

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ ДЛЯ АНАЛИЗА НАРУШЕНИЙ НА АЛЮМИНИЕВЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРАХ

Шарыпов Н.А.

Научные руководители д-р хим. наук Поляков П.В., д-р тех. наук Пискажова Т.В.

Сибирский федеральный университет

Современные алюминиевые заводы для повышения прибыли от реализации продукции стремятся снизить себестоимость на различных переделах технологического процесса. Основным переделом является электролизное производство. Аппаратом для получения алюминия является алюминиевый электролизер, представляющий собой диссипативную систему (систему, которая рассеивает часть энергии в окружающую среду). Алюминиевый электролизер состоит из нескольких подсистем: ошиновка, анодное устройство, электролит, катодный металл, катодное устройство, система газоудаления, система автоматизации и автоматической подачи глинозема. Рассмотрение взаимодействия между существующими подсистемами, их параметрами и влиянием параметров качества сырья на поведение отдельных подсистем, а в конечном итоге на технико-экономические параметры (ТЭП) всего процесса, и возникновение нарушений, может открыть новые возможности для снижения себестоимости производимого алюминия. Для моделирования поведения такого сложного аппарата, как алюминиевый электролизер, и процессов происходящих в нем, требуются математические модели, построение которых может быть связано с большими затратами человеческих, материальных и временных ресурсов. Поэтому многие авторы приходят к необходимости извлекать информацию о процессе из имеющихся обширных баз данных заводов, используя для этого многомерные статистические методы обработки данных. Данные методы отличаются меньшими затратами ресурсов, по сравнению с прямым моделированием физических характеристик аппарата. Очень часто для этой задачи используют многомерный линейный регрессионный анализ, который широкодоступен в стандартных пакетах, но при этом обладает недостатками в случае применения к алюминиевому производству:

1. мультиколлинеарность (взаимозависимость) входных показателей делает полученную модель неадекватной;
2. правильность выбора переменных для анализа должна быть предварительно определена как с физической точки зрения (экспериментальные данные), так и со статистической точки зрения (корреляционный анализ).
3. требует большого количества данных для большей достоверности исследования (получаемых моделей).

Поэтому в последнее время, чтобы избежать существующих недостатков большинство исследователей, все чаще обращается к использованию более сложных, но менее требовательных методов многомерного анализа, например, факторный анализ, метод главных компонент и регрессия на главные компоненты. Применение этих методов применительно к алюминиевому производству рассматривается в этой работе. Стоит отметить, что существует несколько техник проведения многомерного факторного анализа или анализа методом главных компонент. В работе нами использовалась *P*-техника, когда имеется один объект исследования (завод, корпус электролиза) и рассматривается изменение его показателей (параметры сырья, технологии, ТЭП) во времени (месяцы). Обоснованность использования среднемесячных показателей для анализа подробно обсуждена в литературе. В нашем случае анализ корпусных параметров производства с ТЭП обоснован при только

использовании среднемесячных показателей, которые являются усредненными значениями по группе ванн за месяц. Задачей исследования было проанализировать различные параметры производства и оценить их влияние на количество нарушений в анодном устройстве алюминиевого электролизера. Выборка данных содержала среднемесячные значения 28 параметров и 2 нарушения по одному из алюминиевых заводов, с января 2007 по март 2011 года (51 наблюдение). Параметры представляли собой 4 группы: параметры сырья, параметры производства анодной массы (АМ), параметры технологических опробований АМ и технологические параметры электролиза. Нарушения – удельный выход пены с электролизеров и количество кусков под анодом. Анализ был проведен методом главных компонент с использованием ППП Statistica.

В результате анализа были получены факторные нагрузки главных компонент. В таблице 1 представлено объяснение дисперсии исходных данных первыми пятью главными компонентами (ГК) и факторные нагрузки ГК на переменные. Из таблицы 1 видно, что первые 5 ГК объясняют более 75 % дисперсии исходных данных. По величине и знаку факторных нагрузок можно судить о характере и мере влиянии переменной на процесс.

Таблица 1 – Факторные нагрузки ГК на анализируемые переменные

Переменные	ГК1	ГК2	ГК3	ГК4	ГК5
Дисперсия исходных данных	30.439	50.191	62.255	70.389	75.914
Сила тока	0.768	0.265	0.347	0.192	-0.120
Уровень металла	0.505	0.192	0.741	-0.067	0.146
Уровень электролита	-0.605	-0.553	-0.230	0.076	-0.156
Температура электролита	0.481	-0.299	-0.607	-0.237	0.071
Высота настыли	-0.673	0.455	0.165	-0.236	0.318
Криолитовое отношение	-0.595	0.134	-0.166	-0.520	0.051
Частота анодных эффектов (АЭ)	-0.844	-0.082	-0.151	0.361	0.111
Рабочее напряжение электролизера	0.006	-0.590	-0.129	0.450	0.565
Уровень столба анода	-0.655	-0.365	0.447	-0.135	-0.324
Уровень коксо-пековой композиции (КПК)	-0.751	-0.210	0.504	0.025	-0.119
Температура КПК	0.229	0.317	-0.104	-0.740	-0.073
Ножка	-0.512	-0.437	-0.009	0.350	-0.494
Напряжение АЭ	-0.449	0.061	0.537	-0.433	0.413
Расстояние колокол-электролит	-0.513	0.541	-0.288	0.104	-0.266
Истинная плотность прокаленного кокса	0.383	0.190	0.616	-0.022	-0.490
Температура шихты	0.607	0.052	0.455	-0.011	0.053
Температура пека	0.225	-0.056	-0.064	-0.309	-0.155
Количество фракции крупка 1	0.139	-0.870	0.360	0.033	0.014
Количество фракции крупка 2	-0.422	0.757	-0.309	0.065	0.024
Количество фракции отсев	-0.628	0.310	0.192	-0.001	-0.056
Количество пылевой фракции	0.690	0.348	-0.346	-0.219	-0.004
Баланс пека в АМ	0.864	-0.112	-0.038	0.238	0.036
Коэффициент текучести АМ	0.486	-0.443	-0.539	-0.142	-0.158
Механическая прочность АМ	0.023	0.848	0.035	0.389	0.046
Удельное электросопротивление АМ	-0.069	-0.824	0.057	-0.088	0.209
Пористость АМ	-0.184	-0.683	-0.016	-0.482	-0.120
Разрушаемость АМ	-0.822	0.146	-0.275	-0.021	-0.130
Содержание серы в АМ	0.676	-0.038	-0.101	0.001	-0.249

В ходе анализа были найдены проекции наблюдений (точек времени) в координатной плоскости первых двух ГК. Эти проекции очень важны для отслеживания изменения ключевых технологических параметров и нарушений процесса. В данной работе было исследовано изменение (траектория движения) точек наблюдений в пространстве первых двух ГК для определения зон процесса с различным количеством нарушений (кусков под анодом и удельного выхода пены). На рисунке 1 представлены тренды изменения основных нарушений, а на рисунке 2 показаны, полученные проекции наблюдений в плоскости первых двух ГК.

Как видно из рисунков 1 и 2 можно выделить области (зоны) с маленьким уровнем нарушений (зеленые эллипсы) и зоны с повышенным количеством нарушений (красные прямоугольники). Так как проекции наблюдений получены без участия информации о количестве нарушений, то данная информация может быть использована для предупреждения и обнаружения нарушений на отдельных подсистемах алюминиевых электролизерах.

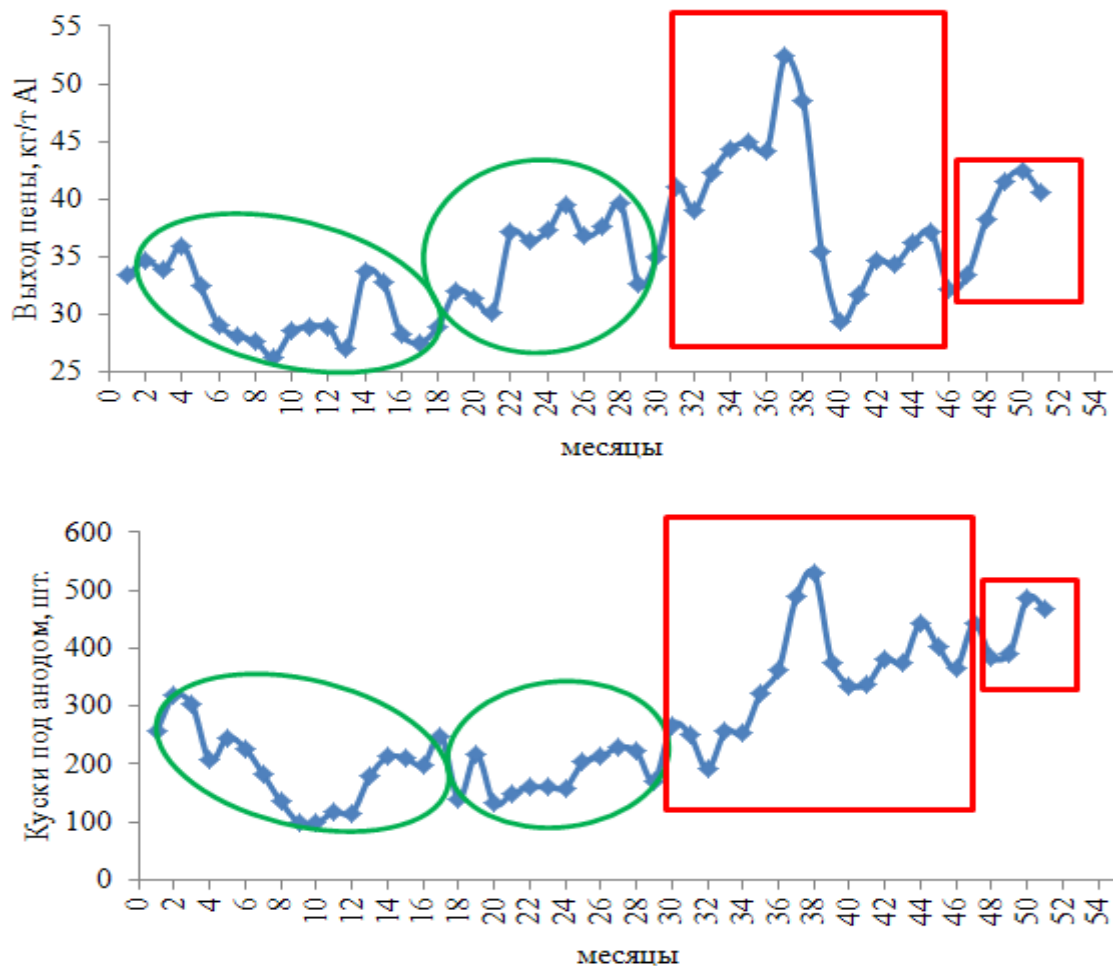


Рисунок 1 – Тренды изменения нарушений

Были получены МГК-модели для прогноза количества нарушений. На рисунке 3 показаны графики нарушений с графиками значений, полученными расчетным путем (по модели). Адекватность полученных моделей исходным данным составляет 95% для модели удельного выхода пены, и 94 % для модели образования кусков под анодом.

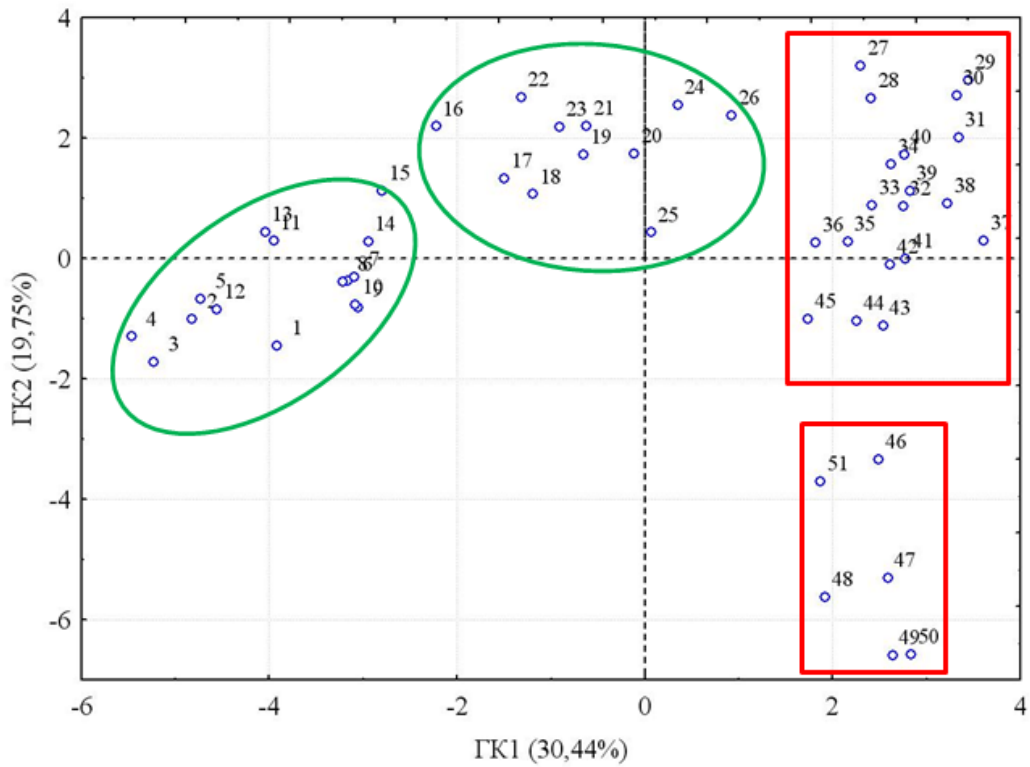


Рисунок 2 – Проекция наблюдений в плоскости первых двух ГК

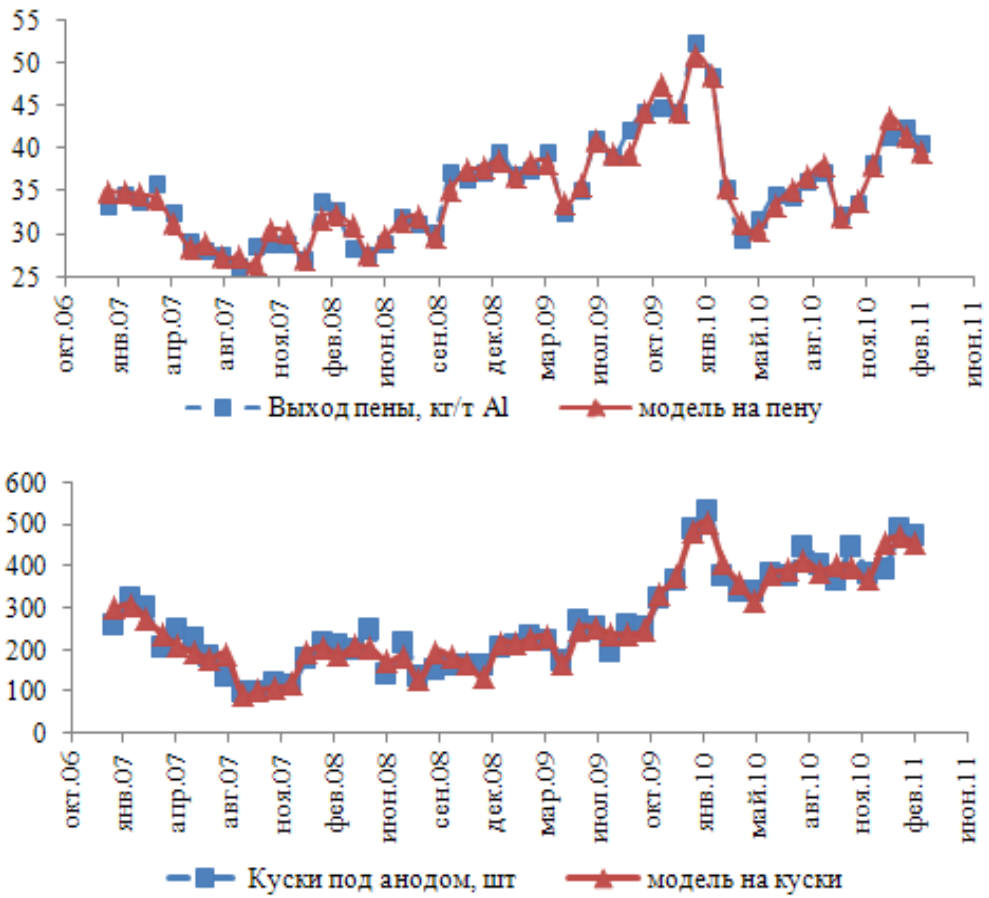


Рисунок 3 – Графики реальных и расчетных значений нарушений