

УДК 629.113.002.3.004.

С.А. Горожанкин, профессор, д-р техн. наук,

Н.В. Савенков, магистр

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, г. Макеевка, Украина

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ТОПЛИВНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ АВТОМОБИЛЯ С БЕССТУПЕНЧАТОЙ ТРАНСМИССИЕЙ

Разработан метод расчета путевого расхода топлива автомобиля при заданном законе регулирования двигателя и оснащённого бесступенчатой трансмиссией. Это позволяет получить относительное увеличение топливной экономичности по сравнению с применением ступенчатых КПП и определить функции передаточного числа вариатора при различных условиях движения.

Ключевые слова: *двигатель внутреннего сгорания, коэффициент нагрузки, частота вращения, эффективная мощность, вариатор, передаточное число, путевой расход топлива.*

Постановка проблемы. Известно, что процесс движения автомобиля определяется мощностным балансом – равенством в каждый момент времени эффективной мощности двигателя сумме мощностей сил сопротивления движению с учётом КПД трансмиссии и ходовой части [1].

Для ДВС развиваемая эффективная мощность характеризуется нагрузкой и частотой вращения [2]. При различном сочетании угловой скорости коленчатого вала и коэффициента нагрузки, представляющего отношение эффективной мощности двигателя к максимально возможной при данной скорости вращения, эффективный КПД ДВС и запас его мощности существенно различаются.

Если автомобиль оснащён ступенчатой коробкой передач, то частота вращения коленчатого вала двигателя будет изменяться пропорционально скорости движения транспортного средства на каждой передаче, что обусловлено наличием только нескольких фиксированных передаточных отношений. В данном случае управлять мощностью ДВС удаётся лишь только изменением его нагрузки. Для автомобилей с бесступенчатыми трансмиссиями становится возможным в определённых пределах управлять нагрузкой и частотой вращения двигателя при постоянной мощности на двигателях.

Таким образом, характерная для бесступенчатой трансмиссии, степень свободы в выборе значений параметров регулирования ДВС, при постоянной эффективной мощности, обуславливает возможность создания алгоритмов управления двигателем и вариатором при обеспечении максимального эффективного КПД ДВС.

Анализ последних исследований. В настоящее время, в период развития и широкого распространения автомобилей с бесступенчатыми трансмиссиями, ведутся всесторонние исследования по созданию алгоритмов их оптимального регулирования. Предложен метод оптимизации функций изменений параметров регулирования двигателя внутреннего сгорания по критерию максимального эффективного КПД [3].

Цель статьи. В работе ставилась основная цель: выполнить систематическое исследование относительного влияния на топливную экономичность автомобиля применения бесступенчатой трансмиссии, обеспечивающей работу ДВС при минимальном удельном расходе топлива [3] и получить соответствующую зависимость регулирования вариатора. Достижение поставленных целей обеспечивается решением следующих задач: 1) создать математическую модель движения автомобиля с бесступенчатой трансмиссией, двигатель которого работает при максимальном эффективном КПД, характерном для каждого значения диапазона мощности, 2) реализовать математическую модель в программной среде, 3) выбрать для исследования параметры конкретного автомобиля, 4) получить характеристику относительной экономичности по сравнению с применением ступенчатой КПП, 5) определить соответствующие зависимости регулирования вариатора.

Материалы и результаты исследования. Многопараметровая диаграмма ДВС с функцией оптимального регулирования «1» приведена на рисунке 1 [3]. Эффективные характеристики –

относительная мощность $\frac{N_e(n)}{N_{e\max}(n)}$, КПД η , крутящий момент $\frac{M_e(n)}{M_{e\max}(n)}$ приведены в координатах коэффициента нагрузки и частоты вращения. Поверхности построены на основании экспериментальных данных для ДВС ЗМЗ-402.10, автомобиля ГАЗ 3302, выбранного в качестве примера.

Зависимости 1 и 2 (функция «1» на рисунке 1) обуславливают такой режим работы ДВС (в частности ЗМЗ-402.10), при котором каждому значению развиваемой эффективной мощности соответствует максимальный эффективный КПД, что обеспечивает наименьший путевой расход топлива автомобиля.

$$k = f(N_e), \quad (1)$$

$$n = f(N_e), \quad (2)$$

$$\eta_{\max}(N_e) = f(k(N_e), n(N_e)) \quad (3)$$

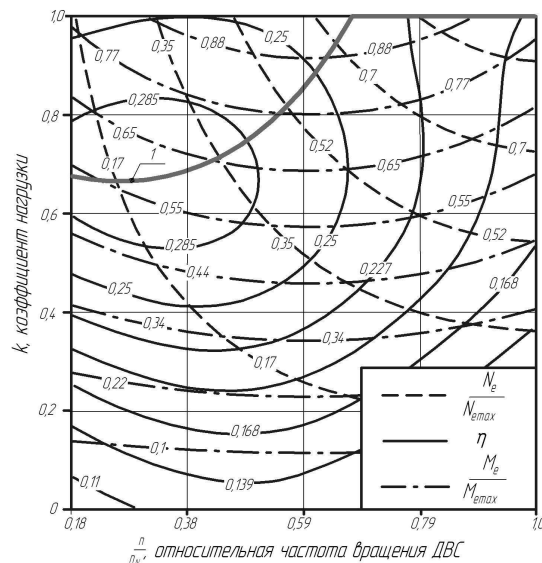


Рисунок 1 – Многопараметровая диаграмма ДВС 3М3-402 с функцией регулирования при максимальном эффективном КПД

Путевой расход топлива автотранспортным средством в процессе движения определяется зависимостью:

$$A_{\text{П}}(V, N_e) = \frac{N_e \cdot g_e(N_e)}{36 \cdot V}, \text{ кг/100км} \quad (4)$$

$$g_e(N_e) = \frac{3600}{H_u \cdot \eta_{\text{MAX}}(N_e)}, \text{ з/(кВт} \cdot \text{ч)}, \quad (5)$$

где V - скорость движения автомобиля, м/с, $g_e(N_e)$ - функция минимального удельного расхода топлива от эффективной мощности (формула 5), $\eta_{\text{MAX}}(N_e)$ - зависимость максимального эффективного КПД от эффективной мощности, определяется формулой 3, обусловленной функцией «1» регулирования двигателя, приведенной на рис. 1, H_u - низшая теплота сгорания топлива. Зависимость минимального путевого расхода топлива в виде диаграммы представлена на рисунке 2.

Функции передаточного отношения вариатора и коэффициента сопротивления дороги от скорости движения и мощности сил сопротивления движению определяется выражениями 5 и 6 соответственно:

$$i_k(V, N_e) = \frac{n(N_e) \cdot 3.14 \cdot r}{30 \cdot V \cdot i_0}, \quad (6)$$

$$\psi(V, N_e) = \frac{N_e \cdot \eta_t \cdot 1000 - V^3 \cdot k_B \cdot F}{V \cdot m_a \cdot 9.81}, \quad (7)$$

где i_0 - передаточное число главной передачи, V - скорость движения автомобиля, r - радиус качения ведущего колеса, $n(N_e)$ - зависимость частоты вращения от эффективной мощности ДВС, m_a - масса автомобиля, k_B - коэффициент сопротивления воздуха, F - лобовая площадь, η_t - КПД трансмиссии. Диаграмма функции передаточного отношения в координатах эффективной мощности и скорости движения приведена на рисунке 3.

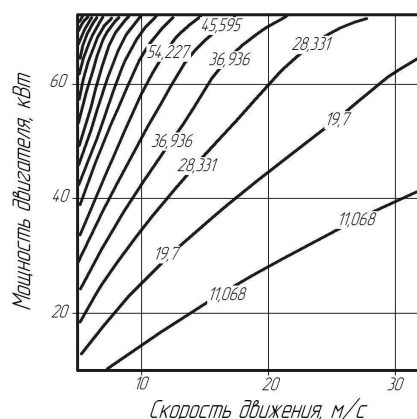


Рисунок 2 – Диаграмма минимального путевого расхода топлива

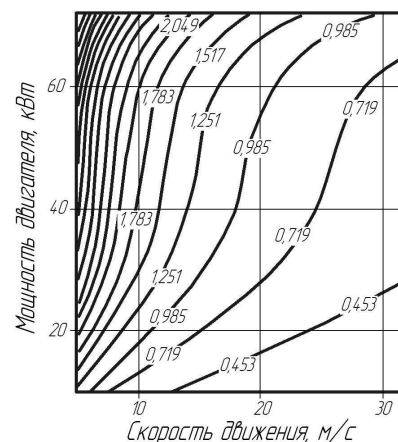


Рисунок 3 – Диаграмма передаточного отношения вариатора при минимальном путевом расходе топлива

Многопараметровая диаграмма минимального путевого расхода топлива, соответствующей функции передаточного числа вариатора и функции коэффициента сопротивления дороги приведена на рисунке 4.

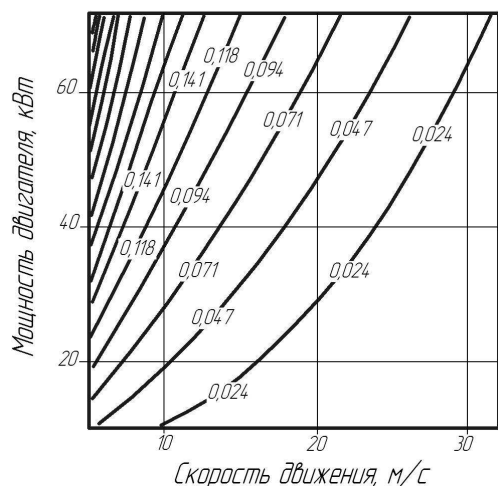


Рисунок 4 – Диаграмма коэффициента сопротивления дороги

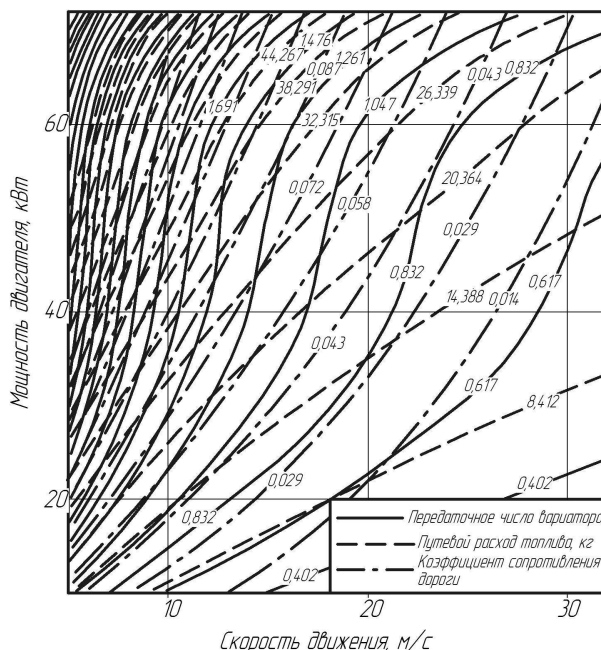


Рисунок 5 – Многопараметровая диаграмма системы автомобиль-дорога для АТС ГАЗ 3302 с бесступенчатой трансмиссией и оптимизированным управлением силового агрегата

Для рассматриваемого, в качестве примера, автомобиля со ступенчатой КПП аналогичная диаграмма для прямой передачи приведена на рисунке 6.

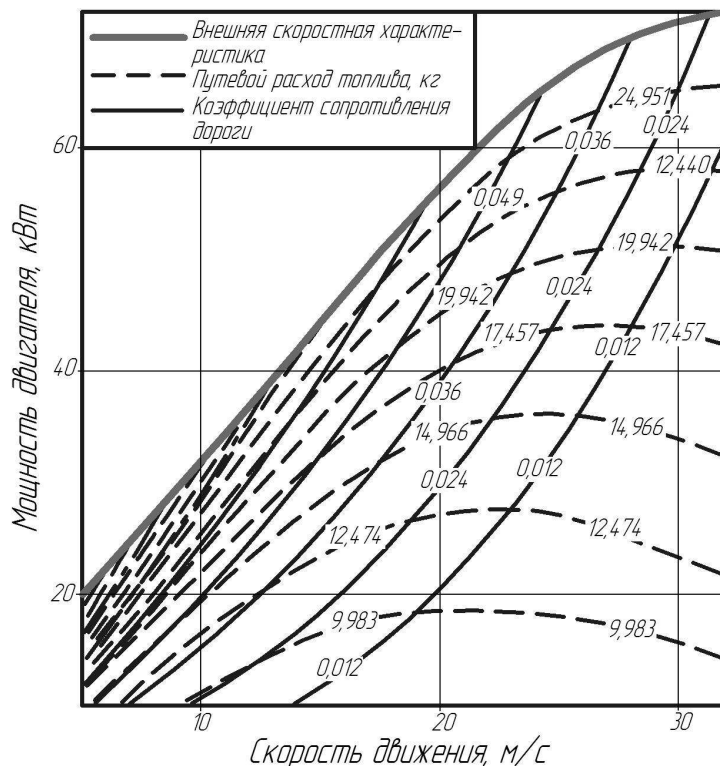


Рисунок 6 – Многопараметровая диаграмма системы автомобиль-дорога для АТС ГАЗ 3302 со стандартной ступенчатой КПП. Диаграмма приведена для прямой передачи

Таблица 1 – Относительная экономия топлива автомобиля с вариатором

V, м/с	Мощность, N_e , кВт							V, м/с	Мощность, N_e , кВт						
	10	20	30	40	50	60	70		10	20	30	40	50	60	70
I передача								III передача							
5	0,52	0,72	0,88	0,97	1	-	-	23	-	-	0,50	0,62	0,71	0,75	0,87
6	0,43	0,59	0,73	0,86	0,93	0,94	-	IV передача							
7	0,37	0,47	0,60	0,73	0,82	0,85	0,96	10	0,82	0,98	-	-	-	-	-
8	0,3	0,38	0,50	0,62	0,71	0,75	0,86	14	0,70	0,94	0,99	-	-	-	-
II передача								18	0,61	0,80	0,95	1	-	-	-
5	0,75	0,99	0,93	-	-	-	-	22	-	0,66	0,82	0,93	0,98	-	-
7	0,63	0,83	0,97	0,99	-	-	-	26	-	-	0,68	0,80	0,89	0,91	-
9	0,52	0,67	0,82	0,93	0,98	-	-	30	-	-	-	0,68	0,77	0,81	0,92
11	0,41	0,52	0,65	0,78	0,87	0,89	-	V передача							
13	0,31	0,40	0,52	0,63	0,73	0,77	0,88	14	0,75	0,99	0,92	-	-	-	-
III передача								18	0,67	0,89	0,99	0,99	-	-	-
8	0,77	1	0,88	-	-	-	-	22	-	0,77	0,93	0,99	0,99	-	-
14	0,57	0,74	0,90	0,98	-	-	-	26	-	-	0,81	0,92	0,98	-	-
20	-	0,48	0,61	0,74	0,83	0,86	-	32	-	-	-	-	0,86	0,88	-

Выводы. Результаты работы наглядным образом демонстрируют для автомобиля с бесступенчатой трансмиссией, регулируемой согласно определённой в ходе исследования зависимости, относительное снижение путевого расхода топлива при различных условиях движения, обусловленных скоростью транспортного средства и эффективной мощностью двигателя (таблица 1). Результаты исследования могут быть использованы для создания программ электронных блоков управления двигателем и автоматическими КПП, в т.ч. вариаторами.

Бibliографический список использованной литературы

1. Волков В.П. Теория эксплуатационных свойств автомобиля: учебн. пособие / В.П. Волков. — Харьков: ХНАДУ, 2003. — 292 с.
2. Вырубов Д.Н. Двигатели внутреннего сгорания: теория поршневых и комбинированных двигателей / Д.Н. Вырубов, Н.А. Иващенко, В.И. Ивин. — М.: Машиностроение, 1983. — 372 с.
3. Горожанкин С.А. Метод оптимизации режимов работы двигателя и трансмиссии в процессе ускорения автомобиля / С.А. Горожанкин, Н.В. Савенков // Вісник СХУ ім. Володимира Даля. — 2010. — № 6 (148). — С. 48–58.

Поступила в редакцию 27.04.2011 г.

Горожанкін С.А., Савенков М.В. Дослідження відносної паливної економічності автомобіля з безступінчастою трансмісією

Розроблено метод розрахунку шляхової витрати палива автомобіля при заданому законі регулювання двигуна, оснащеного безступінчастою трансмісією. Це дозволяє одержати відносне збільшення паливної економічності в порівнянні із застосуванням східчастих КПП і визначити функції передатного числа варіатора при різних умовах руху.

Ключові слова: двигун внутрішнього згоряння, навантажувальний коефіцієнт, частота обертання, ефективна потужність, варіатор, передаточне число, шляхова витрата палива.

Gorozhankin S.A., Savenkov N.V. Research on fuel efficiency for cars with continuously variable transmission

The method for calculating travel costs of fuel a car when laws regulating engine and equipped with a continuously variable transmission. This provides a relative increase in fuel economy compared with the use of speed gearbox and determine the function of the variator gear ratio for different driving conditions.

Keywords: The internal combustion engine, the load factor, speed, good power, the variator, gear ratio, track fuel consumption.