

АТМОСФЕРАНЫН САПАТЫН БОЛЖОЛДОО ҮЧҮН МАТЕМАТИКАЛЫК МОДЕЛЬ

Родионов Г.А.

Химиялык технология жана инженерия институтунун УММТУ магистранты,
gleb.rodionow@gmail.com

Аннотация: Бул математикалык модель белгилүү бир аймактагы аба чөйрөсүнүн абалы жөнүндө маалыматтардын негизинде атмосферанын сапатын болжолдоо үчүн иштелип чыккан. Бул модель булгоо булагынан атмосфералык абага булгоочу заттардын эмиссиясынын дисперсиясына байланышкан физикалык процесстерди сүрөттөгөн теңдеме. Моделди түзүү үчүн абанын температурасы, атмосфералык басым, абанын нымдуулугу, шамалдын ылдамдыгы жана багыты сыяктуу параметрлер, ошондой эле азоттун, күкүрттүн, көмүртектин, озондун, чаңдын жана башка зыяндуу аралашмалардын оксиддери сыяктуу ар кандай зыяндуу заттардын концентрациясы эске алынат. эсеп. Алынган натыйжалар ден соолукка мүмкүн болуучу коркунучтар жөнүндө калкты эскерте турган атмосферанын сапатына болжолду түзүүгө мүмкүндүк берет жана атмосферага эмиссияларды азайтуу жана атмосферанын сапатын жакшыртуу боюнча зарыл кечиктирилгис чараларды көрүүгө мүмкүндүк берет.

Өзөктүү сөздөр: атмосфера, айлана-чөйрө, математикалык модель, божомол, аба.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ ПРОГНОЗА КАЧЕСТВА АТМОСФЕРЫ

Родионов Г.А.

магистрант института химических технологий и инжиниринга УГНТУ,
gleb.rodionow@gmail.com

Аннотация: Данная математическая модель разработана для прогнозирования качества атмосферы на основе данных о состоянии воздушной среды в определенной местности. Эта модель представляет собой уравнение, которое описывает физические процессы, связанные с рассеиванием выбросов загрязняющих веществ в атмосферном воздухе от источника загрязнения. Для создания модели учитываются такие параметры, как температура воздуха, атмосферное давление, влажность воздуха, скорость и направление ветра, а также концентрации различных вредных веществ, таких как оксиды азота, серы, углерода, озона, пыли и другие вредных примесей. Полученные результаты позволяют составить прогноз качества атмосферы, который позволит предупредить население о возможных опасностях для здоровья и принять необходимые срочные меры по снижению выбросов и улучшению качества атмосферы.

Ключевые слова: атмосфера, окружающая среда, математическая модель, прогноз, воздух

MATHEMATICAL MODEL FOR FORECASTING THE QUALITY OF THE ATMOSPHERE

Rodionov G.A.

Master's student at the Institute of Chemical Technology and Engineering, USPTU,
gleb.rodionow@gmail.com

Abstract: *This mathematical model has been developed to predict the quality of the atmosphere based on data on the state of the air environment in a particular area. This model is an equation that describes the physical processes associated with the dispersion of pollutant emissions in the atmospheric air from a pollution source. To create a model, such parameters as air temperature, atmospheric pressure, air humidity, wind speed and direction, as well as concentrations of various harmful substances such as oxides of nitrogen, sulfur, carbon, ozone, dust and other harmful impurities are taken into account. The results obtained make it possible to make a forecast of the quality of the atmosphere, which will warn the public about possible health hazards and take the necessary urgent measures to reduce emissions and improve the quality of the atmosphere.*

Key words: *atmosphere, environment, mathematical model, forecast, air.*

Введение. Состояние окружающей среды имеет огромное значение для здоровья человека и экосистемы в целом. Одним из наиболее важных аспектов экологии является качество атмосферы, которое может существенно влиять на здоровье людей и животных, а также на качество жизни в целом [1-4]. Для борьбы с этим явлением необходимо разработать эффективные методы контроля и предсказания качества воздуха. Одним из таких методов является математическая модель, обеспечивающая основу для совмещения идей о конкретных процессах воздушной среды и их взаимодействиях [5].

Математическая модель позволяет составить прогноз качества атмосферы на основе различных факторов, таких как загрязнение воздуха, изменения климата, географические и демографические особенности региона.

Актуальность темы и постановка задачи. Целью работы является разработать математическую модель, которая на основе полученных данных о концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе, метеорологических параметрах, характеристиках региона, связанные с его географическим и демографическим положением позволит составить прогноз качества атмосферы для дальнейшего принятия эффективных мер по защите окружающей среды и улучшения качества жизни людей.

Практическое исследование и выводы. Для достижения этой цели первым делом производят сбор данных о качестве атмосферного и метеорологических параметрах с помощью специализированных постов наблюдения для контроля качества. Далее производится подбор формулы, благодаря которой возможно составить прогноз качества атмосферного воздуха.

В данном случае подойдет формула для расчета рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере [6]. Этой формулой является уравнение диффузии-конвекции:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \left(\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} \right) - u \left(\frac{\partial C}{\partial x} \right) - v \left(\frac{\partial C}{\partial y} \right) - w \left(\frac{\partial C}{\partial z} \right), \quad (1)$$

где C – концентрация загрязняющих веществ, t – время, D – коэффициент диффузии, u, v, w – скорости ветра по осям x, y, z соответственно.

Для решения уравнения диффузии-конвекции (1) задаются начальные и граничные условия. Начальное условие определяет начальную концентрацию загрязняющих веществ, а граничные условия задают условия на границах расчетной области.

Для проведения практического исследования рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере определяются параметры модели, такие как коэффициент диффузии и скорости ветра. Эти параметры могут быть определены на основе данных наблюдений за погодными условиями и характеристиками загрязняющих веществ.

Допустим, имеется промышленное предприятие, выбрасывающее в атмосферу газ с начальной концентрацией $C(x, 0) = 1 \text{ мг/м}^3$. У нас есть данные о скорости ветра $u = 5 \text{ м/с}$ и о коэффициенте диффузии $D = 0,1 \text{ м}^2/\text{с}$. Необходимо рассчитать распределение концентрации загрязнения в течение 1 часа вдоль направления распространения загрязнения на расстоянии 1000 м.

Для решения задачи можно использовать метод конечных разностей [7-8]. Разобьем область расчета на сетку с шагом $h = 10 \text{ м}$ и шагом по времени $\Delta t = 0,01$ часа. Таким образом, у нас будет 101 узел по координате и 101 узел по времени.

Начальные условия: $C(x, 0) = 1 \text{ мг/м}^3$ для всех x .

Граничные условия: $C(0, t) = C(1000, t) = 0 \text{ мг/м}^3$ для всех t .

Для решения уравнения диффузии-конвекции на каждом шаге времени мы будем использовать следующую формулу:

$$C(i, j + 1) = C(i, j) + \frac{\Delta t}{D} \cdot \left(\frac{C(i+1, j) - 2C(i, j) + C(i-1, j)}{h^2} - u \cdot \frac{C(i+1, j) - C(i-1, j)}{2h} \right), \quad (2)$$

где i - индекс узла по координате, j - индекс узла по времени.

Решение уравнения диффузии-конвекции на каждом шаге времени позволит нам получить распределение концентрации загрязнения в воздухе на заданном расстоянии и времени. Результаты расчета можно визуализировать на графике.

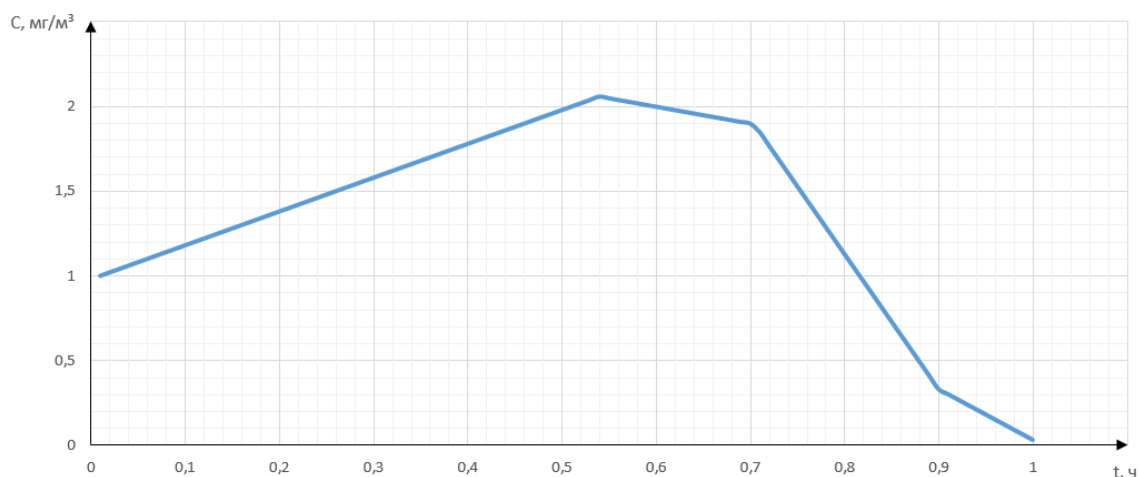


Рисунок 1 – График зависимости концентрации (C , мг/м³) от времени (t , ч)

В итоге было получено распределение концентрации загрязнения в воздухе на расстоянии 1000 м от промышленного предприятия в зависимости от времени. Это позволит нам оценить уровень загрязнения воздуха в данной области и принять меры для его снижения.

Заключение. Таким образом, использование математических моделей для составления прогноза качества атмосферы является эффективным инструментом для оценки воздействия промышленных предприятий на окружающую среду и здоровье людей. Модели позволяют проводить расчеты концентрации загрязнения в воздухе на различных расстояниях от источника выбросов и определять оптимальные меры по снижению воздействия на окружающую среду. Однако, для достижения точности прогноза необходимо учитывать ряд факторов, таких как метеорологические условия, топографию местности, характер выбросов и другие параметры.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Зимин А. А., Попова О. Н.** Экология атмосферы: учебник для вузов. Москва: Юрайт, 2016. – 480 с.
2. **Хлебова Е. В., Гурьева Т. А.** Экологические проблемы атмосферы: учебное пособие. Санкт-Петербург: Издательство Политехнического университета, 2018. – 208 с.
3. **Балабанова Е. В., Ладыженская И. В.** Охрана атмосферы: учебное пособие. Москва: Издательство "Экзамен", 2017. – 240 с.
4. **Лебедева Т. В., Маркова Е. А.** Охрана атмосферы: учебно-методическое пособие. Москва: Издательство "Дело", 2016. – 176 с.
5. **Кондратенко Н. В., Кравченко А. Н.** Экологические проблемы атмосферы и методы их решения: учебное пособие. Минск: Издательство БГТУ, 2018. – 304 с.
6. **Николаева О. В., Григорьева Е. А.** Математические модели для прогнозирования качества атмосферы: учебно-методическое пособие. Москва: Издательство "Дело", 2018. – 176 с.

7. **Старченко А. В., Кижнер Л. И., Данилкин Е. А., Шельмина Е. А., Проханов С. А.** Численное моделирование погоды и качества атмосферного воздуха в городах. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2022. – 138 с
8. **Степанова Т. А., Шестакова О. В.** Моделирование качества атмосферы в городских условиях: учебное пособие. Москва: Издательство "Аспект Пресс", 2017. - 240 с.
9. **Muravyova E.A.** Development of a neural network to control the process of cleaning the pyrolysis fraction from acetylene compounds. В сборнике: *iop conference series: earth and environmental science. iii international scientific conference: agritech-iii-2020: agribusiness, environmental engineering and biotechnologies. krasnoyarsk science and technology city hall of the russian union of scientific and engineering associations.* 2020. с. 32003.
10. **E. S. Kulakova, A. M. Safarov, M. A. Malkova.** Phenol monitoring in the air of the city residential part / [et al.] // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Moscow, 10 марта 2020 года.* – Moscow, 2020. – P. 012102. – DOI 10.1088/1755-1315/579/1/012102. – EDN PSXSLA.
11. **Абдрафикова Ф.Ф., Муравьева Е.А.** Система управления процессом сбрасывания в бродильных чанах на основе нечеткого регулятора. В сборнике: *математическое моделирование процессов и систем. материалы ix международной молодежной научно-практической конференции.* 2019. с. 11-16.
12. Патент № 2782565 С1 Российская Федерация, МПК G01N 1/10. Система усредненного отбора пробы воды из контрольного створа для автоматизированного контроля качества поверхностных водотоков: № 2021135386: заявл. 01.12.2021: опубл. 31.10.2022 / А. М. Сафаров, Е. С. Кулакова; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Уфимский государственный нефтяной технический университет". – EDN QSDZTI.

Рецензент: Кулакова Е. С., к.т.н., доцент, институт химических технологии и инжиниринга УГНТУ, kulakova87@list.ru