

## **ПРИЕМЛЕМЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДОРОГ ПРИ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛЕСОВОЗНЫМ И АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ**

**Сушков С. И.<sup>1</sup>, Четверикова И. В.<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Воронежская государственная лесотехническая академия», Воронеж, Россия (394087, Воронеж, ул. Тимирязева, 8), e-mail: chivles@rambler.ru*

---

**Рассмотрены проблемы дорожной экологии, приемлемые методы экологической экспертизы загрязнения атмосферного воздуха вредными веществами. Предложены варианты экологического анализа в практической работе, основы для разработки практических методик расчета по фактической сумме концентраций точечных источников выбросов, основанных на моделировании режимов движения автомобилей. Обоснована зависимость количества выброса вредных веществ, концентрации конкретного вещества в отработавших газах от условий эксплуатации автомобиля, расхода топлива, режима работы двигателя на данном участке дороги. Представлены особенности автомобильно-дорожного источника выбросов и требования, предъявляемые к экологическому дорожному анализу с учетом пространственного расположения источников выброса. Проведенный анализ режимов движения автотранспорта в постоянно меняющихся дорожных условиях позволяет скорректировать предложения по уменьшению эмиссии, улучшению состояния окружающей среды, что положительно скажется на экологии и на здоровье проживающего рядом с дорожными магистралями населения.**

---

Ключевые слова: дорога, транспорт, экология, качество, методы, процессы, эмиссия, концентрации

## **ACCEPTABLE METHODS FOR DETERMINING THE ECOLOGICAL STATUS ROADS AT OPERATION TIMBER TRANSPORT AND AUTOTRANSPORT**

**Sushkov S. I. <sup>1</sup>, Chetverikova I. V. <sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>Federal State Budget Educational Institution of Higher Professional Education «Voronezh state Academy of forestry engineering», Voronezh, Russia (394087, Voronezh, Timiryazev street, 8), e-mail: chivles@rambler.ru*

---

**Considered the problems, acceptable methods of environmental impact assessment of air pollution by harmful substances. The proposed variants of environmental analysis in practical work, basis for the development of practical methods for calculating emissions of determining concentrations of harmful substances on the actual sum of the concentrations of point sources of emissions, based on the simulation modes of movement of vehicles. Substantiated dependence of the amount of emission of harmful substances, the concentration of a specific substance in the exhaust gases from mode of operation of the vehicle, fuel consumption, mode of operation engine on this stretch of road. Held features of motor-road source emissions and requirements for road environmental including the spatial location of emission sources. The analysis of the modes of movement of vehicles in a constantly changing road conditions allows to adjust the proposals to reduce emissions, improve the environment that have a positive impact on the environment and on health of living near the road highways of the population.**

---

Keywords: transport, road, ecology, quality, methods, processes, emission, concentration

Экология лесовозных и автомобильных дорог имеет массу проблем: это загрязнение вредными веществами почвы, воздушной и водной сред [2], шумовое воздействие, загрязнение придорожных территорий продуктами износа автошин, потерями при транспортировке лесных грузов и многое другое. При строительстве, реконструкции и эксплуатации дорог вопросы охраны окружающей среды должны стоять на первом месте.

С целью выделения общих методологических аспектов остановимся на анализе процессов загрязнения атмосферного воздуха придорожного пространства вредными веществами отработанных газов лесовозного и автомобильного транспорта.

Одна из проблем экологического анализа состоит в том, что в разных регионах действуют разные нормативные документы, дающие несовпадающие показатели по оценке воздействия на окружающую среду (ОВОС). Следовательно, существует необходимость в разработке вариантов экологического анализа в практической работе, а также в развитии теории и методологии процедур ОВОС.

**Теоретический анализ.** Оценка загрязнения атмосферного воздуха и почвы основана на сравнении концентрации вредных веществ с предельно допустимой концентрацией (ПДК). Фактическая концентрация определяется двумя основными процессами: выбросом вредных веществ с отработавшими газами автомобильных двигателей и распределением вредных веществ в придорожном пространстве. Для обоснованного назначения климатических и погодных параметров, интенсивности и состава прогнозируемых транспортных потоков, где транспорт выступает как производственный ресурс [3], в практической деятельности при выборе моделей эмиссии и распределения вредных веществ важно иметь самые общие сведения об упрощенных или детальном моделях.

Выброс вредных веществ зависит не только от интенсивности и состава транспортного потока, но и от режима движения. Тот или иной режим работы автомобиля и двигателя водитель выбирает, анализируя технический уровень и эксплуатационное состояние дороги на данном участке, что определяет расход топлива, объем отработанных газов и концентрацию вредных веществ в них.

В нормативных практических методиках экологических расчетов, зачастую без достаточного обоснования, выброс вредных веществ рекомендуется находить по зависимостям массового (пробегового) выброса. Результаты получены моделированием работы двигателей в режимах ездовых циклов, типичных для городских условий с большой продолжительностью холостого и принудительного холостого хода, резких торможений и разгонов. Для типичного ездового цикла выброс оксидов углерода, например, гораздо больше по сравнению с оксидами азота. Что касается лесовозных и загородных дорог, то режим движения на них существенно отличается от типового городского ездового цикла. Используемая мощность двигателя выше, следовательно, коэффициент избытка воздуха ближе к единице, а выброс оксидов азота сопоставим с выбросом оксидов углерода. Все это говорит о том, что картина загрязнения придорожного пространства неоднозначна, при прогнозировании эмиссии необходимо учитывать условия движения и эксплуатации лесовозного и автомобильного транспорта.

**Методика.** При детальном подходе основой для разработки практических методик расчета выбросов должны быть не статические массовые показатели, а результаты моделирования режимов движения автомобилей с расчетом параметров топливовоздушной

смеси и фактического выброса вредных веществ с обработанными газами автомобилями [4], что определяется мощностью источника загрязнения, климатическими, погодными условиями и характеристиками рельефа дорожного полотна.

Основой для расчета концентрации вредных веществ в придорожном пространстве является определение мощности источника загрязнения и моделирование работы двигателя в системе «водитель—автомобиль—дорога—среда» (В—А—Д—С). Концентрация вредных веществ рассчитывается по формуле:

$$C = \frac{2M}{\sqrt{2\pi\sigma} \cdot V \cdot \sin \varphi} + F, \quad (1)$$

где  $M$  – мощность источника, мг/(м/с);

$\sigma$  – стандартное отклонение рассеивания Гаусса в вертикальном направлении, зависящее от погодных условий и расстояния от дороги;

$V$  – скорость ветра, м/с;

$\varphi$  – угол между направлением ветра и дороги;

$F$  – фоновая концентрация загрязнения, мг/м<sup>3</sup>.

Для расчета концентрации вредного вещества в атмосферном воздухе в ОНД-86 предложена следующая формула:

$$C = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot k}{H^2 \cdot (V_1 \cdot dT)^{-1/3}}, \quad (2)$$

где  $M$  – мощность источника выброса, г/с;

$A$  – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы;

$H$  – высота источника выбросов над поверхностью земли;

$k$  – коэффициент, учитывающий рельеф местности;

$dT$  – разность температур газовоздушной смеси и окружающего воздуха;

$F$  – коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе;

$m, n$  – коэффициенты, учитывающие условия выхода газов из источника выброса;

$V_1$  – выброс газа, м<sup>3</sup>/с.

Формула (2) не может быть использована непосредственно для расчета концентраций от выбросов автомобильных двигателей, так как автомобильно-дорожный источник выбросов имеет свои особенности, которые необходимо учитывать. По Говоруценко Н. Я.,

основными из них являются: смешивание отработавших газов с воздухом в пределах проезжей части дороги с принятием температуры окружающего воздуха, переменчивость выбросов по длине дороги, что обусловлено сложностью ее конструкции в плане.

Для более точных показателей при разработке алгоритмов расчета концентраций вредных веществ источником выбросов нужно считать не выхлопную трубу движущегося автомобиля, а всю проезжую часть, в границах которой формируется некоторый площадной источник, который следует представлять в виде группы равномерно расположенных одиночных точечных источников. Разность температур  $dT$  близка к нулю, и по этой причине выбросы автомобильных двигателей следует отнести к холодным. В связи с неравномерностью выбросов по длине дороги в практических расчетах концентрации всю дорогу следует поделить на ряд смежных площадных источников. Мощность каждого источника формируется всей совокупностью автомобилей, входящих в состав транспортного потока, и определяется режимами их движения на данном участке. Поэтому, как показывает статистика, при расчете концентрации следует учитывать вклад каждого источника в общую концентрацию в конкретном расчетном месте. При большой длине смежных площадных источников и вследствие их замены точечными картина распределения концентраций может быть сильно искажена. Для достижения требуемой точности, например не менее 0,05 ПДК, в алгоритме расчета следует предусмотреть итерационное деление каждого исходного площадного источника на более мелкие с последующим суммированием их концентраций. Концентрация от каждого мелкого источника рассчитывается в предположении, что источник заменен точечным такой же мощности. В каждом источнике ось  $X$  проходит через его центр по направлению ветра, а ось  $Y$  перпендикулярна направлению ветра. Концентрация вычисляется с учетом расстояний от соответствующих осей до расчетной точки. Алгоритм расчета должен предусмотреть поиск такого направления ветра и его скорости, при которых этот максимум достигается. Данный метод позволяет максимально приблизиться к реальным значениям концентраций, сведя погрешности расчета фактических цифр к минимуму.

При экологическом анализе необходимо учитывать пространственное расположение источников выброса, для лесовозных автомобилей нужно руководствоваться стационарными и нестационарными режимами их движения в постоянно меняющихся дорожных условиях [5], что обусловлено конструкцией дороги в плане. Поэтому наиболее наглядную и полную информацию о загрязнении придорожного пространства могут дать картина поверхности поля концентраций, его отображение изолиниями, разрезы поверхности в нужных местах.

Не менее важной задачей может стать оценка влияния вывозки древесины на эффективность транспортной работы автомобильной дороги [1]. В связи с этим возникает

необходимость определения эффективности различных защитных мер, направленных не только на снижение уровня концентраций выбросов мощного лесовозного транспорта, но и на укрепление дорожного полотна в точках придорожного пространства, расположенных вблизи населенных пунктов, граничащих с исследуемой дорогой.

Экологическое состояние дороги напрямую связано и с ее энергетическим качеством, зависящим от расхода топлива при перевозках. Расчет расхода топлива основан на закономерностях работы автомобильных двигателей и необходим не только для анализа экологического состояния дороги, но и для оценки ее важнейших транспортно-эксплуатационных качеств по технико-экономическим показателям, денежной оценки затрат на перевозки.

Выброс вредных веществ  $Q_{Pb}$  напрямую зависит от расхода топлива. Например, выброс тетраэтилсвинца карбюраторными двигателями пропорционален расходу топлива:

$$Q_{Pb} = 0.8 Q_{mon} P_{TЭС}, \quad (3)$$

где  $Q_{mon}$  – количество сгоревшего топлива, кг;

$P_{TЭС}$  – содержание тетраэтилсвинца в бензине, г/кг, (принято 0,37 для легковых автомобилей и 0,17 для грузовых);

0,8 – коэффициент, учитывающий выброс тетраэтилсвинца в атмосферу (принято, что 20 % оседает в почве придорожного пространства).

При работе автомобильных двигателей внутреннего сгорания на этилированном бензине происходит значительный выброс соединений тетраэтилового свинца, из которых 20% распространяются с газами (в виде аэрозолей), а 80% выпадают на придорожные территории в виде твердых частиц размером до 25 мкм и водорастворимых соединений, накапливающихся в почве на глубине фильтрации воды, поступающей с атмосферными осадками [4].

Расход топлива определяется нагрузкой на двигатель, которая зависит от режима движения, установленного водителем, а значит, от дорожных условий. Для режима тягового усилия, характерного для движения лесовозного транспорта, расход топлива вычисляют по методу Н.Я. Говорущенко, преобразовав формулу:

$$Q = \frac{10^{-5} S (A \cdot i_k + B \cdot i_k^2 \cdot V_a + C (G_a (f + 0.01U) + 0.077 \cdot K_w \cdot F \cdot V_a^2))}{\eta_i}, \quad (4)$$

где  $A, B, C$  – коэффициенты, зависящие от типа двигателя и автомобиля;

$V_a$  – скорость автомобиля, км/ч;

$K_w$  – фактор обтекаемости,  $\text{Нс}^2\text{м}^{-2}$ ;

$F$  – лобовая площадь,  $\text{м}^2$ ;

$i_k$  – передаточное число  $k$ -ой передачи;

$h_i$  – индикаторный КПД двигателя;

$f$  – коэффициент сопротивления качению;

$U$  – продольный уклон, %;

$G_a$  – вес автомобиля, кгс;

$S$  – длина участка, м.

Для режима холостого хода расход топлива также можно вычислить по формуле (4). При этом коэффициенты  $A$ ,  $B$ ,  $C$  должны соответствовать холостому ходу, а индикаторный КПД двигателя следует принимать равным 0,32.

Количество вредного вещества в отработавших газах вычисляют по формуле, в которой четко отражается сущность физического процесса образования вредных веществ в автомобильном двигателе:

$$Q = \frac{1000}{22,4} M_x X \cdot 0,01 \cdot \rho \cdot Q_{\text{мон}} \cdot 15 \frac{\alpha}{1,22}, \quad (5)$$

где  $M_x$  – молекулярная масса одного моля;

$\frac{1000}{22,4}$  – количество молей в 1 м (1 моль газа занимает 22,4 л при температуре  $0^\circ\text{C}$  и давлении 0,1 МПа);

$\alpha$  – коэффициент избытка воздуха (зависит от нагрузки на двигатель, определяемой дорожными условиями);

$X$  – концентрация вредных веществ в отработавших газах двигателя, % от объема.

Значения  $X$  зависят от коэффициента избытка воздуха, которым определяется состав топливовоздушной смеси. В расчетах коэффициента избытка воздуха мощность двигателя, необходимую для преодоления всех сопротивлений движению с постоянной скоростью, вычисляют исходя из силы дорожных сопротивлений, сопротивления воздушной среды, силы инерции при ускорении свободного падения и сопротивления трансмиссии на холостом ходу, с пересчетом на коэффициент влияния нагрузки (потерь в шестернях, карданах).

При моделировании системы «В—А—Д—С» количество выбрасываемых в придорожное пространство вредных веществ с отработавшими газами автомобильных

двигателей определяется в значительной степени дорожными условиями, такими как: продольный и поперечный уклон дороги, план, расстояние видимости, элементы обустройства дороги, тип и состояние покрытия. Количество вредных веществ, концентрации конкретного вещества в отработавших газах зависят от условий эксплуатации автомобиля, расхода топлива, режима работы двигателя на данном участке дороги.

**Вывод.** Наиболее приемлемыми и точными методами определения экологического состояния дорог, эксплуатируемых лесовозным и автомобильным транспортом, являются: определение концентрации вредных веществ – по фактической сумме концентраций точечных источников выбросов; определение эмиссии – моделированием системы «В—А—Д—С». Проведенный анализ зависимости выброса вредных веществ от условий движения транспортных потоков дает возможность скорректировать предложения по минимизации эмиссии, воздействуя на режимы движения параметрами проектных решений автомобильных дорог и показателями их эксплуатационного состояния. Улучшение качества придорожных экосистем положительно скажется на экологии и, следовательно, на здоровье проживающего рядом с магистралями населения.

### Список литературы

1. Кондрашова Е.В. Теоретический обзор влияния вывозки древесины на эффективность транспортной работы автомобильной дороги / Е.В. Кондрашова, И.В. Четверикова // XI международная молодежная научная конференция «Севергеоэкотех-2010»: материалы конференции (17-19 марта 2010 г., Ухта): в 5 ч. – Ухта, 2010. – Ч. 2. – С. 281–283.
2. Курьянов В.К. К вопросу формирования транспортных водных потоков / В.К. Курьянов, И.В. Четверикова // Вестник Центрально-Черноземного регионального отделения наук о лесе Российской академии естественных наук Воронежской государственной лесотехнической академии. – Воронеж, 2002. – Т. 4. – № 1. – С. 223–225.
3. Сушков С.И. Обоснование выбора оптимального управления транспортными потоками / Строительные и дорожные машины. – 2014. – № 9. – С. 16–19.
4. Сушков С.И. Особенности определения показателей движения автопоездов при проектировании дорог / Строительные и дорожные машины. – 2014. – № 11. – С. 52–55.
5. Сушков С.И. Определение основных транспортно-эксплуатационных показателей лесовозных автодорог с учетом воздействия внешних условий / С.И. Сушков, Э.А. Черников // Строительные и дорожные машины. – 2014. – № 7. – С. 25–28.

**Рецензенты:**

Кондрашова Е. В., д.т.н., профессор кафедры технического сервиса и технологии машиностроения ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», г. Воронеж;

Афоничев Д. Н., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой электротехники и автоматики ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», г. Воронеж.