

# **ИЗУЧЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА АВТОТРАНСПОРТОМ ВБЛИЗИ ГОРОДА ТАРКО-САЛЕ**

**Русских Алина Константиновна**

**МБОУ ДО «Центр естественных наук»**

**Город Тарко-Сале**

**Ямало-Ненецкий автономный округ**

**sashaceiker@mail.ru**

## **Аннотация**

Автомашины являются неотъемлемой частью нашей жизни, многие и представить не могут свою жизнь без них, но также не могут представить себе, насколько автотранспорт пагубно влияет не только на окружающую среду, но и на организм человека. Из-за постоянно растущего спроса на автомобильный транспорт, число вредных веществ, выбрасываемых в воздух, тоже растёт.

Вещества выхлопных газов автомашин не только пагубно влияют на окружающую среду, но и на состояние здоровья человека, поэтому нужен постоянный контроль за количеством выбросов выхлопных газов в атмосферу.

Исходя из этого объектом нашего исследования стало загрязнение окружающей среды, автотранспортом.

**Alina Russkih**

**Russia**

**STUDY OF ATMOSPHERIC AIR POLLUTION BY MOTOR  
TRANSPORT NEAR THE CITY OF TARKO-SALE**

Annotation

Cars are an integral part of our lives, many cannot imagine their lives without them, but also cannot imagine how much motor transport adversely affects not only the environment, but also the human body. Due to the ever-growing demand for road transport, the number of harmful substances emitted into the air is also growing.

Substances from car exhaust gases not only adversely affect the environment, but also human health, so constant monitoring of the amount of exhaust emissions into the atmosphere is needed.

Based on this, the object of our research was environmental pollution, motor transport.

## **Введение**

Одной из самых актуальных проблем современности, является загрязнение атмосферного воздуха выхлопными газами от работы различного транспорта.

Актуальность исследования связана с тем, что быстрыми темпами идет развитие инфраструктуры Пуровского района и ЯНАО в целом, а именно развитие системы логистики (автодорог), тем самым увеличивается количество транспортных средств, и соответственно, увеличивается поступление загрязняющих веществ в атмосферу. Данная проблема и определила тему и цель нашей работы.

Целью работы является исследование загрязнения атмосферного воздуха и окружающей среды выхлопами автотранспортных средств.

### **Задачи:**

1. изучить соответствующую литературу о выбросах и о загрязняющих веществ в атмосферу;
2. освоить методы расчетов по выбросам загрязняющих веществ;
3. провести анализ полученных данных в ходе расчёта;
4. сравнить полученные результаты выбросов с предельно допустимые концентрации (ПДК);
5. написать меры по снижению поступления загрязняющих веществ в атмосферу и окружающую среду.

**Гипотеза:** превышают ли поступающие загрязняющие вещества от автомашин в атмосферу ПДК?

**Объект:** загрязнение окружающей среды.

**Предмет:** загрязнение атмосферного воздуха выбросами автотранспорта.

### **Основные этапы исследования:**

- изучение характеристик автопотока;
- определение количество поступающих загрязняющих веществ в атмосферный воздух;
- оформление результатов;

– представление результатов.

**Практическая значимость работы:** данную работу можно использовать на занятиях в объединения «Юный эколог», а также полученные данные исследования, будут использованы для написания более серьезной исследовательской работы.

Перспектива данной работы заключается в том, что данные, полученные в ходе исследования, будут использованы в создании более серьезной исследовательской работы.

## Глава 1. Литературный обзор

Проблема загрязнения атмосферного воздуха автотранспортом находится в списке самых актуальных проблем человечества, так как влияет на экологию планеты. В современном мире человек пока плохо осознает важность сохранения баланса экологии планеты и думает только о получении выгоды и прибыли. За такое отношение будет расплачиваться будущее поколение (Власов, 2014).

Было решено начать анализ литературы со знакомства с автотранспортным средством (автотранспортное средство – это техническое устройство для перевозки людей и/или грузов, работающее на жидком топливе (Ветошкин, 2019)). За последнее десятилетие в ходе исследований было выявлено, что автомобиль является одним из основных виновников загрязнения окружающей среды. Автомобиль не только поглощает необходимый для жизни кислород, но и загрязняет атмосферу токсичными компонентами, которые наносят урон всему живому на планете (Василенко, 2019).

Существует множество различных автомашин, которые способны выполнять различные потребности человека, но для подсчета выбросов было решено выделить, пять категорий автотранспорта такие как:

- Легковые – (Л);
- автофургоны и микроавтобусы до 3,5 тонн – (АМ);
- грузовые от 3,5 до 12 тонн – (Г<12);
- грузовые свыше 12 тонн – (Г>12);

- автобусы свыше 3,5 тонн – ( $A > 3,5$ ). (Молодцов, 2014).

Теперь познакомимся с основными вредными веществами, поступающими в атмосферу с отработавшими газами автомобилей: оксид углерода, сумма оксидов азота, углеводороды, сажа, диоксид серы, соединения свинца, формальдегид, бенз(а)пирен. Поступление каждого конкретного вещества зависит от множества факторов, которые нужно учитывать (Константинов, 2013).

Каждый из этих вредных веществ очень вреден для окружающей среды и организма человека, они включают в себя канцерогены, которые способствуют повышению возможности образования злокачественных опухолей онкологических заболеваний, поэтому государство обязано контролировать поступление этих веществ в атмосферу и государство ввело такие понятия как ПДК, ПДК м.р., ПДК с.с. (ПДК – это максимальная концентрация выбросов веществ в окружающую среду, которое при определённом промежутке воздействия на живые организмы не оказывает негативных последствий. ПДК м.р. – это предельно допустимая разовая концентрация вредных веществ в атмосферном воздухе. ПДК с.с. – это среднесуточная предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе (ГОСТ 2.1.6.3492-17, от 22.12.07) а также разработало различные ГОСТЫ (Челноков, 2014)

В докладе департамента природно-ресурсного регулирования ЯНАО об экологической ситуации в ЯНАО было заявлено, что происходит постепенное увеличение количества поступающих вредных веществ от автотранспорта в атмосферу почти по всем показателям от передвижных источников загрязнения (передвижной источник загрязнения – это транспортное средство, движение которого сопровождается выбросом в атмосферу загрязняющих веществ).

Основываясь на обзоре литературы, можно сделать вывод, что выбранная тема исследовательской работы очень актуальна и требует более тщательного изучения со стороны научного сообщества.

## **Глава 2. Экспериментальная часть**

Методика вычисления загрязнения атмосферного воздуха выбросами автотранспорта взята из ГОСТ Р 56162-2019 «Выбросы загрязняющих веществ в

атмосферу. Метод расчета количества выбросов загрязняющих веществ в атмосферу потоками автотранспортных средств на автомобильных дорогах разной категории». Она представлена в виде уравнений и математических вычислений (ГОСТ Р 56162-2019, дата введения 2020-01-01).

## **2.1 Обследования характеристики движущегося автотранспортного потока**

Для изучения выбросов в атмосферу загрязняющих веществ от автотранспорта, было решено взять дорогу вблизи города Тарко-Сале, которая соединяет г. Тарко-Сале и п. Пуровск, протяженностью 20 км (прил.1 рис.1).

Дорога имеет две полосы движения в двух направлениях и обладает шириной 8 метров. Остальные характеристики дороги и климатические условия указаны в (прил. 1, табл. 1).

После описание автодороги и метеорологических условий, было проведено обследование характеристик движущегося автотранспорта в течении 20 минут в дневное время и вечернее (прил.1 табл.2).

Анализ полученных данных показал, что больше всего проехало легковых (Л) 65 днем и 32 вечером, а меньше всего автобусов свыше 3,5 тонн – (А>3,5) днем 2 и 1 вечером. Средняя скорость легкового автомобиля составила 100 км/ч, грузового 80 км/ч, автобуса 70 км/ч (прил.1 табл.2)

Все полученные данные будут использованы в дальнейших расчётах.

## **2.2 Расчет выбросов загрязняющего вещества движущегося автотранспорта**

$$M_{LI} = \frac{L}{1200} \sum_1^k M_{ki}^L * G_k * r_{V_{ki}}$$

$M_{ki}^L$  (г/км) – удельный пробеговый выброс (прил.1 табл.3);

$k$  – количество групп автомобилей;

$G_k$  – интенсивность движения;

$r_{V_{ki}}$  - поправочный коэффициент (прил.1 табл.4);

L (км) протяженность автодороги;

Все расчёты по формуле можно увидеть в (прил.2)

– Оксид углерода;

Самый высокий показатель по выбросам оксида углерода имеют легковые автомобили (Л) днем (63,3 г/с) и вечером (31,2 г/с), а самый низкий автобусы свыше 3,5 тонн ( $A > 3,5$ ) днем (4,77 г/с) и вечером (2,3 г/с).

– Сумма оксидов азота;

Самый высокий показатель по выбросам оксида имеют грузовые от 3,5 до 12 тонн ( $\Gamma < 12$ ) днем (102,4 г/с) и вечером (51,4 г/с), а самый низкий автобусы свыше 3,5 тонн ( $A > 3,5$ ) днем (9,6 г/с) и вечером (4,8 г/с).

– Углеводороды;

Самый высокий показатель по выбросам углеводородов имеют грузовые от 3,5 до 12 тонн ( $\Gamma < 12$ ) днем (38,4 г/с) и вечером (19,2 г/с), а самый низкий автобусы свыше 3,5 тонн ( $A > 3,5$ ) днем (3,78 г/с) и вечером (1,89 г/с).

– Сажа;

Самый высокий показатель по выбросам сажи имеют грузовые свыше 12 тонн ( $\Gamma > 12$ ) днем (3,04 г/с) и вечером (1,52 г/с), а самый низкий автофургоны и микроавтобусы (АМ) днем (0,21 г/с) и вечером (0,085 г/с).

– Диоксид серы;

Самый высокий показатель по выбросам диоксида серы имеют легковые автомобили (Л) днем (0,507 г/с) и вечер (0,018 г/с), а самый низкий автобусы свыше 3,5 тонн ( $A > 3,5$ ) днем (0,036 г/с) и вечер (0,018 г/с).

– Формальдегид;

Самый высокий показатель по выбросам формальдегида имеют грузовые от 3,5 до 12 тонн ( $\Gamma < 12$ ) днем (0,168 г/с) и вечером (0,084 г/с), а самый низкий автобусы свыше 3,5 тонн ( $A > 3,5$ ) днем (0,0162 г/с) и вечером (0,0081 г/с).

– Бенз(а)пирен.

Самый низкий показатель по выбросам бенз(а)пирена имеют легковые автомобили (Л) днем (0,00000845 г/с) и вечером (0,00000416 г/с), а самый низкий

автобусы свыше 3,5 тонн ( $A > 3,5$ ) днем (0,00000162 г/с) и вечером (0,000000756 г/с).

При расчете выбросов загрязняющего вещества от движущегося транспорта, было получено: оксид углерода день (1,5 г/с) и вечер (0,741 г/с), сумма оксидов азота день (1,68 г/с) и вечер (0,801 г/с), углеводороды день (0,68 г/с) и вечер (0,32 г/с), сажа день (0,0402 г/с) и вечер (0,019 г/с), диоксид серы день (0,0104 г/с) и вечер (0,0049 г/с), формальдегид день (0,003 г/с) и вечер (0,0014 г/с), бенз(а)пирен день ( $0,026 \cdot 10^{-6}$  г/с) и вечер ( $0,0125 \cdot 10^{-6}$  г/с).

Все полученные данные были получены грамм/секунду, для того что бы можно было сопоставить с ПДКсс и ПДК мр, нужно перевести г/с в мг/м<sup>3</sup> используя формулу для нахождения максимального значения концентрации вредного вещества С (мг/м<sup>3</sup>).

$$C = \frac{AMFmn\eta}{H^2 \sqrt[3]{V_1 \Delta T}}$$

A – коэффициент, стратификации атмосферы;

M (г/с) – масса вредного вещества;

F – безразмерный коэффициент, 1 для газообразных;

m и n – коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси;

H (м) – высота источника выброса;

$\eta$  – безразмерный коэффициент;

$\Delta T$  (С°) – разность между температурой, выбрасываемой газовой смеси и атмосферного воздуха (60)

$V_1$  (м<sup>3</sup>/с) – расход газовой смеси, определяется по формуле:

$$V_1 = \frac{\pi D^2}{4} w_0$$

D (м) – диаметр устья источника выброса;

$w_0$  (м/с) – средняя скорость выхода газовой смеси из устья источника выброса.

$$V_1 = \frac{3,14 \cdot 6^2}{4} \cdot 5,4 = 152,6 \text{ (м}^3\text{/с)}.$$



Все расчеты по данным формулам можно увидеть в (прил.3).

При расчете максимального значения концентрации вредного вещества, было получено: оксид углерода день 57,3 мг/м<sup>3</sup> и вечер 28,33 мг/м<sup>3</sup>, сумма оксидов азота день 64,2 мг/м<sup>3</sup> и вечер 30,18 мг/м<sup>3</sup>, углеводороды 26 мг/м<sup>3</sup> и вечер 12,23 мг/м<sup>3</sup>, сажа 1,5 мг/м<sup>3</sup> и вечер 0,72 мг/м<sup>3</sup>, диоксид серы день 0,39 мг/м<sup>3</sup> и вечер 0,18  $\frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$ , формальдегид 0,11 мг/м<sup>3</sup> и 0,053 мг/м<sup>3</sup>, бенз(а)пирен день  $0,99 * 10^{-6}$  (мг/м<sup>3</sup>) и вечер  $0,053 * 10^{-6}$  (мг/м<sup>3</sup>) (прил.1. табл.5).

### 2.3 Анализ полученных данных

В ходе проведения расчетов мы получили, количество поступающих загрязняющих веществ в атмосферный воздух от всех автотранспортных средств, проехавших по автодороги п. Пуровск – г. Тарко-Сале за 20 минутный промежуток времени.

При сравнении с ПДК, мы заметили, что за промежуток времени 20 минут в дневное время превышение ПДК зафиксировано почти по всем показателям загрязняющих веществ: оксид углерода в 11 раз, оксид азота в 160 раз, углеводороды в 5 раз, сажа в 10 раз, формальдегид в 4 раза, бенз(а)пирен в 2 раза, превышение не было зафиксировано только по диоксиду серы, в вечернее время: оксид углерода в 5 раз, оксид азота в 80 раз, углеводороды в 2 раз, сажа в 5 раз, формальдегид в 2 раза, превышение не было зафиксировано только по диоксиду серы и бенз(а)пиренеу.

Меньше всего поступает такого загрязняющего вещества, как бенз(а)пирен и формальдегид, а больше всего оксида углерода и оксида азота.

Все расчёты проводились за 20-ти минутный промежуток времени, если рассчитать количество загрязняющего вещества, поступающего за час с дневное и вечернее время, то превышение ПДК будет по всем показателям от 10 до 100 раз, а если посчитать поступающие вещества в сутки, то там уже будут фигурировать превышения в 1000 и 10000 раз.

Выявлена прямая зависимость, количество поступающих загрязняющих веществ в атмосферу от количеств и состава автотрафика дороги.

## **Вывод**

В ходе изучения научной литературы, были выявлены такие загрязняющие вещества выхлопных газов автомобиля, как: оксид углерода, оксид азота, углеводороды, сажа, диоксид серы, формальдегид, бенз(а)пирен.

При проведении расчётных работ было выявлено, что поступление загрязняющих веществ в атмосферный воздух днем и вечером превышает ПДК воздуха почти по всем загрязняющим веществам, что влечет не только загрязнение атмосферного воздуха, но и окружающей среды в целом.

Чтобы уменьшить количество выбрасываемых загрязняющих веществ в атмосферу, можно сократить количество автотранспортных средств или перейти на более экологичный вид топлива и использовать чистую энергию. Такие меры способны сократить выбросы загрязняющих веществ в 10 или даже в 100 раз.

## Список использованной литературы

1. Василенко Т.А., Свергузова С.В. Оценка воздействия на окружающую среду и экологическая экспертиза инженерных проектов: учеб. пособие. М.: Инфра-Инженерия, 2019. 264 с.
2. Ветошкин А.Г. Инженерная защита атмосферы от вредных выбросов. М.: Инфра-Инженерия, 2019. 316 с.
3. Власов О.С. Экология : учеб. пособие. Волгоград : ВолгГАСУ, 2014. 104 с.
4. Константинов В.М., Челидзе Ю.Б. Экологические основы природопользования: учебник для учреждений сред. проф. Образования. М.: Издательский центр «Академия», 2013. 240 с.
5. Молодцов В.А., Гуськов А.А. Определение выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта. Метод. Указания. Москва : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2014. 22 с.
6. Мотузова Г.В., Карпова Е.А. Химическое загрязнение биосферы и его экологические последствия. М.: МГУ, 2013. 298с.
7. Общая и прикладная экология / Челноков А.А. [и др.]. Минск: Вышэйшая школа, 2014. 654 с.
8. ГОСТ 2.1.6.3492-17 Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений: утвержден и введен в действие Постановлением главного государственного санитарного врача РФ от 22.12.07 года №165: - URL <http://docs.cntd.ru/document/556185926> (дата обращения: 20.12.20). – Текст: электронный.
9. ГОСТ Р 56162-2019 Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Метод расчета количества выбросов загрязняющих веществ в атмосферу потоками автотранспортных средств на автомобильных дорогах разной категории. Национальный стандарт РФ выбросы загрязняющих веществ в атмосферу (дата введения 2020-01-01). URL

<http://docs.cntd.ru/document/1200167788> (дата обращения 20.12.20). – Текст электронный.

10. ОНД-86 Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий (дата введения 1987-01-01) – URL <http://docs.cntd.ru/document/1200000112> (дата обращения: 20.12.20). – Текст электронный.

## Приложение 1

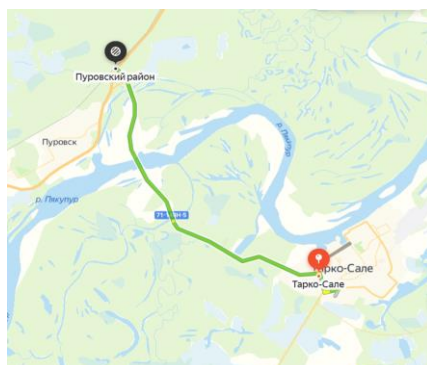


Рисунок 1. Дорога г. Тарко-Сале – п. Пуровск.

Таблица 1 Характеристика дороги.

Тип дороги	Уклон	Скорость ветра	Относительная влажность воздуха	Наличие защитной полосы из деревьев	Наличие светофоров, дорожных знаков
Дорога обычного типа	0	3-4 м/с	86%	Есть на 35 % дороги	Ограничение скорости 60,90

Таблица 2 Журнал обследования характеристик движущегося автотранспортного потока.

Дата	Время подсчета	Число автомобилей по категориям					Скорость движения потока км/ч		
		Л	АМ	Г<12	Г>12	А>3,5	Легковые	Грузовые	Автобусы
1	2	3	4	5	6	7	11	12	13
15.12.20 (день)	20 мин.	65	12	16	5	2	100	80	70
15.12.20 (вечер)	20 мин.	32	5	8	2	1	80	70	70

Таблица 3 Значение пробеговых выбросов (г/кг) для различных групп автомобилей.

	СО	Выбросы , г/км
--	----	----------------

Наименование категории автомобилей	№ категории		Оксиды азота NO <sub>x</sub>	СН	Сажа	SO <sub>2</sub>	Формальдегид	Бенз(а)пирен
Легковые	I	1,5	0,5	0,3	0,005	0,012	0,0018	0,2*10 <sup>-6</sup>
Автофургоны и микроавтобусы до 3,5 т.	II	8,4	1,8	2,1	0,034	0,026	0,0078	0,6*10 <sup>-6</sup>
Грузовые до 12 т.	III	6,8	6,4	4,8	0,38	0,048	0,021	1,8*10 <sup>-6</sup>

Таблица 4 Значение коэффициентов  $\gamma_{V_{ki}}$ 

	Скорость движения (V, км/ч)						
	50	60	75	80	100	110	120
$\gamma_{V_{ki}}$	0,5	0,3	0,45	0,5	0,65	0,75	0,95
$\gamma_{V_{ki}}(NO_3)$	1	1	1	1	1	1,2	1,5

Таблица 5 Полученные концентрации загрязняющих веществ

N п/п	Наименование	Выбросы автотранспортного средства за 20 минут, мг/м <sup>3</sup>		Предельно допустимые концентрации, мг/м <sup>3</sup>	
				Максимально разовая	Среднесуточная
		День 12:00	Вечер 18:00		
1	Оксид углерода (CO)	57,3	28,33	5	3
2	Оксиды азота NO <sub>x</sub>	64,2	30,18	0,4	0,06
3	Углеводороды (СН)	49,7	12,23	5	1,5
4	Сажа	1,5	0,72	0,15	0,05
5	Диоксиды серы (SO <sub>2</sub> )	0,39	0,18	0,5	0,05
6	Формальдегид	0,23	0,053	0,035	0,003

7	Бенз(а)пирен	$0,99 \cdot 10^{-6}$	$0,053 \cdot 10^{-6}$	-	0,000001
---	--------------	----------------------	-----------------------	---	----------

## Приложение 2

Дневной график*Оксид углерода*

$$M_{LI} = \frac{10}{1200} \cdot (1,5 \cdot 65 \cdot 0,65) + (8,4 \cdot 12 \cdot 0,5) + (6,8 \cdot 16 \cdot 0,5) + (7,3 \cdot 5 \cdot 0,5) + (5,3 \cdot 2 \cdot 0,45) =$$

$$\frac{1}{120} \cdot (63,3 + 50,4 + 54,4 + 18,2 + 4,77) = \frac{1}{120} \cdot 191,07 = 1,5 \text{ г/с}$$

*Оксид азота*

$$M_{LI} = \frac{10}{1200} \cdot (0,5 \cdot 65 \cdot 1) + (1,8 \cdot 12 \cdot 1) + (6,4 \cdot 16 \cdot 1) + (7,6 \cdot 5 \cdot 1) + (4,8 \cdot 2 \cdot 1) = \frac{1}{120} \cdot (32,5 + 21,6 + 102,4$$

$$+ 36,5 + 9,6) = \frac{1}{120} \cdot 202,6 = 1,68 \text{ г/с}$$

*Углеводороды*

$$M_{LI} = \frac{10}{1200} \cdot (0,3 \cdot 65 \cdot 0,65) + (2,1 \cdot 12 \cdot 0,5) + (4,8 \cdot 16 \cdot 0,5) + (6,0 \cdot 5 \cdot 0,5) + (4,2 \cdot 2 \cdot 0,45) =$$

$$\frac{1}{120} \cdot (12,6 + 12,6 + 38,4 + 15 + 3,78) = \frac{1}{120} \cdot 82,38 = 0,68 \text{ г/с}$$

*Сажа*

$$M_{LI} = \frac{10}{1200} \cdot (0,005 \cdot 65 \cdot 0,65) + (0,034 \cdot 12 \cdot 0,5) + (0,38 \cdot 16 \cdot 0,5) + (0,45 \cdot 5 \cdot 0,5) + (0,28 \cdot 2 \cdot 0,45) =$$

$$\frac{1}{120} \cdot (0,21 + 0,204 + 3,04 + 1,125 + 0,252) = \frac{1}{120} \cdot 4,831 = 0,0402 \text{ г/с.}$$

*Диоксиды серы*

$$M_{LI} = \frac{10}{1200} \cdot (0,012 \cdot 65 \cdot 0,65) + (0,026 \cdot 12 \cdot 0,5) + (0,048 \cdot 16 \cdot 0,5) + (0,07 \cdot 5 \cdot 0,5) + (0,04 \cdot 2 \cdot 0,45) =$$

$$\frac{1}{60} \cdot (0,507 + 0,156 + 0,384 + 0,175 + 0,036) = \frac{1}{120} \cdot 1,258 = 0,0104 \text{ г/с.}$$

*Формальдегид*

$$M_{LI} = \frac{10}{1200} \cdot (0,0018 \cdot 65 \cdot 0,65) + (0,0078 \cdot 12 \cdot 0,5) + (0,021 \cdot 16 \cdot 0,5) + (0,024 \cdot 5 \cdot 0,5) + (0,018 \cdot 2 \cdot 0,45) =$$

$$\frac{1}{120} \cdot (0,076 + 0,0468 + 0,168 + 0,06 + 0,0162) = \frac{1}{120} \cdot 0,367 = 0,003 \text{ г/с.}$$

*Бенз(а)пирен*

$$M_{LI} = \frac{10}{1200} \cdot (0,2 \cdot 10^{-6} \cdot 65 \cdot 0,65) + (0,6 \cdot 10^{-6} \cdot 12 \cdot 0,5) + (1,8 \cdot 10^{-6} \cdot 16 \cdot 0,5) + (2,2 \cdot 10^{-6} \cdot 5 \cdot 0,5) + (1,8 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 0,45) =$$

$$\frac{1}{120} \cdot (0,00000845 + 0,000003 + 0,0000144 + 0,000005 + 0,00000162) =$$

$$\frac{1}{120} \cdot 3,2 \cdot 10^{-6} = 0,026 \cdot 10^{-6} \text{ г/с.}$$

Вечерний график*Оксид углерода*

$$M_{LI} = \frac{10}{1200} * (1,5 * 32 * 0,65) + (8,4 * 5 * 0,5) + (6,8 * 8 * 0,5) + (7,3 * 2 * 0,5) + (5,3 * 1 * 0,45) = \frac{1}{120} * (31,2 + 21 + 27,2 + 7,3 + 2,3) = \frac{1}{120} * 89 = \mathbf{0,741 \text{ г/с.}}$$

*Оксид азота*

$$M_{LI} = \frac{10}{1200} * (0,5 * 32 * 1) + (1,8 * 5 * 1) + (6,4 * 8 * 1) + (7,6 * 2 * 1) + (4,8 * 1 * 1) = \frac{1}{120} * (16 + 9,18 + 51,2 + 15,2 + 4,8) = \frac{1}{120} * 96,2 = \mathbf{0,801 \text{ г/с}}$$

*Углеводороды*

$$M_{LI} = \frac{10}{1200} * (0,3 * 32 * 0,65) + (2,1 * 5 * 0,5) + (4,8 * 8 * 0,5) + (6,0 * 2 * 0,5) + (4,2 * 1 * 0,45) = \frac{1}{120} * (6,24 + 5,25 + 19,2 + 6 + 1,89) = \frac{1}{120} * 38,57 = \mathbf{0,32 \text{ г/с}}$$

*Сажа*

$$M_{LI} = \frac{10}{1200} * (0,005 * 32 * 0,65) + (0,034 * 5 * 0,5) + (0,38 * 8 * 0,5) + (0,45 * 2 * 0,5) + (0,28 * 1 * 0,45) = \frac{1}{120} * (0,104 + 0,085 + 1,52 + 0,45 + 0,126) = \frac{1}{120} * 2,285 = \mathbf{0,019 \text{ г/с.}}$$

*Диоксиды серы*

$$M_{LI} = \frac{10}{1200} * (0,012 * 32 * 0,65) + (0,026 * 5 * 0,5) + (0,048 * 8 * 0,5) + (0,07 * 2 * 0,5) + (0,04 * 1 * 0,45) = \frac{1}{120} * (0,2496 + 0,065 + 0,192 + 0,07 + 0,018) = \frac{1}{120} * 0,5946 = \mathbf{0,0049 \text{ г/с.}}$$

*Формальдегид*

$$M_{LI} = \frac{10}{1200} * (0,0018 * 32 * 0,65) + (0,0078 * 5 * 0,5) + (0,021 * 8 * 0,5) + (0,024 * 2 * 0,5) + (0,018 * 1 * 0,45) = \frac{1}{120} * (0,03744 + 0,0195 + 0,084 + 0,024 + 0,0081) = \frac{1}{120} * 0,173 = \mathbf{0,0014 \text{ г/с.}}$$

*Бен(а)пирен*

$$M_{LI} = \frac{10}{1200} * (0,2 * 10^{-6} * 32 * 0,65) + (0,6 * 10^{-6} * 5 * 0,5) + (1,8 * 10^{-6} * 8 * 0,5) + (2,2 * 10^{-6} * 2 * 0,5) + (1,8 * 10^{-6} * 1 * 0,45) = \frac{1}{120} * (0,00000416 + 0,0000015 + 0,0000072 + 0,0000022 + 0,000000756) = \frac{1}{120} * 1,5 * 10^{-6} = \mathbf{0,0125 * 10^{-6} \text{ г/с.}}$$



Нахождение максимального значения концентрации вредного веществаДневной трафик

Оксид углерода

$$C = \frac{200 * 1,5 * 1 * 1 * 1 * 1}{0,5 * 2^3 \sqrt{152,6 * 60}} = \frac{300}{5,23} = 57,3 \text{ (мг/м}^3\text{)}.$$

Оксид азота

$$C = \frac{200 * 1,68 * 1 * 1 * 1 * 1}{0,5 * 2^3 \sqrt{152,6 * 60}} = \frac{336}{5,23} = 64,2 \text{ (мг/м}^3\text{)}.$$

Углеводороды

$$C = \frac{200 * 0,68 * 1 * 1 * 1 * 1}{0,5 * 2^3 \sqrt{152,6 * 60}} = \frac{260}{5,23} = 26 \text{ (мг/м}^3\text{)}.$$

Сажа

$$C = \frac{200 * 0,0402 * 1 * 1 * 1 * 1}{0,5 * 2^3 \sqrt{152,6 * 60}} = \frac{8,04}{5,23} = 1,5 \text{ (мг/м}^3\text{)}.$$

Диоксид серы

$$C = \frac{200 * 0,0104 * 1 * 1 * 1 * 1}{0,5 * 2^3 \sqrt{152,6 * 60}} = \frac{4,18}{5,23} = 0,39 \text{ (мг/м}^3\text{)}.$$

Формальдегид

$$C = \frac{200 * 0,003 * 1 * 1 * 1 * 1}{0,5 * 2^3 \sqrt{152,6 * 60}} = \frac{0,6}{5,23} = 0,11 \text{ (мг/м}^3\text{)}.$$

Бенз(а)пирен

$$C = \frac{200 * 0,026 * 10^{-6} * 1 * 1 * 1 * 1}{0,5 * 2^3 \sqrt{152,6 * 60}} = \frac{5,2 * 10^{-6}}{5,23} = 0,99 * 10^{-6} \text{ (мг/м}^3\text{)}.$$

Вечерний трафик

Оксид углерода

$$C = \frac{200 * 0,741 * 1 * 1 * 1 * 1}{0,5 * 2^3 \sqrt{152,6 * 60}} = \frac{148}{5,23} = 28,33 \text{ (мг/м}^3\text{)}.$$

Оксид азота

$$C = \frac{200 * 0,8 * 1 * 1 * 1 * 1}{0,5 * 2^3 \sqrt{152,6 * 60}} = \frac{160}{5,23} = 30,18 \text{ (мг/м}^3\text{)}.$$

Углеводороды

$$C = \frac{200 * 0,32 * 1 * 1 * 1 * 1}{0,5 * 2^3 \sqrt{152,6 * 60}} = \frac{64}{5,23} = 12,23 \text{ (мг/м}^3\text{)}.$$

Сажа

$$C = \frac{200 * 0,019 * 1 * 1 * 1 * 1}{0,5 * 2^3 \sqrt{152,6 * 60}} = \frac{3,8}{5,23} = 0,72 \text{ (мг/м}^3\text{)}.$$

Диоксид серы

$$C = \frac{200 * 0,0049 * 1 * 1 * 1 * 1}{0,5 * 2^3 \sqrt{152,6 * 60}} = \frac{0,98}{5,23} = 0,18 \text{ мг/м}^3.$$

Формальдегид

$$C = \frac{200 * 0,0014 * 1 * 1 * 1 * 1}{0,5^2 \sqrt[3]{152,6 * 60}} = \frac{0,28}{5,23} = 0,053 \text{ (мг/м}^3\text{)}.$$

Бенз(а)пирен

$$C = \frac{200 * 0,0125 * 10^{-6} * 1 * 1 * 1 * 1}{0,5^2 \sqrt[3]{152,6 * 60}} = \frac{0,23 * 10^{-6}}{5,23} = 0,053 * 10^{-6} \text{ (мг/м}^3\text{)}.$$