

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 поставок углей и значительные колебания параметров, определяющих их качество, приводит к колебаниям качества и выхода кокса и 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.

Для прогнозирования выхода химических продуктов коксования необходимо учитывать влияние основных характеристик качества углей – выхода летучих веществ, мацерального состава, произвольного показателя отражения витринита, содержания основных элементов органической массы углей и показателей спекаемости. В литературных источниках представлено большое количество зависимостей, позволяющих прогнозировать выход кокса, каменноугольной смолы, сырого бензола и коксового газа с различной точностью. Основополагающие уравнения предложены такими учеными, как Р.Е. Лейбович, Я.М. Обуховский, С.Я. Сатановский, С.Г. Аронов и др. [1]. Однако в практических условиях можно наблюдать, 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. [2-4].

Поэтому работа, направленная на создание научно обоснованных методов подбора углей для коксования с целью получения заданного количества конечных продуктов с заданными параметрами качества, а также снижения расхода ценных марок коксующихся углей, определяет проведение исследований по созданию метода прогноза выхода основных химических продуктов

коксования на основе характеристик качества углей. Для этого необходимо иметь сведения о качественных характеристиках углей, входящих в шихту, и о закономерностях выхода химических продуктов коксования. Решение этих вопросов, выполненное в данной работе, определяет ее актуальность.

Целью работы является разработка нового научно обоснованного метода прогноза выхода химических продуктов коксования из углей, применяемых для производства кокса.

Для определения влияния параметров качества углей и их смесей на выход химических продуктов коксования на базе кафедры химической технологии твердого топлива института химических и нефтегазовых технологий Кузбасского государственного технического университета имени Т. Ф. Горбачева совместно с ЦЗЛ ПАО «Кокс» исследованы 48 образцов углей и угольных концентратов сырьевой базы ПАО «Кокс» г. Кемерово. Ввиду географического положения, сырьевая база предприятия ориентирована в основном на угли Кузнецкого бассейна, поэтому данные исследования актуальны также для накопления знаний об угольной базе Кузнецкого угольного бассейна. Полученные результаты подвергнуты математическому анализу, включающему методы корреляционного, регрессионного, канонического и кластерного анализов, для возможности дальнейшего построения математических моделей.

Результаты статистического анализа показали, что зависимости выхода химических продуктов коксования от комплекса характеристик качества исследуемых углей носят нелинейный характер. В связи с тем, что оценка выхода химических продуктов коксования классическими математическими методами ведется уже давно, было принято решение применить для построения математической модели нейронные сети. Для первичного анализа и построения нейронной сети применена программа STATISTICA 10 [5]. На данный момент математическое моделирование производилось без учета влияния технологических факторов процесса коксования. При построении нейронной сети использовались только лабораторные показатели качества исходных углей и их смесей, исследование влияния технологических факторов на выход химических продуктов не проводилось.

Процесс высокотемпературного коксования углей и их смесей рассматривается при этом как система черного ящика. Данный способ исследования для составления математической модели оправдан, 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.

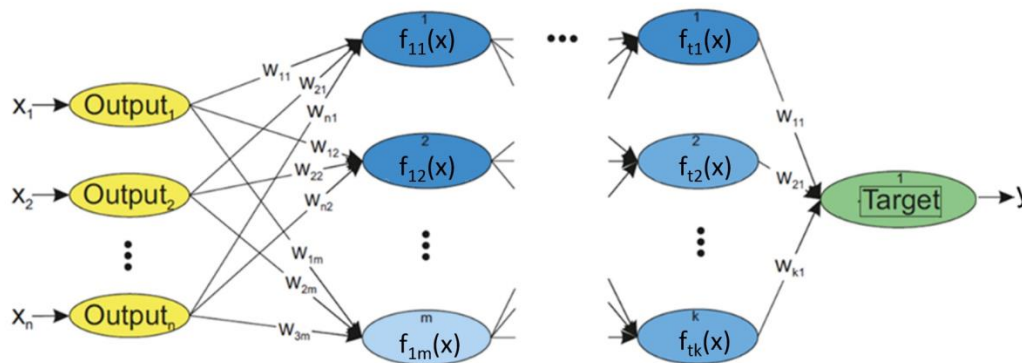


Рисунок 1 – Схема нейронной сети

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.

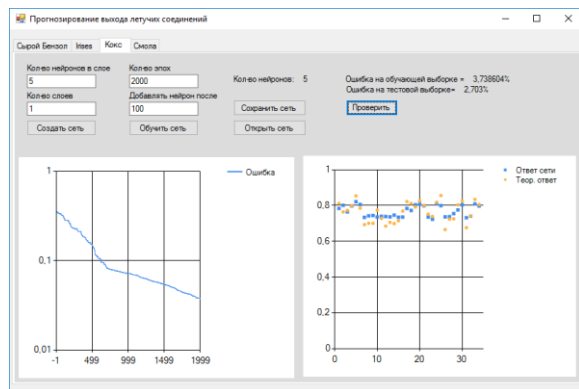


Рисунок 2 – Окно приложения для обучения сети

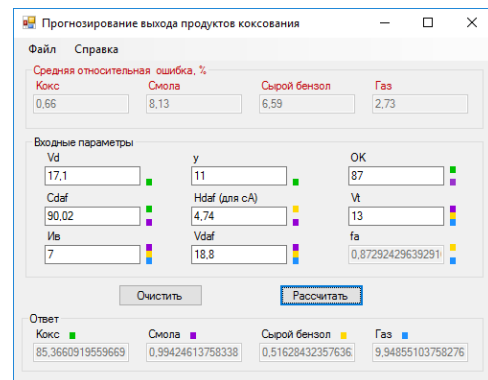


Рисунок 3 – Главная форма пользовательского приложения

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. Головкин М.Б., Мирошников 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. В. 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. Мирошников, Ю. С. Кафтан, М. Б. Головкин // 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.