Расчет № 2. На территории школы находится 15 светильников с мощностью 100 ватт каждый, а также 15 прожекторов, находящихся на спортивных площадках, с мощностью 75 ватт каждый, стоимость их установки составляет 390 тысяч рублей. При использовании солнечных батарей срок окупаемости составляет 1,5-2 года.

Вывод: традиционное электричество стоит дешевле, но энергосберегающие лампы гораздо эффективнее, к примеру лампы, на солнечных батареях намного долговечнее обычных светодиодных ламп, потребляют меньше электроэнергии, высокая светоотдача и устойчивость к внешнему воздействию делают обслуживание данных ламп дешевле чем светодиодных, лампы на солнечных батареях работают больше чем светодиодные на 20000 часов.

УДК 632

ИНТЕРВАЛЬНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ УСТРОЙСТВА ДЛЯ КОШЕНИЯ ТРАВЫ КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

Судник Юрий Александрович*, профессор кафедры автоматизации и роботизации технологических процессов имени И.Ф.Бородина, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

Анашин Дмитрий Викторович*, старший преподаватель кафедры автоматизации и роботизации технологических процессов имени И.Ф.Бородина, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

Аннотация. *Предложен метод интервальной идентификации объектов автоматического управления на примере устройства для кошения травы.*

Ключевые слова: *интервальная идентификация, объект управления, устройство для кошения травы.*

Известная система предпосылок, в основном статистического характера (детерминированность входных переменных и параметров, равноточность и некоррелированность выходных переменных, нормальный закон их распределения), на которой базируется классический регрессионный анализ (широко применяемый для идентификации объектов управления - ОУ), в реальных задачах нередко не соблюдается. К тому же, в известных методах моделирования ОУ не всегда учитываются различного рода погрешности и ошибки измерений, величины которых в отдельных случаях могут быть соизмеримы с уровнями контролируемых полезных сигналов [1].

В последнее время в качестве вычислительных методов, гарантирующих точность результатов исследований, используется аппарат интервальной математики, в котором реальные числа $a, b\ldots$ заменяются интервалами, которые обозначаются как $[a],[b],\ldots$. Под интервалом $[a]=[a^-,a^+], a^- \le a^+$ будем понимать замкнутое ограниченное подмножество R всех вещественных чисел x вида

$$[a]=[a^-,a^+]=\{x \in R \wedge a^- \le x \le a^+\}, \qquad (1)$$

т. е. a может принимать любое значение внутри интервала, левая и правая границы которого обозначаются соответственно как a^- и a^+.

Предлагаемый метод интервальной идентификации позволяет использовать нестатистический подход. Так, измеренное значение сигнала $\tilde{y}(x)$ на выходе ОУ имеет вид:

$$\tilde{y}(x)=y(x)+e_y, \qquad (2)$$

где $y(x)$ – истинное значение сигнала на выходе ОУ;

x – значение сигнала на входе ОУ;

e_y – помеха, приложенная к выходу ОУ (обусловлена ошибками измерений, случайными, систематическими, прогрессирующими погрешностями измерительных преобразователей, различными неопределенностями, шумами, неконтролируемыми возмущениями и др.)

Примем следующие допущения относительно значения помехи e_y:

1. Измерение точных (истинных) значений выходных сигналов ОУ невозможно из-за помехи, искажающей истинное значение выходного полезного сигнала, которая может быть представлена в виде аддитивного шума.

2. Амплитуда помехи e_y ограничена и может принимать любые значения на заданном интервале $[-\Delta;+\Delta]$, при этом абсолютная погрешность Δ известна, т. е. $e_y < |\Delta|$.

3. Закон распределения помехи не определяется, нередко он имеет неслучайный характер.

Объекты управления, для которых свойственны изложенные предпосылки, называют объектами с ограниченной по амплитуде ошибкой или объектами с интервальной неопределенностью. Классическая процедура моделирования ОУ заключается в определении значений выходного сигнала при подаче на вход различных воздействий.

Рассмотрим вариант построения интервальной модели устройства для кошения травы (УКТ) как ОУ при наличии ошибок измерений только выходного сигнала (с допущением, что ошибки измерений входных сигналов отсутствуют).

Алгоритм построения такой модели включает выполнение следующих процедур:

1. Проведение эксперимента. Пусть ОУ содержит вектор $\vec{x}_i$. В результате проведения эксперимента с N опытами получены значения $\vec{x}_i$, $[y_i]$, где каждому $\vec{x}_i$ будет соответствовать интервал $[y_i]$, т. е. $x_i \Rightarrow [y_i]$, где $i = 1,\ldots,N$ – количество опытов, наблюдений входного вектора $\vec{x}_i$ и выходной переменной $[y_i]$.

При сформулированных выше предпосылках истинное значение сигнала y_i на выходе ОУ в каждом из опытов гарантированно принадлежит заданному интервалу $[y_i]$: $y_i - \Delta \le y_i \le y_i + \Delta; e \Rightarrow \Delta$.

2. Принятие математической модели УКТ и оценка её параметров. Модель ОУ может быть записана в виде:

$$y = \sum_{j=1}^{n} a_j \varphi_j(\vec{x}) \ , \qquad (3)$$

где a_j – неизвестные параметры (коэффициенты);

$\varphi_j(\vec{x})$ - известные базисные функции модели ОУ.

При этом в условиях интервальной неопределённости $[y_i]$существует бесчисленное множество параметров a_j модели, которые принадлежат некоторому множеству Ω_a, т.е. $a_j \in \Omega_a$(рис. 1). Так как область Ω_a имеет сложную форму, то обычно её заменяют прямоугольником (представлен пунктирными линиями) $[\vec{a}]$, который определяет интервалы на отдельные коэффициенты

$$a_j\text{, т. е. } [\vec{a}] = \{[a_1],[a_2],\ldots,[a_n]\}. \qquad (4)$$

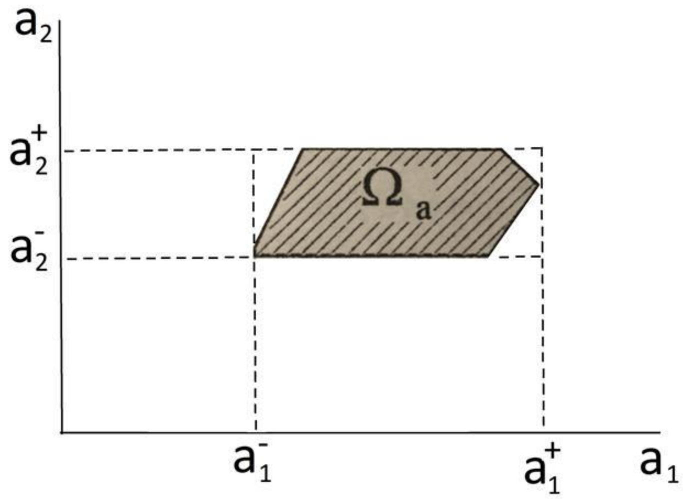

Рис. 1 Область множества возможных значений параметров модели МТА как ОУ (для случая $n = 2$)

Таким образом, в методе интервальной идентификации задача построения модели ОУ заключается в нахождении множества Ω_a, которое не противоречит экспериментальным данным. При этом такая интервальная модель не противоречит экспериментальным данным только тогда, когда она проходит через все N- интервалы (рис. 2).

$$\sum_{j=1}^{n} a_j \varphi_j (\cdot \vec{x}) \in [y_i^-, y_i^+] \tag{5}$$

$$\text{или } y_i^- \le \sum_{j=1}^{n} a_j \varphi_j (\cdot \vec{x}) \le y_i^+, \; i = \overline{1, N}. \tag{6}$$

Для фиксированных $\vec{x}_i$ (для каждого i-го опыта) такие соотношения являются системой линейных неравенств (в пространстве параметров a_j), решив которые можно найти множество Ω_a допустимых моделей исследуемого ОУ. Рассмотрим основные свойства множества Ω_a:

а) область Ω_a является выпуклой фигурой в виде многогранника; б) вектор неизвестных параметров $\vec{a}_j$ принадлежит области Ω_a, т.е. $\vec{a}_j \in \Omega_a$; в) если количество опытов $N \to \infty$, то $\lim \Omega_a \to a_o$ (a_o – точечная оценка параметра).

3. Определение интервальных и точечных оценок параметров модели. Интервальные оценки параметров (коэффициентов) модели находятся из условия

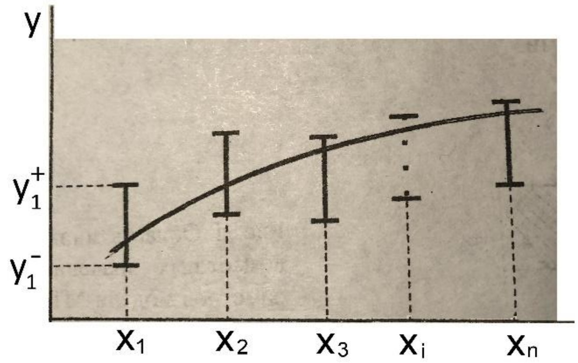

Рис. 2. **Модель ОУ, адекватная интервальным измерениям**

$a_j^- = \min a_j$ и $a_j^+ = \max a_j$, причем $\vec{a}$ Ω_a, а $a_j \in [a_j^-, a_j^+]$. $j \equiv \overline{1, n}$

.

Точечная оценка a_j параметров модели определяется любым вектором $\vec{a}$, принадлежащим области Ω_a. Так, средняя оценка параметра $\bar{a}_j = \dfrac{a_j^- + a_j^+}{2}$ при $j = \overline{1, n}$.

4. ***Оценка адекватности и характеристика точности модели***. *Выбранная модель не должна противоречить экспериментальным данным и требует включения всех необходимых базисных функций* $\varphi_j(\vec{x})$*. При этом, если множество* $\Omega_a \neq 0$*, то такая модель считается адекватной объекту.*

Точность δ модели определяется величиной:

$$\delta = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\frac{y_i^{+} - y_i^{-}}{y_i^{+} + y_i^{-}} \quad . \tag{7}$$

При $\delta \leq \varepsilon$ модель считается работоспособной и удовлетворяющей допустимому значению ошибки ε точности модели.

Точные интервальные модели позволяют достоверно оценивать возможные значения показателей качества (время регулирования, перерегулирование, статическая ошибка и др.) переходных и установившихся процессов в автоматических системах.