

Также необходимо начать подготовку кадров, по всему спектру водородной энергетики и промышленности, создание законодательной базы по безопасному использованию, эксплуатации и хранению водорода. Таджикистану, как стране с развивающейся экономикой, следует обратиться к развитым странам-разработчикам и производителям оборудования по производству, хранению и применению водорода (электролизёры, водородно-кислородные парогенераторы и др.) за финансовой и технологической помощью, чтобы страна смогла создать свою водородную энергетику [3].

Таким образом, производства «зеленого» водорода методом электролиза на основе дешевой электроэнергии ГЭС позволят создать и развивать новое направление в «зеленой» энергетике Таджикистана – водородную энергетику, создать водородную ТЭЦ, повысить экологическую безопасность энергоснабжения городов, создать новые рабочие места. Освоение «зеленого» водорода может стать важным шагом к достижению важнейших целей: укрепление климатической стабильности, энергетической и экономической безопасности и современному развитию Республики Таджикистан.

Список использованных источников

1. Рогунская ГЭС. <https://ru.wikipedia.org>.
2. Водородная энергетика. <https://ru.wikipedia.org>.
3. Валамат-Заде Т.Г. Краткий обзор возможностей и перспективы развития водородной энергии в Таджикистане. <https:// mts.tj>.

УДК 504.3.054

Ю.А. Тунакова¹, С.В. Новикова¹, А.Р. Шагидуллин², В.С. Валиев²

¹Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А. Н. Туполева (КАИ)

²Институт проблем экологии и недропользования Академии наук
Республики Татарстан
Казань, Россия

СПОСОБ НЕЙРОСЕТЕВОГО РАСЧЁТА КОНЦЕНТРАЦИЙ ПАРНИКОВОГО ГАЗА ДИОКСИДА УГЛЕРОДА

Аннотация. Значительные пространственно-временные ограничения по определению содержания диоксида углерода могут быть нивелированы за счет

использования инновационных информационных технологий. Нами использованы сочетания традиционных и инновационных интеллектуальных расчетных технологий для определения концентраций диоксида углерода в воздушном бассейне г. Казани.

Yu.A. Tunakova¹, S.V. Novikova¹, A.R. Shagidullin², V.S. Valiev²

¹Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev (KAI)

²Institute of Ecology and Subsoil Use Problems Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan
Kazan, Russia

A METHOD FOR NEURAL NETWORK CALCULATION OF GREENHOUSE GAS CONCENTRATIONS OF CARBON DIOXIDE

***Abstract.** Significant spatial and temporal limitations on the determination of carbon dioxide content can be leveled through the use of innovative information technologies. We used a combination of traditional and innovative intelligent calculation technologies to determine the concentrations of carbon dioxide in the air basin of Kazan.*

В настоящее время большинство климатологов считает, что именно диоксид углерода является основной причиной изменения климата вследствие постоянного роста объема сжигания ископаемого топлива [1]. При этом в нашей стране измерения концентраций диоксида углерода имеют значительные пространственно-временные ограничения. На территории Республики Татарстан измерения концентраций диоксида углерода проводятся на двух автоматизированных постах наблюдений в г. Казань, одном посту в г. Нижнекамске и одном посту в пгт. Нижняя Мактама, Альметьевский м.р. В настоящий момент сведения о выбросах по территории РТ парниковых газов есть в разрезе отраслей промышленности, но не по отдельным предприятиям и источникам выбросов. Рассчитать концентрации диоксида углерода по регламентированным расчетным методикам не представляется возможным, поскольку данные инвентаризации источников выбросов, являющиеся входными параметрами методик расчета рассеивания, отсутствуют. Использование нейросетевых подходов для расчета концентраций примесей в приземном слое атмосферного воздуха позволяет учесть все трудно моделируемые скрытые зависимости между факторами, формирующими уровень загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха [2]. В связи с этим был разработан принципиально новый подход, основанный на расчете концентраций CO₂ с учетом химической трансформации примесей в атмосферном воздухе.

В состав отходящих газов, образующихся при сжигании любого вида топлива, в том числе и ископаемого углеродного сырья, в реальных условиях входит также ряд загрязняющих веществ, среди которых оксиды азота и оксид углерода СО –угарный газ. Оксиды азота образуются вследствие окисления атмосферного азота или азотсодержащих топливных примесей. Оксид углерода образуется вследствие недожога топливного углерода. Таким образом, указанные вещества являются неизменными «спутниками» диоксида углерода в реальных промышленных процессах горения, что влечет наличие некоторой взаимосвязи между концентрациями этих газов.

Тот факт, что в экспериментально измеренных автоматизированных постах концентрациях диоксида углерода, помимо поступивших в атмосферный воздух с выбросами из стационарных источников, есть доля диоксида углерода, образовавшегося в ходе вторичных реакций из оксида углерода, может служить основанием для использования концентраций СО в качестве исходных данных для расчета СО₂. При этом в модели необходимо учитывать процессы превращения веществ в атмосфере.

Для коррекции рассчитанных Универсальной программой расчета загрязнения атмосферы (УПРЗА) «Эколог-Город» концентраций оксида углерода в атмосферном воздухе разработана нейросетевая модель типа MLP (многослойный персептрон прямого распространения). После ввода исходных данных в нейросетевой генератор Loginot, система автоматически подобрала оптимальную архитектуру модели:

- Количество входных нейронов – 6
- Количество выходных нейронов – 1: скорректированное значение примеси.
- Количество скрытых слоев -1
- Количество нейронов в скрытом слое – 4
- Функция активации нейронов скрытого слоя – гиперболический тангенс
- Функция активации нейрона выходного слоя – линейная

Для программной реализации расчетного нейросетевого блока значений СО₂ необходимо предварительно реализовать вспомогательный блок статистического расчета коэффициента трансформации КТ, исходя из измеренных значений оксида и диоксида азота, что подробно описано нами в работе [3].

Графическое представление архитектуры спроектированной нейросети иллюстрирует на рис.1. Более подробно проектирование и обучение нейросети для расчета концентраций диоксида углерода

описано нами в работе [4]. Средняя ошибка модели по всему множеству данных составила менее одного процента – 0,87%. Фрагмент данных, сочетающий в себе кортежи всех трех выделенных кластеров, демонстрирующий точность итоговой нейросетевой модели расчета концентраций диоксида углерода в приземном слое атмосферного воздуха, приведен на рис. 3.

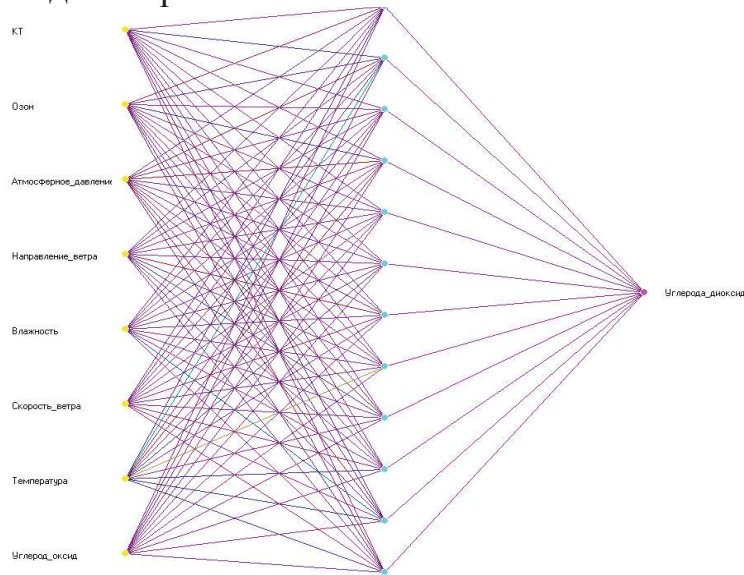


Рис.1- Архитектура нейросети для расчета концентраций диоксида углерода в атмосферном воздухе

Концепцию организации последовательности вычислительных процессов представляет рис. 2.

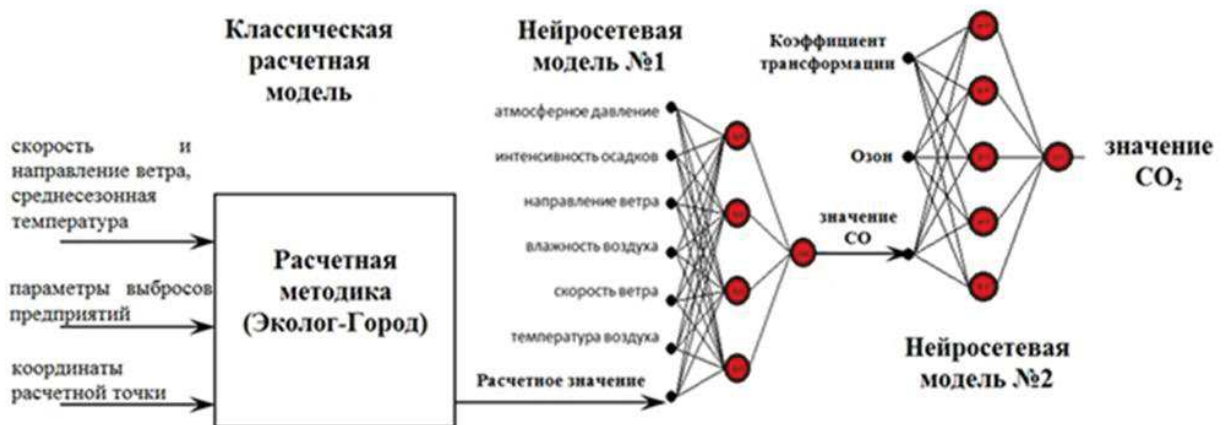


Рис. 2. - Последовательность вычислительных блоков модели для расчета концентраций диоксида углерода

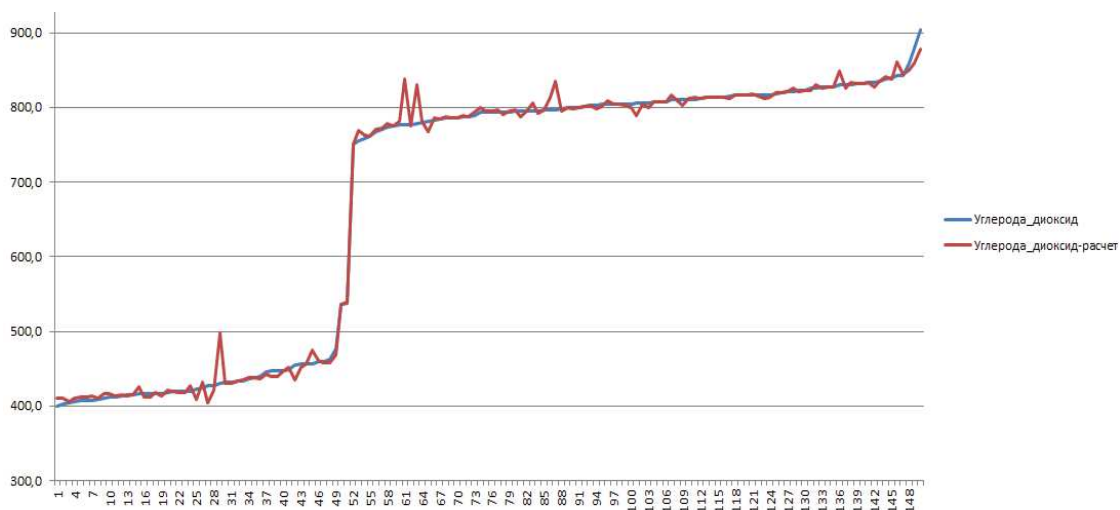


Рис. 3 - Графическое представление фрагмента результатов моделирования концентраций CO₂ нейросетевой моделью в сравнении с экспериментально измеренными эталонными значениями после кластеризации для г. Казани

Итоговый сценарий, соответствующий всем этапам построения и использования гибридной интеллектуальной модели расчета уровня диоксида углерода в атмосферном воздухе реализован в программе (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022618230 «Программа нейросетевого расчета концентраций парниковых газов» авторы: Новикова С.В., Тунакова Ю.А., Шагидуллин А.Р.). Более подробно этапы расчета приведены в работе [5].

В результате проведенных исследований нами разработан способ и программа получения расчетных значений концентраций парниковых газов на примере диоксида углерода в условиях отсутствия информации о параметрах источников выбросов данного вещества. Вычислительные эксперименты продемонстрировали высокую точность предложенного подхода.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования в рамках программы «Приоритет 2030».

Список использованных источников

1. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

2. Нечаев Ю.И. Нейронечеткое моделирование активных динамических систем // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2018. № 1. С. 3-12.

3. Оценка коэффициента трансформации оксидов азота в приземном слое атмосферы Нижнекамского промышленного узла / И.Г. Григорьева, Ю.А. Тунакова, В.С. Валиев [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. 2015. – №19. – С.242-244.

4. Ю.А. Тунакова, С.В. Новикова, А.Р. Шагидуллин, В.С. Валиев Нейросетевой расчет концентраций диоксида углерода// Южно-Сибирский научный вестник. – 2021. – № 6. – С. 18-23.

5. Тунакова Ю.А., Новикова С.В., Шагидуллин А.Р., Валиев В.С. Нейросетевой алгоритм и гибридная модель для расчета концентраций парникового газа диоксида углерода // Системы контроля окружающей среды. 2023. Вып. 3 (53). С. 133-140. DOI: 10.33075/2220-5861-2023-3-133-140