

УДК 504.5:629.33

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ПОВЫШЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ЗОНАХ СВЕТОФОРНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Волхонский Тимофей Сергеевич, студент,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, faazmaar@gmail.com

Голубов Виталий Александрович, студент,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, faazmaar@gmail.com

Толкачев Иван Николаевич, студент,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, faazmaar@gmail.com

Шадрин Сергей Сергеевич, д-р.техн.наук, проф.,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, shadrin@madir.ru

Аннотация. Статья посвящена исследованию увеличения выбросов оксида и диоксида углерода (СО и СО₂) во время простоя автомобиля перед светофором. Приводятся результаты дорожного испытания с измерением с помощью смартфона и диагностического сканера скорости автомобиля и расхода топлива, а результаты расчета расхода воздуха, количества продуктов сгорания и интенсивность выбросов СО и СО₂. Предлагается экологическая оценка степени повышения выброса вышеуказанных веществ путем сравнения интенсивности выбросов во время простоя автомобиля перед светофором и средней интенсивности выбросов во время движения в городском цикле, а также путем сравнения полученных результатов с нормами Евро-5. Проведенное исследование показывает, что выбросы вредных веществ в зонах светофорного регулирования увеличиваются и не укладываются в действующие нормы, что доказывает отрицательное влияние на окружающую среду значительных простоев автомобилей перед светофорами.

Ключевые слова: транспортное средство; выбросы вредных веществ; экологическая оценка; нормы Евро

ECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE DEGREE OF INCREASING ENVIRONMENTAL POLLUTION IN THE ZONES OF LIGHT REGULATION

Volhonskiy Timofey S., student,
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, faazmaar@gmail.com

Golubov Vitaliy A., student,
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, faazmaar@gmail.com

Tolkachev Ivan N., student,

MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, faazmaar@gmail.com

Shadrin Sergey S., Dr. Sc., professor,

MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, shadrin@madi.ru

Abstract. The article is devoted to the study of the increase in emissions of carbon monoxide and carbon dioxide (CO and CO₂) during a car idle in front of a traffic light. The results of a road test with measurements using a smartphone and a diagnostic scanner of vehicle speed and fuel consumption, and the results of calculating air consumption, the amount of combustion products and the intensity of CO and CO₂ emissions. An ecological assessment of the degree of increase in the emission of the above substances is proposed by comparing the intensity of emissions during idle time in front of a traffic light and the average intensity of emissions while driving in the urban cycle, as well as by comparing the results obtained with the Euro-5 standards. The study shows that emissions of harmful substances in traffic light control zones are increasing and do not fit into the current standards, which proves the negative impact on the environment of significant idle time of cars in front of traffic lights.

Key words: vehicle; exhaust emissions; ecological assessment; Euro emission standards.

Введение

Работа посвящена исследованию метода определения выбросов оксида углерода и диоксида углерода бензинового двигателя. Решение этой проблемы – компьютерный расчет на основе математической модели расчета количества выбросов, с применением измерительного оборудования, который позволяет произвести дальнейшую экологическую оценку, сравнив полученные результаты с нормами по выбросу вредных веществ для автомобильного транспорта. Цель данной работы: произвести оценку меры увеличения загрязнения окружающей среды в зонах светофорного регулирования.

Для достижения поставленной цели сформулируем задачи:

1. Провести дорожное испытание в городе, останавливаясь в зонах светофорного регулирования, осуществляя замеры таких параметров автомобиля, как скорость движения, расход топлива, расход воздуха.

2. С помощью программы MATLAB обработать результаты замеров, получив соответствующие характеристики во время остановок автомобиля.

3. С помощью программы MATLAB рассчитать количество, массу и интенсивность выбросов оксида и диоксида углерода.

4. Сделать экологическую оценку полученных результатов расчета выбросов.

Подготовка и проведение эксперимента

Методика проведения эксперимента: Для реализации поставленной цели было решено провести дорожное испытание в городских условиях. Основная задача – движение с остановками в зонах светофорного регулирования.

Используемая измерительная и регистрирующая аппаратура: смартфон OPPO A5, диагностический сканер OBDLink LX, приложения AndroSensor и OBDLink.

Объекты испытаний: транспортное средство категории M1 – Renault Logan 2014 года выпуска. Фото автомобиля представлено на рисунке 1.

Условия испытаний: движение в городском цикле в городе Зеленоград, шины летние, температура воздуха +3 С°, сухой асфальт.

Записываемые в процессе экспериментов данные:

- скорость движения автомобиля;
- расход топлива;
- частота вращения коленчатого вала двигателя;
- абсолютное давление во впускном коллекторе;
- геолокация автомобиля (широта, долгота).

Фактическая частота записи данных составила: 1 Гц

Формат записываемых данных – CSV (строчный с разделителями)

Крепление смартфона при испытаниях – неподвижно относительно объекта испытаний.



Рис. 1. Внешний вид объекта испытаний

Обработка экспериментальных данных

Обработка экспериментальных данных осуществлялась в программе MATLAB.

На рисунке 2 изображен обработанный график скорости движения автомобиля в функции времени.



Рис. 2. График скорости движения автомобиля

На рисунке 3 изображен обработанный график расхода топлива в функции времени.

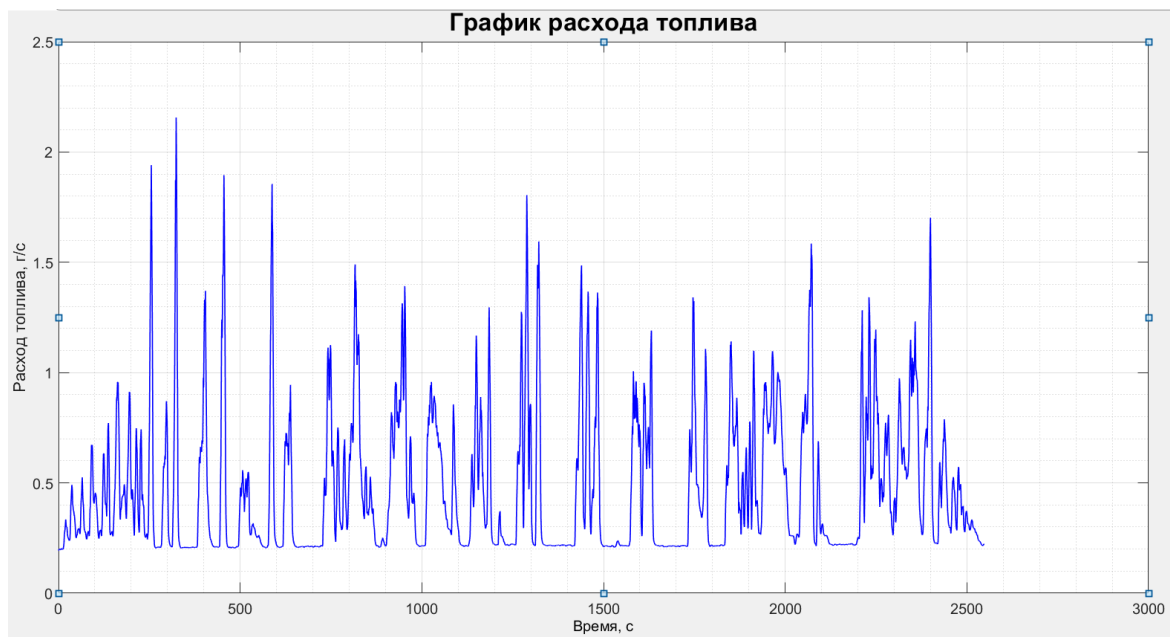


Рис. 3. График расхода топлива

На рисунке 4 изображена траектория движения автомобиля, наложенная на карту Google Earth.



Рис. 4. Наложение данных с GPS датчика смартфона на карту Google Earth

Методика определения выбросов была разработана на основе расчета количества продуктов сгорания из учебного пособия В.Н. Луканина и М.Г. Шатрова «Двигатели внутреннего сгорания» [1, 2].

Количество оксида углерода и диоксида углерода рассчитывается следующим образом:

$$M_{CO} = 0,42 \cdot \frac{1-\alpha}{1+K} \cdot L_0, \text{ кмоль/кг} \quad (1.1)$$

$$M_{CO_2} = \frac{g_C}{12} - M_{CO}, \text{ кмоль/кг} \quad (1.2)$$

где, α – коэффициент избытка воздуха (состав горючей смеси);

L_0 , кмоль в/кг т – количество воздуха, теоретически необходимого для полного сгорания топлива;

g_C - массовая доля углерода.

Для определения состава горючей смеси необходимы значения расхода воздуха и топлива. Однако во время проведения эксперимента выяснилось, что автомобиль не имеет датчика расхода воздуха, поэтому данный показатель рассчитывался отдельно. Формула для расчета была взята из книги Корки Белла «Maximum Boost» [3].

Расчет расхода воздуха:

$$g_B = \frac{\rho_B \cdot V_C \cdot n \cdot \eta_B \cdot \frac{p_0}{p_a}}{2}, \text{ г/с} \quad (1.3)$$

где ρ_B – плотность воздуха, г/см³;

V_C – объем камеры сгорания, см³;

n – частота вращения коленчатого вала, об/с;

η_B – коэффициент наполнения;

p_0 – атмосферное давление, кПа;

p_a – давление во впускном коллекторе, кПа.

Далее, пересчитав количество продуктов сгорания в массу, определяется их интенсивность выброса в граммах в секунду и

переводится в граммы на километр для дальнейшего сравнения с нормативными значениями.

Результаты расчета представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты обработки данных при расчетном расходе воздуха

Время простоя, с	Средний расход воздуха, г/с	Средний расход топлива, г/с	Средний коэф. избытка воздуха	Средняя интенсивность выброса CO, г/с	Средняя интенсивность выброса, CO ₂ , г/с
672,92	2,923	0,220	0,887	0,1108	0,510

Интенсивность выбросов за все время простоя в г/км:

$$Q_{CO} = 0,1108 \cdot 720 = 79,78 \text{ г/км};$$

$$Q_{CO_2} = 0,510 \cdot 720 = 367,20 \text{ г/км}.$$

Усредненные значения интенсивности выбросов и скорости за все время заезда:

- Интенсивность выброса CO – 0,153 г/с и 20,73 г/км;
- Интенсивность выброса CO₂ – 1,245 г/с и 168,70 г/км;
- Скорость автомобиля – 26,563 км/ч.

Экологическая оценка степени повышения загрязнения окружающей среды в зонах светофорного регулирования

Цель данной части заключается в сравнении интенсивности выброса оксида углерода и диоксида углерода во время простоя автомобиля перед светофором и в среднем за городской цикл, а также сравнение их с нормативными значениями.

Так как испытываемый автомобиль Renault Logan имеет экологический класс Евро-5, был выбран соответствующий норматив по выбросам вредных веществ от выхлопных газов [4].

Нормы по выбросам Евро-5:

- СН — до 0,10 г/км;
- СО — до 1,00 г/км;
- NO_x — до 0,06 г/км.

Для учета работы каталитического нейтрализатора отработавших газов значение интенсивности выброса СО было умножено на 0,9 (эффективность работы нейтрализатора в зоне «богатой» смеси) [5].

Таким образом, с учетом работы системы нейтрализации отработавших газов интенсивность выброса СО:

- Во время движения по городу снижается с 20,73 г/км до 2,07 г/км;
- При работе двигателя во время остановки снижается с 79,78 г/км до 7,98 г/км.

Следовательно, интенсивность выброса оксида углерода во время остановки перед светофором увеличивается почти в 4 раза, однако даже усредненное значение превышает норму по стандарту Евро-5.

Для оценки выброса диоксида углерода используем стандарты Европарламента по выбросам углекислого газа для автомобильного транспорта [6].

По стандарту, для автомобилей, выпущенных до 2020 года, норма по выбросу CO₂ составляет 130 г/км.

Выбросы CO₂ по результатам расчета:

- В среднем во время движения по городу – 168,7 г/км;
- При работе двигателя во время остановки – 367,2 г/км.

Таким образом, интенсивность выброса углекислого газа во время остановки перед светофором увеличивается более чем в 2 раза. При этом среднее значение выброса CO₂ не соответствует стандарту Европарламента по выбросам углекислого газа.

Произведя экологическую оценку, можно сделать вывод, что существенные простои автомобилей перед светофорами действительно

оказывает отрицательное воздействие на окружающую среду, так как выбросы вредных веществ от выхлопных газов возрастают в разы.

Заключение

В ходе выполнения эксперимента была разработана методика определения выбросов на основе расчета количества продуктов сгорания из учебного пособия В.Н. Луканина и М.Г. Шатрова «Двигатели внутреннего сгорания». Исходными данными для расчета являются скорость движения автомобиля, расход топлива и расход воздуха, которые определяются с помощью диагностического сканера.

Полученные результаты позволили подтвердить тот факт, что во время стоянки автомобиля с работающим двигателем интенсивность выбросов вредных веществ от выхлопных газов значительно увеличивается. В частности, были получены следующие результаты:

- выбросы оксида углерода возрастают в 3,8 раза;
- выбросы углекислого газа возрастают 2,2 раза.

При этом полученные результаты не укладываются в нормы Евро-5 и стандарты Европарламента по выбросам углекислого газа. Таким образом, существенные простои автомобилей перед светофорами оказывают отрицательное влияние на окружающую среду.

Список литературы

1. Двигатели внутреннего сгорания: учебник для вузов в 3 кн. / В.Н. Луканин, К.А. Морозов, А.С. Хачиян и др.; под ред. В.Н. Луканина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 2005. – Кн. 1. Теория рабочих процессов. – 479 с.
2. Автомобильные двигатели: Курсовое проектирование: учеб. пособие / М.Г. Шатров, И.В. Алексеев, С.Н. Богданов и др.; под ред. М.Г. Шатрова. – М.: Издательский центр «Академия», 2011. – 256 с.
3. Maximum boost: designing, testing, and installing turbocharger systems / by Corky Bell.
4. The Automobile Association. Euro Emission Standards. – URL: <https://www.theaa.com/driving-advice/fuels-environment/euro-emissions-standards> (дата обращения 07.12.2020).

5. Устройство автомобиля. Нейтрализатор отработанных газов. Устройство и принцип действия. – URL: <https://ustroistvo-avtomobilya.ru/sistemy-snizheniya-toksichnosti/nejtralizator-otrabotannyh-gazov/> (дата обращения: 07.12.2020).

6. The International Council on Clean Transportation. CO₂ Emission Standards For Passanger Cars And Light-Commercial Vehicles In The European Union. – URL: https://theicct.org/sites/default/files/publications/EU-LCV-CO2-2030_ICCTupdate_201901.pdf (дата обращения: 07.12.2020).

References

1. Lukanin V.N., Morozov K.A., Khachiyan A.S. i dr. *Dvigateli vnutrennego sgoraniya: v 3 kn, Kn. 1. Teoriya rabochikh protsessov* (Internal combustion engines: in 3 vols, book. 1. Theory of work processes), Moscow, Vysshaya shkola, 2005, 479 p.
2. Shatrov M.G., Alekseyev I.V., Bogdanov S.N. i dr *Avtomobil'nyye dvigateli: Kursovoye proyektirovaniye* (Automotive engines: Course design), Moscow, Izdatel'skiy tsentr «Akademiya», 2011, 256 p.
3. Maximum boost: designing, testing, and installing turbocharger systems / by Corky Bell.
4. URL: <https://www.theaa.com/driving-advice/fuels-environment/euro-emissions-standards>.
5. URL: <https://ustroistvo-avtomobilya.ru/sistemy-snizheniya-toksichnosti/nejtralizator-otrabotannyh-gazov/>.
6. URL: https://theicct.org/sites/default/files/publications/EU-LCV-CO2-2030_ICCTupdate_201901.pdf.

Рецензент: Н.И. Баурова, д-р техн. наук, проф. МАДИ