

Украинская государственная академия железнодорожного транспорта
Закрытое акционерное общество «Элак»**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ В ИССЛЕДОВАНИЯХ
ПО ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА РАБОТЫ СТРЕЛОЧНОГО ПЕРЕВОДА**

Показаны возможности метода наименьших квадратов для расчета аналитической зависимости по экспериментальным данным, полученным с помощью модели стрелочного перевода. Описан процесс расчета и построения линейной и других моделей двухфакторного эксперимента.

Наводяться можливості методу найменших квадратів для розрахунку аналітичної залежності за експериментальними даними, що отримані з моделі вилючного переводу. Зроблено опис процесу розрахунку та побудови лінійної та інших моделей двофакторного експерименту.

The paper show a capabilities of least square method to calculation analytically depends by experimental data, which taken from railway switch model. The process of calculation and building linear and others models of two-factored experiment are described.

При разработке системы частотного управления стрелочным переводом марки СП-6М возникла необходимость анализа статистических данных исследований, полученных на математических моделях. Синтез и описание моделирования электромеханической системы стрелочного перевода освещен в ранее опубликованных работах авторов

В результате проведения ряда двухфакторных экспериментов на математической модели получены массивы статистических данных. В качестве факторов (аргументов) опыта выступали физические величины времени разгона, момента начала торможения и напряжения задания преобразователя частоты – t , l , uz . Зависящий от них результат – критерий оптимизации – имеет физический смысл упругой силы в тягах $F12$ (здесь и далее в качестве примера будет использоваться эта величина; другие критерии – время перевода, момент импульса остряков и электрические потери в двигателе):

$$F12 = f12(uz, t, B_1, B_2, \dots, B_m). \quad (1)$$

Задача исследования сводится к определению статистических характеристик величин B_1, B_2, \dots, B_m , обеспечивающих появление значений $f12_i$ при заданных uz_i и t_i . Для достижения этой цели был использован метод наименьших квадратов (МНК).

В качестве функции (1) принят степенной многочлен вида

$$y = b_0 + b_1x + b_2y + b_3x^2 + b_4x^2 + \dots + b_mx^n + b_{m+1}y^n,$$

где $1 \leq n \leq 7$. Ход исследования предполагает получение выражений 1...7 степени, описывающих поведение объекта для проведения сравнительного анализа качества аппроксимации в различных случаях.

Таким образом, теоретическая зависимость (1) примет вид

$$F12 = \sum_{j=1}^n b_j \psi_j(uz, t), \quad 1 \leq n \leq 7, \quad (2)$$

где функции $\psi_j(uz, t)$ – базисные функции $1, x, y, x^2, y^2, \dots, x^m, y^m$.

В случае применения ортонормированного базиса (ОНБ) выбранных линейно-независимых базисных функций коэффициенты аппроксимации зависимости (2) находятся по следующей формуле:

$$\begin{cases} b_k = (f12, \varphi_k) \\ k = \overline{1, j} \end{cases}. \quad (3)$$

В силу ортонормированности базисных функций, если добавить еще одну базисную функцию φ_{j+1} , ортонормированную ко всем остальным, то предыдущие коэффициенты пересчитывать не нужно, достаточно по (3) вычислить новый коэффициент b_{j+1} .

Следовательно, первая итерация исследования предполагает линейную модель (полином 1 степени) двухфакторного эксперимента

$$f12 = b_0 \varphi_0(uz, t) + b_{uz} \varphi_{uz}(uz, t) + b_t \varphi_t(uz, t). \quad (4)$$

Согласно [1] при выборе факторов опыта в узлах прямоугольной таблицы (т.е. проведении полифакторного эксперимента (ПФЭ)) коэффициенты аппроксимации

$$b_0 = (f12, \varphi_0) = \frac{1}{\sqrt{lm}} \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m f12_{ij}, \quad (5)$$

$$b_{uz} = (f12, \varphi_{uz}) = \frac{\sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m f12_{ij} (uz_i - m_{uz}^*)}{\sqrt{m \sum_{i=1}^l (uz_i - m_{uz}^*)^2}}, \quad (6)$$

$$b_t = (f12, \varphi_t) = \frac{\sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m f12_{ij} (t_i - m_t^*)}{\sqrt{l \sum_{i=1}^l (t_i - m_t^*)^2}}. \quad (7)$$

Дальнейшие итерации в исследовании предполагают повышение степени аппроксимирующего полинома и соответственно применение дополнительных базисных функций.

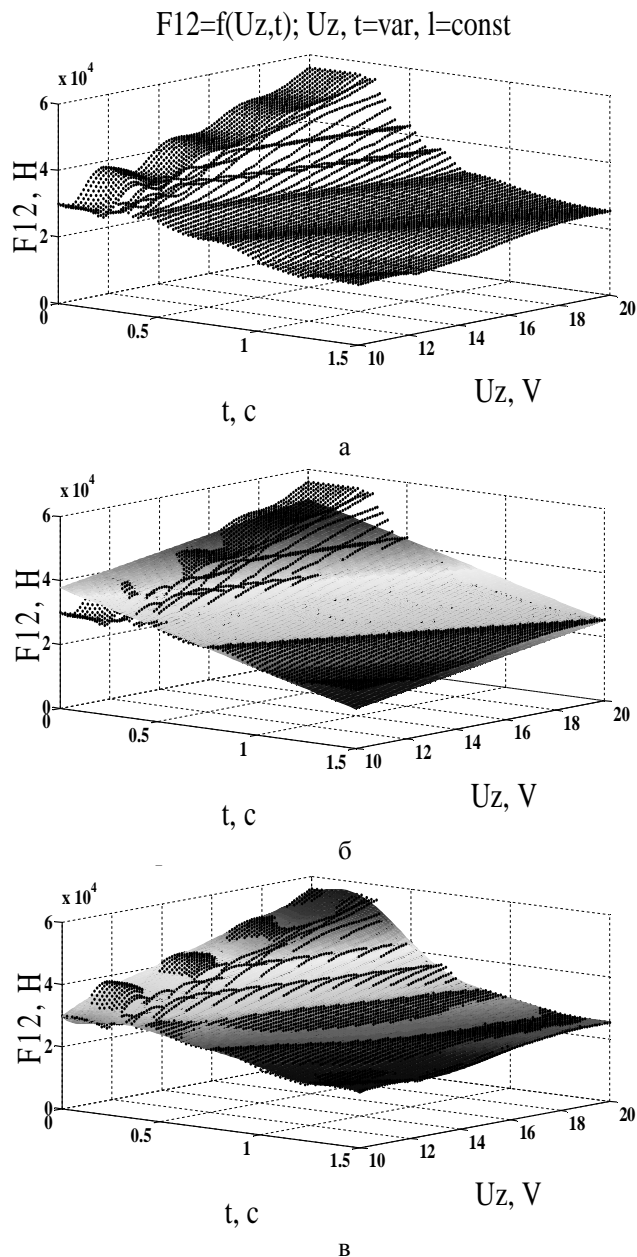


Рис.1. Исходные данные исследования (а); результаты аппроксимации полиномами 1(б) и 7 (в) степени

Выполнение поставленной задачи по получению аналитического выражения для исследуемых критериев оптимизации является важным этапом разработки системы управления частотным преобразователем в перспективных системах регулируемого стрелочного привода, так как позволяет применить широкие возможности математического анализа для получения желаемых режимов работы стрелки по выбранным критериям.

Числовое и графическое построение линейной модели для двухфакторного эксперимента выполнено при помощи ПО Matlab.

На рисунке показана графическая интерпретация экспериментальных данных в виде совокупности точек в трехмерном пространстве, и результаты аппроксимации полиномом 1 и 7 степени.

Выводы

Реализован метод наименьших квадратов для получения аналитических зависимостей по экспериментальным данным моделей стрелочного привода.

Получены формулы аппроксимации полиномом 1...7 степени.

Результаты подтвердили правомерность принятия теоретической зависимости в виде степенного многочлена. Его старшие степени (5,6,7) позволяют достичь необходимой точности при аппроксимации исходных данных, что видно из рис.1,б.

Список использованной литературы

Иглин С.П. Теория вероятности и математическая статистика на базе MATLAB / С.П.Иглин –Х.: НТУ «ХПИ», 2006. 612 с.

Получено 19.07.2011



Буряковский
Сергей Геннадиевич, канд.
техн. наук, доц.каф. «СЭТ»
Украинск. гос. акад.
жел. дор. тр-га,
г. Харьков, пл. Фейербаха, 7,
тел. 0503012069



Смирнов
Василий Васильевич,
ст. инж. ЗАО «Элак»,
г. Харьков,
ул. Акад. Проскуры, 1,
корп. 1/2,
тел. 0638642443