

В.М. Шаповалов, Ю.В. Прус

(Академия Государственной противопожарной службы МЧС России;
e-mail: ntp-tsb@mail.ru)

ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ

Проведён анализ перспектив создания гибридного пожарно-спасательного электро-мобиля для использования в городских условиях. В качестве привода электрогенератора предлагается использование газотурбинной установки.

Ключевые слова: гибридный, пожарно-спасательный, электромотобиль.

V.M. Sharovalov, Yu.V. Prus

PROSPECTS OF THE CREATION FIREMAN-RESQUE ELECTRIC CAR

Analysis of the prospects of creation of hybrid fireman-resque electric car for using in urban condition. Proposed to use gas turbine unit as a drive electric generators.

Key words: hybrid, fireman-resque, electric car.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 6 декабря 2010 г.

Двигатели на электрической тяге занимают всё большую долю среди двигателей для привода автомобилей. Исходя из мировых тенденций развития автомобилестроения, можно предположить, что в недалёком будущем произойдёт переход от двигателей внутреннего сгорания к гибридным и электрическим двигателям в приводе пожарно-спасательных автомобилей. К сожалению, в настоящее время отсутствуют сведения о работах по проектированию и созданию пожарно-спасательных электромотобилей.

Возможности пожарно-спасательных электромотобилей обусловлены их повышенной маневренностью, высокими показателями производства электроэнергии для обеспечения аварийно-спасательных работ.

Рассмотрим основные режимы работы агрегатов пожарно-спасательного автомобиля в процессе его движения в условиях города. При движении автомобиля с места до минимальной скорости, необходимой для переключения на вторую передачу, разгон происходит при частичной пробуксовке муфты сцепления на первой передаче при полностью нажатой педали подачи топлива. При максимальной скорости на первой передаче водитель выключает сцепление, разобщая двигатель и трансмиссию, и автомобиль начинает двигаться замедленно. Включив вторую передачу, водитель вновь нажимает до отказа педаль подачи топлива. Время переключения передач зависит от квалификации водителя, конструкции коробки передач и типа двигателя. У автомобиля с дизельным двигателем время переключения передач больше, так как из-за больших (по сравнению с карбюраторным двигателем) инерционных масс его деталей частота вращения коленчатого вала изменяется медленнее, чем у карбюраторного двигателя. Дальнейший разгон до максимальной скорости без пробуксовки ве-

дущих колёс автомобиля с механической коробкой передач обеспечивается за счёт правильного выбора положения педали подачи топлива (частоты вращения коленчатого вала двигателя) и момента переключения на высшую передачу.

Так как с увеличением номера передачи динамический фактор автомобиля уменьшается, то максимальное ускорение разгона достигается на низких передачах. Поэтому водители пожарно-спасательных автомобилей для обеспечения быстрого разгона при обгоне в городских условиях используют низкие передачи чаще, чем водители других автотранспортных средств.

В отличие от автомобилей с приводом от двигателей внутреннего сгорания (ДВС), электромобили не нуждаются в коробке передач, так как мощность электродвигателя практически не зависит от частоты оборотов в широком диапазоне. Такие тяговые качества электродвигателей обеспечивают возможности значительного упрощения конструкции за счёт исключения из трансмиссий наиболее сложных агрегатов. Тягово-скоростные характеристики автомобиля с электроприводом на все колёса, по принципу "мотор-колесо", выше, чем у автомобиля с коробкой передач и трансмиссией. Электромобиль может развить максимальную мощность сразу после запуска, в отличие от двигателя внутреннего сгорания, который необходимо прогреть для достижения максимальной мощности.

Кроме того, известно, что хорошей маневренностью обладают автомобили с бортовым поворотом, происходящим за счёт изменения угловых скоростей колёс правого или левого бортов. В предельном случае при вращении движителей обоих бортов в противоположных направлениях – шасси разворачивается на месте, а при повороте колёс под прямым углом появляется возможность перемещаться боком. При использовании электропривода заданное условие реализуется гораздо проще, чем при использовании механической трансмиссии. Данное качество особенно актуально для установки пожарно-спасательных автомобилей возле зданий с затруднённым подъездом к необходимым местам происшествия.

Таким образом, специфика эксплуатации пожарно-спасательных автомобилей (ограниченное время прибытия к месту вызова, внезапный выезд с непрогретым двигателем, интенсивное движение с частыми разгонами и торможениями, сложное маневрирование в городских условиях) делают более выгодным использование электрического привода, чем привода от двигателя внутреннего сгорания.

Главным ограничением использования электромобилей является сравнительно малый запас хода от одной зарядки аккумуляторных батарей, но в условиях города это ограничение не является принципиальным, так как в соответствии с Федеральным законом № 123 максимальное время прибытия пожарного автомобиля к месту вызова должно составлять 10 минут. По НПБ 101 и СНИП по градостроительству радиус выезда составляет 3-5 км.

Другой аспект работы пожарно-спасательного автомобиля на месте пожара связан с использованием силовых агрегатов в качестве источников энергии для привода различных механизмов, обеспечивающих работу необходимого оборудования для тушения пожаров (насосы, вентиляторы дымоудаления,

аппаратура связи и освещения) и проведения аварийно-спасательных работ (гидравлические, пневматические и электроинструменты). При использовании для этих целей штатного двигателя, привод механизмов осуществляется через коробку отбора мощности. При этом происходит значительная потеря мощности, снижается КПД, возникает опасность перегрева двигателя.

Например, в насосах высокого давления двигатель внутреннего сгорания должен согласовываться с насосом по крутящему моменту. Для подачи воды на большую высоту КПД составит 0,3 с ограничением по длительности работы на максимальном режиме [1]. В применяемых на пожарных автомобилях насосных установках длительная работа, особенно в летний период, ведёт к повышенному нагреву двигателя и дополнительному расходу на охлаждение. При использовании же насосов с электрическим приводом отпадает необходимость в согласованиях, отсутствует ограничение по длительности работы и значительно повышается КПД.

Широкое использование электроинструментов при аварийно-спасательных работах приводит к необходимости оснащения аварийно-спасательных автомобилей электрогенераторами, работающими от отдельного двигателя.

Имеются разработки по использованию штатного двигателя для привода электрогенератора. Например, аварийно-спасательная машина "АСМ-концепт", изготовленная на базе автомобиля УАЗ-3741, которая не имела других двигателей в качестве источников энергии, кроме штатного двигателя базового автомобиля, осуществляет привод через коробку отбора мощности [4]. Эта машина разработана в Академии гражданской защиты МЧС России в 2000 г.

В Академии ГПС МЧС России совместно с ООО "Аква-ПиРо-Альянс" разработаны многоцелевые пожарные и аварийно-спасательные автомобили, оснащенные мощными электросиловыми установками (мощностью не менее 50 кВт) и установками получения температурно-активированной воды (ТАВ). Так многоцелевой автомобиль нефтегазового комплекса (МАНГК) позволяет обеспечить работу любых потребителей электроэнергии по первой категории (например, ремонтные и аварийно-спасательные инструменты, осветительное оборудование, электросварочные посты, технические фены, тепловые пушки, вентиляторы, водяные и шламовые насосы), а также обеспечить электроэнергией аварийные объекты по временной схеме и обогрев помещений тепловыми пушками или другими электрообогревателями. Автомобиль может также обеспечить жизнедеятельность ремонтно-восстановительных бригад или спасателей горячей водой (умывальники и душевые) и электричеством (освещение бытовок и вахтовых домиков, работа электробытовых приборов).

В качестве силового агрегата для привода генератора может быть использован как дизельный, роторный, так и газотурбинный двигатель. Имеются готовые решения по производству электроэнергии, например, роторная электростанция (110 кг) способна производить 100 кВт с наработкой до 5 тыс. часов. Стоимость станций для единичных образцов – 5 тыс. рублей на кВт, при серийном производстве стоимость должна значительно снизиться. Газотурбинная конструкция применяется в станциях, выпускаемых промышленно для выра-

ботки электроэнергии, таких как ГТС-18, ГТС-25. Высокие обороты турбины позволяют уменьшить вес и размеры электрических машин.

Поршневые и газотурбинные двигатели, каждый в отдельности, обладают рядом существенных недостатков. Эти недостатки устраняются при одновременном использовании в силовых установках поршневых и газотурбинных двигателей. Идея совместной работы дизеля и газовой турбины как агрегата наддува получила дальнейшее развитие в виде комбинированных газотурбинных установок с так называемыми свободнопоршневыми генераторами газа (СПГГ) [2, 3]. К достоинствам таких генераторов относятся:

- высокие значения общего эффективного КПД всей установки в целом (до 40 % и выше) при умеренной температуре газов (500-700 °С) на входе в турбину в связи с тем, что получение рабочего тела в генераторе газа происходит при высоких давлениях и температурах, недоступных для обычных газовых турбин, а часть теплового перепада превращается в работу ещё до входа в газовую турбину рабочего тела (при расширении в цилиндрах);

- возможность изготовления лопаток рабочего колеса газовой турбины без применения жаропрочных материалов вследствие низкой температуры рабочего тела на входе в рабочий аппарат турбины;

- многотопливность, то есть возможность использования дизельного топлива, угольной пыли, бензина, природного и генерируемого (из отходов древесины, торфа и т.п.) газа;

- высокие удельные показатели (КПД, весовые данные, габариты, большая угловая скорость вала).

Хорошую перспективу имеет газотурбинный двигатель (ГТД), схема которого показана на рис. 1. В этом двигателе газ для турбины вырабатывается в так называемом свободно-поршневом генераторе, представляющем собой двухтактный дизель и поршневой компрессор, объединенные в общем блоке.

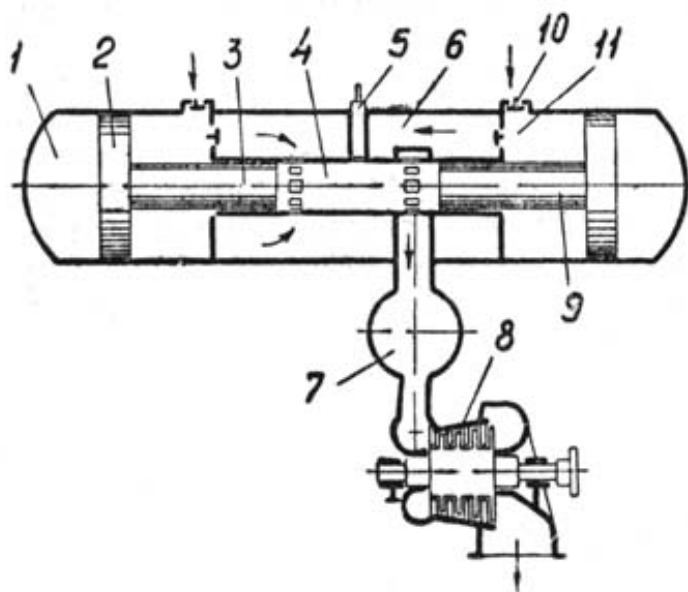


Рис. 1. Принципиальная схема газотурбинного двигателя со свободно-поршневым генератором газа

Энергия от поршней дизеля передается непосредственно поршням компрессора. Ввиду того, что движение поршневых групп осуществляется исключительно под действием давления газов и режим движения зависит только от протекания термодинамических процессов в дизельном и компрессорных цилиндрах, такой агрегат и называется свободно-поршневым. В его средней части расположен открытый с двух сторон цилиндр 4, имеющий прямоточную щелевую продувку, в котором протекает двухтактный рабочий процесс с воспламенением от сжатия. В цилиндре оппозитно перемещаются два поршня, один из которых (9) во время рабочего хода открывает, а во время возвратного хода закрывает выхлопные окна, прорезанные в стенках цилиндра. Другой поршень (3) также открывает и закрывает продувочные окна.

Поршни связаны между собой легким реечным или рычажным синхронизирующим механизмом, не показанным на схеме. Когда они сближаются, воздух, заключенный между ними, сжимается; к моменту достижения мертвой точки температура сжимаемого воздуха становится достаточной для воспламенения топлива, которое впрыскивается через форсунку 5. В результате сгорания топлива образуются газы, обладающие высокой температурой и давлением; они заставляют поршни разойтись в стороны, при этом поршень 9 открывает выхлопные окна, через которые газы устремляются в газосборник 7. Затем открываются продувочные окна, через которые в цилиндр 4 поступает сжатый воздух, находящийся в ресивере 6. Воздух вытесняет из цилиндра выхлопные газы, смешивается с ними и также поступает в газосборник. За то время, пока продувочные окна остаются открытыми, сжатый воздух успевает очистить цилиндр от выхлопных газов и заполнить его, подготовив таким образом двигатель к следующему рабочему ходу.

С поршнями 3 и 9 связаны компрессорные поршни 2, двигающиеся в своих цилиндрах. При расходящемся ходе поршней идет всасывание воздуха из атмосферы в компрессорные цилиндры, при этом самодействующие впускные клапана 10 открыты, а выпускные – 11 закрыты. При встречном ходе поршней впускные клапана закрыты, а выпускные открыты и через них воздух нагнетается в ресивер 6, окружающий дизельный цилиндр. Поршни двигаются навстречу друг другу за счет энергии воздуха, накопившейся в буферных полостях 1 во время предыдущего рабочего хода. Газы из сборника 7 поступают в тяговую турбину 8, вал которой соединен с трансмиссией. Сопоставление коэффициентов полезного действия показывает, что описанный газотурбинный двигатель уже сейчас по своей эффективности не уступает двигателям внутреннего сгорания (табл. 1).

Таблица 1

Тип двигателя	КПД
Дизель	0,26-0,35
Двигатель карбюраторный, бензиновый, с принудительным зажиганием	0,22-0,26
Газовая турбина с камерами сгорания постоянного объема без теплообменника	0,12-0,18
Газовая турбина с камерами сгорания постоянного объема с теплообменником	0,15-0,25
Газовая турбина со свободно-поршневым генератором газа	0,25-0,35

Как видно из таблицы, КПД лучших образцов турбин не уступает КПД дизелей. Неслучайно поэтому количество экспериментальных газотурбинных автомобилей различного типа возрастает с каждым годом. ГТД эффективно работают при низких температурах окружающего воздуха; зимой их КПД может возрасти сравнительно с летним периодом на 1,5-2 %, а мощность – почти в 1,5 раза. Это значит, что газотурбовозы наиболее целесообразно использовать на дорогах северных и восточных районов страны с низкой среднегодовой температурой воздуха. При проектировании двигателей и передач нужно предусмотреть возможность реализации повышенных мощностей в зимних условиях.

Наиболее перспективным в настоящее время направлением разработки пожарно-спасательных электромобилей представляется создание гибридных систем. В качестве привода электрогенератора авторы предлагают использование газотурбинной установки со свободнопоршневыми генераторами газа. При эксплуатации установки в заранее выбранном режиме отпадает необходимость регулировки хода поршневых групп. Работа обслуживающих агрегатов (топливный насос и т.д.) обеспечивается электрическими двигателями.

Такое конструкторское решение позволяет получить мобильный высокопроизводительный источник электрической энергии. Предлагаемый гибридный пожарно-спасательный электромобиль (ГПСЭМ) может быть использован для доставки в район пожара или ЧС личного состава, а также комплекса технических средств. ГПСЭМ способен обеспечить потребности электропитания приборов связи, освещения и электронно-вычислительного комплекса, медицинской аппаратуры, насосов высокого давления, дымососов и других электроинструментов.

Следует различать две принципиально различные компоновки турбины: с крышевым расположением двигателя и с нижним – непосредственно у рамы.

При расположении ГТД на крыше наиболее просто решаются процессы всасывания в компрессор достаточно чистого воздуха, удаления из турбины отработавших газов, шумоглушения и т.д.

На основании вышеизложенного можно предположить, что "ГПСЭМ" значительно уменьшит вес, габариты и стоимость комплекса аварийно-спасательных и ремонтно-восстановительных машин и повысит мобильность техники при ЧС, включая переброску по воздуху.

Литература

1. *Пожарная* техника. Учебник под ред. Безбородько М.Д. М., 2004.
2. *Бартош Е.Т.* Газовая турбина на железнодорожном транспорте. Изд-во "Транспорт", 1972.
3. *Белов П.М., Бурячко В.Р., Акатов Е.И.* Двигатели армейских машин. Часть первая. Теория. М., Воениздат, 1971.
4. *Отчёт* о научно-исследовательской работе "Разработка мобильных (автомобильных) универсальных источников электроэнергии для питания аварийно-спасательного инструмента и других потребителей в зоне ЧС" / Баринов А.В., Федорук В.С., Роговицкий Ю.М., Нестеренко А.А. Академия гражданской защиты МЧС России, 2005.