

## АНАЛИЗ РАСХОДА АНОДНОЙ МАССЫ АЛЮМИНИЕВОГО ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА МЕТОДОМ ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ

**Шарыпов Н.А.**

**Научные руководители – профессор Поляков П.В., профессор Пискажова Т.В.**

*Сибирский федеральный университет*

Работа алюминиевого электролизера оценивается технико-экономическими показателями (ТЭП). В литературе встречаются зависимости, описывающие ТЭП как функцию от параметров электролиза, но не встречается зависимостей от свойств сырья. Таким образом, актуальной задачей является нахождение зависимостей ТЭП от свойств сырья и параметров электролиза. Многие переменные процесса и сырья взаимозависимы, использование множественного регрессионного анализа ограничено. В последнее время в литературе в таких случаях стали применять специальные методы факторного анализа, например, метод главных компонент. Этот метод позволяет выделить главные из большого числа переменных, повлиявших на ТЭП в анализируемый период времени, указать величину этого влияния, и получить зависимости ТЭП от свойств сырья и параметров технологии. Основным достоинством метода является переход к новым независимым переменным. Новые переменные, называемые главными компонентами (ГК), выбираются на основе специальных критериев; в методе главных компонент этим критерием является максимум дисперсии исходной выборки данных. Первая ГК сравнивается с анализируемым ТЭПом, так как включает в себе наибольшие изменения всей выборки данных.

Для анализа влияния свойств анодной массы (АМ) и технологических параметров электролиза на расход АМ методом главных компонент использовался ППП Statistica. Выборка состояла из 20 переменных, использовались среднемесячные данные с завода ОК «РУСАЛ» за 2009-2010 г (20 наблюдений).

В таблице 1 представлено объяснение новыми переменными (ГК) исходной выборки данных. В первом столбце располагаются номера ГК, во втором описываемые каждой отдельной переменной изменения в исходных данных (в процентах от всей дисперсии), в третьем общее изменение, отображаемое ГК вместе.

Таблица 1 – Объяснение дисперсии данных

Номера ГК	% общей дисперсии	Кумулятивный % общей дисперсии
1	26,39703	26,3970
2	19,63172	46,0288
3	14,93573	60,9645
4	8,82821	69,7927
5	6,47446	76,2671
6	5,48039	81,7475
7	4,56692	86,3145
8	3,83792	90,1524
9	3,13865	93,2910
10	2,46577	95,7568
11	1,27686	97,0337
12	1,16680	98,2005
13	0,64758	98,8480

14	0,60539	99,4534
15	0,38431	99,8377
16	0,13978	99,9775
17	0,01903	99,99
18	0,00345	100,00

Как видно из таблицы для описания 95 % изменений всей выборки требуется 10 ГК. Таким образом, можно использовать не 20 исходных переменных, а только 10 новых. За счет этого происходит сокращение размерности анализируемого массива данных. Так в нашем случае, ГК 1 несет в себе 26,4 % изменений исходных данных, а начиная с ГК 11 все новые переменные, объясняют меньше 2 % данных.

В таблице 2 представлен вклад переменных свойств АМ и параметров электролиза в первые пять ГК.

Таблица 2 – Вклад переменных в ГК

Параметр \ ГК	ГК1	ГК2	ГК3	ГК4	ГК5
Удельное электросопротивление (УЭС) АМ	0,032	0,131	0,001	0,050	0,003
Механическая прочность АМ	0,006	0,012	0,166	0,104	0,013
Пористость АМ	0,145	0,001	0,048	0,043	0,012
Содержание серы в АМ	0,000	0,001	0,169	0,001	0,086
Общая разрушаемость АМ	0,047	0,063	0,169	0,010	0,037
Окисляемость АМ	0,015	0,098	0,138	0,016	0,000
Осыпаемость АМ	0,063	0,018	0,108	0,072	0,061
Кажущаяся плотность АМ	0,085	0,068	0,016	0,097	0,022
Истинная плотность АМ	0,001	0,142	0,036	0,030	0,089
Выход летучих из АМ	0,004	0,050	0,014	0,026	0,439
Температура размягчения АМ	0,013	0,181	0,019	0,032	0,007
Коэффициент текучести (КТ) АМ	0,085	0,014	0,001	0,142	0,046
Зольность АМ	0,008	0,135	0,005	0,075	0,088
Удельный выход угольной пены	0,085	0,001	0,021	0,174	0,040
Анодная плотность тока	0,119	0,009	0,001	0,052	0,013
Температура электролита	0,149	0,004	0,002	0,015	0,009
Уровень электролита	0,031	0,062	0,043	0,014	0,028
Высота столба анода	0,112	0,011	0,043	0,047	0,006

Из таблицы 2 видно, что в ГК1 внесли наибольший вклад следующие переменные: пористость (0,145); анодная плотность тока (0,119); температура электролита (0,149); высота столба анода (0,112). Эти переменные больше других повлияли на изменение расхода АМ за рассматриваемый период. Далее идут переменные которые внесли свой вклад в ГК2: УЭС (0,131); истинная плотность (0,142); температура размягчения (0,181); зольность (0,135). Часто переменные, имеющие наибольший вклад в ГК разделяются по некоторым свойствам процесса. Из таблицы 2, видно, что в первую ГК внесли вклад в основном технологические параметры, за исключением пористости, которая является свойством анодной массы. Во вторую ГК вошли физические свойства сырья. В третьей ГК наблюдаются выделение в основном химических свойств АМ.

Так как новые переменные, полученные в результате анализа с помощью МГК, независимы друг от друга, то на них можно строить множественную линейную регрессию. Уравнение 1 представляет МГК-модель, то есть зависимость анализируемого параметра от новых переменных (расхода АМ от ГК).

$$\text{Расход АМ} = 478,19 + 3,72 \cdot \text{ГК1} - 1,21 \cdot \text{ГК2} + 0,72 \cdot \text{ГК3} + 2,28 \cdot \text{ГК4} - 2,02 \cdot \text{ГК5} + 0,8 \cdot \text{ГК6} + 0,67 \cdot \text{ГК7} + 0,9 \cdot \text{ГК8} + 1,03 \cdot \text{ГК9} + 0,46 \cdot \text{ГК10} \quad (1)$$

Коэффициент аппроксимации данной модели равен 0,91, следовательно, модель обладает достаточно хорошей предсказательной способностью. МГК-модель это окончательный результат метода главных компонент, но так как необходимо найти зависимость ТЭП от истинных переменных, выполняя обратный переход к истинным переменным, получим уравнение 2:

$$AM = 478,19 - 697,9 - 4,21 \cdot \text{Пористость} + 0,59 \cdot \text{Осыпаемость} + 20 \cdot \text{Истинная плотность} - 15 \cdot \text{КТ} + 64,58 \cdot \text{Зольность} + 0,13 \cdot \text{Выход пены} + 72 \cdot \text{Анодная плотность тока} + 0,7 \cdot \text{Температура электролита} - 0,28 \cdot \text{Уровень электролита} + 0,15 \cdot \text{Высота столба анода} \quad (2)$$

На рисунке 1 представлена зависимость реального расхода АМ и расхода спрогнозированного по модели в истинных переменных.

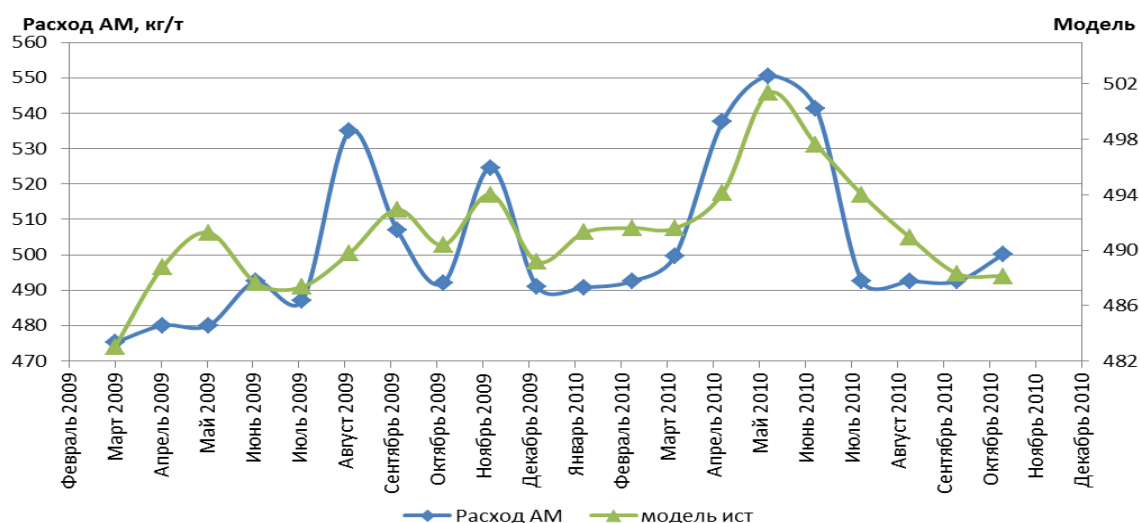


Рисунок 1 – Сравнение реального расхода анодной массы и расхода спрогнозированного по модели

Из рисунка 1, видно, что до сентября 2009 года, модель плохо описывает поведение расхода анодной массы, но после сентября основные изменения расхода хорошо отображаются моделью. Количество наблюдений было статистически недостаточно для качественной модели. Включив в анализ больше данных можно получить лучшую модель для прогноза расхода АМ.

Величина влияния некоторых переменных на расход АМ, полученная по уравнению 2 приведена в таблице 3.

Таблица 3 – Полученные зависимости расхода АМ от переменных

Переменные сырья и процесса	Увеличение переменных на количество единиц измерения	Расход АМ, кг (увеличение «+», снижение «-»)
Пористость	1 %	- 4,2
Выход пены	10 кг	+1,3
Анодная плотность тока	0,1 А/см <sup>2</sup>	+7,2
Температура электролита	10 °С	+7
Столб анода	10 см	+1,5

Таким образом, с помощью МГК можно оценивать влияние свойств сырья и переменных электролиза на технико-экономические показатели производства алюминия.