

**ОЦЕНКА ЕЖЕГОДНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА
ГОРОДСКИМ ЖИТЕЛЯМ, НАНОСИМОГО
УВЕЛИЧЕНИЕМ АВТОМОБИЛЬНЫХ ВЫБРОСОВ
В НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТАХ**

**ASSESSMENT OF THE ANNUAL ENVIRONMENTAL DAMAGE
TO URBAN RESIDENTS CAUSED BY THE INCREASE
IN AUTOMOBILE EMISSIONS IN SETTLEMENTS**

Врубель Ю.А., канд. техн. наук, доц.,
Капский Д.В., д-р техн. наук, доц.,
Коржова А.В., маг. техн. наук, инженер,
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Беларусь

Y. Vrubel, Ph.D. in Engineering, Associate professor,
D. Kapski, Doctor of technical Sciences, Associate professor,
A. Korzhova, Master of Science (Engineering), researcher,
Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

В настоящее время негативные аспекты автомобилизации по существу приняли глобальный характер. Поэтому, на сегодняшний момент важно разрабатывать и принимать к исполнению правовые документы, направленные на снижение негативных аспектов, которые влечет быстрый рост количества транспортных средств и интенсивности их использования.

Целью данной статьи является оценка числа ежегодно погибающих городских жителей в результате повышенного уровня выбросов вредных веществ от автомобилей из-за неоптимальной организации дорожного движения. Объектом исследования являются уровень автомобилизации и активность использования легкового автомобиля. Предмет исследования – статистические данные.

Ключевые слова: автомобилизация, заболеваемость, смертность, фактор риска, регрессионный анализ.

Currently, the negative aspects of motorization are essentially global in nature. Therefore, at the moment it is important to develop and adopt legal documents aimed at reducing the negative aspects that lead to a rapid increase in the number of vehicles and the intensity of their use.

The purpose of this article is to estimate the number of annually dying urban residents as a result of increased levels of emissions of harmful substances from cars due to the non-optimal organization of traffic. The object of the study is the level of motorization and activity of the use of a car. The subject of the research is statistical data.

Key words: motorization, morbidity, mortality, risk factor, regression analysis.

Введение

Дорожный транспорт, оказывающий обществу до 70 % всего объема транспортного обслуживания, представляет собой огромную социально-производственную систему. В эту систему входят такие подсистемы, как дороги, транспортные средства, автомобильные перевозки, подготовка кадров, организация дорожного движения и др. Дорожное движение, в котором непосредственно производится транспортная услуга, функционально входит в подсистему организации дорожного движения, целью которой является упорядочение процесса движения и повышения его качества. Целью остальных подсистем и звеньев системы дорожного транспорта является создание надлежащих условий для нормального функционирования процесса дорожного движения и минимизации последствий неизбежных издержек этого процесса.

Качество дорожного движения – это совокупное свойство, оценивающее степень соответствия дорожного движения своему назначению. Качество дорожного движения включает такие свойства, как аварийность, экологичность, экономичность и социологичность, а также производительность, надежность и комфортабельность. Как представляется, первые четыре свойства – аварийность, экологичность, экономичность и социологичность – являются главными и в достаточной, хотя и не в полной мере оценивают наиболее важные и востребованные стороны процесса дорожного движения. Остальные свойства – производительность, надежность и комфортабельность, также оценивают важные стороны процесса движения, но не столь

востребованные. Более того, эти свойства в значительной степени реализуются через главные свойства. Например, недостаточная производительность чаще всего проявляется в случаях неоптимального регулирования и, как правило, оценивается совокупностью основных свойств, и лишь крайне редко она проявляется самостоятельно в виде недостаточной пропускной способности. Надежность дорожного движения также проявляется крайне редко – только в случаях природных или техногенных потрясений. Что касается комфортабельности дорожного движения, то она в значительной мере относится к области социальных отношений. В данной работе будут рассматриваться только четыре главные свойства дорожного движения, которые в достаточной (для стандартных задач) степени определяют его качество.

Качество дорожного движения или его отдельных свойств можно оценить по величине потерь в дорожном движении – чем меньше потери, тем выше качество.

Экологические потери – это стоимость превышающих минимальные значения выбросов вредных веществ в атмосферу, загрязнения воды и почвы, воздействия шума, вибрации и электромагнитных излучений. Основными причинами повышенного уровня экологических потерь являются: перегрузки отдельных участков улично-дорожной сети; повышенный уровень маневрирования интенсивных потоков, включая торможения, остановки и разгоны; вынужденное снижение скорости и движение на неэкономичных режимах; перепробег в любых его проявлениях; неудовлетворительное техническое состояние транспортных средств и т.д. Даже, казалось бы, такие «полезные» начинания, как понижение установленного предела скорости, установка искусственных препятствий на нагруженных улицах или обязательное включение головного света в дневное время при хорошей видимости, приводят к повышенному расходу топлива и увеличению экологических (не говоря уже об экономических) потерь, что многократно перечеркивает кажущиеся «выигрыши».

В экологических потерях следует различать произведенный и потребленный вред. Одно дело, когда нагруженная городская магистраль проложена через незаселенную, например, промышленно-складскую зону, и совсем другое дело, когда эта же магистраль вплотную примыкает к жилым зданиям, больницам, дет-

ским учреждениям и т.п. Очевидно, при одинаковом произведенном вреде потребленный вред во втором случае будет несопоставимо бóльшим.

Экологические потери характеризуются тем коварным свойством, что их действие отложено во времени на довольно значительный период. В результате, сегодняшнее поколение пожинает плоды экологической деятельности прошлых поколений, а плоды нашей деятельности будут пожинать потомки. Опасность заключается в том, что результаты могут оказаться непредсказуемо страшными, к примеру, исчезновение озонового слоя или генетические изменения в самом человеке.

В общем, здоровье населения обусловлено комплексным воздействием факторов, определяющихся образом жизни человека, состоянием среды его обитания (атмосферного воздуха, воды, почвы, уровня благосостояния общества и др.), наследственностью, состоянием здравоохранения [1, 8, 9]. Факторы, потенциально опасные для здоровья человека и способствующие возникновению заболеваний, называются факторами риска. Классификация факторов риска представлена в таблице 1.

Автомобилизация – процесс, ведущий к возникновению и (или) росту влияния двух из перечисленных в таблице 1 факторов риска – содержание опасных соединений в атмосферном воздухе и снижение физической активности. В данной статье рассмотрены именно эти факторы риска.

В «Концепции обеспечения безопасности дорожного движения в Республике Беларусь» [12], разработанной согласно Указу Президента Республики Беларусь № 551 от 28 ноября 2005 года и утвержденной Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 14 июня 2006 г. № 757, указано, что дорожное движение содержит не одну, а четыре основные угрозы – аварийную, экологическую, социальную и экономическую. Повышение качества дорожного движения подразумевает снижение потерь во всех видах опасности, но никак не снижение потерь в одном виде за счет многократного их увеличения в других видах. Более того, установлено, что применение искусственных неровностей в исторических трендах снижения аварийности не обеспечило [10,11,13].

Таблица 1 – Классификация факторов риска [1]

| | | |
|---------------|-------------------------|--|
| Факторы риска | Социально-экономические | Низкий уровень благосостояния; неблагоприятные условия труда; семейно-бытовые проблемы |
| | Социально-биологические | Отягощенная наследственность; психологическая дезадаптация; перенесенные заболевания |
| | Социально-гигиенические | Вредные привычки; несбалансированное питание; низкая физическая активность; нерациональный режим труда и отдыха; низкий уровень медицинской грамотности |
| | Эколого-гигиенические | Содержание опасных соединений в воде; неблагоприятные климатические условия; содержание опасных соединений в почве; содержание опасных соединений в пищевых продуктах; содержание опасных соединений в атмосферном воздухе |
| | Медико-организационные | Низкий уровень квалификации персонала; несоответствие медицинских услуг стандартам; низкий уровень доступности и качества помощи; низкий уровень медицинской активности пациентов |

Качество дорожного движения, которое определяется совокупностью его основных свойств – безопасности (аварийности), экологичности, экономичности и социологичности, должно оцениваться комплексно, с учетом всех составляющих, особенно экологического воздействия, которое так отсрочено и опосредованно действует на участников дорожного движения – все население страны. Если не использовать критерий «потери», то качество каждого из этих свойств определяется отдельно по своим частным оценочным критериям, которые несовместимы для разных свойств, что сильно затрудняет оценку совокупного (по всем основным свойствам) качества дорожного движения.

1. Общие положения

Целью «Оценки» является информирование о масштабах одного из подвидов экологических потерь из-за игнорирования существующей ОДД экологической угрозы. Поскольку экологические потери, из-за увеличения «тесноты» и ухудшения режима движения, увеличиваются, по нарастающей, немного быстрее роста числа автомобилей, то отношение ОДД к экологии, в какой-то мере допустимое еще несколько десятилетий назад, при 50 авт./1000 жителей, совершенно неприемлемо сегодня, при уровне порядка 400 авт./1000 жителей, поскольку уже реально угрожает здоровью нации.

Сначала, по данным ЕС, будет определена доля городских жителей, ежегодно умирающих от болезней, связанных с экологией. Затем по этой доле будет оценено число городских жителей Беларуси, ежегодно умирающих от болезней, связанных с автомобильными выбросами в городах, в начале и конце исследуемого 10-летнего периода (с 2006 по 2016 гг.), *без учета* увеличения объема выбросов исключительно по вине ОДД. Затем будет оценена доля увеличения выбросов исключительно по вине ОДД в общем объеме увеличения выбросов за исследуемый 10-летний период. Наконец, будет оценено число горожан, ежегодно умирающих из-за увеличения автомобильных выбросов в городах исключительно по вине ОДД и сделано сравнение его с числом спасенных в «городских» авариях.

2. Оценка доли горожан, ежегодно умирающих от «экологических» болезней (по данным европейского союза)

Исходные данные:

| | |
|---|---------------------|
| – число людей, ежегодно умирающих в ЕС от «экологических» болезней..... | 400·10 ³ |
| – население ЕС..... | 502·10 ⁶ |
| – продолжительность жизни..... | 80 |
| – число городских жителей..... | 380·10 ⁶ |
| – принято, что доля городских жителей, умирающих от «экологических» болезней, в 2 раза, больше, чем эта доля сельских жителей | |

$$\Delta_3 = 400 \cdot 10^3 : [(380 \cdot 10^6 + 61 \cdot 10^6) : 80] = 0,072.$$

3. Оценка числа городских жителей Беларуси, ежегодно умирающих от автомобильных выбросов в городах без учета увеличения объема этих выбросов по вине ОДД

Исходные данные:

| | |
|--|-----------|
| – население Беларуси..... | 9 680 000 |
| – продолжительность жизни | 73 |
| – доля городских жителей | 0,763 |
| – доля автомобильных выбросов в экологическом загрязнении городов..... | 0,5 |
| – увеличение числа автомобилей за рассматриваемый период (10 лет)..... | 1,5 |

$$N_{e2007} = 9\,680\,000 : 73 \cdot 0,763 \cdot 0,072 \cdot 0,5 = 3642;$$

$$N_{e2016} = 3642 \cdot 1,5 = 5463.$$

4. Оценка доли увеличения объема автомобильных выбросов в городах за исследуемый период по вине ОДД

Объем выбросов автомобиля, при прочих равных условиях, зависит от объема сжигаемого топлива, качества его сгорания и продолжительности нахождения автомобиля на исследуемом участке. Эти факторы определяются режимом движения, включающим скорость и равномерность движения, наличие торможений, остановок, простоев и разгонов. Относительный (по отношению к условной 1) объем выбросов оценивается коэффициентом K_{mv} , который показывает, во сколько раз исследуемый объем выбросов отличается от эталонного, равного 1. В качестве эталона принят объем выбросов при равномерном движении автомобиля со скоростью 60 км/ч (16,67 м/с) с расходом топлива 1 см³/с (3,6 л/ч или 6 л/100 км) и идеальном сгорании топлива, оцениваемом 1. При простое автомобиля с работающим двигателем удельный расход топлива принят равным 0,278 см³/с (1 л/ч), а при разгоне – 1,5 см³/с (5,4 л/ч). В результате, при простое автомобиля с работающим двигателем удельный объем выбросов равен $K_{mv}^0 = 0,278 \times 2,5 = 0,7$, а при разгоне – $K_{mv}^0 = 1,5 \times 2,5 = 3,75$. Поскольку торможение может осуществляться тормозной системой ($K_{mv}^0 = 1$), накатом ($K_{mv}^0 \approx 0,7$) или двигателем ($K_{mv}^0 > 1$), то принято, что $K_{mv}^0 = 1$.

Используя эти исходные данные и некоторые допущения, ниже приведены значения коэффициентов K_{mv} , с учетом времени нахождения автомобиля на исследуемом участке, для типовых объектов городской улично-дорожной сети, а также возможные способы их снижения.

Регулируемый перекресток без поворотных потоков, или пешеходный переход на нагруженных улицах без координации.

Режим: остановка – простой 5 с – разгон до скорости 60 км/ч при ускорении 3 м/с² (продолжительностью 5,55с).

$K_{mv} = 8,7$; снижение до минимума ($K_{mv} = 1$) достигается действенной координацией.

Регулируемый перекресток с поворотным движением (20 %) на нагруженных улицах без координации.

Режим движения поворотных потоков: остановка и простой 5 с перед стоп-линией – разгон – перемещение – остановка и простой 20 с перед главным встречным потоком (для левого поворота), и перед пешеходами (для правого поворота).

$K_{mV} = 10,2$; снижается до $K_{mV} = 1,6$ действенной координацией.

Пешеходный переход со светофорным регулированием типа «Выбор».

Устанавливается на ненагруженных улицах, работает в режиме желтого мигания; пешеход, в зависимости от обстановки, имеет право выбора режима перехода – либо без задержки, в нерегулируемом режиме, на желтый мигающий сигнал, либо, после нажатия кнопки, с задержкой порядка 8 с – на зеленый (а транспорту – красный) сигнал. Режим движения: остановка – простой 8 с – разгон до 60 км/ч; вероятность остановки – 0,15.

$K_{mV} = 1,4$.

Регулируемый пешеходный переход с пешеходно-вызывным устройством (ПВУ).

Режим движения: остановка – простой 13 с – разгон до 60 км/ч; вероятность остановки – 0,2.

$K_{mV} = 2,1$.

На нагруженных улицах снижение до $K_{mV} = 1$ достигается действенной координацией; на ненагруженных улицах снижение до $K_{mV} = 1,4$ возможно путем перехода на регулирование типа «Выбор».

Искусственная неровность перед пешеходным переходом.

Режимы движения:

1 – на переходе имеются пешеходы: торможение – остановка и простой 10 с – разгон до скорости 20 км/ч – проезд препятствия на этой скорости – разгон до скорости 60 км/ч. Вероятность режима – 0,2. $K_{mV} = 7,0$.

2 – на переходе нет пешеходов: торможение до 20 км/ч – переезд препятствия на этой скорости – разгон до скорости 60 км/ч. Вероятность режима – 0,8. $K_{mV} = 5,4$.

$$K_{mV\text{ИИИ}} = 7,0 \times 0,2 + 5,4 \times 0,8 = 5,7.$$

Уменьшение выбросов до $K_{mv} = 1$ возможно на нагруженных улицах путем организации регулируемого пешеходного перехода с включением его в систему координации. На ненагруженных улицах уменьшение выбросов до $K_{mv} = 1,5 \div 2$ может быть достигнуто организацией регулируемых пешеходных переходов с ПВУ или типа «Выбор». На всех нерегулируемых пешеходных переходах водители и, особенно, пешеходы нуждаются в игнорируемой ОДД технической и правовой помощи для оценки опасности конфликта транспорт – пешеход.

Уличные заторы (пробки).

Режим движения (условный): простой транспорта на нескольких перегонах до заторообразующего перекрестка в течение времени горения на нем запрещающего сигнала – разгон и движение со скоростью порядка $20 \div 30$ км/ч в течение времени горения разрешающего сигнала на заторообразующем перекрестке с последующим повторением приведенного цикла. Средняя скорость движения находится в пределах $10 \div 15$ км/ч.

$K_{mv} \approx 10$ (см.; приложение 3а, п. 5).

Заторы устраняются путем организации гибкого координированного регулирования, увеличения пропускной способности на критических перекрестках в «заторовом» направлении и т.д.

Неравномерность движения на нагруженных улицах.

Она характеризует общий уровень ОДД, включая экологию. В приложении 3а на рис. 1–4 показана неравномерность движения на нагруженных улицах г. Минска. Значения коэффициента K_{mv} , определенных по графику на рис. 5, находятся в пределах от 7,5 при средней скорости 19 км/ч, до 2,5 при средней скорости 42 км/ч. Средние значения: $K_{mv} = 5$ при скорости $V_{cp} = 30$ км/ч.

Таким образом, по вине ОДД, средняя скорость движения 30 км/ч является явно заниженной, а средний уровень выбросов $K_{mv} = 5$, для наших современных, послевоенных улиц, явно завышен. Тем более, что даже при существующей ОДД мы имеем пример увеличения почти в 1,5 раза (до 42 км/ч) средней скорости, при снижении в два раза (до $K_{mv} = 2,5$) уровня выбросов. Это говорит о больших возможностях и реальности снижения уровня автомобильных выбросов в наших городах методами ОДД.

Оценка доли дополнительных выбросов по вине ОДД.

Из приведенного следует, что объем автомобильных выбросов на наших нагруженных улицах, на которые приходится более 70 % объема городского автомобильного движения, относительно большой, $K_{mv} = 5$, и имеются реальные возможности его снижения в 2 раза. К сожалению, существующая ОДД игнорирует экологию и не использует эти возможности, что приводит к невынужденным потерям. Однако, эта ситуация является типовой и, в той или иной мере, учтена при определении доли горожан, умирающих от экологических проблем, $\Delta_3 = 7,2$.

Здесь же, для целей данной «Оценки» рассматриваются «дополнительные» выбросы по вине ОДД, которые, очевидно, не были учтены при определении Δ_3 .

1 – опережающее увеличение объема выбросов при увеличении количества автомобилей. Это происходит потому, что на улицах становится «теснее» и заметно ухудшаются режимы движения, что дополнительно увеличивает объем выбросов. Темпы увеличения выбросов зависят от загрузки улиц – чем выше загрузка, тем больше увеличиваются выбросы. Для наших улиц с загрузкой, приближающейся к высокой, увеличение выбросов, по оценкам, находится в пределах 15 %.

2 – использование в целях снижения числа погибших в «городских» авариях антиэкологических методов и приемов. Речь идет о преднамеренном ухудшении режимов движения, в т.ч. и установкой около 6 тысяч антисоциальных, экономических и экологических искусственных неровностей, каждая из которых в 80 % времени абсолютно бессмысленно (пешеходов нет) увеличивает выбросы в 5,4 раза. Доля этих выбросов в общем объеме составляет, по оценкам, 10–15%.

3 – нечеткая формулировка и неправильное толкование разрешения нерегулируемого конфликта транспорт-пешеход заставляет водителя невынужденно останавливаться с последующим разгоном, что увеличивает выбросы в 4 раза. Этот и другие, не рассматриваемые здесь источники дополнительных выбросов оцениваются величиной порядка 5 %.

В сумме, дополнительные выбросы, по оценкам, составляют около 30–35 %. В качестве расчетного принято увеличение выбросов на 25 %.

В этом случае, число горожан, ежегодно умирающих из-за «дополнительных» выбросов по вине ОДД равно:

$$N_{e\ 2016\ доп.} = 5\ 463 \times 0,25 = 1365.$$

Это значит, что за каждого человека из 370, спасенных в «городских» авариях, кроме больших социальных и экономических потерь, мы платим жизнью 3-х горожан, умирающих от «экологических» болезней из-за увеличения выбросов по вине ОДД, что неприемлемо.

В данной статье на основе статистических данных выполнена оценка числа погибающих ежегодно городских жителей в результате недостатков в организации дорожного движения, которые вызывают повышение уровня выбросов вредных веществ в ареалах обитания. Такие результаты позволяет констатировать целесообразность признания проблемы автомобилизации и разработки на государственном уровне целенаправленной стратегии по сдерживанию роста автомобилизации и степени использования автомобилей, особенно в городах, а также мероприятий, повышающих качество дорожного движения методами его организации (введение координированного регулирования, адаптивного управления движением, оптимизацию (приоритезацию) движения маршрутного пассажирского транспорта и пр.).

Необходимо разработать такие модели, которые учитывали бы экономическую и социальную составляющие экологического ущерба, зависящие от объема ВВП, учитывающие реальные и возможные страховые выплаты, время не трудоспособности граждан, смертность по причине экологического воздействия и т.д. Необходимо определять фактические и тем более прогнозируемые общие издержки процесса движения, включая вынужденные и невынужденные. Для этого должны быть разработаны действенные методики экспериментального определения (измерения) и прогнозирования всех издержек во всех четырех основных свойствах дорожного движения. При этом серьезную проблему представляет сбор и первичная обработка исходных данных, что обусловлено особенностями процесса дорожного движения – массовостью, рассредоточенностью, неравномерностью, непрерывностью и т.д.

Необходимо осуществить выбор критериев, разделяющих фактические издержки на вынужденные и невынужденные. Например, из

чего исходить при определении потерь от выбросов вредных веществ в атмосферу, если минимальные выбросы имеют место при скорости потока порядка 60–70 км/ч, а разрешенная скорость на загородных дорогах составляет 90 км/ч и на автомагистралях – 120 км/ч.

Имеются сложности с определением социально-экономической стоимости издержек, особенно имеющих значимую социальную составляющую. В первую очередь это относится к аварийным и экологическим потерям. Следует проводить исследования с точки зрения разработки моделей определения социальных составляющих экологических потерь.

Литература

1. Факторы, влияющие на здоровье населения. Классификация. Заболевания, связанные с факторами риска [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.studfiles.ru/preview/2548073/>. Дата доступа 08.03.17.

2. Физическая активность и здоровье в Европе / Публикация // Всемирная организация здравоохранения. Европа; Под редакцией: Nick Cavill, Sonja Kahlmeier и Francesca Racioppi. Дания, 42 с.

3. Загрязнение автотранспортом окружающей среды [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ustroistvo-avtomobilya.ru/sistemy-snizheniya-toksichnosti/zagryaznenie-avtotransportom>. Дата доступа 7.03.17.

4. Здоровье и население Республике Беларусь / Статистический сборник // Национальный статистический комитет Республики Беларусь; редкол.: В.И. Зиновский [и др.]. – Минск (2014), 218 с.

5. Данные о сети, кадрах организаций здравоохранения и заболеваемости населения в Республике Беларусь: Статистический бюллетень. Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Минск (2016), 51 с.

6. Транспорт и связь в Республике Беларусь: Статистический сборник. Национальный статистический комитет Республики Беларусь; редкол.: И.В. Медведева [и др.]. Минск (2016), 115 с.

7. Энергетическая статистика [Электронный ресурс] Национальный статистический комитет Республики Беларусь. Гомель, 2016. Режим доступа: http://belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/otrasl-statistiki/energeticheskaya-statistika/operativnye-dannye_3/potreblenie-

toplivno-energeticheskikh-resursov-naseleniem/. Дата доступа: 01.05.2014.

8. Названа причина преждевременной смерти сотен тысяч европейцев в год [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://42.tut.by/564454>. Дата доступа 13.09.17.

9. Врубель Ю. А. Водителю о дорожном движении: пособие для слушателей учебного центра подготовки, повышения квалификации переподготовки кадров автотракторного факультета / Ю. А. Врубель, Д. В. Капский. – 3-е изд., дораб. – Минск: БНТУ, 2010. – 139 с.

10. Врубель Ю. А. Потери в дорожном движении: монография / Ю. А. Врубель. – Минск: БНТУ, 2003. – 380 с.

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

12. Об утверждении Концепции обеспечения безопасности дорожного движения в Республике Беларусь: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 14 июня 2006г., №757 // Национальный реестр правовых актов Респ. Беларусь. –2006. – № 5/22459.

13. Врубель Ю. А. Опасности в дорожном движении: монография / Ю. А. Врубель, Д.В. Капский. – Москва: Новое Знание, 2013. – 244 с.