

**КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНЖЕНЕРНОГО
ЭКСПЕРИМЕНТА ДЛЯ ПЛОХО ОРГАНИЗОВАННЫХ СИСТЕМ ГОРНО-
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ****Кузнецов П.С.,****научный руководитель канд. физ.-мат. наук Янковская Т.А.***Ачинский филиал Сибирского Федерального Университета*

В наше время, с постоянно набирающими оборотами промышленности, вопрос планирования инженерного эксперимента является крайне актуальным. Это обуславливается постоянно растущей сложностью промышленных вычислений, укрупнения предприятий, а также методов исследования, применяемых к ним. Особенно остро в разработке специальных компьютерных средств для постановки экспериментов нуждаются так называемые плохо организованные системы (системы, имеющие множество разнородных факторов, задающих различные по своей природе, но тесно связанные друг с другом процессы), к числу которых относится большинство металлургических процессов. Наиболее полную форму планирования эксперимента можно проиллюстрировать схемой, приведенной на рис. 1

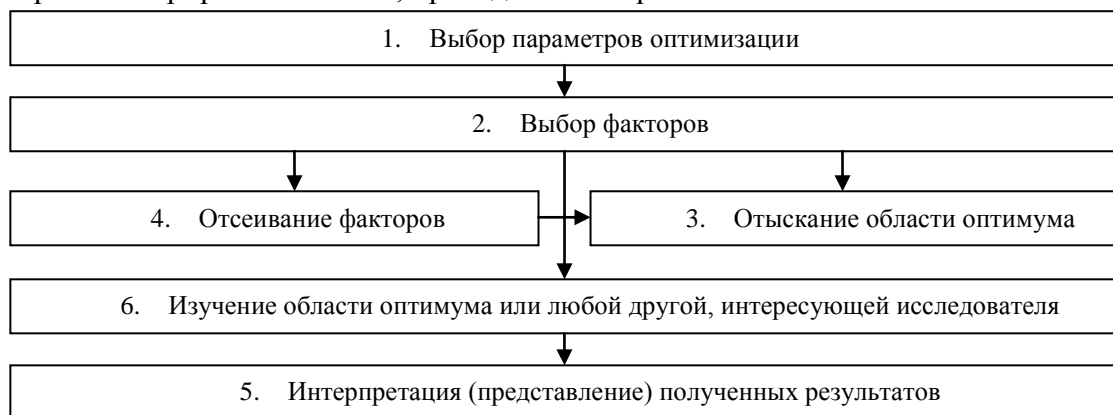


Рис.1 Схема планирования и проведения эксперимента

Существующие программные средства, направленные на изучение компьютерного эксперимента, как правило, не обладают полной информацией, а также, зачастую, не дают исчерпывающей информации о проделанной работе. Поэтому суть моей проделанной работы, заключается в написании такого программного продукта, который наглядно демонстрировал результаты вычислений как полным факторным, так и дробно-факторным методом. Суть данных методов заключается в отсеивании факторов в определенной последовательности. Им придают различные значения (варьируются на различных уровнях) по определенному плану и замеряют величины параметров оптимизации. Факторы чаще всего варьируются на двух уровнях, поэтому каждый из них должен иметь два значения и нулевую точку (нулевой уровень). Нулевой уровень устанавливается обычно в середине области определения факторов и обозначается нулем. Верхний уровень каждого фактора обозначают +1, или просто «+», нижний, соответственно, -1 либо «-». Интервалы между нулевым и верхним, а также нулевым и нижним уровнями (интервалы варьирования) следует выбирать одинаковыми. Они не должны быть меньше удвоенной средней квадратичной ошибки и больше половины области определения. Обычно он равен 10-25 % максимального значения фактора. Полный факторный план представляет собой все комбинации факторов на 2 уровнях и обозначается 2^k (k- количество факторов) по числу необходимых опытов. Для уменьшения количества опытов используют не

полный план, а его часть (реплика), так называемый дробный факторный план. Все опыты с комбинацией факторов записывают в виде таблицы (матрицы), одинаковой (стандартной) для всех исследований. Значения (уровни) факторов кодируют по формуле:

$$X_i = \frac{X_i^1 - X_i^0}{I_i}$$

где X_i - кодированное значение фактора (1, -1, 0 и др.);

X_i^1 - натуральное значение фактора на каком-либо уровне;

X_i^0 - натуральное значение фактора на нулевом уровне;

I_i - интервал варьирования фактора (в натуральном виде).

После этого составленный план-матрицу реализуют, т.е. ставят опыты по плану. Результаты в виде параметра оптимизации заносят в ту же таблицу.

Коэффициенты, определяющие степень влияния факторов на параметр оптимизации, рассчитывают по формуле:

$$b_i = \frac{\sum_1^n y_i x_{ij}}{n}$$

где b_i – коэффициент регрессии i -го фактора;

y_i – значение параметра оптимизации в i -м опыте;

x_{ij} – кодированное значение i -го фактора в j -м опыте;

n – количество опытов в матрице;

Ошибку эксперимента находят по результатам опытов, повторенных несколько раз при одних и тех же условиях. Рекомендуется каждый опыт проводить дважды, а если результаты отличаются друг от друга более чем на 10 процентов, то его повторяют ещё раз. Одно из трёх значений отсеивают как случайное по критерию Стьюдента:

$$t_{\text{расч}} = \frac{y_i - \bar{y}}{\sqrt{\frac{\sum^m (y_i - \bar{y})^2}{m - 1}}} \geq t_{\text{табл}}$$

Здесь y – среднее арифметическое значение параметра оптимизации y_i в повторных опытах;

m – количество повторений каждого опыта;

$t_{\text{табл}}$ – известное значение параметра;

Опыт отсеивается в том случае, если $t_{\text{расч}}$ по абсолютной величине больше $t_{\text{табл}}$.

После того, как опыты будут отсеяны, подсчитывают среднеквадратичную ошибку эксперимента $S_{\text{оп}}$ из условия суммирования средних взвешенных значений дисперсий:

$$S_{\text{оп}} = \sqrt{\frac{\sum_1^{n_1} \sum_1^{m_i} (y_i - \bar{y})^2 * (m_i - 1)}{n_1 * \sum_1^m (m - 1)}}$$

где n_1 - количество опытов с повторениями

Доверительный интервал в случае приближенных расчетов определяют следующим образом:

$$\Delta b_i = \pm t S_{bi} \approx \pm 2 S_{bi}$$

где t – критерий Стьюдента

Факторы, незначительно влияющие на параметр оптимизации, имеют коэффициенты регрессии меньше доверительного интервала. Если $|b_i| \leq |\Delta b_i|$, то коэффициент незначим, а соответствующий ему фактор не оказывает существенного влияния на параметр оптимизации. Такой фактор должен быть исключен (отсеян) или зафиксирован на определенном уровне. Если по данным экспериментов и расчетов факторов отсеялось слишком много и среди них оказались такие, которые по логике

должны остаться, то вполне вероятно, что неправильно выбраны интервалы варьирования. Для этих факторов последние рекомендуется увеличить и поставить новую серию экспериментов по тому же плану.

Это программное средство можно внедрять почти в любые виды производства, так как оно легко подстраивается под тип предприятия и его расчеты, а также есть перспектива развития данного продукта до уровня целой информационно-диагностической среды, которая значительно облегчит производственный процесс и частично заменит ручные вычисления.