



УДК 656:13 / 504.75.05

doi:10.23968/2305–3488.2017.21.3.146–157

Капский Д. В., Пегин П. А., Евтюков С. А.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В НАСЕЛЕННОМ ПУНКТЕ ОТ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

UDC 656:13 / 504.75.05

doi:10.23968/2305–3488.2017.21.3.146–157

КАПСКИЙ Д. В., ПЕГИН П. А., ЕВТЮКОВ С. А.

## DEFINITION OF ECOLOGICAL LOSSES IN THE CITY FROM THE MOVEMENT OF VEHICLES

### Аннотация

Рассмотрено негативное влияние работы транспортных средств на окружающую среду. Приведены основные причины повышения уровня экологических потерь от роста автомобилизации. Представлены теоретические выкладки и рекомендации по расчету суммарных экологических потерь. Предложена новая методика определения экологических потерь в дорожном движении, которая отличается от существующих тем, что она позволяет унифицировать результаты исследований. Методика разработана в Белорусском национальном техническом университете. Методика применима для определения экологических потерь при движении автомобилей по улично-дорожной сети. Методика основана на исследовании транспортной нагрузки и условий дорожного движения. Алгоритмизация проводимых расчетов доступна и проста. Расчеты потерь от выбросов вредных веществ в атмосферу производится по стоимости ущерба от произведенного объема выбросов и стоимости ущерба для здоровья людей от приведенного объема выбросов. Расчет экологических потерь по новой методике производится по авторской компьютерной программе, которая производит расчет для выбранных участков дорожного движения.

### Abstract

The negative impact of the work of vehicles on the environment is considered. The main reasons for increasing the level of environmental losses from the growth of motorization are given. Theoretical calculations and recommendations for the calculation of total environmental losses are presented. A new method for determining environmental losses in road traffic is proposed, which differs from existing ones in that it allows to unify the results of research. The methodology was developed at the Belarusian National Technical University. The methodology is applicable to the determination of environmental losses when driving cars on the street-road network. The methodology is based on the study of transport load and traffic conditions. Algorithmization of the calculations is accessible and simple. Calculations of losses from emissions of harmful substances into the atmosphere are made at the cost of damage from the volume of emissions produced and the cost of damage to human health from the given amount of emissions. Calculation of environmental losses under the new methodology is carried out according to the author's computer program, which calculates for selected sections of the road.

**Ключевые слова:** экология, методика, потери, расчет потерь, транспортный поток, выбросы автомобилей, организация дорожного движения.

**Keywords:** ecology, methodology, losses, loss calculation, traffic flow, vehicle emissions, road traffic organization.

### Авторы

#### **Капский Денис Васильевич**

Доцент, Доктор технических наук  
Декан автотракторного факультета  
Белорусский национальный технический университет (БНТУ)  
Тел. (+37517)2927781  
E-mail: d.kapsky@gmail.com

#### **Пегин Павел Анатольевич**

Доцент, Доктор технических наук  
Профессор кафедры Наземные транспортно-технологические машины  
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет  
Тел. (812) 575-42-61, +7-911-136-58-57  
E-mail: ppavel.khv@gmail.com

#### **Евтюков Сергей Аркадьевич**

Профессор Доктор технических наук  
Декан Автомобильно-дорожного факультета  
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет  
Тел. (821) 575-42-61  
E-mail: tm@spbgasu.ru

### Authors

#### **Denis Vasil'evich Kapski**

Associate Professor, Doctor of technical science  
Belarusian National Technical University (BNTU)  
Tel. (+37517)2927781  
E-mail: d.kapsky@gmail.com

#### **Pavel Anatol'evich Pegin**

Associate Professor, Doctor of technical science  
St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (SPSUACE)  
Tel. (812) 575-42-61, +7-911-136-58-57  
E-mail: ppavel.khv@gmail.com

#### **Sergey Arkad'evich Evtukov**

Professor, Doctor of technical science  
St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (SPSUACE)  
Tel. (812) 575-42-61, +7-911-136-58-57  
E-mail: tm@spbgasu.ru

### Введение

Ежегодный рост автомобилизации в мире негативно влияет на окружающую среду, что негативно влияет на объем вредных веществ в атмосфере, загрязнение воды и почвы продуктами работы транспортных средств, воздействие шума, вибрации и электромагнитных излучений на окружающую среду.

Однако основными причинами повышенного уровня экологических потерь являются:

- перегрузки отдельных участков автомобильной дороги [2; 14] перекрестков транспортными потоками [1];
- повышенный уровень маневрирования автомобилей [17];
- движение на неэкономичных режимах работы двигателя при нагрузке, близкой к максимальной [7];
- перепробег транспортных средств [15];



• неудовлетворительное техническое состояние автомобилей и т. д. [5; 6].  
Необходимо отметить, что действие экологических потерь в некоторых странах отложено во времени. Результаты от этого могут оказаться непредсказуемо страшными и не поправимыми.

### **Постановка задачи**

Различается произведенный и потребленный вред. Например, когда нагруженная городская магистраль проложена через незаселенную или промышленную зону, потребленный вред значительно меньший, чем тогда, когда эта же магистраль проходит через густонаселенные жилые районы и вплотную примыкает к жилым зданиям, больницам, детским учреждениям и т. п.

Малейшие недостатки в организации дорожного движения приводят к огромным экологическим потерям. Оптимальная организация движения зависит от различных факторов и множества их комбинаций, поэтому задача оптимизации требует создания соответствующих методик [16; 18].

Также существующие методики оперируют предельно допустимыми нормами выбросов, которые приводятся в расчетах для отдельных транспортных средств, но не учитывают транспортный поток в целом, учитывают средний пробег, а не фактический объем движения по исследуемым участкам улично-дорожной сети. Отсутствие системного подхода в рассматриваемой области до сих пор не позволяло оптимизировать варианты организации дорожного движения по критерию минимизации экологических потерь.

Многие научные организации работают над совершенствованием методик определения экологических потерь от воздействия автомобильного транспорта [4; 11–13; 19]. В существующих методиках и подходах рассматриваются различные аспекты экологической безопасности [8–10; 16].

В Белорусском национальном техническом университете (БНТУ) разработана методика определения экологических потерь в дорожном движении [3], которая отличается от существующих. Она позволяет унифицировать результаты исследований в виде финансового эквивалента, приводимого по всем видам потерь в дорожном движении. Методика позволяет избежать проведения специальных замеров, не характерных для исследования транспортной нагрузки и условий дорожного движения. Алгоритмизация проводимых расчетов доступна и проста.

### **Методика расчета**

Расчеты потерь от выбросов вредных веществ в атмосферу производится по стоимости ущерба от произведенного объема выбросов ( $M_p$ ) и стоимости ущерба для здоровья людей от приведенного (к потребителю) объема выбросов ( $M_i$ ).

Годовые нормативные (нормативные – по отношению к принятой нормативной скорости движения:  $V=60$  км/ч,  $I_v=0$  и  $t=4$  года) потери от выбросов предлагается определять по формуле:

$$P_{mn(u,\varepsilon)} = \left[ M_0 \cdot C_{m0} + \sum_{i=1}^{i=1} (N_i \cdot C_{mi}) \right] \cdot \Phi_\varepsilon \cdot S \cdot K_c \quad (1)$$

где  $P_{mnu}$  – годовые нормативные потери в исследуемых условиях, у.е./год;  $P_{mn\varepsilon}$  – годовые нормативные потери в эталонных условиях, у.е./год;  $M_0$  – удельный объем произведенных выбросов, кг/км.;  $C_{m0}$  – стоимость экологических потерь в народном хозяйстве от выброса 1 кг приведенных (по СО) вредных веществ, у.е./кг;  $N_i$  – удельное (на 1 км) число потребителей данной категории, чел/км;  $C_{mi}$  – стоимость экологических потерь от воздействия выбросов такой концентрации, которая эквивалентна удельному приведенному (к данному потребителю) выбросов ( $M_i$ ), у.е./чел.;  $\Phi_\varepsilon$  – годовой фонд времени, час/год;  $S$  – протяженность исследуемого участка, км;  $K_c$  – социальный коэффициент экологических потерь,  $K_c = 1,5$ .

$$M_0 = Q^* \cdot m \cdot [K_{nh} (K_{mv} \cdot K_{iv} - 1) + H_t \cdot K_{mv} \cdot K_{iv}]$$

где  $m$  – базовое (минимальное) значение суммарных приведенных (по СО) выбросов легкового автомобиля кг/км;  $K_{mv}$  – коэффициент изменения выбросов от скорости;  $K_{iv}$  – коэффициент изменения выбросов от дисперсии скорости.

$$K_{iv} = \sqrt{1 + I_v}$$

где  $I_v$  – коэффициент вариации распределения скоростей;  $Q^*$  – расчетная интенсивность движения, а/ч.

$$Q^* = Q [1 - \Delta_{эл} (1 + K_{nh\ эл} - K_{nh})]$$

где  $Q$  – интенсивность движения транспортного потока, а/ч (рассматривается суммарный поток, параметры которого определены как средневзвешенные значения параметров входящих в него потоков);  $\Delta_{эл}$  – доля электротранспорта в потоке;  $K_{nh\ эл}$  – динамический коэффициент приведения электротранспорта;  $H_t$  – коэффициент возраста транспортных средств.

$$H_t = \Delta\delta \cdot K_{nh\ \delta} \cdot K_{t\delta} + \Delta\delta \cdot K_{t\delta} \cdot K_{nh\ \delta}$$

где  $\Delta\delta$  и  $\Delta\delta$  – доля в потоке транспортных средств с бензиновыми и дизельными двигателями;  $K_{nh}$  и  $K_{nh\ \delta}$  – динамический коэффициент приведения транспортных средств с бензиновыми и дизельными двигателями;  $K_{nh\ \delta}$  и  $K_{nh\ \delta}$  – коэффициент приращения выбросов от возраста транспортных средств с бензиновыми и дизельными двигателями.



$$K_{t\delta} = 0,08(t - 4) \quad K_{t\theta} = 0,05(t - 4)$$

где  $t$  – средний возраст автомобилей в потоке, лет;

$C_{m0}$  – стоимость экологических потерь в народном хозяйстве от выброса 1 кг приведенных (по CO) вредных веществ, у.е./кг.

$C_{m0} = 0,025$  у.е./кг – город;

$C_{m0} = 0,01$  у.е./кг – загород.

$C_{mi}$  – стоимость экологических потерь от воздействия выбросов такой концентрации, которая эквивалентна удельному приведенному (к данному потребителю) выбросов ( $M_i$ ), у.е./чел.

$$C_{mi} = C_B 0,02 \cdot \sqrt{M_i - 6}, \text{ у.е./чел,}$$

где  $M_i$  – удельный приведенный (к данному потребителю) объем выбросов, кг/км. Рассматриваются 3 категории потребителей – водители, пешеходы и жители прилегающих зданий:

– водители:

$$M_1 = M_0 \cdot K_{z1},$$

где  $K_{z1}$  – коэффициент защиты водителей.  $K_{z1} = 1$  ;

– пешеходы:

$$M_2 = M_0 \cdot K_{z2},$$

где  $K_{z2}$  – коэффициент защиты пешеходов.

$$K_{z2} = e^{-0,04 \cdot (r_2 + 5 \cdot i_2)},$$

где  $r_2$  – расстояние от середины траектории движения ближайшего ряда транспортных средств до середины тротуара, м;  $i_2$  – число рядов деревьев или кустарников, эффективно защищающих пешеходов от экологического воздействия;

– жители:

$$M_3 = M_0 \cdot K_{z3},$$

где  $K_{z3}$  – коэффициент защиты жителей.

$$K_{z3} = e^{-0,04 \cdot (r_3 + 5 \cdot i_3 + 10)},$$

где  $r_3$  – расстояние (по диагонали) от середины траектории движения ближайшего ряда транспортных средств до средних по высоте окон застройки, м;  
 $i_3$  – число рядов деревьев (а для одноэтажной застройки – и кустарников), эффективно защищающих жителей от экологического воздействия.

Высоту застройки (м) предлагается оценивать по формуле:

$$0,5 \cdot H \approx 3 \cdot n_{ЭТ} + 2$$

где  $n_{ЭТ}$  – число этажей застройки;

$N_i$  – удельное (на 1 км) число потребителей данной категории, чел/км.  $N_1$  – водители и пассажиры:

$$N_1 = \frac{(40 \cdot \Delta O + 1,5) \cdot Q}{V}, \text{ чел/км,}$$

где  $\Delta O$  – доля общественного транспорта в потоке;  $V$  – скорость движения, км/ч;  $N_2$  – пешеходы:

$$N_2 = \frac{Q_n \Sigma}{V_n}, \text{ чел/км;}$$

где  $V_n$  – скорость движения пешеходов, км/ч.  $V_n = 4$  км/ч – тротуары;  $V_n = 5$  км/ч – переходы.  $Q_n \Sigma$  – суммарная (включая движение по тротуарам и переходам) интенсивность движения пешеходов, чел/ч.

При отсутствии экспериментальных данных значения  $N_2$ , в зависимости от категории улицы равны: главная – 250 чел./ч · км, торгово–деловая – 150 чел./ч · км; прочие – 50 чел./ч · км.

$N_3$  – число жителей прилегающих зданий. Для приближенных расчетов, в зависимости от типа и назначения застройки, можно принимать:

$$N_3 \approx (0,7 \div 1,0) \cdot N_{ок}, \text{ чел/км,}$$

где  $N_{ок}$  – число окон прилегающих (до 50 м) зданий, входящих на исследуемую улицу, окон/км.

При определении экологических потерь на перекрестках учитываются два транспортных потока, каждый со своими «потребителями» – для главной и второстепенной улиц. В расчетный поток объединяются все потоки, движущиеся транзитом с обоих направлений данной улицы, и все поворотные по-



токи, выходящие с нее. Для каждого отдельного потока, входящего в состав расчетного, определяется расчетная протяженность перекрестка ( $S_j$ ) и параметры распределения скорости ( $\bar{v}_i$  и  $I_{vi}$ ).

Для расчетных потоков рассчитываются для обеих улиц удельные объемы произведенных выбросов ( $M_{01}$  и  $M_{02}$ ). Затем для каждой улицы рассчитывается суммарный объем произведенных выбросов:

$$M_{01\Sigma} = M_{01} + \Delta M_{02}, \text{ кг/км}$$

$$M_{02\Sigma} = M_{02} + \Delta M_{01}, \text{ кг/км},$$

где  $S_2$  – для удельного объема произведенных выбросов главной улицы, попадающего в зону влияния второстепенной улицы предлагается определять:

$$\Delta M_{01} = M_{01} \cdot \left[ K_{z01} + \frac{(S_2 + B_1) \cdot (1 - K_{z01})}{2 \cdot S_2} \right], \quad (2)$$

где  $S_2$  – протяженность перекрестка по второстепенной улице, м;  $B_2$  – ширина проезжей части главной улицы, м;  $K_{z01}$  – коэффициент защиты потребителей главной улицы предлагается определять:

$$K_{z01} = \frac{B_2 + 2 \cdot b_2}{S_1} \cdot e^{-0,02 \cdot S_2} + \left( 1 - \frac{B_2 + 2 \cdot b_2}{S_1} \right) \cdot e^{-0,04 \cdot (0,5 \cdot S_2 + 5 \cdot i_{41} + 10 \cdot i_{51})} \quad (3)$$

где  $B$  – ширина проезжей части второстепенной улицы, м;  $b_2$  – средняя ширина тротуара (с одной стороны) второстепенной улицы, м;  $i_4$  – число рядов деревьев и кустарников на удалении от оси проезжей части главной улицы до  $0,5 \cdot S_2$ ;  $i_{51}$  – число рядов зданий на удалении от оси проезжей части главной улицы до  $0,5 \cdot S_2$ .

Аналогично может быть определено значение  $\Delta \dot{I}_q$  :

$$\Delta M_{02} = M_{02} \cdot \left[ K_{z02} + \frac{(S_1 + B_2) \cdot (1 - K_{z02})}{2 \cdot S_1} \right], \text{ кг/км}, \quad (4)$$

где  $K_{z02}$  – коэффициент защиты потребителей второстепенной улицы:

$$K_{z02} = \frac{B_1 + 2 \cdot b_1}{S_2} \cdot e^{-0,02 \cdot S_1} + \left(1 - \frac{B_1 + 2 \cdot b_1}{S_2}\right) \cdot e^{-0,04 \cdot (0,5 \cdot S_1 + 5 \cdot i_{42} + 10 \cdot i_{52})} \quad (5)$$

где  $S_1$  – расчетная протяженность перекрестка по главной улице, м;  $b_1$  – средняя ширина тротуара (с одной стороны) главной улицы, м;  $i_{42}$  – число рядов деревьев и кустарников на удалении от оси проезжей части второстепенной улицы до  $0,5 \cdot S_1$ ;  $i_{52}$  – число рядов зданий на удалении от оси проезжей части второстепенной улицы до  $0,5 \cdot S_1$ .

Значения  $M_i$  и  $C_{mi}$  для главной и второстепенной улиц:

$$M_{i1} = M_{01\Sigma} \cdot K_{zi1}; \quad C_{mi1} = C_B 0,02 \cdot \sqrt{M_{i1} - 6};$$

$$M_{i2} = M_{02\Sigma} \cdot K_{zi2}; \quad C_{mi2} = C_B 0,02 \sqrt{M_{i2} - 6};$$

где  $K_{zi1}$  и  $K_{zi2}$  – коэффициент защиты потребителей главной и второстепенной улицы.

Нормативные потери от выбросов для главной улицы:

$$П_{mn1} = \left[ \left( M_{01} \cdot C_{M0} + \sum_1^{i=3} (N_{i1} \cdot C_{mi1}) \right) \right] \cdot \Phi_z \cdot S_1 \cdot K_c, \quad \text{, у.е./год,} \quad (6)$$

$$П_{mn2} = \left[ \left( M_{02} \cdot C_{M0} + \sum_1^{i=3} (N_{i2} \cdot C_{mi2}) \right) \right] \cdot \Phi_z \cdot S_2 \cdot K_c, \quad \text{, у.е./год.} \quad (7)$$

Потери от выбросов на перекрестке:

$$П_{mn} = П_{mn1} + П_{mn2}, \text{ у.е./год.}$$

Необходимо рассчитывать нормативные потери отдельно для исследуемых условий ( $П_{mни}$ ) и отдельно для эталонных условий ( $П_{mнэ}$ ). Разность между ними – величина экологических потерь от выбросов:

$$П_m = П_{mни} - П_{mнэ}, \text{ у.е./год.}$$



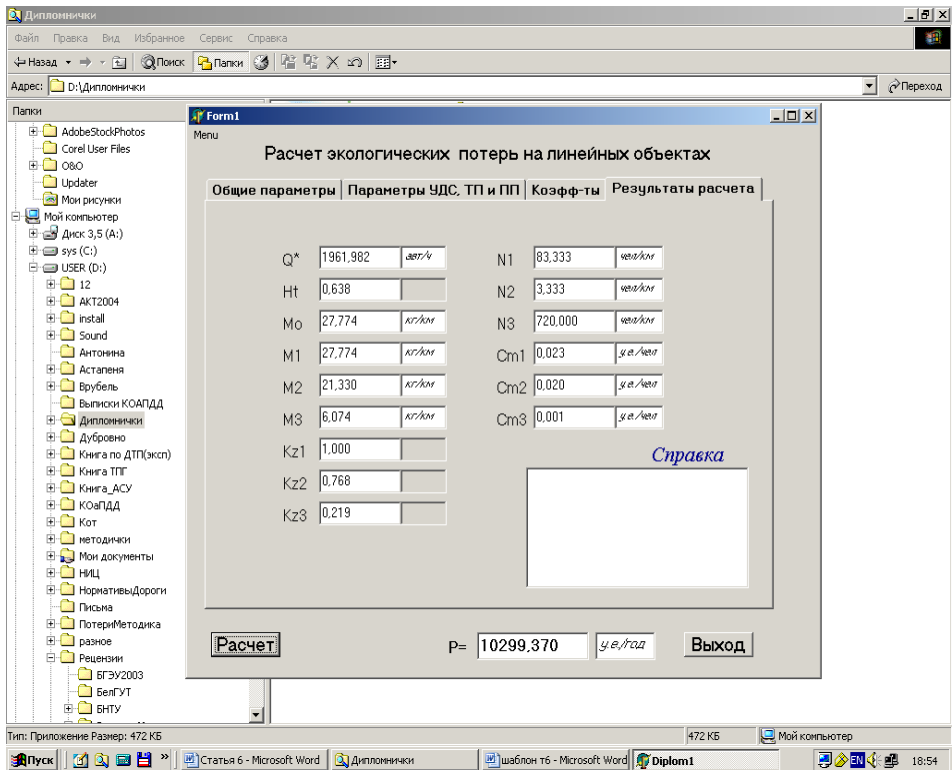


Рис. 1. Скриншот окна программы расчета экологических потерь

Разработанная методика положена в основу компьютерной программы (рис. 1), которая позволяет значительно упростить расчет экономических потерь для участка УДС.

В качестве практического применения новой методики были проведены экологические потери в местах установки искусственных неровностей. В качестве альтернативы установки искусственной неровности было рассмотрено введение светофорного регулирования с вызывным устройством (СФО ВУ). Расчеты показали, что изменение в организации дорожного движения приведет к уменьшению экологических потерь на 65% (табл.)

Результаты сопоставления потерь в дорожном движении

Наименование параметра	Индекс	Размерность	Существующая схема ОДД	Введение СФО (ПВУ)
Аварийные потери	$P_a$	тыс. у.е./год	24,8	4,4
Экологические потери	$P_{экоп}$	тыс. у.е./год	32,5	21,4
Экономические потери	$P_{экон}$	тыс. у.е./год	85,1	66,2
Суммарные потери	$P_{\Sigma}$	тыс. у.е./год	142,4	92,0

## Вывод

Разработана новая методика оптимизации принимаемых решений по организации дорожного движения в зависимости от величины экологических потерь. Методика основана на исследовании транспортной нагрузки и условий дорожного движения. Разработана специализированная программа для ЭВМ на основе разработанной методики. Применение новой методики позволяет на этапе проектирования организации дорожного движения в населенном пункте предусмотреть оптимальные решения с учетом экологических потерь.

## Литература

1. Kapsky, D. V., Pegin, P. A. (2015). Accident prediction methodology using conflict zone method for «transit transport - pedestrian» conflict situation and models of traffic flows at controlled intersection. *Science & Technique*. Volume 5. p. 46-52.
2. Pegin, P., Sitnichuk, E. (2017). The Effect of Sun Glare: Concept, Characteristics, Classification. *Transportation Research Procedia*. Volume 20. p. 474-479.
3. Врубель, Ю. А. (2003). Потери в дорожном движении. Минск: БНТУ. с. 306.
4. Врубель, Ю. А., Капский, Д. В., Кот, Е. Н. (2006). Определение потерь в дорожном движении. Минск. БНТУ. с. 240.
5. Инструкция о порядке исчисления и уплаты налога за пользование природными ресурсами (экологического налога). (2003). Минск. № 28. с. 44.
6. Капский, Д. В. (2006). Разработка методики определения экологических потерь в дорожном движении. *Безопаска дорожнього руху України*. Выпуск 1–2. с. 99–103.
7. Капский, Д. В. (2012). Методика определения экологических потерь с учетом транспортного шума. *Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт*. Выпуск 1 (24). с. 39–42.
8. Капский, Д. В. (2014). Экологические потери в дорожном движении. *Вестник Ижевского государственного технического университета*. Выпуск 3 (63) г. с. 163–167.
9. Капский, Д. В., Пегин, П. А. (2015). Основы аудита безопасности дорожного движения транспортных сооружений. *Хабаровск: Тихоокеан. гос. ун-т*. с. 143.
10. Кириллов, В. Ф., Филин, А. С. (2016). Измерение концентрации вредных веществ в воздухе (обзор). *Безопасность жизнедеятельности*. Выпуск 11. с. 9-14.
11. Мануйлов, М. Б., Московкин, В. М. (2016). Влияние поверхностного стока (дождевых и талых вод) на экологическую и техногенную ситуацию в городах. *Вода и экология: проблемы и решения*. Выпуск 4. с. 48-74.
12. Методика оценки эффективности внедрения мероприятий по организации дорожного движения: ДМД 02191.3.020-2009. (2009). Минск. ОНТИ РДУП «Белорусский дорожный научно-исследовательский институт «БелдорНИИ». с. 40.
13. Нормативно-техническая документация по определению выбросов вредных веществ. (2004). Минск. с. 34.
14. Пегин, П. А. (2003). Способ вертикально-углового дренирования. Патент на изобретение № 2206656, 2003. Официальный бюллетень «Изобретения. Полезные модели» № 17.
15. Пегин, П. А. (2007). Улучшение потребительских свойств автомобильной дороги с учетом солнечного ослепления водителя. *Транспортное строительство*. № 11. с. 4-6.
16. Пегин, П. А. (2015). Оценка влияния эффекта солнечного ослепления на пропускную способность автомагистрали. *Вестник Оренбургского государственного университета*. № 10 (129). с. 112-120.



16. Пегин, П. А., Беляев, А. В. (2001). Экологические технологии в дорожной отрасли. В Проблемы безопасности и совершенствования учебного процесса. Хабаровск, ХГТУ, с. 78-83.
17. Пегин, П. А., Корчагин, В. А. (2011). Влияние эффекта солнечного ослепления водителя на производительность автомобиля. Мир транспорта и технологических машин. № 2 (33). с. 76-82.
18. Пегин, П. А., Скирковский, С. В. (2017). Разработка алгоритма и компьютерной программы оптимизации параметров функционирования городского маршрутизированного транспорта. Вестник гражданских инженеров. № 1 (60). с. 277-287.
19. Проект технического кодекса установившейся практики «Правила расчета выбросов автотранспортом в населенных пунктах» (2006). Минск. с. 23.

## References

1. Kapsky, D. V., Pegin, P. A. (2015). Accident prediction methodology using conflict zone method for «transit transport - pedestrian» conflict situation and models of traffic flows at controlled intersection. Science & Technique. Volume 5. p. 46-52.
2. Pegin, P., Sitnichuk, E. (2017). The Effect of Sun Glare: Concept, Characteristics, Classification. Transportation Research Procedia. Volume 20. p. 474-479.
3. Vruble', YU. A. (2003). Poteri v dorozhnom dvizhenii. Minsk: BNTU. s. 306.
4. Vruble', YU. A., Kapskiy, D. V., Kot, E. N. (2006). Opredelenie poter' v dorozhnom dvizhenii. Minsk. BNTU. s. 240.
5. Instruktziya o poryadke ischisleniya i uplaty naloga za pol'zovanie prirodnyimi resursami (ekologicheskogo naloga). (2003). Minsk. № 28. s. 44.
6. Kapskiy, D. V. (2006). Razrabotka metodiki opredeleniya ekologicheskikh poter' v dorozhnom dvizhenii. Bezpeka dorozhnogo rukhu Ukraïni. Vypusk 1–2. s. 99–103.
7. Kapskiy, D. V. (2012). Metodika opredeleniya ekologicheskikh poter' s uchedom transportnogo shuma. Vestnik Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta transporta: Nauka i transport. Vypusk 1 (24). s. 39–42.
8. Kapskiy, D. V. (2014). E'kologicheskie poter' v dorozhnom dvizhenii. Vestnik Izhevskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Vypusk 3 (63) g. s. 163–167.
9. Kapskiy, D. V., Pegin, P. A. (2015). Osnovy audita bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya transportnykh sooruzheniy. Khabarovsk: Tikhookoan. gos. un-t. s. 143.
10. Kirillov, V. F., Filin, A. S. (2016). Izmerenie kontsentratsii vrednykh veshchestv v vozdukh (obzor). Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti. Vypusk 11. s. 9-14.
11. Manuylov, M. B., Moskovkin, V. M. (2016). Vliyaniye poverkhnostnogo stoka (dozhdevykh i ta-lykh vod) na ekologicheskuyu i tekhnogennuyu situatsiyu v gorodakh. Voda i ekologiya: problemy i resheniya. Vypusk 4. s. 48-74.
12. Metodika otsenki effektivnosti vnedreniya meropriyatiy po organizatsii dorozhnogo dvizheniya: DMD 02191.3.020-2009. (2009). Minsk. ONTI RDUP «Belorusskiy dorozhnyy nauchno-issledovatel'skiy institut «BeldorNII». s. 40.
13. Normativno-tekhnicheskaya dokumentatsiya po opredeleniyu vybrosov vrednykh veshchestv. (2004). Minsk. s. 34.
14. Pegin, P. A. (2003). Sposob vertikal'no-uglovogo drenirovaniya. Patent na izobretenie № 2206656, 2003. Ofitsial'nyy byulleten' «Izobreteniya. Poleznye modeli» № 17.
15. Pegin, P. A. (2007). Uluchsheniye potrebitel'skikh svoystv avtomobil'noy dorogi s uchedom solnechnogo oslepleniya voditelya. Transportnoe stroitel'stvo. № 11. s. 4-6.
16. Pegin, P. A. (2015). Otsenka vliyaniya efekta solnechnogo oslepleniya na propusknyuyu sposobnost' avtomagistrali. Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta. № 10 (129). s. 112-120.
17. Pegin, P. A., Belyaev, A. V. (2001). E'kologicheskie tekhnologii v dorozhnoy otrasli. V Problemy

bezopas-nosti i sovershenstvovaniya uchebnogo protsessa. Khabarovsk, KHGTU, s. 78-83.

17. Pegin, P. A., Korchagin, V. A. (2011). Vliyanie effekta solnechnogo oslepleniya voditelya na proizvoditel'nost' avtomobilya. Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. № 2 (33). s. 76-82.

18. Pegin, P. A., Skirkovskiy, S. V. (2017). Razrabotka algoritma i komp'yuternoy programmy optimizatsii par-ametrov funktsionirovaniya gorodskogo marshrutizirovannogo transporta. Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. № 1 (60). s. 277-287.

19. Proekt tekhnicheskogo kodeksa ustanovivsheysya praktiki «Pravila rascheta vybrosov avtotransportom v naseleennykh punktakh» (2006). Minsk. s. 23.