

УДК 630*37:658.286.2

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ТРАНСПОРТНО-ГРУЗОВЫХ ПОТОКОВ НА ПРИДОРОЖНУЮ ЭКОСИСТЕМУ

С.И. Сушков, В.О. Никонов (ФГБОУ ВПО ВГЛТА)

Экологичность лесовозных автодорог определяется последствиями воздействия на внешнюю среду при их сооружении и потока транспортных средств, движущихся по ним. При строительстве, реконструкции и эксплуатации таких дорог необходимо решать вопросы охраны внешней среды. Методы оценки воздействия на внешнюю среду (ОВВС) и улучшения экологического качества лесовозной автодороги основаны на фундаментальных теориях функционирования лесовозных автодорог в составе автотранспортной системы[1].

При анализе экологичности автодорог оценивается воздействие инженерных решений на элементы внешней среды по следующим показателям:

уровень загрязнения атмосферного воздуха вредными веществами в составе отработавших газов автомобильных двигателей;

уровень загрязнения почвы и существующих экосистем вредными веществами;

уровень звукового давления, создаваемого при движении транспортных средств, и его влияние на людей (в пределах населённых пунктов) и животных;

уровень загрязнения придорожных территорий пылью, продуктами изнашивания дорожных покрытий и автомобильных шин;

уровень загрязнения вредными веществами водной среды поверхностными стоками с проезжей части.

Проведём анализ процессов загрязнения атмосферного воздуха придорожного пространства вредными веществами, находящихся в составе отработавших газов автомобилей. Одна из проблем анализа состоит в том, что в разных регионах страны действуют различные нормативные документы, имеющие различные показатели ОВВС. Из этого следует, *во-первых*, необходимо учитывать варианты параметров и показателей при экологическом анализе в практической работе и, *во-вторых*, необходимо теорию и методологию регламентных процедур, связанных с ОВВС.

Оценка загрязнения атмосферы и почвы вредными веществами отработавших газов автомобильных двигателей основана на сравнении фактической концентрации вредных веществ (количество мг этих веществ в 1 м³ воздуха) с предельно-допустимыми значениями (ПДК). Фактическая концентрация определяется двумя основными процессами: выбросом (эмиссией) вредных веществ автомобильных двигателей и распределением их в придорожном пространстве.

Процессы эмиссии и распределения можно описывать упрощёнными моделями. Авторы считают, что на практике при выборе моделей эмиссии и распределения вредных веществ необходимо иметь общие сведения о существующих моделях и их различиях в целях:

обоснованного назначения климатических и погодных параметров, интенсивности и состава прогнозируемых транспортных потоков и других данных, необходимых для анализа;

интерпретации получаемых результатов и степень их достоверности.

Объём вредных веществ (граммы на 1 км дороги) в выбрасываемых отработавших газах зависит не только от интенсивности и состава транспортного потока, но и от режима движения. Режимы работы автомобиля водитель выбирает, анализируя технический уровень и эксплуатационное состояние дороги на данном участке, что определяет расход топлива, объём отработавших газов, концентрацию вредных веществ в них и т.д. Поэтому оценке экологичности лесовозной дороги предшествует её анализ по показателям энергетического качества, в частности, расходу топлива при грузоперевозках. В нормативных методиках экологических расчётов, зачастую без достаточного обоснования, объём вредных веществ в отработавших газах рекомендуется определять по зависимостям массового (пробегового) выброса.

Последние получены моделированием работы двигателей в режимах транспортных циклов, типичных для городских условий с большой продолжительностью холостого и принудительного холостого хода, резких разгонов и торможений. Для такого типичного цикла объём вредных веществ, например, оксидов углерода, больше по сравнению с оксидами азота. На загородных автодорогах общего пользования режим передвижения автомобиля существенно отличается от типового городского цикла движения транспортных средств, используемая мощность двигателя выше, а коэффициент избытка воздуха в их рабочих процессах ближе к единице. Поэтому на загородных дорогах объём ок-

сидов азота сопоставим с таковым оксидов углерода, и картина загрязнения придорожного пространства существенно отличается от городских условий.

Это обстоятельство, а также возможность снижения объёма вредных веществ в составе отработавших газов двигателей автомобилей, воздействуя на режимы движения параметрами проектных решений автодорог и показатели их эксплуатационного состояния, являются основой теоретических и практических предложений по совершенствованию методик дорожного экологического анализа. При таком подходе основой для разработки практических методик расчёта эмиссии вредных веществ должны быть не статические массовые показатели, а результаты моделирования режимов движения автомобилей с расчётом параметров топливовоздушной смеси и фактического объёма вредных веществ, выбрасываемых с отработавшими газами их двигателей.

Объём вредных веществ в отработавших газах определяет мощность источника загрязнения (г/с) и вместе с природно-климатическими и географическими условиями служат основой для расчёта распределения концентрации вредных веществ в окружающем придорожном пространстве.

При расчёте концентрации предварительно должна быть определена мощность источника загрязнения по одной из программ моделирования функционирования дороги и работы двигателя внутреннего сгорания в системах «водитель–автомобиль–дорога–среда» (В-А-Д-С) или *CAD-CREDO*. Таким образом, приемлемыми методами экологической экспертизы загрязнения атмосферного воздуха вредными веществами отработавших газов двигателя автомобиля могут быть следующие процедуры: эмиссия – моделированием системы В-А-Д-С и концентрация вредных веществ по массовому объёму отработавших газов.

Концентрация вредных веществ рассчитывается по формуле

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

где M – мощность источника Q_{CO} и Q_{NO} , мг/(м·с); σ – стандартное отклонение рассеивания Гаусса в вертикальном направлении, зависящее от погодных условий и расстояния от дороги; v – скорость ветра, м/с; φ – угол между направлением ветра и дороги; F – фоновая концентрация загрязнения, мг/м³.

Для расчёта концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе в нормативе ОНД–86 предложена следующая формула

$$C = \frac{AMFmnk}{H^2 (V_1 \Delta T)^{-1/3}}, \quad (2)$$

где A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы; M – мощность источника выброса отработавших газов, г/с; F – коэффициент, учитывающий скорость осаждения вредных веществ в атмосферном воздухе; m, n – коэффициенты, учитывающие условия выхода отработавших газов из системы отвода энергетического источника; k – коэффициент, учитывающий рельеф местности; H – высота источника выбросов над поверхностью земли; V_1 – объём вредных веществ в отработавших газах, м³/с; ΔT – разность температур выбрасываемой газовой смеси и внешней среды.

Формулу (2) нельзя в полной мере использовать для расчёта концентрации отработавших газов, выбрасываемых двигателями автомобилей, по следующим причинам:

отработавшие газы быстро перемешиваются с воздухом в пределах проезжей части дороги;

охлаждаются и принимают температуру внешней среды;

обусловлены изменяющимися параметрами автодороги – линейного объекта зачастую сложной конфигурации в плане и переменные по её длине.

Такие особенности автомобильно-дорожного источника отработавших газов требуют разработки соответствующих алгоритмов расчёта концентраций вредных веществ в окружающем придорожном пространстве.

Разность температур ΔT близка к нулю, поэтому отработавшие газы от автомобильных двигателей следует отнести к холодным. Их источником выбросов следует считать не «выхлопную трубу» движущегося автомобиля, а всю проезжую часть, в границах которой формируется некоторый площадный источник, который следует представлять в виде группы равномерно расположенных одиночных точечных источников.

В практических расчётах концентрации вредных веществ в отработавших газах всю автодорогу следует разделить на ряд смежных площадных источников (в связи с неравномерностью распределения объёма отработавших газов по

длине дороги). Мощность каждого источника формируется совокупностью автомобилей, входящих в состав транспортного потока, и определяется режимами их движения на данном участке дороги.

При экологическом анализе необходимо знать величину концентрации вредных веществ в некоторой определённой точке придорожного пространства. Поэтому в процессе расчёта концентрации следует учитывать вклад каждого источника (участка дороги) в общую концентрацию в данной расчётной точке. При большой длине смежных площадных источников и вследствие их замены точечными источниками картина распределения концентраций может быть сильно искажена.

Для достижения требуемой точности концентрации вредных веществ, например, не менее 0,05 ПДК, в алгоритме расчёта следует предусмотреть итерационное деление каждого исходного площадного источника на более мелкие с последующим суммированием концентраций от всех источников. Концентрация от каждого мелкого источника рассчитывается в предположении, что этот источник заменён точечным такой же мощности. В каждом источнике ось X проходит через его центр по направлению ветра, а ось Y перпендикулярна к направлению ветра. Концентрация от каждого источника вычисляется с учётом расстояний от соответствующих осей до расчётной точки.

На практике может быть актуальной задача расчёта концентраций при определённых параметрах скорости ветра и его направления. Не менее важной задачей может быть оценка эффективности различных защитных мер, направленных на снижение уровня концентрации в соответствующих точках придорожного пространства, например, в разных точках населённых пунктов, вблизи которых проходит дорога. Решение этих задач также должно быть обеспечено соответствующими методиками и алгоритмами.

Поэтому наиболее наглядную и полную информацию о загрязнении придорожного пространства может дать картина поверхности поля концентраций, его отображение изолиниями и разрезы поверхности в необходимых местах.

Все перечисленные требования делают проблему анализа экологического состояния дорог достаточно сложной и комплексной по видам и совокупности подзадач (теория автомобилей и двигателей, теории транспортных потоков, аналитической геометрии, метеорологии и т.п.).

Расчёт расхода топлива необходим не только при оценке экологического качества лесовозной дороги, но и для анализа важнейших транспортно-эксплуатационных качеств автодороги по технико-экономическим показателям, а также затрат на перевозки в целом.

При моделировании системы «В-А-Д-С» количество (эмиссия) вредных веществ, выбрасываемых в придорожное пространство с отработавшими газами автомобильных двигателей, определяется следующими условиями: продольным и поперечным уклонами дороги, планом, расстоянием видимости, элементами обустройства дороги, типом и состоянием её покрытия и др. Первоочередной задачей при этом следует считать определение расхода топлива.

Расход топлива определяется нагрузкой на двигатель, которая зависит от режима движения, установленного водителем, а значит, от дорожных условий. Поэтому, расчёту расхода топлива предшествует расчёт скорости движения, в процессе которого определяются основные показатели работы автомобиля. Расчёт расхода топлива основан на закономерностях работы автомобильных двигателей.

Для режима тягового усилия расход топлива (л/м) вычисляют по методу Н.Я. Говорущенко

$$Q = \frac{10^{-5} S \left\{ A i_k B i_k^2 v_a C \left[G_a (f + 0,01U) + 0,077 K_w F v_a^2 \right] \right\}}{\eta_i}, \quad (3)$$

где A, B, C – коэффициенты, зависящие от типа двигателя и автомобиля; v_a – скорость автомобиля, км/ч; K_w – фактор его обтекаемости; F – лобовая площадь, м²; i_k – передаточное число k -ой передачи КПП; h_i – индикаторный КПД двигателя; f – коэффициент сопротивления качению; U – продольный уклон, %; G_a – полная масса автомобиля, кг; S – длина участка, м.

Для режима холостого хода (в основном на спусках) расход топлива также можно вычислить по формуле (3). При этом коэффициенты A, B и C должны соответствовать холостому ходу, а индикаторный КПД двигателя следует принимать равным 0,32.

Количество вредных веществ (г) в отработавших газах рассчитывают по формуле, отражающей сущность физического процесса образования вредных веществ в автомобильном двигателе,

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

где $\frac{1000}{22,4}$ – количество молей в 1 м^3 (один моль газа занимает $22,4 \text{ л}$ при температуре $0 \text{ }^\circ\text{C}$ и давлении $0,1 \text{ МПа}$); M_x – молекулярная масса одного моля; X – концентрация вредных веществ в отработавших газах двигателя, % по объёму; $Q_{\text{топ}}$ – количество израсходованного топлива, кг; α – коэффициент избытка воздуха (зависит от нагрузки на двигатель, определяемой дорожными условиями, см. таблицу 1); $Q_{\text{топ}} 15 \frac{\alpha}{1,22}$ – объём выделенного двигателем газа, м^3 .

Таблица 1 – Значения коэффициента избытка воздуха α в зависимости от степени использования мощности двигателя $N' = \frac{N}{N_{\text{max}}}$.

N'	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$\alpha_{\text{карб}}$	0,8	0,84	0,88	0,91	0,95	0,99	1,03	1,06	1,1	1	0,9
$\alpha_{\text{диз}}$	5	4,6	4,2	3,8	3,4	3,2	2,7	2,2	2,4	1,8	1,6

В расчётах коэффициента избытка воздуха мощность двигателя, необходимую для преодоления сопротивлений движению со скоростью v , м/с, вычисляют по формуле

$$N = \frac{v(P_d - P_H + P_{xx} + P_B)}{K_{\text{ит}}}, \quad (5)$$

После преобразований получим

$$N = \frac{v \left[G_a \left(0,01U + f + a \frac{\delta_k}{g} + 0,002 + 9 \cdot 10^{-5} v \right) + K_w v^2 \right]}{75 K_{\text{ит}}}, \quad (6)$$

где $G_a(0,01U + f) = P_d$ – сила дорожных сопротивлений, Н; $a G_a \frac{\delta_k}{g} = P_H$ – сила инерции при ускорении a , Н; $G_a(0,002 + 9 \cdot 10^{-5} v) = P_{xx}$ – сопротивление трансмиссии на холостом ходу, Н; $K_w v^2 = P_B$ – сопротивление воздушной среды, Н; $K_{\text{ит}}$ – коэффициент влияния нагрузки (потерь в кинематических цепях трансмиссии); δ_k –

коэффициент учёта инерции вращающихся масс автомобиля; a – ускорение, м/с².

Выброс тетраэтилового свинца (ТЭС) карбюраторными двигателями внутреннего сгорания равен

$$Q_{Pb} = 0,8Q_{\text{топ}}P_{\text{ТЭС}},$$

где 0,8 – коэффициент, учитывающий выброс ТЭС в атмосферу (принято, что 20% оседает в почве придорожного пространства); $P_{\text{ТЭС}}$ – содержание ТЭС в бензине, г/кг, (0,37 – для легковых автомобилей и 0,17 – для грузовых).

Предприятие должно идентифицировать экологические аспекты, принимая во внимание не только процесс производства, но и сырьё, материалы, энергию (входные параметры производства), продукцию, услуги (выходные параметры производства), характерные как для существующих, так и для завершённых видов деятельности. Следует учитывать как нормальное, штатное функционирование предприятия, так и условия пуска и демонтажа (закрытия) производства, вероятные нештатные и аварийные ситуации. При идентификации экологических аспектов играет роль оценка требований законодательных и нормативных документов, определяющих природоохранную деятельность предприятия.

Организация всегда выигрывает, создавая и обновляя перечень документов федерального, регионального и отраслевого уровней, действие которых на них распространяется.

Библиографический список

1. Сушков С.И. Разработка гибридного модифицированного алгоритма на примере решения тестовых задач [Текст] / С.И. Сушков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) – Краснодар: КубГАУ, №75(01), 2012 г. 11 с. Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/01/pdf/73.pdf>.