

Алсеитов М.Т.

ПРИБЛИЖЕННЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДНЕЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЕРОЯТНОСТНЫХ МОДЕЛЕЙ ДОРОГ

Alseitov M.T.

THE APPROACHED METHOD OF DEFINITION OF AVERAGE TECHNICAL SPEED OF MOVEMENT OF CARS IN MOUNTAIN CONDITIONS, WITH USE OF LIKELIHOOD MODELS OF ROADS

УДК: 656.13(23.0):711.7-047.58

В данной статье использован приближенный метод определения среднетехнической скорости движения автомобилей в горных условиях, для расчёта эмпирических коэффициентов для современных грузовых автомобилей. Основной величиной определяющий тип рельефа автомобильной дороги, принят продольный уклон.

In given article the approached method of definition среднетехнической speeds of movement of cars in mountain conditions, for calculation of empirical factors for modern lorries is used. In the basic size the defining type of a relief of a highway, is accepted a longitudinal bias.

При решении практических задач, связанных с эксплуатацией автомобилей, особенно при использовании их на горных дорогах с твердым покрытием, возникает необходимость определить безопасную скорость движения автомобиля. Учитывая, что в реальных дорожных условиях на показатели движения автомобиля влияют многочисленные, различные факторы, которые практически трудно или не возможно полностью учесть в аналитическом расчете. Для эксплуатационных задач часто можно ограничиться приближенными методами определения среднетехнической скорости движения автомобилей в горных условиях.

Для этого используем приближенный метод, в котором использованы эмпирические данные наблюдений за реальными скоростями движения автомобилей на подъемах и спусках, а также параметры вероятностных моделей типичных (по рельефу) автомобильных дорог. Дорожные условия характеризуем продольными уклонами i и интенсивностью движения I авт/ч.

$$V_{cn} = C_0 - C_1 i - C_2 I^2, \quad (1)$$

где V_{cn} - скорость на спусках;

C_0, C_1, C_2 – эмпирические коэффициенты: $C_0 = 50 + 0,926N_{yd}$; $C_1 = 263 - 4,3N_{yd}$; $C_2 = 6570 + 57N_{yd}$, которые получены в результате математической обработки на ЭВМ многочисленных экспериментальных данных (см. табл. 1 и рис.1). Вычисляем удельную мощность N_{yd} , л.с./т автомобиля при заданной полезной нагрузке. Для выбранных значений различных уклонов, получим соответствующие приближенные значения скоростей

V_i движения автомобиля без учета интенсивности. Распределение продольных уклонов подчиняется нормальному закону распределения

$$\varphi_{m,\sigma}(\delta) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}}, \quad (2)$$

где x - случайная величина;

m - среднее арифметическое значение распределения;

σ - среднеквадратическое отклонение;

σ^2 - дисперсия;

e - основание натурального логарифма.

Кроме нормального закона, распределения величины уклонов можно выравнивать по закону

$$r_x = \frac{D}{1 + \pi^2 D^2 (x - m)^2} + D_1, \quad (3)$$

где D, D_1 – постоянные коэффициенты.

Эмпирические коэффициенты для определения скорости движения автомобилей на спусках в горной местности

Таблица 1

Марка автомобиля	C_0	C_1	C_2	Основная ошибка по %
ЗИЛ-133ГЯ	60,9	212,4	7241	1,4
ГАЗ-3307	64,2	197,3	7441	1,1
ЗИЛ-441510	63,3	201,2	7390	0,7
МАЗ-5551	60,3	215,3	7202	1,3
КАМАЗ-55111	59,2	220,4	7135	1,5
КРАЗ-256Б1	59,5	219,1	7152	1,1
УРАЛ-5557	61,6	207,6	7304	1,2
ГАЗ-3102	101,1	25,9	9712	1,1
IVEKO 190-36 PT	69,9	170,4	7798	1,2
MERSEDES-BENZ 1735	70,0	170,4	7797	1,0
RENAULT 385.19 T	68,8	175,9	7725	1,2
VOLVO F 12	66,7	185,3	7600	1,1
IVEKO-MAGIRUS	57,6	227,9	7035	0,9

Распределения по закону Коши отличается от распределения по закону Гаусса (нормальный закон распределения) своей простотой и лучше выравнивает концы кривой, что соответствует большому уклону, которых очень много на горной дороге. Чтобы выровнить статистические данные распределения длин различных уклонов и расстояний между закруглениями в плане или углами поворота применяем показательный закон:

$$r_x = \lambda e^{-\lambda x}, \quad (4)$$

Этот закон характеризуется одним параметром λ , который равен

$$\lambda = \frac{1}{m}, \quad (5)$$

где m - математическое ожидание.

Для моделирования движения автомобиля на ЭВМ можно воспользоваться вместо показательного закона зависимостью

$$r_e = \begin{cases} l_0; & 0 \leq l < l_n \\ \frac{l_1 - l_2}{l}; & l_n \leq l < l_k \end{cases} \quad (6)$$

где коэффициенты l_1, l_2 - можно вычислить по методу наименьших квадратов.

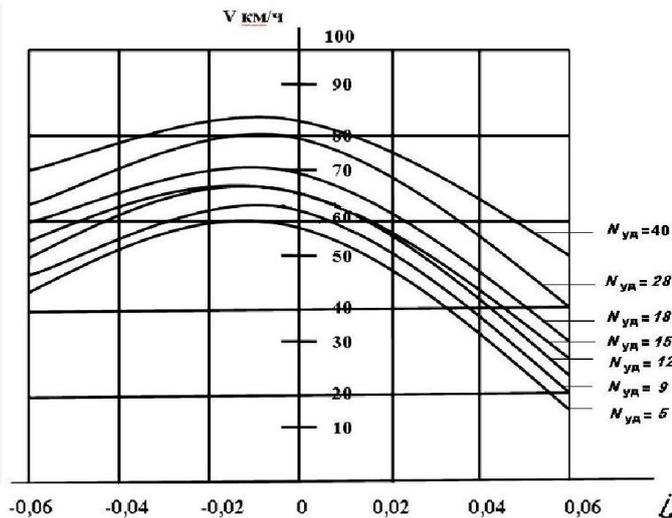


Рис.1 Эмпирические коэффициенты для определения ограничений скорости движения автомобилей на спусках в горной местности

Распределение длин l различных уклонов, расстояний L_R между закруглениями в плане, углов α плана на местности и радиусов R_r плана

автомобильных дорог можно выравнивать по параболе IV порядка вида:

$$r_L = r_0 + r_1 l + r_2 l^2 + r_3 l^3 + r_4 l^4, \quad (7)$$

Параметры из последнего равенства рассчитываются на ЭВМ по программе, также как и обработка по закону Шарлье[4]. Например, углов поворота плана и распределения уклонов в горной местности.

Распределение дискретных значений радиусов R_r горизонтальных кривых подчиняется закону Пуассона:

$$r_m = \frac{a^m}{m!} e^{-a}, \quad (8)$$

где $m=0; 1; 2; \dots$ соответствует $R_r=50, 100, 150, \dots$ здесь необходимо найти только одну величину;

a - математическое ожидание.

Для проверки согласованности теоретических и экспериментальных значений геометрических параметров дорог наиболее подходит критерий χ^2 .

Основной величиной, определяющей тип рельефа автомобильной дороги, принят-продольный уклон. С использованием законов распределения и обработки на ЭВМ рассматриваются четкие категории типичного рельефа дорог: I-слабохолмистый, II холмистый или пересеченный, III - резкопересеченный, IV – горный. Путем систематизации накопленных материалов определены статистические параметры распределения основного показателя рельефа – уклона и его длины. Обработка осуществлялась для прямого и обратного направлений. Однако для горных дорог должно оцениваться только направление подъема.

Основные геометрические элементы продольного профиля – это наклонные прямые линии (подъемы, спуски) и вертикальные выпуклые и вогнутые круговые кривые постоянного радиуса. Отношение высоты участка к его длине определяет уклон и обычно выражается в тысячных (%).

Статистические параметры типизации автомобильных дорог по рельефу

Таблица 2

Категория рельефа	Параметры распределения уклонов				Продольный уклон $i_{пр}$
	r	m	D	D_l	
Слабохолмистый I	1,5	0	0,5	0	0,04
Холмистый II	2,5	0	0,25	0,0 15	0,06
Резкопересеченный III	3,4	0	0,12	0,0 15	0,07
Горный IV	3,1	4	0,12	0	0,11

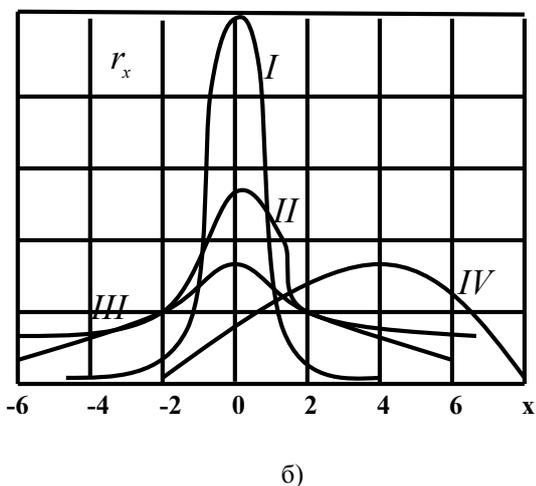
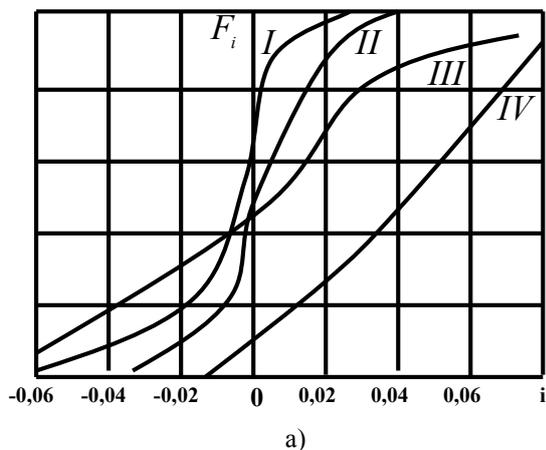


Рис.2.Функция (а) и плотность (б) распределения уклонов автомобильных дорог с твёрдым покрытием при рельефе: I – слабохолмистом; II – холмистом; III – резкопересеченном; IV – горном.

Продольный профиль автомобильной дороги, отнесенный к бровке полотна, называется проектной (красной) линией. Продольный профиль

Распределение вероятностей появления различных уклонов на дорогах с твёрдым покрытием

Таблица 3

Типичные категории рельефа дороги	Параметры закона Коши		Вероятность появления уклонов P_i при							
	D	D_1	0	$\pm 0,01$	$\pm 0,02$	$\pm 0,03$	$\pm 0,04$	$\pm 0,05$	$\pm 0,06$	$\pm 0,07$
Слабохолмистый	0,5	-	0,5	0,143	0,045	0,021	0,012	0,008	-	-
Холмистый	0,25	0,01	0,26	0,165	0,052	0,049	0,033	0,026	0,021	-
Горный	0,12	0,015	0,135	0,12	0,091	0,068	0,052	0,04	0,035	0,03

естественной поверхности земли по оси полотна дороги называется черным продольным профилем (черной линией).

В плане дорога характеризуется углом поворота плана или радиусом горизонтальной кривой плана. Для автомобильных дорог с твёрдым покрытием, проходящих по типичным категориям рельефа, распределение уклонов можно описать законом Коши:

$$P_i = \frac{D}{1 + \pi^2 D^2 (100i)^2} + D_1, \quad (9)$$

Вероятности P_i встречи уклонов i и постоянные

значения параметров закона Коши D и D_1 берем из таблицы 3. Обычно, в проектных документациях уклоны i выражены в тысячных долях. Для удобства построения закона распределения необходимо рассматривать вместо уклона i величину, большую в 100 раз, т.е. $100i$, которая будет принимать целочисленные значения 1,2,3,....

Найдя значения скоростей V_i движения на i -тых уклонах по формулам

$$V_{\text{нi}} = C_0 - C_{1i} - C_{2i^2}, \quad (10)$$

где $C_0 = 50 + 0,926N_{\text{оа}}$; $C_1 = 263 - 4,3N_{\text{оа}}$; $C_2 = 6570 + 57N_{\text{оа}}$,

а вероятность P_i появления этих уклонов из таблицы 3, можно вычислить среднюю скорость движения автомобиля как математическое ожидание по следующей формуле:

$$V_{\text{н\delta}}^i = \sum_i P_i V_i, \quad (11)$$

где P_i - вероятность появления уклона i ; V_i - скорость движения автомобиля на i -том уклоне, км/ч.

Найдя среднюю скорость $V_{\dot{n}\delta}^I$ автомобиля при отсутствии помех со стороны потока, можно определить среднюю техническую скорость $V_{\dot{n}\delta}$ движения автомобилей в транспортном потоке с заданной интенсивностью I авт/ч. по корреляционной зависимости на горной дороге:

$$V_{\dot{n}\delta} = V_{\dot{n}\delta}^O - 0,015\dot{E} \quad (12)$$

где $V_{\dot{n}\delta}^O$ - средняя скорость при отсутствии помех со стороны потока, км/ч.

I – интенсивность транспортного потока, авт/ч.

Рассмотренный метод является приближенным, однако, он позволяет учитывать влияние на скорость движения автомобиля основных факторов – рельефа местности и интенсивности движения.

Литература:

1. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения: Учебное пособие для вузов. -3-е изд. перераб. и доп. -М.: Транспорт, 1982. 288с.
2. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. М.: Государственное издательство Физико математической литературы 1962. - 560с
3. Завадский Ю.В. Решение задач автомобильного транспорта с помощью математических методов. М.: МАДИ, 1980. -84с.
4. Нифедоф А.Ф. Расчет режима движения автомобилей на вычислительных машинах. Киев. Издательство «Техника». -1970. -169с.
5. Смирнов Н.В. Дунин-Барковский И.В. Курс теории вероятностей и математической статистики. М.: Наука. 1969. - 512с.

Рецензент: д.тех.н., профессор Муслимов А.П.