работы снижается более чем в три раза [1] по сравнению с максимально возможной. На режимах же малых нагрузок и холостого хода ОГ не имеют необходимую температуру и КН практически не работает. При противоположной ситуации - на режимах полной мощности, возможен перегрев рабочего тела КН и выход последнего из строя.

Второй случай, при котором изменения температуры ОГ крайне нежелательны, относится к утилизации теплоты ОГ с целью получения дополнительной мощности. К настоящему времени для решения этой задачи предложено несколько видов утилизационных систем: паросиловые установки с внешним парообразованием; термоэлектрические генераторы; двигатели Стирлинга; воздушные расширительные машины; поршневые двигатели с внутренним парообразованием. Эффективность любой из этих систем существенно зависит от температуры ОГ, выходящих из цилиндров ПДВС и направляющихся в утилизатор [2].

Стабилизировать колебания температуры ОГ ДВС перед попаданием в КН и утилизационные системы, и тем самым повысить эффективность последних, можно используя принцип аккумулирования теплоты.

Наиболее целесообразным для достижения указанной цели является применение теплового аккумулятора (ТА) со скрытой теплотой фазового перехода (плавление-затвердевание) теплоаккумулирующих материалов. Такой способ обеспечивает высокую плотность запасаемой энергии при небольших перепадах температур на выходе из ТА [3].

Для подтверждения высказанных выше положений на кафедре двигателей Челябинского военного автомобильного института были проведены соответствующие экспериментальные исследования. Прежде всего был разработан ТА, техническая характеристика которого приведена в таблице.

Техническая характеристика
теплового аккумулятора

<i>Наименование</i>	<i>Характеристика</i>
Тип теплового аккумулятора	Фазового перехода, кожухотрубный
Площадь поверхности теплообмена, м ²	0,98
Газодинамическое сопротивление при продувке воздухом с температурой (25±10) °С при расходе воздуха (570±10) м ³ /ч, кПа	Не более 2,4
Количество трубок в кассете	735
Теплоаккумулирующий материал	NaNO ₃
Масса ТА / ТАМ, кг	11 / 5

При изучении влияния ТА на эффективность нейтрализации ОГ ПДВС объектом исследования служил автомобиль УАЗ-3151, укомплектованный в одном случае системой выпуска ОГ с КН УЭКХ, во другом - тем же КН с установленным перед ним ТА [4].

В ходе эксперимента оценивалось влияние ТА на стабилизацию температуры ОГ и стабилизации температуры потока ОГ на эффективность работы КН.

Статистическая обработка материалов испытаний показала, что при средней температуре ОГ на входе в ТА 487,8±19,9 °С их средняя температура на выходе составила 485,4±6,3 °С.

ТЕПЛОВЫЙ АККУМУЛЯТОР КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ, МОЩНОСТНЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОРШНЕВЫХ ДВС

Размах температуры составил на входе 405 °С, на выходе – 174 °С. Коэффициент вариации (колеблемость) температуры ОГ на входе был большой – 27,3 %. Колеблемость температуры газов на выходе была небольшой и составила 8,7 %. Приведенные цифры свидетельствуют о существенном демпфировании температуры ОГ в результате их прохождения через ТА.

Беговые испытания автомобиля УАЗ-3151 проводились по 11 КМ циклу. В начале цикла двигатель был холодным (т. е. его температура равнялась температуре окружающей среды). Испытания проводили в трех комплектациях системы выпуска (штатная; с КН; с КН и ТА). Количество испытаний - пять (со штатной системой и по два с дополнительной комплектацией). ГСМ согласно ТУ завода изготовителя.

Анализ полученных результатов показал:

1. Что автомобиль УАЗ-3151 в штатной комплектации не соответствует требованиям действующего ГОСТ 17.2.2.03-87 (Охрана природы. Атмосфера. Нормы и методы измерений содержания окиси углерода и углеводородов в отработавших газах автомобилей с бензиновыми двигателями). Превышение составляет по СО до 43 %, по C_xH_y до 29 %.

2. Установка КН перед глушителем снижает содержание вредных компонентов в ОГ по СО на 81 %, по C_xH_y на 68 % (не увеличивая заметно противодавления на выпуске). Время выхода нейтрализатора на номинальный режим работы составляет 6,5 мин. При работе двигателя в режиме холостого хода в течение 2 мин, вследствие падения температуры ОГ, наблюдается снижение эффективности работы КН на 25-35 %. На режимах полной нагрузки (ускорения) температура ОГ на выходе из КН достигает 1005 °С, что представляет определенную угрозу для работы КН. Основное влияние на такое повышение температуры оказывает сочетание высокой температуры ОГ на входе и переобогащение горючей смеси (за счет работы ускорительного насоса карбюратора). В ходе испытаний (в зависимости от фаз цикла) изменение эффективности работы КН составило по СО 18-21 %, по C_xH_y - 17-18 %.

3. При работе автомобиля с комплектацией ТА плюс КН время выхода нейтрализатора на номинальный режим составило: при холодном пуске (температура ТА равна температуре окружающей среды) -

9,5 мин, при прогревом ТА (пуск через два часа после остановки двигателя при температуре ТА, равной 265 °С) - 1,5 мин. Изменение эффективности работы КН во всем диапазоне режимов испытаний составило по СО 4-5 %, по C_xH_y - 3,5-4,0 % (т. е. снизилось в 4,3 и 4,7 раза соответственно по сравнению с работой КН без ТА). На режиме полной мощности (ускорения) температура ОГ на выходе из КН снизилась до 894 °С (т. е. практически на 12 %). Падение эффективности работы КН при работе двигателя в режиме холостого хода в течение 2 мин составило 15-18 %.

Оценка влияния установки ТА на работу утилизационной системы проводилась при использовании в качестве утилизатора поршневого двигателя с внутренним объемным парообразованием [5]. Этот двигатель позволяет за счет утилизации теплоты ОГ ПДВС получать не только дополнительную мощность и снижать расход топлива ПДВС, но и снижать выбросы в атмосферу вредных веществ [6].

Исследования показали, что демпфирование температуры ОГ ПДВС перед их попаданием в утилизатор существенно улучшает показатели силовой установки, включающей дизель КамАЗ-740, тепловой аккумулятор и утилизационный двигатель. Так, при работе дизеля на режимах, соответствующих условиям городской эксплуатации, установка ТА перед утилизационным двигателем позволила уменьшить концентрацию оксида углерода в ОГ на 32,7 %; углеводородов – на 25,4 %; оксидов азота – на 3,4 % и дымность – на 0,8 %.

В случае утилизации 50 % ОГ дизеля при тех же условиях его эксплуатации применение ТА обеспечивает возможность снижения удельного эффективного расхода топлива дизелем на 19,0 % и повышения эффективной мощности утилизационного двигателя на 22,8 %. Если мощность силовой установки увеличивать нет необходимости, то за счет снижения удельного расхода соответственно уменьшится часовой расход топлива.

Приведенные материалы достаточно убедительно свидетельствуют о целесообразности использования ТА в системе выпуска ПДВС в рассмотренных случаях при условии обеспечения незначительного гидравлического сопротивления теплового аккумулятора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мальберт А.А. Конструкции нейтрализаторов отработавших газов дизелей // Совершенствование быстроходных дизелей: Межвузовский сб. науч. трудов. - Барнаул: Алт. ГТУ, 1991. – С. 129-142.
2. Кукис В.С. Системно-термодинамические основы применения двигателей Стирлинга для повы-

шения эффективности силовых и теплоиспользующих установок мобильной техники: Дис. ... д-ра техн. наук. – Челябинск, 1989, - 461 с.

3. Левенберг В.Д. Аккумуляция тепла. - М.: Наука, 1991. – 83 с.

4. Кукис В.С., Богданов А.И., Нефедов Д.В. Возможности оптимизации температурного режима каталитического нейтрализатора путем установки теплового аккумулятора // Повышение эффективности силовых установок колесных и гусеничных машин: Науч. вестник №9 .- Челябинск: ЧВАИ, 2000. – С. 22-25.

5. Кукис В.С., Смолин А.Б., Богданов А.И. Двигатель для утилизации теплоты отработавших газов // Тр. международного форума по проблемам науки, техники и образования. - Т. 1. - М., 2000. - С. 56-57.

6. 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. - Вып. 50. - Омск, 2001. С. 50-53.