

УДК 656.13

ВЛИЯНИЕ ДОРОЖНЫХ ФАКТОРОВ НА ТРАНСПОРТНУЮ СОСТАВЛЯЮЩУЮ СЕБЕСТОИМОСТИ ПЕРЕВОЗОК

Сипко В.В., Амрахов И.Г., Кутищев Д.С.

НОУ ВПО «Институт экономики и права», Воронеж,

e-mail: iep@inbox.ru

В данной статье рассмотрены резервы снижения приведенных суммарных затрат при эксплуатации, автотранспортных средств, которые могут быть выявлены при анализе влияния дорожных условий на составляющие себестоимости перевозок. Сравнение эпюры расхода топлива с характером изменения продольного уклона показывает существенное смещение пика в расходе от начала участка с постоянным уклоном в сторону вершины подъема. Это происходит вследствие динамического преодоления подъемов автомобилями. На участках вертикальных кривых вследствие переключения передач эпюра расхода топлива настолько сложна, что не поддается сглаживанию простыми зависимостями. Выявлена недостаточная точность и при установившихся режимах зависимости эмпирических коэффициентов влияния величины продольных уклонов на расход топлива. Так, при уклоне + 6% расход топлива по сравнению с таблицами 18, 19, 20 в работе [1] больше для ЗИЛ-130 груженого – на 25%, порожнего – на 8%; КАМАЗ + ГKB груженого – на 30%, порожнего – на 14%. Расход топлива зависит не только от величины уклона, но и от всей совокупности дорожных условий, которые водитель учитывает при выборе режима движения. Влияние дорожных условий на безопасность движения и величину эксплуатационных расходов оценивают по методу В.Ф. Бабкова и О.А. Дивочкина. На основании этого разработан алгоритм расчета себестоимости перевозок. Эпюры себестоимости перевозок и ее составляющих позволяют оценить влияние комплекса дорожных факторов (элементов плана, продольного и поперечного профиля, типа и состояния дорожной одежды, обустройства дороги и т.п.) на транспортную составляющую затрат на перевозки. Детальные расчеты затрат на ЭВМ существенно повышают достоверность технико-экономических обоснований проектных решений при эксплуатации автотранспортных средств.

Ключевые слова: дорожные условия, себестоимость, перевозка

INFLUENCE OF ROAD FACTORS ON THE TRANSPORT COMPONENT OF COST OF TRANSPORTATIONS

Sipko V.V., Amrahov I.G., Kutishev D.S.

LEU Institution «Institute of Economics and Law», Voronezh,

e-mail: iep@inbox.ru

This article describes the reserves to reduce the total cost shown in the operation, vehicles that can be detected by analyzing the impact of road conditions on the components of the cost of transportation. Comparison of diagrams of fuel consumption to the nature of change in the longitudinal gradient shows a significant shift in the peak flow rate from the beginning of land with a constant slope toward the top of the climb. This is due to the dynamic overcome the lifting system. In areas due to vertical curves shift diagram fuel consumption is so complex that defies simple smoothing dependencies. Revealed a lack of precision and steady modes depending empirical coefficients influence the longitudinal slope on fuel consumption. So, with a slope of 6% fuel consumption compared with the tables 18, 19, 20 in [1] for more ZIL-130 loaded – 25% empty – 8%; KAMAZ + GKB laden – 30% empty – by 14%. Fuel is not only dependent on the magnitude of the slope, but on the entire set of driving conditions, the driver who takes into account when selecting the driving mode. Influence of road conditions on traffic safety and value of operating costs are estimated by the method of VF Babkova and OA Divochkina. On the basis of this algorithm is developed for calculating the cost of transportation. Diagrams of the cost of transportation and its components allow us to estimate the effect of the complex road factors (elements of the plan, longitudinal and transverse profile, type and condition of the pavement, development of the road, etc.) in the transport component costs of transportation. Detailed calculations of the cost of computers significantly improve the accuracy of the feasibility of design decisions in the operation of motor vehicles.

Keywords: road conditions, prime cost, transportation

Большие резервы снижения приведенных суммарных затрат при эксплуатации автотранспортных средств могут быть выявлены при анализе влияния дорожных условий на составляющие себестоимости перевозок.

Сравнение эпюры расхода топлива с характером изменения продольного уклона показывает существенное смещение пика в расходе от начала участка с постоянным уклоном в сторону вершины подъема. Это происходит вследствие динамического преодоления подъемов автомобилями. На

участках вертикальных кривых вследствие переключения передач эпюра расхода топлива настолько сложна, что не поддается сглаживанию простыми зависимостями. Выявлена недостаточная точность и при установившихся режимах зависимости эмпирических коэффициентов влияния величины продольных уклонов на расход топлива. Так, при уклоне + 6% расход топлива по сравнению с таблицами 18, 19, 20 в работе [1] больше для ЗИЛ-130 груженого – на 25%, порожнего – на 8%; КАМАЗ + ГKB груженого – на 30%, порожнего – на 14%.

Расход топлива зависит не только от величины уклона, но и от всей совокупности дорожных условий, которые водитель учитывает при выборе режима движения.

Существенно влияние на расход топлива качества дорожного покрытия, все это приводит к выводу о необходимости прямого расчета расхода топлива. Затраты по ГСМ, отнесенные к одному пикету, следует вычислять по формуле

$$C_{i,j} = l, l g_j A_{i,j}, \quad (1)$$

где g_j – средневзвешенный для грузовых и легковых автомобилей j -го типа расход топлива на данном пикете; $A_{i,j}$ – стоимость 1 л топлива для автомобилей j -го типа.

Затраты по ремонту и обслуживанию автомобиля существенно зависят от ровности покрытия и режима движения, определяемого дорожными условиями.

Исследования автомобилистов в работах [2; 3; 4] и экономистов [5; 6] показывают, что затраты по ремонту пропорциональны механической работе $A_{\phi,j}$, выполненной автомобилем в конкретных дорожных условиях. Обозначая через $A_{h,j}$ работу, соответствующую нормативным дорожным условиям, получают коэффициент учета дорожных условий, который имеет вид

$$K_A = \frac{A_{\phi,j}}{A_{h,j}}. \quad (2)$$

С величиной механической работы сильно коррелированы затраты на ТО-1, ТО-2 и ТР. В общих затратах на ремонты и обслуживание эти виды затрат составляют примерно 90%. Поэтому коэффициент корректировки следует вычислять следующим образом:

$$K_{Pj} = 0,9 K_A + 0,1. \quad (3)$$

Величину работы на участке длиной l км можно определить по выражению

$$A = \frac{1 \times 10^{-3} [G(f_o + \alpha S_p v^2 + i) + K F v^2 + d_k \frac{j}{g}]}{\eta}, \quad (4)$$

где слагаемое $f_o + \alpha S_p v^2 + i$ – сумма дорожных сопротивлений с учетом затрат энергии на преодоление неровностей (по А.К. Бируля); $K F v^2$ – сопротивление воздушной среды; $d_k \frac{j}{g}$ – работа по ускорению автомобиля; η – КПД трансмиссии.

Нормативными условиями можно считать равномерное движение по горизонтальному участку с хорошим состоянием покрытия. Анализ результатов расчета и влияния продольного уклона на затраты по ремонтам и обслуживанию, вычисленных по формулам (2) и (3) и приведенных в табл. 1, показывают хорошую сходимость с данными, аппроксимированными формулой (руб./тыс. км):

$$C_p = 0,31 + 0,0096(f + i) A_{\phi} \quad (5)$$

Совместное влияние величины продольного уклона и качества покрытия на относительное увеличение затрат по ремонтам и обслуживанию представлено на рис. 1. В дальнейшем затраты по ремонтам и обслуживанию, отнесенные к участку длиной P (км), вычисляют по выражению

$$C_{p,j} = \frac{H_{p,j} l}{1000} K_{p,j} \quad (6)$$

где $H_{p,j}$ – норма затрат на техническое обслуживание и ремонты автомобилей, руб./1 000 км.

Таблица 1

Анализ зависимости влияния продольного уклона на затраты по ремонтам и обслуживанию

Расчет коэффициента дорожных условий							Сравнение	
Уклон, %	Скорость, км/ч	Работа, кг м	$K_A = \frac{P}{A_o}, \%$	Коэффициент дорожных условий, K'	Затраты, руб. т км	Коэффициент дорожных условий, K''_p	ΔK_p	$d_k, \%$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Автомобиль ГАЗ-53								
0	74	240	1	1	0,67	1	0	0
+ 2	68	307	1,28	1,25	0,84	1,25	0	0
+ 4	58	381	1,58	1,53	1,02	1,52	+ 0,01	+ 0,7
+ 6	43	435	1,82	1,73	1,16	1,72	+ 0,01	+ 0,6

Окончание табл. 1								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
+ 8	35	547	2,28	2,15	1,43	2,13	+ 0,02	+ 0,9
Автомобиль ЗИЛ-130								
0	70	267	1	1	0,74	1	0	0
2	61	358	1,34	1,31	0,96	1,31	0	0
4	50	447	1,63	1,62	1,18	1,60	+ 0,02	+ 1,3
6	38	542	2,04	1,95	1,42	1,92	+ 0,03	+ 1,6
8	30	659	2,47	2,35	1,71	2,31	+ 0,04	+ 1,7
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Автомобиль ЗИЛ-130 + ГKB								
0	57	310	1	1	0,85	1	0	0
2	50	504	1,62	1,57	1,32	1,57	0	+ 0,8
4	41	693	2,23	2,13	1,80	2,12	+ 0,01	+ 1,4
6	30	883	2,85	2,7	2,27	2,67	+ 0,03	+ 1,1
8	22	1096	3,53	3,33	2,79	3,30	+ 0,03	+ 0,9
Автомобиль КАМАЗ								
0	62	342	1	1	0,93	1	0	0
+ 2	55	512	1,5	1,46	1,35	1,45	+ 0,01	+ 0,7
+ 4	44	665	1,95	1,88	1,73	1,86	+ 0,02	+ 1,1
+ 6	34	837	2,45	2,35	2,15	2,32	+ 0,03	+ 1,3
+ 8	24	1021	2,99	2,85	2,6	2,81	+ 0,04	+ 1,4

Пр и м е ч а н и е . Автомобили загружены на 80 %, коэффициент использования пробега – 0,5.

Определенные таким образом затраты достаточно полно отражают дорожные условия и режимы движения на конкретном пикете дороги.

Исследованиями в работах [7; 8; 9] установлен целый ряд эмпирических зависимостей для оценки износа шин, которые использованы при расчете себестоимости перевозок. Улучшение конструкции автомобиля (повышение приемистости, улучшение тормозных качеств, увеличение нагрузок, уменьшение диаметров шин, введение независимой подвески) и повышение шероховатости дорожных покрытий, улучшая удобство и безопасность движения, ведут к увеличению напряжений в шинах и увеличению их износа.

Наибольшее влияние на интенсивность износа шин оказывают тормозные и тяговые силы, боковой увод и состояние покрытия (в основном коэффициент сцепления). Интенсивность износа с увеличением тяговой силы возрастает в степени 2,6, с увеличением увода – в степени 3. Кроме того, износ шин зависит от давления воздуха, конструкции шин, типа автомобиля, характера вождения, температуры окружающей среды. В этой связи в общепринятые зависимости расчета затрат по шинам

следует вводить коэффициенты, учитывающие влияние дорожных условий на срок службы шины.

Затраты по шинам, отнесенные к автомобилю i -го типа (например, к одному пикету) определяются по формуле

$$C_{\text{ш}} = \frac{Ц_j n_j H_j}{10^5 K_{h,j} K_{v,j}} K_{i,j}, \quad (7)$$

где $Ц_j$ – стоимость одного комплекта шин; H_j – норма отчислений на восстановление и ремонт шин на 1 000 км пробега, %; n_j – количество шин у автомобиля j -го типа; $K_{h,j}$ – коэффициент зависимости срока службы шин (пробега), зависящий от нагрузки на шину (рис. 2); $K_{v,j}$ – коэффициент уменьшения срока службы шины при увеличении скорости (рис. 3); $K_{i,j}$ – коэффициент увеличения затрат по шинам при увеличении дорожных сопротивлений.

Коэффициент $K_{h,j}$ можно определять по эмпирической формуле, полученной обработкой экспериментальных данных,

$$K_{h,j} = 2,4e^{-0,88k}, \quad (8)$$

где k – коэффициент относительного нагружения шины.

Коэффициент K_{vj} – предлагается определять по эмпирической формуле, полученной при обработке экспериментальных данных.

Дорожные сопротивления $\psi = f + i$ учитываются так же, как и при расчете затрат на ремонты, т.е. по формуле (2); сопоставление коэффициентов корректировки, вычисленных по выражению (7), с относительными затратами по шинам (в табл. 1) показывают хорошую сходимость.

Вычисление f по формуле А.К. Бируля позволяет отразить в затратах по шинам качество дорожного покрытия. С увеличением

показаний толкомера затраты по шинам существенно увеличиваются (табл. 2).

Амортизационные отчисления на капитальные ремонты и восстановление подвижного состава так же, как и предыдущие составляющие себестоимости перевозок, существенно зависят от суммы дорожных сопротивлений, определяющих механическую работу автомобиля. Расчет коэффициентов корректировки приведен в табл. 3. Помимо данного показателя, следует учитывать влияние плотности потока на расход топлива, представленного в табл. 4.

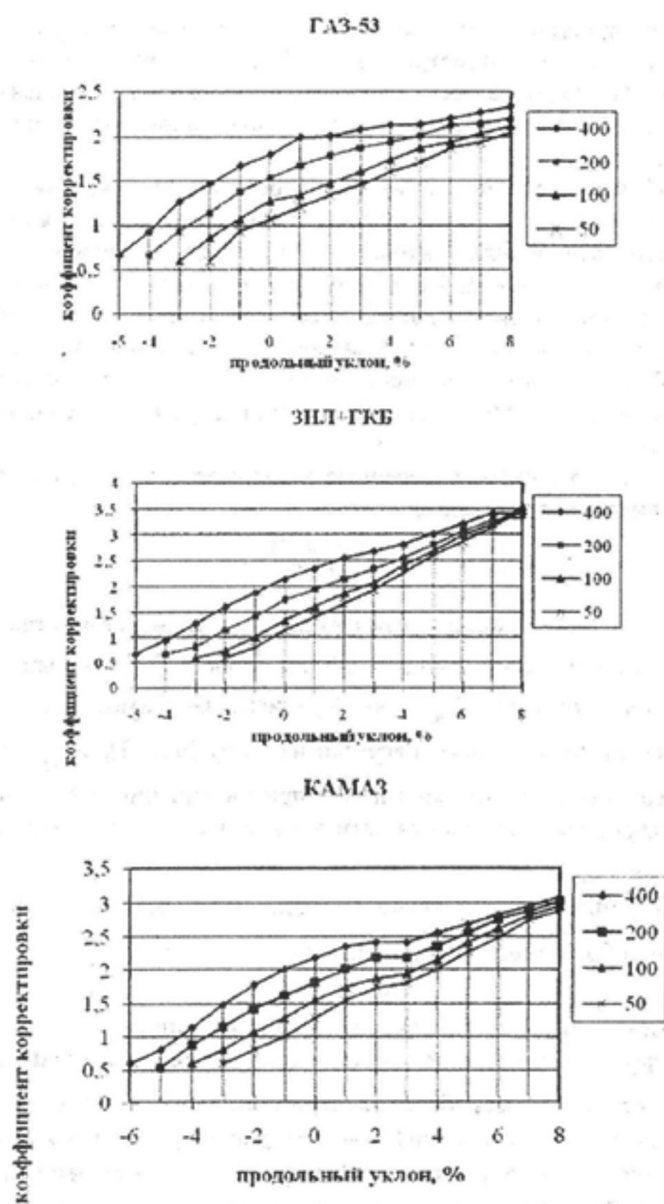


Рис. 1. Зависимость коэффициентов корректировки от продольных уклонов и показаний толкомера (цифры, см/км)

В дальнейшем затраты по амортизации, отнесенные к участку длиной l (км), вычисляют по формуле

$$C_{a,j} = \left(\frac{C_{a,j} a_j}{1000} + \frac{C_{a,j} b_j}{1000} \right) k_j, \quad (9)$$

где $C_{a,j}$ – стоимость автомобиля с учетом доставки; a_j – норма амортизационных отчислений на восстановление подвижного состава на 1 000 км пробега; b_j – норма амортизационных от-

числений на капитальные ремонты на 1 000 км пробега.

Для грузовых автомобилей грузоподъемностью до 2 т, легковых автомобилей и автобусов особо малого класса затраты на амортизацию определяют следующим образом:

$$C_{a,j} = \left(\frac{C_{a,j} a_j}{1890 n_{a,j} 100} + \frac{C_{a,j} b_j}{1000} \right) k_j p, \quad (10)$$

где a_j – норма амортизационных отчислений от стоимости автомобиля, %.



Рис. 2.

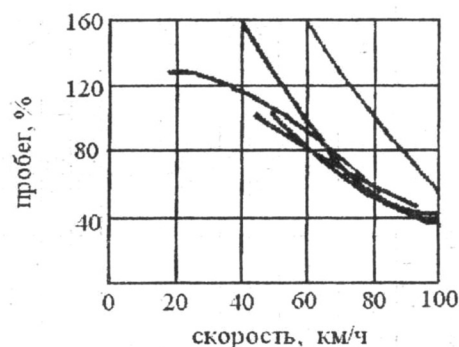


Рис. 3.

Таблица 2

Анализ зависимости продольного уклона на затраты по шинам и по амортизации

Уклон, %	K _А	Шины			Амортизация		
		Затраты по ши- нам, руб./т км	K _р , м	ϑ, %	Затраты по амортизации, руб./т км	K _р , м	ϑ, %
Автомобиль ГАЗ-53							
0	1	0,314	1	–	0,58	1	–
2	1,28	0,398	1,27	0	0,74	1,28	0
4	1,58	0,495	1,58	0,6	0,92	1,59	0,6
6	1,82	0,563	1,79	0,5	1,05	1,81	0,5
8	2,28	0,707	2,25	0,4	1,32	2,27	0,4
Автомобиль ЗИЛ+ГКБ							
0	1	0,403	1	–	0,75	1	–
2	1,62	0,652	1,62	0	1,21	1,62	0
4	2,23	0,896	2,22	0,4	1,67	2,23	0
6	2,85	1,14	2,82	1,1	2,13	2,84	0,4
8	3,53	1,41	3,5	1,3	2,64	3,53	0

Таблица 3

Совместное влияние продольного уклона и качества покрытия на относительные затраты

Продольный уклон, %	$S_p = 50$ см/км		$S_p = 100$ см/км		$S_p = 200$ см/км		$S_p = 400$ см/км	
	ГАЗ-53	ЗИЛ + ГКБ	ГАЗ-53	ЗИЛ + ГКБ	ГАЗ-53	ЗИЛ + ГКБ	ГАЗ-53	ЗИЛ + ГКБ
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1	1	1,18	1,21	1,58	1,63	1,91	2,15
2	1,28	1,62	1,46	1,77	1,81	2,11	2,06	2,46
4	1,58	2,23	1,69	2,33	1,93	2,56	2,13	2,85

Окончание табл. 3								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	1,82	2,85	1,86	2,90	2,00	3,01	2,11	3,16
8	2,18	3,53	2,20	3,57	2,29	3,62	2,36	3,80

Таблица 4

Влияние плотности потока на расход топлива (горизонтальный участок)
 ГАЗ-20%, ЗИЛ-25%, МАЗ-5%, $v_m = 50$ км/ч, $Q_c = 22,2$ л/100 км

Плотность, авт./км	Свободное движение	5	10	15	20	25	30	40	60
Интенсивность, авт./ч	Свободное движение	340	550	770	950	1100	1150	1000	770
Скорость, км/ч	75	68	55	51	48	44	34	25	13
ΔQ_n , л/100 км	–	– 5,7	– 10,4	– 10,4	– 10	– 8,8	0,4	7,5	26
ΔQ_n , л/100 км	5	3,0	2,0	1,0	0,5	0,4	0,2	–	–
ΔQ_n , л/100 км	27,2	19,5	13,7	12,8	12,7	13,8	22,8	29,7	48,2

Влияние дорожных условий на безопасность движения и величину эксплуатационных расходов оценивают по методу В.Ф. Бабкова и О.А. Дивочкина. На основании этого разработан алгоритм расчета себестоимости перевозок.

Эпюры себестоимости перевозок и ее составляющих позволяют оценить влияние комплекса дорожных факторов (элементов плана, продольного и поперечного профиля, типа и состояния дорожной одежды, обустройства дороги и т.п.) на транспортную составляющую затрат на перевозки. Детальные расчеты затрат на ЭВМ существенно повышают достоверность технико-экономических обоснований проектных решений при эксплуатации автотранспортных средств.

Список литературы

1. Амрахов И.Г., Блохин К.А., Сипко В.В., Черникова А.В. Учебное пособие. Факторы повышения надежности водителя и особенности управления автомобилем в сложных дорожных условиях – МСОО «Международная лига общественной дипломатии», Институт экономики и права, ЮАШ. – Воронеж, 2009.
2. Бельский А.Е. Расчеты скоростей движения на автомобильных дорогах / А.Е. Бельский. – М.: Транспорт, 1966.
3. Бережной В.И. Методы и модели управления материальными потоками микрологистической системы автопредприятия / В.И. Бережной, Е.В. Бережная. – Ставрополь: Интеллект-сервис, 1996.

4. Бережной В.И. Методы и модели логического подхода к управлению автотранспортным предприятием / В.И. Бережной. – Ставрополь: Ставроп. гос. техн. ун-т, 1997.

5. Великанов Д.П. Эксплуатационные качества автомобиля / Д.П. Великанов. – М.: Транспорт, 1969.

References

1. Amrahov I.G., Blohin K.A., Sipko V.V., Chernikova A.V. Uchebnoe posobie. Faktory povysheniya nadezhnosti voditelja i osobennosti upravlenija avtomobilem v slozhnyh dorozhnyh uslovijah MСОО «Mezhdunarodnaja liga obshhestvennoj diplomatii», Institut jekonomiki i prava, JuASh. Voronezh, 2009.
2. Bel'skij A.E. Raschety skorostej dvizhenija na avtomobil'nyh dorogah / A.E. Bel'skij. M.: Transport, 1966.
3. Berezhnoj V.I. Metody i modeli upravlenija material'nymi potokami mikrologisticheskoy sistemy avtopredpriatija / V.I. Berezhnoj, E.V. Bereznaja. Stavropol': Intellect-servis, 1996.
4. Berezhnoj V.I. Metody i modeli logicheskogo podhoda k upravleniju avtotransportnym predpriatiem / V.I. Berezhnoj. Stavropol': Stavrop. gos. tehn. un-t, 1997.
5. Velikanov D.P. Jekspluatacionnye kachestva avtomobilja / D.P. Velikanov. M.: Transport, 1969.

Рецензенты:

Белокуров В.П., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Организация перевозок и безопасности движения», ФГБОУ ВПО «Воронежская государственная лесотехническая академия», г. Воронеж;

Волков В.С., д.т.н., заведующий кафедрой «Автомобили и сервис», ФГБОУ ВПО «Воронежская государственная лесотехническая академия», г. Воронеж.

Работа поступила в редакцию 31.12.2014.