

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ АККУМУЛЯТОРОВ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА КАК СРЕДСТВА ПОВЫШЕНИЯ ТЕХНИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДВИГАТЕЛЕЙ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Ложкин В. Н., д.т.н., проф.; Богуцкий С. Ю., адъюнкт
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Приводятся результаты испытания системы предпускового разогрева двигателя ЗМС 4063.10 автомобиля АСМ-41-02-2М2 с использованием теплового аккумулятора фазового перехода (ТАФП) оригинальной конструкции. Испытания показали, что использование ТАФП позволит решить проблемы пуска двигателей пожарных автомобилей, связанные со специфическими условиями их эксплуатации. Основными достоинствами разработанной системы являются ее эффективность, пожаробезопасность, простота в эксплуатации и отсутствие затрат на энергоносители. Выполненные натурные испытания системы предпускового разогрева двигателя ЗМС 4063.10 автомобиля АСМ-41-02-2М2 при помощи ТАФП показали, что она работоспособна и эффективна.

Дежурные пожарные подразделения при сообщении о пожаре обязаны прибыть к месту вызова в кратчайший срок и оперативно организовать все работы в соответствии со сложившейся оперативной обстановкой. Оперативность и мобильность в действиях требует постоянной технической подготовленности двигателей пожарных автомобилей к эксплуатации, включая их тепловую готовность к запуску и приему рабочих нагрузок. Особенности оперативной эксплуатации двигателей пожарных автомобилей состоят в следующем.

При боевом дежурстве пожарный автомобиль снаряжен всем штатным оборудованием и полностью загружен средствами пожаротушения. По боевой тревоге пожарный автомобиль начинает движение без предварительного прогрева двигателя, а при следовании к месту пожара должен двигаться с максимальной скоростью. При этом двигатель и все агрегаты трансмиссии, работающие в режиме прогрева на протяжении времени следования на пожар, испытывают предельные нагрузки, что повышает риск их выхода из строя. Такие условия эксплуатации двигателя отрицательно сказываются на мощностных, топливно-экономических, ресурсных, надежностных и экологических показателях двигателей и сопровождаются повышенным выбросом вредных веществ с отработавшими газами (ОГ) [1, 2, 3].

Отмеченные особенности эксплуатации подтверждают актуальность научных проработок и внедрения на пожарной и аварийно-спасательной технике с ДВС новых наукоемких технологий, обеспечивающих надежный пуск и быстрый прогрев двигателей.

Одним из возможных решений указанной проблемы является разработка оборудования для аккумуляции тепловой энергии охлаждающей жидкости и отработавших газов. Для обоснования возможности реализации этой технологии рассмотрим условия работы двигателя основного пожарного автомобиля — автоцистерны на основе выполненных авторами статистических исследований (рис. 1).

«Старт» пожарного автомобиля всегда производится из непрогретого состояния двигателя. В холодное время года в условиях пониженных температур затруднен запуск двигателя и требуется большее время для его прогрева перед началом движения.

Число боевых выездов пожарного автомобиля за сутки в среднем составляет от двух до трех [1, 2]. Время работы на пожаре включает выезд и следование на пожар, боевое развертывание, работу пожарного насоса, свертывание пожарного оборудования и следование в пожарную часть, что в среднем составляет 1,5 ч. Следует отметить, что

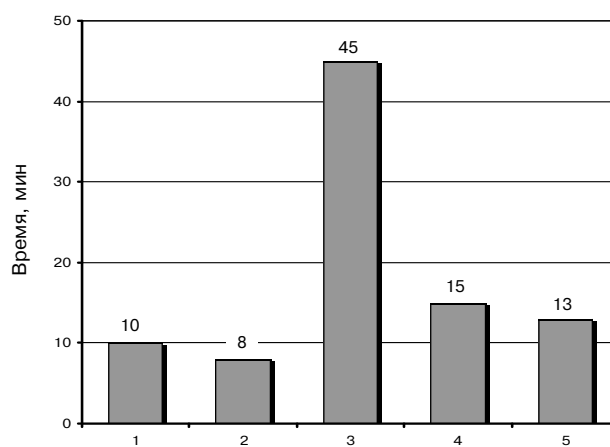


Рис. 1. Распределение среднего времени работы пожарного автомобиля по режимам эксплуатационного цикла:

1 — выезд и следование на пожар; 2 — боевое развертывание; 3 — работа с насосом по тушению пожара; 4 — свертывание пожарного оборудования; 5 — следование в пожарную часть

режимы боевого применения автомобиля в подавляющем большинстве кратковременны — движение к месту пожара занимает в среднем 5–10 мин. Ликвидация очагов пожара в начальных стадиях процесса горения протекает, как правило, в течение 10–30 мин. Особенностью работы двигателя пожарного автомобиля является то, что приблизительно 50–60 % тепловой энергии бесполезно сбрасывается в окружающую среду через систему охлаждения и с ОГ.

В летнее жаркое время года, при больших скоростях и нагрузках, а также при длительной работе двигателя на центробежный пожарный насос без движения (отсутствия полноценного обдува воздухом радиатора) двигатель перегревается, что приводит к потере мощности, перерасходу топлива и повышенному выбросу с ОГ токсичных веществ. Отмеченные проблемы эксплуатации двигателей усугубляются в условиях применения пожарной техники при ликвидации чрезвычайных ситуаций в зимнее время года [2].

Аккумуляция на борту пожарного автомобиля сбрасываемой в окружающую среду тепловой энергии и последующего ее эффективного использования для прогрева и быстрого «старта» двигателя, обогрева салона пожарного расчета и оборудования водно-пенных коммуникаций, в том числе для повышения эффективности работы каталитических нейтрализаторов ОГ [1, 2, 3], может быть обеспечено использованием тепловых аккумуляторов фазового перехода (ТАФП).

Разработанная авторами конструкция тепловых аккумуляторов для пожарного автомобиля представляет собой теплоизолированный аппарат, позволяющий накапливать тепловую энергию путем теплообмена различных теплоносителей (газообразных, жидких) с теплоаккумулирующими материалами (ТАМ), находящимися внутри аппаратов, и сохранять ее длительное время за счет применения теплоизоляции. Наиболее перспективными для пожарного автомобиля, с точки зрения авторов, являются тепловые аккумуляторы, у которых теплоаккумулирующий материал подвергается обратимому фазовому превращению плавление—кристаллизация. Это позволяет использовать скрытую теплоту фазового перехода и запастись в относительно небольших объемах теплоаккумулирующей среды большие количества тепловой энергии [4, 5, 6].

В приводимом исследовании решалась проблема эксплуатации пожарного автомобиля в условиях, когда основные узлы и агрегаты ДВС не вышли на нормальный тепловой режим работы. В качестве объекта исследования был выбран аварийно-спасательный автомобиль АСМ-41-02-2М2 на базе ГАЗ-27057 с бензиновым двигателем ЗМС 4063.10.

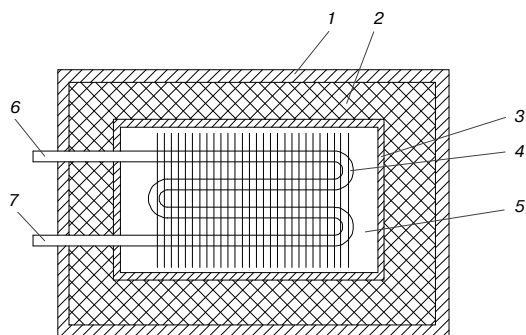


Рис. 2. Схема теплового аккумулятора фазового перехода для пожарного автомобиля

На рис. 2 схематично представлена конструкция изготовленного опытного ТАФП, примененного в качестве накопителя теплоты в системе предпускового разогрева двигателя пожарного автомобиля. Он состоит из наружного корпуса 1, слоя тепловой изоляции 2 и внутреннего корпуса 3, внутри которого расположен трубчатый оребренный теплообменник 4, погруженный в теплоаккумулирующий материал 5. Теплообменник 4 имеет входной 6 и выходной 7 патрубки.

В табл. 1 приведены характеристики теплообменника опытного ТАФП.

В качестве теплоаккумулирующего материала для предпускового обогрева ДВС автомобилей в условиях низких температур были использованы два вещества: $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ (бария гидроксид октагидрат) и $\text{NaOH} \cdot \text{H}_2\text{O}$ (натрия гидроксид моногидрат). Термодинамические свойства этих теплоаккумулирующих материалов представлены в табл. 2.

Для предпускового обогрева ДВС в качестве теплоаккумулирующих материалов бортовых ТАФП пожарных автомобилей предпочтительнее использовать моногидрат гидроксида натрия $\text{NaOH} \cdot \text{H}_2\text{O}$, так как у него существенно ниже

Таблица 1

Характеристики теплового аккумулятора фазового перехода

Корпус	70×200×375 мм — сталь
Длина трубки теплообменника	1442 мм
Диаметр трубки теплообменника	18 мм/15 мм — 1252 мм 14 мм/11,5 мм — 190 мм
Материал теплообменника	Медь
Расстояние между трубками	50 мм
Количество ребер	71
Толщина ребер	0,4 мм
Площадь одного ребра	6704,9 мм ²
Объем корпуса теплообменника	5,25 л
Количество используемого ТАМ ($\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$), объем/масса	4 л/7,5 кг

Термодинамические свойства теплоаккумулирующих материалов

Теплоаккумулирующий материал	Температура фазового перехода T_f , К	Удельная теплота фазового перехода r_T , кДж/кг	Удельная массовая теплоемкость $C_{ж}$, кДж/кг·К	Плотность, кг/м ³		Коэффициент теплопроводности, Вт/м·К	
				$\rho_{тв}$	$\rho_{ж}$	$\lambda_{тв}$	$\lambda_{ж}$
NaOH · H ₂ O	338	255	—	—	1720	—	—
Ba(OH) ₂ · 8H ₂ O	351	280–301	2,24	2180	2060	0,71	0,62

температура фазового перехода по сравнению с октагидратом гидроксида бария Ba(OH)₂ · 8H₂O. Однако в отечественной химической промышленности не освоено его массовое производство, следовательно возможны сложности с его применением. В связи с этим в качестве теплоаккумулирующего материала для опытного ТАФП был выбран октагидрат гидроксида бария Ba(OH)₂ · 8H₂O.

В ходе проведения эксперимента по оценке эффективности применения ТАФП принимались во внимание и выдерживались следующие условия:

- зарядку ТАФП тепловой энергией производить в течение 1,5–2 ч;
- необходимое время хранения тепловой энергии в ТАФП должно быть не менее 8 ч при стоянке автомобиля на открытой площадке;
- для эффективной зарядки ТАФП в реальных условиях эксплуатации было необходимо 2–3 цикла в сутки, что соответствовало среднесуточному числу боевых выездов.

При проведении эксперимента, в течение 2 ч ТАФП накапливал тепловую энергию ДВС пожарного автомобиля, работающего на холостом ходу в гараже.

Затем неработающий автомобиль находился вне гаража в течение 8 ч, при температуре окружающего воздуха примерно 0° С. Вход и выход теплообменника ТАФП с охлаждающей жидкостью были перекрыты кранами для обеспечения сохранности в нем тепловой энергии.

Перед запуском двигателя после 8-часового простоя включался автономный насос, установленный в магистрали системы охлаждения. ТАФП начинал работать в режиме обогрева двигателя.

Термопары, установленные в корпусе ТАФП и магистралях системы охлаждения ДВС, измеряли температуру в режимах накопления теплоты ТАФП и обогрева двигателя.

Термопары были установлены:

- в теплообменнике ТАФП;
- в теплоаккумулирующем материале;
- на входе и выходе теплообменника ТАФП;
- на входе и выходе охлаждающей жидкости в зарубашечное пространство двигателя.

Результаты испытаний по определению эффективности работы ТАФП приведены на рис. 3, 4.

Как следует из графиков рис. 3 полная зарядка ТАФП составила примерно 60 мин. В течение этого времени происходило постепенное возрастание температуры тосола и плавление теплоаккумулирующего материала. Процесс хранения теплоты (рис. 4) продолжался в течение 8 ч при температуре окружающего воздуха от 0 до +2° С.

В течение первой минуты с момента включения автономного электронасоса (см. рис. 4) средняя скорость увеличения температуры тосола достигает сравнительно высоких значений: на входе в двигатель — до 0,6° С/с, на выходе из двигателя — 0,25° С/с. Это свидетельствует о том, что ТАФП имеет большую стартовую тепловую мощность. Последующие 3 мин разрядки ТАФП (от 1 до 4 мин) характеризуются уменьшением

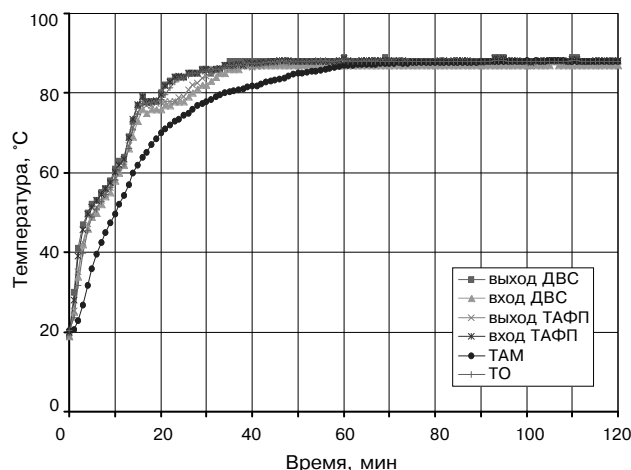


Рис. 3. Зарядка ТАФП

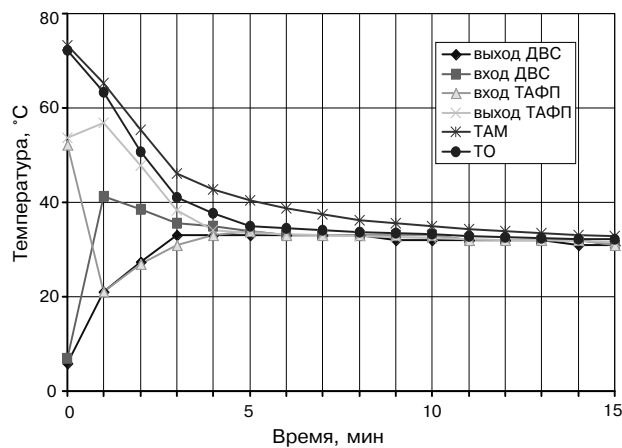


Рис. 4. Разрядка ТАФП

средней скорости изменения температуры тосола от 0,1 до 0 °С/с. В дальнейшем на временном отрезке от 4-й до 15-й мин, температура тосола во всех наблюдаемых точках практически не изменялась. Резкое изменение температуры тосола на входе и выходе ТАФП было вызвано тем, что термодары, контролировавшие температуры в соответствующих точках, были установлены между перекрывающимися кранами и корпусом ТАФП. В начальный момент времени измерения температуры тосола перекрывающиеся краны были закрыты.

Процесс отдачи теплоты можно условно представить состоящим из трех этапов. Первый из них продолжался около минуты и характеризовался резким увеличением температуры тосола на входе и выходе из двигателя. Продолжительность второго этапа составляла около 3 мин, в течение которого скорость увеличения температуры тосола в рассматриваемых точках изменялась от некоторого достигнутого значения до нуля. В течение третьего этапа, продолжавшегося от 4-й до 15-й мин, температура тосола во всех точках стабилизировалась и практически не изменялась. После разогрева двигателя ЗМС 4063.10, установленного на автомобиле АСМ-41-02-2М2 с применением ТАФП его пуск производился с первой попытки.

Литература

1. Яковенко Ю.Ф., Кузнецов Ю.С. Техническая диагностика пожарных автомобилей. — М.: Стройиздат, 1989. — 289 с.
2. Яковенко Ю.Ф. Современные пожарные автомобили. — М.: Стройиздат, 1988. — 352 с.
3. Ложкин В.Н. Теория и практика безразборной диагностики и каталитической нейтрализации отработавших газов дизелей: дис. ... докт. техн. наук. — СПб., 1994. — 444 с.
4. Патент РФ 2204027 С1 МКИ 7F 01 N 3/00. Ложкин В.Н., Шульгин В.В., Гулин С.Д., Золотарев Г.М.

Выводы

1. Основными достоинствами разработанной системы ТАФП для двигателя ЗМС 4063.10 автомобиля АСМ-41-02-2М2 являются его эффективность, пожаробезопасность, простота в эксплуатации и отсутствие затрат на энергоносители.

2. Выполненные натурные испытания системы предпускового разогрева двигателя ЗМС 4063.10 автомобиля АСМ-41-02-2М2 при помощи ТАФП показали, что разработанная конструкция работоспособна и эффективна.

3. Несмотря на то что по истечении примерно 4 мин от момента включения автономного электронасоса рост температуры тосола на выходе из двигателя практически прекращается, процесс отдачи теплоты целесообразно продолжать до 6–7 мин (и более) для более равномерного разогрева деталей ДВС, соприкасающихся с теплоносителем.

4. Исследования ТАФП на двигателе ЗМС 4063.10 пожарного автомобиля АСМ-41-02-2М2 показали, что его использование позволяет решить проблемы пуска и улучшить условия эксплуатации двигателей пожарного автомобиля, связанные со специфическими условиями боевого применения.

Каталитический нейтрализатор // (РФ). — № 2001129630/06; Заявлено 01.11.2001; Оpubл. 10.05.2003. Бюл. № 13.

5. Сорокин А.А. Система предпусковой тепловой подготовки двигателей строительных и дорожных машин в условиях отрицательных температур окружающей среды при возведении военно-строительных комплексов: дис. ... канд. техн. наук. — СПб., 1994. — 158 с.

6. Шульгин В.В. Тепловые аккумуляторы автотранспортных средств. — СПб., 2005. — 268 с.

НОВОСТИ «ГРУППЫ ГАЗ»

«ГРУППА ГАЗ» ПОСТАВИЛА В БРЯНСКУЮ ОБЛАСТЬ АВТОБУСЫ И ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНУЮ ТЕХНИКУ

В Брянске состоялась торжественная передача автотехники производства предприятий, входящих в «Группу ГАЗ», пассажирским автотранспортным и дорожно-строительным организациям города и области.

Поставка автобусов производится компанией «Русские Автобусы—Группа ГАЗ», которая в августе этого года выиграла аукцион, организованный Департаментом транспорта Брянской области в рамках федеральной программы по обновлению пассажирского транспорта. Пассажирские автотранспортные предприятия получили 59 автобусов на общую сумму более 92 млн руб., в том числе 9 автобусов среднего класса КАВЗ-4235 и КАВЗ-

4238, 16 ед. ПА3-32054, 30 автобусов ПА3-4234, а также 3 автобуса большого класса ЛИАЗ-5256.

Дорожно-строительным организациям города передано 10 ед. спецтехники производства «Группы ГАЗ» — 5 автогрейдеров ГС-14.02 производства «Брянского арсенала» и 5 фронтальных погрузчиков производства завода «Челябинские строительно-дорожные машины». Спецтехника «Группы ГАЗ» широко используется при строительстве, ремонте и содержании дорог. Она обладает большой маневренностью, хорошо адаптирована для работы в стесненных условиях городского строительства, а также незаменима в условиях бездорожья и трудной проходимости.