



ОПРЕДЕЛЯНЕ И ПРОГНОЗИРАНЕ НА РАЗХОДИТЕ ПРИ РЕАЛИЗАЦИЯТА НА ТРАНСПОРТНИЯ ПРОЦЕС В АВТОМОБИЛНИЯ ТРАНСПОРТ, ЗАВИСЕЩИ ОТ ДВИЖЕНИЕТО.

Тодор Размов
t.razmov@gmail.com

*Висше транспортно училище „Тодор Каблешков”,
ул. “Гео Милев” № 158, София 1574,
БЪЛГАРИЯ*

***Ключови думи:** генерализирани разходи, външни разходи, експлоатационни разходи на транспортните средства, стойност на времето, автомобилен парк*

***Резюме:** Представена е методология и съответни методики за обхвата на разходите и определянето им при реализацията на транспортния процес в автомобилния транспорт, зависещи от движението. Разходите включват експлоатационни разходи за транспортните средства и разходи за гориво. За да бъде оценен ефекта от въздействието на транспортния процес върху външната среда са определени външните разходи. Определени са също така разходите за време и съответните генерализирани разходи. Представени са и съответни прогнозни модели.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Разходите свързани с реализацията на транспортната дейност и ефектите от нея, зависещи от движението са експлоатационни разходи за транспортните средства, разходи за гориво, разходи свързани със замърсяване на околната среда, разходи свързани с промените в климата и разходи за време. Експлоатационните разходи за транспортните средства и разходите за гориво са свързани директно с превозния процес, а разходите свързани със замърсяването на околната среда и разходите свързани с промените в климата са външни разходи. и зависят от вида на транспортното средство и условията на движение

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА СКОРОСТИТЕ И ВРЕМЕПЪТУВАНИЯТА НА ТРАНСПОРТНИТЕ СРЕДСТВА

Скоростите и времепътванията зависят от големината на транспортния поток и капацитета на пътната инфраструктура. Капацитетът на пътната инфраструктура, от своя страна, зависи от вида на пътните участъци - автомагистрала, скоростен път или пътища I-ви, II-ри или III-ти клас. На базата на съответните скорости се определят и разходите.

С нарастването на потока от транспортни средства скоростта на движение намалява нелинейно, а времепътването се увеличава също нелинейно. Потокът расте до достигане на максималната пропускателна способност (капацитет) на пътя. От този момент нататък увеличаването на транспортния поток води до нестабилност с ниски

нива на скоростта и високи стойности на времепътуването. Транспортният поток също намалява след изчерпване на капацитета на пътния участък.

За описване на зависимостите „скорост - поток“ и „времепътуване - поток“ се използва функцията на Смог [1]. Тази функция е подходяща, защото актуално изследване на капацитета на пътищата в България не е правено.

Функцията на Смог има вида:

(1) $t = t_0 \cdot \exp\left(\frac{Q_n}{Q}\right)$, където: t – времепътуване за единица разстояние (мин./км.); t_0 - времепътуване за единица разстояние при липса на натоварване по пътя; Q_n - транспортен поток; Q - капаците на участъка от пътя в устойчиво състояние.

Ако приемем, че $f = \frac{1}{Q}$, то $t = t_0 \cdot \exp(fQ_n)$. В случая f е фактор на натоварването, който представлява реципрочната стойност на максималната пропускателна способност. На базата на ф-ла (1) се получава и формулата за скоростта:

(2) $V = V_f \cdot \exp(-fQ_n)$, където: V - скорост при поток Q_n , а V_f - позволена скорост за вида участък от пътя (скоростта при нулев поток).

При този тип функция скоростта за преминаване през даден участък намалява експоненциално с увеличаването на потока от транспортни средства, преминаващи през него. Този тип функция е използвана и в изследване за български условия на АЕСОМ Limited [2] при разработване на общ генерален план на транспорта на България през 2010 год.

За определяне на фактора на натоварване и скоростта при нулев поток се използват данните за капацитета за различен тип пътни участъци приети в НАРЕДБА № РД-02-20-2 от 28 август 2018 г. за проектиране на пътища на МРРБ [3].

На базата на данните от наредбата, указана по-горе, са определени скоростите и времепътуванията и за различните класове пътища (табл.1).

Таблица 1 Данни за класовете пътища

Клас път	Скорост при нулев поток [км./ч.]	Капацитет	Фактор за натоварване	Време за нулев поток [мин./км.]
Магистрала	120	80 000	0.0000125000	0.50
Скоростен път	100	30 000	0.0000333333	0.60
Клас 1	90	25 000	0.0000400000	0.67
Клас 2	80	15 000	0.0000666667	0.75
Клас 3	50	5 000	0.0002000000	1.20

Времепътуването t_{pk} за определен пътен участък k от клас p с дължина L_{pk} се определя като $t_{pk} = t_p \cdot L_{pk}$. Стойността за t_p за съответния клас път p , измервана в мин./км. се определя като $t_p = \frac{60}{V_{pk}}$, а V_{pk} е съответната скорост по пътния участък взета от табл.1.

ОПРЕДЕЛЯНЕ И ПРОГНОЗИРАНЕ НА СТОЙНОСТТА НА ЕКСПЛОАТАЦИОННИТЕ РАЗХОДИ НА ТРАНСПОРТНИТЕ СРЕДСТВА

Експлоатационните разходи за транспортните средства зависят от промяната на скоростите и свързаните с това режими на работа на автомобилите – леки, товарни и автобуси. Данни за определяне на транспортно-експлоатационните разходи са взети от няколко източника [4, 5, 6].

Експлоатационните разходи включват разходи за гуми, масла, консумативи и текущо обслужване.

В [4] експлоатационните разходи в евро на км. са представени в зависимост от скоростта на движение на транспортните средства, като апроксимационни полиноми от 6-та степен за товарен автомобил и автобус (ф-ла 3) и за лек автомобил (ф-ла 4).

$$(3) \quad y = C_{mp}^{VoC} = 0,000000000015.V^6 - 0,000000006352.V^5 + 0,000001096154.V^4 - 0,000096398344.V^3 + 0,004638108804.V^2 - 0,116999753209.V + 1,611818182518$$

$$(4) \quad y = C_{mp}^{VoC} = 0,000000000014.V^6 - 0,000000005550.V^5 + 0,000000897436.V^4 - 0,000074248303.V^3 + 0,003349495955.V^2 - 0,080180445642.V + 0,962363636549$$

В зависимости (3) и (4) означенията са следните: $y = C_{mp}^{VoC}$ е единичната стойност на експлоатационните разходи на километър за вид превозно средство m с цел p , а V – скорост на движение на транспортното средство.

Един от недостатъците на този модел е твърде голямото агрегиране на данните. Разделението е единствено на две групи: леки автомобили в едната група и товарни автомобили и автобуси в другата група.

Друг модел за определяне на експлоатационните разходи за транспортните средства е предложен от Британския департамент по транспорт [5]. Този модел е използван в [6], като той донякъде избягва недостатъците на предходния модел.

В предлагания модел са налични параметри за определяне на експлоатационните разходи на различни видове превозни средства (леки автомобили, товарни автомобили от различни типове, градски и междуградски автобуси и др.) в зависимост от скоростта на движение. Единичните стойности на разходите се определят по следния начин:

$$(5) \quad C_{mp}^{VoC} = a_{mp} + \frac{b_{mp}}{V}, \text{ където:}$$

a_{mp} и b_{mp} са параметрите на модела за цел p и за транспортно средство m при скорост на движение V . Стойностите на параметрите, предложени в [5] са приведени чрез валутния курс на британската лира към българския лев [6]. Направени са и прогнози за определен брой прогнозни сечения (2017, 2020, 2030, 2040 и 2050 год.). Стойностите на съответните коефициенти са представени в табл. 2.

Таблица 2. Параметри на модела за експлоатационните разходи на превозните средства [6]

Превозни средства	Параметър	2014	2017	2020	2030	2040	2050
Леки автомобили - бизнес	a	0,133	0,138	0,14	0,175	0,22	0,276
	b	3,646	3,769	3,836	4,794	6,018	7,555
Леки автомобили - лични	a	0,103	0,107	0,109	0,136	0,17	0,214
	b	0	0	0	0	0	0
Товарни автомобили	a	0,35	0,362	0,369	0,461	0,578	0,726
	b	13,64	14,099	14,349	17,934	22,513	28,261
Автобуси	a	0,817	0,845	0,86	1,074	1,349	1,693
	b	18,629	19,256	19,598	24,494	30,748	38,599

Транспортните средства, за които ще се определят експлоатационните разходи, са от тип лекотоварни автомобили - LGV, а целта на тяхното използване е бизнес цел. Може да се приеме, че типът LGV, при положение, че липсват данни, отговаря на типа лек автомобил (ЛА).

Експлоатационните разходи за транспортните средства зависят от времето и от реализираните скорости. Те представляват функция от две променливи. За да се намери аналитичен вид на тази функция като тримерна функция са анализирани коефициентите използвани в (5) и представени в табл.2. И двата коефициента a и b

могат да се опишат като показателни функции относно времето, установено след предварителни изследвания..

Аналитичния вид на експлоатационните разходи е представен чрез ф-ла (6). Функцията (5) е табулирана за всяко времево сечение, като са използвани параметрите от табл.2. След това е приложен методът на най-малките квадрати и за коефициентите заложи в (6) са получени съответните стойности представени в (7).

$$(6) \quad C_{voc}(T, V) = \alpha_1 \cdot \exp(T \cdot \beta_1) + \frac{\alpha_2 \cdot \exp(T \cdot \beta_2)}{V}, \text{ като } \alpha_1 = 0,1246; \beta_1 = 0,0213; \\ \alpha_2 = 3,4110; \beta_2 = 0,0213$$

$$(7) \quad C_{voc}(T, V) = 0,1246 \cdot \exp(0,0213 \cdot T) + \frac{3,4110 \cdot \exp(0,0213 \cdot T)}{V}$$

Годините се представят като поредни цели числа, като началото е 2014 год., т.е. 2014 год. се представя чрез числото 1, 2017 чрез числото 4, 2020 чрез 7, 2030 чрез 17, 2040 чрез 27 и 2050 год. чрез числото 37 и т.н.

ОПРЕДЕЛЯНЕ И ПРОГНОЗИРАНЕ НА ВЪНШНИТЕ РАЗХОДИ

Съществуват множество подходи за определяне на количествата отделени емисии при работата на двигателите с вътрешно горене. По-детайлните определят количеството отделен замърсител като функция от скоростта, а по-агрегираните модели използват осреднени коефициенти на единица изразходвано количество гориво или още по-агрегирани – на единица изминато разстояние. Обобщен преглед на различните типове модели са представени в [6] и [7].

В изследванията [6] и [7] са определени количествата замърсители от различни видове, чрез моделът NAEI. В този модел са представени конкретни стойности на параметрите на рационална функция, чрез която се определя количеството отделен замърсител при движение със зададена средна скорост. Функционалната зависимост има следния вид:

$$(8) \quad y = k \cdot \frac{a + bV + cV^2 + dV^3 + eV^4 + fV^5}{V} = \frac{Q(V)}{P(V)}, \text{ където:}$$

y е количеството отделен замърсител от един автомобил за 1 км. в грама; V е средната скорост за изследвания участък, а a, b, c, d, e, f, g и k са параметрите на модела. Стойностите на тези параметри са определени (повечето емпирично) при съставянето на модела NAEI. Определени са различни стойности за различни класове превозни средства в зависимост от тежестта, горивото, обема на двигателя, екологичния стандарт и др.

На базата на приетото разпределение на автопарка са калибрирани функционални зависимости за „среден“ автомобил от автопарка на страната за определени замърсители. Избраните замърсители са такива, за които има публикувани парични разходни стойности. Най-често използвания източник на такива стойности са [8] и [9], като в [8] са публикувани паричните стойности за вредното въздействие на отделените прахови частици (PM), азотни оксиди (NO_x), неметанови летливи органични съединения (NMVOC) и серен диоксид (SO₂), а в [9] паричните стойности на външните въздействия свързани с CO₂.

Данните от [8] и [9] са за 2010 год. Те са коригирани с коефициент 0,7 от реалния ръст на БВП. Коригираните данни за 2014 г. [6] са представени в таблица 3.

Таблица 3 Цени на замърсителите

Сфера на влияние	Замърсител	Област	Евро за тон 2010 г.	Евро за тон 2014 г.
Замърсяване на въздуха	<i>NOx</i>	Всички	14 454	15 395
	<i>NMVOС</i>	Всички	756	805
	<i>SO₂</i>	Всички	12 598	13 418
	<i>PM</i>	Всички	37 206	39 628
Промяна на климата	<i>CO₂</i>	Всички	25	31

Чрез приетата структура на автопарка [6] и [7] и полученият на тази база „среден автомобил“ са определени количествени стойности на отделените замърсители за различни средни скорости за 2014 год.

Изчислението на стойностите за „усреднен“ автомобил от автопарка включва определянето на стойностите на отделените количества замърсител за всеки един отделен характерен тип автомобил от състава на автопарка. След което следва усредняване на стойностите спрямо броя автомобили от съответния тип. За да се изследва функционалната зависимост от скоростта е необходимо тази процедура да се повтори за всички изследвани скорости в определения обхват.

За целта се използват два типа функции [6] за определяне на количествата отделени замърсители и за определяне на външните разходи, чиито параметри отчитат структурата на автопарка и скоростта на движение.

Първият тип функции имат вида:

$$(9) \quad K_z = \frac{a_z}{x^{\alpha_z}} + b_z V^{\beta_z} \text{ [г./км.]}, \text{ където: } K_z - \text{отделени количества от замърсител } z; V - \text{скорост на движение на транспортните средства; } a_z, b_z, \alpha_z \text{ и } \beta_z - \text{параметри на функциите за определяне на отделените количества замърсител } z.$$

Вторият тип функции [6] имат вида:

$$(10) \quad y = a \cdot \left(\frac{V}{100}\right)^5 + b \cdot \left(\frac{V}{100}\right)^4 + c \cdot \left(\frac{V}{100}\right)^3 + d \cdot \left(\frac{V}{100}\right)^2 + g \cdot \left(\frac{V}{100}\right) + h \cdot \frac{100}{V} + k \text{ [г./км.]},$$

където: a, b, c, d, g, h и k са параметрите на функцията.

Външните разходи по замърсители са табулирани на база данните представени в табл.3 и след прилагане на ф-ла 9 за всеки замърсител и всяка скорост общите разходи се получават по следния начин:

$$(11) \quad C_z^V = K_z(V) \cdot C_z \text{ [лв./км.]}, \text{ където:}$$

C_z^V - разходи за замърсител z при скорост V в лв./км.; $K_z(V)$ - количество отделен замърсител при движение на транспортното средство при скорост V (г./км.); C_z - единична стойност на един грам замърсител (лв./г.).

Сумарните външни разходи причинени от замърсители се определят като:

$$(12) \quad C_{ext}^V = \sum_z C_z^V = \sum_z K_z(V) \cdot C_z \text{ [лв./км.] или като:}$$

$$(13) \quad C_{ext}^V = \frac{a}{x^\alpha} + bV^\beta \text{ [лв./км.]}$$

В табл.4 и табл.5 са представени параметрите на функциите, чрез които се определят количествата отделени замърсители за „среден“ лек автомобил от автопарка на страната за 2014 год. в зависимост от скоростта за всеки замърсител поотделно и общите разходи за всички замърсители. В табл.4 данните са получени след прилагане на ф-ли 11, 9, 12 и 13, а в табл.5 са получени след прилагане на ф-ли 11, 9, 12 и 10.

Таблица 4 Параметри на модел за определяне на количествата замърсители на база ф-ла (9)

	PM	CO ₂	NMVOС	NO _x	Сумарни разходи (13')
<i>a</i>	0,4471905053	3 225,987645	0,000001237	0,0000053527	0,5003534930
<i>b</i>	0,0000001470	0,401848617	5,336760062	9,563709387	0,0000018656
<i>α</i>	0,8979924358	0,824777545	-2,227200681	-2,441116112	0,8518782137
<i>β</i>	2,5437655033	1,312946167	-1,102128722	-0,90893568	2,0500229241

Таблица 5 Параметри на модел за определяне на количествата замърсители на база ф-ла (10)

	PM	CO ₂	NMVOС	Сумарни разходи
<i>a</i>	0,0393781122	7,3485084171	-0,0018049920	0,0057215943
<i>b</i>	-0,0967254689	-16,3757443860	0,0063153336	-0,0023167651
<i>c</i>	0,1078225430	32,8902590692	-0,0069748995	0,0027452159
<i>d</i>	-0,0521531956	78,0370053216	0,0028464333	0,0101849613
<i>g</i>	0,0184653633	-0,6302277552	0,0799262522	0,0011223351
<i>h</i>	0,0051632020	38,0725831839	0,0479037046	0,0059363291
<i>k</i>	0,0021349201	100,5984480978	-0,0585643237	0,0091214073

В [6] е представен трети модел, който е описан и в [5]), за определяне на външните разходи C_{ext}^V причинени от отделени от транспортните средства замърсители и влияещи върху промяната на климата вещества. За определяне на C_{ext}^V е приложена ф-ла (8). Изходните данни, на базата на които са получени параметрите *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f* и *k* на модела (8), са сумираните разходи предизвикани от отделните замърсители получени след прилагане на ф-ли 11, 9 и 12.

В табл.6 са дадени получените параметри.

Таблица 6 Параметри на модел за определяне на разходите за замърсители – ф-ла (8)

<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>k</i>
0,628708	0,005868	6,52E-06	1,87E-06	-2,3E-10	3,28E-11	1

Прието е автопаркът да се изменя в бъдещите периоди, както и паричните еквиваленти на отделените замърсители. Модели и съответни криви са калибрирани за определен брой времеви сечения [6]: 2014, 2017, 2020, 2030, 2030, 2040 и 2050 год. Параметрите на разработените модели за структурата на автопарка от леки автомобили (ЛА) са представени в таблица 7.

Таблица 7 Прогнозни параметри на моделираните криви за автопарка от леки автомобили

Параметър	ЛА2017	ЛА2020	ЛА2030	ЛА2040	ЛА2050
<i>a</i>	0.552954119	0.694414214	0.981314426	1.235661408	1.235661408
<i>b</i>	0.010600333	0.016879681	0.021987125	0.025021193	0.025021193
<i>c</i>	-1.90E-05	1.24E-05	4.23E-05	9.14E-05	9.14E-05
<i>d</i>	1.8733E-06	1.8733E-06	1.8733E-06	1.8733E-06	1.8733E-06
<i>e</i>	-2.2912E-10	-2.2912E-10	-2.2912E-10	-2.2912E-10	-2.2912E-10
<i>f</i>	3.2800E-11	3.2800E-11	3.2800E-11	3.2800E-11	3.2800E-11
<i>k</i>	1	0.749204977	0.516696217	0.464283682	0.464283682

Чрез тези криви (ф-ла 8 с параметри от табл.7) е възможно да се определят външните разходи за всяка една текуща скорост като функция от текущото натоварване и за всяка прогнозна година. За да се получи прогнозна зависимост за външните разходи причинени от излъчени количества замърсители и вещества, влияещи върху промяната на климата, зависещи от скоростта и времето, е необходимо да се анализират съответните параметри представени в табл.7. Параметрите *a* и *k* имат характер на степенни функции, зависещи от времето, а *b* и *c* имат характер на логаритмични функции, зависещи от времето.

Параметрите *d*, *e* и *f* са константи спрямо времето.

Аналитичният вид на прогнозната зависимост на външните разходи е представен в (14). Функцията (8) е табулирана за всяко времево сечение, като са използвани параметрите от табл.7. След това е приложен методът на най-малките квадрати за тях и са получени коефициентите (табл.8) на аналитичния модел (14).

$$(14) \quad C_{\text{exp}}^V(V, T) = a.T^b \cdot \frac{\alpha_1.T^{\beta_1} + [\alpha_2 + \beta_2.\ln(T)]V + [\alpha_3 + \beta_3.\ln(T)]V^2 + dV^3 + eV^4 + fV^5}{V} = \frac{Q(V, T)}{P(V)}$$

[лв./км.], където $C_{\text{exp}}^V(V, T)$ са външни разходи, зависещи от скоростта V и времето T .

Времето се моделира по следния начин: $T=1$ за 2014 год. и т.н., а $a, b, d, e, f, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \beta_1, \beta_2$ и β_3 са съответни параметри представени в табл.8.

Таблица 8 Параметри на модела за прогнозиране на външните разходи – ф-ла (14)

a	b	d	e	f	α_1	β_1
1.5515	-0.358	1,87329E-06	-2,2912E-10	3,28E-11	0.3297	0.3821
α_2	β_2	α_3	β_3			
0.00291	0.006499	-0.00009046	0.00005132			

ФОРМИРАНЕ И ПРОГНОЗИРАНЕ НА РАЗХОДИТЕ ЗА ГОРИВО НА ТРАНСПОРТНИТЕ СРЕДСТВА

Разходите за гориво зависят от консумацията на гориво на различните видове транспортни средства, вида на горивото, условията на движение на транспортните средства (скорост на движение, клас и капацитет на пътния участък) и цената на един литър изразходвано гориво.

Използвано е изследването направено в [10]. Там са получени съответни зависимости.

Консумацията на гориво се определя от зависимостта:

$$(15) \quad Q_m(V) = \frac{a}{V} + b + c.V + d.V^2 \text{ [литра./км.]}, \text{ където:}$$

$Q_m(V)$ - консумация на гориво (бензин или дизел) от вид транспортно средство m в зависимост от скоростта V ; a, b, c, d - съответни коефициенти.

Стойностите на коефициентите от ф-ла (15) в зависимост от вида на транспортното средство и вида на използваното гориво са дадени в табл.9. Стойностите им са взети от [10].

Таблица 9 Параметри на зависимостите за определяне на консумацията на гориво в литри на км.

Категория на тр. средство	a	b	c	d
Petrol Car	0.964022581	0.041448033	-4.54163E-05	2.01346E-06
Diesel Car	0.437094041	0.058616489	-0.00052488	4.12709E-06
Petrol LGV	1.556463336	0.064253318	-0.000744481	1.00552E-05
Diesel LGV	1.045268333	0.057901415	-0.000432895	8.0252E-06
OGV1	1.477368474	0.245615208	-0.003572413	3.0638E-05
OGV2	3.390702946	0.394379054	-0.004642285	3.59224E-05
PSV	4.115603124	0.306464813	-0.00420643	3.65263E-05

На базата на ф-ла (15) и параметрите представени в табл.9 може да бъде получен съответния разход на гориво за всеки тип транспортно средство, вид гориво и скорост на движение.

Прието е транспортните средства да бъдат LGV, които се доближават до категорията леки автомобили. Цената на бензина и дизеловото гориво са действащите в момента средни стойности, а именно: 2.22 лв. за литър дизелово гориво и 2.16 лв. за литър бензин. Категорията LGV използват предимно дизелово гориво.

Разходите за гориво се определят по следния начин:

$$(16) \quad C_{fc}^m(V, T) = \left(\frac{a_m}{V} + b_m + c_m.V + d_m.V^2 \right) \cdot (1 + k_e)^T \cdot (1 + k_f)^T C_f \text{ [лв./км.]}, \text{ където:}$$

$C_{fc}^m(V)$ - разходи за гориво в лв./км. в зависимост от вида транспортно средство m при скорост на движение V ; $\frac{a_m}{V} + b_m + c_m \cdot V + d_m \cdot V^2$ - консумация на гориво в зависимост от вида на транспортното средство (m) и скоростта на движение V ; C_f е единичната цена на вида гориво (бензин или дизел) в лв./л.; k_e - годишен коефициент за повишаване на ефективността на транспортното средство; k_f - годишен коефициент за повишаване на единичната цена на горивото.

За прогнозирането на разходите за гориво значение имат подобряването на ефективността на транспортните средства и цената на горивото, която е доста волатилна. Затова разходите за гориво се приема, че ще зависят само от скоростта на движение, вида на горивото и типа на транспортното средство. Може да се приеме, че нарастването на ефективността ще компенсира ръста на цената на горивата.

ФОРМИРАНЕ И ПРОГНОЗИРАНЕ НА РАЗХОДИТЕ ЗА ВРЕМЕ

За определяне на цената на времето е използвано проучването на Ecoris [11]. Крайният резултат от проучването е представен в табл.10 и е за 2015 год..

Таблица 10 Стойности на цената на времето за 2015 год.

Единични цени за пътнически превози	Евро на пътник час	Лв. на пътник час
Бизнес пътувания	6.15	12.03
Неслужебни пътувания	2.50	4.89

Приема се, че едно транспортно средство се обслужва от 2 души, а всички елементи на транспортната мрежа са пътища от клас 2.

В табл.19 са изчислени данни за скоростта, времепътуването, реализираните пътник часове и разходите за време при различни нива на трафика за път от клас 2 за 2015 год.

Таблица 11 Скорост, времепътуване и разходи за време за път от клас 2 за 2015 год.

Поток брой тр.ср.	Скорост - V (км./час)	Времепътуване - t (мин./км.)	Пътник часа/км.	Р-ди за време за лв./км.
0	80.00	0.7500	0.0250	0.3007
500	77.38	0.7754	0.0258	0.3109
5 000	57.32	1.0467	0.0349	0.4197
10 000	41.07	1.4608	0.0487	0.5857
15 000	29.43	2.0387	0.0680	0.8174
20 000	21.09	2.8453	0.0948	1.1408
25 000	15.11	3.9709	0.1324	1.5921
30 000	10.83	5.5418	0.1847	2.2220

Прогнозите на разходите за време са направени при коригиране на единичната цена на времето всяка година с реалния ръст на БВП коригиран с коефициент на еластичност 0.7. При дългосрочен ръст на БВП от 3% това прави нарастване с 2% годишно. За прогнозирането на разходите за време се отчита и годишно нарастване на трафика за разглежданите пътни участъци.

За прогнозиране на разходите за време са приети следните нива на нарастване на трафика и цената на времето (табл.12):

Таблица 12 Нарастване на цената на времето и на трафика годишно за периода

Период	2015 - 2017	2017-2020	2020-2030	2030-2040	2040-2050
Нарастване на цената на времето годишно	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Цена на времето	12.39	12.95	14.24	14.95	15.33
Нарастване на трафика за периода	0.03	0.045	0.075	0.05	0.025

Разходите за време, съобразявайки се с приетите допускания, се определят като:

$$(17) \quad C_{voT}(V, T) = \frac{n_p \cdot C_t}{V} \cdot (1 + k_t)^T \text{ [лв./км.], където:}$$

C_{voT} - разходи за време в лв./км.; n_p - брой на хората обслужващи транспортното средство; C_t - единична стойност на разходите за време за един пътник с цел бизнес, измервана в лв./пътник час; k_t - коефициент за годишно нарастване на единичната цена на времето, който се определя като реалния ръст на БВП се коригира с коефициент на еластичност 0,7; T - пореден номер на годината, като началната година е 2014, за която $T = 1$; V - скорост на движение на транспортното средство в км./час.

ФОРМИРАНЕ И ПРОГНОЗИРАНЕ НА ОБЩИТЕ РАЗХОДИ

Разходи, които имат отношение към ефективността на работата на транспортните фирми са разходите за експлоатация и поддържане на транспортните средства, разходите за гориво и разходите за време (имат се предвид разходите за наетия за реализация на транспортната и логистична дейност персонал), а за въздействието на транспортния процес върху околната среда и обществото са външните разходи (в случая замърсители на околната среда и вещества, имащи отношение и влияещи върху промяната на климата).

Генерализираните разходи се определят по ф-ла (18), а общите генерализирани разходи плюс външните разходи се определят по ф-ла (19).

$$(18) \quad C_{TD}(V, T) = C_{voC}(V, T) + C_{fc}(V, T) + C_{voT}(V, T) \text{ [лв./км.]}$$

$$(19) \quad C_{TO}(V, T) = C_{voC}(V, T) + C_{ext}(V, T) + C_{fc}(V, T) + C_{voT}(V, T) \text{ [лв./км.]}$$

За определяне и прогнозиране на общите разходи във ф-ла (18) се използват съответните прогнозни зависимости: ф-ла (7) за определяне и прогнозиране на разходите за експлоатация и поддържане на транспортните средства; ф-ла (16) за определяне и прогнозиране на разходите за изразходвано гориво; ф-ла (17) за определяне и прогнозиране на разходите за време и ф-ла (14) за определяне и прогнозиране на разходите свързани със замърсяване на околната среда и промяна на климата (външни разходи).

Зависимостите са функции, зависещи от скоростите за движение и времето и се определят в лв./км.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представеното в статията може да се разглежда като обща методология. Приети са определени нива на агрегация на данните. При по-ниски степени на агрегация представеният подход е приложим след реализиране на съответните методики за определяне на съответния вид разходи. След актуализация на използваните данни и след прилагане на методиките за определяне на различните видове разходи прогнозните зависимости могат да бъдат обновени.

Примерът, чрез който са проиграни методиките е за лекотоварни автомобили, които се движат по пътища от клас 2 при висока степен на интеграция. Предложената методология и методики за определяне на различните видове разходи са приложими за всеки вид транспортно средство, цел и тип на пътните участъци.

Представената методология е приложима при управление на транспортната дейност на фирмите, оптимизиране на транспортните процеси в логистична верига при обслужване на товаропотоците [12], усъвършенстване на логистичния мениджмънт при осигуряване на производствените процеси [13] и при анализа „разходи – ползи” прилаган при транспортни проекти.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Smock, R., An Iterative Assignment Approach to Capacity Restraint on Arterial Networks, Highway Research Board Bulletin, 1962, no. 347, p. pp 60–66.
- [2] AECOM Limited, “Изработване на общ генерален план за транспорта на България,” 2010.
- [3] НАРЕДБА № РД-02-20-2 от 28 август 2018 г. за проектиране на пътища на МРРБ.
- [4] Варадинова-Милкова, Ю., Модели за устойчиво развитие на железопътната инфраструктура, Дисертационен труд, ВТУ „Тодор Каблешков”, София, 2014.
- [5] Department for Transport, “TAG Unit 3.5.6 Values of Time and Vehicle Operating Costs,” Unit 3.5.6 Values of Time and Vehicle Operating Costs. London, 2014.
- [6] Клямбарски, Л., Прогнозиране и моделиране на транспортния трафик, Дисертационен труд, ВТУ „Тодор Каблешков”, София, 2017.
- [7] Малинова, Е., Оценка на социално-икономическото въздействие на сухопътния пътнически транспорт, Дисертационен труд, УНСС, 2015.
- [8] Korzhenevych, A., N. Dehnen, J. Bröcker, M. Holtkamp, H. Meier, G. Gibson, A. Varna, V. Cox, Update of the Handbook on External Costs of Transport, Fin. Rep., №.1, p.139, 2014.
- [9] Ministry of Finance, Ministry of Transport, National Company Railway Infrastructure, Metropolitan EAD, National Road Infrastructure Fund, “Requirements for preparation of CBA in Transport sector,” Final Draft, 2008.
- [10] Values of Time and Vehicle Operating Costs, TAG Unit 3.5.6, Department for Transport, Great Britain, 2014.
https://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20140304110038/http://www.dft.gov.uk/webtag/documents/expert/pdf/U3_5_6-Jan-2014.pdf
- [11] Ecoris, Доклад за национално проучване „Извършване на национално проучване за определяне цената на времето”, септември 2015. Проект ЦКЗ-0105-1.1.
- [12] Борисов, А., Оптимизиране на транспортните процеси в логистична верига при обслужване на товаропотоците в местен, регионален и национален обхват, сп. Механика, транспорт, комуникации, том 14, бр.1, 2016, ISSN 2367-6620 (Online) & ISSN 1312-3823.
- [13] Борисов, А., Усъвършенстване на логистичния мениджмънт при осигуряване на производствените процеси, сп. Механика, транспорт, комуникации, том 14, бр.1, 2016, ISSN 2367-6620 (Online) & ISSN 1312-3823.

DETERMINATION OF NORMATIVE DURATION OF ACCIDENTAL MOVEMENT INTERRUPTION BASED ON COSTS OPTIMIZATION

Todor Razmov
t.razmov@gmail.com

*Todor Kableshkov University of Transport
Sofia, 158 Geo Milev Str.158 BULGARIA*

Key words: *generalized costs, external costs, vehicle operating costs, value of time, fuel costs, car fleet*

Abstract: *A methodology and corresponding methods and techniques for establishment of the scope of costs and their particular determination in the implementation of the traffic process in movement road transport are presented. Costs include vehicle operating costs and fuel costs. External costs have been determined in order to assess the impact of the transport process on the external environment. Time costs as well as the corresponding generalized costs are also determined. Appropriate forecast models are also presented.*