

Список литературы

1. Щепетов, А. Г. Основы проектирования приборов и систем: учебник и практикум для вузов / А.Г. Щепетов. — Москва: Издательство Юрайт, 2023. — 458 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01039-8.
2. Щепетов, А. Г. Синтез параметров передаточной функции прибора по критериям динамической точности / А.Г. Щепетов, Л.В. Шимерева // Приборы. — 2022. — № 2(260). — С. 31–36.
3. Щепетов, А. Г. О модификации диаграммы Вышнеградского / А.Г. Щепетов, А.А. Пидкович, М.А. Цукерман // Приборы. — 2019. — № 8(230). — С. 22–27.
4. Щепетов, А. Г. Об оптимальных формах переходного процесса и амплитудно-частотной характеристики линейной динамической системы / А.Г. Щепетов // Проблемы управления. — 2008. — № 3. — С. 30–36.
5. Щепетов, А. Г. Об энергетическом подходе к определению длительности переходного процесса / А. Г. Щепетов // Приборы. — 2010. — № 4(118). — С. 32–36.
6. Щепетов, А. Г. Расчёт длительности переходного процесса средствами программы Mathcad / А. Г. Щепетов, А. А. Пидкович, М. А. Цукерман // Приборы. — 2019. — № 7(229). — С. 31–36.

УДК 574:629.113

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ОТ АВТОТРАНСПОРТА

Шубина Кристина Юрьевна

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

E-mail: kys8@tpu.ru

MATHEMATICAL MODELING OF ENVIRONMENTAL POLLUTION FROM MOTOR TRANSPORT

Shubina Kristina Yurievna

National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk

Аннотация: в работе представлена математическая модель, описывающая перенос загрязняющих веществ в воздухе от автотранспорта с учётом метеорологических условий, интенсивности движения и транспортного состава. Процесс переноса загрязняющего вещества с течением времени описывается с помощью уравнений Рейнольда для турбулентного течения. Данная система уравнений решалась численно. Для получения дискретного аналога использовался метод контрольного объёма. В результате реализации программного кода рассчитаны распределения концентрации загрязняющего вещества, выделяющегося от автотранспорта (на примере CO) в различные моменты времени в окрестности автодороги.

Abstract: the research presents a mathematical model describing the transport of pollutants in the air from vehicles, taking into account meteorological conditions, traffic intensity and transport composition. The process of transport of a contaminant over time is described using the Reynolds equations for turbulent flow. This system of equations was solved numerically. To obtain a discrete analog, the control volume method was used. As a result of the implementation of the program code, the distributions of the concentration of the pollutant released from motor vehicles (e.g., CO) at various points in time in the vicinity of the highway are calculated.

Ключевые слова: математическое моделирование; загрязняющие вещества; автотранспорт; концентрация; метод контрольного объёма; численный метод.

Keywords: mathematical model; pollutants; motor transport; concentration; control volume method; numerical method.

С развитием промышленности и транспортных средств антропогенное загрязнение биосферы вследствие деятельности человека постоянно увеличивается, что негативно сказывается не только на окружающей среде, но и на здоровье человека. В России на долю транспортных средств приходится около 40% от общей доли загрязнения воздуха. В связи с этим возрастает роль научных исследований, направленных на математический анализ загрязнения воздуха. Используя математические модели, мы можем прогнозировать результаты различных природоохранных мероприятий и оптимизировать использование средств, выделяемых на охрану окружающей среды.

Физическая постановка задачи

Рассмотрим нестационарную двумерную задачу переноса выделения газов от автотранспорта под действием ветра. В рассматриваемой области в начальный момент времени $t=0$ задано распределение концентрации $C_e=0$. На левой границе расчетной области, на фиксированной высоте задана скорость ветра. Необходимо найти распределение концентрации газообразных продуктов, выделяющихся от автотранспорта по всей области в различные моменты времени для различных значений параметров. На рисунке 1 представлено поперечное сечение автодороги шириной $a-b$, которая приподнята на высоту H . Задана интенсивность движения и процентный состав транспортных средств.



Рисунок 1 – Схема расчетной области

Математическая постановка задачи

Математически процесс переноса загрязняющего вещества с течением времени в данной области описывается с помощью следующей системы дифференциальных уравнений (уравнений неразрывности, движения и диффузии) с соответствующими начальными и граничными условиями:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho u) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho v) = 0, \quad (1)$$

$$\rho \left(\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} \right) = -\frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu \frac{\partial u}{\partial y} \right), \quad (2)$$

$$\rho \left(\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} \right) = -\frac{\partial P}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu \frac{\partial v}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu \frac{\partial v}{\partial y} \right) - g\rho, \quad (3)$$

$$\rho \left(\frac{\partial c}{\partial t} + u \frac{\partial c}{\partial x} + v \frac{\partial c}{\partial y} \right) = \frac{\partial}{\partial x} \left(\rho D \frac{\partial c}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\rho D \frac{\partial c}{\partial y} \right) + S, \quad (4)$$

$$P_e = \rho RT, \quad (5)$$

где t – время, u , v – проекции вектора скорости на оси x , y , P – давление, C – концентрация загрязняющей примеси, ρ – плотность, μ , D – коэффициенты турбулентной вязкости и диффузии. S – количество загрязняющего вещества (CO), выделяющегося от автотранспорта в единице объема в единицу времени, задается по формуле:

$$S = \begin{cases} S_0, & a \leq x \leq b, 0 \leq y \leq H, \\ 0 & \text{иначе} \end{cases}$$

$$S_0 = \frac{75D+112K+115L}{(3600S_R)I} \cdot 0,5 \cdot 10^{-2}.$$

где I – интенсивность движения (авт/час), Dis , R , L – процентный состав транспортного потока (дизельные, бензиновые и легковые автомашины), равные 20, 30 и 50% соответственно; S_R – ширина автодороги $S_R = b-a$. $D=0.4y$, $\mu=0.4y$, $y_0=0.1$, $t_l=3$ с, $a=4$ м, $b=8$ м, $H=2$ м, $l=40$ м, $h=20$ м.

Скорость ветра на левой границе области определяется по формуле: $u(0, y) = u_0 \left(\frac{y}{y_0}\right)^{0.2}$, где u_0 – скорость ветра на высоте $y_0 = 1$ м.

В данном исследовании рассматриваются варианты изменения скорости ветра: $u_0=1, 4, 7$ м/с, а также интенсивность движения: 2000 авт/час, 3000 авт/час.

Численное решение

Решение задачи основано на методе контрольного объема [1]. Численный метод решения сводится к получению дискретного аналога для системы уравнений (1)–(5). Для решения дискретного аналога применяется метод TDMA [1].

Анализ полученных результатов

В результате расчета получили поле распространения концентрации CO от автотранспорта с течением времени.

На рисунках 2–3 представлены распределения концентраций CO для различных скоростей ветра, заданного на левой границе расчетной области и интенсивности движения транспортных средств 2000 авт/час.

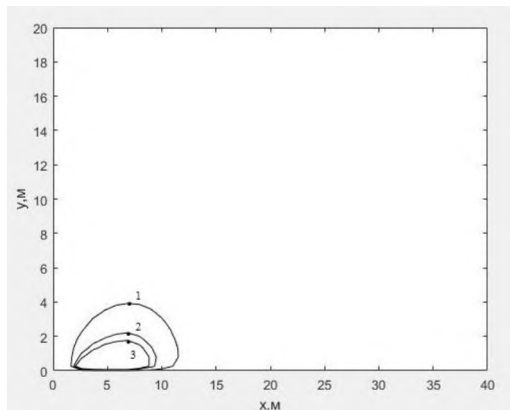


Рисунок 2 – Распределение концентрации CO. Скорость ветра 1 м/с, где 1 – 0.0039 мг/м³, 2 – 0.016 мг/м³, 3 – 0.029 мг/м³

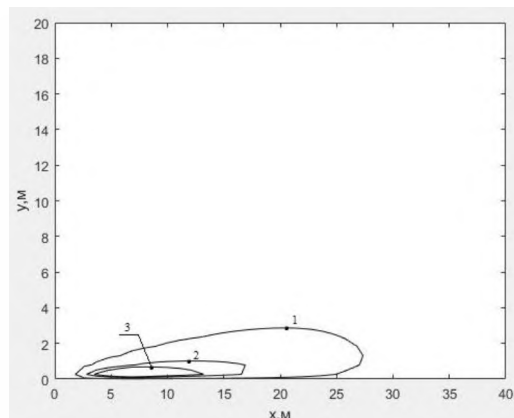


Рисунок 3 – Распределение концентрации CO. Скорость ветра 7 м/с, где 1 – 0.0038 мг/м³, 2 – 0.024 мг/м³, 3 – 0.025 мг/м³

Таким образом, при увеличении скорости ветра загрязняющая примесь распространяется на большее расстояние.

На рисунках 4–5 представлены распределения концентраций СО для разных значений интенсивности движения при скорости ветра 4 м/с.

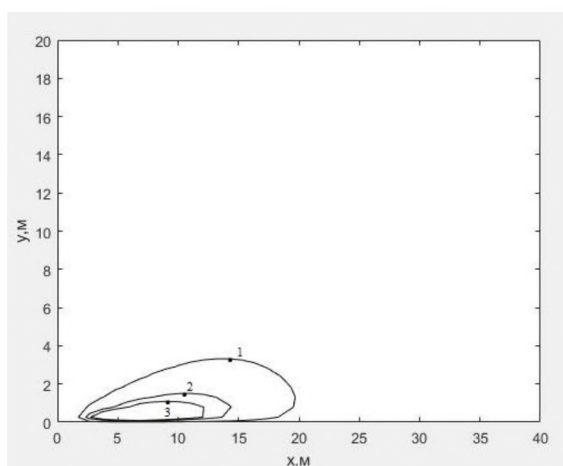


Рисунок 4 – Распределение концентрации СО. Интенсивность движения транспортных средств 2000 авт/час, где 1 – 0.0036 мг/м^3 , 2 – 0.023 мг/м^3 , 3 – 0.038 мг/м^3

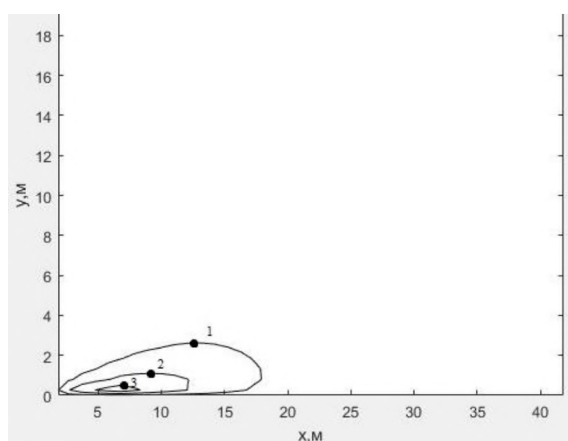


Рисунок 5 – Распределение концентрации СО. Интенсивность движения транспортных средств 3000 авт/час, где 1 – 1.2 мг/м^3 , 2 – 3 мг/м^3 , 3 – 6 мг/м^3

Анализируя рисунки 4–5, можно сделать вывод о том, что загрязняющая примесь с увеличением интенсивности движения распространяется на большее расстояние [2–7].

Заключение: на основе полученных численных результатов был сделан вывод о том, что концентрация угарного газа, выделяемого в процессе горения автомобильного топлива при интенсивности движения равной 2000 авт/час, не превысила предельно допустимое значение, но с увеличением скорости ветра от 1 до 7 м/с и интенсивности движения до 3000 авт/час происходит интенсивный перенос загрязняющих веществ на большее расстояние.

Список литературы

1. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 152 с.
2. ГН 2.1.6.1338-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. – Текст: электронный // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов: [сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901865554?ysclid=ldkbb7y8w2860261345>.
3. Ложкин, В. Н. Загрязнение атмосферы автомобильным транспортом. Автомобильный транспорт как источник загрязнения окружающей и природной среды. Проблемы и решения: справочно- методическое пособие / В.Н. Ложкин, В.С. Шкрабак // 2-е изд., доп. – СПб: Атмосфера, 2003. – 296 с.

4. Подгорнова, Н. А. Экологические проблемы автомобильного транспорта и пути решения / Н.А. Подгорнова. – Текст: электронный // Молодой ученый. – 2016. – № 22.2 (126.2). – С. 48–50. – URL: <https://moluch.ru/archive/126/33712>.
5. Сердюкова, А. Ф. Влияние автотранспорта на окружающую среду / А.Ф. Сердюкова, Д.А. Барабанщиков. – Текст: электронный // Молодой ученый. – 2018. – № 25 (211). – С. 31–33. – URL: <https://moluch.ru/archive/211/51590>
6. Артюхова, К. Н. Вредное влияние автомобиля на окружающую среду / К.Н. Артюхова, И.Н. Апасова. – Текст: электронный // Юный ученый. – 2017. – № 2.2 (11.2). – С. 9–11. – URL: <https://moluch.ru/young/archive/11/797>
7. Соболева, Э. Г. Загрязнение окружающей среды автотранспортом / Э.Г. Соболева, А.Г. Ткачев // Технологии техносферной безопасности: научный интернет-журнал. – 2014. – № 2. – [3 с.].

УДК 338.46

АНАЛИЗ И УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ В ОРГАНИЗАЦИЯХ ФИТНЕС-ИНДУСТРИИ

Шушпанова Александра Олеговна, Худякова Татьяна Станиславовна
Уральский государственный экономический университет, г. Екатеринбург

E-mail: suspanovaa@gmail.com, khudyakova_t@mail.ru

ANALYSIS AND IMPROVEMENT OF THE QUALITY OF SERVICES IN THE FITNESS INDUSTRY ORGANIZATIONS

Shushpanova Alexandra Olegovna, Khudyakova Tatiana Stanislavovna
Ural State University of Economics, Yekaterinburg

Аннотация: статья посвящена выявлению важных для посетителей фитнес-клубов показателей качества обслуживания. Обозначены показатели качества обслуживания и методы их оценки, которые помогают выявить на что в первую очередь нужно обращать внимание при работе с клиентами. Проведенный анализ позволил предложить направления улучшения качества обслуживания посетителей фитнес-клубов. Авторы приходят к выводу, что качество услуг сервисных организаций имеет многогранный характер, для его анализа необходимо изучать мнения клиентов на разных этапах обслуживания. Полученные результаты представляют интерес как для владельцев бизнеса в сфере фитнес-индустрии, так и для будущих научных исследований.

Abstract: the article is devoted to identifying indicators of service quality that are important for visitors to fitness clubs. The indicators of service quality and methods for their evaluation are described. The analysis made it possible to suggest ways to improve the quality of service in fitness clubs. The authors come to the conclusion that the quality in service-oriented organizations has a multifaceted character, for its analysis it is necessary to study the opinions of customers at the different stages of service. The results obtained are useful both for business owners in the fitness industry and for future scientific research.

Ключевые слова: качество услуг; анализ качества; фитнес-индустрия.

Keywords: service quality; quality analysis; fitness industry.

В жизни каждого человека должно быть место физической активности. Если профессиональным спортом нужно заниматься с детства, то поддерживать свое физическое состояние в форме можно в любом возрасте. Современные фитнес-клубы предлагают посетителям широкий спектр направлений физической активности, чтобы каждый нашел занятие по душе. Направления могут быть как силовыми, так и кардио-тренировками, уровень нагрузки и сложность упражнений подбираются индивидуально. Учитывая такую индивидуализацию запросов посетителей, вопросы привлечения и качества обслуживания клиентов фитнес-клубов становятся актуальными. Важно понимать, по каким критериям