

## МЕТОД АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОСТРОЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ В ПЛАНИРОВАНИИ ЭКСПЕРИМЕНТА

**Синяева О.В., аспирант**

*(Харьковский национальный технический университет сельского  
хозяйства им. П. Василенка)*

*В статье предложена методика автоматического построения математической модели в планировании эксперимента*

При проведении научных экспериментов для получения эмпирических зависимостей используются, как правило, метод планируемого эксперимента. Однако большая часть этих способов пригодна лишь для построения объектов, в которых исходные параметры меняются на 2 – 3 уровнях, поэтому они мало пригодны для построения многоуровневых систем.

Разработанная методика [1,2, 4] основывается на том, что сначала весь массив данных мы рассматриваем как функциональную зависимость какого-либо одного переменного, допустим,  $X_1$ , а остальные считаем постоянными. В итоге получаем зависимость типа

$$Y(X) = f(X_1) \Big|_{X_2, X_3, X_4, \dots, X_n - const} \quad (1)$$

Затем проводим подобную операцию для переменных  $X_2, X_3, \dots, X_n$ , в результате чего получаем целую систему уравнений:

$$\begin{cases} Y(X) = f(X_2) \Big|_{X_1, X_3, X_4, \dots, X_n - const} \\ Y(X) = f(X_3) \Big|_{X_1, X_2, X_4, \dots, X_n - const} \\ \dots \dots \dots \\ Y(X) = f(X_n) \Big|_{X_1, X_2, X_3, \dots, X_{n-1} - const} \end{cases} \quad (2)$$

При перемножении этих строк друг на друга получим итоговое уравнение:

$$Y^n(X) = f(X_1) * f(X_2) * f(X_3) * \dots * f(X_n) \quad (3)$$

или

$$Y(X) = [f(X_1) * f(X_2) * f(X_3) * \dots * f(X_n)]^{1/n} \quad (4)$$

В качестве функциональных зависимостей  $f(X)$  используется набор элементарных функций, коэффициенты которых определяются по методу наименьших квадратов. Для каждой переменной  $X_i$  подбирают функциональную зависимость по значению коэффициента корреляции, т.е. из всего многообразия элементарных функций, которые описывают изменение параметра  $Y(X)=f(X_i)$ , выбирается та функциональная зависимость, у которой коэффициент корреляции наибольший.

В принципе, уравнением (4) можно было и ограничиться для описания изменения параметра  $Y$  от переменных  $X_i$ . Однако для получения более точного описания мы провели еще одно уточнение полученной зависимости. Для этого проводится получение корреляционной зависимости между фактическими  $Y_{факт}$  и полученными расчетными  $Y_{расч}$  значениями параметра  $Y$ . Данная операция была названа нами автокорреляцией.

Полученный при этом коэффициент корреляции будет являться общим коэффициентом корреляции и указывает на тесноту связи между фактическими и расчетными значениями параметра  $Y$ . В идеальном случае функция автокорреляции представлена линейной зависимостью  $Y = E \times Y_{расч} + D$ , а коэффициент корреляции между фактическими и расчетными значениями параметра  $Y$  равен 1, коэффициенты  $E=1$ , а  $D=0$ . В противном случае это говорит о том, что не все факторы, влияющие на изменение искомого параметра  $Y$ , учтены. Коэффициенты корреляции, полученные при расчете уравнений (1-2), являются частными коэффициентами и говорят о том, насколько изменение данной переменной  $X_i$  влияло на изменение параметра  $Y$  в исследуемом интервале, но никоим образом не говорит о влиянии самой переменной на параметр  $Y$ .

Сопоставительные расчёты, проведенные при решении стандартной задачи [3] методом планируемого эксперимента и по новой методике, показали, что сама точность расчётов (средняя абсолютная величина отклонений от истинного значения) выше у новой методики с автокорреляцией.

Для практической проверки были использованы результаты экспериментов, полученные при испытании пневмосепаратора с наклонными стенками и вибрационным механизмом. Эксперимент проводился на семенах подсолнечника. Замусоренные семена подсолнечника (количество мусора – шелуха, семена сорняков и т.п.) из загрузочного бункера подавались в пневмосепаратор, где под действием потока воздуха происходило разделение кондиционных семян и мусора. В качестве факторов, определяющих эффективность разделения, были выбраны угол наклона к горизонту сепаратора и частота вибрации, в качестве отклика было взято количество материала, попадающего в первый сборный бункер. Данные экспериментов представлены в таблице 1. Для того, чтобы определить эффективность работы новой методики было решено часть данных оставить для проверки полученных зависимостей.

Таблица 1. Результаты испытания вибропневмосепаратора

№ п/п	Угол наклона, $\alpha^\circ$	Частота вибрации, $\omega$ , Гц	Количество материала в бункере, %				
			Фактические данные				Расчётные данные
			I опыт	II опыт	III опыт	Среднее значение	
1	40	0	19,5	20,4	20,8	20,90	13,45
2	45	0	24,32	27,17	26,66	26,05	20,21
3	50	0	28,05	32,60	34,15	31,60	28,55

4	55	0	36,21	38,56	37,88	37,55	36,62
5	60	0	40,89	42,78	48,03	43,90	41,46
6	65	0	49,56	52,31	50,08	50,65	52,43
7	70	0	59,35	55,42	58,43	57,80	60,29
8	75	0	63,84	67,25	64,96	65,35	68,16
9	80	0	70,25	75,67	73,98	73,30	75,14
10	85	0	79,53	83,24	82,15	81,64	84,04
11	90	0	89,56	94,39	87,22	90,39	90,57
12	40	820	0,00	0,01	0,00	0,00	3,92
13	45	820	0,00	6,70	2,90	3,20	11,99
14	50	820	11,20	10,12	7,63	9,65	18,71
15	55	820	14,24	18,53	16,79	16,52	25,18
16	60	820	21,59	25,43	24,44	23,82	28,68
17	65	820	30,47	33,58	30,57	31,54	37,80
18	70	820	37,98	41,21	39,88	39,69	44,04
19	75	820	47,24	49,33	48,21	48,26	50,27
20	80	820	55,28	59,87	56,63	57,26	59,00
21	85	820	64,75	69,22	66,07	66,68	62,82
22	90	820	72,12	77,84	79,63	76,53	73,91
23	70	1640	22,48	24,56	22,47	23,17	24,01

За основу расчётов были взяты точки 1, 5, 9, 11, 12, 16, 20, 22 и 23 опытов, а остальные данные использовались в качестве контрольных точек.

Обработка полученных данных на ЭВМ по разработанной методике дала следующие результаты:

$$Y_k = 0,0047 \times (0,0095\alpha^2 + 0,227\alpha - 13,88) \times (57,12 - 0,022\omega) + \\ + 1,37 \times [(0,0095\alpha^2 + 0,227\alpha - 13,88) \times (57,12 - 0,022\omega)]^{0,5} + 24,77 \mp 4,5$$

Сопоставление фактических и расчётных данных приведено в таблице 1. Как видно из полученных данных, расхождение между фактическими и расчётными данными, как правило, не превышает погрешности между параллельными опытами.

Поскольку функция зависимости количества рассеиваемого материала, попадающего в бункер, от угла наклона является квадратичной функцией, то можно попробовать определить экстремум функции. Так как функция на исследуемом участке является убывающей, то минимум рассеиваемого материала будет попадать в бункер при нулевом угле наклона. Однако при таком положении сепаратор будет практически неработоспособен, поскольку в таком случае рассеянный материал не будет попадать в бункера. Для эффективной работы данного устройства необходимо, чтобы угол наклона пневмосепаратора был больше угла естественного откоса зерен подсолнечника, т.е. более 40°.

Зависимость количества материала, попадающего в бункер, от частоты имеет линейную зависимость, по крайней мере, в рамках проведенного

эксперимента, и это объясняется тем, что с увеличением частоты увеличивается время «витания» семечек в сепараторе и тем самым уменьшается количество материала, попадающего в первый бункер.

**Выводы.** - Разработана новая методика построения математической модели функционирования в планировании эксперимента, представляющая собой среднегеометрическую величину элементарных функций отдельных аргументов, определяемых методом наименьших квадратов и систему автокорреляции полученных результатов;

- Разработанный метод позволяет получать математическую модель функционирования объекта в тех случаях, когда её невозможно получить классическим методом планирования эксперимента;

- При использовании новой методики можно оценить степень влияния каждого из аргументов на конечную функцию по частным коэффициентам корреляции и ввести соответствующие корректировки, исключая аргументы с низкими коэффициентами корреляции;

- При достаточно большом количестве опытов разница между результатами, полученные методом планирования эксперимента и вновь разработанным методом неощутимо мала и в ряде случаев точность результатов, полученных при использовании новой методики с использованием системы автокорреляции, превышает точность результатов, полученных методом планированного эксперимента;

- Новая методика ни в коей мере не предназначена полностью заменить собою метод планируемого эксперимента, а лишь является дополнением к нему и предназначается для тех случаев, когда получить зависимости традиционным способом не представляется возможным. Система автокорреляции не является неотъемлемой частью именно предлагаемой методики и, скорее всего, может повысить точность любого метода расчета.

## **Список использованных источников**

1. Журавский А.А., Торяник Э.И., Крышень И.Г. и др. Автоматическое построение математической модели функционирования объекта. – Кокс и химия. – 2000. - №3 с. 22-28.

2. Кучма Н.В., Зоря Е.С., Торяник Э.И. и др. Применение статистических методов при анализе влияния изменений угольной шихты на качество кокса. Углекислотный журнал, 2003 г., №№ 5-6, с. 15-24.

3. Зегденидзе И.Г. Планирование эксперимента для исследования многокомпонентных систем. Издательство «Наука», М. 1976. 390 с. с ил.

4. Синяева О.В., Журавский А.А., Абдуев М.М. Метод получения математической модели произвольного объекта // Энергосбережение Энергетика Энергоаудит: Общегосударственный научно-производственный и информационный журнал. Харьков: 2011. - Вып. 12. - С. 50-58.

## **Анотація**

## **Метод автоматичної побудови математичної моделі в плануванні експеримента**

Сіняєва О.В.

*При проведенні наукового дослідження інколи неможливо вкластися у рамки вимог проведення планованого експерименту. Розроблена нова методика, яка дозволяє побудувати математичну модель вивчаємого об'єкту, виключаючи при цьому обмеження, які накладаються класичним методом планування експерименту.*

*Для полегшення роботи була розроблена комп'ютерна програма, яка дозволяє суттєво полегшити обробку результатів наукових досліджень та побудову математичної моделі вивчаємого об'єкту*

### **Abstract**

#### **Method of automatic getting mathematical models in plan experiment**

O. Sinyaeva

*It is often challenging to fulfill all the requirements of scientific experiments while research. Thus, a new method has been worked out to design a stimulator of an object under study. It allows to avoid limits which may be caused by the traditional methods of experiment planning.*

*The comparison of the new and traditional methods shows numerous advantages of the former. Furthermore, a computer version of the new method has been developed to facilitate data processing of scientific experiments*