

Ю. А. Тунакова, С. В. Новикова, Р. А. Шагидуллина,
А. Р. Шагидуллин

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ПОДХОДОВ К РАСЧЕТУ КОНЦЕНТРАЦИЙ ПРИМЕСЕЙ В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В ЗОНЕ ДЕЙСТВИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ПРОИЗВОДСТВ (НА ПРИМЕРЕ Г. НИЖНЕКАМСКА)

Ключевые слова: полимерные производства, атмосферные примеси, расчет концентраций.

Разработана методология расчета содержания компонентов выбросов в зоне дыхания человека с использованием нейросетевых технологий. Сравнением с экспериментально измеренными данными доказано, на примере диоксида азота, значительное увеличение адекватности расчетов по сравнению с нормативными расчетными схемами и программными комплексами на их основе.

Key words: polymeric manufactures, atmospheric impurity, calculation of concentration.

The methodology of calculation of the maintenance of components of emissions in a zone of breath of the person with use neural networks technologies is developed. To comparison with experimentally measured data it is proved, on an example dioksida nitrogen, substantial growth of adequacy of calculations in comparison with normative settlement circuits and program complexes on their basis.

Введение

Как рассматривалось нами ранее, в зонах действия полимерных производств функционирует большое количество источников загрязнения с формированием многокомпонентного состава выбросов в атмосферу, которые приводят к загрязнению атмосферного воздуха в районах расположения полимерных производств в концентрациях, превышающих допустимые уровни [1-5]. Широкий перечень компонентов выбросов не может систематически контролироваться экспериментально, поэтому важнейшей задачей является расчет приземных концентраций примесей с проверкой адекватности получаемых результатов расчетным путем [6].

Целью нашей работы является повышение адекватности расчета концентраций примесей, поступающих в атмосферный воздух в зонах сосредоточения полимерных производств. Нами проводилось сравнение расчетных данных, получаемых по нормативной методике, по нормативной методике, адаптированной спроектированной нами нейросетью, с данными экспериментальных наблюдений. В качестве объекта для сравнения расчетных и экспериментально измеренных концентраций был выбран один из самых распространенных компонентов выбросов - диоксид азота. Территорией, для которой проводилась апробация разработанной методологии был выбран г. Нижнекамск.

Результаты и их обсуждение

Для расчета приземных концентраций нами была собрана и проанализирована физико-географическая и метеорологическая характеристика Нижнекамска. Территория, отведенная под промышленную зону, находится в южной и восточной части г. Нижнекамска. Рельеф территории расчленен долинами рек Зай, Уратьма, Оша, Кучуй, и отчасти, Шешма. Зай перерасчленяет северную оконечность Бугульминско-Белебеевской возвышенности на отдельные отроги. Северные ее отроги плавно опускаются к долине р. Кама. В целом, общее

направление спада высот наблюдается с юго-востока на северо-запад.

Наиболее возвышенной частью является юго-восточная часть, где значения минимальных абсолютных высот в элементарных речных бассейнах изменяются от 78 до 174 м, а максимальных – 220-230 м. На остальной территории значения минимальных абсолютных отметок составляют преимущественно 60-61 м, а максимальных распределяются следующим образом: в восточной и северо-восточной частях района, а также в междуречье рек Оша и Уратьма – 200-220 м, в центральной части (междуречье рек Уратьма и Зай) – 180-200 м, в западной и северо-западной частях – 140-180 м.

Климат района – умеренно-континентальный, для которого характерна большая изменчивость зимних и быстрое нарастание весенних температур. Среднегодовая температура воздуха составляет 3,4°C.

Средняя максимальная температура наиболее жаркого месяца составляет 25,5°C, самого холодного – -18,4°C.

Абсолютная максимальная температура воздуха +40°C, абсолютная минимальная температура воздуха –47°C.

Осадков выпадает 541,3 мм, из которых две трети приходится на теплый период. Наименьшая сумма осадков за год выпадает в юго-восточной части района, наибольшая в северо-западных частях района. В целом увеличение показателя происходит с юго-востока на северо-запад. Показатель суммы осадков за теплый период года увеличивается с юго-запада на северо-восток и принимает значения от 333 до 356 мм.

Господствующим направлением ветров на обеих станциях являются южное и юго-западное (38 %). Коэффициент А, зависящий от температурной стратификации атмосферы, составляет 160.

Эти данные использовались для расчета концентраций примесей, поступающих в приземный

слой атмосферы от стационарных источников загрязнения.

Нормативная методика ОНД-86, реализованная в программном комплексе экологических расчетов «Эколог», используемая природоохранными структурами, обеспечивает крайне низкую точность расчетов. Так, сравнение фактически измеренных и расчетных значений уровня концентрации в атмосфере г. Нижнекамска диоксида азота в период с марта по май 2013 года за 20 дней, выбранных произвольно (ПКЗ-12, ул. Сююмбике, 54) показало максимальное превышение расчетных данных над экспериментальными более чем на единицу ПДК ($0,22 \text{ мг/м}^3$), среднее превышение расчетных данных над экспериментальными – более чем на 0,5 ПДК ($0,1 \text{ мг/м}^3$).

Для корректировки данных, полученных расчетным путем, предлагается использовать искусственные нейронные сети, способные учитывать в расчетах измеренные значения концентраций.

Для исследования эффективности корректировки данных, рассчитанных согласно методике ОНД-86 искусственной нейронной сетью, была спроектирована корректирующая нейронная сеть следующей структуры:

1. Парадигма – многослойный персептрон
2. Количество скрытых слоев - 1
3. Количество входных нейронов – 8

- Нейроны 1,2 – координаты точки расчета в абсолютных координатах в метрах,
 - Нейрон 3 – температура воздуха,
 - Нейрон 4 – атмосферное давление,
 - Нейрон 5 – скорость ветра,
 - Нейрон 6 – направление ветра,
 - Нейрон 7 – влажность воздуха,
 - Нейрон 8 – расчетное значение концентрации диоксида азота, полученное согласно методике ОНД-86 (программный комплекс «Эколог»).
4. Количество нейронов в скрытом слое - 5
 5. Количество нейронов в выходном слое - 1
 6. Активационная функция скрытого слоя – гиперболический тангенс
 7. Активационная функция нейронов выходного слоя - линейная

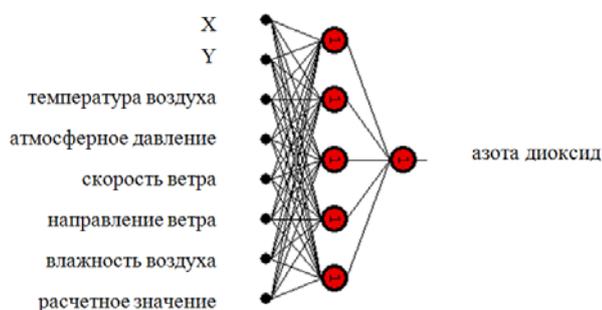


Рис. 1 - Вид многослойного персептрона для уточнения расчетных значений концентрации диоксида азота

Нейронная сеть была спроектирована и обучена в пакете «Statistica neural networks». Скорректированные расчетные значения концентраций диоксида

азота значительно приблизились к экспериментальным измеренным значениям, что показано на рис. 2.

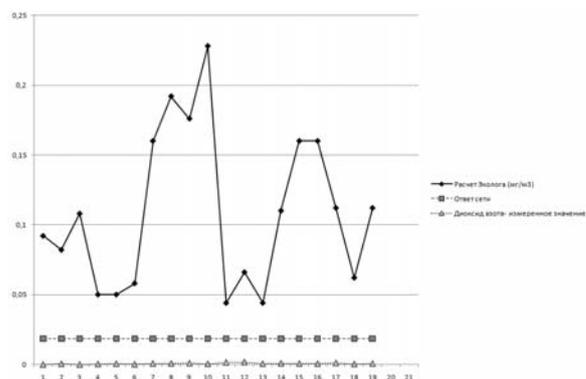


Рис. 2 - Сравнение расчетных значений уровня диоксида азота ПК Эколог, нейросетью с экспериментально измеренными значениями

Погрешность расчетов за счет нейросети сократилась более чем в десять раз, и составила в среднем около $0,01 \text{ мг/м}^3$ (менее 0,05 долей ПДК). После корректировки максимальная погрешность расчетов составила $0,02 \text{ мг/м}^3$ (около 0,1 доли ПДК). Также после корректировки расчетная нейросетевая модель поддерживает изменчивость во времени значений концентраций диоксида азота, тогда как методика ОНД-86 и ПК Эколог демонстрируют значительные колебания рассчитанных значений, не характерных для данных измерений.

Погрешность расчетов сократилась более чем в сто раз, и составила около 1,7% (в среднем). Корректирующая нейронная сеть (программный комплекс Statistica neural networks) применялась совместно с методикой ОНД-86 (программный комплекс «Эколог») для расчетов концентрации диоксида азота на территории г. Нижнекамска в узлах расчетной сетки, покрывающей всю территорию жилой зоны города с шагом 2 метра, в стандартных условиях середины лета (температура $24,60^\circ\text{C}$; давление 755 мм. рт. ст. ; скорость ветра $0,6 \text{ м/с}$; направление ветра 225° ; влажность 60%).

На рис. 3 и рис. 4 показаны расчетные поля концентраций без корректировки, и скорректированные нейросетью.



Рис. 3 - Поле концентраций диоксида азота, рассчитанные в узлах расчетной сетки по методике ОНД-86 без корректировки (в долях ПДК)

Анализ рис. 3 показывает, что максимальные концентрации примеси наблюдаются в жилой зоне города, уменьшаясь равномерно к его грани-

цам. При этом превышения ПДК в юго-восточной и юго-западной частях города достигают 2 и более раз, что не характерно для измерений концентраций токсикантов в г. Нижнекамске за последние 8 лет.



Рис. 4 - Поля концентраций диоксида азота в узлах расчетной сетки по методике ОНД-86 с корректировкой нейронной сетью (в долях ПДК)

На рисунке, отражающем поля скорректированных значений концентраций, уровень загрязнения значительно ниже, чем без корректировки нейронной сетью, и приближается к значениям концентраций практических измерений. Уровень загрязнения возрастает в направлении воздушных потоков от промышленной зоны города – основного источника загрязнения атмосферного воздуха.

Таким образом, практическое использование нейросетевых технологий при расчете концентраций примесей, на примере диоксида азота, позволяет значительно уменьшить погрешность расчетов и получить изменчивость концентраций во вре-

мени расчетным путем очень близкую к изменчивости экспериментально измеренных концентраций, что имеет значительные перспективы использования при систематическом контроле уровня загрязнения и разработке эффективных воздухоохраных мероприятий.

Литература

1. Тунакова Ю.А., Новикова С.В., Шагидуллина Р.А., Шмакова Ю.А. Вестник Казанского технологического университета, 12, 71-74 (2012).
2. Тунакова Ю.А., Новикова С.В., Шагидуллина Р.А., Шмакова Ю.А. Вестник Казанского технологического университета, 13, 183-188 (2012).
3. Тунакова Ю.А., Новикова С.В., Шагидуллина Р.А., Шмакова Ю.А. Вестник Казанского технологического университета, 16, 115-118 (2012).
4. Тунакова Ю.А., Новикова С.В., Шагидуллина Р.А., Шмакова Ю.А. Вестник Казанского технологического университета, 16, 111-114 (2012).
5. Тунакова Ю.А., Новикова С.В., Шагидуллина Р.А., Шмакова Ю.А. Вестник Казанского технологического университета, 13, 119-122 (2012).
6. Безуглая Э.Ю., Смирнова И.В. Проблемы загрязнения воздуха. Крупнейшие города России. Сборник инженерные системы №2, С.Петербург. 2008.С. 24-32.
7. РД 52.04.186-89 Руководство по контролю загрязнения атмосферы. 1989. 693 с.
8. Методика расчета концентрации в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86.Л.:Гидрометеоиздат, 1987, 94 с.

© Ю. А. Тунакова – д-р хим. наук, проф. каф. технологии пластических масс КНИТУ, juliaprof@mail.ru; С. В. Новикова – канд. техн. наук, доц. каф. прикладной математики и информатики КНИТУ им. А.Н. Туполева-КАИ; sweta72@bk.ru; Р. А. Шагидуллина – канд. хим. наук, нач. управления государственной экологической экспертизы и нормирования воздействия на окружающую среду Министерства экологии и природных ресурсов РТ, Raisa.Shagidullina@tatar.ru; А. Р. Шагидуллин – канд. физ.-мат. наук, науч. сотр. Института проблем экологии и недропользования АН РТ, artur.shagidullin@tatar.ru.