

МЕТОДИКА НОРМИРОВАНИЯ РАСХОДА ТОПЛИВА АВТОМОБИЛЕЙ С ОТКЛЮЧАЕМЫМИ ЦИЛИНДРАМИ ДВИГАТЕЛЯ

В.А. Зеер, А.А. Мартынов

Сибирский федеральный университет, г. Красноярск

E-mail: muromcev_aleksei@mail.ru

Предложена методика расчета и нормирования расхода топлива автомобилей-такси с отключаемыми цилиндрами двигателя на холостом ходу. Представлены результаты расчетов топливно-экономических показателей автомобиля ГАЗ-3110.

Себестоимость перевозок во многом зависит от технического состояния подвижного состава и соответствующих затрат на топливо, шины, техническое обслуживание и ремонт автомобилей [1]. Затраты на приобретение топлива перевозок (табл. 1), особенно в настоящее время с учетом роста стоимости топлива. Поэтому автотранспортным предприятиям необходимо решать задачи, связанные с экономией топлива автотранспортных средств (АТС) в условиях эксплуатации: осуществление контроля за расходом горюче-смазочных материалов (ГСМ); обновление автопарка более современными и экономичными автомобилями; внедрение мероприятий и технических решений, позволяющих снизить расход топлива и др.

Таблица 1. Распределение статей затрат в себестоимости перевозок, %

№ п/п	Элементы себестоимости	Себестоимость по видам перевозок		
		Грузовые	Автобусные	Таксомоторные
1	Топливо	18,5	13,7	11,0
2	Смазочные материалы	1,6	1,0	0,92
3	Шины	8,6	4,5	4,65
4	Техническое обслуживание и текущий ремонт	22,2	11,4	9,63
5	Амортизационные отчисления	9,1	14,5	20,5
6	Зарплата водителей	21,7	41,2	32,9
7	Накладные расходы	18,3	13,7	20,4
	ИТОГО:	100	100	100

Для исследования влияния отключения цилиндров (ОЦ) двигателя на топливную экономичность автомобиля расчетно-экспериментальным путем были найдены значения абсолютного циклового расхода топлива Q_c при различных алгоритмах ОЦ [2].

Городские условия эксплуатации достаточно точно описываются европейским испытательным циклом [3], который для АТС массой до 3,5 т включает в себя 16 режимов работы автомобиля. Результатирующими являются 6–9 режимы, табл. 2.

Абсолютные расходы топлива по составляющим цикла определяются по формулам, см³:

- холостой ход

$$Q_{xx} = G_{xx} \tau_{xx} / 3,6 \rho_m,$$

- разгон

$$Q_p = \pi (G_{n1} + G_{n2}) (r_k / u_o u_{cp} j_{cp} + C_e) (n_2 - n_1) / 216 \rho_m,$$

- переключение передачи

$$Q_{nn} = G_{xx} \tau_{nn} / 3,6 \rho_m,$$

- постоянная скорость

$$Q_y = G_y \tau_y / 3,6 \rho_m,$$

- замедление с включенным сцеплением

$$Q_z = 0,$$

- замедление с выключенным сцеплением

$$Q_{zc} = G_{xx} \tau_{zc} / 3,6 \rho_m,$$

где G_{xx} – часовой расход топлива двигателя, работающего на холостом ходу, кг/ч, G_{n1} , G_{n2} – начальный и конечный часовые расходы топлива в расчетном интервале, кг/ч, n_1 , n_2 – начальная и конечная частоты вращения коленчатого вала двигателя в расчетном интервале, мин⁻¹, r_k – кинематический радиус качения ведущего колеса, м, u_o , u_k – передаточные числа главной передачи и коробки передач, j_{cp} – среднее ускорение при разгоне автомобиля в расчетном интервале, м/с², C_e – коэффициент, учитывающий увеличение расхода топлива в зависимости от углового ускорения коленчатого вала, с², τ_{xx} , τ_{nn} , τ_y , τ_z , τ_{zc} – время режимов холостого хода, переключения передач, постоянной скорости, замедления при включенном сцеплении и передачи, замедления при выключенном сцеплении, с; ρ_m – плотность топлива, г/см³.

Таблица 2. Фрагмент операционной карты имитации городского цикла на стенде для АТС массой до 3,5 т

№ пп	Наименование режима работы	Ускорение, м/с ²	Скорость, км/ч	Время, с	Используемая передача
1	Холостой ход	–	–	21	Н
2	Разгон	0,83	0...15	5	K1
	Переключение передач	–	–	2	–
3	Разгон	0,94	15...32	5	K2
	Постоянная скорость	–	32	24	K2
4	Замедление	–0,75	32...10	8	K2
	Замедление с выключенным сцеплением	–0,92	10...0	3	Н

Для учета влияния ОЦ двигателя на холостом ходу на часовой расход топлива в выше представленные зависимости введен экспериментально полученный коэффициент K_{cm} :

$$K_{cmi} = G_{xxi} / G_{xx},$$

где $G_{\text{лх}}$ – часовой расход топлива двигателем без ОЦ, кг/ч, $G_{\text{лх}i}$ – часовой расход топлива двигателем с ОЦ по i -му алгоритму.

Результаты расчетов $Q_{\text{л}}$ автомобиля с ОЦ двигателя на холостом ходу приведены на рис. 1.

Для количественной оценки влияния ОЦ двигателя на цикловой расход топлива автомобиля введем коэффициент $K_{\text{оц}}$, соответственно i -му алгоритму ОЦ:

$$K_{\text{оц}i} = Q_{\text{л}i} / Q_{\text{л}}$$

Учитывая значения коэффициентов $K_{\text{оц}}$ и $K_{\text{см}}$ для автомобиля ГАЗ-3110 с двигателем ЗМЗ-406.2, а также результаты исследований других авторов, путем экстраполяции получены обобщающие зависимости $K_{\text{см}}$ (рис. 2, а) и $K_{\text{оц}}$ (рис. 2, б) от алгоритма ОЦ двигателя:

$$K_{\text{см}} = 0,6x + 0,4,$$

$$K_{\text{оц}} = 0,154x + 0,846,$$

где x – алгоритм отключения цилиндров,

$$x = (i - k) / i,$$

где i – суммарное число цилиндров за период, k – число отключаемых цилиндров за период.

Путевой расход топлива автомобиля в городском цикле движения находится по формулам, л/100 км:

• без отключения цилиндров
 $Q_{\text{сг}} = 100 Q_{\text{л}} / S_{\text{г}} = 100 (Q_{\text{лх}} + Q_{\text{п}} + Q_{\text{г}} + Q_{\text{с}} + Q_{\text{сх}}) / (S_{\text{п}} + S_{\text{г}} + S_{\text{с}} + S_{\text{сх}})$,
 так как $S_{\text{г}} = \text{const}$, то

• с отключением цилиндров по различным алгоритмам

$$Q_{\text{сг}i} = K_{\text{оц}i} Q_{\text{сг}}$$

где $S_{\text{г}}$ – путь, пройденный за время составляющих цикла, м.

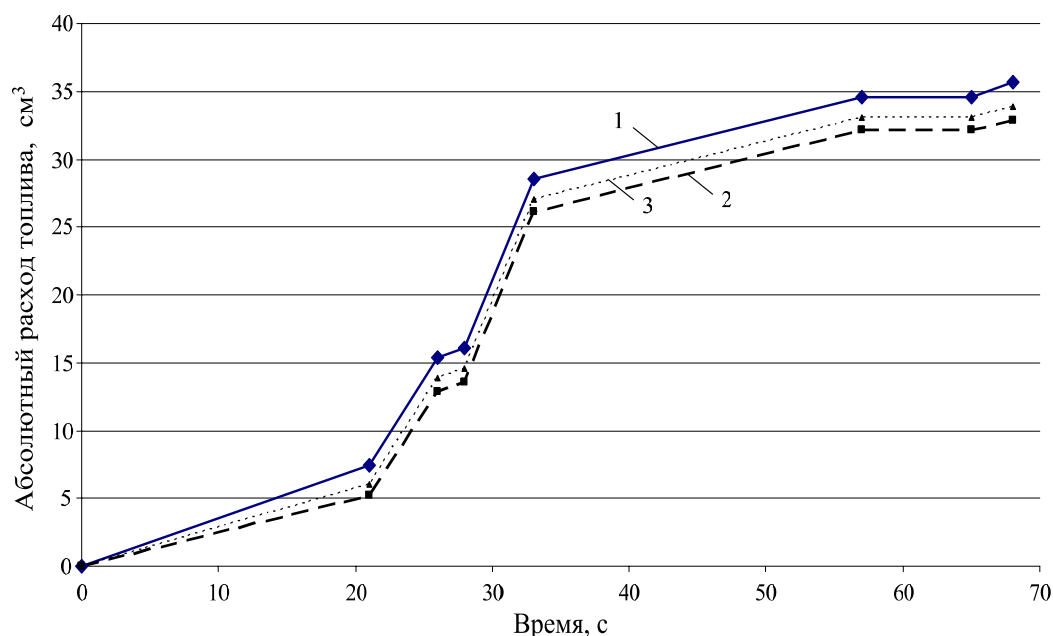


Рис. 1. Зависимость абсолютного расхода топлива от времени при стандартизованном городском цикле движения автомобиля с ОЦ двигателя на холостом ходу: 1) без ОЦ; 2) с ОЦ по алгоритму «1 через 1»; 3) с ОЦ по алгоритму «1 через 2»

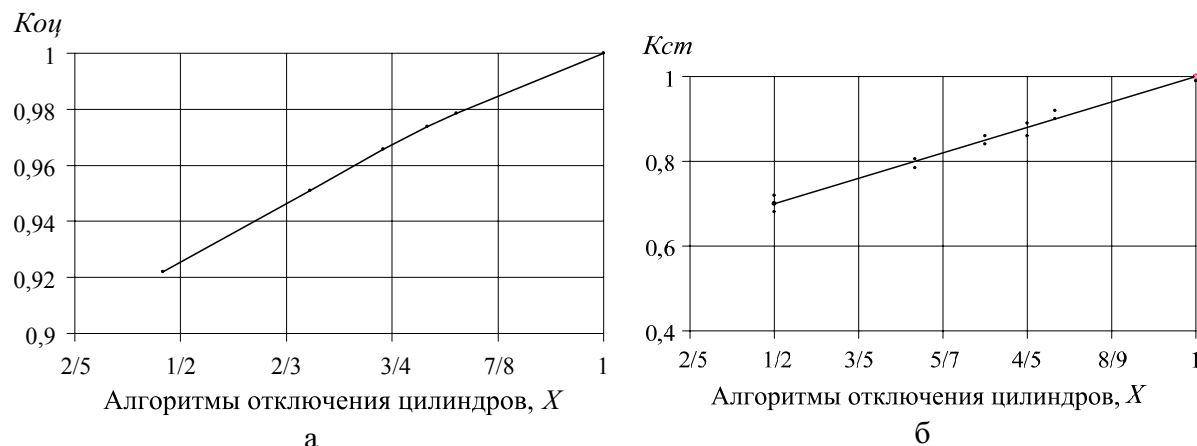


Рис. 2. Зависимости коэффициентов $K_{\text{оц}}$ (а) и $K_{\text{см}}$ (б) от алгоритма ОЦ

Путь, пройденный за время режима работы автомобиля по составляющим цикла можно определить, м:

- холостой ход

$$S_{xx}=0,$$

- разгон

$$S_p = j_p \tau_p^2 / 2,$$

- переключение передачи

$$S_{nn} = \tau_{nn} V_{nn} / 3,6,$$

- постоянная скорость

$$S_y = \tau_y V_y / 3,6,$$

- замедление с включенным сцеплением

$$S_3 = j_3 \tau_3^2 / 2,$$

- замедление с выключенным сцеплением

$$S_{3c} = j_{3c} \tau_{3c}^2 / 2,$$

где j_3 и j_{3c} — ускорения замедления автомобиля с включенным и выключенным сцеплением, м/с², V_{nn} и V_y — средние скорости движения автомобиля при переключении передач и установившемся режиме, м/с.

На рис. 3 представлена зависимость путевого расхода топлива автомобиля ГАЗ-3110 в городских условиях эксплуатации от алгоритма ОЦ двигателя на холостом ходу.

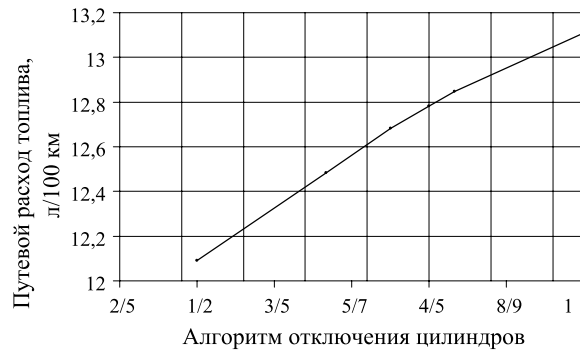


Рис. 3. Зависимость Q_{3c} от алгоритма ОЦ

Цикловой расход топлива автомобиля отличается от эксплуатационного на величину неучтенных расходов топлива, не связанных с движением автомобиля. Доля таких режимов особенно ощутима для автомобилей-такси, работающих в зимнее время года в городе (для поддержания комфортной для человека температуры воздуха в салоне автомобиля).

В этой связи абсолютный эксплуатационный расход топлива Q_3 определяется, см³:

$$Q_3 = Q_u + Q_{cm},$$

где Q_{cm} — абсолютный расход топлива во время стоянок, см³.

Абсолютный расход топлива на стоянках Q_{cm} определяется, см³:

$$Q_{cm} = G_{bxx} \tau_{cm} / 3,6 \rho_m,$$

где τ_{cm} — общее время стоянок с работающим двигателем, с.

Эксплуатационный расход топлива автомобиля с учетом ОЦ двигателя на холостом ходу будет равен, см³:

$$Q_{30} = K_{oc} Q_u + K_{cm} Q_{cm}.$$

На практике в условиях автотранспортных предприятий для учета потребления ГСМ используется нормативный расход топлива.

В общем случае нормативный расход топлива Q_n зависит от базовой нормы расхода топлива автомобиля, выполняемой им работы и условий эксплуатации. Норма расхода топлива автомобиля-такси за смену с применением ОЦ двигателя на холостом ходу в зимний период времени с длительными стоянками будет находиться из выражения, л:

$$Q_n = 0,01 K_{oc} H_b L (1 + 0,01 D) + K_{cm} Q_{bxx},$$

где H_b — базовая норма, л/100 км, L — пробег автомобиля за смену, км, D — поправочный коэффициент (суммарная относительная надбавка или снижение) к норме, %, Q_{bxx} — расход топлива за время непроизводительных стоянок, л.

Базовая (линейная) норма расхода топлива H_b устанавливается для каждой модели эксплуатируемых автомобилей при стандартизованных условиях движения. Для учета реальных условий эксплуатации относительно стандартизованных, норма корректируется с помощью поправочного коэффициента:

$$D = \sum_0^i K_i,$$

где K_i — коэффициенты, учитывающие отличия реальных условий эксплуатации от стандартизованных, % (например, согласно [4]: $K_1=15$ — для Красноярского края в зимнее время года, $K_2=15$ — для г. Красноярска, и другие).

Дифференцированную оценку поправочного коэффициента от температуры воздуха к линейной норме расхода топлива, согласно результатам исследований [5], можно найти, %:

$$K_t = (1 - (1,045 - 0,003t))100,$$

где t — температура воздуха, °С.

Расход топлива во время длительных остановок в ожидании пассажиров с работающим двигателем находится, л:

$$Q_{bxx} = G_{bxx} \tau_{cm}^{обш} \delta / \rho_m,$$

где G_{bxx} — часовой расход топлива на холостом ходу, кг/ч, $\tau_{cm}^{обш}$ — общее время стоянок за смену, ч, ρ_m — плотность топлива, г/см³, δ — доля времени стоянок автомобиля с работающим двигателем:

$$\delta = \tau_{cm} / \tau_{cm}^{обш}.$$

Доля времени стоянок автомобиля-такси с работающим двигателем δ от общего времени стоянок $\tau_{cm}^{обш}$ зависит от температуры воздуха и марки автомобиля. Зависимость δ от t для автомобиля ГАЗ-3110, согласно экспертным оценкам, представлена на рис. 4. Полученная зависимость с достаточной точностью описывается уравнением:

$$\delta = (15 - t) / 45.$$

На рис. 5 представлены расчетные зависимости нормы расхода топлива за смену автомобилем-такси (ГАЗ-3110) в городе от температуры окружающей среды с различными алгоритмами ОЦ двигателя на холостом ходу. Отсюда следует, что:

- разработанная методика позволяет уменьшить норму расхода топлива автомобиля-такси в зимний период года относительно нормы полученной по руководящему документу (на 4...8 %);
- применение ОЦ двигателя на холостом ходу снижает норму расхода топлива автомобиля-такси на 11...13 %, причем с понижением температуры воздуха эффект увеличивается.

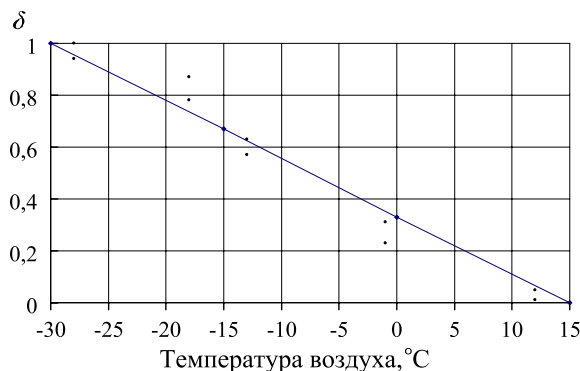


Рис. 4. Доля времени стоянок автомобиля-такси с работающим двигателем от температуры окружающей среды

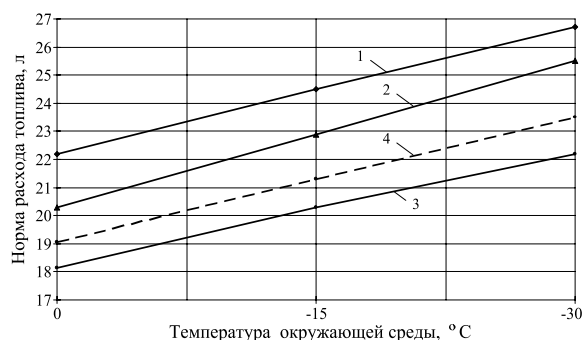


Рис. 5. Зависимость нормативного расхода топлива автомобиля ГАЗ-3110 от температуры воздуха и алгоритма ОЦ двигателя: 1) по руководящему документу без ОЦ; 2) по предлагаемой методике без ОЦ; 3) с ОЦ по алгоритму «1 через 1»; 4) с ОЦ по алгоритму «1 через 2»

Применение предлагаемой методики нормирования расхода топлива и метода ОЦ двигателя на холостом ходу позволило таксомоторному предприятию ООО «Авангард» сберечь более 3,5 тыс. р на 1 автомобиль за декабрь 2007 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аринин И.Н. Техническая эксплуатация автомобилей. — Ростов н/Д.: Феникс, 2004. — 320 с.
2. Пат. 2227838 РФ. МПК⁷ F02D 17/04. Способ управления двигателем внутреннего сгорания с отключаемыми цилиндрами / А.А. Мартынов, Ю.В. Краснобаев, В.А. Зеер. КГТУ. Заявлено 19.06.2002; Опубл. 27.04.2004, Бюл. № 12. — 6 с.: ил.
3. ГОСТ 20306—90. Автотранспортные средства. Топливная экономичность. Методы испытаний. — М.: Изд-во стандартов, 1991. — 32 с.
4. Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте. Руководящий документ Р 3112194-0366-03. — М.: Минтранс России, 2004. — 80 с.
5. Говорущенко Н.Я. Экономия топлива и снижение токсичности на автомобильном транспорте. — М.: Транспорт, 1990. — 135 с.

Поступила 19.02.2008 г.

УДК 621.311

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ГАЗОВЫХ ТУРБИН НА ТЭС ДЛЯ ПРИВОДА СОБСТВЕННЫХ НУЖД

Н.Н. Галашов

Томский политехнический университет
E-mail: gal@tpu.ru

Показаны условия эффективности замены электропривода механизмов собственных нужд ТЭС газовыми турбинами. Определено влияние на экономический эффект тепловых и стоимостных показателей газовых турбин и стоимости электроэнергии и топлива. Приведены уравнения, позволяющие при проектировании ТЭС определить экономическую целесообразность замены электропривода ряда механизмов собственных нужд газовыми турбинами.

Большинство механизмов собственных нужд ТЭС и АЭС в качестве привода имеют асинхронные электродвигатели. Основным недостатком такого электропривода является постоянное число оборотов, что затрудняет регулирование производительности механизмов и приводит к перерасходу мощности на собственные нужды электростанции в переменных режимах.

В настоящее время на мощных энергоблоках для привода питательных насосов эффективнее электропривода показал себя паровой турбопривод [1]. Имея много достоинств, паровой турбопривод имеет и недостатки, главным из которых является сложность пуска и обслуживания.

Достоинства, которые дает паровой турбопривод, обеспечивает также газовая турбина, но она