

УДК 54.062:004.032.26

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВЫХОДА ОСНОВНЫХ ХИМИЧЕСКИХ
ПРОДУКТОВ КОКСОВАНИЯ УГЛЕЙ КУЗБАССА НА ОСНОВЕ
РАЗРАБОТКИ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ**

**Е. В. Васильева, ассистент кафедры ХТТТ, Т. Г. Черкасова, д.х.н., проф.,
В. С. Дороганов, старший преподаватель кафедры ПИТ,
А.Б. Пилецкая, магистрант ИИТМА, гр. ПИМ-171,
Неведров А. В., к.т.н., доц., Папин А. В., к.т.н., доц.,
Субботин С. П., к.э.н., доц.**

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

Для производства каменноугольного кокса применяется сочетание углей различных марок, основная часть которых относится к дефицитным коксующимся углям. Нехватка коксующихся углей (особенно высококачественных) становится все более острой, и необходима выработка долговременной стратегии для каждого поставщика и потребителя.

Нестабильность и разнородность сырьевой базы коксования по технологическим свойствам, неравномерность поставок углей влияет как на качество кокса, так и на выход химических продуктов коксования. Исходя из требований к качеству кокса задается состав шихты для коксования, в свою очередь, на качество которой влияет качество углей, ее составляющих. Таким образом, для получения качественного кокса и оценки его выхода необходимо иметь сведения о качественных характеристиках углей, входящих в шихту, и о закономерностях выхода химических продуктов коксования. Поэтому актуальным остается значение оценки ресурсов химических продуктов коксования в углях и шихтах [1].

Исходя из анализа литературных данных [2-4], основные показатели качества углей, оказывающие влияние на выход химических продуктов – выход летучих веществ, мацеральный состав, произвольный показатель отражения витринита, содержание основных элементов органической массы углей и показатели спекаемости. По всем показателям предложены общие зависимости выхода химических продуктов. Однако на практике наблюдается, что при одинаковых значениях некоторых характеристик исходных углей или их смесей различается выход химических продуктов коксования. Например, имеются угли с одинаковым выходом летучих веществ, но различающиеся по количеству химических продуктов, и, наоборот, угли с одинаковым выходом химических продуктов имеют разный выход летучих веществ.

В ходе исследований кафедрой химической технологии твердого топлива института химических и нефтегазовых технологий Кузбасского государственного технического университета имени Т. Ф. Горбачева совместно с ЦЗЛ ПАО «Кокс» проведены исследования параметров качества и выхода химических продуктов коксования для 48 образцов углей и угольных концентратов сырьевой базы ПАО «Кокс» г. Кемерово, так как ввиду его географического

положения, сырьевая база предприятия ориентирована в основном на угли Кузнецкого бассейна. Полученные результаты подвергнуты математическому анализу, включающему методы корреляционного, регрессионного, канонического и кластерного анализов, для возможности дальнейшего построения математических моделей.

Статистический анализ показал, что имеющаяся зависимость носит нелинейный характер. Проведение нелинейной аппроксимация представленной модели имеющимися стандартными средствами не представляется возможной. Поэтому для решения данной задачи было решено применить математическую модель нейронной сети – встроенный компонент программы STATISTICA 10. Метод математического моделирования с использованием нейронных сетей применялся и ранее в задачах исследования процесса коксования [5]. На данный момент математическое моделирование производилось без учета влияния технологических факторов процесса коксования.

Высокотемпературное коксование углей и их смесей рассматривается при этом как система черного ящика. Применение данного способа исследования процесса для составления математической модели выхода продуктов коксования оправданно, так как строение углей и механизмы протекания высокотемпературного коксования не достаточно изучены.

После проведения математического анализа для каждого продукта коксования разработана математическая модель, позволяющая прогнозировать выход химических продуктов коксования на основе характеристик качества исходных углей, тем самым рассчитать их расход. Построение моделей основано на топологии искусственной нейронной сети, основанной на сети Ворда (Рисунок 1). Здесь x – значение входного параметра, n – количество входных параметров; m – количество нейронов в первом скрытом слое; t – количество слоев; k – количество нейронов в слое t ; Output – выход нейрона входного слоя; w – вес синапса; $f(x)$ – функция активации; Target – преобразованное значение нейрона выходного слоя; y – значение выходного параметра.

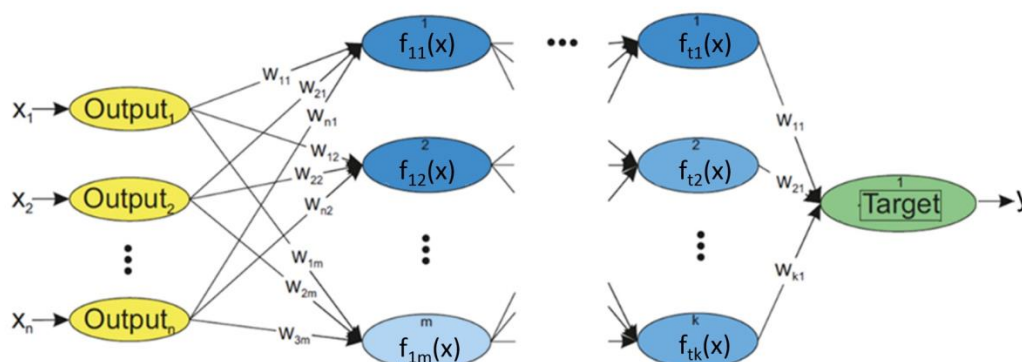


Рисунок 1 – Схема нейронной сети

Полученные модели представлена в виде компьютерной программы, реализующей нейронную сеть [6]. Первая часть приложения предназначена для

создания и обучения искусственных нейронных сетей (Рисунок 2), вторая часть – для прогнозирования с использованием созданных ранее сетей (Рисунок 3).

Первую часть приложения для создания сети можно разбить на 2 части: в верхней находятся поля и кнопки, необходимые для создания, обучения и сохранения нейронной сети, а в нижней – графики, необходимые для визуального контроля обучения сети. В главной форме пользовательского приложения отображена средняя относительная ошибка для выбранной сети, поля для ввода исходных значений и вывода рассчитанных показателей.

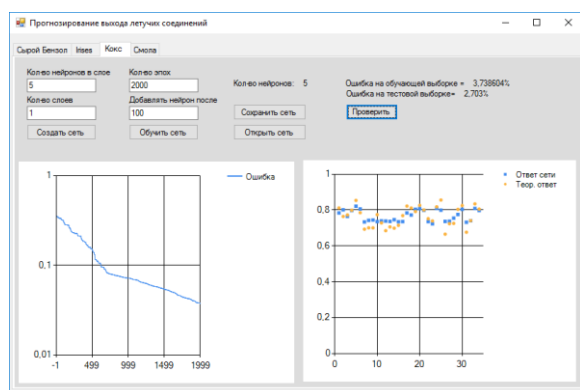


Рисунок 2 – Окно приложения для обучения сети

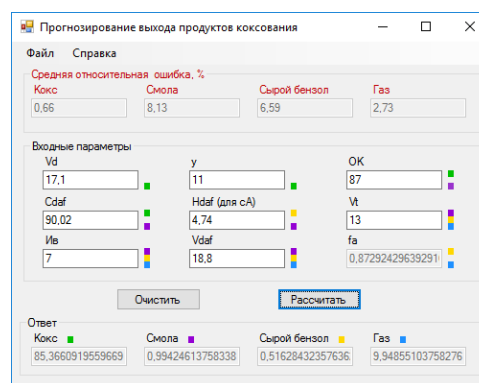


Рисунок 3 – Главная форма пользовательского приложения

Используя модель, можно рассчитать величину отклонений выхода химических продуктов коксования от заданных показателей, тем самым уже на этапе выбора поставщика или марки углей спланировать более эффективное использование ценных марок углей, а также исключить проведение длительных и трудоемких исследований по определению выхода химических продуктов.

Авторы выражают благодарность коллективу ПАО «Кокс» за оказание помощи и сотрудничество при проведении научных исследований.

Список литературы

1. Головки М.Б., Мирошниченко Д.В., Кафтан Ю.С. Современное состояние вопроса прогнозирования выхода кокса и основных химических продуктов коксования // Кокс и химия. 2011. № 9. С. 45-51.
2. Телешев Ю. В. Составление и исследование материального баланса коксования / Ю. В. Телешев, С. И. Кауфман, М. С. Шептовицкий, И. Вю Шульга, Е. В. Миненко // Кокс и химия. – 1997. – № 1. – С. 19-25.
3. Рубчевский В. Н. Разработка количественных зависимостей прогноза выхода кокса и основных химических продуктов коксования / В. Н. Рубчевский, Ю. А. Чернышов, С. А. Овчинникова // Кокс и химия. – 2009. – № 4. – С. 11-16.
4. Данилов А. Б. Практическое использование данных петрографического анализа углей и шихт для прогнозирования выхода химических продуктов коксования / А. Б. Данилов, Г. С. Вердибоженко, И. Д. Дроздник, Д. В. Мирошниченко, Ю. С. Кафтан, М. Б. Головки // Кокс и химия. – 2012. – № 11. – С. 19-23.

5. *Дороганов В.С., Пимонов А.Г.* Методы статистического анализа и нейросетевые технологии для прогнозирования показателей качества металлургического кокса // Вестник Кемеровского государственного университета. 2014. №4. Т. 3. С. 123-129.

6. Свид. 2017662199 Российская Федерация. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ. Интеллектуальная информационная система прогнозирования выхода продуктов коксования / Е.В. Васильева, А.Б. Пилецкая, В.С. Дороганов, Т. Г. Черкасова, С. П. Субботин, А. В. Неведров, Е. А. Кошелев, Н.Г. Колмаков. Заявл. 04.09.2017; опубл. 01.11.2017, реестр программ для ЭВМ. 1 с.