

Федеральное агентство по образованию
Московский государственный технический университет
«МАМИ»

Кафедра «Автоматика и процессы управления»

Антипенко В.С.
Кононенко Д.А.
Семенова Т.В.

Одобрено методической комиссией
факультета «Автоматизация и
управление»

«Идентификация и диагностика систем»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению курсовой работы

для студентов, обучающихся по специальности 210100
«Управление и информатика в технических системах и по
направлению 550200 «Автоматизация и управление».

Под редакцией профессора,
к.т.н. Харитонова В.И.

Москва – 2005

Антипенко В.С., Кононенко Д.А., Семенова Т.В.

Методические указания по выполнению курсовой работы по дисциплине «Идентификация и диагностика систем» для студентов, обучающихся по направлению 220200.62(550200) и специальности 220201.65(210100).

С. 20, рис. 10, табл. 4, прил. 2, Библ. 4, МАМИ, 2005 г.

В методических указаниях представлена информация, необходимая для выполнения студентами курсовой работы по дисциплине «Идентификация и диагностика систем».

Приведены требования по содержанию, объему, структуре и расчетам курсовой работы. Дано подробное описание выполнения расчетов и построения характеристик на базе программной математической системы электронных систем Excel.

Московский государственный технический университет «МАМИ» 2005 г.

1. Задачи идентификации.

Идентификация – установление коэффициентов уравнений моделей объектов по наблюдаемым данным, т.е. сравнение $u_{\text{вход}}$ и $u_{\text{выход}}$.

Принципы идентификации:

- 1) выбор уравнения, использующего экспериментальные данные и аппроксимирующего уравнения объекта;
- 2) выбор критерия качества аппроксимации (функционал потерь);
- 3) выбор метода оптимизации критерия.

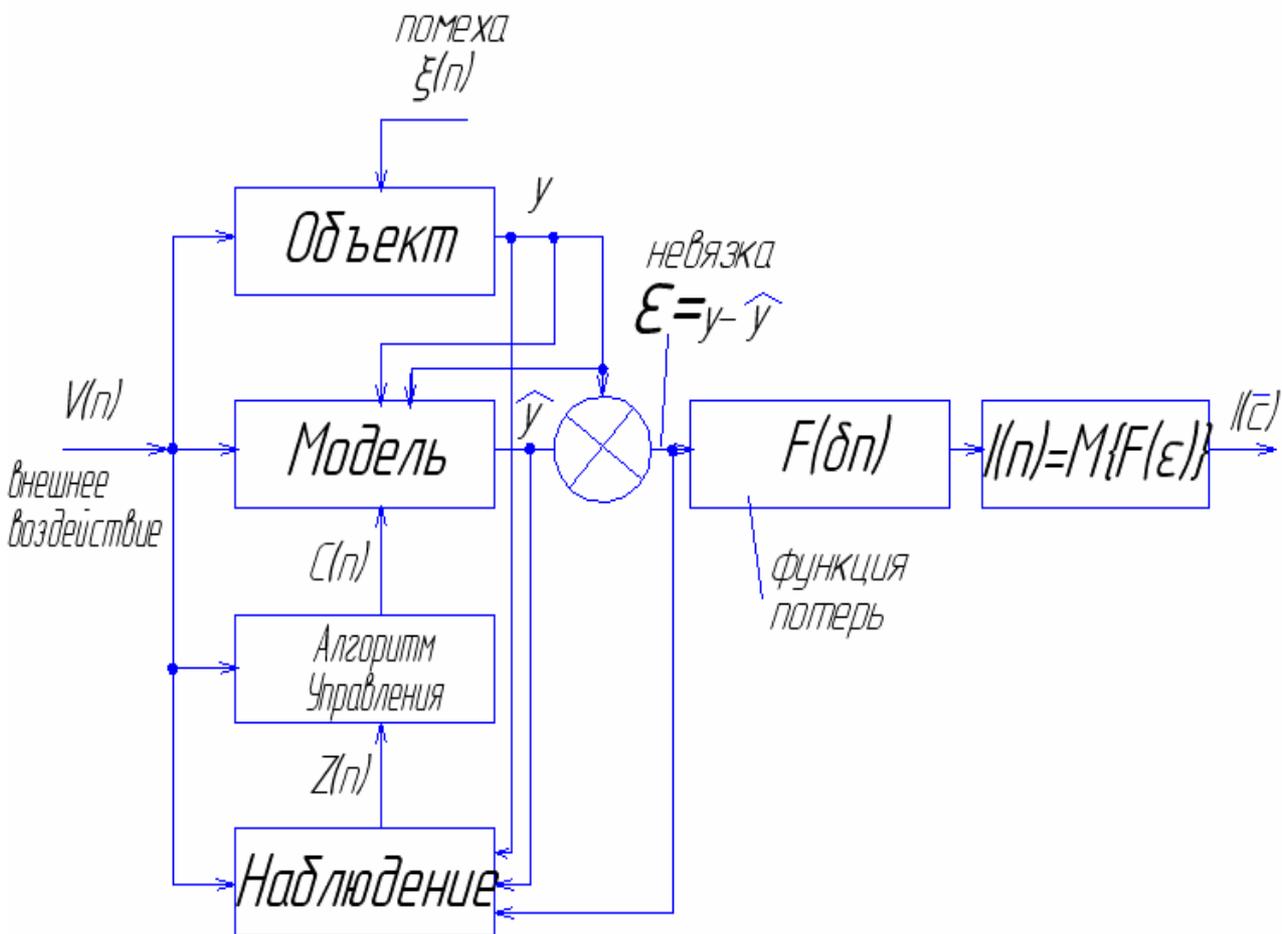


Рис. 1. Функциональная схема идентификации.

Идентификация осуществляется (рис.1) при помощи *настраиваемой модели* определенной структуры, параметры которой могут изменяться. В каждый момент времени $n=1,2,\dots$ ко входам объекта и настраиваемой модели приложено внешнее воздействие $V(n)$. Объект возмущается также некоторой случайной ненаблюдаемой помехой $\xi(n)$.

2. Методы решения задач идентификации.

Для решения задачи идентификации нужно:

1. Очертить класс объектов.
2. Выбрать настраиваемую модель (модель с переменными параметрами).
3. Выбрать критерий качества – средние потери (невязка, рассогласование) для характеристики выходных параметров объекта и модели.
4. Построить алгоритм минимизации потерь на основе априорной информации при наличии помех.
5. учитывая вероятностный характер модели объекта, применить алгоритмы стохастической аппроксимации, при этом необходимо использовать методологию:

- системность – учет места объекта в многоуровневой иерархии уравнения хозяйственным комплексом, в который входит объект.
- комплексность – учет всесторонних последствий функционирования объекта.

Учет экономической эффективности:

- а) выбор функций качества (экономических функций);
- б) построение функционалов качества, полнота модели, гибкость с изменением структуры объекта, блочный характер (добавлять, убирать), обратная связь с объектом.

Учет и выбор параметров (исходная информация):

- а) формализуемые параметры;
- б) не формализуемые параметры.
 - динамичность параметров
 - стохастичность
 - ограниченность выборок и влияние ограниченности на последствия принимаемых решений
- в) необходимость информационных систем, базы данных, мониторинга.

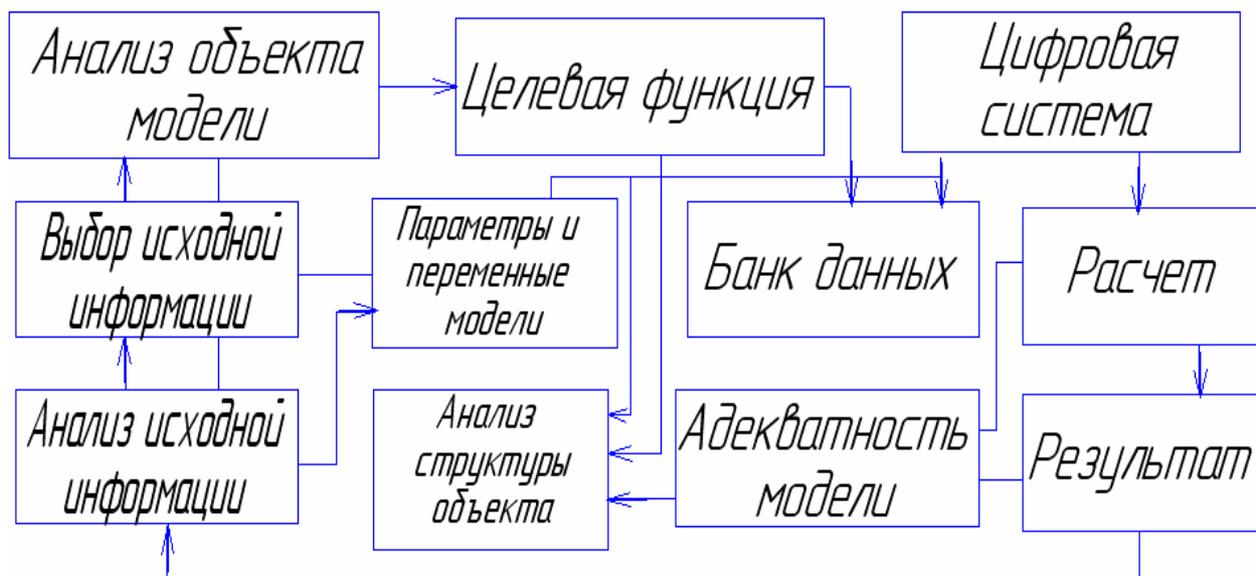


Рис. 2. Блок-схема решения задач идентификации.

3. Классификация объектов идентификации.

Динамические объекты описываются дифференциальными, интегральными или функциональными уравнениями относительно некоторых координат, характеризующее их состояние, но для удобства обработки информации об объекте будем пользоваться разностными или суммарными уравнениями.

Если помеха ξ на входе (рис. 3), то

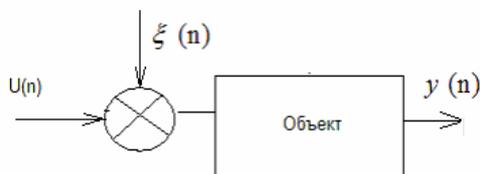


Рис. 3

$$y_n = K \cdot (U(n) + \xi(n)) \quad (1)$$

$K=K_\xi=K_n$ - $K_{n,\xi}$ - передаточные функции по воздействию «U(n)» и возмущению « $\xi(n)$ ».

Если помеха ξ на выходе (рис. 4), то



Рис. 4.

$$y = K_n \cdot U(n) + \xi(n) \quad \text{- регрессионные объекты (P- объекты)} \quad (2)$$

$$y = K_\xi \cdot \xi(n) \quad \text{- авторегрессионные объекты (АР- объекты)} \quad (3)$$

Критерий эффективности модели:

Настраиваемая модель должна вырабатывать величину $y^{\wedge}(n)$ на основе $x(n)$ - $y(n)$ (рис. 1):

$$\text{- Невязка: } E(t) = y(t) - y^{\wedge}(t) \quad (7)$$

$$\text{- Критерий: } M \left\{ (\varepsilon)^2 \right\} \rightarrow \min_{ab} \quad (8)$$

$M \left\{ (x) \right\}$ - функция нахождения математического ожидания.

где характеристические полиномы находятся из систем уравнений:

$$\begin{cases} ax_i^2 + bx_i + (a+b) = y_i \\ ax_j^2 + bx_j + (a+b) = y_j \end{cases}$$

Коэффициент минимизации критерия, I – соответствие настраиваемой модели объекту, т.е. качество идентификации и определяется средними потерями:

$$I(\vec{c}) = \int Q(\vec{x}, \vec{c}) f(\vec{x}) d\vec{x} \quad (9)$$

Внешнее управление искомой функцией: $\vec{c} = \{c_1, \dots, c_N\}$

Случайный вектор: $\vec{x} = \{x_1, \dots, x_N\}$ - переменная величина, по которой вычисляется математическое ожидание.

$Q(x, c)$ – функция характеризующая реакцию объекта управления при воздействии на него управляющего вектора c .

$f(x)$ – функция плотности распределения вероятностей (ФПРВ).

Так как функция плотностей распределения вероятностей неизвестна (априорной информации мало), то используем стохастическую аппроксимацию, используя условия сходимости:

$$C(n) = c(n) - \Gamma(n+1) \nabla_c Q(\vec{x}(n), C(n)) \quad (11)$$

Сходимость «почти-наверное»:

$$\left. \begin{aligned} \lim M\{|C(n) - C^*|^2\} = 0 \\ P\{\lim\{\|C(n) - C^*\|^2\} = 0\} = 1 \end{aligned} \right\} P\{\lim\{I(C(n) - \text{extr}I(C)) = 0\} = 1\} = 1 \quad (12)$$

Алгоритм обучения «почти наверное» сходится, если:

а) $M_x \{ \nabla_c^t Q(x, c) \nabla_c Q(x, c) \} \leq d(a + \|c\|^2)$, $\alpha = 0$ или 1 , т.е. градиент реализации должен расти не быстрее модуля вектора c по линейному закону.

б) элементы $\Upsilon_v[n]$ диагональной матрицы $\Gamma[n]$ таковы, что

$$0 < \Upsilon_v[n] \leq \Upsilon_0(\alpha, \beta),$$

$$\sum_{n=1}^{\infty} \Upsilon_v[n] = \infty,$$

$$(\alpha + \beta) \sum_{n=1}^{\infty} \Upsilon_v^2[n] < \infty,$$

где $\beta = 1$, если случайный градиент $\nabla_c Q(\mathbf{x}, \mathbf{c})$ измеряется с помехами ограниченной дисперсии и нулевым средним, и $\beta = 0$, если помех нет.

Смысл этих требований достаточного критерия сходимости весьма прост. Требование а) налагает ограничения на порядок роста функционала, а значит, и градиента, т.е. градиент $\nabla J(\mathbf{c})$ должен расти при росте нормы \mathbf{c} не быстрее линейного закона.

Требование б) соответствует тому, что дискретный алгоритм обучения должен обеспечить минимум или нижнюю грань функционала. При этом $\Upsilon_v[\mathbf{n}]$ ($v = 1, 2, \dots, N$) должны так уменьшаться, чтобы устранять влияние помех, но не настолько быстро, чтобы остановиться в точке, отличной от точек минимума. При отсутствии помех $\beta = \alpha = 0$ и можно принять $\Upsilon_v[\mathbf{n}]$ ($v = 1, 2, \dots, N$) постоянным или стремящимся с ростом \mathbf{n} к постоянным величинам.

4. Содержание курсовой работы

Курсовая работа выполняется в соответствии с ниже приведенным подробным перечнем вопросов:

1. Введение. Назначение рассматриваемой системы автоматического управления (САУ). Области применения данных систем. Возможные способы реализации таких систем.
2. Принципиальная схема САУ. Описание принципиальной схемы.
3. Функциональная схема участка САУ выбранного для расчета. Его описание. Выделение объекта управления (ОУ) и устройства управления (УУ).
4. Структурная схема САУ. Описание структурной схемы.
5. Принципы решения задачи идентификации. Выбор метода решения для заданного участка системы.
6. Вывод передаточных функций для элементов системы.
7. Классификация участка САУ.
8. Вывод и расчет функции по возмущению для системы.
9. Расчет передаточных функций системы.
10. Расчет и построение функции истинного решения.
11. Расчет управляющих векторов (а, b) искомой функции.
12. Расчет и построение графика y^{\wedge} .
13. Расчет ошибки рассогласования выхода системы и модели.
14. Расчет критерия эффективности модели.
15. Выводы и заключения по работе.

5. Оформление курсовой работы.

5.1. Часть 1. Теоретическая.

В первой (теоретической) части курсовой работы производится описание принципа действия системы, приводятся структурные, функциональные и принципиальные схемы.

Данная часть курсовой работы пишется в соответствии с **вопросами №1 - №7** приведенного выше перечня. Изложение материала должно быть четким, последовательным и технически грамотным.

Последовательность и структура изложения выбирается студентом самостоятельно в зависимости от вида и типа описываемой системы.

Следует обратить наибольшее внимание на отличительные особенности и технические вопросы функционирования данной конкретной системы.

Следует особенно подчеркнуть, что данная часть является теоретической, и при её написании следует пользоваться лекциями, технической литературой и учебниками.

5.2. Часть 2. Расчетно-графическая.

Расчетно-графическая часть выполняется по выданным руководителем исходным числовым данным. Все расчеты базируются на исходном выделенном участке системы.

В расчетной части должны быть проведены расчеты, получены данные и построены графики в соответствии с **вопросами №7 - №15** приведенного выше перечня вопросов.

При этом наиболее целесообразно проводить расчеты в последовательности, соответствующей данным вопросам по перечню.

К расчетным материалам обязательно приводятся все необходимые пояснения, комментарии, и прочие данные.

5.2.1. Проведение расчетов курсового проекта для системы автоматического потенциометра, согласно приведенному перечню вопросов, подлежащих рассмотрению.

Пример выполнения расчетно-графической части курсовой работы выполнен в программе электронных таблиц Excel и в качестве примера может быть получен у преподавателя.

Вывод передаточных функций для выбранного элемента системы.

Задан участок системы, приведенный на рис. 5.

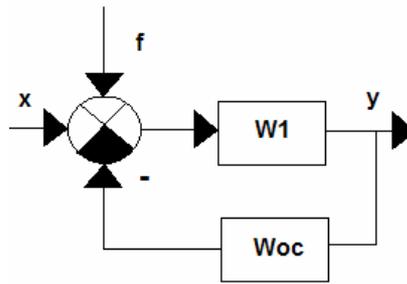


Рис. 5. Исследуемый участок САУ.

Исходные данные:

$$K_{\Sigma}, K_{\text{дв}}, \tau_{\text{мех}}, \tau_{\text{эл}},$$

$$W_{\text{ос}}, A_0, A_1 = \tau_{\text{мех}}, A_2 = \tau_{\text{мех}} \cdot \tau_{\text{эл}}, B_1, B_0 = K_{\Sigma} \cdot K_{\text{дв}}$$

2. Выполним классификацию элемента.

Из рис. 5 видно, что система имеет помеху на входе. В этом случае используем функцию (1):

$$y_n = W_1 \cdot (x_n + f(t))$$

где W_1 – передаточные функции по воздействию «x» и возмущению «f».

Передаточная функция данного элемента САУ (рис.5. – W_1) в общем, виде описывается так:

$$W_1(p) = \frac{y(p)}{x(p)} = \frac{K_0}{T_1 p + 1} = \frac{B_0}{A_2 p^2 + A_1 \cdot p + A_0} \quad (3)$$

где $K_0 = B_0/A_0$; $T_1 = A_2/A_0$

Следовательно, передаточная функция замкнутой системы (рис.3) будет иметь вид:

$$W_3(p) = \frac{W_p(p)}{1 + W_p(p) \cdot W_{\text{ос}}(p)} = \frac{B_0}{(A_2 p^2 + A_1 p + (A_0 + B_0)) \cdot W_{\text{ос}}(p)} \quad (4)$$

3. Вывод и расчет функции по возмущению.

Преобразуем данное нам возмущение $f(t)$:

$$f(t) = 8 \cdot \cos(4 \cdot \pi \cdot t) \quad (5)$$

по преобразованиям Лапласа в функцию $F(p)$:

$$F(p) = \frac{8 \cdot p}{p^2 + 16 \cdot \pi^2} \quad (6)$$

так как, $L\{\cos(\alpha \cdot t)\} = \frac{p}{p^2 + \alpha^2}$.

Произведем необходимые расчеты (все расчеты производились по средством электронных таблиц Excel):

При значениях «р» (табл.1):

Таблица 1

Расчет W₃

W ₃₁	W ₃₂	W ₃₃	W ₃₄	W ₃₅	W ₃₆	W ₃₇	W ₃₈	W ₃₉
1,401	1,385	1,366	1,344	1,321	1,296	1,270	1,242	1,213
р	2р	3р	4р	5р	6р	7р	8р	9р
8	16	24	32	40	48	56	64	72
F(p)1	F(p)2	F(p)3	F(p)4	F(p)5	F(p)6	F(p)7	F(p)8	F(p)9
0,289	0,309	0,262	0,217	0,182	0,156	0,136	0,120	0,108

Следовательно, вычисляем преобразованную функцию по возмущению (табл.2) по формуле (6).

Таблица 2

4. Расчет передаточных функций.

Расчет передаточной функции W₁ (табл. 3), производится по формуле (3).

Таблица 3

Расчет W₁

W ₁	W ₂	W ₃	W ₄	W ₅	W ₆	W ₇	W ₈	W ₉
73,487	45,108	31,016	22,818	17,569	13,982	11,411	9,500	8,039

Расчет замкнутой функции W₃ (табл. 4), производится по формуле (4).

Таблица 4

5. Расчет и построение функции истинного решения $y=f(x)$.

Функция истинного решения при помехи на входе (рис.6), с заданным параметром «х», преобразованной функцией возмущения F(p) и передаточной функцией замкнутой системы находится по формуле:

$$y = x * F(p) * W_3 \quad (13)$$

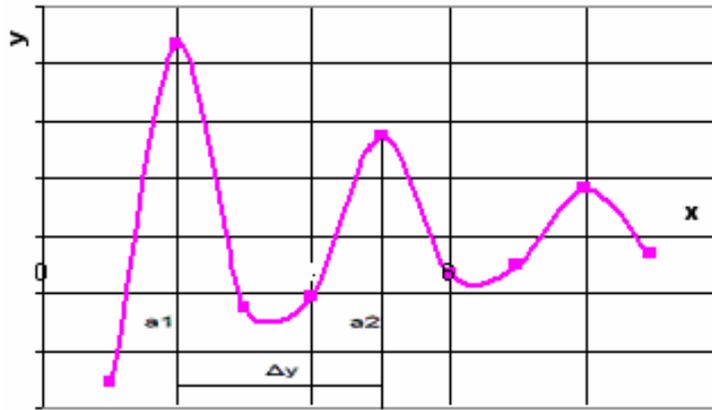


Рис. 6. График функции $f(x)$.

6. Расчет управляющих векторов (a, b) искомой функции.

$$\begin{cases} a_{n+1} = a_n - \frac{const}{n+1} \cdot (y(t) - a_n \cdot x(t) + b_n) \cdot x(t) \\ b_{n+1} = b_n - \frac{const}{n+1} \cdot (y(t) - b_n \cdot x(t) + a_n) \cdot x(t) \end{cases} \quad (14)$$

Из графика на рисунке 4 находим, что начальные условия аппроксимирующего алгоритма:

$$a_0 = \frac{x_1}{2}; \quad b_0 = \frac{2 \cdot \pi}{\Delta y} = \frac{2 \cdot \pi}{(a_2 - a_1)} \quad (15)$$

где x_1 – координата точки a_1 по оси x (рис. 4).

Рассчитаем CONST (принимая условный коэффициент понижения разрядности равным 0,001):

$$const = (x_1 - a_0 \cdot y_1 + b_0) \cdot 0,0001$$

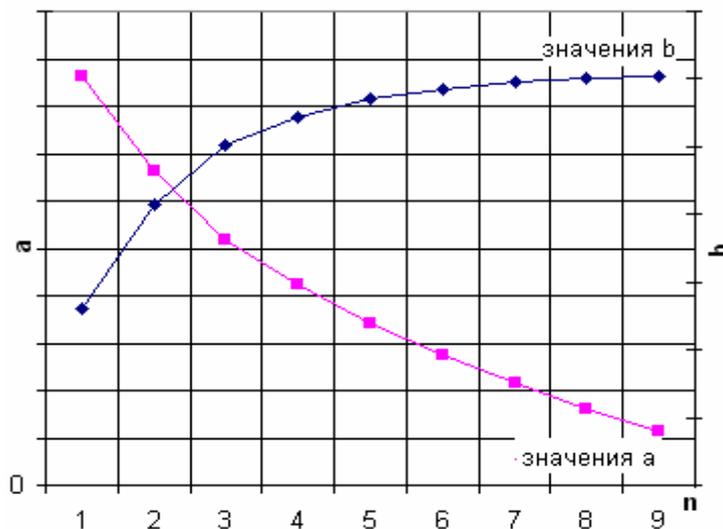


Рис. 7. Диаграмма зависимости «а» и «b» от «n-параметров».

Искомые «а» и «b» находятся методом последовательного приближения, т.е. когда a_n и b_n из графика сходятся к своим оптимальным значениям.

7. Расчет и построение графика y^{\wedge} .

Проводим оптимизацию системы на основе управляющих оптимальных векторов искомой функции:

$$\hat{Y} = a \cdot \sin(b \cdot X) \quad (16)$$

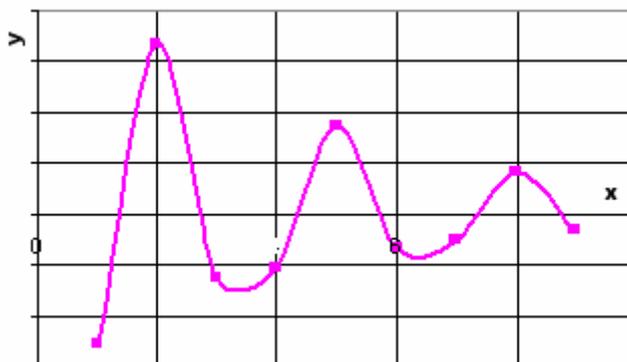


Рис. 8. График функции y^{\wedge} .

После проведения оптимизации системы из графика следует, что коэффициенты «а» и «b» являются свертками (зависят от совокупности всех параметров системы) с переменными «у», так же зависящими от совокупности параметров системы. Следовательно, начальные значения управляющих векторов, приводят искомую функция к фактическому.

8. Расчет ошибки рассогласования выхода системы и модели.

Разность выходных величин объекта и настраиваемой модели образует невязку (рис. 1):

$$E(t) = y(t) - \hat{y}(t) \quad (17)$$

где: $Y(t)$ – истинное решение (выход системы)

$\hat{Y}(t)$ – искомое решение (выход модели)

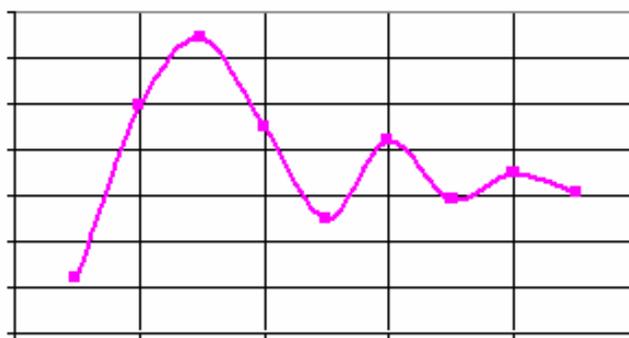


Рис. 9. График ошибки рассогласования.

9. Расчет критерия эффективности модели в случае помехи на входе.

Из найденной ошибки рассогласования и формулы (9) можно записать критерий качества для работы модели:

$$I(a, b) = M \left\{ [a \cdot \sin(b \cdot Y)]^2 \right\} \rightarrow \min_{a,b} \quad (18)$$

где Y берется из формулы (13).

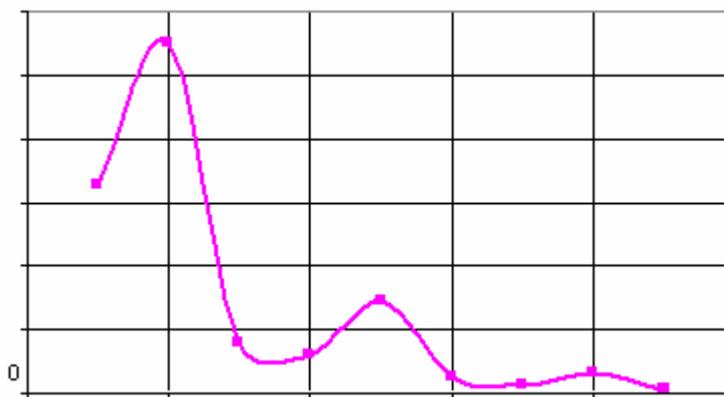


Рис. 10. График функции критерия эффективности системы.

Из графика видно, что критерий эффективности модели сводится к минимуму, что соответствует условию, когда решение задачи идентификации находится в области минимума многомерной поверхности в пространстве (n -параметров) компонентов векторов (a,b) .

5.3. Часть 3. Выводы по курсовой работе.

Приводятся основные результаты, полученные при выполнении всех частях курсовой работы. Результаты должны характеризовать технический уровень изученной и исследованной системы. Делаются общие выводы по работе и полученным результатам.

Дается заключение по эффективности системы.

6. Оформление курсовой работы

Титульный лист должен быть выполнен в соответствии с приложением 1.

После титульного листа помещается **Содержание**.

В «содержании» перечисляются все с указанием страниц, на которых они начинаются.

После содержания помещается **Задание** на курсовую работу, бланк которого оформляется по форме, приведенной в приложении 2.

Далее размещается **Введение**. Во введении дается анализ технического задания на курсовую работу.

После «Введения» размещается основной текст курсовой работы (по разделам) с соответствующими рисунками, таблицами, схемами и графиками, которые размещаются по тексту. Каждая часть (раздел) должна заканчиваться промежуточными выводами (особенно после графиков), в которых должны содержаться основные результаты и ответы на вопросы, рассмотренные в данной главе.

Курсовая работа печатается на одной стороне белой нелинованной писчей бумаги стандартного формата А11 (А4), 210х297 мм. Поля: слева – 30 мм для подшивки; сверху, снизу и справа поля по 20 мм. Заезжание текста и рисунков на поля не допускается. Наиболее предпочтительно использовать шрифт «Times New Roman» с высотой 14 пт, одинарный интервал, нормальная плотность.

Заголовки разделов печатаются прописными буквами без точки в конце. Подпункты (подразделы) печатаются с прописной буквы, далее строчными буквами, без точки в конце. Нумерация – арабскими цифрами, допускаются вложения: 1, 1.1, 1.1.1, 1.1.2, и т.д. Выравнивание заголовков – по левому краю. Все заголовки печатаются тем же шрифтом, что и основной текст.

Формулы набираются на ЭВМ в формульном редакторе или в математической программе. При оформлении курсовой работы на ЭВМ, не допускается вписывать формулы, надписи и вносить исправления от руки.

При невозможности оформить курсовую работу на компьютере, допускается рукописное выполнение. В этом случае, курсовая работа должна быть написана в соответствии с вышеизложенными требованиями (поля, и проч.) от руки, черными или темно-синими чернилами. Почерк должен быть хорошо разборчив и идентичен по всему объёму курсовой работы. Не допускается частичное рукописное и частичное печатное исполнение документа.

В курсовую работу включается весь иллюстративный материал. Пояснительные схемы, графики, чертежи и рисунки нужно размещать в непосредственной близости от ссылок на них по тексту. Все рисунки, чертежи, фотографии и графики должны быть снабжены подрисуночными надписями. Иллюстрации должны иметь такой масштаб, при котором все элементы на них хорошо различимы. На схемах и чертежах при необходимости проставляются позиции, которые расшифровываются в подрисуночных надписях.

Каждая иллюстрация должна быть снабжена подрисуночной надписью с указанием порядкового номера рисунка, например: «Рис. 2. Принципиальная схема следящей системы».

Графики выполняются в масштабе с нанесением координатной сетки. На осях координат крупными буквами указываются откладываемые величины и их размерность.

Нумерация всех рисунков – сквозная, независимо от нумерации разделов и глав. Нумерация всех таблиц – также, сквозная, независимо от

нумерации разделов и глав. Нумерация всех формул – также, сквозная, независимо от нумерации разделов и глав.

После основного текста помещаются общие **Выводы** по курсовой работе.

В самом конце помещается **Перечень использованной литературы**.

Курсовая работа, выполненная на компьютере, должна быть представлена руководителю (при получении допуска на защиту) в электронном виде (на дискете или компакт-диске), с приложением распечатки работы. Записываемые файлы с целью исключения ошибок чтения должны быть продублированы. Представляемые носители информации (диск, дискета) должны быть подписаны: Ф.И.О. студента, номер группы, перечень записанных на них материалов, год. Диск (дискета) вкладывается в конверт, который подклеивается к внутренней стороне папки курсовой работы.

Приложение 1
(обязательное)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«МАМИ»

Факультет «Автоматизация и управление»

Кафедра «Автоматика и Процессы Управления»

КУРСОВАЯ РАБОТА
по дисциплине

«Идентификация систем»

ТЕМА РАБОТЫ

Студент: _____ / _____ / Группа: _____

«Допустить к защите»:

Руководитель работы: _____ / _____ /
«__» _____ 200_ г.

«Защиту принял»: _____ / _____ /

Оценка: _____
Дата защиты: «__» _____ 200_ г.

МОСКВА - 2005

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«МАМИ»

Кафедра «Автоматика и Процессы Управления»

Задание

на курсовую работу по дисциплине:

«Идентификация систем»

Студенту: _____ Группы: _____

1. Исходные данные:

2. Перечень вопросов, подлежащих разработке:

3. Содержание работы:

Руководитель работы: _____ / _____ /

Дата выдачи задания: «__» ____ 200__ г. **Срок сдачи:** «__» ____ 200__ г.

Задание принял к исполнению: _____ / _____ /

ЛИТЕРАТУРА

1. *Цыпкин Я.З.* Информационная теория идентификации. М.: Наука, 1995 г.
2. *Бесекерский В.А., Попов Е.П.* Теория систем автоматического регулирования. М, Наука, ГРФМЛ, 1966 г.
3. Теория автоматического управления. Под. ред. *Соломенцева Ю.М.* М: Высшая школа, 1999 г., 266 стр.
4. Курс лекций проф. *Антипенко В.С.* Идентификация и диагностика систем. 2005 г.

Оглавление

1. Задачи идентификации.....	3
2. Методы решения задач идентификации.....	4
3. Классификация объектов идентификации.....	5
4. Содержание курсовой работы.....	7
5. Оформление курсовой работы.....	8
5.1. Часть 1. Теоретическая.....	8
5.2. Часть 2. Расчетно-графическая.....	8
6. Оформление курсовой работы.....	13
Кафедра «Автоматика и Процессы Управления».....	17
ЛИТЕРАТУРА.....	18

Виталий Сафронович Антипенко,
Дмитрий Анатольевич Кононенко,
Татьяна Викторовна Семенова

Методические указания по выполнению курсовой работы по дисциплине «Идентификация и диагностика систем» для студентов, обучающихся по направлению 220200.62(550200) и специальности 220201.65(210100).

Подписано в печать

Заказ

Тираж

Усл. п.л.

Уч-изд. л.

Бумага типографская

Формат

Типография МГТУ «МАМИ». 105839, Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38.