

шает максимальную влажность входящего воздуха, можно сделать вывод, что в выработанном пространстве отсутствует очаг самонагревания, и образования аэрозоля не происходит.

Лава 18-31 оборудована системой подачи аэрозольной воды в выработанное пространство для торможения процесса окисления угля. Распыление воды на уровне вентиляционного и конвейерного штреков лавы № 18-31 производится ежесуточно, одновременно на вентиляционном и конвейерном штреках, в конце третьей добычной смены. Этим можно объяснить повышение влажности на исхо-

дящей струе.

Таким образом, устройство позволяет определять количество влаги, содержащейся в рудничном воздухе, как в виде паров, так и в виде жидкого аэрозоля и может применяться для обнаружения ранней стадии процесса самонагревания. Измерения содержания влаги в рудничном воздухе следует проводить в определенных условиях и характерных местах. Порядок проведения измерений при различных системах разработки угольных месторождений определяется разработанным руководством.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белавенцев Л. П. Контроль ранних стадий самовозгорания угля по теплофизическим параметрам рудничного воздуха / Л.П. Белавенцев, В. А. Скрицкий, А. Я. Каминский // Способы и средства предупреждения самовозгорания угля в шахтах: Сб. науч. тр./ ВостНИИ. – Кемерово, 1988. – Т. 49.- С. 4-14.
2. Портола В.А., Лабукин С.Н. Обнаружение очагов самовозгорания угля на ранней стадии развития. Безопасность труда в промышленности. - 2009. - № 4. - С. 34 - 37.
3. Портола В.А., Лабукин С.Н. Способ и устройство идентификации самонагревания угля в шахтах / Вестн. Кузбасского гос. тех. унив., 2009. № 6. С. 42-45.

□ Авторы статьи:

Портола
Вячеслав Алексеевич
- докт. техн. наук, проф.каф. аэрологии,
охраны труда и природы КузГТУ
Тел.8-3842-39-63-70

Лабукин
Сергей Николаевич
- аспирант каф. аэрологии,
охраны труда и природы КузГТУ
Тел.8-3842-39-63-70

УДК 656. 013. 504. 08

В. Л. Жданов

К ВОПРОСУ УНИВЕРСАЛЬНОСТИ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ ТРАНСПОРТНЫХ ИСТОЧНИКОВ В ГОРОДАХ

Высокая сложность инфраструктуры городской дорожно-транспортной системы приводит к тому, что задачу повышения эффективности ее функционирования решить какими-либо локальными и изолированными мероприятиями в настоящее время невозможно. Для этого следует внедрять комплекс взаимосвязанных градостроительных, технических, законодательных и организационных мероприятий, которые обеспечат общее улучшение условий движения транспортных потоков (ТП) на улично-дорожной сети (УДС) городов.

Учитывая, что под эффективностью понимают получение какого-либо полезного результата (эффекта) от функционирования дорожно-транспортной системы, выделяют несколько сторон эффективности, среди которых в условиях города центральное место занимает снижение уровня экологической нагрузки (ЭН) на окружающую среду (ОС) от ТП. Это объясняется невозможностью изоляции ТП от жилых районов городов и их непосредственным негативным

воздействием на организм человека. При этом воздействие ТП городских магистралей на ОС проявляется, в первую очередь, загрязнением воздуха токсичными веществами отработавших газов автомобилей, выброс которых происходит на очень небольшой высоте на уровне органов дыхания человека. Доля других видов воздействия (вибрация, тепловое и электромагнитное излучения) в общей ЭН настолько мала, что они в первом приближении могут не рассматриваться.

Таким образом, чтобы повысить уровень эффективности дорожно-транспортной системы с точки зрения негативного воздействия на ОС необходимо достоверно определить предельно допустимый уровень ЭН, степень его превышения в реальных условиях движения и возможность снижения данного уровня различными мероприятиями. Все это требует наличия как объективных моделей описания механизма воздействия транспортных источников на воздушную среду города, так и обоснованной системы оценочных параметров и соответствующих критериев.

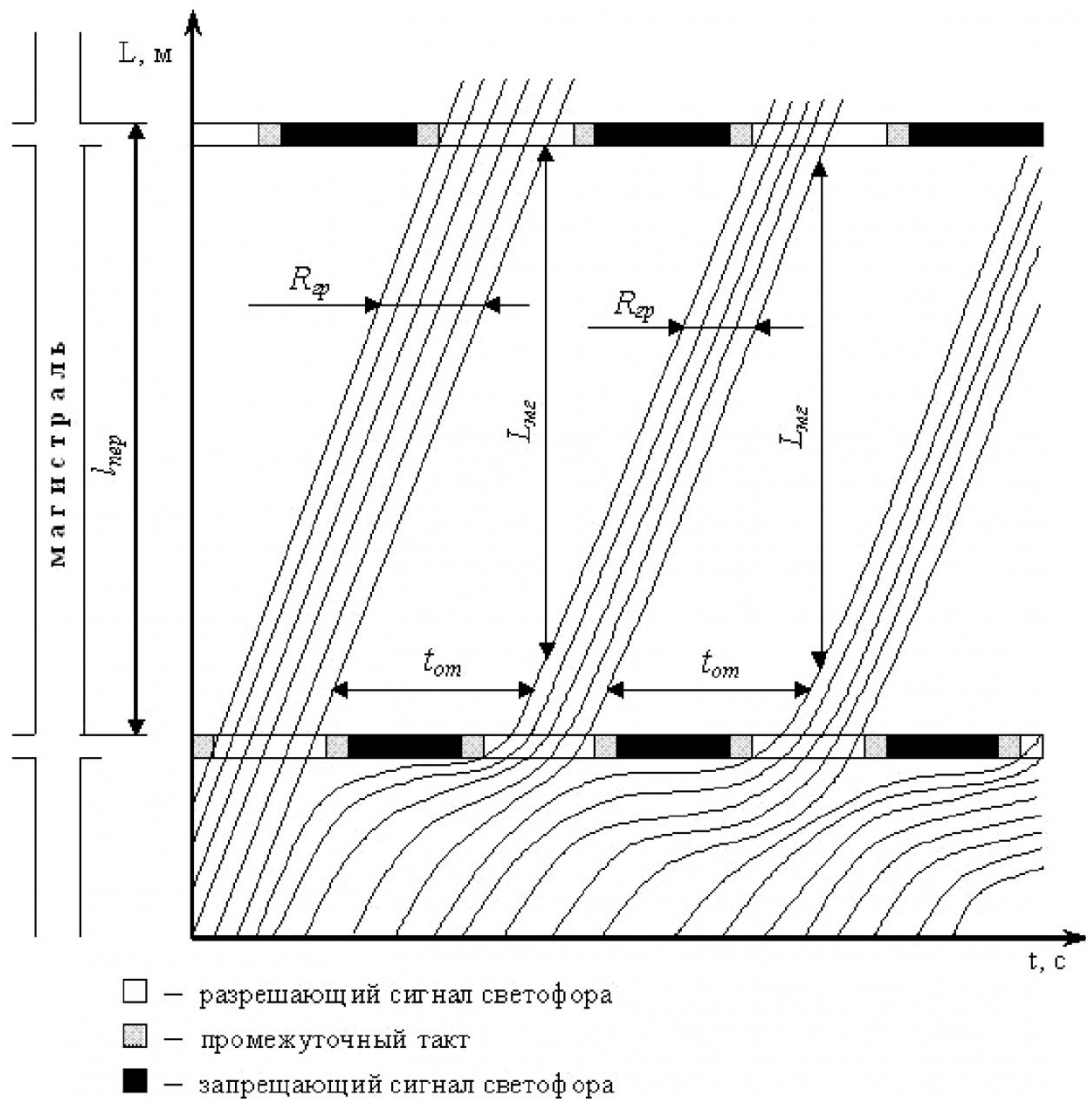


Рис. 1. Процесс движения ТП по регулируемой городской магистрали

Исследования особенностей механизма воздействия городских ТП на атмосферу, проведенные автором в работе [1], позволили получить модель расчета уровня ЭН транспортных источников, рассматриваемой через призму концентрации вредных веществ в атмосфере, которая имеет следующий вид

$$C = \frac{w_{cp} \cdot q \cdot k}{\theta}, \text{ мг/м}^3, \quad (1)$$

где C — концентрация вредных веществ в атмосфере, мг/м³;

w_{cp} — средний пробеговый выброс вредных веществ от автомобилей в ТП, мг/м;

q — интенсивность движения, с⁻¹;

k — плотность ТП, м⁻¹;

θ — скорость ветра, м/с.

Полученный вид модели (1) позволяет выдвигать предположение о том, что произведение

интенсивности и плотности движения может рассматриваться в качестве критерия оценки уровня ЭН городских транспортных источников. Данное произведение названо «пространственно-временной емкостью ТП», поскольку включает в свою структуру как пространственную (плотность ТП), так и временную (интенсивность движения) характеристики ТП:

$$e = q \cdot k, \text{ (м} \cdot \text{с)}^{-1}, \quad (2)$$

где e — пространственно-временная емкость ТП, (м·с)⁻¹.

Чтобы обосновать какой-либо критерий в качестве объективной оценки уровня ЭН, к нему предъявляется ряд требований, которые в современных условиях все более и более ужесточаются. Как следствие, актуален вопрос о соответствии емкости ТП комплексу обозначенных требований. Наряду с высокой степенью оперативности и достоверности, наглядным информативным призна-

ком и физическим смыслом центральное место в комплексе предъявляемых требований занимает обеспечение универсальности используемого критерия, которое позволяет обеспечить объективную оценку уровня ЭН транспортных источников в произвольных условиях движения. Поэтому целью настоящих исследований является анализ степени универсальности емкости ТП как критерия оценки уровня негативного воздействия на воздушную среду. Для этого следует рассмотреть способность модели (1) по расчету уровня ЭН транспортных источников учитывать реальные процессы, происходящие при движении ТП с произвольными параметрами по городской УДС.

Прежде всего, необходимо отметить, что на городской УДС непрерывное движение ТП, которое было принято при выводе модели (1) – весьма редкое явление. Перегоны и пересечения, особенно регулируемые, определяют пропускную способность городских улиц. В общем случае процесс движения однородного ТП с установившимся режимом движения по регулируемой городской магистрали, где используются произвольные алгоритмы светофорного регулирования, можно представить в следующем виде (рис. 1) [2].

Очевидно, что в городских условиях остановки перед перекрестками с последующим разгоном влияют на интенсивность и пропускную способность, а особенно на скорость существеннее, чем взаимодействие между автомобилями в потоке. Согласно принятому описанию процесса движения ТП, представленному на рис. 1, целесообразно при оценке уровня ЭН городских источников с использованием построенной модели (1) ТП представлять в виде нескольких групп (колонн, пачек) автотранспортных средств (АТС), отдаленных друг от друга временными интервалами, в течение которых на дороге практически отсутствуют автомобили (интервал t_{om} на рис. 1). Другими словами, принятое непрерывное движение ТП на городской УДС должно быть заменено дискретным движением отдельных составляющих ТП групп автомобилей. В то же время взаимодействие N автомобилей внутри группы аналогично их поведению в плотном ТП. Поэтому для каждой группы АТС применимы соображения, которые были рассмотрены для случая непрерывного плотного ТП и, следовательно, модель расчета экологических характеристик городских транспортных источников (1) в таких условиях будет вполне адекватна реальности.

Далее можно рассмотреть влияние методов организации дорожного движения (ОДД), геометрии УДС и состава ТП на параметры и характер движения отдельных групп АТС. Как известно, представленный комплекс параметров условий движения практически полностью определяет сложность исследуемой дорожно-транспортной системы. Поэтому вопрос универсальности емко-

сти ТП как критерия оценки уровня его ЭН необходимо рассматривать в контексте адекватного реагирования на изменение уровня ЭН вследствие влияния обозначенных параметров городских условий движения.

Влияние методов ОДД проявляется, прежде всего, через наличие или отсутствие приоритета различного типа на перекрестках при движении ТП по городской УДС. Как известно, приоритет в движении на перекрестке может иметь либо переменный (светофорное регулирование), либо постоянный характер с указанием главной и второстепенной дороги [2, 3, 4]. Постоянно возрастающая сложность городских условий движения приводят к тому, что в подавляющем большинстве случаев на городских перекрестках используется светофорное регулирование. Переменный приоритет оказывает влияние на процесс движения посредством параметров программ светофорного регулирования, которые складываются из следующих составляющих [2]:

- длительность всех тактов цикла светофорного регулирования (разрешающих, запрещающих и промежуточных);
- количество фаз в цикле светофорного регулирования;
- порядок чередования фаз в структуре цикла регулирования.

Как видно из рис. 1, обозначенные составляющие программ светофорного регулирования оказывают решающее влияние на все основные-параметры групп микроисточников (отдельных АТС), определяющие, в конечном счете, ЭН всего городского дискретного макроисточника (ТП в целом), уровень которой может быть оценен при использовании модели (1). Согласно рис. 1, основными параметрами при движении групп АТС по городской регулируемой магистрали являются:

- временной размер группы либо количество автомобилей, формирующих определенную группу (параметр R_{cp} на рис. 1, который зависит от длительности разрешающего сигнала светофора в данном направлении движения);
- интервал времени между движением двух смежных изолированных групп автомобилей (параметр t_{om} на рис. 1, который определяется длительностью запрещающей фазы светофорного регулирования на перекрестке в данном направлении движения);
- расстояние между двумя изолированными группами автомобилей, внутри которого на магистрали практически отсутствует движение (параметр $L_{мг}$ на рис. 1, также определяется длительностью запрещающей фазы светофорного регулирования на перекрестке в данном направлении).

В случае использования на перекрестке постоянного приоритета процесс формирования изолированных групп автомобилей с определенными

выше параметрами следует рассматривать только для второстепенного направления. Поскольку на главной дороге задержки автомобилей практически отсутствуют, то в этом направлении движение ТП можно рассматривать как непрерывное со сложившейся средней интенсивностью. На второстепенной дороге движение осуществляется «методом просачивания», поэтому размер групп автомобилей и расстояние между ними определяются распределением временных интервалов между автомобилями на главной дороге, так что задача нахождения их величины решается с использованием постулатов теории массового обслуживания. Таким образом, положения, рассмотренные для светофорного регулирования, применимы и в случае постоянного приоритета на перекрестках.

Однако здесь стоит отметить, что процесс движения ТП по регулируемой городской магистрали (рис. 1) был рассмотрен для идеальных условий движения (однородный состав потока, установившийся режим движения и скорости всех транспортных средств в потоке примерно одинаковы). В реальных условиях движения эти допущения не могут быть использованы. Как следствие, временной размер группы автомобилей, интервал времени и расстояния между двумя смежными изолированными группами будут иметь не постоянные (как было получено для идеальных условий движения), а переменные значения. Отсюда можно сделать вывод, что составляющие программ светофорного регулирования формируют значения параметров R_{cp} , t_{om} и L_{me} только в начальный момент времени старта отдельных групп на разрешающий сигнал светофора. По мере движения групп АТС по перегонам значения этих параметров постоянно изменяются. Процесс данного изменения при движении дискретного транспортного источника можно проследить следующим образом.

Группа автомобилей образуется при разъезде очереди, скопившейся в ожидании разрешающего сигнала светофора. В начале перегона непосредственно за перекрестком интенсивность такой группы близка к пропускной способности данного направления движения. В процессе дальнейшего движения такой группы начинается ее распад из-за различных динамических характеристик транспортных средств, составляющих эту группу. Внешним признаком этого различия является широкий диапазон в скоростных режимах движения АТС. Разброс скоростей обусловлен, прежде всего, структурой и разнородностью состава ТП, а также влиянием индивидуальных особенностей водителей автомобилей в группе. Автомобили с более высокими скоростями перемещаются в головную часть группы, медленно движущиеся – в ее конец или отстают от группы. Этот процесс прогрессирует по мере удаления группы от пре-

дыдущего перекрестка, временной размер группы R_{cp} увеличивается, а средняя интенсивность движения внутри группы падает.

На рис. 2. приведен типичный пример распада изолированной группы автомобилей на перегоне достаточно большой длины [2, 4]. По горизонтальной оси отложено время t , а по вертикальной – среднее число автомобилей m в определенном сечении улицы, находящемся на заданном расстоянии от стоп-линии по ходу движения. Можно отметить, что на расстоянии 600 м от перекрестка временной размер группы автомобилей увеличивается более чем в два раза, что как раз и объясняется разбросом скоростей автомобилей внутри группы.

С другой стороны, аналогичные процессы протекают и в следующей изолированной группе автомобилей, которая в начальный момент времени находилась от предыдущей группы на расстоянии L_{me} . Вследствие этого быстро движущиеся автомобили следующей группы начинают догонять медленно движущиеся автомобили предыдущей группы. Значения интервала времени и расстояния между группами постоянно уменьшаются. Это, в конечном счете, приведет к тому, что на перегонах достаточно большой длины начнет происходить диффузия смежных групп между собой, когда из двух изолированных групп постепенно сформируется одна большая группа с общим временным размером R_{cp} .

Согласно представленным выше выводам, геометрия УДС (длина перегонов ($l_{пер}$ на рис. 1) либо частота перекрестков) оказывает существенное влияние на интервалы времени и расстояния между смежными группами АТС, внутри которых действуют закономерности, справедливые для непрерывных плотных ТП, в течение всего процесса движения по городской магистрали. Кроме того, геометрия УДС совместно с составом и структурой ТП определяют интенсивность и степень диффузии групп автомобилей на перегонах различной длины. На достаточно длинных перегонах в результате распада групп и высокой степени диффузии из отдельных групп может сформироваться непрерывное движение ТП со сложившейся средней интенсивностью и плотностью. Однако непрерывное движение будет существовать только до ближайшего следующего перекрестка, на котором под влиянием составляющих программы светофорного регулирования будут образованы новые изолированные группы АТС со своими параметрами R_{cp} , t_{om} , L_{me} . Следовательно, дискретность при движении макроисточника по городской магистрали сохраняется.

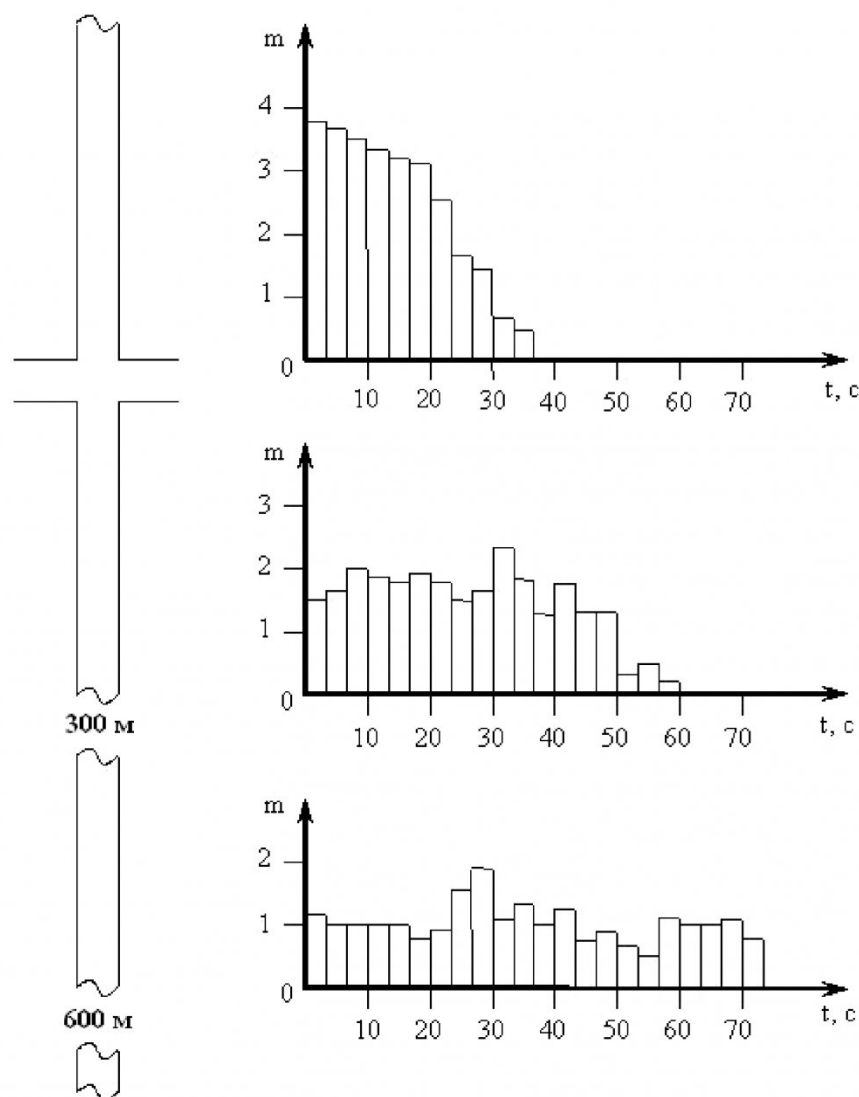


Рис. 2. Процесс распада изолированной группы автомобилей

Как уже было замечено, структура и состав ТП влияют на процесс движения, изменение параметров состояния отдельных групп АТС, а также интенсивность и степень диффузии групп между собой. Однако, кроме этого, состав ТП определяет его сложившиеся экологические характеристики. Это имеет решающее значение при использовании модели (1) для оценки уровня ЭН данного транспортного источника.

Очевидно, что при изменении состава ТП изменяется общая структура микроисточников, которые составляют исследуемый макроисточник. Как следствие, изменяется и структура индивидуальных пробеговых выбросов вредных веществ в атмосферу отдельных микроисточников в потоке, то есть изменяются токсические характеристики на микроуровне. Это найдет свое отражение в соответствующем изменении величины среднего пробегового выброса как общей характеристики данного макроисточника. Кроме того, средний

пробеговой выброс w_{cp} транспортных источников является функцией скоростного режима — одного из основных параметров процесса движения ТП. А поскольку средний пробеговой выброс вредных веществ в атмосферу w_{cp} входит в структуру модели расчета экологических характеристик транспортных источников (1), значит, названная модель учитывает и этот аспект процесса дорожного движения.

Таким образом, влияние геометрии УДС, методов ОДД и состава ТП на величину ЭН заключается в том, что в произвольных условиях движения по городской магистрали под влиянием названных факторов протекает процесс образования отдельных групп микроисточников. В результате формируется дискретный макроисточник, состоящий из изолированных групп с индивидуальными значениями временного размера, интервала времени и расстояния между смежными

группами. Внутри каждой группы складываются свои условия движения и параметры состояния ТП (например, средняя интенсивность, плотность, скорость). В то же время, состав ТП и средний пробеговый выброс w_{cp} в каждой группе будут практически идентичны составу и среднему пробеговому выбросу непрерывного плотного ТП, так как они выступают в роли его составных частей, которым присущи все основные свойства непрерывного потока. Структура построенной модели (1) включает в себя параметры, учитывающие все перечисленные аспекты (пространственно-временная емкость ТП учитывает состояние потока, а средний пробеговый выброс – его экологические параметры). Поэтому, используя данную модель в произвольных городских условиях движения для оценки уровня ЭН дискретных ТП, можно будет ожидать достаточно достоверных результатов, поскольку структура модели учитывает все основные факторы, которые влияют на величину ЭН (геометрия УДС, методы ОДД, состав ТП). Любое улучшение или ухудшение условий движения в группах автомобилей повлечет за собой соответствующее изменение уровня ЭН транспортного макроисточника. В то же время, изменение условий движения найдет свое отражение в адекватном изменении параметров состояния ТП (или его экологических показателей). А ввиду того, что названные параметры входят в структуру модели (1), тогда при ее практическом использовании на выходе получают прогнозируе-

мое изменение уровня ЭН в результате изменения условий движения ТП, то есть данная модель может быть применена в любых городских условиях движения. Это служит дополнительным доказательством достаточно высокой универсальности получаемых оценок уровня ЭН городских транспортных макроисточников на основе емкости ТП (2) и еще раз подтверждает объективность проведенных исследований.

Анализ результатов, полученных в произвольных условиях, показал, что для повышения оперативности методов определения экологических характеристик городских транспортных макроисточников в общем случае пропускная способность городской улицы с регулируемым пересечением может быть принята равной половине пропускной способности в случае непрерывного ТП [3, 5]. А загрязнение воздуха от группы микроисточников не должно превышать предельно допустимую концентрацию, хотя выбросы вредных веществ в таком случае представляют собой флуктуации от каждой из этих групп. Это будет гарантировать в целом на городской улице допустимый экологический уровень ОС. То есть выражение (1) модели расчета экологических характеристик дает принципиальную основу для исследования закономерностей изменения ЭН транспортных макроисточников и количественного определения ее уровней

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жданов, В. Л. Построение модели расчета экологической нагрузки транспортных источников в городах // Вестн. Кузбасского гос. тех. ун-ва, 2009. № 1. – С. 69–73.
2. Кременец, Ю. А. Технические средства организации дорожного движения / Ю. А. Кременец, М. П. Печерский, М. Б. Афанасьев. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2005. – 279 с.
3. Власова, Е. М. Влияние организации дорожного движения на внешние издержки автомобильного транспорта // Дорожно-транспортный комплекс, экономика, экология, строительство и архитектура: Материалы Международной научно-практической конференции, Омск, 21-23 мая, 2003 г. Кн. 1. – Омск, 2003. – С. 92–94.
4. Хирамацу, С. Мероприятия по охране окружающей среды, связанные с управлением дорожного движения // *Doro = Road*, 2000. – № 714. – Р. 18–20.
5. Еремин, В. М. Моделирование влияния автотранспортных потоков на экологическую безопасность крупных городов / В. М. Еремин, А. М. Бадалян // Проблемы управления безопасностью сложных систем: Труды 10 Международной конференции, Москва, декабрь, 2002 г. Ч. 2. – М., 2002. – С. 55–59.

□ Автор статьи:

Жданов
Вячеслав Леонидович
– канд. техн. наук, доц.
каф. автомобильных перевозок
КузГТУ.
E-mail: VLZhdanov@rambler.ru