

Экологический мониторинг токсичности отработавших газов автомобилей в ЮФО

Е.Г. Зубарева, С.Г. Курень, А.А. Юртаев

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону

Аннотация: В статье проведен комплексный анализ показателей выбросов от стационарных источников и выбросов от автотранспорта в Ростовской области и городе Ростове-на-Дону, а также сравнительный анализ по двум регионам ЮФО. Сделан прогноз экологической обстановки и проверена адекватность предложенной математической модели.

Ключевые слова: выбросы загрязняющих веществ, токсичность, отработавшие газы, стационарные источники, автотранспорт, двигатель внутреннего сгорания.

В воздушном бассейне Южного федерального округа наблюдается повышение уровня загрязнения, в частности автотранспортными выбросами, которые составляют 88,4% токсичных веществ, содержащихся в воздухе. Помимо отработавших газов автомобилей на экологическую ситуацию влияют выбросы в следствие работы железнодорожного транспорта, предприятий топливно-энергетической и машиностроительной и других отраслей.

Ежегодно уровень загрязненности вследствие выбросов от автотранспортных средств увеличивается на 3%, неизменным остается состав отработавших газов (ОГ) двигателя, в том числе его токсичные компоненты, представленный на рисунке 1 [1-5].

Вредный компонент	Единица измерения	Нормативы платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными источниками	
		В пределах установленных допустимых нормативов выбросов	В пределах установленных лимитов выбросов
Оксид углерода CO	г/т	0,6	3
Оксид азота NO	г/т	35	175
Диоксид азота NO ₂	г/т	52	260
Бенз(а)пирен C ₂₀ H ₁₂	г/г	2,049801	10,249005
Прочие углеводороды C _x H _y	г/т	5	25
Формальдегид HCHO	г/кг	0,683	3,415
Акролеин CH ₂ =CH-CH=O	г/кг	0,068	0,34
Уксусный альдегид CH ₃ CHO	г/кг	0,205	1,025
Сажа	г/кг	0,08	0,4
Оксиды серы SO ₂ , SO ₃	г/т	21	105
Сероводород	г/т	257	1285

Сравнительный анализ по валовым выбросам (тыс. тонн) веществ-загрязнителей в 2017 году по сравнению с 2000 годом.

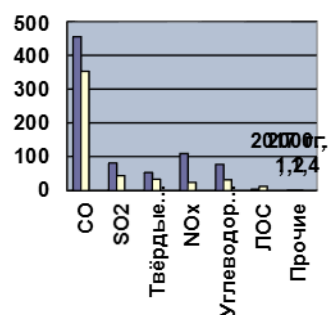


Рисунок 1. Состав отработанных автомобильных газов

В Российской Федерации в настоящее время действует стандарт Евро-2, однако, структура нефтепереработки не обеспечивает требуемого качества производимых бензинов и дизельного топлива из-за недостаточных объёмов вторичной переработки.

На основании полученных данных [1-5] нами проведен мониторинг токсичности отработавших газов автомобилей за период 2000-2017 гг.:



Рисунок 2. Диаграмма выбросов загрязняющих веществ из различных источников

К наиболее эффективным способам снижения уровня токсичности отработавших газов относятся: модернизация процессов смесеобразования и сгорания топлива в двигателе внутреннего сгорания, коррекция состава смеси и угла опережения зажигания; нейтрализация ОГ в системе выпуска: токсичные газы (CO , C_xH_y и NO_x) нейтрализуются до их выброса в атмосферу [7]. Использование этих методов не позволяет устранить выбросы соединений свинца, SO_2 и полициклических ароматических углеводородов (ПАУ). Это вызывает необходимость ограничения содержания в топливе свинца, серы и ПАУ на стадии производства топлив.

Вследствие уменьшения токсичных выбросов в воздушный бассейн улучшается снижается расход углеводородного топлива. Переход к альтернативным видам топливам, в том числе не содержащим углерода (например, водород), приводит к улучшению экологических и экономических показателей.

Для разработки математической модели рассмотрим отношение загрязнение-очистка как конкуренцию между двумя видами процессов [6]. Предполагается, что оба вида процессов являются автотрофами, т.е. способны увеличивать количество объемов, загрязненных или очищенных токсических веществ независимо друг от друга. С самого начала полагаем, что в изоляции динамика обоих видов процессов подчиняется логистическому уравнению, а взаимно отрицательное влияние пропорционально объемам выбросов токсических веществ и очистки. Математической моделью описанной ситуации является следующая система:

$$\begin{cases} \dot{N}_1 = aN_1 \left(1 - \frac{N_1}{K_1}\right) - bN_1N_2, \\ \dot{N}_2 = cN_2 \left(1 - \frac{N_2}{K_2}\right) - dN_1N_2; \end{cases}$$

или, в безразмерных переменных (замена в явном виде),

$$\begin{cases} \dot{u} = u(1 - v - \alpha u), \\ \dot{v} = v(\gamma - u - \beta v); \end{cases}$$

В области R_+^2 система (2.2.3.2) всегда имеет три положения равновесия:

$$A_1 = (0,0), A_2 = \left(\frac{1}{\alpha}, 0\right), A_3 = \left(0, \frac{\gamma}{\beta}\right).$$

Кроме того, если $\alpha\beta > 1$, $\alpha\gamma > 1$, $\beta > \gamma$ или $\alpha\beta < 1$, $\alpha\gamma < 1$, $\beta < \gamma$, то в R_+^2 существует положение равновесия

$$A_4 = (u^*, v^*) = \left(\frac{\beta - \gamma}{\alpha\beta - 1}, \frac{\alpha\gamma - 1}{\alpha\beta - 1} \right).$$

Матрица Якоби системы (2.2.3.1) имеет вид

$$J(u, v) = \begin{pmatrix} 1 - 2\alpha u - v & -u \\ -v & \gamma - u - 2\beta v \end{pmatrix}.$$

Положение равновесия A_1 — неустойчивый узел (собственные числа равны 1 и γ); A_2 — седло, если $\alpha\gamma > 1$ и устойчивый узел, если $\alpha\gamma < 1$; A_3 — седло, если $\beta > \gamma$ и устойчивый узел, если $\beta < \gamma$. Наконец, если $A_4 \in R_+^2$, то

$$\text{tr}J(u^*, v^*) = -(\alpha u^* + \beta v^*) < 0, \det J(u^*, v^*) = (\alpha\beta - 1)u^*v^*.$$

Данная ситуация оказывается общей — практически всегда один из конкурирующих видов подавляет другой [8].

Сделаем прогноз развития процесса загрязнения атмосферы с помощью логистической модели [9,10] с целью проверки её достоверности. Рассчитаем величину загрязнения на следующий год. В уравнение модели подставляем найденные параметры: $k=387,54$ (тыс. тонн), $r=0,58$ (тыс. тонн/год), $N_0=8,13$ (тыс. тонн), $p=186,35$ (лет).

Подставив параметры, получаем:

$$N = \frac{451,8}{1 + \left(\frac{451,8}{8,13} - 1 \right) \cdot e^{-0,58 \cdot 2015}} + 186,35$$

Отсюда значение $N=638,1$ (тыс. тонн).

Таким образом, расчёт произведенный авторами показал, что валовые выбросы загрязняющих веществ от автотранспорта в Ростовской области в 2017 году составили $N_1=616$ тыс. тонн. Относительная погрешность составляет 0,22, что говорит об адекватности предложенной модели.

Проведем сравнительный анализ загрязненности субъектов ЮФО по основным показателям.

Валовые выбросы веществ-загрязнителей (тыс. тонн) в двух соседних субъектах ЮФО, по данным за 2017 год.



Рисунок 3. Валовые выбросы веществ-загрязнителей в субъектах ЮФО

Выводы.

1. В рамках проведенного исследования осуществлён анализ состояния атмосферы в субъектах Южного федерального округа, который констатировал превышение концентрации загрязняющих веществ в Ростовской области по всем показателям.

2. Вследствие использования в качестве топлива для двигателей внутреннего сгорания транспортных средств моторного топлива на основе нефти происходит загрязнение атмосферы отработавшими газами автомобилей. В свою очередь использование альтернативных видов моторного топлива и, в первую очередь, природного газа позволит достичь нулевой токсичности отработавших газов.

3. Рассмотрены способы математического моделирования загрязнения воздуха, разработаны модели прогнозирования экологической ситуации с учётом валовых выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта с помощью логистического уравнения.

4. Проведена проверка предложенной прогностической модели загрязнения атмосферного воздуха. Относительная погрешность предсказанного значения составила 0,22, что говорит о возможности

применения данной модели для прогнозирования экологической ситуации в отношении атмосферного воздуха в данном регионе.

Литература

1. Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2015 году» / Под общ.ред. В.Н. Василенко, Г.А. Урбана, А.Г. Куренкова, С.В. Толчеевой, С.Ю. Покуля. Ростов-на-Дону, 2016. – 212 с. С. 177-178.
2. Курень С.Г., Мишугова Г.В., Мул А.П., Рябых Г.Ю. Разработка модели, описывающей процесс загрязнения воздуха. Перспективы развития науки и образования: сб. науч. трудов по материалам Междунар. науч.-практич. конф. 28 сентября 2012 г.: в 14 частях. Часть 13; Мин-во обр. и науки РФ. Тамбов: Изд-во ТРОО «Бизнес-Наука-Общество», 2012. – 163 с. С. 77-78.
3. Курень С.Г., Николенко Г.В., Мул А.П., Рябых, Г.Ю., Валявин В.Ю., Сокол Н. А. Моделирование процессов загрязнения воздуха. Известия высших учебных заведений. Сев.-Кав. регион. Серия: Естеств. науки.- 2014.- № 4(182). С. 78-81.
4. Курень С.Г., Рябых Г.Ю., Юртаев А.А., Чумакова А.Ю. Пути снижения токсичности отработавших газов автомобилей / Современные тенденции развития науки и технологий: сб. науч. тр. по мат-лам VIII Междунар. науч.-практ. конф., 30 ноября 2015 г.: в 10 частях.- г.Белгород: ИП Ткачева Е.П., 2015. № 8-1. С. 120-122.
5. Зубарева Е. Г., Серпенинова О. О. Визуальное моделирование информационно-навигационной системы «ТИНС-INFO» // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2016. Т. 17. С. 79-83. URL:e-koncept.ru/2016/46180.htm.



6. Морозов В.А., Морозова О.Н. Совершенствование эффективности и экологичности двигателей внутреннего сгорания // Инженерный вестник Дона, 2016, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2016/350312.

7. Елисеева Т.П., Ежова И.М., Лакирбая И.Д. Исследование воздействия техногенных факторов на окружающую среду с целью обоснования управленческих решений по обеспечению экологической безопасности регионов России // Инженерный вестник Дона, 2014, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2361.

8. Rashidova E.V., Zubareva E.G. Visual modeling of planar mechanisms // Science without borders 2015. Materials of XI international research and practice conference. 2015. pp. 59 - 61.

9. Zubareva S. Integrated safety problems of "Y" generation in Black sea region // Science almanac of Black Sea region countries. 2016. № 4 (8). pp. 15-20. URL: science-almanac.ru/ru/new-issue.php

10. Zubareva S.S., Zubareva E.G. Russian millennials in modern consumer society: recent trends, perspectives and future prospects // Modern European Researches. 2017. № 2. pp. 160 -167.

References

1. Ekologicheskij vestnik Dona «O sostojanii okruzhajushhej sredy i prirodnyh resursov Rostovskoj oblasti v 2015 godu» [Ecological Herald of the Don «On the state of the environment and natural resources of the Rostov Region in 2015»]. Rostov-na-Donu, 2016.

2. Kuren S.G., Mishugova G.V., Mul A.P., Rjabyh G.Ju. Razrabotka modeli, opisyvajushhej process zagrzaznenija vozduha. [Development of a model



describing the process of air pollution] Perspektivy razvitiya nauki i obrazovaniya, 2012. pp. 77-78.

3. Kuren S.G., Nikolenko G.V., Mul A.P., Rjabyh, G.Ju., Valjavin V.Ju., Sokol N. A. Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij, 2014. № 4(182). pp. 78-81.

4. Kuren S.G., Rjabyh G.Ju., Jurtaev A.A., Chumakova A.Ju. Sovremennye tendencii razvitiya nauki i tehnologij, 2015. № 8-1. pp. 120-122.

5. Rashidova E.V., Zubareva E.G. Materials of XI international research and practice conference, 2015. pp. 59-61.

6. Zubareva E.G., Serpeninova O.O. Nauchno-metodicheskij jelektronnyj zhurnal «Koncept», 2016, №17. URL: <http://e-koncept.ru/2016/46180.htm>.

7. Morozov V.A., Morozova O.N. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2016, №1. URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2016/350312.

8. Eliseeva T.P., Ezhova I.M., Lakirbaja I.D. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2014, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2361.

9. Zubareva S.S., Zubareva E.G. Modern European Researches. 2017. № 2. pp. 160-167.

10. Zubareva S. Modern European Researches. 2016. № 3. pp. 140-143.