

можно воспользоваться, например, программой Microsoft Excel. Для каждого участка используется отдельная система координат с началом координат в точке, с которой начинается движение. Для построения сложной траектории в единой системе координат xu необходимо обеспечить сопряжение отдельных точек (x_i, y_i) каждого участка, вычисленных в собственной системе координат. Для этого можно воспользоваться формулами:

$$x = x_{oi} + x_i \cos \theta_i - y_i \sin \theta_i; \quad y = y_{oi} + y_i \sin \theta_i + x_i \cos \theta_i. \quad (6)$$

Здесь x_{oi}, y_{oi} – координаты начала координат системы координат x_i, y_i в общей системе координат xu ; x_i, y_i – текущие координаты точек в системе координат x_i, y_i ; θ_i – угол поворота осей системы координат x_i, y_i относительно осей общей системы координат xu .

Заключение

Получены аналитические уравнения неустановившегося движения и движения с фиксированным положением руля машины с передними управляемым колесами в функции времени.

Литература

1. Melnik V. Analytical method of examining the curvilinear motion of a four-wheeled vehicle / [V. Melnik, M. Dovzhik, B. Tatyanchenko, O. Solarov, Yu. Sirenko]. // Eastern-European journal of enterprise technologies. – 2017. – №3/7 (87). – С. 59–65.

УДК 621.31:629.33

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ АВТОТРАНСПОРТА НА АЛЬТЕРНАТИВНОМ ТОПЛИВЕ

В.А. Занкевич, к.ф.-м.н., доцент, А.В. Ожелевский

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь*

Введение

Теплоэнергетическое оборудование различного назначения должно соответствовать международным стандартам по энергоэффективности и экологии. К примеру, в странах Европейского союза

(ЕС) действует стандарт DIN 310052, а выпускаемая продукция должна быть сертифицирована (ISO, CE).

Основная часть

Увеличение доли загрязнений атмосферного воздуха токсичными веществами (ТВ) отработанных газов (ОГ) двигателями внутреннего сгорания (ДВС), работающих на жидком моторном топливе (ЖМТ), особенно в крупных городах, густонаселенных странах связано со значительным ростом количества автотранспорта. Анализ методик определения ТВ в ОГ приведен в [1]. Наблюдается тенденция к ужесточению требований по ограничению ТВ в ОГ автотранспорта, к примеру за последние два десятилетия стандарт по экологии пересматривался 5 раз с Евро-2 до Евро-6.

В работе приводится сопоставительная оценка энергоэффективности ДВС, работающих на ЖМТ и альтернативном топливе. Оценку энергоэффективности проводили по эффективному КПД (η_e) и удельному расходу топлива $b = B/N_e$ (B – расход топлива, N_e – эффективная мощность).

Расход топлива для четырехтактного ДВС определяют:

$$B = \frac{P_e L A}{2 \eta_e Q_p^n},$$

где P_e – среднее эффективное давление на валу, Па; L – ход поршня, м; A – площадь поршня, м²; n – частота вращения вала, с⁻¹; η_e – эффективный КПД; Q_p^n – низшая теплота сгорания топлива, мДж/кг ($Q_p^n = h_{nc} - h_R$, где h_{nc} , h_R – удельные энтальпии реагентов (топлива) и продуктов его сгорания при температуре окружающей среды T_o). Концентрация ТВ в ОГ ДВС зависит от многих факторов и к основным относятся: конструктивные, смесеобразование топлива с воздухом, системы очистки от ТВ [1]. Важную роль в повышении эффективности ДВС играет применение электронных систем контроля, управления и регулирования [3].

Дизельный ДВС, работающий на номинальном режиме, имеет наиболее эффективный КПД $\eta_e = 0,3 \div 0,35$ с удельным расходом топлива $B = 200 \div 290$ г/кВт·ч. В дизельных ДВС с турбонаддувом

$\eta_e = 0,4 \div 0,45$. В карбюраторных ДВС $\eta_e = 0,24 \div 0,26$, а удельный расход выше на 20 – 30 %.

Эффективным методом снижения ТВ является перевод ДВС на альтернативные виды топлива: компримированный природный газ (КПГ), сжиженный углеводородный газ (СУГ), биогаз (БГ) [1,2]. Автомобили массой меньше 3 т, работающие на КПГ, СУГ при минимальной модификации могут достигнуть выбросов ТВ в ОГ, соответствующих нормам Евро-6. Преимущества газовых ДВС перед ДВС, работающих на ЖМТ в том, что выбросы ТВ в ОГ ниже в 2 – 2,5 раза, снижается уровень шума на 4 – 6 Дб, стоимость КПГ, СУГ ниже стоимости ЖМТ. К примеру, стоимость СУГ в РБ ниже стоимости дизтоплива в 2,3 раза, бензина в 2,0 раз [2]. Для широкого внедрения КПГ на автотранспорте необходимо создать сеть автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНСК). Из-за низкой стоимости КПГ в некоторых странах ЕС рекомендовано использовать КПГ для муниципального автотранспорта, автобусов. Методика расчета экономической эффективности замещения ЖТМ на КПГ приведена в [2]. Работа карбюраторного ДВС, работающем на КПГ, СУГ приводит к снижению эффективного КПД до 0,24 – 0,25, а для газового дизеля до 0,29 – 0,3. Экономия топлива при замене ЖМТ на КПГ для газового дизеля составляет 15 – 30 %.

В последние десятилетия лидеры грузового автомобилестроения (MAN, VOLVO и др.) переходят или перешли от механической трансмиссии к электромеханической. Автомобили массой более 3,0 т с электромеханической трансмиссией содержат основные узлы: ДВС, тяговый электродвигатель (один или несколько), электрический генератор, силовой преобразователь, упрощенная коробка передач, электронный блок управления и контроля, аккумуляторная батарея (АБ). Преимущества гибридной схемы привода заключается в следующем: 1) тяговый электродвигатель обеспечивает дополнительную мощность автомобилю, работая от АБ, а дизельный ДВС работает в зоне максимальной топливной экономичности, что приводит к экономии ЖМТ на 30 – 40 %; 2) создание автотранспорта, в котором все колеса являются ведущими по

принципу «мотор-колесо»; 3) рекуперацию механической энергии торможения в электрическую энергию используют при подзарядке АБ; 4) бесступенчатое регулирование скорости движения; 5) обеспечение широкого диапазона изменений крутящего момента и силы тяги; 6) эффективный КПД при одновременной работе ДВС и электродвигателя $\eta_{\text{енр}} = \eta_{\text{е}} + (\nu \cdot \eta_{\text{г}} \cdot \eta_{\text{АБ}} \cdot \eta_{\text{эд}} \cdot \eta_{\text{сп}} \cdot \eta_{\text{эм}})$, где $\eta_{\text{г}}$ – КПД генератора; $\eta_{\text{АБ}}$ – КПД АБ; $\eta_{\text{эд}}$ – КПД электродвигателя; $\eta_{\text{сп}}$ – КПД силового преобразователя; $\nu = N_{\text{едл}}/N_{\text{е}}$. Данные преимущества реализуются электронным блоком управления и контроля для режимов работы: режим пуска ДВС; режим хода; режим рекуперационного торможения и ускорения. Применение электромеханической трансмиссии в грузовом транспорте уменьшает выбросы ТВ в атмосферу до 40 %, но не решает проблему уменьшения концентрации ТВ в ОГ.

Автомобили массой $m < 3,0$ т с электромеханической трансмиссией и расходом топлива меньше 3,5 л/100 км называют гибридными. Их преимущества и недостатки рассмотрены в [3].

Заключение

В заключении следует отметить, что, несмотря на широкое использование в последние два десятилетия в РБ автомобилей, работающих на КПГ и СУГ, их количество необходимо увеличивать.

Литература

1. Ерохов, В.И. Токсичность современных автомобилей : учебник для вузов / В.И. Ерохов. – ФОРУМ ИНФА-М, 2013. – 448 с.
2. Падалко, Л.П. Альтернативные энергоносители на автотранспорте / Л.П. Падалко, Ф.Ф. Иванов, В.И. Кузменок. – Минск : Навукова думка, 2017. – 263 с.
3. Соснин, Д.А. Новейшие автомобильные электронные системы : учебник для вузов / Д.А. Соснин, В.Ф. Яковлев. – Минск : СОЛОН-Пресс, 2005. – 240 с.