

Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Невинномысский технологический институт (филиал)

---

Кафедра информационных систем, электропривода и автоматики

# **АДАПТИВНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**

методические указания к выполнению лабораторных работ  
для студентов направления подготовки

15.04.04 — Автоматизация технологических процессов и  
производств

Невинномысск 2024

Методические указания составлены в соответствии с требованиями ФГО ВО по направлению подготовки 15.04.04 — Автоматизация технологических процессов и производств.

Методические указания позволяют закрепить изучаемые теоретические вопросы постановки задач синтеза адаптивных регуляторов, построения моделей элементов систем управления и оценок их параметров.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

### «Экстремальная система автоматического регулирования»

**Цель работы** заключается в анализе переходных процессов в системе экстремального регулирования при изменении параметров регулятора. Качество установления экстремума определяется спомощью потерь на рысканье (потерь на поиск).

**Системой экстремального регулирования** называются системы, в которых задающие воздействия, т. е. заданные значения регулируемых величин, определяются автоматически в соответствии с экстремумом управляемой функции  $F(x_1, x_2, \dots, x_n, t)$ . Здесь не случайно регулируемая величина представлена в зависимости от многих координат системы, а не от одной. Дело в том, что алгоритм экстремального регулирования наиболее часто применяется для сложных объектов управления, управляемых по нескольким координатам. В этом случае  $F$  называют функцией цели управления. Например,  $F$  может быть экономическим показателем процесса - себестоимостью продукции. Экстремум функции  $F$  является неизвестным и непостоянным, так как и его величина и положение на статической характеристике объекта все время изменяются, поэтому экстремальные системы являются **нестационарными**. Недостаток априорной информации восполняется за счет текущей информации, получаемой в виде анализа реакции объекта на искусственно вводимые пробные воздействия.

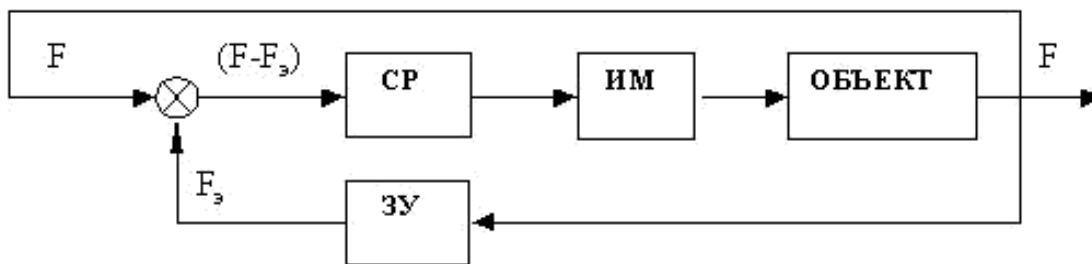
Наличие пробных движений - обязательная черта экстремальных систем.

В настоящее время разработано большое количество экстремальных систем. Движение к состоянию экстремума регулируемой функции  $F$  в этих системах осуществляется с помощью методов:

- слепого координатного поиска (в частности метода Гаусса-Зейделя),
- градиентного поиска,
- наискорейшего поиска.

Анализ и синтез экстремальных систем проводят в так называемом **квазистационарном режиме**. Этот режим можно искусственно создать, выбирая частоты пробных воздействий много больше частот изменения рабочих управляемых координат, а постоянные времени сглаживающих фильтров выбирая заведомо большими. В этом случае управляемая функция  $F$  изменяется во времени медленнее, чем от изменения рабочих управляемых координат.

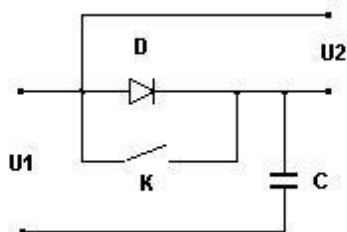
В лабораторной работе рассматривается одномерная система экстремального регулирования, работающая **по способу запоминания экстремума**.



Система действует следующим образом. На вход объекта подается пробное воздействие и оценивается значение управляемой функции  $F$ . Определяются те воздействия, которые приближают  $F$  к экстремуму. Затем прикладываются рабочие воздействия к объекту и т. д. После прохождения точки экстремума  $F$  происходит реверс на входе объекта и начинаются колебания системы вокруг этой точки. В непрерывных экстремальных системах поисковые и рабочие воздействия производятся одновременно.

Выходная величина объекта  $F$  подается на запоминающее устройство ЗУ экстремального регулятора. Пусть имеем экстремум-максимум и запоминание происходит только при увеличении  $F$ . На уменьшение  $F$  запоминающее устройство не реагирует. Сигнал с ЗУ непрерывно подается на элемент сравнения и затем сигнал разности  $(F - F_э)$  поступает на сигнум-реле СР и далее на исполнительный механизм ИМ. При срабатывании реле запомненное значение  $F$  сбрасывается, и запоминание  $F$  начинается снова.

Например, если  $F$  является электрической величиной, то схема запоминающего устройства может быть такой:



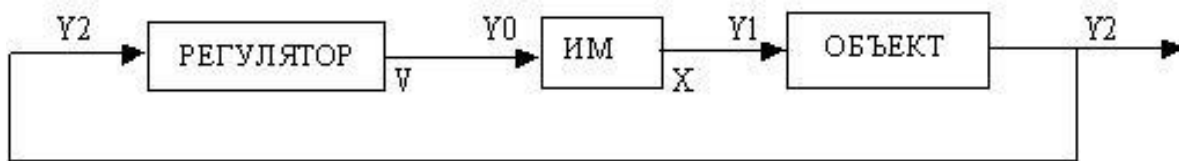
Напряжение  $U1$ , пропорциональное выходу объекта, подается на запоминающий конденсатор  $C$  через диод  $D$ . Диод шунтирован контактом сигнум-реле, который замыкается при срабатывании.

При увеличении  $U1$  диод пропускает входное напряжение, заряжая конденсатор до напряжения  $U1$ .

Когда экстремум-максимум достигнут и напряжение  $U1$  начинает уменьшаться, то диод запирается, появляется напряжение  $U2$  на выходе схемы, которое пропорционально разности  $dF = (F - F_э)$ . Когда  $dF$  превысит зону нечувствительности сигнум-реле, происходит его срабатывание и реверс исполнительного механизма. При этом контакты  $K$  реле замыкаются и происходит сброс запомненного значения  $F$ . Конденсатор снова заряжается до текущего значения  $F$ , и цикл работы повторяется.

Обобщенная структурная схема исследуемой системы представлена на

рисунке:



### Содержание работы.

1. Определить потери на поиск в переходном процессе экстремальной системы с параметрами:  $K=1$ ;  $T1=1c$ ;  $V=1$ ; зона нечувствительности  $D = 0.5$ . при изменении коэффициента усиления регулятора  $Kr$ . Найти среднее значение потерь на поиск.

2. Выполнить пункт 1 для этой же системы при изменении зоны нечувствительности регулятора  $D$ .

3. Выводы отразить в отчете по работе.

### Вопросы для самоподготовки:

1. Что называют потерями на поиск? Как они рассчитываются? Покажите на графике время переходного процесса в экстремальной системе.

2. Что называют квацистационарным режимом работы экстремальной системы? Этот режим создается реально в системе при проектировании или это математический формализм, удобный для анализа системы.

3. Представьте математическую модель системы в форме Коши.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

### «Самонастраивающаяся система регулирования с эталонной моделью»

**Цель работы:** исследование качества адаптации самонастраивающейся системы (СНС) с эталонной моделью.

Необходимость применения адаптивных принципов управления возникает в тех случаях, когда диапазон изменения свойств объекта и внешних возмущений так велик, что показатели качества выходят за пределы заданных ограничений. А между тем любая неадаптивная система, работающая по принципу обратной связи, в силу этого принципа способна нейтрализовать изменения параметров объекта и среды в довольно больших пределах. И эти способности можно расширить, не прибегая к принципу адаптации.

Расширение функциональных возможностей неадаптивных систем управления с обратной связью, приближающее их по свойствам к адаптивным системам, возможно:

- с помощью увеличения коэффициентов усиления систем до бесконечности без нарушения устойчивости,

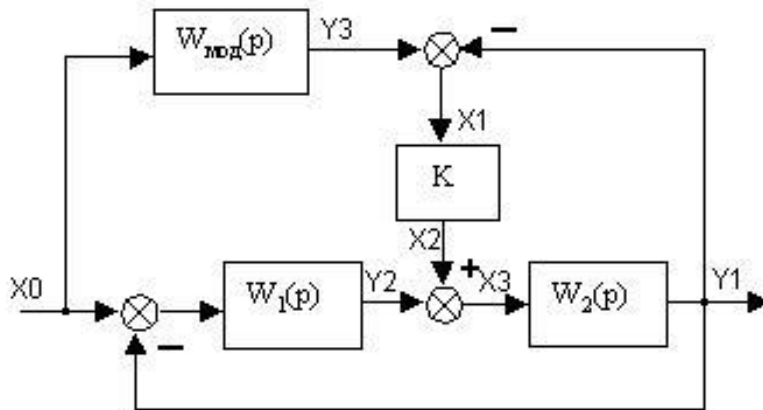
- вс помощью введения автоколебательных скользящих режимов в релейных системах,

- с помощью систем с переменной структурой регулятора. Такие системы управления называют иногда системами с пассивной адаптацией.

Самонастраивающиеся системы с эталонной моделью также являются системами с подобного рода адаптацией, использующей скользящий режим работы релейного регулятора. Техническую реализацию скользящего режима мы пока не затрагиваем, этот вопрос будет рассмотрен в Работе №8. Пока будем считать, что в нашем распоряжении есть усилитель регулятора с очень большим коэффициентом усиления.

Самонастраивающиеся системы с эталонной моделью фактически представляют собой безпоисковые СНС с замкнутым контуром самонастройки, но, в отличие от СНС с настраиваемой моделью, здесь сигнал самонастройки не изменяет параметры настройки регулятора, как требует принцип адаптации, а формируется определенным образом и подается на вход объекта.

Структурная схема такой системы может быть представлена в следующем виде:



Модель  $W_{\text{мод}}(p)$  является физическим устройством, реализованным в аналоговом или цифровом виде, и на вход ее подаются те же воздействия, что и на объект управления. Выходы объекта и модели вычитаются и разность их (ошибка контура настройки) подается на вход объекта через усилитель с большим коэффициентом усиления  $K$ .

Хотя сигнал разбаланса контура самонастройки в этой системе не воздействует непосредственно на параметры настройки регулятора  $W_1(p)$ , а подается на вход объекта, можно показать, что оба эти варианта являются равносильными.

В теории СНС различают два вида моделей - настраиваемые и эталонные. При настраиваемых моделях их параметры меняются в процессе идентификации до тех пор, пока сигналы с выходов объекта и модели не сравниваются. Если же задается эталонная модель процесса, то разность сигналов с выходов объекта и модели служит для изменения параметров регулятора, при которых качество процесса наконец станет соответствовать желаемому, заданному эталонной моделью.

Найдем передаточную функцию замкнутой системы. Уравнения звеньев, согласно схемы системы, имеют вид:

$$Y_2 = W_1(p) * (X_0 - Y_1);$$

$$Y_3 = W_{\text{мод}}(p) * X_0;$$

$$X_1 = Y_3 - Y_1;$$

$$X_2 = K * X_1;$$

$$X_3 = Y_2 + X_2;$$

$$Y_1 = W_2(p) * X_3;$$

Исключая промежуточные переменные, находим передаточную функцию системы:

$$\Phi(p) = \frac{Y_1}{X_0}(p) = \frac{W_1(p) \cdot W_2(p) + K \cdot W_2(p) \cdot W_{\text{мод}}(p)}{1 + W_1(p) \cdot W_2(p) + K \cdot W_2(p)} \quad (1)$$

Если считать, что  $K=K_3$  достаточно велико, а лучше всего  $K_3$  стремится к бесконечности, тогда:

$$Y_1 \approx W_{\text{мод}}(p) * X_0 \quad (2)$$

то есть качество переходного процесса не зависит от медленноменяющихся параметров объекта, а определяется заданной эталонной моделью  $W_{\text{мод}}(p)$ .

Качество настройки в такой системе будет зависеть от того, насколько большим можно взять коэффициент усиления  $K_3$ , чтобы не вызвать неустойчивости системы. Поэтому желательно выбрать  $W_{\text{мод}}(p)$  так, чтобы условия устойчивости при бесконечно большом коэффициенте  $K_3$  выполнялись.

В настоящей лабораторной работе исследуется система с эталонной моделью следующего вида:

передаточная функция объекта задана:

$$W_2(p) = \frac{K_2}{p \cdot (T_2 \cdot p + 1)}$$

передаточная функция регулятора:

$$W_1(p) = \frac{K_1}{(T_1 \cdot p + 1)}$$

передаточная функция эталонной модели выбрана в виде:

$$W_{\text{мод}}(p) = \frac{K_4}{(T_4 \cdot p + 1)}$$

функции адаптера в контуре самонастройки выполняет усилитель с коэффициентом усиления  $K_3$ .

### Содержание работы

1. Определить переходный процесс в системе без включения эталонной модели. Параметры объекта и регулятора рекомендуются следующие:

$$K_{об} = 1; T_{об} = 0.3; K_r = 1; T_r = 1;$$

Выявить зависимость качества регулирования от изменения параметров объекта регулирования ( $K_{об}$  или  $T_{об}$ ), вызванных внешними возмущениями.

2. Настроить контур самонастройки на приемлемое качество самонастройки, увеличивая коэффициент усиления контура  $K_3$ .



3. Определить переходный процесс в этой же системе при включении контура самонастройки и эталонной модели с параметрами:

$$K_m = 1; T_m = 0.3;$$

при тех же изменениях параметров объекта, вызванных внешними возмущениями. Добиться наилучшей адаптации системы к внешним возмущениям.

### **Вопросы для самоподготовки:**

1. Каковы основные недостатки адаптивных систем данного типа? Насколько легко практически реализовать данный алгоритм?

2. Как по-вашему можно реализовать усилитель с очень большим коэффициентом усиления?

3. Существуют ли какие-то ограничения на параметры эталонной модели, или их можно задавать сколь угодно малыми?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

### «Исследование систем с переменной структурой»

Системы с переменной структурой (СПС) являются отдельным классом адаптивных систем, называемым иногда **САМООРГАНИЗУЮЩИМИСЯ** системами. Управляющее устройство СПС имеет несколько структур, реализующих различные законы регулирования. В процессе работы под действием определенных команд происходит подключение к объекту этих структур в определенной последовательности. В результате система в целом приобретает свойства, которых она не могла бы иметь при работе с фиксированной структурой управляющего устройства. Этим можно воспользоваться для существенного улучшения качества регулирования или для сохранения неизменным показателя качества в адаптивных системах.

Анализ работы СПС проводят методом фазовой плоскости в координатах ошибки регулирования  $X_1$  и ее производной  $X_2$ . В этом фазовом пространстве выделяют гиперповерхность, проходящую через начало координат и пересекающую фазовую плоскость по определенным линиям (линиям переключения). Эта гиперповерхность называется **ГИПЕРПОВЕРХНОСТЬЮ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ**. Всякий раз, когда изображающая точка попадает на гиперповерхность, происходит переключение структур в управляющем устройстве. Логiku переключения всегда можно подобрать так, чтобы в результате нескольких переключений устанавливался устойчивый режим работы.

В практике синтеза СПС наиболее интересно направление по созданию **ИСКУССТВЕННЫХ ГИПЕРПОВЕРХНОСТЕЙ**.

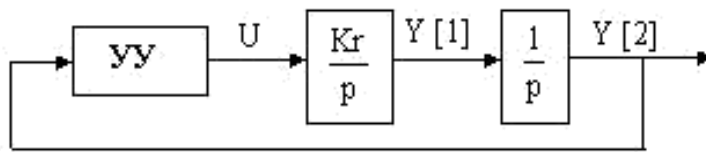
Когда структуры и их параметры подбираются таким образом, чтобы фазовые траектории изображающей точки в окрестности гиперповерхности располагались так, чтобы изображающая точка, раз попав на гиперповерхность, уже не могла ее покинуть и, двигаясь по ней в соответствии с ее дифференциальным уравнением, приходила бы в стационарное состояние. Такой режим называют идеально **СКОЛЬЗЯЩИМ**, вы познакомились с ним в третьей лабораторной работе. В скользящем режиме переключение структур происходит с большой частотой, а движение изображающей точки уже не зависит от параметров переключаемых структур и определяется только уравнением гиперповерхности.

**ЦЕЛЮЮ РАБОТЫ** является: изучение качества регулирования СПС в зависимости от параметров переключаемых регуляторов и от уравнения гиперповерхности переключения.

Мы рассматриваем работу объекта второго порядка, управляемого идеальным регулятором пропорционального или интегрального типа. В зависимости от свойств управляемого объекта фазовые портреты систем будут различные.

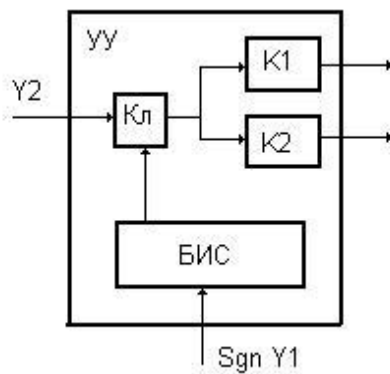
**СИСТЕМА 1** состоит из астатического объекта и астатического регулятора, следовательно в такой фиксированной структуре является

структурно-неустойчивой:



Так как корни характеристического уравнения системы являются чисто мнимыми, то фазовый портрет представляет собой эллипс с центром в начале координат. Направление большей полуоси эллипса зависит от коэффициента усиления регулятора.

Предположим, что структура управляющего устройства имеет вид:



где  $K_1$  и  $K_2$  – коэффициенты усиления регулятора ( пусть  $K_1 > K_2 > 0$ );  $K_{\text{л}}$  - управляемый ключ; БИС – блок изменения структуры.

БИС управляет переключением структур с коэффициентами  $K_1$  и  $K_2$  в зависимости от информации о состоянии системы.

Допустим также, что информация о состоянии системы не является полной, мы можем измерять только сигнал ошибки  $Y[2]$  и знак ее производной  $\text{Sgn } Y[1]$ .

Линиями переключения структур будут оси координат фазовой плоскости.

Уравнения движения системы будут иметь следующий вид:

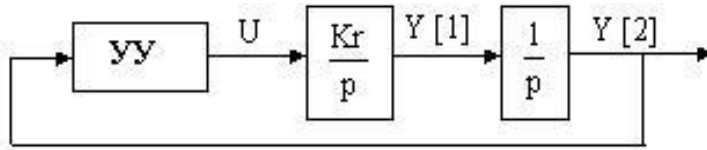
$$\begin{cases} \frac{d^2 Y[2]}{dt^2} = -K_r \cdot K_1 \cdot Y[2]; & \text{при } Y[2] \cdot Y[1] > 0; \\ \frac{d^2 Y[2]}{dt^2} = -K_r \cdot K_2 \cdot Y[2]; & \text{при } Y[2] \cdot Y[1] < 0 \end{cases}$$

Переходный процесс в такой системе представляет собой затухающие колебания. Это видно из фазового портрета системы.

Таким образом в этой системе за счет сочетания неустойчивых структур можно получить устойчивую структуру. Важно то, что для этого мы используем ограниченную информацию о процессе. Однако качество

регулирования нас не устраивает, колебательность процесса слишком велика.

**СИСТЕМА 2** имеет такую же структуру:



Уравнения движения системы относительно ошибки регулирования без учета управляющего устройства УУ имеют тот же вид:

$$\begin{cases} \frac{d^2 Y[2]}{dt^2} = -K_r \cdot K_1 \cdot Y[2]; & \text{при } Y[2] \cdot Y[1] > 0; \\ \frac{d^2 Y[2]}{dt^2} = -K_r \cdot K_2 \cdot Y[2]; & \text{при } Y[2] \cdot Y[1] < 0 \end{cases}$$

Фазовый портрет системы, так как корни ее являются чисто мнимыми, представляет собой эллипс с центром в начале координат. Направление большей полуоси эллипса зависит от коэффициента усиления регулятора.

Предположим, что структура управляющего устройства имеет тот же вид, но, в отличие от системы 1, мы можем измерять сигнал ошибки  $Y_2$  и знак некоторой  $S$ - комбинации сигналов  $Y_1$  и  $Y_2$ :

$$S = \text{Sgn} Y_1 = C * Y_2;$$

где  $C = \text{const}$ .

Данное выражение является уравнением прямой, проведенной на фазовой плоскости через начало координат. Назовем эту линию **ГИПЕРЛИНИЕЙ ВЫРОЖДЕННОГО ДВИЖЕНИЯ**. Величина  $C$  определяет угол наклона линии. Эту линию и будем в данном случае считать линией переключения структур. Второй линией переключения является ось координат фазовой плоскости  $Y[2]=0$ .

Тогда логика переключений структур УУ для обеспечения устойчивого режима работы может быть иной:

$$U = \begin{cases} K_1 * Y[2]; & \text{при } Y[2] * S > 0; \\ K_2 * Y[2]; & \text{при } Y[2] * S < 0; \end{cases}$$

Таким образом, мы вводим искусственную линию переключения структур, проходящую через начало координат под определенным углом относительно осей, и организуем устойчивый режим. Важно заметить, что

искусственные линии переключения не присутствуют в фазовом портрете ни одной из переключаемых структур. Подбирая угол наклона линии  $S$  и соотношение коэффициентов  $K_1$  и  $K_2$ , можно обеспечить определенное качество переходного процесса в системе, но видно, что он также будет колебательным.

**СИСТЕМА 3** имеет ту же структуру, но для избежания колебаний в переходном процессе реализуем скользящий режим. Для этого переключения в системе должны производиться в таких местах, где фазовые траектории направлены навстречу друг другу. В настоящей системе это можно сделать, просто изменив знак сигнала на выходе второго регулятора.

В результате изображающая точка, попадая на линию переключения, не может ее покинуть и вынуждена двигаться в начало координат, что и представляет скользящий режим в данной системе.

Практически этот режим будет сопровождаться вибрациями из-за быстрых переключений. В идеальном случае вибрации будут иметь амплитуду, равную нулю и бесконечную частоту.

### **Содержание работы**

1. Определить параметры переходного процесса в системе с переменной структурой №1. Параметры системы выбрать следующими:

$$K_1=3; K_2=1; K_r=1;$$

Изменяя параметры управляющего устройства  $K_1$  и  $K_2$ , получить наилучший в смысле быстродействия переходный процесс.

2. Определить влияние параметров управляющего устройства ( $K_1/K_2$ ) и коэффициента наклона линии переключения ( $S$ ) на качество регулирования в системах № 2 и № 3.

3. Добиться наилучшего в смысле быстродействия переходного процесса во всех трех системах. Какой способ переключения структур является более предпочтительным?

### **Вопросы для самоподготовки:**

1. Почему для реализации систем СПС стремятся использовать неустойчивые структуры?

2. Постройте фазовые портреты для предложенных структур трех систем СПС.

3. Запишите уравнение и постройте искусственную линию вырожденного движения, проходящую через начало координат для 1 квадранта фазовой плоскости.

4. Для исследуемых систем имеет значение, с какого регулятора начать движение – с  $K_1$  или с  $K_2$ ?

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### Перечень основной литературы:

1. Решетникова Г.Н. Адаптивные системы : учебное пособие / Решетникова Г.Н.. — Томск : Издательский Дом Томского государственного университета, 2016. — 112 с. — Текст : электронный // IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/109015.html> (дата обращения: 30.03.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

### Перечень дополнительной литературы:

1. Гайдук А.Р. Адаптивные системы управления : учебное пособие / Гайдук А.Р., Плаксиенко Е.А.. — Ростов-на-Дону, Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2018. — 120 с. — ISBN 978-5-9275-2882-0. — Текст : электронный // IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/87697.html> (дата обращения: 30.03.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

2. Бобцов А.А. Адаптивное управление возмущенными системами : учебное пособие / Бобцов А.А., Никифоров В.О., Пыркин А.А.. — Санкт-Петербург : Университет ИТМО, 2015. — 127 с. — Текст : электронный // IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/65763.html> (дата обращения: 23.04.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования**  
**«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
НЕВИННОМЫССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
(ФИЛИАЛ)»**

Методические указания к самостоятельной работе  
для студентов направления  
15.04.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»  
**по дисциплине**  
**«АДАПТИВНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ»**

Невинномысск, 2024





## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	18
1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ «АДАПТИВНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ».....	19
1.1. Подготовка к лекциям.....	21
1.2. Подготовка к лабораторным занятиям.....	22
1.3. Самостоятельное изучение материала тем.....	23
2. СРЕДСТВА ОЦЕНИВАНИЯ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ «АДАПТИВНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ» .....	26
3. ОТЧЕТНОСТЬ ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....	29

## ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Адаптивные системы управления» ставит своей целью формирование следующих компетенций будущего магистра по направлению подготовки 15.04.04 — Автоматизация технологических процессов и производств.

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ПК-2. Способен использовать средства и системы автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления производством, жизненным циклом продукции и ее качеством	ИД-1 <sub>ПК-2</sub> . Выбирает средства и системы автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления производством, жизненным циклом продукции и ее качеством.	Осуществляет выбор необходимых схем, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления производством, жизненным циклом продукции и ее качеством для построения адаптивных систем управления.

Главной задачей дисциплины является приобретение практических навыков использования математического аппарата теории автоматического управления при анализе и синтезе систем автоматического управления.

В результате освоения дисциплины студент должен:

- знать основные закономерности, действующие в процессе изготовления продукции требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда;

- уметь использовать основные закономерности функционирования систем автоматического управления;
- владеть практическими навыками математического описания систем управления.

Методические указания предназначены для выполнения самостоятельной работы по дисциплине «Адаптивные системы управления» с учетом требований ФГОС ВО для направления подготовки 15.04.04 — Автоматизация технологических процессов и производств. Они способствуют лучшему усвоению студентами теоретических положений и обеспечивает приобретение практических навыков по исследованию элементов и систем автоматического регулирования и управления.

## **1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ «АДАПТИВНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ»**

Самостоятельная работа студентов (далее — СРС) является неотъемлемой составляющей образовательного процесса в Университете и является обязательной для каждого студента. Основная цель СРС — освоение в полном объёме образовательной программы и последовательное формирование компетенций эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности. Самостоятельная работа конкретна по своей предметной направленности и сопровождается непрерывным контролем и оценкой ее результатов.

Количество часов, отводимое на самостоятельную работу, определяется учебным планом направления подготовки 15.04.04.

Содержательно самостоятельная работа студентов определяется ФГОС ВО направления подготовки 15.04.04, программой и учебно-методическим комплексом дисциплины «Адаптивные системы управления».

Методика организации самостоятельной работы студентов зависит от структуры, характера и особенностей дисциплины «Адаптивные системы управления», объема часов на ее изучение, вида заданий для СРС, индивидуальных возможностей студентов и условий учебной деятельности.

Формы самостоятельной работы студентов определяются содержанием дисциплины «Адаптивные системы управления», степенью подготовленности студентов. Они могут быть тесно связаны с теоретическим курсом и иметь учебный или учебно-исследовательский характер. Форму самостоятельной работы студентов определяют кафедра ИСЭА при разработке программы дисциплины «Адаптивные системы управления».

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

СРС, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

В учебном процессе выделяют аудиторную и внеаудиторную самостоятельную работу.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине «Адаптивные системы управления» выполняется на учебных занятиях (лекциях, практических, лабораторных занятиях и консультациях) под руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа студентов выполняется во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве и контроле преподавателя, но без его непосредственного участия. СРС включает в себя:

- подготовку к аудиторным занятиям (лекционным и практическим) и выполнение соответствующих заданий;

- работу над отдельными темами учебных дисциплин (модулей) в соответствии с учебно-тематическими планами;
- выполнение контрольных работ;
- подготовку ко всем видам промежуточных и итоговых контрольных испытаний.

### **1.1. Подготовка к лекциям**

Главное в период подготовки к лекционным занятиям — научиться методам самостоятельного умственного труда, сознательно развивать свои творческие способности и овладевать навыками творческой работы. Для этого необходимо строго соблюдать дисциплину учебы и поведения. Четкое планирование своего рабочего времени и отдыха является необходимым условием для успешной самостоятельной работы. В основу его нужно положить рабочие программы изучаемых в семестре дисциплин.

Каждому студенту следует составлять еженедельный и семестровый планы работы, а также план на каждый рабочий день. С вечера всегда надо распределять работу на завтрашний день. В конце каждого дня целесообразно подводить итог работы: тщательно проверить, все ли выполнено по намеченному плану, не было ли каких-либо отступлений, а если были, по какой причине это произошло. Нужно осуществлять самоконтроль, который является необходимым условием успешной учебы. Если что-то осталось невыполненным, необходимо изыскать время для завершения этой части работы, не уменьшая объема недельного плана.

Слушание и запись лекций — сложный вид вузовской аудиторной работы. Внимательное слушание и конспектирование лекций предполагает интенсивную умственную деятельность студента. Краткие записи лекций, их конспектирование помогает усвоить учебный материал. Конспект является полезным тогда, когда записано самое существенное, основное и сделано это самим студентом. Не надо стремиться записать дословно всю лекцию. Такое

«конспектирование» приносит больше вреда, чем пользы. Запись лекций рекомендуется вести по возможности собственными формулировками. Желательно запись осуществлять на одной странице, а следующую оставлять для проработки учебного материала самостоятельно в домашних условиях.

Конспект лекций лучше подразделять на пункты, параграфы, соблюдая красную строку. Этому в большой степени будут способствовать пункты плана лекции, предложенные преподавателям. Принципиальные места, определения, формулы и другое следует сопровождать замечаниями «важно», «особо важно», «хорошо запомнить» и т.п. Можно делать это и с помощью разноцветных маркеров или ручек. Лучше если они будут собственными, чтобы не приходилось просить их у однокурсников и тем самым не отвлекать их во время лекции. Целесообразно разработать собственную «маркографию» (значки, символы), сокращения слов. Не лишним будет и изучение основ стенографии. Работая над конспектом лекций, всегда необходимо использовать не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть знаниями.

## **1.2. Подготовка к лабораторным занятиям**

Для того чтобы лабораторные занятия приносили максимальную пользу, необходимо помнить, что упражнение и решение задач проводятся по рассмотренному на лекциях материалу и связаны, как правило, с детальным разбором отдельных вопросов лекционного курса. Следует подчеркнуть, что только после усвоения лекционного материала с определенной точки зрения (а именно с той, с которой он излагается на лекциях) он будет закрепляться студентом на лабораторных занятиях как в результате обсуждения и анализа лекционного материала, так и с помощью решения проблемных ситуаций, задач. При этих условиях студент не только хорошо усвоит материал, но и

научится применять его на практике, а также получит дополнительный стимул (и это очень важно) для активной проработки лекции.

При самостоятельном решении задач нужно обосновывать каждый этап решения, исходя из теоретических положений курса. Если студент видит несколько путей решения проблемы (задачи), то нужно сравнить их и выбрать самый рациональный. Полезно до начала вычислений составить краткий план решения проблемы (задачи). Решение проблемных задач или примеров следует излагать подробно, вычисления располагать в строгом порядке, отделяя вспомогательные вычисления от основных. Решения при необходимости нужно сопровождать комментариями, схемами, чертежами и рисунками.

Следует помнить, что решение каждой учебной задачи должно доводиться до окончательного логического ответа, которого требует условие, и по возможности с выводом. Полученный ответ следует проверить способами, вытекающими из существа данной задачи. Полезно также (если возможно) решать несколькими способами и сравнить полученные результаты. Решение задач данного типа нужно продолжать до приобретения твердых навыков в их решении.

### **1.3. Самостоятельное изучение материала тем**

Конспект — наиболее совершенная и наиболее сложная форма записи. Слово «конспект» происходит от латинского «conspectus», что означает «обзор, изложение». В правильно составленном конспекте обычно выделено самое основное в изучаемом тексте, сосредоточено внимание на наиболее существенном, в кратких и четких формулировках обобщены важные теоретические положения.

Конспект представляет собой относительно подробное, последовательное изложение содержания прочитанного. На первых порах целесообразно в записях ближе держаться тексту, прибегая зачастую к

прямому цитированию автора. В дальнейшем, по мере выработки навыков конспектирования, записи будут носить более свободный и сжатый характер.

Конспект книги обычно ведется в тетради. В самом начале конспекта указывается фамилия автора, полное название произведения, издательство, год и место издания. При цитировании обязательная ссылка на страницу книги. Если цитата взята из собрания сочинений, то необходимо указать соответствующий том. Следует помнить, что четкая ссылка на источник — непереносимое правило конспектирования. Если конспектируется статья, то указывается, где и когда она была напечатана.

Конспект подразделяется на части в соответствии с заранее продуманным планом. Пункты плана записываются в тексте или на полях конспекта. Писать его рекомендуется четко и разборчиво, так как небрежная запись с течением времени становится малопонятной для ее автора. Существует правило: конспект, составленный для себя, должен быть по возможности написан так, чтобы его легко прочитал и кто-либо другой.

Формы конспекта могут быть разными и зависят от его целевого назначения (изучение материала в целом или под определенным углом зрения, подготовка к докладу, выступлению на занятии и т.д.), а также от характера произведения (монография, статья, документ и т.п.). Если речь идет просто об изложении содержания работы, текст конспекта может быть сплошным, с выделением особо важных положений подчеркиванием или различными значками.

В случае, когда не ограничиваются переложением содержания, а фиксируют в конспекте и свои собственные суждения по данному вопросу или дополняют конспект соответствующими материалами их других источников, следует отводить место для такого рода записей. Рекомендуется разделить страницы тетради пополам по вертикали и в левой части вести конспект произведения, а в правой свои дополнительные записи, совмещая их по содержанию.



Конспектирование в большей мере, чем другие виды записей, помогает вырабатывать навыки правильного изложения в письменной форме важные теоретических и практических вопросов, умение четко их формулировать и ясно излагать своими словами.

Таким образом, составление конспекта требует вдумчивой работы, затраты времени и труда. Зато во время конспектирования приобретаются знания, создается фонд записей.

Конспект может быть текстуальным или тематическим. В текстуальном конспекте сохраняется логика и структура изучаемого произведения, а запись ведется в соответствии с расположением материала в книге. За основу тематического конспекта берется не план произведения, а содержание какой-либо темы или проблемы.

Текстуальный конспект желательно начинать после того, как вся книга прочитана и продумана, но это, к сожалению, не всегда возможно. В первую очередь необходимо составить план произведения письменно или мысленно, поскольку в соответствии с этим планом строится дальнейшая работа. Конспект включает в себя тезисы, которые составляют его основу. Но, в отличие от тезисов, конспект содержит краткую запись не только выводов, но и доказательств, вплоть до фактического материала. Иначе говоря, конспект — это расширенные тезисы, дополненные рассуждениями и доказательствами, мыслями и соображениями составителя записи.

Как правило, конспект включает в себя и выписки, но в него могут войти отдельные места, цитируемые дословно, а также факты, примеры, цифры, таблицы и схемы, взятые из книги. Следует помнить, что работа над конспектом только тогда будет творческой, когда она не ограничена текстом изучаемого произведения. Нужно дополнять конспект данными из других источников.

В конспекте необходимо выделять отдельные места текста в зависимости от их значимости. Можно пользоваться различными способами: подчеркиваниями, вопросительными и восклицательными знаками,

репликами, краткими оценками, писать на полях своих конспектов слова: «важно», «очень важно», «верно», «характерно».

В конспект могут помещаться диаграммы, схемы, таблицы, которые придадут ему наглядность.

Составлению тематического конспекта предшествует тщательное изучение всей литературы, подобранной для раскрытия данной темы. Бывает, что какая-либо тема рассматривается в нескольких главах или в разных местах книги. А в конспекте весь материал, относящийся к теме, будет сосредоточен в одном месте. В плане конспекта рекомендуется делать пометки, к каким источникам (вплоть до страницы) придется обратиться для раскрытия вопросов. Тематический конспект составляется обычно для того, чтобы глубже изучить определенный вопрос, подготовиться к докладу, лекции или выступлению на семинарском занятии. Такой конспект по содержанию приближается к реферату, докладу по избранной теме, особенно если включает и собственный вклад в изучение проблемы.

## **2. СРЕДСТВА ОЦЕНИВАНИЯ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ «АДАПТИВНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ»**

### **Вопросы для собеседования**

1. Дайте определение адаптивной системы.
2. В чем особенности структуры адаптивных систем управления?
3. На каких основных принципах строится контур адаптации?
4. Как классифицируются адаптивные системы?
5. В каких случаях целесообразно применение многорежимного управления?
6. В чем целесообразность комбинирования адаптивного и робастного управлений?

7. Что используется в качестве критериев самонастройки систем?
8. Виды адаптивной коррекции.
9. В чем назначение контура адаптации?
10. В чем сущность дуального управления?
11. Какие принципы используются при построении самонастраивающихся систем?
12. Какова структура адаптивной системы с эталонной моделью?
13. Дайте характеристику общим принципам построения адаптивных систем с эталонной моделью.
14. Какова структура основного контура?
15. В чем особенности алгоритмов настройки параметров в адаптивной системе с явной эталонной моделью?
16. В чем особенности алгоритмов настройки параметров в адаптивной системе с неявной эталонной моделью?
17. Приведите пример функциональной схемы адаптивной системы с эталонной моделью.
18. Что представляет собой адаптивная система с идентификатором?
19. Приведите пример адаптивной системы с идентификатором.
20. Как осуществляется синтез регуляторов по заданному размещению полюсов основного контура?
21. Как проводится классификация методов определения экстремума в СНС?
22. Какие методы определения экстремума используются в СНС?
23. В чем сущность методов случайного поиска экстремума?
24. Как проводится идентификация объекта с помощью настраиваемой модели?
25. С какой целью осуществляют построение настраиваемой модели на основе наблюдающих устройств?
26. Какова структура самонастраивающихся систем с эталонной моделью?

27. В чем заключаются особенности синтеза систем управления объектами с большим запаздыванием?
28. В чем особенности алгоритмов настройки параметров в адаптивной системе управления нестационарным объектом с явной эталонной моделью?
29. В чем особенности алгоритмов настройки параметров в адаптивной системе с инверсной моделью объекта?
30. В чем особенности адаптивной системы с релейной идентификацией?
31. Что представляет собой адаптивная система с активной идентификацией?
32. Как осуществляется синтез регуляторов по размещению полюсов основного контура с использованием заданной степени затухания?
33. Как осуществляется синтез регуляторов по размещению полюсов основного контура с использованием максимальной степени устойчивости?
34. Как реализуется градиентный метод поиска экстремума в СНС?
35. Какие методы случайного поиска экстремума применяют в СНС?

### **Критерии оценивания компетенций**

Оценка «**зачтено**» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения. Допускаются некоторые неточности, недостаточно правильные формулировки в изложении программного материала, затруднения при выполнении практических работ.

Оценка «**не зачтено**» выставляется студенту, если он не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические задания.

### **3. ОТЧЕТНОСТЬ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Успеваемость студентов по дисциплине оценивается в ходе текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Процедура зачета как отдельное контрольное мероприятие не проводится, оценивание знаний обучающегося происходит по результатам текущего контроля.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### Перечень основной литературы:

2. Решетникова Г.Н. Адаптивные системы : учебное пособие / Решетникова Г.Н.. — Томск : Издательский Дом Томского государственного университета, 2016. — 112 с. — Текст : электронный // IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/109015.html> (дата обращения: 30.03.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

### Перечень дополнительной литературы:

3. Гайдук А.Р. Адаптивные системы управления : учебное пособие / Гайдук А.Р., Плаксиенко Е.А.. — Ростов-на-Дону, Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2018. — 120 с. — ISBN 978-5-9275-2882-0. — Текст : электронный // IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/87697.html> (дата обращения: 30.03.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

4. Бобцов А.А. Адаптивное управление возмущенными системами : учебное пособие / Бобцов А.А., Никифоров В.О., Пыркин А.А.. — Санкт-Петербург : Университет ИТМО, 2015. — 127 с. — Текст : электронный // IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/65763.html> (дата обращения: 23.04.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.