

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА АТМОСФЕРЫ УЛИЦ ПРОМЫШЛЕННОГО ГОРОДА

Качество атмосферного воздуха промышленного города определяется количеством выбросов в него веществ-загрязнителей и метеопараметрами, отвечающими за трансформацию и перенос примеси в среде. Нами на примере города Оренбурга, являющегося самым крупным промышленным центром Оренбургской области, были систематизированы данные об источниках выбросов в атмосферный воздух.

Промышленный потенциал города включает предприятия газодобывающей отрасли промышленности, машиностроения, нефтепереработки и теплоэнергетики [1].

Валовой выброс вредных веществ в атмосферу от стационарных источников в 1999 году составил 60,65 тыс.т., от передвижных источников 103,54 тыс.т. Суммарный выброс составил 164,19 тыс.т. (рисунки 1, 2).

Из данных диаграммы видно, что суммарные выбросы загрязняющих веществ в атмосферу города за последние четыре года увеличились на 31,29 тыс. т. (19,1%).

Причем за период 1995-1999 гг. выбросы вредных веществ от стационарных источников сократились на 6,9% (20,9 тыс.т.), что связано с уменьшением объема выпускаемой продукции. Следовательно, появился источник выбросов, компенсирующий их снижение от стационарных источников. Таким источником является автотранспорт, его доля в выбросах в атмосферу г. Оренбурга выросла с 50,3 тыс. т. до 103,5 тыс. т. и составляет 63,1% от суммарного выброса вредных веществ.

Анализ литературных данных также показал, что основными источниками выбросов на улицах современного промышленного города являются ав-

томобили [2, 3, 4]. Это происходит по двум причинам:

– во-первых, автомобильный двигатель в процессе работы безусловно выделяет в атмосферу целый комплекс веществ: соединения серы и свинца, оксиды азота и углерода, альдегиды, ароматические углеводороды, сажа, бенз(а)перен и т.д.;

– во-вторых, автомобиль при движении взаимодействует с поверхностью дороги и результатом этого взаимодействия является аэрозоль, количество которого зависит от многих специфических факторов, характеризующих состояние дороги.

Первый случай уже описан в литературе [4], где предлагается унифицировать показатели качества отработавших газов от стационарных и передвижных источников. В основе такой системы для характеристики антропогенного воздействия автомобиля на среду используется категория опасности автомобиля (КОА), которая учитывает суммарную массу выбросов вредных веществ в атмосферу, проведенную к одному классу опасности. Таким образом, КОА является экологической характеристикой выбросов двигателей автомобилей, находящихся в уличном потоке.

Второй случай не рассмотрен в литературе и представляет научный и практический интерес.

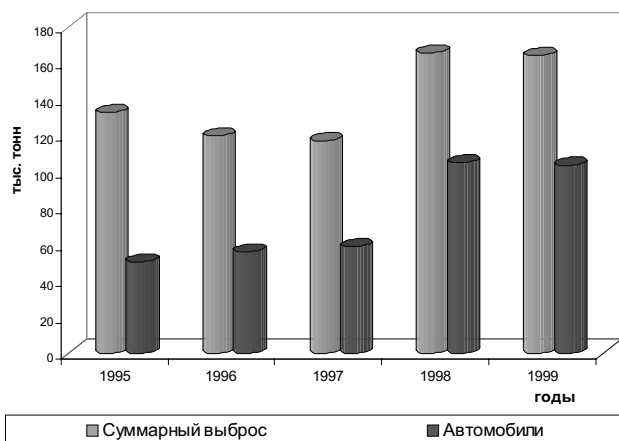


Рисунок 1. Динамика валовых выбросов от передвижных источников в г. Оренбурге за 1995-1999гг.

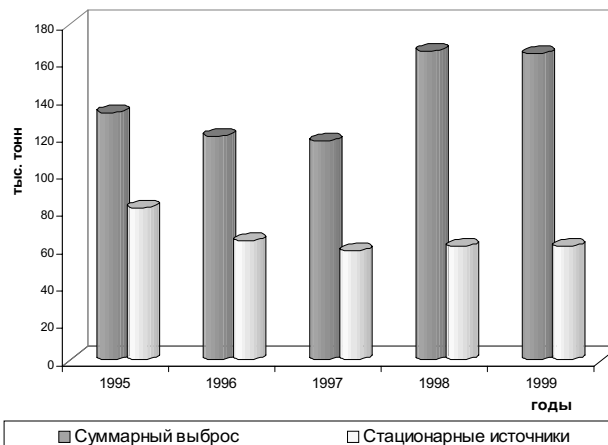


Рисунок 2. Динамика валовых выбросов от стационарных источников в г. Оренбурге за 1995-1999гг.

Известно [5], что здоровье населения наиболее полно коррелируется с комплексными критериями и показателями качества сред. В частности, для воздуха таким интегральным показателем может служить критерий качества атмосферы ( $K_{атм}$ ) [6]. При этом рассматривается система «атмосфера – территория», основными элементами которой выступают источник, среда и условия распределения примесей:

1. Генератор (источник) примесей – производство, предприятие, выбрасывающее в атмосферу  $n$ -ое количество примесей.

2. Среда, в которую наблюдается диффузия примеси – атмосфера. Под атмосферой нами подразумевается ее приземный слой высотой 50–100 м ( $H=50 \div 100$  м).

3. Метеоусловия, задающие механизм распределения примеси в атмосферном воздухе территории.

Критерий качества атмосферы ( $K_{атм}$ ) промышленного города будет определяться по формуле

$$K_{атм} = \sum_1^n \left( \frac{M_i}{ПДК_i} \right)^{\alpha_i} / \sum_1^n \left( \frac{J_{полн}}{ПДК_i} \right)^{\alpha_i} = \frac{КОП}{КОТ} \quad (1)$$

где  $КОП$  – категория опасности предприятия,  $м^3/с$ ;

$КОТ$  – категория опасности территории,  $м^3/с$ .  $КОТ$  представляет собой условный объем загрязненного воздуха, который разбавлен до санитарно-гигиенических нормативов и приведен к одной токсичности.

Для нас представляет интерес  $КОП$ , под которой подразумевается объемная скорость генерирования примесей от всех источников выбросов, находящихся на территории города. Это, в первую очередь, передвижные источники (автомобили), выбросы от которых можно охарактеризовать через категорию опасности автомобилей [4]. Причем  $КОА$  учитывает суммарную массу выбросов вредных веществ в атмосферу, проведенную к одному классу опасности.

Однако автомобиль может выбрасывать в среду примеси веществ – загрязнителей воздушной среды не только за счет сжигания топлива двигателем внутреннего сгорания, но и в результате взаимодействия автомобиля с поверхностью автодороги. То есть в систему «атмосфера – территория» следует добавить подсистему «автомобиль – дорога». Причем рассматриваемая подсистема будет служить источником выбросов большого количества как га-

зов, так и пыли. Поэтому в дальнейшем рассмотрим подсистему «автомобиль – дорога» в качестве самостоятельной системы, определяющей качество атмосферы на улицах промышленного города. Основными элементами этой системы выступают:

1. Автотранспорт, выбрасывающий в атмосферу  $n$ -ое количество примесей (газов, тяжелых металлов и т.д.), является источником примесей.

2. Автомобильная дорога – источник пыли.

3. Атмосфера улицы, в которой наблюдается распределение примеси, выступает средой. Под средой нами подразумевается объем воздуха, который определяется характеристиками автодороги (длиной и шириной полотна дороги) и высотой застройки.

4. Метеоусловия, задающие механизм распределения примеси в атмосферном воздухе улицы.

В качестве комплексного показателя, характеризующего качество атмосферы на улице любого назначения, нами предлагается категория опасности улицы ( $КОУ$ ), которую следует определять через опасность (выбросы) автомобиля и качественные характеристики автомобильной дороги, то есть

$$КОУ = КОА + КОД \quad (2)$$

где  $КОД$  – категория опасности дороги,  $м^3/с$ .

Взаимодействие автомобиля и дороги сопровождается выбросами пыли, а пылеобразование на дорогах можно количественно описать через категорию опасности дороги ( $КОД$ ), которая будет связана с количеством выбросов уравнением

$$КОД = \frac{M_n}{ПДК_n} = \frac{CV}{ПДК_n} \quad (3)$$

где  $C$  – концентрация пыли в воздухе улицы,

$V$  – объем воздуха, в котором рассеяна пыль.

Исследования показали [7], что образующийся пылевой аэрозоль адсорбирует на себе другие вещества-токсиканты и способен перемещаться на значительные расстояния от места образования. Поэтому, нами предложено рассматривать пыль в качестве сложной смеси, в которой содержатся одновременно примеси третьего, второго и даже первого класса опасности, а уравнение (3.3) можно представить в виде

$$КОД = \frac{M_{III}}{ПДК_{III}} + \left( \frac{M_{II}}{ПДК_{II}} \right)^{1,3} + \left( \frac{M_I}{ПДК_I} \right)^{1,7} = \sum_i^n \left( \frac{M}{ПДК_i} \right)^{\alpha} \quad (4)$$

где  $n$  – количество  $i$ -той примеси в пыли.

Из уравнения (3.4) следует, что качество атмосферы на дорогах улиц может ухудшаться прямо пропорционально количеству образовавшейся пыли (уравнение 3), но может изменяться и по степенному закону (уравнение 4).

Таким образом, улицу любого города можно представить как протяженный источник выбросов выхлопных газов и пыли, причем количество выбросов будет зависеть от количества автомобилей и типа двигателей, а также, от пылеобразующей способности дороги. Поэтому для оценки качества атмосферы в промышленном городе следует оценивать не только состояние автомобильного парка, но и состояние автомобильных дорог.

Теперь рассмотрим факторы, определяющие скорость генерирования пылевого потока на улицах города. Для этого необходимо решить следующие задачи:

- оценка площади поверхности автомобильных дорог в городе ( $S_0$ ) и объема воздуха ( $V_0$ ), в котором скапливается пыль.

- определение интенсивности пылевыделения с единицы поверхности автодороги в единицу времени.

- оценка количества пыли, находящейся в атмосфере города в данный момент времени (M).

- определение токсичности витающей пыли и её влияние на здоровье населения.

Оценка площади автомобильных дорог включает разделение дорог на категории по ширине проезжей полосы и по наличию или отсутствию твердого покрытия на них.

Суммарная поверхность полотна дороги в городе определяется суммацией площади дорог разных категорий и определяется по формуле

$$S^z_0 = \sum_i^n S^y_0 = S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_n \quad (5)$$

где  $n$  – количество категорий дорог.

Она может в городе определяться также как сумма произведений средней ширины дороги (B) каждой улицы (или ее элемента) на длину (L)

$$S^z_0 = S L B \quad (6)$$

Объем воздуха, в котором распределяется пыль на улице при взметывании, определяется характеристиками автодороги (Li B) и высотой застройки (h), зависящей от категории улицы и описывается следующим уравнением

$$V^y_0 = B * L * h \quad (7)$$

Объем запыленного воздуха для промышленного города определяется суммированием объемов улиц

$$V^z_0 = S V^y_0 = V_1 + V_2 + \dots + V_n \quad (8)$$

Количество пыли ( $M_a$ ), выбрасываемое движущимся автомобилем в единицу времени равно

$$M_a = m/t \quad (9)$$

где  $m$  – масса сдуваемой пыли, кг;

$t$  – время движения автомобиля, с.

С другой стороны, массу пыли можно определить по ее сдуваемости ( $\psi$ ) с полотна дороги

$$m = \psi * S_A * t \quad (10)$$

где  $S_A$  – площадь проекции автомобиля на поверхность дороги,  $m^2$ .

Причем время взаимодействия автомобиля с данной поверхностью определяют по формуле

$$t = L_A / v_A \quad (11)$$

где  $L_A$  – длина дороги, м;  $v_A$  – скорость его движения, м/с.

$\psi$  – сдуваемость пыли, мг/( $cm^2$  с).

Сдуваемость определяется в лабораторных условиях для каждого типа грунтов. Она в свою очередь является функцией влажности пылевидного материала, его дисперсности и скорости движения автомобиля. Сочетая уравнения (9) и (10) получим количество пыли, выбрасываемое одним автомобилем в воздушное пространство при его перемещении над поверхностью дороги, равной  $S_A$

$$M_a = \psi * S_A \quad (12)$$

Для N-го количества автомобилей i-го класса, проходящих над поверхностью  $S_A$ , получим

$$M^y_a = \psi_i S_{Ai} N_i \quad (13)$$

С другой стороны, количество выбросов можно определить через среднюю концентрацию пыли (C) в объеме воздуха по формуле

$$M^y = CV^y/t \quad (14)$$

Сочетая уравнения (13) и (14), получим уравнение, связывающее между собой территориальные и технологические параметры улицы данной категории

$$CV^y/t = \psi_i S_{Ai} N_i \quad (15)$$

При решении уравнения (13) относительно концентрации пыли в воздухе получим следующую формулу

$$C = \Psi_i S_{Ai} N_i t / V^y \quad (16)$$

Но уравнение (16) не учитывает оседания пыли из атмосферы ( $C = C_0$ ), поэтому его следует рассмотреть отдельно. В дальнейшем мы будем придерживаться логики, изложенной в работе [8].

Седиментационно-диффузионное равновесие рассмотрим в качестве механохимического, в котором перемещение является одновременно результатом поверхностного взаимодействия частиц со средой и действия сил гравитации и инерции на частицу. Остаточная концентрация пыли определяется из условий равновесия по формуле

$$C = C_0 e^{-\Delta G / RT} \quad (17)$$

Причем возможность установления механохимического равновесия определяется величиной свободной энергии системы пыль-газ  $\Delta G$ . Результирующее значение которой для системы «пыль-газ» определяется механохимией процесса.

$$\Delta G = S_m^z (\sigma_{mz} - 0,16 p_n r_n^2 g h), \quad (18)$$

где  $S_m^z$  – поверхность, занимаемая одним молекул газовой среды, м<sup>2</sup>/моль;

$\sigma_{mz}$  – поверхностное натяжение твердого тела за счет адсорбции паров;

$h$  – высота подъема частиц, м;

$g$  – ускорение силы тяжести, м/с<sup>2</sup>;

$\rho_n$  – плотность пылевидного материала, г/м<sup>3</sup>;

$r_n$  – радиус пылинок, м.

Минимальную концентрацию пыли, остающуюся в воздухе по окончании процесса оседания, следует считать равновесной и не изменяющейся в данных условиях. Она может изменяться в результате процесса рассеяния пыли в атмосфере. А количество пыли ( $M^y$ ), витающее в атмосфере, будет определяться как разница между количеством образовавшейся пыли ( $M_a^y$ ) на улицах города (уравнение 8) и количеством пыли ( $M_{oc}^y$ ), осевшей на твердую поверхность

$$M^y = M_a^y - M_{oc}^y \quad (19)$$

Исходя из уравнений (3.17) и (3.18) равновесная (остаточная) концентрация пыли будет равна

$$C = (\Psi_i S_{Ai} N_i / V^y) * t * e^{-\Delta G / RT} \quad (20)$$

Причем это уравнение справедливо в условиях штиля ( $v \approx 0$ ). Для ветреной погоды ( $v > 10$  м/с) оседание пыли не наблюдается ( $e^{-\Delta G / RT} \rightarrow 1$ ), но происходит рассеяние пыли в атмосфере, т.е. выполняется условие

$$M^y = M_a^y \quad (21)$$

для которого концентрация пыли в атмосфере будет равна

$$C = C_0 V^y_0 / V^y = C_0 V^y_0 / (V^y_0 + \Delta V) \quad (22)$$

Перенос и рассеивание примеси в атмосферном воздухе зависит в первую очередь от скорости воздушных потоков, которые определяют объем воздуха, в котором распределяется примесь. При этом распределение примеси внутри этого объема осуществляется по законам конвективной диффузии. Причем объем воздушной среды будет включать постоянный объем среды в приземном слое атмосферы ( $V^y_0$ ), определяемый площадью улицы ( $S$ ) и высотой приземного слоя ( $h$ ), и его прирост ( $\Delta V$ ), создаваемый диффузионными процессами, и определяется по формуле

$$V^y = V^y_0 \pm \Delta V = S h \pm \Delta V \quad (23)$$

Знак «плюс» в выражении (23) ставится тогда, когда объем воздушной среды нарастает за счет восходящих или горизонтальных воздушных потоков, а знак «минус» – когда объем воздуха уменьшается в результате температурных инверсий.

Для случая, когда в атмосфере наблюдаются застойные явления ( $U < 2$  м/с), рассеяние примеси будет происходить по механизму молекулярной диффузии. Снижение концентрации примеси в воздухе за счет молекулярной диффузии значимо лишь при вертикальном переносе ( $L_{диф} = \Delta h$ ). Для этого случая прирост будет определяться через увеличение высоты приземного слоя

$$\Delta V = [ 2 (L * h) + S ] * v_{диф} * t \quad (24)$$

В случае с высокой ветровой активностью самым неблагоприятным случаем будет, если направление ветра перпендикулярно расположению улицы, а прирост объема среды определяется длиной улицы и рассчитывается по уравнению

$$\Delta V = L h v_{вет} t \quad (25)$$

То есть диффузионные процессы оказывают влияние на объем приземного слоя атмосферы промышленного города, в котором распределяется примесь, а это в свою очередь сказывается на загрязнении воздуха пылью.

Для проведения расчетов по предложенной модели необходимо найти основные характеристики, определяющие значения КОА и КОД. Такими являются суммарная масса выбросов отходящих газов и пыли для исследуемой улицы. В работах [4, 9] было выяснено, что опасность отработавших газов (ОГ) автомобилей является функцией состояния двигателей внутреннего сгорания

и опасности веществ, входящих в их состав. Накопление же вредных веществ в воздухе промышленного города находится в зависимости от интенсивности движения транспортного потока по улицам города.

Поэтому количество выбросов вредных веществ нами определялось по интенсивности движения транспортных средств. Количество выбросов АТС определяли по известной методике [10] по следующей схеме. Массовый выброс загрязняющих веществ автомобильным транспортом при движении по данной улице  $M_{ij}$  рассчитывается по формуле:

$$M_{ij} = m_{ij} \cdot L_{общ}^N \cdot 10^{-6} \quad (26)$$

где  $m_{ij}$  – приведенный пробеговый выброс г/км  
 $m_{ij} = m_i \cdot K_{ri} \cdot K_{mi}$   
 $m_i$  – пробеговый выброс  $i$ -го загрязняющего вещества транспортным средством, г/км;  
 $K_{ri}$  – коэффициент, учитывающий изменение выбросов загрязняющих веществ при движении по территории населенных пунктов;  
 $K_{mi}$  – коэффициент, учитывающий влияние технического состояния автомобилей на массовый выброс  $i$ -го загрязняющего;  
 $L_{общ}^N$  – суммарный годовой пробег автомобилей по данной улице, который является функцией времени, интенсивности и скорости движения АТС, км.

Зная приведенный пробеговый выброс для различных веществ и видов автотранспортных средств (справочная величина), а также пробег автомобилей по территории населенных пунктов, можно рассчитать выбросы каждого загрязняющего вещества от автотранспорта по сезонам для улиц с различной интенсивностью движения. Причем суммарный сезонный пробег по улице рассчитывается по следующей схеме

$$L_{общ}^N = \sum_i^n L \cdot N_{сез}^N \quad (27)$$

где  $N_{сез}^N$  – число автомобилей, прошедших по данной улице за сезон;  
 $L$  – длина улицы, км.

Число автомобилей, прошедших по данной улице за сезон, определяется суммированием

$$N_{сез}^N = t \cdot (N_y + N_d + N_e + N_n) \cdot n \quad (28)$$

где  $t$  – время, в часах;  
 $n$  – количество дней в сезоне.

Ранжирование улиц, проведенное по категории опасности автомобиля, показало, что все магистральные улицы общегородского значения (МОЗ) с регулируемым движением относятся к источникам выбросов первой категории опасности ( $KOA \geq 31,7 \cdot 10^6$ ), основной вклад в эту величину дают соединения свинца (%). Интенсивность движения на таких улицах равна или превышает 1000 авт./час. Магистральные улицы районного значения (МРЗ) при интенсивности движения свыше 1000 авт./час относятся также к источникам выбросов первой категории опасности. Улицы с меньшей интенсивностью движения относятся к источникам выбросов третьей категории опасности ( $31,7 \cdot 10^4 > KOA \geq 31,7 \cdot 10^3$ ). Улицы местного значения с асфальтовым покрытием, расположенные в центральной части города в зависимости от интенсивности движения, относятся к источникам выбросов второй категории опасности. Улицы местного значения с временным покрытием (УМЗГ) относятся к источникам выбросов четвертой категории опасности ( $KOA < 31,7 \cdot 10^3$ ). Как видно из данных таблицы 1, в весенне-летний период с увеличением интенсивности движения транспортных потоков в 1,3-2 раза происходит увеличение их категории опасности (до 1,5 раз).

Суммарную категорию опасности автомобиля в г. Оренбурге определяли с учетом доли дорог разного качества по формуле

$$KOA^{сум} = (KOA^{МОЗ} + KOA^{МРЗ} + KOA^{УМЗГ}) \cdot P_1 + KOA^{УМЗГ} \cdot P_2 \quad (29)$$

где  $P_1$  и  $P_2$  – доля асфальтированных и неасфальтированных дорог в городе.

Определение же массы пыли, образующейся на автомобильных дорогах, весьма затруднительно, так как механизмы пылеобразования носят более сложный характер. В результате исследований были выявлены и объяснены зависимости концентрации взметнувшейся пыли от влажности среды и грунта, интенсивности и скорости движения транспортного потока, его состава и скорости ветра. Данные этих исследований являются материалами отдельных публикаций и здесь не приводятся. Нами были проведены расчеты категории опасности улицы для улиц различного назначения (таблица 2). В зимнее время категория опасности улицы определяется в основном категорией опасности автомобиля (на 90%). Для магистральных улиц общегородского значения с регулируемым движением, где наблюдается максимальная интенсивность движения, категория опасности автомобиля

**Естественные науки**

в весенне-осенний периоды больше категории опасности дороги лишь в 5-7 раз. Для магистральных улиц районного значения категория опасности дороги может быть больше категории опасности автомобиля до 3,5 раз. Для улиц местного значения с временным покрытием это соотношение может повышаться до 1000 раз.

Следовательно с загрязнением атмосферного воздуха на улицах промышленного города следует бороться одновременно через управление интенсивностью движения и процессами пылеобразования на автомобильных дорогах.

Таблица 1. Ранжирование автомагистралей города по категории опасности автомобиля.

Название улиц и их назначение	Значения КОВ для разных сезонов года, м <sup>3</sup> /с						КОА, м <sup>3</sup> /с
	СО	Сажа	СН	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	Pb	
Зима							
МОЗ (пр. Победы)	4,7·10 <sup>3</sup>	2,7·10 <sup>2</sup>	6·10 <sup>2</sup>	7·10 <sup>5</sup>	1,8·10 <sup>3</sup>	8,8·10 <sup>6</sup>	9,5·10 <sup>6</sup>
МРЗ (Салмышская)	3,6·10 <sup>2</sup>	20	38	1,4·10 <sup>4</sup>	1,2·10 <sup>2</sup>	3,6·10 <sup>4</sup>	5,1·10 <sup>4</sup>
УМЗГ (Астраханская)	20	-	2,7	1,4·10 <sup>2</sup>	2,7	3·10 <sup>2</sup>	4,7·10 <sup>2</sup>
Весна							
МОЗ (пр. Победы)	5,5·10 <sup>3</sup>	2,6·10 <sup>2</sup>	7,1·10 <sup>2</sup>	8·10 <sup>5</sup>	2·10 <sup>3</sup>	1,2·10 <sup>7</sup>	1,3·10 <sup>7</sup>
МРЗ(Салмышская)	3,9·10 <sup>2</sup>	22	41	1,8·10 <sup>4</sup>	1,3·10 <sup>2</sup>	4,5·10 <sup>4</sup>	6,3·10 <sup>4</sup>
УМЗГ (Астраханская)	23	-	3,1	1,7·10 <sup>2</sup>	3,2	3,8·10 <sup>2</sup>	5,8·10 <sup>2</sup>
Лето							
МОЗ (пр. Победы)	5,8·10 <sup>3</sup>	3·10 <sup>2</sup>	7,4·10 <sup>2</sup>	8,8·10 <sup>5</sup>	2,2·10 <sup>3</sup>	1,3·10 <sup>7</sup>	1,4·10 <sup>7</sup>
МРЗ (Салмышская)	4·10 <sup>2</sup>	20	44	1,7·10 <sup>4</sup>	1,3·10 <sup>2</sup>	5·10 <sup>4</sup>	6,8·10 <sup>4</sup>
УМЗГ (Астраханская)	25	-	3,4	2·10 <sup>2</sup>	3,5	4,7·10 <sup>2</sup>	7·10 <sup>2</sup>
Осень							
МОЗ (пр. Победы)	5,4·10 <sup>3</sup>	2,5·10 <sup>2</sup>	7·10 <sup>2</sup>	7,7·10 <sup>5</sup>	2·10 <sup>3</sup>	1,2·10 <sup>7</sup>	1,3·10 <sup>7</sup>
МРЗ (Салмышская)	3,9·10 <sup>2</sup>	22	42	1,7·10 <sup>4</sup>	1,3·10 <sup>2</sup>	4,5·10 <sup>4</sup>	6,3·10 <sup>4</sup>
УМЗГ (Астраханская)	23	-	3,1	1,7·10 <sup>2</sup>	3,2	3,8·10 <sup>2</sup>	5,8·10 <sup>2</sup>

Таблица 2. Значения категории опасности улицы для разных магистралей города

Назначение улицы	Категория опасности автомобиля, м <sup>3</sup> /с	Категория опасности дороги, м <sup>3</sup> /с	Категория опасности улицы, м <sup>3</sup> /с	Отношение КОА/КОД
Зима				
МОЗ	9,5·10 <sup>6</sup>	8·10 <sup>4</sup>	9,6·10 <sup>6</sup>	1,2·10 <sup>2</sup>
МРЗ	5,1·10 <sup>4</sup>	1,6·10 <sup>4</sup>	6,7·10 <sup>4</sup>	3,2
УМЗГ	4,7·10 <sup>2</sup>	6·10 <sup>3</sup>	6,5·10 <sup>3</sup>	0,1
Весна				
МОЗ	1,3·10 <sup>7</sup>	2,6·10 <sup>6</sup>	1,6·10 <sup>7</sup>	5
МРЗ	6,3·10 <sup>4</sup>	2,2·10 <sup>5</sup>	2,8·10 <sup>5</sup>	0,3
УМЗГ	5,8·10 <sup>2</sup>	6·10 <sup>5</sup>	6·10 <sup>5</sup>	0,001
Лето				
МОЗ	1,4·10 <sup>7</sup>	2·10 <sup>6</sup>	1,6·10 <sup>7</sup>	7
МРЗ	6,8·10 <sup>4</sup>	1,7·10 <sup>5</sup>	2,4·10 <sup>5</sup>	0,4
УМЗГ	7·10 <sup>2</sup>	5,2·10 <sup>5</sup>	5,2·10 <sup>5</sup>	0,001
Осень				
МОЗ	1,3·10 <sup>7</sup>	2,6·10 <sup>6</sup>	1,6·10 <sup>7</sup>	5
МРЗ	6,3·10 <sup>4</sup>	2,2·10 <sup>5</sup>	2,8·10 <sup>5</sup>	0,3
УМЗГ	5,8·10 <sup>2</sup>	6·10 <sup>5</sup>	6·10 <sup>5</sup>	0,001

**Список использованной литературы:**

1. Цыцур А.А., Боев В.М., Куксанов В.Ф., Старокожева Е.А. Комплексная оценка качества атмосферы промышленных городов Оренбургской области. – Оренбург, Изд-во ОГУ, 1999. – 168 с., ил.
2. Город-экосистема / Э.А. Лихачева, Д.А Тимофеев, П.М. Жидков и др. М.: ИГРАН, 1996, 336 с.
3. Луканин В.Н., Трофименко Ю.В. Промышленно-транспортная экология. Учеб. для вузов /Под ред. В.Н. Луканина. –М.: Высш. Шк., 2001. – 273 с.
4. Дворников Г.П. Оценка влияния состояния двигателей внутреннего сгорания автомобилей на экологические показатели их работы // Дис. на соис. уч. ст. кан. техн. наук – Оренбург, 2000. 165 с.
5. Негативное воздействие автотранспорта на состояние окружающей среды и здоровье человека. – М.: Минтранс России, 2001.
6. Старокожева Е.А., Борисова Л.Б. Оценка качества атмосферы территориально-производственных комплексов // Экология и промышленность России, 2001. № 1 .С 23-26
7. Амбарцумян В.В. Автотранспорт и окружающая среда. – Экология и жизнь, 1999. – № 2. – С. 53-67.
8. Старокожева Е.А. Оценка загрязнения атмосферы на территории, прилегающей к золоотвалам, и разработка составов и технологий связывания пылевидных материалов // Дис. на соис. уч. ст. кан. техн. наук – Оренбург, 1998. 179 с.
9. Иванов В.Н., Ерохов В.И. Влияние параметров автомобильных дорог на расход топлива // Автомобильные дороги , 1982, №8.
10. Кавтарадзе Д.Н. и др. Автомобильные дороги в экологических системах. М.: ЧеРо, 1999. 240 с.: ил.