

## РАСЧЁТ МАССОВОГО ВЫБРОСА ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ НА РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ АТС

Боровиков. А.В.

Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, Высшая инженерная школа (163000, Архангельск, наб. Северной Двины, 17),  
e-mail: sanya.borovikov@yandex.ru

**Аннотация.** В данной статье рассматривается расчёт массового выброса концентрации загрязняющих веществ (СО, СН, NOx) от автотранспортных средств на заданном участке при различных режимах работы двигателя. В работе рассматривается перекрёсток в городе Архангельске Архангельской области ограждённый улицами проспект Обводный канал – улица Урицкого. Данный перекрёсток является одним из главных в системе дорожно-транспортного движения города. Из вредных загрязняющих веществ выделяемыми автотранспортными средствами выделяют: оксиды углерода - СО, углеводородов – СН и оксиды азота NOx. В работе приведён подробный расчёт, а также краткий расчёт на основе полученных данных представленный в качестве таблиц и гистограмм. На основе полученных данных автор делает выводы: большая концентрация оксида углерода приходится на автомобили 1,8 -3,5 л и 1,3 – 1,8 л. Также на остальных режимах работы большую концентрацию оксида углерода выделяют малые автобусы; большое содержание углеводорода при холостом ходу приходится на автомобильные двигатели 1,3 – 1,8 л и 1,8 – 3,5 л. Также на остальных режимах работы большое содержание углеводорода в выхлопе приходится на двигатели малых автобусов; большую концентрацию оксида азота выделяют двигатели малых автобусов, а также при разгоне автомобильные двигатели 1,3 – 1,8 л и 1,8 – 3,5 л в выхлопных газах также содержат большое количество оксида азота.

**Ключевые слова:** выброс загрязняющих веществ, АТС, Архангельск, оксиды углерода, углеводороды, оксиды азота, легковые автомобили, автобусы, грузовые автомобили.

## THE CALCULATION OF THE MASS EMISSIONS OF POLLUTANTS FOR DIFFERENT MODES OF OPERATION ATS

Borovikov. A. V.

The Northern (Arctic) Federal University. M. V. Lomonosov, higher engineering school (163000, Arkhangelsk, Severnaya Dvina emb, 17),  
e-mail: sanya.borovikov@yandex.ru

**This article deals with the calculation of the mass release of the concentration of pollutants (CO, CH, NOx) from vehicles in a given area at different engine operating modes. The paper deals with the intersection in the city of Arkhangelsk, Arkhangelsk region fenced streets prospect Obvodny canal – street Uritsky. This intersection is one of the main in the system of road traffic of the city. Of harmful pollutants emitted from vehicles are: carbon monoxide - co, hydrocarbons – SN and nitrogen oxides NOx. The paper presents a detailed calculation, as well as a brief calculation based on the data presented as tables and histograms. On the basis of the obtained data, the author draws conclusions: a large concentration of carbon monoxide accounts for cars 1,8 -3,5 l and 1,3 – 1,8 l. Also, in other modes of operation, a large concentration of carbon monoxide is isolated by small buses; a large content of hydrocarbon at idle is accounted for by automobile engines 1,3 – 1,8 l and 1,8 – 3,5 l. Also in other modes of operation, a large content of hydrocarbon in the exhaust accounts for small bus engines; a large concentration of nitric oxide is isolated by small bus engines, as well as during acceleration, car engines 1,3 – 1,8 l and 1,8 – 3,5 l in exhaust gases also contain a large amount of nitric oxide.**

**The key words:** emissions of pollutants, ATS, Arkhangelsk, carbon oxides, hydrocarbons, nitrogen oxides, cars, buses, trucks.

На данный момент одним из основных источников загрязнения атмосферного воздуха являются автотранспортные средства (АТС) [1,2].

Автотранспортные средства (АТС) представляют собой объект профессиональной деятельности специалистов автомобильной промышленности и автомобильного транспорта.

Автотранспортное средство - это устройство, которое приводится в движение двигателем и предназначено для перевозки по дорогам людей, оборудования или грузов, установленного на нём, а также имеющее массу в снаряженном состоянии более 400 кг [3].

Автомобильные средства обозначают легковые автомобили, грузовые автомобили, автобусы, прицепы и полуприцепы, автопоезда, эксплуатируемые на автомобильных дорогах.

Основные признаки, классифицирующие транспортные средства:

- 1) Назначение;
- 2) Проходимость;
- 3) Наличие (тип) двигателя.

- АТС по назначению разделяются на пассажирские, грузовые и специальные.

Пассажирские предназначены для перевозки людей, это легковые автомобили и автобусы. Грузовые предназначены для перевозки различных видов грузов. Специальные предназначены для выполнения соответствующих работ.

- АТС по типу двигателя разделяются на дизельные, газовые, бензиновые, газогенераторные, электрические и другие.

- АТС по проходимости разделяются на автомобили обычной проходимости, повышенной проходимости, снегоходы, болотоходы, плавающие и другие. А прицепы и полуприцепы делятся на автомобили с активным приводом и без активного привода.

- АТС по колесной формуле разделяются по общему и ведущему числу колёс.

Из вредных загрязняющих веществ выделяемыми автотранспортными средствами можно выделить: оксиды углерода - CO, углеводородов – CH и оксиды азота NO<sub>x</sub>.

Оксиды углерода это есть бинарные химические соединения углерода с CO<sub>2</sub>.

Все оксиды углерода относят к органическим соединениям кроме двух неорганических представителей - углекислого газа и угарного газа.

Оксиды азота это есть неорганические бинарные соединения кислорода с азотом.

Есть десять соединений азота с кислородом: классические - закиси азота N<sub>2</sub>O, окиси азота NO, оксиды азота (III) N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, диоксиды азота NO<sub>2</sub> и оксиды азота (V) N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; димер - диоксиды азота N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> и четыре малостабильных соединения - нитрозилазид NON<sub>3</sub>, нитрилазид NO<sub>2</sub>N<sub>3</sub>, тринитрамид N(NO<sub>2</sub>)<sub>3</sub> и нитратный радикал NO<sub>3</sub>.

Для расчёта массового выброса концентрации загрязняющих веществ (СО, СН, NOx) от автотранспортных средств на заданном участке при различных режимах работы двигателя был выбран перекрёсток в городе Архангельске Архангельской области ограждённый улицами проспект Обводный канал – улица Урицкого. Данный перекрёсток является одним из главных в системе дорожно-транспортного движения города.

На начальном этапе расчётов имеются следующие исходные данные: Период времени: 14-15; Легковые автомобили - до 1,3 л – 568; 1,3-1,8 л – 1080; 1,8-3,5 л – 852; Автобусы – Особо малый - 57; малый – 227; Грузовые автомобили, т – до 2,5 – 4; 2,5-5 – 1.

Выброс  $i$ -ого вещества  $k$ -той группой транспортных средств на режимах замедления рассчитывается по формуле, г: [4,5].  $M_{i, k}^{зам} = m_i^{зам} * k * N_k * t_3 * n_k / 3600$  (1)

Где,  $m_i^{зам}$  - удельный выброс  $i$ -ого вещества при работе автомобилей  $k$ -той группы на режиме замедления, г/кВт·ч;  $N_k$  - мощность двигателя автомобиля  $k$ -той группы, кВт;  $t_3$  - время движения автомобиля  $k$ -той группы на режиме замедления, с;  $n_k$  - количество автомобилей  $k$ -той группы, движущихся в прямом и обратном направлении, шт [6].

Выброс  $i$ -ого вещества  $k$ -той группой автомобилей на режиме холостого хода, г:

$$M_{i, k}^{xx} = m_i^{xx} * k * N_k * t_{xx} * n_k / 3600 \quad (2)$$

Где,  $m_i^{xx} * k$  - удельный выброс  $i$ -ого в-ва при работе авто.  $k$ -той группы на режиме холостого хода, г/кВт·ч;  $t_{xx}$  - время движения авто.  $k$ -той группы на режиме замедления, с.

Выброс  $i$ -ого вещества  $k$ -той группой автомобилей на режиме разгона, г:

$$M_{i, k}^{разг} = m_i^{разг} * k * N_k * t_{разг} * n_k / 3600 \quad (3)$$

Где,  $m_i^{разг} * k$  - удельный выброс  $i$ -ого вещества при работе автомобилей  $k$ -той группы на режиме разгона, г/кВт·ч;  $t_{разг}$  - время движения авто.  $k$ -той группы на режиме разгона, с.

Выброс  $i$ -ого вещества  $k$ -той группой автомобилей на режиме движения с постоянной скоростью, г:  $M_{i, k}^{пост} = m_i^{пост} * k * N_k * t_{пост} * n_k / 3600$  (4)

Где,  $m_i^{пост} * k$  - удельный выброс  $i$ -ого вещества при работе автомобилей  $k$ -той группы на режиме движения с постоянной скоростью, г/кВт·ч;  $t_{пост}$  - время движения автомобиля  $k$ -той группы на режиме движения с постоянной скоростью, с.

На основе исходных данных и выше приведённых формул был сделан подробный расчёт массового выброса концентрации загрязняющих веществ (СО, СН, NOx) от автотранспортных средств на заданном участке при различных режимах работы двигателя.

Расчёт выброса загрязняющего вещества СО на режимах замедления рассчитаем по формуле 1 -  $M_{i, k}^{зам} = m_i^{зам} * k * N_k * t_3 * n_k / 3600$ :

$$\text{Легковые автомобили до 1,3 л: } M_{i, k}^{зам} = 2 * 47 * 6 * 568 / 3600 = 88,98667 \text{ г,}$$

$$\text{Легковые автомобили 1,3-1,8 л: } M_{i, k}^{зам} = 2 * 55 * 6 * 1080 / 3600 = 198 \text{ г,}$$

$$\text{Легковые автомобили 1,8-3,5 л: } M_{i, k}^{зам} = 2 * 75 * 6 * 852 / 3600 = 213 \text{ г,}$$

Автобусы особо малый класс:  $M^{зам_i} = 7*73,5*8*57/3600=65,17$  г,

Автобусы малый класс:  $M^{зам_i} = 7*88,5*8*227/3600=312,5033$  г,

Грузовые автомобили до 2,5 т:  $M^{зам_i} = 7*73,5*8*4/3600=4,573333$  г,

Грузовые автомобили 2,5-5 т:  $M^{зам_i} = 7*88,5*8*1/3600=1,376667$  г.

Расчёт выброса загрязняющего вещества СН на режимах замедления:

Легковые автомобили до 1,3 л:  $M^{зам_i} = 0,5*47*6*568/3600=22,24667$  г,

Легковые автомобили 1,3-1,8 л:  $M^{зам_i} = 0,5*55*6*1080/3600=49,5$  г,

Легковые автомобили 1,8-3,5 л:  $M^{зам_i} = 0,5*75*6*852/3600=53,25$  г,

Автобусы особо малый класс:  $M^{зам_i} = 2*73,5*8*57/3600=18,62$  г,

Автобусы малый класс:  $M^{зам_i} = 2*88,5*8*227/3600=89,28667$  г,

Грузовые автомобили до 2,5 т:  $M^{зам_i} = 2*73,5*8*4/3600=1,306667$  г,

Грузовые автомобили 2,5-5 т:  $M^{зам_i} = 2*88,5*8*1/3600=0,393333$  г.

Расчёт выброса загрязняющего вещества NOx на режимах замедления:

Легковые автомобили до 1,3 л:  $M^{зам_i} = 0,03*47*6*568/3600=1,3348$  г,

Легковые автомобили 1,3-1,8 л:  $M^{зам_i} = 0,03*55*6*1080/3600=2,97$  г,

Легковые автомобили 1,8-3,5 л:  $M^{зам_i} = 0,03*75*6*852/3600=3,195$  г,

Автобусы особо малый класс:  $M^{зам_i} = 0,5*73,5*8*57/3600=4,655$  г,

Автобусы малый класс:  $M^{зам_i} = 0,5*88,5*8*227/3600=22,32167$  г,

Грузовые автомобили до 2,5 т:  $M^{зам_i} = 0,5*73,5*8*4/3600=0,326667$  г,

Грузовые автомобили 2,5-5 т:  $M^{зам_i} = 0,5*88,5*8*1/3600=0,098333$  г.

Расчёт выброса загрязняющего вещества CO на режиме холостого хода рассчитаем по формуле 2 –  $M^{xx_{ik}} = m_i^{xx} * k * N_k * t_{xx} * n_k / 3600$ :

Легковые автомобили до 1,3 л:  $M^{xx_{ik}} = 6*47*35*568/3600=1557,267$  г,

Легковые автомобили 1,3-1,8 л:  $M^{xx_{ik}} = 6*55*35*1080/3600=3465$  г,

Легковые автомобили 1,8-3,5 л:  $M^{xx_{ik}} = 6*75*35*852/3600=325,85$  г,

Автобусы особо малый класс:  $M^{xx_{ik}} = 8*73,5*35*57/3600=3727,5$  г,

Автобусы малый класс:  $M^{xx_{ik}} = 8*88,5*35*227/3600=1562,517$  г,

Грузовые автомобили до 2,5 т:  $M^{xx_{ik}} = 8*73,5*35*4/3600=22,86667$  г,

Грузовые автомобили 2,5-5 т:  $M^{xx_{ik}} = 8*88,5*35*1/3600=6,883333$  г.

Расчёт выброса загрязняющего вещества СН на режиме холостого хода:

Легковые автомобили до 1,3 л:  $M^{xx_{ik}} = 0,5*47*35*568/3600=129,7722$  г,

Легковые автомобили 1,3-1,8 л:  $M^{xx_{ik}} = 0,5*55*35*1080/3600=288,75$  г,

Легковые автомобили 1,8-3,5 л:  $M^{xx_{ik}} = 0,5*75*35*852/3600=310,625$  г,

Автобусы особо малый класс:  $M^{xx_{ik}} = 1*73,5*35*57/3600=40,73125$  г,

Автобусы малый класс:  $M^{xx_{ik}} = 1*88,5*35*227/3600=195,3146$  г,

Грузовые автомобили до 2,5 т:  $M^{xx}_{ik} = 1*73,5*35*4/3600=2,858333$  г,

Грузовые автомобили 2,5-5 т:  $M^{xx}_{ik} = 1*88,5*35*1/3600=0,860417$  г.

Расчёт выброса загрязняющего вещества NOx на режиме холостого хода:

Легковые автомобили до 1,3 л:  $M^{xx}_{ik} = 0,005*47*35*568/3600=1,297722$  г,

Легковые автомобили 1,3-1,8 л:  $M^{xx}_{ik} = 0,005*55*35*1080/3600=2,8875$  г,

Легковые автомобили 1,8-3,5 л:  $M^{xx}_{ik} = 0,005*75*35*852/3600=3,10625$  г,

Автобусы особо малый класс:  $M^{xx}_{ik} = 0,08*73,5*35*57/3600=3,2585$  г,

Автобусы малый класс:  $M^{xx}_{ik} = 0,08*88,5*35*227/3600=15,62517$  г,

Грузовые автомобили до 2,5 т:  $M^{xx}_{ik} = 0,08*73,5*35*4/3600=0,228667$  г,

Грузовые автомобили 2,5-5 т:  $M^{xx}_{ik} = 0,08*88,5*35*1/3600=0,068833$  г.

Расчёт выброса загрязняющего вещества CO на режиме разгона рассчитаем по формуле 3 –  $M^{разг}_{ik} = m_i^{разг} * k * N_k * t_{разг} * n_k / 3600$

Легковые автомобили до 1,3 л:  $M^{разг}_{ik} = 3*47*6*568/3600=133,48$  г,

Легковые автомобили 1,3-1,8 л:  $M^{разг}_{ik} = 3*55*6*1080/3600=297$  г,

Легковые автомобили 1,8-3,5 л:  $M^{разг}_{ik} = 3*75*6*852/3600=319,5$  г,

Автобусы особо малый класс:  $M^{разг}_{ik} = 18*73,5*9*57/3600=188,5275$  г,

Автобусы малый класс:  $M^{разг}_{ik} = 18*88,5*9*227/3600=904,0275$  г,

Грузовые автомобили до 2,5 т:  $M^{разг}_{ik} = 18*73,5*8*4/3600=11,76$  г,

Грузовые автомобили 2,5-5 т:  $M^{разг}_{ik} = 18*88,5*9*1/3600=3,9825$  г.

Расчёт выброса загрязняющего вещества СН на режиме разгона:

Легковые автомобили до 1,3 л:  $M^{разг}_{ik} = 0,5*47*6*568/3600=22,24667$  г,

Легковые автомобили 1,3-1,8 л:  $M^{разг}_{ik} = 0,5*55*6*1080/3600=49,5$  г,

Легковые автомобили 1,8-3,5 л:  $M^{разг}_{ik} = 0,5*75*6*852/3600=53,25$  г,

Автобусы особо малый класс:  $M^{разг}_{ik} = 2*73,5*9*57/3600=20,9475$  г,

Автобусы малый класс:  $M^{разг}_{ik} = 2*88,5*9*227/3600=100,4475$  г,

Грузовые автомобили до 2,5 т:  $M^{разг}_{ik} = 2*73,5*8*4/3600=1,306667$  г,

Грузовые автомобили 2,5-5 т:  $M^{разг}_{ik} = 2*88,5*9*1/3600=0,4425$  г.

Расчёт выброса загрязняющего вещества NOx на режиме разгона:

Легковые автомобили до 1,3 л:  $M^{разг}_{ik} = 1,4*47*6*568/3600=62,29067$  г,

Легковые автомобили 1,3-1,8 л:  $M^{разг}_{ik} = 1,4*55*6*1080/3600=138,6$  г,

Легковые автомобили 1,8-3,5 л:  $M^{разг}_{ik} = 1,4*75*6*852/3600=149,1$  г,

Автобусы особо малый класс:  $M^{разг}_{ik} = 3,5*73,5*9*57/3600=36,65813$  г,

Автобусы малый класс:  $M^{разг}_{ik} = 3,5*88,5*9*227/3600=175,7831$  г,

Грузовые автомобили до 2,5 т:  $M^{разг}_{ik} = 3,5*73,5*8*4/3600=2,286667$  г,

Грузовые автомобили 2,5-5 т:  $M^{разг}_{ik} = 3,5*88,5*9*1/3600=0,774375$  г.

Расчёт выброса загрязняющего вещества СО на режиме движения с постоянной скоростью рассчитаем по формуле 4 –  $M_{\text{пост.ik}} = m_i^{\text{пост.к}} * N_k * t_{\text{пост}} * n_k / 3600$

Легковые автомобили до 1,3 л:  $M_{\text{пост.ik}} = 3,4 * 47 * 4 * 568 / 3600 = 100,8516 \text{ г}$ ,

Легковые автомобили 1,3-1,8 л:  $M_{\text{пост.ik}} = 3,4 * 55 * 4 * 1080 / 3600 = 224,4 \text{ г}$ ,

Легковые автомобили 1,8-3,5 л:  $M_{\text{пост.ik}} = 3,4 * 75 * 4 * 852 / 3600 = 241,4 \text{ г}$ ,

Автобусы особо малый класс:  $M_{\text{пост.ik}} = 20 * 73,5 * 7 * 57 / 3600 = 162,925 \text{ г}$ ,

Автобусы малый класс:  $M_{\text{пост.ik}} = 20 * 88,5 * 7 * 227 / 3600 = 781,2583 \text{ г}$ ,

Грузовые автомобили до 2,5 т:  $M_{\text{пост.ik}} = 20 * 73,5 * 7 * 4 / 3600 = 11,43333 \text{ г}$ ,

Грузовые автомобили 2,5-5 т:  $M_{\text{пост.ik}} = 20 * 88,5 * 7 * 1 / 3600 = 3,441667 \text{ г}$ .

Расчёт выброса, загрязняющего в-ва СН на режиме движения с пост. скоростью:

Легковые автомобили до 1,3 л:  $M_{\text{пост.ik}} = 0,5 * 47 * 4 * 568 / 3600 = 14,83111 \text{ г}$ ,

Легковые автомобили 1,3-1,8 л:  $M_{\text{пост.ik}} = 0,5 * 55 * 4 * 1080 / 3600 = 33 \text{ г}$ ,

Легковые автомобили 1,8-3,5 л:  $M_{\text{пост.ik}} = 0,5 * 75 * 4 * 852 / 3600 = 35,5 \text{ г}$ ,

Автобусы особо малый класс:  $M_{\text{пост.ik}} = 2 * 73,5 * 7 * 57 / 3600 = 16,2925 \text{ г}$ ,

Автобусы малый класс:  $M_{\text{пост.ik}} = 2 * 88,5 * 7 * 227 / 3600 = 78,12583 \text{ г}$ ,

Грузовые автомобили до 2,5 т:  $M_{\text{пост.ik}} = 2 * 73,5 * 7 * 4 / 3600 = 1,143333 \text{ г}$ ,

Грузовые автомобили 2,5-5 т:  $M_{\text{пост.ik}} = 2 * 88,5 * 7 * 1 / 3600 = 0,344167 \text{ г}$ .

Расчёт выброса, загрязняющего в-ва NOx на режиме движ. с постоянной скоростью:

Легковые автомобили до 1,3 л:  $M_{\text{пост.ik}} = 0,6 * 47 * 4 * 568 / 3600 = 17,79733 \text{ г}$ ,

Легковые автомобили 1,3-1,8 л:  $M_{\text{пост.ik}} = 0,6 * 55 * 4 * 1080 / 3600 = 39,6 \text{ г}$ ,

Легковые автомобили 1,8-3,5 л:  $M_{\text{пост.ik}} = 0,6 * 75 * 4 * 852 / 3600 = 42,6 \text{ г}$ ,

Автобусы особо малый класс:  $M_{\text{пост.ik}} = 1,4 * 73,5 * 7 * 57 / 3600 = 11,40475 \text{ г}$ ,

Автобусы малый класс:  $M_{\text{пост.ik}} = 1,4 * 88,5 * 7 * 227 / 3600 = 54,68808 \text{ г}$ ,

Грузовые автомобили до 2,5 т:  $M_{\text{пост.ik}} = 1,4 * 73,5 * 7 * 4 / 3600 = 0,800333 \text{ г}$ ,

Грузовые автомобили 2,5-5 т:  $M_{\text{пост.ik}} = 1,4 * 88,5 * 7 * 1 / 3600 = 0,240917 \text{ г}$ .

По полученным результатам были построены гистограммы распределения концентрации ЗВ на всех режимах работы двигателя для всех групп АТС.

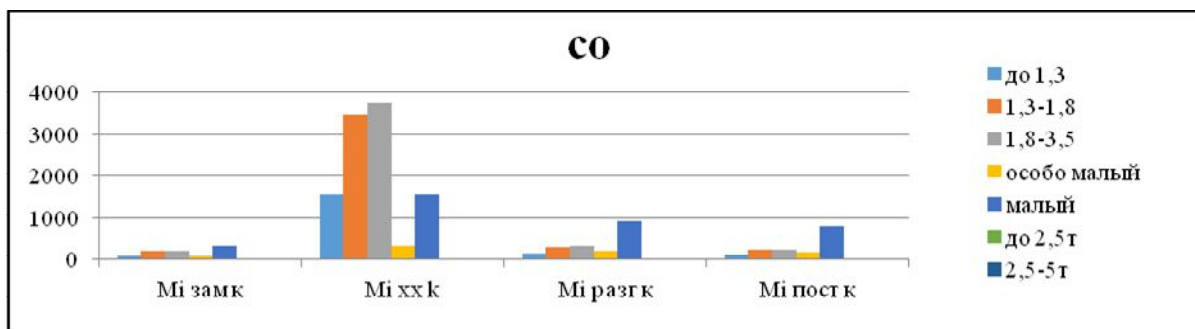


Рисунок 1. Гистограмма распределения концентрации СО

Вывод: большая концентрация оксида углерода приходится на автомобили 1,8 -3,5 л и 1,3 – 1,8 л. Также на остальных режимах работы большую концентрацию оксида углерода выделяют малые автобусы.

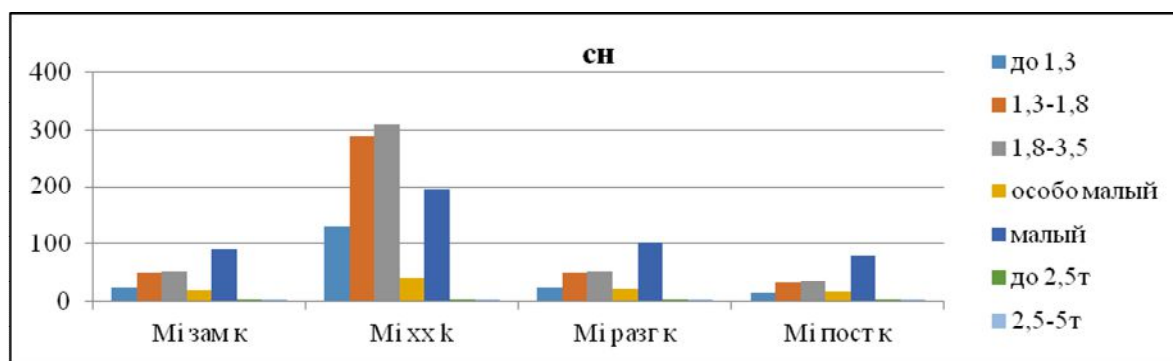


Рисунок 2. Гистограмма распределения концентрации СН

Вывод: большое содержание углеводорода при холостом ходу приходится на автомобильные двигатели 1,3 – 1,8 л и 1,8 – 3,5 л. Также на остальных режимах работы большое содержание углеводорода в выхлопе приходится на двигатели малых автобусов.

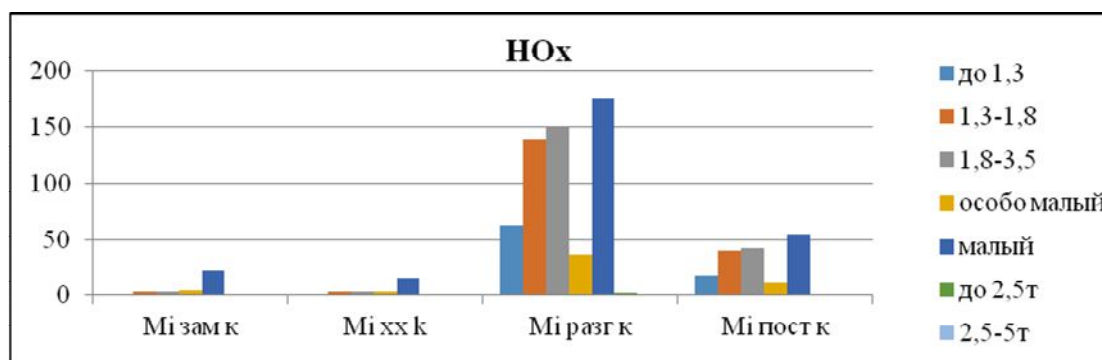


Рисунок 3. Гистограмма распределения концентрации НОх

Вывод: большую концентрацию оксида азота выделяют двигатели малых автобусов, а также при разгоне автомобильные двигатели 1,3 – 1,8 л и 1,8 – 3,5 л в выхлопных газах также содержат большое количество оксида азота.

Рекомендации:

- повысить пропускную способность для того что бы двигатели меньше входили в режим холостого хода;
- повысить экологичность двигателей автобусов и легковых автомобилей;
- переход на альтернативные источники энергии;
- применение в автомобилях и автобусах электротяги в тех режимах, когда наблюдается повышенное токсичность двигателя внутреннего сгорания.

Краткий отчет по проделанной работе представлен ниже.

Значения удельных выбросов  $m_i^{замк}$ ,  $m_i^{хх}$ ,  $m_i^{разг}$ ,  $m_i^{пост}$ , для различных групп автомобилей (легковые автомобили, автобусы, грузовые автомобили) приведены в таблице 1.

Таблица 1. Удельные выбросы вредных в-в бензиновыми двиг. на различ. реж. движ.

Режимы движения	Удельные выбросы вредных веществ, г/кВт·ч						Р.Т., г/мин	
	СО		СхН <sub>у</sub>		NO <sub>x</sub>		Л	ГА
	Л	ГА	Л	ГА	Л	ГА		
Замедление	2	7	0,5	2	0,03	0,5	9	40
Холостой ход	6	8	0,5	1	0,005	0,08	20	70
Разгон	3	18	0,5	2	1,4	3,5	25	130
Д. с п. с.	3,4	20	0,5	2	0,6	1,4	21	110

Примечание: Л – легковой автомобиль, ГА – грузовые автомобили и автобусы; Д.с п. с – движение с постоянной скоростью; Р.Т – расход топлива.

Значения  $t_3$ ,  $t_{хх}$ ,  $t_{разг}$ ,  $t_{пост}$  определяются в таблице 2,3,4,5.

Таблица 2. Время работы легковых автомобилей на различных режимах движения

Перекресток	$t_3$ , сек.	$t_{хх}$ , сек.	$t_{разг}$ , сек.	$t_{пост}$ , сек.
Пр. Троицкий - ул. Володарского	6	40	6	6
Пр. Обводный канал - ул. Урицкого	6	35	6	4
ул. Тимме - ул. Воскресенская	6	40	6	5

Таблица 3. Время работы груз. авто. малой грузоподъемностью на различ. реж. движ.

Перекресток	$t_3$ , сек.	$t_{хх}$ , сек.	$t_{разг}$ , сек.	$t_{пост}$ , сек.
Пр. Троицкий - ул. Володарского	8	40	8	7
Пр. Обводный канал - ул. Урицкого	8	35	8	7
ул. Тимме - ул. Воскресенская	8	40	8	7

Таблица 4. Время работы груз. авто. грузоподъемностью от 2-5 т. на различ. реж. движ.

Перекресток	$t_3$ , сек.	$t_{хх}$ , сек.	$t_{разг}$ , сек.	$t_{пост}$ , сек.
Пр. Троицкий - ул. Володарского	8	40	9	7
Пр. Обводный канал - ул. Урицкого	8	35	9	7
ул. Тимме - ул. Воскресенская	8	40	9	7

Таблица 5. Время работы автобус. особо малого и малого класса на различ. реж. движ.

Перекресток	$t_3$ , сек.	$t_{хх}$ , сек.	$t_{разг}$ , сек.	$t_{пост}$ , сек.
Пр. Троицкий - ул. Володарского	8	35	9	7
Пр. Обводный канал - ул. Урицкого	8	35	9	7
ул. Тимме - ул. Воскресенская	8	40	9	7

Вывод: Средняя мощность двигателя ( $N_{cp}$ ) для различных групп транспортных средств:

- легковые автомобили с рабочим объемом двигателя до 1,3 л – 47 кВт;
- легковые автомобили с рабочим объемом двигателя 1,3 – 1,81 л – 55 кВт;
- легковые автомобили с рабочим объемом двигателя 1,81 – 3,50 л – 75 кВт;
- грузовые автомобили грузоподъемностью 0,5 – 2,0 т и автобусы особо малого класса – 73,5 кВт;
- грузовые авто. грузоподъемностью 2,1–3,5 т и автобусы малого класса – 88,5 кВт.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Б.В. Савельев. Автотранспортные средства: Начальные сведения: Учебное пособие. - [Текст]. - Омск: Изд-во СибАДИ, 2007. -92 с.
2. myleksii.ru. Классификация автотранспортных средств. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/5851887/>. (Дата обращения 5.06.2019).
3. Википедия. Свободная энциклопедия. Транспортное средство. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Транспортное\\_средство](https://ru.wikipedia.org/wiki/Транспортное_средство). (Дата обращения 5.06.2019).
4. gostedu.ru. Расчетная инструкция (методика) по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ автотранспортными средствами в атмосферный воздух. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://base1.gostedu.ru/56/56580/> (Дата обращения 6.06.2019).
5. zdamsam.ru. Расчет выброса загрязняющих веществ автотранспортными средствами. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://zdamsam.ru/b62107.html> (Дата обращения 6.06.2019).
6. allbest.ru. Расчёты выбросов загрязняющих веществ транспортом. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [https://otherreferats.allbest.ru/ecology/00190402\\_0.html](https://otherreferats.allbest.ru/ecology/00190402_0.html) (Дата обращения 7.06.2019).