

# В ЗАЩИТУ ДОРОГ

## УКРУПНЕННЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ УЩЕРБА ПРИ ПРОЕЗДЕ ТЯЖЕЛОВЕСНОГО АВТОТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ПО ДОРОГАМ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

При переработке в 2005 году Положения о порядке компенсации ущерба<sup>1</sup>, наносимого тяжеловесными автотранспортными средствами при проезде по федеральным автомобильным дорогам, ФГУП «Росдорнии» была разработана методика, позволяющая определить величину ущерба от снижения межремонтных сроков за счет уменьшения несущей способности дорожных и мостовых конструкций и увеличения износа дорожных покрытий.

В процессе обсуждения результатов работы в ФДА «Росавтодор» и Министерстве транспорта РФ отмечалось, что методика по определению удельного ущерба от воздействия тяжеловесного автотранспортного средства достаточно трудоемка, требует применения вычислительной техники и для практических целей нуждается в соответствующем упрощении при обеспечении требуемой точности. Учитывая это, для упрощения методики воспользовались рекомендациями отраслевого ОДМ 218.6.002-2010 по назначению допустимых осевых нагрузок автотранспортных средств в зависимости от коэффициента прочности дорожной одежды (табл. 1).

Результаты расчетов величин ущерба от проезда тяжеловесных транспортных средств по методике (при рекомендуемых максимальных и минимальных коэффициентах прочности дорожной одежды (см. табл. 1) для каждой допустимой одиночной осевой нагрузки на дорогах разной категории и дорожно-климатических зон (ДКЗ)) свидетельствовали об отклонении величин ущерба от среднего значения, не превышающем 20%, что может быть принято в качестве допускаемой погрешности при расчете ущерба.

Полученные данные также свидетельствовали о некоторой закономерности изменения ущерба с изменением допустимой осевой

нагрузки и степени ее превышения осевыми нагрузками тяжеловесного транспортного средства. Соответствующие зависимости подобраны методом наименьших квадратов, у которых наибольшее отклонение расчетных значений не превышало 12–16%, что находится в пределах принятой допускаемой погрешности.

В результате предложена универсальная зависимость (погрешность 20%) для определения удельного ущерба (руб./км) на дорогах разной категории с асфальтобетонными покрытиями, эксплуатируемыми в условиях IV дорожно-климатической зоны:

$$I_j = C_t \cdot I_{1к} \cdot (1 + 0,2 \cdot \Delta Q^{1,92} \cdot (\frac{a}{Q} - b)), \quad (1)$$

где  $I_{1к}$  – исходное значение ущерба (руб./км) для разных категорий дорог и капитальности конструкций, определяемой  $E_{тр}$  с точностью  $\pm 10\%$ ;

$a$  и  $b$  – эмпирические параметры, зависящие от категории дорог;  $C_t$  – коэффициент изменения цен по отношению к 2007 году.

Необходимые данные для расчета ущерба (цены 2007 года) от проезда тяжеловесных автотранспортных средств по автомобильным дорогам разных категорий при нормативной осевой нагрузке 10 тс приведены в табл. 2, а при нормативной нагрузке 11,5 тс – в табл. 3.

Для автомобильных дорог IV–V категорий с гравийными покрытиями справедлива зависимость при  $E_{тр} = 114$  МПа и исходной величине ущерба  $N_{1к} = 85$  руб./км, полученной при  $\Delta Q = 0,5$  тс и нормативной нагрузке  $Q = 6$  тс:

$$I_j = N_{1к} \cdot (1 + 0,14 \cdot \Delta Q^{1,24} \cdot (\frac{7,3}{Q} + 0,27)) \quad (2)$$

Коэффициент прочности $K_{пр} = E_{ф}/E_{тр}$	Допустимая нагрузка ( $Q_A$ ) на каждую ось транспортного средства при:		
	одиноч- ной оси, тс	двухосной тележке, тс	трехосной тележке, тс
1,09–1,14	12	10	9
1,05–1,08	11	9	8
1,00–1,04	10	8	7
0,94–0,99	9	7	6
0,88–0,93	8	6	6
0,81–0,87	7	6	5
0,71–0,80	6	5	4
0,60–0,70	5	4	3
0,50–0,59	4	3	3

Примечание:  $E_{ф}$  и  $E_{тр}$  – соответственно фактический и требуемый модули упругости дорожной конструкции по ОДН 218.1.052-2002.

Табл. 1.

Категория дороги	$I_{1к}$ , руб./км	a	b	$E_{тр}$ , МПа
I	2	99	8,9	337
II	8,3	37,5	2,75	274
III	22	34,3	2,43	239
IV	37	10,3	0,03	223

Табл. 2. Исходные данные для расчета ущерба при нормативной нагрузке 10 тс

Категория дороги	$I_{1к}$ , руб./км	a	b
I	1,3	99	7,5
II	8,4	39,5	2,7

Табл. 3. Исходные данные для расчета ущерба при нормативной нагрузке 11,5 тс

Нормативная осевая нагрузка, тс	11,5	10,0	6,0
$I_{1к}$ , руб./км	8,4	18,4	85
a	39,5	37,7	7,3
b	2,7	2,4	0,27

Табл. 4. Исходные данные для расчетов по формулам (3) и (4)

№ п/п	Наименование федерального округа	ΔКЗ	$K_T$	$K_{окр}$	Федеральные доро- ги, $K_M$	Региональные дороги, $K_M$
1	Центральный	II–III	1	2,07	0,210	0,06
2	Северо-Западный	I–II	1,07	2,29	0,241	0,062
3	Южный	III–V	0,96	1,58	0,231	0,072
4	Приволжский	II–IV	0,94	1,57	0,159	0,074
5	Уральский	I–III	1,03	2,16	0,139	0,073
6	Сибирский	I–III	1,01	2,08	0,132	0,055
7	Дальневосточный	I–II	1,35	2,89	0,148	0,140
8	Северо-Кавказский	IV–V	0,96	1,42	0,166	0,069

Табл. 5.

Дальнейшие расчеты ущерба от проезда тяжеловесных транспортных средств в разных региональных условиях свидетельствуют о необходимости учета дорожно-климатической зоны (ΔКЗ) при определении стоимости проезда. Так, при одинаковых условиях движения величина ущерба на дорогах I–III категорий во II и III дорожно-климатических зонах в 1,9÷2,2 и 1,5÷1,8 раза соответственно превышает ущерб от проезда тяжеловесных транспортных средств в условиях IV дорожно-климатической зоны.

На капитальность дорожной конструкции автомобильных дорог разных категорий, прежде всего, оказывает влияние расчетная интенсивность движения, принимаемая при проектировании автодорог. Учитывая это, надо отметить, что приведенные выше зависимости и данные получены на основании сведений о средних интенсивностях движения, соответствующих категориям дорог по СНиП 2.05.02-85.

Для определения влияния всего диапазона интенсивностей движения на величину удельного ущерба от воздействия тяжеловесного АТС воспользуемся исходными данными СНиП 2.05.02-85 и данными о составах движения на автомобильных дорогах, например, Оренбургской области (2008 год).

Результаты расчетов для дорог разных категорий с асфальтобетонными покрытиями показывают, что среднее отклонение значений по всем дорогам составляет до 34%. Учитывая, что интенсивность движения используется при обосновании требуемого модуля упругости дорожной конструкции, полученное отклонение следует считать возможной погрешностью при расчете ущерба от воздействия тяжеловесного автотранспортного средства. Рассмотрим эту погрешность совместно с погрешностью 20%, определенной по используемым коэффициентам прочности при назначении допустимой осевой нагрузки. Тогда в качестве допустимой погрешности в величине вреда от воздействия тяжеловесной нагрузки следует рассматривать среднее значение из двух величин:

$$\Delta_{cp} = (20 + 34) / 2 = 27 \approx 30\%$$

Учитывая погрешность 30%, можно предложить упрощенные зависимости<sup>2</sup> (цены 2007 года) для определения удельного ущерба от воздействия одиночной оси автотранспортного

средства (формулы 3 и 4), ориентируясь только на принятую расчетную нагрузку, не указывая конкретно категорию автомобильной дороги (табл. 4).

– для дорожных одежд капитального и облегченного типов:

$$I_j = K_{окр} \cdot K_c \cdot I_{ик} \cdot (1 + 0,2 \cdot \Delta Q^{1,92} \cdot \left(\frac{a}{Q} - b\right)) \cdot \left(1 + \frac{K_T}{K_c \cdot K_{окр}} \cdot K_M\right) \quad (3)$$

– для дорожных одежд переходного типа<sup>3</sup>:

$$I_j = K_c \cdot K_T \cdot I_{ик} \cdot (1 + 0,14 \cdot \Delta Q^{1,24} \cdot \left(\frac{a}{Q} + b\right)) \cdot \left(1 + \frac{1}{K_c} \cdot K_M\right) \quad (4)$$

где Q – допустимая одиночная осевая нагрузка транспортного средства, тс;

ΔQ – превышение допустимой осевой нагрузки, тс;

$K_c$  – коэффициент, учитывающий сезонность перевозок тяжеловесных грузов, принимается 1,0 для весеннего периода и 0,35 в среднем  $(0,65 + 0,3 + 0,1) / 3$  для остальных периодов;

$K_{окр}$  – коэффициент, учитывающий региональные условия федерального округа (табл. 5);

$K_T$  – территориальный коэффициент стоимости, учитывающий работы по ремонту и капитальному ремонту автомобильных дорог;

$K_M$  – коэффициент учета компенсации за проезд по мостовым сооружениям (табл. 5).

Расчеты по формуле (3) для неблагоприятного весеннего периода при средних значениях  $K_{окр} = 2$ ,  $K_M = 0,178$ ,  $K_T = 1,04$  и фактической допустимой осевой нагрузке  $Q = 7,2$  тс для дорог с асфальтобетонными покрытиями (данные ФГУП «Росдорнии») дают результаты, близкие к приведенным в постановлении Правительства РФ от 16.11.2009 № 934 – в среднем величина ущерба (руб./100 км) не превышает 30%, что находится в пределах допустимой погрешности для предложенной упрощенной зависимости.

**В.К. Апестин,**  
канд. техн. наук, проф. МАДИ

**Примечания:**

<sup>1</sup> Ущерб является количественным выражением вреда от проезда тяжеловесного автотранспортного средства (согласно Малой Советской энциклопедии. – М., ОГИЗ РСФСР, 1931).

<sup>2</sup> В разработке упрощенных зависимостей принимали участие А.Е. Мерзликин, А.М. Стрижевский и М.И. Шейнцвит.

<sup>3</sup> Зависимость для определения вреда на дорожных одеждах переходного типа не учитывает  $K_{окр}$  в связи с незначительным изменением удельного вреда (до 7%) по ΔКЗ, но требуется дополнительный учет территориального коэффициента стоимости  $K_T$ .