

Практическая работа №1

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В РЕЗУЛЬТАТЕ РАБОТЫ АВТОТРАНСПОРТА

Экологическая опасность запыленности атмосферного воздуха и ее влияние на человека

Одним из наиболее распространенных неблагоприятных факторов производственной среды является пыль. Пылевидные частицы находятся в непрерывном движении в среде, в которой они взвешены и по степени измельчения (дисперсности) их делят на две группы: *видимую*, с размером частиц более 10 мкм и *микроскопическую* – менее 10 мкм. В зависимости от размера частиц определяется скорость осаждения пыли в воздухе. Крупные частицы относительно быстро осаждаются под действием силы тяжести. Более мелкие частицы пыли, преодолевая сопротивление воздушной среды, оседают с меньшей скоростью, а самые мелкие – высокодисперсные частицы могут длительное время перемещаться в воздухе.

Степень опасности пыли зависит также от формы ее частиц, их твердости, волокнистости, электростатичности, удельной поверхности и других свойств. Частицы пыли заряжаются электричеством, величина их заряда определяется химическим составом вещества. Неметаллическая пыль заряжается положительно, а металлическая – отрицательно. Разноименно заряженные частицы притягиваются друг к другу, слипаются, коагулируют, увеличиваются в размерах и оседают быстрее других частиц. При одноименных зарядах происходит отталкивание частиц и их коагуляция затрудняется.

Характер и эффективность действия пыли зависит от ее заряда. Известно, что заряженные частицы дольше задерживаются в легких, чем нейтральные, поэтому при прочих равных условиях они более опасны для организма. Вредность воздействия пыли также связана с растворимостью, твердостью, формой пылинок.

Различают следующие разновидности пыли: органическую, неорганическую и смешанную. К *органической* относится пыль животного и растительного происхождения, например: хлопчатобумажная, древесная, хитинового покрова насекомых. К *неорганической* относится минеральная пыль, например: цементная, кварцевая, асбестовая, а также металлическая.

По вредности пыль может быть инертной и агрессивной. Инертная пыль (сажа, сахарная пыль и др.) состоит из веществ, не оказывающих токсического воздействия на организм человека. Агрессивная пыль (пыли свинца, мышьяка и др.) обладают токсическими свойствами.

Пылевидные частицы могут оказывать на организм человека фиброгенное, раздражающее и токсическое действие. *Фиброгенным* называется такое действие пыли, при котором в легких происходит разрастание соединительной ткани, которое приводит к нарушению нормального строения и функции органа. Пыль некоторых веществ и материалов (стекловолокно, слюда и др.) оказывает

раздражающее действие на верхние дыхательные пути, слизистые оболочки глаз, кожу. *Токсическое* действие оказывает пыль токсических веществ (свинец, хром, бериллий и др.), которая попадает в организм человека через легкие.

Под термином «запыленность воздуха» понимают весовую концентрацию пыли в воздухе, которую выражают в $\text{мг}/\text{м}^3$. Количество пыли в атмосферном воздухе может быть весьма различным. В местности со сплошным зеленым массивом, над озерами и реками количество пыли в воздухе составляет менее $1 \text{ мг}/\text{м}^3$, в промышленных городах – $3\text{--}10 \text{ мг}/\text{м}^3$, в городах с неблагоустроенными улицами – до $20 \text{ мг}/\text{м}^3$. Размеры частиц колеблются от $0,02$ до 100 мкм [1].

Экологическая опасность пылевидных частиц для человека определяется их физико-химическими свойствами, токсичностью, а также концентрацией в воздухе. По санитарным нормам среднесуточная предельно допустимая концентрация нетоксичной пыли в атмосферном воздухе населенных мест должна составлять $0,15 \text{ мг}/\text{м}^3$, однако в действительности концентрация пыли чаще бывает значительно больше.

Работа в запыленной среде с течением времени может привести к профессиональным заболеваниям.

Автомобильный транспорт также является не только источником вредных и токсичных выбросов, но и загрязнения воздуха пылевидными частицами, которые образуются при стирании автопокрышек, выделяются с отработавшими газами. Увеличение количества взвешенной в воздухе и осевшей на поверхности пыли объясняется также повышенным износом асфальтового покрытия автомобильных дорог, вследствие применения шипованных шин и др.

Загрязнение атмосферного воздуха выбросами автотранспорта

Среди основных источников загрязнения атмосферного воздуха в крупных промышленных центрах и городах является транспорт, на долю которого приходится более 70% валовых выбросов [2]. Автомобильному транспорту как источнику загрязнения воздушной среды присущ ряд отличительных особенностей:

- численность автомобилей в крупных городах быстро увеличивается, поэтому непрерывно растет и валовой выброс вредных веществ в атмосферу;
- в отличие от промышленных предприятий, изолированных от жилой застройки санитарно-защитными зонами, автотранспорт, движущийся источник загрязнения воздуха жилых районов и мест отдыха населения;
- рассеяние автомобильных выбросов в условиях городской застройки затруднено;
- распространение вредных выбросов в результате работы автотранспорта воздействует на органы дыхания людей, проживающих в городах.

В результате работы автотранспорта существенными являются выбросы, в числе которых наиболее часто встречаются углеводороды ароматического ряда (бензол, толуол, ксилол), их производные (хлорбензол, нитробензол, анилин), формальдегиды. А также соединения углерода, серы (сероводород, сернистый

газ), азота (аммиак, оксиды азота), тяжелые и редкие металлы (свинец, ртуть, цинк, марганец, кобальт, хром, ванадий).

Моноксид углерода (угарный газ) при сжигании топлива в условиях недостатка воздуха генерируется в процессе работы автомобильных двигателей. Попадая в кровь, моноксид углерода воздействует на красные кровяные тельца – эритроциты, которые теряют способность транспортировать кислород. В результате наступает кислородное голодание, что оказывает влияние на состояние центральной нервной системы.

Большинство *углеводородов* поступает в атмосферу в процессе неполного сгорания топлива в двигателях, работающих на бензине или дизельном топливе. При неполном сгорании происходит синтез опасных канцерогенных циклических углеводородов. Установлено, что в местах непосредственного контакта канцерогенных веществ с биологической тканью появляются злокачественные опухоли. Углеводородные соединения при наличии определенных атмосферных условий (безветрие, интенсивность солнечной радиации, значительная температурная инверсия) служат исходными продуктами для образования чрезвычайно токсичных продуктов – фотооксидантов, обладающих сильным раздражающим и общетоксичным действием на органы человека, и образуют фотохимический смог.

Сернистый газ оказывает пагубное влияние на слизистую оболочку верхних дыхательных путей. *Диоксид азота* является побочным продуктом нефтехимических производств и рабочих процессов дизельных двигателей. Оксиды азота раздражают слизистую оболочку глаз и носа, разрушают легкие. Типичным представителем канцерогенных веществ, т. е. веществ, способствующих возникновению раковых опухолей, является *бензапирен*.

На территории Республики Беларусь в среднем за год в атмосферу выбрасывается около 2 млн т загрязняющих веществ. В составе выбросов преобладают оксид углерода (более 55 %), диоксид серы (около 11,5 %), углеводы (17,3 %), оксиды азота (10 %), твердые вещества (5 %) [2]. В стране на 10 млн жителей приходится около 1,9 млн автомобилей, т. е. примерно 1 автомобиль на 5 человек. И хотя этот уровень несколько выше среднемирового, по европейским меркам он весьма невысок.

Источниками поступления загрязняющих веществ в воздух являются отработавшие газы двигателей внутреннего сгорания, испарение топлива с топливной системы. Определяющая доля выбросов вредных веществ (56 %) принадлежит грузовым автомобилям. Структура выбросов автомобильного транспорта представлена веществами (в количестве около 200), из которых самыми опасными являются: оксид азота (NO), угарный газ (CO), углеводороды – несгоревшее топливо, бензапирен, свинец и т. д. Один усредненный автомобиль за 6 лет эксплуатации выбрасывает в атмосферу 9 т CO₂, 0,9 т CO, 0,25 т NO и 80 кг углеводородов и др. Около 50 % соединений свинца в атмосферу поступает от легковых автомобилей и 2/3 оксида азота – от грузовых автомобилей (рис.1.1) [3].

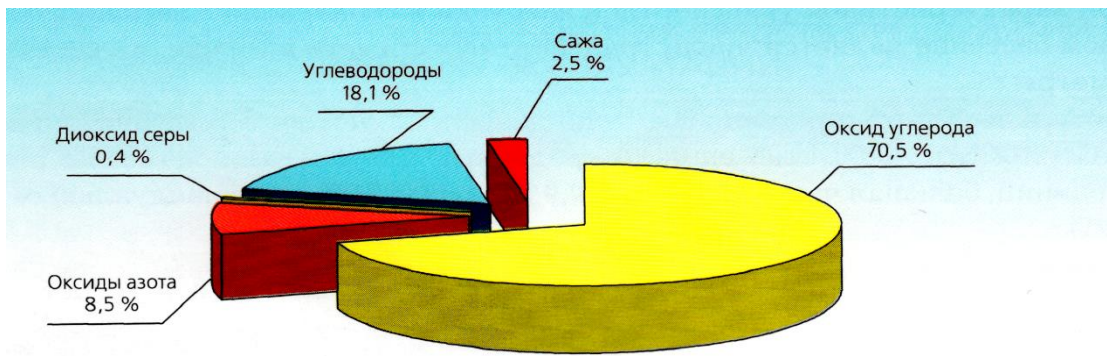


Рис. 1.1 Структура выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта

Повышенное содержание соединений оксидов углерода и азота можно обнаружить в выхлопных газах неотрегулированного двигателя, а также двигателя в режиме прогрева. Приближенный состав выхлопных газов автомобилей представлен в таблице 1.1 [3].

Таблица 1.1

Компоненты отработавших выхлопных газов автомобилей (% по объему)

Компоненты отработавших газов	Состав выхлопных газов
Оксид азота	8,0 – 10,0
Сажа	0,3 – 3,5
Пары воды	3,0 – 5,5
Диоксид углерода	5,0 – 12,0
Оксид углерода	70,5 – 78,0
Углеводороды	6,0 – 18,0
Диоксид серы	0,2 – 0,8
Альдегиды	0,1 – 0,2
Сернистый газ	0,002 – 0,03

Таблица 1.2

Концентрация вредных веществ в выхлопных газах

Режим работы двигателя	Оксид углерода, мг/л	Углеводороды, мг/л	Оксиды азота, мг/л
Холостой ход	4,0 – 12,0	2,0 – 6,0	4,0 – 8,0
Принудительный холостой ход	2,0 – 4,0	8,0 – 12,0	2,5 – 4,0
Средние нагрузки	0 – 1,0	0,8 – 1,5	–
Полные нагрузки	2,0	0,7 – 0,8	–

Состав и объем выбросов зависят также от типа двигателя (табл.1.3). Как видно из таблицы, выбросы загрязняющих веществ значительно ниже в дизельных двигателях. В топливе для дизельных двигателей нет свинцовых присадок, а выброс CO на 50 – 90 % ниже, чем у бензинового двигателя. Поэтому принято считать их более экологически чистыми. Однако дизельные двигатели

отличаются повышенными выбросами сажи. Сажа насыщена канцерогенами и их выбросы в атмосферу недопустимы.

Таблица 1.3

Количество выбросов вредных веществ в зависимости от типа двигателя

Вещество	Двигатель	
	Карбюраторный	Дизельный
Оксид углерода (% по объему)	1,0 – 12,0	0,01 – 0,5
Оксид азота, мг/л	0,05 – 8,0	0,002 – 0,5
Углеводороды, мг/л	0,8 – 6,0	0,01 – 0,5

Качество атмосферного воздуха оценивается и с учетом предельно допустимой концентрации веществ. Предельно-допустимая концентрация – максимальная концентрация, при которой, вещества не оказывают прямого или опосредованного влияния на состояние здоровья населения и не ухудшает условий окружающей среды.

Предельно допустимая концентрация некоторых веществ, наиболее часто встречающихся при работе автотранспорта приведена в таблице 1.4. [3]

Таблица 1.4

Предельно допустимая концентрация некоторых веществ, наиболее часто встречающихся при работе автотранспорте

Наименование вещества (пыль, аэрозоли)	ПДК, мг/м ³	Наименование вещества (газы и пары)	ПДК мг/м ³
Пыль, содержащая более 70 % SiO ₂ (кварц и др.)	2	Оксиды азота (в пересчете на NO ₂)	5
Пыль, содержащая от 10 до 70 % свободной SiO ₂	2	Ацетон	200
Пыль стеклянного и минерального волокна	3	Ангидрид сернистый	10
Пыль растительного и животного происхождения, содержащая до 10 % SiO ₂	4	Бензин топливный (в пересчете на С)	100
Бериллий и его соединения	0,001	Керосин, уайт-спирит	300
Кобальт (оксид кобальта)	0,5	Ртуть металлическая	0,01
Оксиды титана	10	Тетраэтилсвинец	0,0005
Никель (оксиды никеля)	0,5	Оксид углерода	20

Прогноз ожидаемого распространения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу представлен на рисунке 1.2 и таблице 1.4. При этом основной вклад поступления оксидов азота, НМЛОС (неметановые летучие органические соединения) в атмосферный воздух составит 63, 74 и 89 % соответственно. Согласно прогнозу выбросов, к 2020 г. произойдет спад выбросов серы и

НМЛОС и оксида углерода, вносимых работой двигателей автотранспорта. Однако выбросы оксидов азота возрастут.

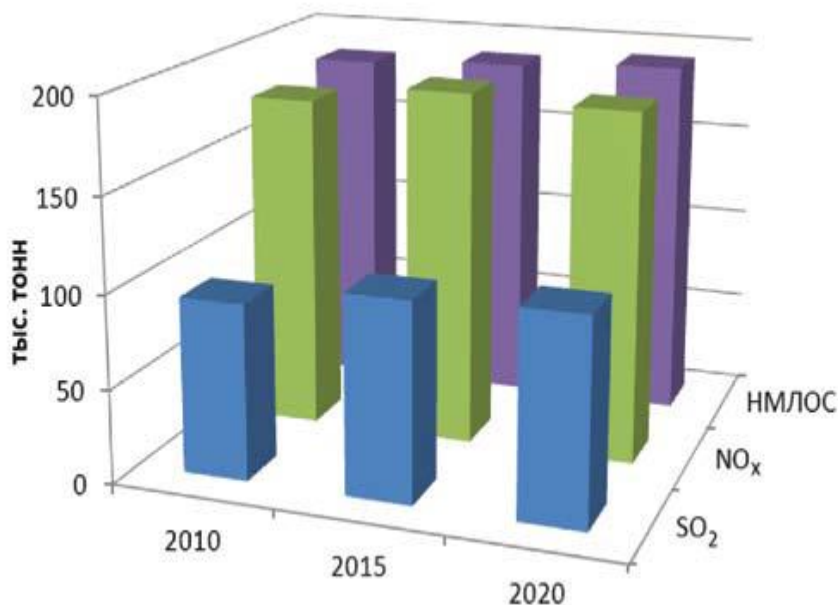


Рис. 1.2 Прогноз выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в Беларуси до 2020 г.

Таблица 1.5
Прогноз ожидаемого распространения выбросов SO₂, NO_x, НМЛОС и аммиака в атмосферном воздухе в Беларуси до 2020 г., тыс. т

Загрязняющее вещество	2009 г.	2015 г.	2020 г.
Диоксид серы SO ₂	140,90	105,58	108,27
Оксиды азота NO _x	175,20	189,42	186,31
НМЛОС	286,16	188,30	192,41

Кроме того, автомобильный транспорт является одним из источников шумового загрязнения. В городах с интенсивным автомобильным движением уровень шума превышает 70 дБ (децибел). На автомагистралях крупных городов Беларуси количество шума составляет 70 – 85 дБ, допустимая норма – 60 дБ (табл. 1.5) [4].

Таблица 1.6
Оценка основных источников транспортного шума

Вид транспорта	Эквивалентный уровень шума, дБ
Легковые автомобили (на расстоянии 7,5 м)	77
Автобусы и грузовые автомобили	78 – 83
Железнодорожный (на расстоянии 20 м)	90 – 101
Воздушный	98 – 105

Мероприятия по борьбе с выбросами автотранспорта загрязняющих веществ в атмосферный воздух:

1. Перевод автомобилей на дизельные двигатели. Возрастающий интерес к дизельному двигателю связан не только с удешевлением эксплуатации автомобилей, но и уменьшением загрязнения окружающей среды.

2. Газ вместо бензина. Это позволит не только повысить чистоту воздушного бассейна в крупных городах, но и высвободить для нужд народного хозяйства немало дефицитного жидкого топлива.

3. Электромобиль. Считается целесообразным перевод автомобилей на электротягу, особенно в крупных городах. Оценки показывают, что к 2025 г. электромобили могут составить 15 % от общего числа автомобилей мира.

4. Внедрение альтернативных видов топлива. Биогаз состоит на 60 – 70 % из метана (с теплотворной способностью 5000 ккал на 1 м³).

Расчетная оценка количества вредных веществ в атмосферу от автотранспорта

Количество выбросов вредных веществ, поступающих от автотранспорта в атмосферу, может быть оценено расчетным методом. Исходными данными для расчета количества выбросов являются:

- количество единиц автотранспорта разных типов, проезжающего по определенному участку автотрассы в единицу времени;
- нормы расхода топлива автотранспортом (средние нормы расхода топлива автотранспортом при движении приведены в табл. 1.7) [4].

Таблица 1.7

Средние нормы расхода топлива автотранспортом при движении в условиях города

Тип автотранспорта	Средние нормы расхода топлива (литр на 100 км)	Удельный расход топлива, U_i (литр на 1 км)
Легковой автомобиль	11 – 13	0,11 – 0,13
Грузовой автомобиль	29 – 33	0,29 – 0,33
Автобус	41 – 44	0,41 – 0,44
Дизельный грузовой автомобиль	31 – 34	0,31 – 0,34

Значения эмпирических коэффициентов, определяющих выброс вредных веществ от автотранспорта в зависимости от вида горючего, приведены в табл. 1.8 [4].

Таблица 1.8

Эмпирические коэффициенты, определяющие выброс вредных веществ от автотранспорта в зависимости от вида горючего

Вид топлива	Значение коэффициента, К		
	Угарный газ	Углеводороды	Диоксид азота
Бензин	0,6	0,1	0,04
Диз. топливо	0,1	0,03	0,04

Коэффициент K численно равен количеству вредных выбросов соответствующего компонента в литрах при сгорании в двигателе автомашины количества топлива (также в литрах), необходимого для проезда 1 км (т. е. равного удельному расходу).

Справочные значения предельно допустимых концентраций приведены в табл. 1.9. [4].

Таблица 1.9

Значения предельно допустимых концентраций веществ

Вещество	Свойства вещества	Основные источники поступления в атмосферу	ПДК _{нм} , мг/м ³	ПДК _{рз} , мг/м ³
Диоксид серы	Раздражает дыхательные пути, ощутимый при 0,4 – 1,3 мг/м ³	Сгорание угля, производство резиновых изделий	0,5	10
Оксид, диоксид азота	Раздражает дыхательные пути. Активно взаимодействует с другими загрязнителями	Выхлопные газы автотранспорта, продукты сгорания	0,04 0,085	2 5
Монооксид углерода	Ядовитый газ, обладающий кумулятивным эффектом. Время жизни в атмосфере – 2–4 месяца	Продукты неполного сгорания топлива, выбросы промышленных предприятий	5,0	20
Углеводороды нефти	Бесцветные пары	Выхлопные газы тепловых двигателей	100 (пентан)	300
Хлор	Желто-зеленоватый газ, сильный окислитель	Транспортировка сжиженного хлора	0,1	1,0
Фтор-водород,	Бесцветный газ сильный раздражитель дыхательных путей	Выбросы предприятий по производству фосфорита, алюминиевых заводов	0,02	0,5
Аммиак, NH ₃	Бесцветный газ с резким характерным запахом	Выбросы животноводческих комплексов, холодильных установок	0,2	20
Сероводород	Бесцветный ядовитый газ	Выбросы химических предприятий	0,008	10
Оксид углерода	Бесцветный газ, продукт жизнедеятельности организмов	Дыхание животных и растений, сгорание органических остатков	3	20
Формальдегид	Бесцветный газ с резким запахом	Выбросы химических предприятий	0,05	4

Примечание.

ПДК_{рз} – это концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны в мг/м³, которая при ежедневном вдыхании в течение 8 часов не должна вызывать у работающих каких-либо заболеваний или отклонений от нормального состояния здоровья.

ПДК_{нм} – это концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест в мг/м³.

Пример выполнения задания

Задание. Рассчитать количество выбросов вредных веществ в воздух, поступающее от автотранспорта на участке автотрассы, расположенной вблизи БГУИР. Протяженность участка между 2 и 4 учебными корпусами составляет – 1 км.

Определяем количество единиц автотранспорта, проходящего по участку в течение 20 мин. Количество единиц автотранспорта, пройденного за 1 ч, рассчитывают, умножая на 3 количество, полученное за 20 мин. Рассчитываем общий путь, пройденный количеством автомобилей каждого типа за час (L , км) по формуле

$$L = N_i \cdot l, \quad (1.1)$$

где N_i – количество автомобилей каждого типа;
 i – обозначение типа автотранспорта ($i = 1$ для легковых автомобилей; $i = 2$ для грузовых автомобилей; $i = 3$ для автобусов; $i = 4$ для дизельных грузовых автомобилей);
 l – длина участка, км (по условию равна 1 км).
Данные расчетов заносим в табл. 1.10.

Таблица 1.10

Автотранспорт, движущийся по выбранному участку

Тип автотранспорта	Всего за 20 мин, шт.	За час, N_i шт.	Общий путь за 1 ч, L , км
Легковые автомобили	263	789	789
Грузовой автомобиль	3	9	9
Автобус	2	6	6
Дизельный грузовой автомобиль	1	3	3

Рассчитываем количество топлива (Q_i , л), сжигаемого двигателями автомашин, по формуле

$$Q_i = L_i \cdot Y_i, \quad (1.2)$$

где L_i – общий путь каждого вида автотранспорта за 1 ч;
 Y_i – удельный расход топлива (значения Y_i приведены в табл. 1.10).

$$Q_1 = 789 \cdot 0,12 = 94,68 \text{ л};$$

$$Q_2 = 9 \cdot 0,31 = 2,79 \text{ л};$$

$$Q_3 = 6 \cdot 0,42 = 2,52 \text{ л};$$

$$Q_4 = 3 \cdot 0,33 = 0,99 \text{ л}.$$

Полученный результат заносим в табл. 1.11.

Таблица 4.5

Количество сожженного топлива каждым видом транспортного средства

Тип автотранспорта	L_i , км	Q_i , л
Легковой автомобиль	789	94,68
Грузовой автомобиль	9	2,79
Автобус	6	2,52
Дизельный грузовой автомобиль	3	0,99
Всего ΣQ		100,98

Определяем общее количество сожженного топлива каждого вида (ΣQ) при условии использования вида топлива каждым типом автотранспорта в соотношении N_b / N_d (N – количество автомобилей с бензиновым или дизельным двигателем).

Количество автомобилей с бензиновым двигателем в Беларуси составляет около 76 %, с дизельным – 24 %.

Результаты заносим в табл. 1.12.

Таблица 1.12

Количество сожженного бензина и дизельного топлива

Тип автотранспорта	Тип двигателя, N_b / N_d	Бензин, л	Диз. топливо, л
Легковой автомобиль	600/189	72,0	22,68
Грузовой автомобиль	9/0	2,79	-
Автобус	0/6	-	2,52
Дизельный грузовой	0/3	-	0,99
Всего ΣQ_i		74,79	26,19

Рассчитываем количество выделившихся вредных веществ по каждому виду топлива (данные табл. 1.8 и 1.12). Результаты заносим в табл. 1.13.

Таблица 1.13

Количество выделившихся вредных веществ по каждому виду топлива

Вид топлива	ΣQ_i , л	Количество выделившихся вредных веществ, л		
		СО	углеводороды (C_5H_{12})	NO ₂
Бензин	74,79	44,87	7,48	29,9
Диз. топливо	26,19	2,61	0,79	1,04
Всего (V)		47,3	8,27	4,03

Рассчитываем массу выделившихся вредных веществ (m , г) по формуле

$$m = \frac{V \cdot M}{22,4}, \quad (4.3)$$

где M – молярная масса вещества;
 V – количество выделившихся вредных веществ, л.

$$M(\text{CO}) = 12 + 16 = 28;$$

$$M(\text{C}_5\text{H}_{12}) = 5 \cdot 12 + 1 \cdot 12 = 72;$$

$$M(\text{NO}_2) = 14 + 16 \cdot 2 = 46.$$

Рассчитываем количество чистого воздуха, необходимое для разбавления выделившихся вредных веществ и для обеспечения санитарно допустимых условий окружающей среды. Результаты заносим в табл. 1.14.

Таблица 1.14

Масса выделившихся вредных веществ в атмосферу от работы автотранспорта

Вид вещества	Масса, м, г	Количество воздуха, м ³	ПДК мг/м ³
СО	59,13	11826	5,0
Углеводороды	26,6	266	100
NO ₂	8,3	97647	0,085

Задания для самостоятельной работы

Задание. Рассчитать массу выбросов вредных веществ в воздух, поступающих от автотранспорта, и количество чистого воздуха, необходимое для разбавления выделившихся вредных веществ и для обеспечения санитарно допустимых условий окружающей среды на участке автотрассы (данные по интенсивности транспортного потока за 20 мин по всем видам транспортных средств приведены в табл. 1.10. Варианты заданий даны в табл. 1.15

Результаты расчетов оформить в виде таблиц (табл. 1.10 – 1.14).

Таблица 1.15

Варианты заданий для самостоятельной работы

Вариант	Протяженность участка, м	Временной интервал, мин
1	500	15
2	700	30
3	1300	45
4	1500	90
5	1800	120
6	2000	240
7	2500	480
8	3000	1440

Контрольные вопросы

1. Объясните значение термина «запыленность воздуха». От чего зависит степень опасности пылевидных частиц в атмосферном воздухе.

2. Назовите отличительные особенности органической и неорганической пыли. Чем определяется скорость осаждения пыли в воздухе?

3. Как на организм человека влияют разные виды загрязнителей атмосферного воздуха и почему?

3. Какая связь существует между запыленностью атмосферы и «парниковым эффектом»?

4. Назовите отличительные особенности автомобильного транспорта как источника загрязнения атмосферного воздуха.

5. От чего зависит концентрация вредных веществ в атмосферном воздухе городов?

6. Какой тип двигателя в меньшей степени загрязняет атмосферный воздух и почему?

7. Что такое «шумовое загрязнение»? Назовите основные источники транспортного шума. Норма шума для автомагистралей.

8. Назовите мероприятия, предупреждающие загрязнение атмосферы в результате работы автотранспорта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Прикладная экология. Степановских, А.С. – М. : ЮНИТИ, 2003.
2. Состояние окружающей среды Республики Беларусь : нац. доклад – Минск : Белтаможсервис, 2010. – 150 с.
3. Автомобильный транспорт и охрана окружающей среды, Саратов. Изд-во «Ареал», 2000. – 178 с.
4. Поворова, О. В. Практикум по экологии: учеб.-метод. пособие / О. В. Поворова, Г. Н. Тихончук. – Могилев : МГУ, 2007. – 108 с.