

УДК 54.062:004.032.26

## СОВРЕМЕННЫЙ МЕТОД ПРОГНОЗА ВЫХОДА ХИМИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ КОКСОВАНИЯ УГЛЕЙ КУЗБАССА НА ОСНОВЕ 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

Современное состояние сырьевой базы коксования проявляет тенденцию к ухудшению за счет уменьшения запасов коксующихся углей, закрытия шахт и разрезов в связи с истощением запасов. Угли новых предприятий не всегда имеют свойства, требуемые современной коксохимической промышленностью. Так как состав шихты для коксования подбирается с целью получения кокса с параметрами качества, требуемыми его потребителями, то качеству углей, составляющих шихту, уделяется большое внимание. Большое значение прогнозирование как вид научного исследования приобретает при нестабильности и разнородности сырьевой базы коксования по технологическим свойствам, что характерно для концентратов углеобогатительных фабрик, так как это приводит к колебаниям качества и выхода кокса и химических продуктов коксования.

В связи с этим разработка научно обоснованных методов подбора углей для коксования с целью получения заданного количества конечных продуктов, а также экономичного расхода ценных марок углей, определяет проведение дальнейших исследований по созданию метода прогнозирования выхода химических продуктов коксования – кокса, каменноугольной смолы, сырого бензона и коксового газа – на основе характеристик качества углей.

Анализ современного состояния исследований в области расчета выходов химических продуктов коксования показывает, что тема прогноза выхода основных химических продуктов коксования полно разработана в применении к отдельным продуктам коксования и практически полностью отсутствуют работы по прогнозу их совместного выхода. Начало исследованиям в данной области положено Лейбовичем Р. Е., Обуховским Я. М. и Сатановским С. Я., Ароновым С. Г. Математические зависимости выхода химических продуктов коксования от химического потенциала угле предложены Гагарином С. Г. Возможность прогнозирования по данным элементного и петрографического анализов углей указана М. Б. Головко, И. Д. Дроздником, Д. В. Мирошниченко, Ю. С. Кафтаном [1].

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. 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].

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

Для оценки влияния параметров, характеризующих качество 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 Кузбасса. Полученные результаты проанализированы методами математического анализа, включающими корреляционный, регрессионный, канонический и кластерный анализы, для возможности дальнейшего построения математических моделей.

Результаты статистического анализа показали нелинейный характер зависимости выхода химических продуктов коксования от комплекса характеристик качества исследуемых углей. В связи с тем, что оценка выхода химических продуктов коксования классическими математическими методами ведется уже давно, было принято решение применить для построения математической модели метод нейросетевого математического моделирования. Для первичного анализа и построения нейронной сети применена программа STATISTICA 10 [5]. 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.

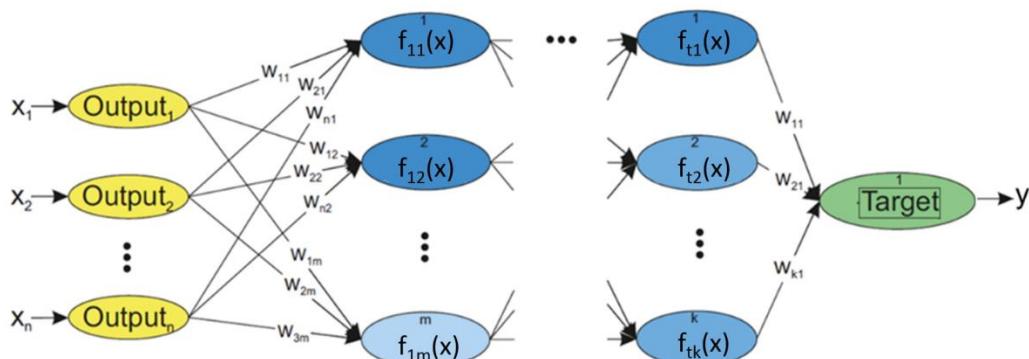


Рисунок 1 – Схема нейронной сети

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 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.

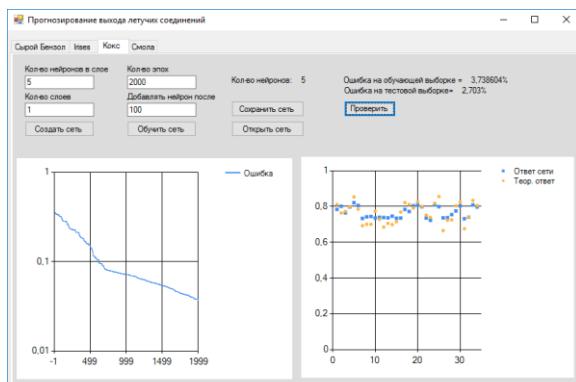


Рисунок 2 – Окно приложения для обучения сети

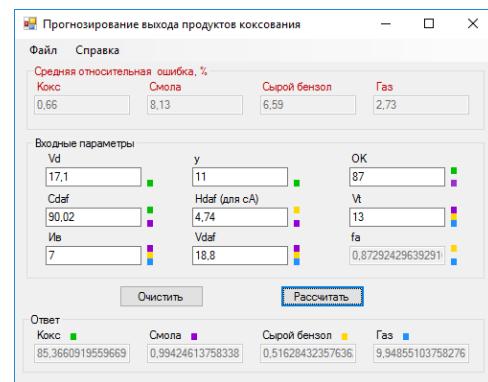


Рисунок 3 – Главная форма пользовательского приложения

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. Головко 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. Головко// 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.