

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Благодоров А.А., Держанский В.Б. Динамика управляемого движения гусеничной машины. – Курган: Изд-во КМИ, 1995. - 162с.
Попов Е.П., Пальтов И.П. Приближенные методы исследования нелинейных автоматических систем. М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1960.
Держанский В.Б., Тараторкин И.А. Жебелев К.С. Исследование динамики управляемого движения быстроходных гусеничных машин. // Вестник ЮУрГУ, Серия «Машиностроение», Вып. 8, №11 (66), Челябинск, 2006. С. 114-121.
4. Держанский В.Б., Тараторкин И.А. Зависимость быстроходности транспортных гусеничных машин от их динамических свойств. // Транспорт Урала, №2(13), УрГУПС, Екатеринбург. 2007. С. 16-27.

621.436

ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ (АТС)

Канд. техн. наук Л.Г. ТРЕМБОВЕЛЬСКИЙ

Эффективность автомобиля, как физической машины складывается из эффективности топливно-энергетического поля двигателя и правильно подобранных характеристик путей передачи и реализации в поступательное движение автомобиля вырабатываемой двигателем энергии.

Рассматривая согласованность энергосоздающих, передающих и поглощающих систем автомобиля необходимо раскрыть причинно-следственные связи между агрегатами, системами и автомобилем в целом и на этой основе управлять согласованностью.

С этой целью предлагаются адекватные по структуре показатели:

- критерий технико-экономической эффективности автомобиля
- механический эквивалент одного килограмма топлива.

Критерий технико-экономической эффективности $K_{T-ЭЭ}$ - показатель, отражающий уровень физической эффективности автотранспортного средства.

$$K_{T-ЭЭ} = \frac{m_a \cdot V_{cp}}{G_{TSP}} \quad (1)$$

Механический эквивалент одного килограмма топлива \mathcal{E} - показатель, отражающий уровень физической эффективности двигателя автотранспортного средства.

$$\mathcal{E} = \frac{M_e \cdot \omega}{G_m} \quad (2)$$

В этих формулах:

m_a - полная масса автопоезда (автомобиля) (АТС), [т]

V_{cp} - средняя скорость движения АТС, [км/ч]

G_{TSP} - средний часовой расход топлива, [л/ч] или [кг/ч]

M_e - развиваемый двигателем эффективный крутящий момент, [Н·м]

ω - частота вращения коленчатого вала двигателя, [сек⁻¹]

Рассмотрим аналитическую зависимость связывающую эти показатели.

Вспользуемся известными соотношениями:

$$\omega = \frac{V \cdot U_m}{r_k} \quad \text{и} \quad M_e = \frac{P_m \cdot r_d}{U_m \cdot \eta_m} \quad (3)$$

В этих формулах

U_m - передаточное число трансмиссии;

η_m - коэффициент полезного действия трансмиссии;

r_k - радиус качения колеса автомобиля [м]

r_d - динамический радиус колеса автомобиля [м]

P_m - сила тяги на колесе [н]

В дальнейшем примем что $r_k = r_d$

Представим выражения (3) в (2)

$$\mathcal{E} = \frac{P_m \cdot V}{\eta_m \cdot G_m} \quad (4)$$

Используя уравнения силового баланса [1] и проведя очевидные преобразования получим:

$$\mathcal{E} = g \left(D + \frac{P_a}{m_a \cdot g} \right) \frac{K_{m-\mathcal{E}\mathcal{E}}}{\eta_m} \quad (5)$$

В этом уравнении:

D – динамический фактор автомобиля

g – ускорение свободного падения

P_a - сила сопротивления воздуха [н]

Таким образом полученное уравнение раскрывает связь эффективности автомобиля (критерий технико-экономической эффективности $K_{T-\mathcal{E}\mathcal{E}}$) и двигателя (механический эквивалент одного килограмма топлива \mathcal{E}) через основные энергопоглощающие системы автомобиля, позволяя тем самым, решать задачи согласованности, выбирать конструктивные параметры для наиболее полного использования энергетического потенциала автомобиля.

Это уравнение можно рассматривать как одну из форм уравнения движения автомобиля.

Рассмотрим ещё две формы этого уравнения, позволяющие оптимизировать с позиции энергетической согласованности различные конструктивные параметры автомобиля.

Воспользуемся уравнением силового баланса автомобиля в безразмерной форме [1]

$$D = \Psi + \frac{\delta_{ep}}{g} \cdot \frac{dv}{dt} \quad (6)$$

В этой формуле $\Psi = f \cos \alpha + \sin \alpha$ - коэффициент сопротивления дороги

f - коэффициент сопротивления качению

α - угол подъёма дороги

Подставим (6) в (5)

$$\mathcal{E} = g \left(\Psi + \frac{\delta_{ep}}{g} \cdot \frac{dv}{dt} + \frac{P_a}{m_a \cdot g} \right) \frac{K_{m-\mathcal{E}\mathcal{E}}}{\eta_m}$$

Проведя очевидные преобразования, окончательно получим:

$$\Theta = \left(\frac{g \cdot \psi}{\eta_m} + \frac{\delta_{вр}}{\eta_m} \cdot \frac{dv}{dt} + \frac{P_e}{m_a \cdot \eta_m} \right) \cdot K_{т-эз} \quad (7)$$

Решая задачи согласованности, используя уравнение (7), мы можем варьировать шинами, смазкой в трансмиссии, аэродинамикой автомобиля, передаточными числами трансмиссии.

Рассмотрим ещё один вид уравнения. Для этого обозначим

$P_n + P_v + P_f = \Sigma P_c$ - суммарная сила сопротивления движению [н]

P_n - сила сопротивления подъёму [н]

P_f - сила сопротивления качению [н]

Проведя несложные преобразования получим:

$$\Theta = \left[\frac{\Sigma P_c}{m_a \cdot \eta_m} + \frac{\delta_{вр}}{\eta_m} \cdot \frac{dv}{dt} \right] K_{т-эз} \quad (8)$$

Этой формой уравнения удобно пользоваться, когда задачи решаются экспериментально-расчётными методами, а суммарная сила сопротивления движению определяется в зависимости от скорости инерционным методом.

Решая задачи согласованности можно определить уровень составляющих суммарной силы сопротивления движению для достижения заданных показателей эффективности.

В качестве примера, иллюстрирующего применение рассмотренных уравнений для решения практической задачи рассмотрим сравнительные испытания автомобилей ЗИЛ-4331 и Форд Карго 1317 (ФРГ) имевший лучшие показатели топливной экономичности и лучшие показатели тягово-скоростных свойств.

В табл. 1 приведена краткая техническая характеристика указанных автомобилей.

Таблица 1

Техническая характеристика грузовых автомобилей.

модель / параметр	Форд-Карго 1317	ЗИЛ-4331
1	2	3
Страна - изготовитель	Германия	Россия
Тип автомобиля	грузовой бортовой	грузовой бортовой
Колёсная формула	4 x 2	4 x 2
Двигатель	Deutz <i>F6L-413F</i>	ЗИЛ-645
Тип двигателя	V-образный дизельный	V-образный дизельный
Число цилиндров	6	8
Рабочий объём л	9,57	8,74
Номинальная мощность кВт (л.с)	130 (177,0)	136,7 (186)
при частоте вращения мин ⁻¹	2500	2800
Максимальный кру- тящий момент НМ(кгм) при частоте вращения мин ⁻¹	613 (62,5) 1500	537,5 (54,8) 1400
Грузоподъёмность	6000	6000
Полная масса кг	12000	12000
Удельная мощ- ность кВт/т, (лс/т)	10,8 (14,7)	11,4 (15,5)

Значения критерия технико-экономической эффективности этих автомобилей при различных скоростях установившегося движения приведены в табл. 2

Таблица 2

Значения критерия технико-экономической эффективности.

Скорость установившегося движения км/ч	К _{т-ээ} , (гкм/л)	
	Автомобиль	
	Форд-Карго 1317	ЗИЛ-433100
1	2	3
30	116,5	81,6
40	107,1	78,9
50	96,0	72,3
60	85,7	65,2
70	75,5	58,8
80	64,9	52,4
90	55,8	46,3
Осреднённое значение крите- рия в интервалах скоростей 30 - 90 км/ч	88,2	68,4
и 30 - 100км/ч	81,6	65,2

Топливная экономичность, производительность и скоростные свойства отражаются значением критерия технико-экономической эффективности, поэтому выбор значения этого критерия должен основываться на информации об автомобилях конкурентах. Учитывая условия эксплуатации создаваемого или модернизируемого автомобиля, возможности двигателестроения, уровня шин по сопротивлению качению, имеющихся в распоряжении отечественной промышленности и т.д., значения критерия могут назначаться исходя из реальных возможностей. Задача формулировалась следующим образом:

- задавшись значениями $K_{т-э}$ построить требуемое топливно-энергетическое поле двигателя, приняв характеристики основных энергопередающих систем автомобиля, соответствующим возможностям производства.

Решение задачи базируется на установившемся движении АТС, а также силовом и топливном балансах автомобилей ЗИЛ-4331 и Форд-Карго 1317.

На рис.1 представлено рекомендуемое топливно-энергетическое поле двигателя для автомобиля ЗИЛ-4331.

Точки топливно-энергетического поля двигателя в которых определены значения механического эквивалента и удельного расхода топлива соответствуют загрузке двигателя при движении по эталонной (динамометрической) дороге в различных весовых состояниях.

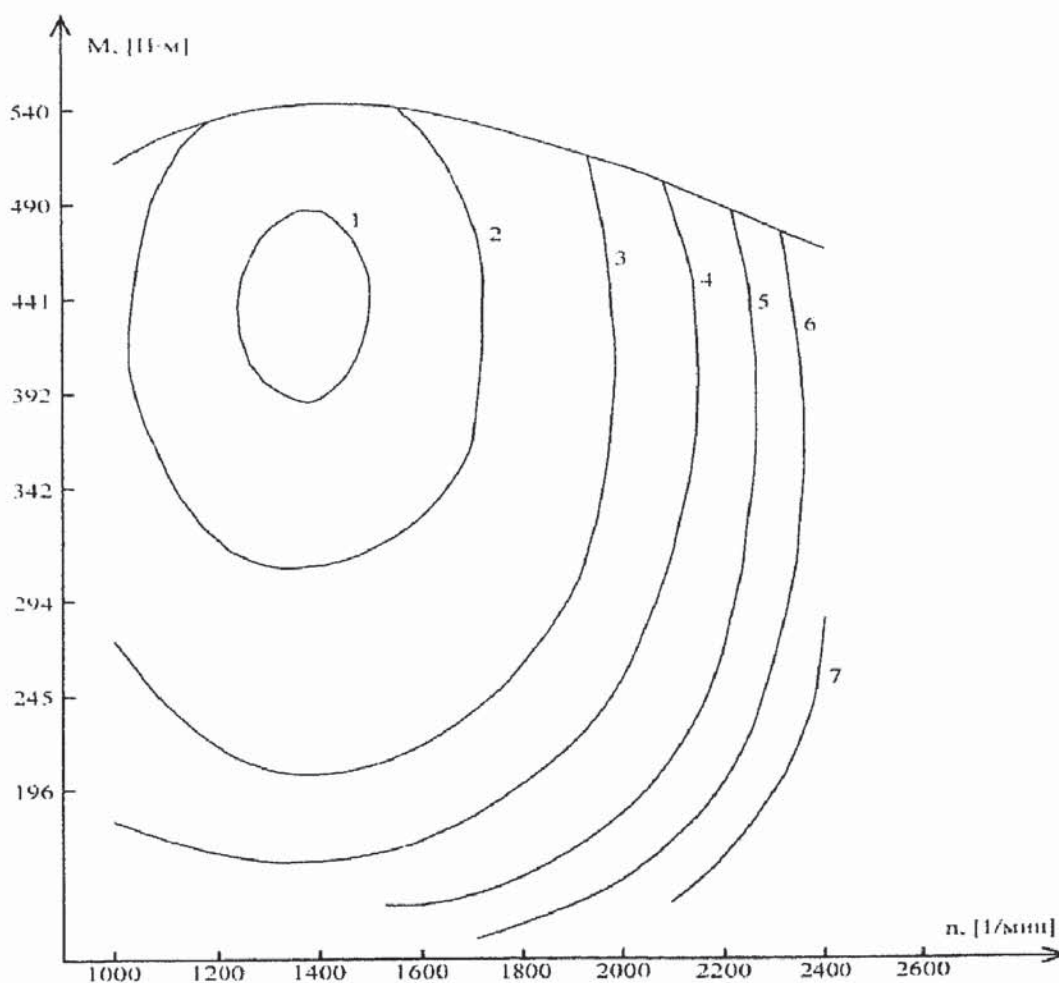


Рис. 1.
Рекомендуемое топливно-энергетическое поле для ЗИЛ-4331
(автомобильная комплектность)

- 1 - $g_e=210$ г/кВт·ч
- 2 - $g_e=217$ г/кВт·ч
- 3 - $g_e=231,2$ г/кВт·ч
- 4 - $g_e=245$ г/кВт·ч
- 5 - $g_e=258$ г/кВт·ч
- 6 - $g_e=272$ г/кВт·ч
- 7 - $g_e=285$ г/кВт·ч

Расчёты показывают, что при рекомендуемом топливно-энергетическом поле двигателя и применением шин с коэффициентом сопротивления качению $f_0=0,006$ (шины ЕХ 12) расход топлива у автомобиля без прицепа при скорости установившегося движения 60 км/ч составит 14,6 л/100км, что на 20% превосходит аналогичный показатель автомобиля ЗИЛ-4331.

Для проверки этих рекомендаций были построены опытные образцы автомобилей ЗИЛ-4331, оборудованных двигателями КАМАЗ-740 и ЗИЛ-645 с турбонаддувом, которые по показателям топливно-энергетического поля наиболее близки рекомендациям.

При движении по дороге с переменным продольным профилем автопоезда полной массы 23,5 т при средней скорости движения 65,5 км/ч к аналогу Форд Карго 1317 по значениям $K_{т-э}$ наиболее близко подошли опытные автомобили, оборудованные главной передачей с $U_0=4,75$.

У опытных автомобилей значения критерия составляют 71,9 ткм/л (ЗИЛ-645 с турбонаддувом) и 73,2 ткм/л (КамАЗ-740) против 78,6 ткм/л у аналога.

Таким образом, в техническое задание на новый или модернизируемый автомобиль может быть предложен паспорт двигателя с требуемыми характеристиками, который в сочетании с другими определёнными параметрами автомобиля обеспечит заданное значение $K_{т-э}$.

Используя уравнения (5), (7) и (8), можно проводить маркетинговые исследования интересующей ниши автомобильного рынка, включая элементы инженерного прогнозирования основных конструктивных параметров автомобиля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.С. Литвинов "Теория эксплуатационных свойств автотранспортных средств" МАДИ, М.1978 г.
2. Л.Г. Трёмбовельский "Показатель энергетической согласованности узлов и систем АТС" Автомобильная промышленность №8 2006 г.
3. Л.Г. Трёмбовельский, Г.М. Борисов "Формализация топливно-энергетического поля двигателя внутреннего сгорания" АМО ЗИЛ-МГИУ: производство, образование, наука-проблемы и перспективы. М. 1998 г. Сборник научных трудов