



LAIS

TRANSPORTO INŽINERIJA IR VADYBA

15-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „MOKSLAS – LIETUVOS ATEITIS“ straipsnių rinkinys, 2012 m. gegužės 4 d., Vilnius, Lietuva

TRANSPORT ENGINEERING AND MANAGEMENT

Proceedings of the 15th Conference for Lithuania Junior Researchers SCIENCE – FUTURE OF LITHUANIA, 4 May 2012 Vilnius, Lithuania

ИНЖЕНЕРИЯ ТРАНСПОРТА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК

Сборник статей 15-ой конференции молодых ученых Литвы «НАУКА – БУДУЩЕЕ ЛИТВЫ», 4 мая 2012 г., Вильнюс, Литва

ВЛИЯНИЕ ПЕРЕМЕННОГО РАДИУСА ДОРОЖНОГО ЗАКРУГЛЕНИЯ И ШИРИНЫ ПРОЕЗЖЕЙ ЧАСТИ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА РАСХОД ТОПЛИВА АВТОМОБИЛЕМ

Андрей Белятынский, Ирина Клименко

*Национальный авиационный университет, Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Эл. почта: beljatynskij@mail.ru; kirak76@mail.ru*

Аннотация. В статье рассмотрена проблема экономии энергоресурсов при реконструкции автомобильных дорог. Установлено влияние ширины проезжей части на расход топлива автомобилем.

Ключевые слова: реконструкция, расход топлива, ширина проезжей части, переменный радиус, дорожное закругление, скорость движения.

Актуальность темы

Увеличение количества автомобилей и повышение скорости движения приводит к существенному увеличению интенсивности движения на дорогах. Для улучшения технического состояния дорог возникает необходимость в их реконструкции. Важным аспектом является использование существующих дорог, повышение безопасности движения, соблюдение требований по охране окружающей среды, экономия топлива и других топливно-технических ресурсов, а также условия для дальнейшего развития реконструируемых дорог.

Реконструкция автомобильных дорог – одна из приоритетных тем подготовки Украины к Евро-2012. Для повышения технического состояния автомобильных дорог возникает необходимость в их реконструкции. Энергосберегающая политика должна рассматриваться как совокупность действий, которые соответствуют национальным интересам Украины.

В современных экономических условиях для Украины реконструкцию автомобильных дорог необходимо проводить, учитывая аспекты энергосбережения. Задачей экономии энергоресурсов в дорожном строительстве является экономия нефтепродуктов и улучшение экологического состояния окружающей среды. Одновременно с мероприятиями по разработке законодательства в части регламентирования норм платы за отвод земель для автомобильных дорог и пересмотром проектной нормативной базы, необхо-

димо совершенствовать методы и технологию проектирования реконструкции дорог. При реконструкции автомобильных дорог значительное внимание должно уделяться реконструкции дорожных закруглений. На дорогах, которые построены по старым нормативами, переходные кривые чаще всего отсутствуют. Поэтому возникает проблема относительно их вписывания. Около 30 % пути автомобиля по дорогам с твердым покрытием составляют именно дорожные закругления (Белятынский, Таранов 1981).

Обеспечить рациональное использование топливно-энергетических ресурсов возможно путем осуществления комплекса технических, социальных, организационных и экономических мероприятий. Расчет затрат топлива необходим не только при анализе экологического качества дороги, но и для оценки важных транспортно-эксплуатационных качеств автомобильной дороги по технико-экономическим показателям, для денежной оценки расходов на перевозки.

Решение проблемы

Расчет затраты горючего одиночных автотранспортных средств возможно проводить по данным характеристик двигателей. Ниже приведена зависимость расходов горючего от скорости движения автомобилей (Фортуна, Домбровский 1990):

$$F_j = a + bV_a + cV_a^2 + dV_a^3, \text{ л/км} \quad (1)$$

Значение коэффициентов регрессии a , b , c , d разные для значений пробеговых расходов горючего разных групп бензиновых автотранспортных средств.

Весомым фактором, который влияет на расход топлива автомобилем при проезде по криволинейным участкам есть ширина проезжей части $Q = f(B)$. Известно, что для разных категорий автомобильных дорог ширина проезжей части имеет такие значения (Маяк 1990): 7,5 м, 7,0 м, 6,0 м, 4,5 м.

Главным эксплуатационным фактором, который влияет на затрату топлива автомобилем является скорость движения. Влияние скорости движения автомобиля на эффективность использования топлива в реальных условиях транспортного процесса при одинаковой средней величине является существенным.

Скорость движения автомобиля на прямом участке рассчитывается по эмпирической формуле:

$$v = \frac{B - a - c}{0,04}, \quad (2)$$

где B – ширина проезжей части, м; a – ширина кузова автомобиля, м; c – ширина колес, м.

Для автомобильной дороги третьей категории для грузового автомобиля с шириной кузова 2 500 см и шириной колес 1 800 см скорость движения будет составлять 67,5 км/час, соответственно для автомобильной дороги четвертой категории – 42,5 км/час.

Трассу автомобильной дороги можно условно разделить на прямолинейные и криволинейные участки. Характер движения автомобиля и, соответственно, действий водителя на этих участках существенно отличаются. Если движение по прямой осуществляется без влияния центробежной силы, то на криволинейных участках это влияние может значительным образом корректировать характер движения. Принято считать, что прямолинейные участки необходимо трассировать по прямой линии, а криволинейные – по дуге окружности. На переходе от прямой к дуге окружности происходит прыжок центробежного ускорения, и, следовательно, прыжок центробежной силы. Его сглаживают с помощью переходной кривой, длину которой нормируют именно из условия скорости нарастания центробежного ускорения. В развернутом виде затрата горючего Q_2 , в л/100 км, на i -х участках переходной кривой определенной длины рассчитывается (Клименко 2001):

$$Q_2 = \kappa \frac{1}{10^4} A \sum_{i=1}^n B(C + D(F + \frac{E}{\rho_i} + \frac{G}{\rho_i^2} + H) + P_{ax} r_{d_2} + M_{f_2}), \quad (3)$$

где ρ_i – переменный радиус кривой; κ – коэффициент, который учитывает движение автомобиля на подъеме или спуске; U_{mp} – общее передаточное число трансмиссии автомобиля; g_{ox}' – удельная оборотная затрата горючего на холостом ходу за 1 оборот коленчатого вала двигателя, отнесенная к 1 л объема цилиндров г/об л; V_h – литраж двигателя, в л; ν – коэффициент, что характеризует интенсивность изменения вращательной затраты в зависимости от

крутящегося момента, г/кГм об; Ma – суммарный вращательный момент; r_k – радиус кочения ведущих колес, м; ρ_m – плотность топлива, г/см³; η_{mp} – общий КПД трансмиссии автомобиля; P_{ax} – сила, приведенная к центру масс автомобиля, Н; r_{d_2} – динамический радиус колес, с; M_c – суммарный момент сопротивления, м/с²; g – ускорение свободного падения, м/с²; L – межосевое расстояние, м; G_a – сила тяжести авто, Н; V_a – скорость движения автомобиля, м/с; δ_1 – угол увода колес; Θ_1 – средний угол поворота управляемых колес; x_0 – смещение центра поворота колес, м.

На участке закругления от начала кривой до точки, в которой переменный радиус равняется 600 м при скорости движения от 60 км/час до 80 км/час расчет расхода топлива ведется как при прямолинейном движении:

$$Q_1 = 70.02 - 1.988V + 0.0241V^2. \quad (4)$$

Затраты горючего на кривых с переменным радиусом рассчитываются по системе уравнений:

$$Q = \begin{cases} Q_1, & \infty \leq \rho \leq 600, \\ Q_2, & 600 \leq \rho \leq R_k, \end{cases} \quad (5)$$

где R_k – конечный радиус переходной кривой.

$$A = \frac{15,9U_{mp}}{\rho_m}; \quad B = \frac{1}{r_k}; \quad C = g'_{ox} \cdot V_h; \quad D = \frac{\nu \cdot r_{d_2}}{U_{mp} \cdot \eta_{mp}};$$

$$E = \frac{M_c \cdot g \cdot L + G_a \cdot V_a^2 \cdot b \cdot (tg\delta_1 - tg\delta_2)}{g \cdot L};$$

$$F = P_{f_1} \cos \Theta_1 (1 + tg^2 \Theta_1); \quad G = \frac{G_a V_a^2 \cdot L \cdot x_0}{g \cdot L};$$

$$H = \frac{M_c (tg\delta_1 - tg\delta_2)}{L}.$$

Основными факторами, которые нужно выделить относительно оценки влияния на затрату горючего автомобилем, который движется по кривой, является скорость движения автомобиля и радиус дорожного закруглявшего. Для описания этого процесса, то есть для расчета затраты горючего при криволинейном движении автомобиля, был полученный полином второй степени, которая описывает затрату горючего автомобилем при использовании симплекс-суммируемого плана для двух факторов. Расход топлива при проезде автомобилем по кривым типа кадиоида и клоотоида рассчитывается по формулам (6) и (7):

$$Q = \int_{S=a}^L (1,85 \cdot 10^{-5} \left(\frac{RE^3}{S^2(3L-2S)} \right)^2 - 0,067v^2 -$$

$$\frac{RL^3}{S^2(3L-2S)} \left(1,62 \cdot 10^{-5}v - \right) + 6,77v - 119,07) dS, \quad (6)$$

$$Q = \int_{S=a}^L (1,85 \cdot 10^{-5} \left(\frac{RL}{S} \right)^2 - 0,067v^2 - \frac{RL}{S} (1,62 \cdot 10^{-5}v - 0,033)) + 6,77v - 119,07) dS, \quad (7)$$

где a – расстояние, на котором переменный радиус 600 м, R – радиус кривой, м; L – длина кривой, м.

При криволинейном движении автомобиля затрата горючего зависит от ширины проезжей части и от радиуса кривой.

На затрата горючего автомобилем влияет ширина проезжей части в определенных границах, а именно до 7 метров.

Экспериментальные исследования влияния ширины проезжей части на затрата горючего автомобилем проводились для грузового автомобиля при проезде по дорожному закругляет с переходными кривыми типа кадиоида и клотоида. Ширина проезжей части была постоянной величиной, а соответственно радиус кривой – переменной.

При оптимальных с точки зрения затраты топлива автомобилем скоростях движения были рассчитанные величины ширины проезжей части – 6.1 м и 6.3 м (Holtermann *et al.* 1981). Ширина проезжей части, которая имеет значение до 6 м, например 4.5 м, не является эффективной с точки зрения экономии горючего. Если ширина проезжей части имеет значение больше чем 6.5 м, то она существенно не влияет на затрата горючего автомобилем при проезде по дорожному закруглению. Но с точки зрения безопасности дорожного движения на автомобильных дорогах нужно иметь величину ширины проезжей части, больше 6–7 м или 7.5 м.

Таблица 1. Зависимости затрат горючего автомобилем при угле поворота трассы 0.26 радиан при увеличении ширины проезжей части от 6м. до 6.5 м

Условия движения	Тип кривой	
	Клотоида	Кадиоида
$R = 600$ м	$Q = 0,15B + 0,7$	$Q = 0,13B + 0,7$
$R = 500$ м	$Q = 0,127B + 0,1$	$Q = 0,11B + 0,6$
$R = 400$ м	$Q = 0,10B + 0,5$	$Q = 0,09B + 0,5$
$R = 300$ м	$Q = 0,06B + 0,4$	$Q = 0,07B + 0,4$
$R = 200$ м	$Q = 0,05B + 0,3$	$Q = 0,05B + 0,3$

При увеличении угла поворота трассы до 0.52 радиан увеличивается и коэффициент около переменной ширины проезжей части, которая сви-

детельствует об увеличении влияния значения скорости ширины проезжей части на затрата горючего при увеличении угла поворота трассы.

Аналогично были установлены зависимости затрат топлива автомобилем при угле поворота трассы 0.52–1.78 рад. при увеличении ширины проезжей части от 6 м до 6.5 м.

С увеличением величины ширины проезжей части автомобильной дороги при фиксированном значении радиуса кривой и угла поворота трассы на криволинейных участках наблюдается увеличение величины затраты топлива автомобилем. На участках кадиоиды и клотоиды были проведены исследования по затрата горючего автомобилями при разных значениях ширины проезжей части. Пример показан на рисунке 1.

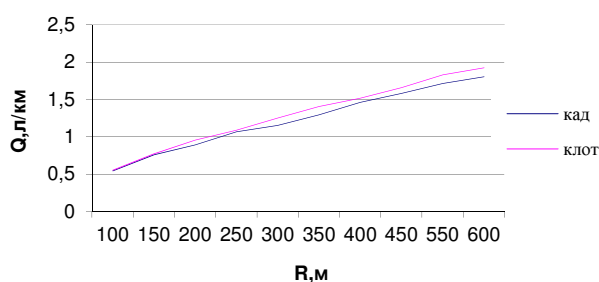


Рис. 1. Зависимость затрат горючего автомобилем от радиуса поворота трассы при ширине проезжей части 6.3 м и угле поворота 1.57 рад

Выводы

Установлено, что при увеличении ширины проезжей части и радиуса кривой затрата топлива на клотоиде значительно превышает затрата топлива автомобилем при проезде по кадиоиде. Установлено, что ширина проезжей части, которая имеет значение менее 7 м влияет на затрата топлива, а после этого значения она существенно не влияет на затрата топлива. С точки зрения безопасности движения автомобиля рациональной является ширина проезжей части, которая имеет значение больше чем 7 м.

Литература

- Badania wybranych parametrow wspolpracy kolo ogumionego z nawierzcznia. 1982. Szymaniak G., Tarkowsky P., Wojtowicz S. *Pr. Just. technol i eksploft masz Plubel* 7: 81–91.
- Holtermann, O.; Maier, W.; Schreek, H. 1981. Fuel consumption and gearbox performance in commercial vehicles. *Proc. Int. Symp. Gear. and Power Transm. Tokyo*. Aug 30–Sept 3, p. 293–298.
- Kayser, H. J. 1993. Lehrstuhl und Institut fuer Strassenwesen, Erd- und tunnelbau RWTH. Aachen.
- Meek, D. S.; Thomas, R. 1991. A guided clothoid splines. *Computer Aided Geometric Design*. V. 8, p. 163–174.
- Белятынский, А. А.; Таранов, А. М. 1981. Применение нового типа кривой при проектировании закруглений автомобильных дорог. *Изв. вузов. Строительство и архитектура* 2: 104–106.
- ДБН В.2.3-4-2000 Держбуд України. К., 2000 р.

Клименко, И. С. 2001. Влияние расхода топлива на загрязнение окружающей среды автомобилями при реконструкции дорог. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. вип 62, с. 292–295.

Маяк, Н. Н. 1990. Топливная экономичность автомобиля в сложных условиях движения. -К.: Вища школа. 214 с.

Фортуна, Ю. А.; Домбровский, А. Н. 1990. Новый тип кривой для проектирования закруглений автомобильных дорог. *Строительство и архитектура* 5: 94–96. Сер. Изв. Вузов.