

УДК 621.311:664.72

**МЕТОДОЛОГИЯ ПЕРЕСТРОЙКИ
СЛОЖНОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ
ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТОДОМ ПЛАНИРОВАНИЯ
МАТЕМАТИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ДЛЯ АНАЛИЗА
И РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ ОБЪЕКТА**

Назарьян Г.Н., к.т.н.,

Карпова А.П., к.т.н.,

Постникова М.В., к.т.н.

Таврический государственный агротехнологический университет

Тел. (0619) 42-31-59

Аннотация – в работе рассматриваются особенности и методология перестройки математической модели объекта исследования методом планирования математического эксперимента с целью анализа и решения задачи оптимизации по стандартным программам на ЭВМ.

Ключевые слова – методология, перестройка модели, математический эксперимент, факторы, параметр оптимизации, нормирование факторов, матрица планирования, двумерное сечение, поверхность отклика, контурные кривые.

Постановка проблемы. Математическая модель сложного объекта, составленная на основе предварительных исследований или анализа состояния вопроса, как правило, представляет собой некоторую систему формул, эмпирических соотношений и коэффициентов, графических зависимостей и т.п. Решение задачи оптимизации объекта на такой модели практически невозможно. Поэтому возникает необходимость перестройки исходной математической модели, которую можно представить как интерполяционную задачу получения, с достаточной точностью, алгебраической аппроксимации многомерных зависимостей, представленных в исходной модели в неявном виде. При этом, обычные методы интерполяции, с помощью интерполяционных формул, рекомендуемые в вычислительной математике, не годятся для многомерных функций. В этом случае успешно может быть использован, так называемый, метод планирования математического эксперимента (ПМЭ), особенности и методология которого рассматриваются в данной работе.

Анализ последних исследований. К числу первых публикаций по применению методов планирования эксперимента для перестройки

математических моделей можно отнести работы [1, 2], посвящённые вопросам оптимального проектирования серий шаговых и асинхронных двигателей с помощью ЦВМ. Более фундаментально применение теории планирования эксперимента в электромеханике рассмотрены в книге [4], содержащей обширную библиографию. Впервые методологии перестройки модели электрической машины методом ПМЭ уделяется внимание в [3]. В последнее время опубликованы работы [5] и [6] о применении метода ПМЭ для перестройки модели и решения задачи оптимизации технологического процесса и эксплуатационных показателей электромотора, что свидетельствует об универсальности и эффективности метода планирования математического эксперимента, более подробное рассмотрение методологии которого, по нашему мнению, представляет интерес особенно для решения задачи оптимизации различных объектов сельскохозяйственного производства.

Основная часть. Особенности метода ПМЭ. Название метода объясняется тем, что методология перестройки математической модели объекта исследования полностью основана на использовании математического аппарата классической теории планирования эксперимента [7, 8]. При этом в методе ПМЭ под “экспериментом” подразумевается совокупность расчётов с помощью математической модели объекта в соответствии с условиями, определяемыми матрицей принятого плана эксперимента. Поскольку результаты расчётов функции цели по исходной математической модели объекта представляют собой однозначную величину, поэтому будет отсутствовать дисперсия воспроизводимости “опытов” $S_B^2\{y\}$, как входных, так и выходных величин, в отличие от того, как это имеет место при проведении натуральных экспериментов. В этом и состоит важная отличительная особенность метода ПМЭ. Отпадает также необходимость дублирования расчётов в точках факторного пространства и рандомизация их по времени. Отсутствие дисперсии воспроизводимости функции цели не позволяет получить математическое описание объекта в виде уравнения регрессии с ограниченным числом членов. Поэтому возникает необходимость искусственно задаться точностью желаемой интерполяции и формально связать допустимую ошибку расчётов с некоторой оценкой дисперсии значений функции цели. В этом случае все предпосылки регрессионного анализа соблюдаются. Принимаем, что дисперсия воспроизводимости функции цели или параметра оптимизации равна

$$S_B^2\{y\} = y^2 = (3\sigma)^2, \quad (1)$$

где σ^2 – дисперсия ошибки;

σ – стандарт или средняя квадратическая ошибка.

Обычно задаются дисперсией ошибки, равной двум-трем стандартам σ .

Для нормального закона распределения средняя квадратическая ошибка или стандарт $y = \sqrt{y^2}$. В дальнейших расчётах принимаем, что $\sigma = 0,02$, т.е. ошибка составляет 2% и, следовательно,

$$S_B^2\{y\} = (3y)^2 = 0,0036. \quad (2)$$

Методологию перестройки математической модели рассмотрим на примере решения оптимизации удельного расхода электроэнергии технологического процесса поточной линии обработки зерна агрегата ЗАВ-20 [5]. В соответствии с поставленной задачей, в качестве параметра оптимизации, принимается удельный расход электроэнергии на единицу продукции $W_{уд.}$, кВт·ч/т.

При этом математическая модель объекта исследования может быть представлена в виде соотношения

$$W_{уд.} = \frac{\sum_1^n P_{ni} \cdot K_3}{Q \cdot \eta_{н.ср.} \cdot K_{заг.} \cdot K_{увл.}}, \quad (3)$$

где $\sum_1^n P_{ni}$ – суммарная номинальная мощность электродвигателей в приводе рабочих машин поточной линии, кВт;

$\eta_{н.ср.}$ – среднее значение номинальных КПД электродвигателей, о.е.;

K_3 – коэффициент загрузки оборудования линии;

Q – производительность поточной технологической линии, т/ч;

$K_{заг.}$; $K_{увл.}$ – коэффициенты, учитывающие степень загрязнения и увлажнения обрабатываемого зерна.

Если в формуле (3) перейти к суммарной присоединённой мощности двигателей, то получим

$$W_{уд.} = \frac{\sum_1^n P_{li} \cdot K_3}{Q \cdot K_{заг.} \cdot K_{увл.}}. \quad (4)$$

При этом

$$\sum_1^n P_{li} = \frac{P_{n1}}{z_{n1}} + \frac{P_{n2}}{z_{n2}} + \dots + \frac{P_{nn}}{z_{nn}}; \quad (n = 1, 2, 3, \dots).$$

Выбор факторов и интервалов их варьирования производится на основе анализа априорной информации об объекте исследования, математической модели функции цели или параметра оптимизации (4) и общих требований к факторам при использовании методов планирования экспериментов [7, 8].

В качестве переменных факторов параметра оптимизации принимаются:

Q – производительность поточной технологической линии зерноочистительного агрегата ЗАВ-20, т/ч;

$\sum_1^n P_{1i}$ – суммарная присоединённая мощность электродвигателей поточной линии, кВт;

K_3 – коэффициент загрузки оборудования, о.е.

Интервалы варьирования факторов выбираются в соответствии с реальными возможностями настройки рабочих машин технологической линии подработки зерна и приведены в таблице 1.

Таблица 1

Уровни варьирования факторов	Факторы в нормированных единицах	Факторы в физических единицах		
		Q , т/ч	P_1 , кВт	K_3 , о.е.
		X_1 , т/ч	X_2 , кВт	X_3
Верхний $X_{i,\epsilon}$	$x_{i,\epsilon} = +1$	20,0	26,0	0,8
Нижний $X_{i,\eta}$	$x_{i,\eta} = -1$	6,0	16,0	0,5
Базовый $X_{i,0}$	$x_{i,0} = 0$	13,0	21,0	0,65
Интервалы варьирования ΔX_i	$\Delta x_i = \pm 1$	7,0	5,0	0,15
Размеры звёздного плеча				
+ α	+1,215	21,505	27,075	0,832
- α	-1,215	4,495	14,925	0,468

Нормализация факторов производится по формуле

$$x_i = \frac{X_i - X_{i,0}}{\Delta X_i}. \quad (5)$$

В соответствии с (5) нормированные значения факторов на разных уровнях будут равны

$$\begin{cases} x_{i,0} = \frac{X_{i,0} - X_{i,0}}{\Delta X_i} = 0; \\ x_{i,\epsilon} = \frac{X_{i,\epsilon} - X_{i,0}}{\Delta X_i} = +1; \\ x_{i,\eta} = \frac{X_{i,\eta} - X_{i,0}}{\Delta X_i} = -1. \end{cases} \quad (6)$$

Выбор типа плана и матрицы планирования математического эксперимента.

При решении задачи оптимизации сложных объектов исследования для адекватного описания области оптимума, как правило, используются полиномы или уравнения регрессии второго порядка вида

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i \cdot x_i + \sum_{i < j}^n b_{ij} \cdot x_i \cdot x_j + \sum_{i < j < l}^n b_{ijl} \cdot x_i \cdot x_j \cdot x_l + \sum b_{ii} \cdot x_i^2 + \dots, \quad (7)$$

где y – функция цели или параметр оптимизации;

$b_0, b_i, b_{ij}, b_{ijl}, b_{ii}$ – коэффициенты уравнения регрессии;

x_i, x_j, x_l – нормированные значения факторов.

Такая математическая модель может быть получена на основе планов второго порядка, например, ортогонального центрального композиционного плана (ОЦКП) или ротатабельного центрального композиционного плана (РЦКП).

В [7, 8] рекомендуется для решения задач оптимизации планы ОЦКП второго порядка.

ОЦКП – это планирование эксперимента на пяти уровнях, которые в нормализованных единицах можно представить в виде:

$$1) -\alpha; \quad 2) -1; \quad 3) 0; \quad 4) +1; \quad 5) +\alpha, \quad (8)$$

где α – размер плеча звёздных точек.

Число точек факторного пространства и величины плеча звёздных точек при ОЦКП для различного числа факторов n приведены в таблице 2.

Таблица 2 [8].

Число факторов	2	3	4	5	6
Точек ПФЭ (ДФЭ)	2^2	2^3	2^4	2^{5-1}	2^{6-1}
Звёздных точек	4	6	8	10	12
Центральных точек	1	1	1	1	1
Общее число точек	9	15	25	27	45
Размер плеча, α	1,0	1,215	1,414	1,547	1,727

Матрица ОЦКП для трёх факторов представлена в таблице 3.

Для ОЦКП второго порядка критерием оптимальности является ортогональность всех векторов-столбцов матрицы плана, что обеспечивается двумя путям:

1. Преобразованием квадратичных членов x_i^2 в новые, искусственные члены \tilde{x}_i^2 (столбцы 9, 10 и 11) по формуле

$$\tilde{x}_{i,g}^2 = x_{i,g}^2 - \frac{1}{N} \cdot \sum_{g=1}^N x_{i,g}^2, \quad (9)$$

где i – номер фактора (1, 2, ..., n);

g – номер строки матрицы плана (1, 2, ..., N);

N – общее число строк матрицы плана, равное числу опытов.

$$N = N_\phi + N_a + N_0. \quad (10)$$

2. Выбором определённой величины звёздного плеча для различного числа факторов и количества необходимых точек в центре плана N_0 (таблица 2).

Далее производится расчёт значений функции цели y по исходной математической модели объекта (4) для каждой строки матрицы плана с учётом уровней факторов, указанных в столбцах матрицы и значений факторов, соответствующих этим уровням, приведенных в таблице 1. Результаты расчётов записываются в столбец №12 матрицы плана ОЦКП.

Для получения математической модели объекта исследования в виде уравнения регрессии вида (7) в соответствии с методикой проведения ОЦКП, подробно описанной в [7, 8], выполняются следующие расчёты:

1. Определяются значения коэффициентов уравнения регрессии (7) и производится оценка их значимости по критерию Стьюдента с учётом ошибки опыта, определяемой по принятой дисперсии воспроизводимости $S_B^2\{y\}$ и равной $\sqrt{S_B^2\{y\}}$, т.е. $S_B\{y\}$.

2. Производится расчёт построчных значений расчётной функции цели $\hat{y} = f(x_i; x_j; x_l)$, полученной после исключения из уравнения (7) незначимых коэффициентов, по данным матрицы планирования по аналогии с расчётом построчных значений функции $y = f(x_i; x_j; x_l)$. Результаты расчётов \hat{y} заносятся в столбец №13 матрицы плана.

3. Проводится проверка адекватности расчётного уравнения функции цели \hat{y} по критерию Фишера. При этом для определения дисперсии адекватности $S_{ad}^2\{\hat{y}\}$ используются данные о значениях функций y и \hat{y} приведенные в столбцах №12 и 13 матрицы планирования в таблице 3.

Для рассматриваемого примера было получено адекватное уравнение регрессии \hat{y} для расчёта удельного расхода электроэнергии $W_{уд.}$ в зависимости от производительности Q , присоединённой мощности P_1 и коэффициента загрузки K_3 через нормированные значения факторов в следующем виде

$$\hat{y} = 1,3403 - 0,876x_1 + 0,391x_2 + 0,379x_3 - 0,237x_1x_2 - 0,229x_1x_3 + \\ + 0,102x_2x_3 - 0,055x_1x_2x_3 + 0,147x_1^2 + 0,197x_2^2 + 0,197x_3^2. \quad (11)$$

Расчётные значения функции цели, определённые по (11), приведены в столбце №13 в матрице плана эксперимента. С помощью формулы (6) также получено уравнение удельного расхода электро-

энергии технологической линии через факторы в физических единицах

$$\begin{aligned}
 W_{yd} = & 7,3923 - 0,0621 Q - 0,3417 P_1 - 11,7363 K_3 + \\
 & + 0,00004 Q P_1 + 0,002 Q K_3 + 0,2722 P_1 K_3 - 0,0105 Q P_1 K_3 + \quad (12) \\
 & + 0,003 Q^2 + 0,0079 P_1^2 + 8,7556 K_3^2.
 \end{aligned}$$

Для исследования области оптимума параметра оптимизации \hat{y} необходимо уравнение (11) представить в типичной канонической форме, переход к которой осуществляется переносом начала координат факторного пространства в точку S_z центра поверхности отклика и поворотом осей на некоторый угол до совмещения с главными осями геометрической поверхности. При этом параллельный перенос начала координат в центр устраняет линейные члены в уравнении регрессии (11) и изменяет величину свободного члена b_0 , а поворот осей исключает взаимодействие факторов в исходном уравнении. Перенос начала координат и поворот осей обеспечивается по известным правилам аналитической геометрии.

Для определения координат нового центра поверхности отклика S_z уравнение (11) следует продифференцировать по каждой переменной x_1 , x_2 и x_3 и частные производные приравнять к нулю.

$$\begin{cases}
 \frac{\partial \tilde{y}}{\partial x_1} = -0,876 - 0,237x_2 - 0,229x_3 + 0,294x_1 - 0,055x_2x_3 = 0; \\
 \frac{\partial \tilde{y}}{\partial x_2} = 0,391 - 0,237x_1 + 0,102x_3 + 0,394x_2 - 0,055x_1x_3 = 0; \\
 \frac{\partial \tilde{y}}{\partial x_3} = 0,379 - 0,229x_1 + 0,102x_2 + 0,394x_3 - 0,055x_1x_2 = 0.
 \end{cases} \quad (13)$$

Решая систему уравнений (13), получим координаты центра поверхности отклика

$$\tilde{\sigma}_{1s} = 1; \quad \tilde{\sigma}_{2s} = -0,357; \quad \tilde{\sigma}_{3s} = -0,333; \quad Y_s = 0,559,$$

что соответствует следующим значениям факторов и параметра оптимизации:

$$Q = 20 \text{ т/ч}; \quad P_1 = 19,215 \text{ кВт}; \quad K_3 = 0,6; \quad W_{yd} = 0,568 \text{ кВт}\cdot\text{ч/т}. \quad (14)$$

Для получения аналитической и графической интерпретации области оптимума параметра оптимизации, описываемого уравнением (11), а также определения значений факторов Q , P_1 и K_3 , близких к оптимальным, воспользуемся методом двумерных сечений поверхности отклика. Построение двумерных сечений поверхности отклика пара-

метра оптимізації виконується в наступній послідовності. В рівняння регресії виду (11), незалежно від кількості факторів, підставляють близькі до оптимального значення або рівних 0, нульовому або базовому рівню всіх факторів, крім двох. В результаті рівняння (11) приводиться до рівняння регресії, виражає залежність параметра оптимізації від двох факторів. Після диференціювання такого рівняння по двом змінним і прирівнявши частині похідні нулю, визначаються координати центра і величина параметра оптимізації Y_s . Залежність параметра оптимізації від двох факторів можна представити на площині кривою ліній, названою ліній рівного відклику або контурною кривою. Ставляючи різні значення параметра оптимізації, можна побудувати сімейство таких кривих, даючи наглядне представлення про вплив двох факторів на параметр оптимізації. Аналогічно можна побудувати двовимірні сечення для кожної пари з числа досліджуваних факторів.

Розглянемо, застосовуючи до отриманого рівняння регресії (11), три варіанти двовимірних сечень поверхні відклику, з побудовою і аналізом сімейства контурних кривих.

1. Приймаємо в (11) $x_1 = 0$, що відповідає значенню фактора $Q = 13,0$ т/ч (табл. 1). В цьому випадку двовимірне сечення буде характеризувати вплив факторів P_1 і K_3 на параметр оптимізації W_{y0} . Рівняння (11) примет вид

$$\hat{y} = 1,3403 + 0,391x_2 + 0,379x_3 + 0,102x_2x_3 + 0,197x_2^2 + 0,197x_3^2.$$

Рівняння в частинних похідних

$$\frac{\partial \tilde{y}}{\partial x_2} = 0,391 + 0,102x_3 + 0,394x_2 = 0;$$

$$\frac{\partial \tilde{y}}{\partial x_3} = 0,379 + 0,102x_2 + 0,394x_3 = 0;$$

$$\tilde{o}_{2s} = -0,793; \quad \tilde{o}_{3s} = -0,752; \quad Y_s = 1,041,$$

що відповідає значенням факторів $P_1 = 17,06$ кВт; $K_3 = 0,537$ і $W_{y0} = 1,04$ кВт·ч/т.

Для канонічного перетворення розв'язується система:

$$f(B) = \begin{vmatrix} 0,394 - B & 0,5 \cdot 0,102 \\ 0,5 \cdot 0,102 & 0,394 - B \end{vmatrix} = (0,394 - B)(0,394 - B) - 0,0026 = 0.$$

Собственными числами даного характеристического уравнения будут

$$B_{22} = 0,343; \quad B_{33} = 0,445.$$

Каноническое уравнение будет иметь вид

$$Y - 1,041 = 0,343X_2^2 + 0,445X_3^2.$$

Контурные кривые являются эллипсами. Центр эллипса будет минимумом. Поверхность отклика функции цели и её двумерные сечения для ЗАВ-20 при $x_1 = 0$ приведены на рис. 1 (а, б).

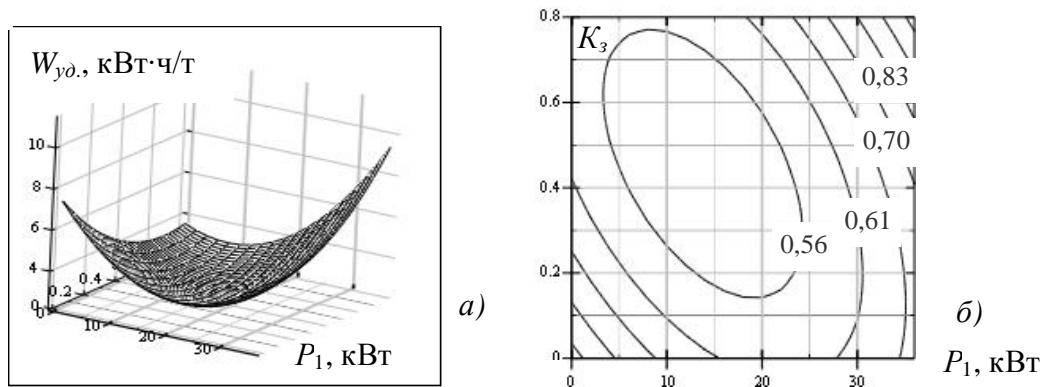


Рис. 1. Поверхность отклика функции цели (а) и её двумерные сечения (б) для ЗАВ-20 при $x_1 = 0$.

Аналогично выполняются двумерные сечения при $x_2 = 0$ и $x_3 = 0$ и определяются координаты центра S_z и параметр оптимизации Y_s .

2. При $x_2 = 0$, т.е. принимается $P_1 = 21$ кВт. Координаты центра $x_{1S} = -4,016$; $x_{3S} = 1,406$; $Y_s = -1,178$, что соответствует $Q = 15,11$ т/ч; $K_3 = 0,5$ и $W_{y.d.} = 1,178$ кВт·ч/т.

Каноническое уравнение будет иметь вид

$$Y + 0,178 = 0,22X_1^2 + 0,468X_3^2.$$

Контурные кривые являются окружностью, круглая впадина. Центр окружности будет минимумом. Поверхность отклика функции цели и её двумерные сечения для ЗАВ-20 при $x_2 = 0$ приведены на рис. 2 (а, б).

3. При $x_3 = 0$, т.е. принимается $K_3 = 0,65$. Координаты центра $x_{1S} = -4,2$; $x_{2S} = 1,55$; $Y_s = -0,209$, что соответствует $Q = 16,4$ т/ч; $P_1 = 28,5$ кВт и $W_{y.d.} = 0,209$ кВт·ч/т.

Каноническое уравнение будет иметь вид:

$$Y + 0,209 = 0,217X_1^2 + 0,472X_2^2.$$

Контурные кривые являются окружностью. Центр окружности будет минимумом. Поверхность отклика функции цели и её двумерные сечения для ЗАВ-20 при $x_3 = 0$ приведены на рис. 3 (а, б).

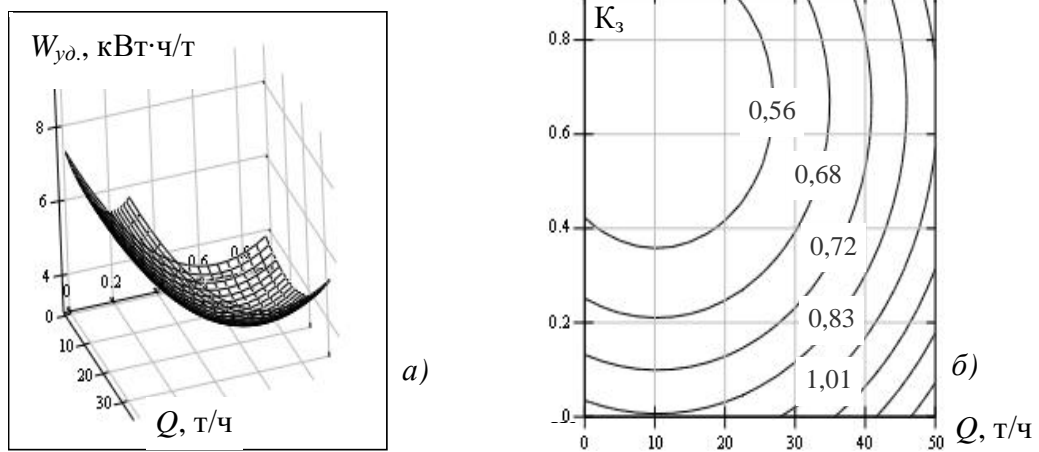


Рис. 2. Поверхность отклика функции цели (а) и её двумерные сечения (б) для ЗАВ-20 при $x_2 = 0$.

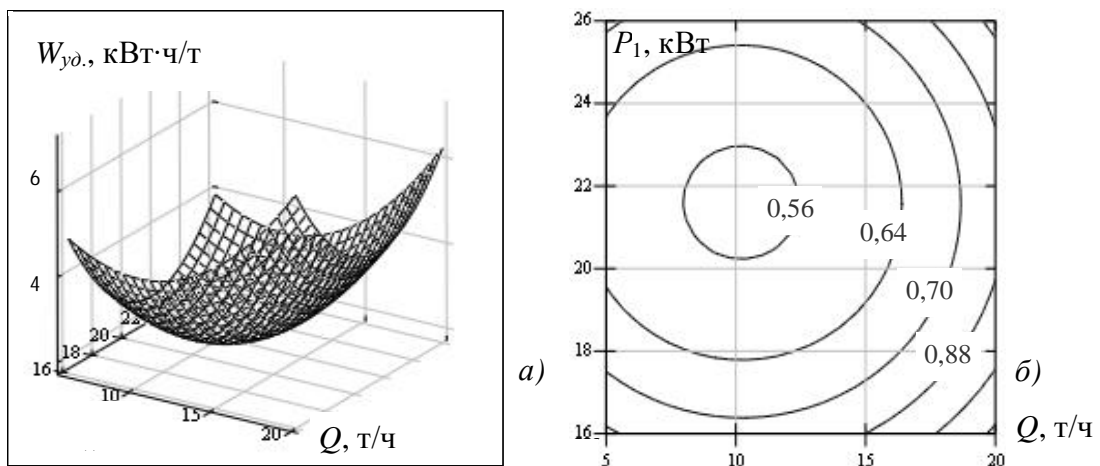


Рис. 3. Поверхность отклика функции цели (а) и её двумерные сечения (б) для ЗАВ-20 при $x_3 = 0$.

Выполнение всех возможных двумерных сечений поверхностей отклика даёт наглядное представление о значениях параметра оптимизации при варьировании уровней каждой пары факторов.

Полученные в результате расчётов данные обрабатывались на ПЭВМ с использованием прикладных программ Microsoft Excel 2000, Matchad-2000. В результате расчетов было установлено, что минимум удельного расхода электроэнергии $W_{уд.} = 0,568$ кВт·ч/т обеспечивается у ЗАВ-20 и ЗАР-5 при $Q = 20$ т/ч, $P_1 = 19,215$ кВт, $K_3 = 0,6$.

Выводы. В работе впервые приводится систематическое изложение методологии перестройки математической модели объекта ис-

следования методом планирования математического эксперимента (ПМЭ) с целью анализа и решения задачи оптимизации объекта с помощью ЭВМ.

Для наглядности методология перестройки излагается на примере оптимизации технологического процесса очистки зерна на поточной линии агрегата ЗАВ-20 зернопункта сельскохозяйственного предприятия. В результате расчётов на ЭВМ, с использованием стандартных прикладных программ, установлено, что минимум удельного расхода электроэнергии $W_{уд.} = 0,568$ кВт·ч/т обеспечивается на агрегате ЗАВ-20 при следующих значениях основных факторов, влияющих на удельный расход электроэнергии: производительности $Q = 20$ т/ч, присоединённой мощности электрооборудования $P_1 = 19,215$ кВт и коэффициента загрузки оборудования $K_3 = 0,6$ при максимальном качестве очищенного зерна.

Литература

1. Адаменко А.И. Применение методов планирования эксперимента для построения математической модели серии оптимальных вариантов асинхронных двигателей / А.И. Адаменко, В.И. Кисленко, Г.В. Лукина, Л.Б. Ракитский // Проблемы технической электродинамики. Республиканский межведомственный сборник. – К.: Наук. думка, 1973. – С.3–14.
2. Новаковская З.Д. Применение методов планирования эксперимента для решения задач синтеза при проектировании шаговых двигателей / З. Д. Новаковская // Труды МЭИ. – М.: МЭИ, 1972, Вып. 138. – С.165–169.
3. Новаковская З.Д. Методология перестройки модели проектирования электрической машины в модель, приспособленную к решению задач синтеза по стандартным программам на ЦВМ / З.Д. Новаковская, Е.Ф. Кулевская // Электромеханика: Изв. высш. учеб. завед., 1976, №12. – С.1395–1399.
4. Ивоботенко Б.А. Планирование эксперимента в электромеханике / Б.А. Ивоботенко, Н.Ф. Ильинский, И.П. Копылов. – М.: Энергия, 1975. – 184 с.
5. Дидур В.А. Научное обоснование удельных расходов электроэнергии при очистке зерна методом математического планирования эксперимента / В.А. Дидур, Е.П. Масюткин, М.В. Постникова, В.А. Масловский // Праці інституту електродинаміки НАН України. – Київ, 2008. – Вип. 19. – С.94–98.

6. Ковальов О.В. Оптимізація експлуатаційних показників електромоблоку методом планування експерименту / О.В. Ковальов, Ю.М. Куценко, М.А. Рубцов, Г.Н. Назар'ян // Праці ТДАТУ. – Вип. 11, Т. 4. – Мелітополь, ТДАТУ, 2011. – С.187–200.

7. Мельников С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С.В. Мельников, В.Р. Алёшкин, П.М. Роцин. – Л.: Колос, 1980. – 168 с.

8. Назар'ян Г.Н. Практический курс планирования эксперимента / Г.Н. Назар'ян. – Мелітополь: ТГАТА, 1999. – 66 с.

МЕТОДОЛОГІЯ ПЕРЕБУДОВИ СКЛАДНОЇ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДОМ ПЛАНУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ ДЛЯ АНАЛІЗУ ТА ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ ОПТИМІЗАЦІЇ ОБ'ЄКТУ

Назар'ян Г.Н., Карпова О.П., Постнікова М.В.

Анотація

В роботі розглядаються особливості і методологія перебудови математичної моделі об'єкту дослідження методом планування математичного експерименту з ціллю аналізу і вирішення задачі оптимізації за стандартними програмами на ЕОМ.

METHODOLOGY OF THE REALIGNMENT TO COMPLEX MATHEMATICAL MODEL OF THE OBJECT OF THE STUDY BY METHOD OF THE PLANNING THE MATHEMATICAL EXPERIMENT FOR ANALYSIS AND DECISIONS OF THE PROBLEM TO OPTIMIZATION THE OBJECT

G. Nazaryan, A. Karpova, M. Postnikova

Summary

In functioning are considered particularities and methodology of the realignment to mathematical model of the object of the study by method of the planning the mathematical experiment for the reason analysis and decisions of the task to optimization on standard program on ECM.