

УДК 54.062:004.032.26

РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ВЫХОДА ХИМИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ КОКСОВАНИЯ

Васильева Е.В., аспирант гр. ХТ_а-141, III г. обучения; Пилецкая А.Б., студент гр. ПИ_б-131; Дороганов В.С., аспирант гр. ИВ_а-141, III года обучения
Научные руководители: Черкасова Т.Г., д.х.н., профессор; Неведров А.В., к.т.н., доцент; Папин А.В., к.т.н., доцент; Субботин С.П., к.э.н., зав. каф. ХТТТ Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева г. Кемерово

В условиях ухудшающейся сырьевой базы коксования, а также недостатка и дороговизны коксующихся углей возрастает роль прогнозирования выхода химических продуктов в современной коксохимической промышленности. Нестабильность и разнородность сырьевой базы коксования по технологическим свойствам, неравномерность поставок углей влияет как на качество кокса, так и на выход химических продуктов коксования. В этих условиях возрастает значение оценки ресурсов химических продуктов коксования в углях и шихтах [1].

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 на примере валового кокса, каменноугольной смолы и сырого бензола на основе характеристик качества углей. Решение этих вопросов, выполненное в данной работе, определяет ее актуальность.

Целью работы является разработка новых научно обоснованных методов прогноза выхода химических продуктов коксования из углей, применяемых для производства кокса.

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи:

1. Проведение исследований по определению выхода химических продуктов коксования и установлению их взаимосвязи с показателями качества угольного материала.

2. Разработка и применение на коксохимическом предприятии математической модели прогноза выхода основных химических продуктов коксования на примере валового кокса, каменноугольной смолы и сырого бензола.

Практическая значимость заключается в возможности с помощью пакета компьютерных программ для хранения данных по характеристикам поступающих углей производить прогнозирование выхода основных химических продуктов коксования на примере валового кокса, каменноугольной смолы и

сырого бензола. Данный пакет также может быть применен для расширения математического обеспечения автоматизированной системы управления коксохимическим производством.

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 работы проведены исследования углей и угольных концентратов сырьевой базы ПАО «Кокс», так как ввиду его географического положения, сырьевая база предприятия ориентирована в основном на угли Кузнецкого бассейна. Исследования проведены для 48 образцов. Для исследований выбраны стандартные методы определения показателей качества углей с целью обеспечения возможности применения полученных математических зависимостей выхода химических продуктов коксования от показателей качества исходных углей в практике угледобывающих и углеперерабатывающих производств.

Предварительно с целью установления однородности выборки была проведена каноническая корреляция – обобщение парной корреляции для случая исследования взаимосвязи между двумя группами факторов. Результат представлен на рисунке 1 в виде диаграммы рассеяния. На графике видна однородность выборки без значительных одиночных выбросов.

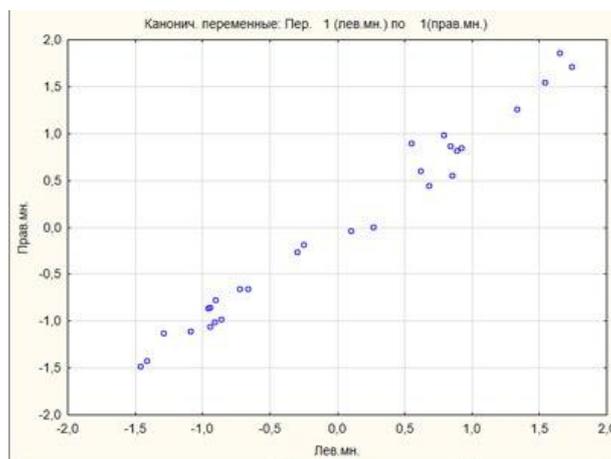


Рис. 1. Диаграмма рассеяния канонических переменных

По результатам корреляционного анализа из групп показателей качества углей с высоким коэффициентом корреляции на основе анализа литера-

турных данных выбраны показатели для дальнейшего регрессионного анализа. Для данных показателей проведен регрессионный анализ для определения параметров, оказывающих наибольшее влияние на выход химических продуктов коксования. Результаты анализа для зависимых переменных – кокса, смолы и сырого бензола – представлены на рисунках 2, 3 и 4 соответственно.

Для каждого выходного параметра по результатам анализа находилась сумма БЕТА коэффициентов по модулю, затем каждый коэффициент делился на сумму БЕТА коэффициентов по модулю.

Итоги регрессии для зависимой переменной: Кокс (Копия Тех R= ,98678026 R2= ,97373529 Скоррект. R2= ,96548066 F(11,35)=117,96 p<0,0000 Станд. ошибка оценки: ,96951						
N=47	БЕТА	Ст.Ош. БЕТА	B	Ст.Ош. B	t(35)	p-знач.
Св.член			56,75659	25,31927	2,24164	0,031426
A ^d	-0,015910	0,031991	-0,04813	0,09678	-0,49734	0,622061
V ^d	-0,762878	0,128583	-0,56055	0,09448	-5,93298	0,000001
I _B	-0,226994	0,132969	-0,02271	0,01330	-1,70712	0,096658
y	0,277251	0,068108	0,16986	0,04173	4,07073	0,000254
R _o	0,014747	0,073691	0,36372	1,81751	0,20012	0,842547
V _t	-0,990261	0,854507	-0,23318	0,20122	-1,15887	0,254356
ΣOK	-0,935993	0,807459	-0,22777	0,19649	-1,15918	0,254229
S	0,095363	0,034214	4,00602	1,43727	2,78724	0,008532
SIR	0,028076	0,104213	0,04856	0,18024	0,26941	0,789194
C ^{daf}	0,272883	0,088231	0,58298	0,18849	3,09284	0,003880
H ^{daf}	0,088565	0,053803	0,85022	0,51650	1,64610	0,108695

Рис. 2. Результаты регрессионного анализа для выхода кокса

Итоги регрессии для зависимой переменной: Смола (Копия Т R= ,92363118 R2= ,85309455 Скоррект. R2= ,80692426 F(11,35)=18,477 p<,00000 Станд. ошибка оценки: ,65678						
N=47	БЕТА	Ст.Ош. БЕТА	B	Ст.Ош. B	t(35)	p-знач.
Св.член			21,50245	17,15205	1,25364	0,218284
A ^d	0,022931	0,075659	0,01987	0,06556	0,30308	0,763621
V ^d	0,757386	0,304099	0,15941	0,06400	2,49059	0,017647
I _B	0,207436	0,314473	0,00594	0,00901	0,65963	0,513809
y	-0,118668	0,161077	-0,02082	0,02827	-0,73672	0,466204
R _o	0,147818	0,174281	1,04428	1,23124	0,84816	0,402114
V _t	-0,425340	2,020916	-0,02869	0,13631	-0,21047	0,834522
ΣOK	-0,298671	1,909647	-0,02082	0,13311	-0,15640	0,876615
S	0,003381	0,080916	0,04069	0,97365	0,04179	0,966905
SIR	0,125530	0,246464	0,06219	0,12210	0,50932	0,613721
C ^{daf}	-0,367122	0,208666	-0,22466	0,12769	-1,75938	0,087254
H ^{daf}	-0,153808	0,127245	-0,42294	0,34989	-1,20876	0,234860

Рис. 3. Результаты регрессионного анализа для выхода смолы

Итоги регрессии для зависимой переменной: Сырой бензол (К R= ,98093296 R2= ,96222947 Скоррект. R2= ,93453108 F(11,15)=34,740 p<,00000 Станд. ошибка оценки: ,08004 Исключенные наблюдения: 1;2;7						
N=27	БЕТА	Ст.Ош. БЕТА	B	Ст.Ош. B	t(15)	p-знач.
Св.член			2,949920	3,363824	0,87695	0,394340
A ^d	0,007171	0,065031	0,001108	0,010048	0,11027	0,913656
V ^d	0,945631	0,318884	0,039530	0,013330	2,96544	0,009626
I _B	-0,903114	0,247410	-0,005202	0,001425	-3,65028	0,002368
y	0,225332	0,159999	0,007138	0,005069	1,40833	0,179421
R _o	0,285412	0,188414	0,453263	0,299220	1,51481	0,150605
V _t	-0,306725	1,665290	-0,004430	0,024053	-0,18419	0,856334
ΣOK	-0,223168	1,625415	-0,003395	0,024728	-0,13730	0,892621
S	0,080622	0,067786	0,185471	0,155943	1,18936	0,252786
SIR	0,441596	0,296492	0,045298	0,030414	1,48940	0,157105
C ^{daf}	-0,359066	0,191156	-0,047258	0,025159	-1,87839	0,079906
H ^{daf}	0,274521	0,117279	0,147274	0,062917	2,34076	0,033474

Рис. 4. Результаты регрессионного анализа для выхода сырого бензола

Для выхода кокса наибольшие значения отношений БЕТА коэффициента к сумме коэффициентов получено для показателей: V^d, V_t и ΣOK. Для выхода смолы наибольшие значения отношений БЕТА коэффициента к сумме коэффициентов получено для показателей: V^d, V_t и ΣOK. Для выхода сырого бензола наибольшие значения отношений БЕТА коэффициента к сумме коэффициентов получено для показателей: V^d, I_B и C^{daf}.

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 нейрон-

ных сетей применялся и ранее в задачах исследования процесса коксования [5].

Высокотемпературное коксование углей и их смесей рассматривалось как система черного ящика. Был выбран данный способ исследования процесса для составления математической модели выхода продуктов коксования, так как строение углей и механизмы протекания высокотемпературного коксования не достаточно изучены. Входными параметрами взяты характеристики углей и их смесей, выходными параметрами – выход кокса, каменноугольной смолы и сырого бензола.

В ходе математического анализа была составлена математическая модель, позволяющая спрогнозировать выход химических продуктов коксования на основе характеристик качества исходных углей, тем самым рассчитать их расход для получения заданного количества продуктов коксования, а также исключить проведение длительных и трудоемких исследований по определению выхода химических продуктов.

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.

Список литературы:

1. Васильева Е.В. Прогнозирование выхода кокса на основе определения выхода химических продуктов коксования углей /Е. В. Васильева, Т. Г. Черкасова, С. П. Субботин, А. В. Неведров, А. В. Папин, Е. А. Кошелев, Н. Г. Колмаков // Кокс и химия. – 2015. – № 11. – С. 14-19.
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. Головкин // Кокс и химия. – 2012. – № 11. – С. 19-23.
5. Дороганов В. С. Методы статистического анализа и нейросетевые технологии для прогнозирования показателей качества металлургического кокса / В.С. Дороганов, А.Г. Пимонов // Вестник Кемеровского государственного университета. – 2014. – №4, Т. 3. – С. 123-129.