

УДК 656.13

Д. В. КАПСКИЙ, кандидат технических наук, Белорусский национальный технический университет, г. Минск, А. И. РЯБЧИНСКИЙ, доктор технических наук, Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет, Россия

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ С УЧЕТОМ ТРАНСПОРТНОГО ШУМА

Рассмотрены вопросы совершенствования методики определения экологических потерь на конфликтных объектах. Внесены совершенствования в методику определения потерь от вредных выбросов в атмосферу. Усовершенствована методика расчета экологических потерь от транспортного шума на регулируемых перекрестках и искусственных неровностях, отличающаяся учетом фактического времени движения каждого суммарного конфликтующего транспортного потока, а также особенностей его формирования. Разработано программное обеспечение для сокращения трудозатрат по определению экологических потерь на конфликтных объектах.

По Указу Президента Республики Беларусь разработана (с участием автора) Концепция обеспечения безопасности дорожного движения в Республике Беларусь, которая направлена на максимальную защищенность его участников, снижение общих (аварийных, экономических, экологических, социальных) потерь не менее чем на 25 % в 2015 году по сравнению с 2005 годом, в том числе сокращение не менее чем на 500 человек числа погибших в дорожно-транспортных происшествиях, поскольку государством учитывается социальная значимость дорожного движения [1].

Методика расчета экологических потерь на регулируемых перекрестках включает расчеты от выбросов в атмосферу и транспортного шума для исследуемых и эталонных условий [2]. При расчете потерь от выбросов в атмосферу рассчитывается экологический ущерб от общего объема произведенных выбросов, действующих на окружающую среду, опосредованно на человека, и непосредственно на человека (водителей, пассажиров, пешеходов и жителей близлежащих домов). Все транспортные потоки на перекрестке объединяются в два суммарных конфликтующих потока, движущихся по пересекающимся улицам, параметры которого определяются с учетом интенсивности, скорости и протяженности траектории входящих потоков. Для каждого из них определяются потери, которые затем суммируются.

В качестве базовой принята методика расчета экологических потерь, разработанная в соавторстве с кандидатами технических наук Врубелем Ю. А. и Котом Е. Н. [2]. В эту методику внесены изменения, которые повышают точность расчета.

Первое изменение касается учета выбросов в атмосферу при нерегулируемом режиме работы регулируемого перекрестка.

Из-за резкого падения интенсивности движения при нерегулируемом режиме, потери от действующих только на людей транспортного шума и приведенных (непосредственно к потребителям, т. е. людям) выбросов вредных веществ относительно невелики, поскольку учитываются только те величины, которые превышают некоторые пределы, нормативно установленные для выбросов и транспортного шума. Однако для произведен-

ных выбросов, которые накапливаются постоянно и действуют на окружающую среду (и опосредованно – на людей), необходимо учитывать все выбросы, независимо от интенсивности их производства, чего не было в базовой методике. В усовершенствованной методике этот учет производится с помощью поправочного коэффициента годового фонда времени (КТФ), увеличивающего расчетный объем произведенных выбросов от 1,14 до 1,2 раза, в зависимости от нагруженности улицы.

Второе изменение касается учета взаимного влияния выбросов в атмосферу и транспортного шума пересекающихся улиц. В базовой методике приведены довольно сложные зависимости, учитывающие это влияние. При этом автор, по-видимому, исходил из того, что оба транспортных потока экологически действуют на перекрестке одновременно. С этим можно было бы согласиться, особенно в части поворотных транспортных потоков, если бы они учитывались каждый по отдельности. Но ввиду наличия нижних пределов учета величин экологического воздействия, малоинтенсивные (т. е. в основном поворотные) потоки исключались бы из расчета, что неправильно. Поэтому в базовой методике использован принцип суммирования, при котором все транзитные и поворотные потоки объединяются в два (транзитные) расчетные суммарные транспортные потоки, каждый на пересекающейся улице. Но такие суммарные потоки, по определению, могут двигаться на перекрестке не одновременно, а только последовательно, один за другим, через переходные интервалы. Поэтому производится расчет потерь для каждого суммарного потока с последующим их суммированием.

Место измерения шума (рисунок 1): г. Минск, перекресток улицы Сурганова и проспекта Независимости, (сторона – возле «Академкниги», дата проведения замеров 16.09.09 г.; время замеров – с 11:30). Условия измерений: погода без осадков, покрытие проезжей части сухое, ровное.

Цель измерений – установить уровень транспортного шума. Проводились измерения на второстепенной и главной дороге в сечениях, расположенных на расстоянии 7,5 и 55 м соответственно от пересекаемых проезжих частей.

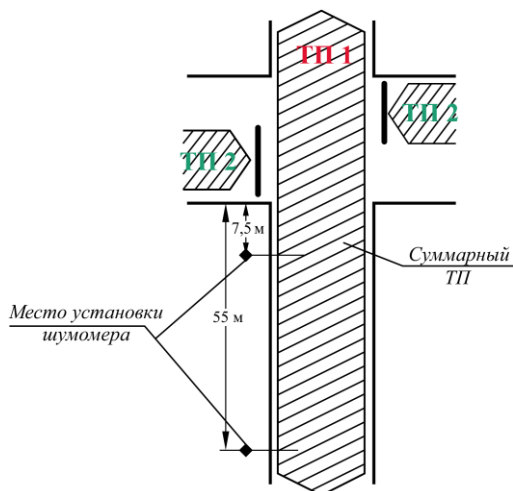


Рисунок 1 – Измерение транспортного шума на перекрестке

Одновременно с измерением шума фиксировались следующие параметры: интенсивность движения и состав транспортных потоков, а также скорость движения транспортных средств.

Исследования транспортного шума на регулируемых перекрестках выполнены совместно с кандидатом технических наук Данилко Б. М. (доцентом кафедры «Охрана труда») и ассистентом Кустенко А. А. (кафедра «Организация автомобильных перевозок и дорожного движения»), которые участвовали в выполнении замеров уровня транспортного шума. При проведении исследований использовалось поверенное оборудование аккредитованной лаборатории кафедры «Охрана труда» БНТУ). Результаты измерений приведены в таблицах 1, 2.

Таблица 1 – Результаты измерения транспортного шума по ул. Сурганова

Номер замера шума / Тип ТС	7,5 м 55 м										Итого
	Номер светофорного цикла, в котором проводились замеры										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Л	$\frac{54}{40}$	$\frac{58}{37}$	$\frac{41}{46}$	$\frac{51}{58}$	$\frac{43}{50}$	$\frac{53}{44}$	$\frac{51}{50}$	$\frac{49}{54}$	$\frac{58}{39}$	$\frac{57}{39}$	$\frac{515}{457}$
Г	$\frac{3}{4}$	$\frac{2}{1}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{2}{1}$	$\frac{4}{1}$	$\frac{2}{0}$	$\frac{6}{3}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{6}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{36}{19}$
Г>3,5	$\frac{0}{3}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{0}{2}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{18}{24}$
Автобус	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{4}{3}$
Троллейбус	$\frac{0}{2}$	$\frac{0}{1}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{4}{5}$
Итого ИД (физ. ед.)	$\frac{57}{49}$	$\frac{62}{41}$	$\frac{50}{51}$	$\frac{56}{61}$	$\frac{51}{57}$	$\frac{59}{47}$	$\frac{61}{57}$	$\frac{51}{56}$	$\frac{64}{43}$	$\frac{66}{46}$	$\frac{577}{508}$
К _{шн}											$\frac{1,08}{1,09}$
1	$\frac{76}{75}$	$\frac{76}{77}$	$\frac{75}{75}$	$\frac{73}{79}$	$\frac{77}{76}$	$\frac{80}{77}$	$\frac{76}{77}$	$\frac{78}{80}$	$\frac{76}{76}$	$\frac{82}{76}$	
2	$\frac{77}{79}$	$\frac{79}{77}$	$\frac{76}{78}$	$\frac{75}{77}$	$\frac{78}{78}$	$\frac{80}{76}$	$\frac{80}{76}$	$\frac{72}{77}$	$\frac{77}{77}$	$\frac{77}{81}$	
3	$\frac{75}{78}$	$\frac{80}{76}$	$\frac{77}{79}$	$\frac{73}{75}$	$\frac{78}{76}$	$\frac{75}{78}$	$\frac{76}{78}$	$\frac{76}{77}$	$\frac{75}{76}$	$\frac{76}{78}$	
Значение, дБА	$\frac{76,07}{77,64}$	$\frac{78,64}{76,69}$	$\frac{76,07}{77,64}$	$\frac{73,77}{77,30}$	$\frac{77,69}{76,77}$	$\frac{78,88}{77,07}$	$\frac{77,77}{77,07}$	$\frac{72,42}{78,24}$	$\frac{76,07}{76,36}$	$\frac{79,18}{78,82}$	$\frac{77,25}{77,48}$

Примечание – В числителе – значения замеров, которые получены при размещении измерительной аппаратуры на расстоянии 7,5 м от кромки проезжей части проспекта Независимости, в знаменателе – на расстоянии 55 м. Скорость движения транспортных потоков в исследуемом входе равна 27 и 29 км/ч соответственно при измерении на расстоянии 7,5 и 55 м от кромки проезжей части проспекта Независимости.

Таблица 2 – Результаты измерения транспортного шума по проспекту Независимости

Номер замера шума / Тип ТС	7,5 м 55 м										Итого
	Номер светофорного цикла, в котором проводились замеры										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Л	$\frac{86}{109}$	$\frac{105}{125}$	$\frac{123}{120}$	$\frac{108}{118}$	$\frac{124}{123}$	$\frac{106}{105}$	$\frac{106}{108}$	$\frac{100}{115}$	$\frac{112}{106}$	$\frac{126}{134}$	$\frac{1101}{1173}$
Г	$\frac{1}{0}$	$\frac{2}{1}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{0}{1}$	$\frac{2}{0}$	$\frac{0}{1}$	$\frac{0}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{9}{10}$
Г>3,5	$\frac{0}{0}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{0}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{1}$	$\frac{4}{3}$
Автобус	$\frac{0}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{2}{0}$	$\frac{2}{1}$	$\frac{3}{1}$	$\frac{4}{1}$	$\frac{0}{4}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{0}{2}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{14}{12}$
Итого ИД (физ. ед.)	$\frac{87}{120}$	$\frac{109}{127}$	$\frac{127}{123}$	$\frac{112}{123}$	$\frac{127}{125}$	$\frac{112}{106}$	$\frac{107}{113}$	$\frac{102}{116}$	$\frac{118}{109}$	$\frac{127}{136}$	$\frac{1125}{1198}$

Номер замера шума / Тип ТС	7,5 м 55 м										Итого
	Номер светофорного цикла, в котором проводились замеры										
К _{шн}	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Итого
К _{шн}											1,02 1,02
1	$\frac{77}{77}$	$\frac{78}{76}$	$\frac{78}{76}$	$\frac{79}{76}$	$\frac{77}{77}$	$\frac{75}{78}$	$\frac{77}{77}$	$\frac{77}{76}$	$\frac{76}{76}$	$\frac{79}{76}$	
2	$\frac{76}{77}$	$\frac{76}{78}$	$\frac{77}{78}$	$\frac{76}{78}$	$\frac{76}{78}$	$\frac{78}{78}$	$\frac{79}{78}$	$\frac{76}{77}$	$\frac{78}{78}$	$\frac{78}{78}$	
3	$\frac{80}{77}$	$\frac{79}{79}$	$\frac{78}{79}$	$\frac{77}{79}$	$\frac{78}{79}$	$\frac{80}{79}$	$\frac{79}{79}$	$\frac{79}{78}$	$\frac{79}{78}$	$\frac{80}{79}$	
Среднее значение, дБА	$\frac{78,01}{77,00}$	$\frac{77,83}{77,84}$	$\frac{77,69}{77,84}$	$\frac{77,51}{77,84}$	$\frac{77,01}{78,07}$	$\frac{78,12}{78,36}$	$\frac{78,43}{78,07}$	$\frac{77,33}{77,07}$	$\frac{77,83}{77,43}$	$\frac{79,07}{77,84}$	$\frac{77,88}{77,90}$

Примечание – В числителе – значения замеров, которые получены при размещении измерительной аппаратуры на расстоянии 7,5 м от кромки проезжей части ул. Сурганова, в знаменателе – на расстоянии 55 м, Скорость движения транспортных потоков в исследуемом входе равна 39,3 и 38,5 км/ч соответственно при измерении на расстоянии 7,5 и 55 м от кромки проезжей части проспекта Независимости.

Таким образом, по результатам измерений, установлено, что уровень транспортного шума в сечениях улиц, находящихся на удалении 7,5 и 55 м от кромки пересекаемой проезжей части улицы, примерно, одинаков:

ул. Сурганова – 77,25 и 77,48 дБА;
 проспект Независимости – 77,88 и 77,90 дБА.

Были проведены исследования на высоконагруженном перекрестке улиц Орловской и Карастояновой (сторона – возле церкви; дата проведения замеров 09.11.09 г.; время замеров – с 11:30). Условия измерений: погода без осадков, покрытие проезжей части сухое, ровное. Результаты измерений приведены в таблицах 3, 4.

Таблица 3 – Результаты измерения транспортного шума по ул. Карастояновой

Номер замера шума / Тип ТС	7,5 м 55 м					
	Номер светофорного цикла, в котором проводились замеры					
	1	2	3	4	5	Итого
Л	$\frac{27}{30}$	$\frac{27}{31}$	$\frac{21}{20}$	$\frac{18}{19}$	$\frac{21}{22}$	$\frac{114}{122}$
Г	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{2}{1}$	$\frac{2}{1}$	$\frac{7}{6}$
Г>3,5	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$
Автобус	$\frac{0}{2}$	$\frac{0}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{1}{4}$
Троллейбус	$\frac{1}{0}$	$\frac{0}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{3}{3}$
Итого ИД (физ. ед.)	$\frac{29}{35}$	$\frac{28}{33}$	$\frac{24}{23}$	$\frac{21}{21}$	$\frac{22}{23}$	$\frac{125}{135}$
К _{шн}						$\frac{1,05}{1,07}$
1	$\frac{71}{75}$	$\frac{70}{74}$	$\frac{73}{73}$	$\frac{72}{72}$	$\frac{70}{73}$	
2	$\frac{71}{73}$	$\frac{72}{73}$	$\frac{72}{72}$	$\frac{73}{73}$	$\frac{71}{74}$	
3	$\frac{72}{73}$	$\frac{72}{73}$	$\frac{73}{73}$	$\frac{72}{73}$	$\frac{73}{72}$	
Среднее значение, дБА	$\frac{71,33}{73,67}$	$\frac{71,33}{73,33}$	$\frac{72,67}{72,67}$	$\frac{72,33}{72,67}$	$\frac{71,33}{73,06}$	$\frac{71,84}{73,12}$

Примечание – В числителе – значения замеров, которые получены при размещении измерительной аппаратуры на расстоянии 7,5 м от кромки проезжей части ул. Орловская, в знаменателе – на расстоянии 55 м.

Скорость движения транспортных потоков в исследуемом входе равна 28,2 и 25,5 км/ч соответственно при измерении на расстоянии 7,5 и 55 м от кромки проезжей части ул. Орловская.

Таблица 4 – Результаты измерения транспортного шума по ул. Орловская

Номер замера шума / Тип ТС	7,5 м 55 м					
	Номер светофорного цикла, в котором проводились замеры					
	1	2	3	4	5	Итого
Л	$\frac{80}{47}$	$\frac{67}{78}$	$\frac{69}{69}$	$\frac{57}{89}$	$\frac{54}{59}$	$\frac{327}{342}$
Г	$\frac{6}{6}$	$\frac{8}{4}$	$\frac{4}{6}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{26}{25}$
Г>3,5	$\frac{0}{2}$	$\frac{2}{1}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{2}{0}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{11}{9}$
Автобус	$\frac{0}{1}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{1}$	$\frac{1}{2}$
Троллейбус	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{1}{2}$
Итого ИД (физ. ед.)	$\frac{86}{56}$	$\frac{77}{83}$	$\frac{77}{78}$	$\frac{65}{94}$	$\frac{63}{69}$	$\frac{369}{380}$
К _{шн}						$\frac{1,08}{1,07}$
1	$\frac{77}{80}$	$\frac{75}{80}$	$\frac{75}{75}$	$\frac{73}{73}$	$\frac{79}{80}$	
2	$\frac{78}{82}$	$\frac{78}{77}$	$\frac{77}{79}$	$\frac{73}{75}$	$\frac{76}{79}$	
3	$\frac{77}{78}$	$\frac{79}{78}$	$\frac{76}{77}$	$\frac{75}{71}$	$\frac{79}{79}$	
4	$\frac{75}{75}$	$\frac{77}{77}$	$\frac{75}{83}$	$\frac{76}{72}$	$\frac{78}{79}$	
5	$\frac{77}{75}$	$\frac{73}{76}$	$\frac{83}{77}$	$\frac{80}{75}$	$\frac{79}{78}$	
6	$\frac{77}{75}$	$\frac{74}{78}$	$\frac{76}{76}$	$\frac{77}{76}$	$\frac{78}{78}$	
Среднее значение, дБА	$\frac{76,82}{77,45}$	$\frac{75,97}{77,65}$	$\frac{76,95}{77,79}$	$\frac{75,63}{73,64}$	$\frac{78,16}{78,83}$	$\frac{76,70}{77,05}$

Примечание – В числителе – значения замеров, которые получены при размещении измерительной аппаратуры на расстоянии 7,5 м от кромки проезжей части ул. Карастояновой, в знаменателе – на расстоянии 55 м.

Скорость движения транспортных потоков в исследуемом входе равна 32,0 и 35,1 км/ч соответственно при измерении на расстоянии 7,5 и 55 м от кромки проезжей части ул. Карастояновой.

Таким образом, по результатам измерений установлено, что уровень транспортного шума в сечениях улиц, находящихся на удалении 7,5 и 55 м от кромки пересекаемой проезжей части улицы, примерно, одинаков: ул. Карастояновой – 71,84 и 73,12 дБА, ул. Орловская – 76,70 и 77,05 дБА.

Проведенные экспериментальные исследования показали, что экологическое воздействие в данной конкретной точке перекрестка имеет циклический характер и зависит от времени прохождения через перекресток тех или иных транспортных потоков.

Таким образом, исходя из полученных результатов, расчеты взаимного влияния суммарных транспортных потоков, приведенные в базовой методике, опускаются, а суммарные потери на перекрестке определяются суммированием потерь на каждой из пересекающихся (примыкающих) улицах с учетом доли зеленого сигнала в цикле.

Третье изменение касается формирования расчетного суммарного транспортного потока на пересекающейся улице. В базовой методике в него входят транзитные потоки с обоих направлений и целиком поворотные потоки, только выходящие с этой улицы, но не входят поворотные потоки, входящие на нее. При значительном отличии интенсивностей поворотных потоков с пересекающихся улиц это вносит значимую дополнительную погрешность в расчеты. Поэтому предлагается учитывать все поворотные потоки на данной улице, но ее целиком, а только на таком (по длине) участке, на котором поворотный поток находится именно на исследуемой улице.

Исследования проводились следующей аппаратурой: шумомер-анализатор спектра «ОКТАВА 101А» (дата поверки: 09.06.2011 г., свидетельство № 04А462. Диапазон уровня измеряемого звука – 22–145 дБА; погрешность – $\pm 0,7$ дБА) и виброметр общей и локальной вибрации «ОКТАВА 101В» (свидетельство № 04В411, № 3134-47, 20.04.2011 г. Диапазон измеряемого уровня вибрации – 70–145 дБ, погрешность – $\pm 0,5$ дБ).

Получено 20.03.2012

D. V. Kapsky, A. I. Rjabchinsky. Method of determining the environmental losses-accounting for traffic noise.

In article deals with issues of improving the methodology for determining the ecology losses due to the road conflict objects. Made to improve the methodology for determining loss of harmful emissions into the atmosphere. The studies of road traffic noise caused by the movement of road traffic controlled junctions that allow improved method for determining losses from road traffic noise. As a result of research developed an improved method of calculation of ecology losses in the controlled intersections and road humps, which differ based on the actual travel time for each of the total conflicting road traffic, the formation of the total estimated road traffic flow. Appropriate software to reduce labor costs to determine the ecology losses due to the road conflict objects.

Экспериментальные исследования выполнены на базе испытательной лаборатории кафедры "Охрана труда" Белорусского национального технического университета, которая аккредитована Республиканским унитарным предприятием «Белорусский государственный центр аккредитации» (Национальным органом по аккредитации Республики Беларусь, аттестат аккредитации № ВУ/112 02.1.0.0096, дата выдачи: 29.12.1995 г., дата окончания: 28.01.2016 г.).

Выводы. Таким образом, разработана усовершенствованная методика расчета экологических потерь на регулируемых перекрестках и искусственных неровностях, отличающаяся учетом фактического времени движения каждого суммарного конфликтующего транспортного потока, формирования суммарного расчетного транспортного потока.

Разработаны компьютерные программы расчета потерь на регулируемых перекрестках и искусственных неровностях [3, 4], включающие блок расчета экологических потерь. Программные продукты позволяют сократить трудозатраты на проведение расчетных работ, оценить и оптимизировать (по критерию минимизации суммарных потерь) принимаемые решения по повышению безопасности дорожного движения.

Список литературы

1 Концепция обеспечения безопасности дорожного движения в Республике Беларусь, 2006 г. : постановление Совета Министров Респ. Беларусь 14 июня 2006 г. № 757. – Минск, 2006.

2 Врубель, Ю. А. Определение потерь в дорожном движении / Ю. А. Врубель, Д. В. Капский, Е. Н. Кот. – Минск : БНТУ, 2006. – 240 с.

3 HumpLIRT : Свидетельство о регистрации компьютерной программы № 183 / Д. В. Капский. – опубли. 11.06.2010 / Нац. центр интеллектуальной собственности.

4 EcoRoad v.1.00 : Свидетельство о регистрации компьютерной программы № 349 / Д. В. Капский, А. А. Кустенко, Д. В. Мозалевский, А. В. Коржова, В. Н. Кузьменко, А. Н. Полховская, Е. Н. Горелик ; опубли. 19.08.2011 / Нац. центр интеллектуальной собственности.