

**Федеральное агентство по образованию**

Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ И ПИЩЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**



Кафедра автоматике и автоматизации  
производственных процессов

## **ПРИБОРЫ И ТЕХНИКА ИЗМЕРЕНИЙ**

Методические указания  
и контрольная работа  
для студентов специальности 140504  
факультета заочного обучения и экстерната

Санкт-Петербург 2008

УДК 621.078

**Данин В.Б., Назарова В.В.** Приборы и техника измерений: Метод. указания и контрольная работа для студентов спец.140504 факультета заочного обучения и экстерната. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2008. – 14 с.

Приведены основные разделы дисциплины «Приборы и техника измерений», отвечающие требованиям ГОСа, включены задания и вопросы для самопроверки.

Рецензент

Канд. техн. наук, доц. Ю.В. Осипов

Рекомендованы к изданию редакционно-издательским советом университета

© Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий, 2008

## **ВВЕДЕНИЕ**

Курс «Приборы и техника измерений» ставит целью формирование у студентов знаний современного парка приборов, используемых для контроля за ходом технологических процессов, состоянием оборудования, качеством сырья и готовой продукции, а также навыков обработки экспериментальных данных.

Материалы по разделам курса разработаны в учебных пособиях и читаются на лекциях применительно к специальности и по источникам, список которых приводится ниже.

Дополнительный материал курса излагается студентам на лекциях в период зачетно-экзаменационной сессии.

В лекциях уделяется внимание наиболее трудным разделам и последним достижениям автоматизации технологических процессов холодильной техники, криогенных установок и систем кондиционирования воздуха.

Темы контрольных и лабораторных работ охватывают основные разделы дисциплины, что обязывает студентов систематически прорабатывать весь материал.

Для получения зачета необходимо выполнить одну контрольную и шесть лабораторных работ в период зачетно-экзаменационной сессии.

Изучение курса необходимо вести последовательно по его разделам:

1. Внимательно ознакомиться с содержанием методических указаний.
2. Прочитать литературный материал по указанной теме.
3. Изучить сущность вопроса, а затем приступить к выполнению конкретных заданий.
4. При работе над изучаемым предметом рекомендуется составлять конспект по каждой теме.
5. Усвоение каждого изученного раздела следует проверять по вопросам самопроверки.

### **Указания к выполнению контрольной работы № 1**

Прежде чем приступить к выполнению контрольного задания, необходимо усвоить соответствующий материал.

К контрольной работе, присланной на проверку, предъявляются следующие требования:

- работа оформляется в тетради, оставляя поля не менее 3 см для замечаний рецензента, текстовая часть должна быть написана чернилами;

- схемы выполняются с помощью чертежных инструментов;

- все исправления должны быть сделаны студентом в той же тетради, но после подписи рецензента;

- не разрешается вновь переписывать работу. Исправлять ошибки необходимо в первоначальном тексте, который уже был проверен рецензентом.

Исправленный вариант работы студент должен выслать вместе с ранее составленной на нее рецензией.

### **Указания к проведению лабораторных работ**

Лабораторные занятия способствуют приобретению практических навыков в работе со средствами автоматизации, а также исследованию систем автоматического регулирования.

На лабораторных занятиях студент знакомится с различными системами автоматического регулирования (стабилизации, программными, микропроцессорными, позиционными, функциональными).

Студент допускается к выполнению лабораторных работ при наличии зачтенной контрольной работы, которая должна быть представлена не позднее чем за 15 дней до начала лабораторно-экзаменационной сессии.

При выполнении лабораторных работ на данной кафедре следует пользоваться методическими указаниями к ним. Это:

- программа курса;

- предмет и задача курса.

#### **Раздел 1. Основные понятия и определения в автоматике:**

- основные понятия и определения;

- классификация автоматических систем;

- элементы автоматических систем и их общие характеристики.

## **Раздел 2. Средства автоматизации**

Датчики температуры, давления и разрежения, перепада давления, уровня, расхода вещества и т. д. Принцип их действия, принципиальное устройство и практическое применение в холодильной, криогенной технике и СКВ.

Вторичные преобразователи: микроконтроллеры, измерители-регуляторы, измерители-регуляторы с интерфейсом, многоканальные измерители и регуляторы; обработка информации на ЭВМ.

## **Раздел 3. Элементы теории автоматического регулирования**

Объекты регулирования, их свойства: описание простого технологического процесса обобщенным дифференциальным уравнением, решение этого уравнения; классификация простых технологических процессов по динамическим свойствам; экспериментальная проверка на модели динамических свойств объекта; динамические свойства звеньев автоматических систем; основные понятия о динамическом звене; передаточная функция звена; классификация динамических звеньев и их виды; соединения звеньев.

## **Раздел 4. Основные сведения о проектировании автоматизированных систем**

Последовательность выполнения работ по автоматизации; разработка функциональных схем автоматизации; разработка принципиальных электрических схем.

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РАЗДЕЛАМ КУРСА**

Обратить особое внимание на развитие автоматизации в современных условиях и перспективы ее применения в холодильной технике, криогенной технике и СКВ.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Какова задача курса?
2. Современное состояние автоматизации в холодильной технике. Его характеристика.

3. Современное состояние криогенной техники и ее перспективы.

*Литература:* журнал «Холодильная техника», каталожные материалы фирм «Donfoss» (Данфос), «Grosso» (Гроссо), «Овен».

При изучении материала раздела 1 необходимо обратить внимание на основные понятия и определения.

Изучить элементы автоматических систем и их характеристики.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Понятие объекта регулирования.
2. Что означает понятие автоматический регулятор?
3. Система автоматического регулирования. Ее характеристика.
4. Что называется параметрами объекта и что обозначают входные и выходные величины объекта с точки зрения автоматизации?
5. Понятие функциональной схемы системы автоматизации.
6. Классификация автоматической системы.
7. Назовите элементы автоматической системы

При знакомстве с разделом 2 обратите внимание на принцип действия, устройство и область применения средств автоматизации: датчики, вторичные преобразователи, вычислительные устройства, исполнительные и регулирующие органы.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Устройство, принцип действия и промышленное применение первичных преобразователей измерения температуры (термометров сопротивления, термопар, манометрических, дилатометрических, биметаллических).
2. Способы подключения первичных преобразователей к вторичным преобразователям.
3. Устройство, принцип действия и промышленное применение первичных преобразователей давления (мембранные, тензометрические).
4. Преобразователи давления в унифицированный сигнал.

5. Устройство, принцип действия и промышленное применение первичных преобразователей расхода (индукционные, ультразвуковые).

6. Устройство, принцип действия и промышленное применение первичных преобразователей уровня (кондуктометрические, емкостные, поплавковые).

7. Устройство, принцип действия и промышленное применение анализаторов газовой смеси.

8. В чем принцип действия и принципиальное устройство унифицированных элементов промышленной автоматики?

9. Каково назначение измерительных схем вторичных преобразователей?

10. Назначение и область применения пневматических исполнительных механизмов.

11. Назначение и область применения гидравлических исполнительных механизмов.

12. Каково назначение и область применения электромагнитных исполнительных механизмов?

13. Каково назначение и область применения электродвигательных исполнительных механизмов?

14. В чем заключается роль регулирующих органов в системе автоматического регулирования?

При изучении раздела 3 необходимо обратить внимание на динамику объектов регулирования, а также на динамику элементов автоматических систем.

Усвоить задачи теории автоматического регулирования и уяснить значение устойчивости систем автоматического регулирования.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Что называется динамическим звеном ?
2. Передаточная функция объекта. Ее характеристика.
3. Структурная схема, ее назначение и отличие от функциональной схемы.
4. Математическое описание звена запаздывания.
5. Как исследуется динамика технологического процесса на ПК?
6. Какими параметрами характеризуется объект регулирования?

7. Понятие инерционного объекта.
8. Способы соединения звеньев.
9. Что называется законом регулирования?
10. Что означает понятие постоянной времени объекта?
11. Способы составления дифференциального уравнения системы.
12. Для чего необходимо знать передаточную функцию системы?
13. Понятие устойчивости системы. Какие критерии устойчивости применяются?
14. Классификация автоматических регуляторов. Их основные свойства.
15. В чем различие статических, астатических и изодромных регуляторов?
16. Каковы особенности позиционного регулятора?

При изучении раздела 4 следует проработать ряд существующих функциональных, электрических, пневматических схем для того, чтобы свободно читать и составлять подобные схемы.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Как разрабатывается функциональная схема автоматизации?
2. На основании каких данных составляется выбор средств автоматизации?
3. Как составляется принципиальная электрическая схема автоматизации?

### **Задачи к контрольной работе**

*Задача 1.* Циркуляционный ресивер имеет сечение  $S$ , м<sup>2</sup>. Заданное значение уровня в ресивере  $H$ , м. Максимальный расчетный расход хладагента составляет  $Q$ , м<sup>3</sup>/ч.

На выходе из ресивера установлен циркуляционный насос.

Определить постоянную времени ресивера и построить график переходного процесса при единичном возмущающем воздействии  $\mu$ .

Числовые данные для расчета приведены в табл. 1.

Номер задачи студент выбирает по последней цифре шифра зачетной книжки.

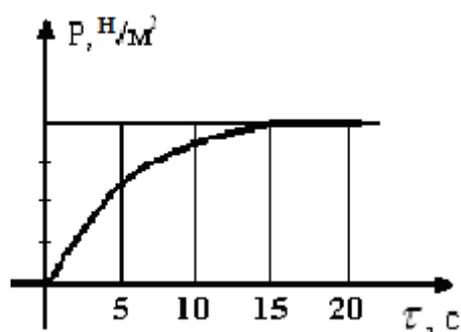
Таблица 1

Наименование величины и обозначение	Последняя цифра шифра									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Сечение $S$ , м <sup>2</sup>	0,8	0,5	0,4	0,8	0,8	0,6	0,5	0,4	0,7	0,7
Уровень $H$ , м	0,3	0,2	0,6	0,5	0,4	0,45	0,5	0,6	0,3	0,4
Максимальный расход хлад агента $Q$ , м <sup>3</sup> /ч	100	80	10	115	65	120	80	100	115	115
Регулирующее воздействие $\mu$ , %	0,5	0,8	0,9	0,75	0,6	0,8	0,9	1	1,5	1

*Задача 2.* Для получения динамической характеристики ресивера при установившемся режиме  $P = P_0$  вносится единичное возмущающее воздействие путем открытия клапана на притоке на величину  $\Delta\mu$ . При этом давление в ресивере изменяется по экспоненциальному закону, и через некоторое время  $\tau$  приходит к новому установившемуся значению  $P_{уст}$ , как показано на рисунке.

Требуется написать уравнение движения объекта регулирования в безразмерной форме и по временной характеристике определить числовые значения входящих в уравнение коэффициентов.

Числовые данные для построения временной характеристики приведены в табл. 2.



Кривая разгона

Таблица 2

Наименование величины и обозначение	Последняя цифра шифра									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Установившееся давление $P_{уст.}$ , Па	9	6	20	15	12	7	6	10	8	11
Номинальное давление $P_n$ , Па	8	5	19	14	11	6	5	9	7	10
Начальное давление $P_0$ , Па	4	3	15	10	8	3	4	5	3	6
Изменение воз- мущающего воз- действия на при- токе $\Delta\mu$ , %	15	18	30	18	10	15	13	10	10	25

*Задача 3.* Для четных вариантов 2, 4, 6, 8, 0.

Составить функциональную схему АСР, если объектом регулирования является холодильная камера, а элементом энергообмена – воздухоохладитель потолочный.

Стабилизация температуры в холодильной камере осуществляется за счет блока управления (БУ), чувствительный элемент которого (ЧЭ) находится внутри камеры. Блок управления воздействует на исполнительный механизм электромагнитного типа – соленоидный клапан (СК), который при срабатывании управляет подачей холодильного агента в воздухоочиститель.

Для нечетных вариантов 1, 3, 5, 7, 9.

Составить функциональную схему АСР путем изменения холодопроизводительности компрессора за счет его «пуска – остановки». Холодильная машина, состоящая из компрессора  $K_m$ , конденсатора  $K_d$ , испарителя И и дросселя  $D_p$ , включенных последовательно, предназначена для поддержания на заданном уровне температуры воздуха в камере К. Автоматическое управление двигателем  $D_v$  компрессора  $K_m$  осуществляет реле температуры РТ, чувствительный элемент которого установлен внутри камеры К. Это реле через схему

автоматического управления (АУ) и магнитный пускатель (МП) включает и выключает двигатель компрессора.

*Задача 4.* Написать передаточные функции следующих динамических звеньев и систем:

- 4–1 усилительного звена;
- 4–2 ПИД-регулятора;
- 4–3 апериодического звена второго порядка;
- 4–4 ПИ-регулятора;
- 4–5 реального интегрирующего звена;
- 4–6 ПД-регулятора;
- 4–7 дифференцирующего звена (идеального);
- 4–8 И-регулятора;
- 4–9 апериодического звена первого порядка;
- 4–0 П-регулятора.

*Задача 5.* Составить структурную схему АСР, если известно, что объект регулирования, регулирующий орган и датчик в динамическом отношении являются апериодическими звеньями первого порядка с постоянными времени  $T_0$ ,  $T_{po}$ ,  $T_d$ , соответственно, и коэффициентами передачи  $K_0$ ,  $K_{po}$ ,  $K_d$ . Усилительный элемент определяется коэффициентом усиления  $K_{yc}$ . Исполнительный механизм в первом приближении может быть представлен интегрирующим звеном с постоянной времени  $T_{им}$ .

Для четных вариантов 2, 4, 6, 8 и 0 по составленной структурной схеме определить передаточную функцию замкнутой системы по каналу управления. Для нечетных вариантов 1, 3, 5, 7 и 9 определить передаточную функцию разомкнутой системы.

Числовые данные для расчета приведены в табл. 3.

Таблица 3

Наименование величин и их обозначения	Последняя цифра шифра									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Постоянная времени $T_0$	2	2,5	1,5	1,2	1,8	3	4,5	5	2,3	3
Коэффициент передачи $K_0$	1,2	0,8	0,9	1,6	2,2	2,5	2,4	2,0	2,2	1,5

Окончание табл.

Наименование величин и их обозначение	Последняя цифра шифра									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Постоянная времени $T_d$	1	1,5	1,0	1,5	1,0	1,5	1,0	1,5	1,0	2,0
Коэффициент передачи $K_d$	2	1,2	1,8	1,2	1,2	1,6	1,5	2,0	2,0	1,5
Коэффициент усиления $K_{ус}$	1,8	16	1,5	1,8	1,75	1,5	1,2	1,6	1,3	1,75
Постоянная времени $T_{им}$	30	60	10	30	10	60	30	10	30	10
Постоянная времени $T_{po}$	18	1,9	2,5	1,8	1,6	1,7	1,8	1,5	3	1,2
Коэффициент передачи $K_{po}$	1	1,5	1,0	2,0	2,0	1,25	2,0	2,0	3,0	1,5

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

**Бесекерский В.А., Попов Е.П.** Теория систем автоматического управления. – СПб.: Профессия, 2003. – 752 с.

**Бородин И.Ф., Судник Ю.А.** Автоматизация технологических процессов. – М.: КолосС, 2004. – 344 с.

**Лаврищев И.Б., Кириков А.Ю.** Разработка функциональных схем автоматизации при проектировании автоматизированных систем управления процессами пищевых производств – СПб.: СПбГУНиПТ, 2004. – 51 с.

**Лаврищев И.Б., Кириков А.Ю., Добряков В.А.** Разработка принципиальных электрических схем систем управления процессами пищевых производств – СПб.: СПбГУНиПТ, 2004. – 53 с.

**Митин В.В., Усков В.И., Смирнов Н.Н.** Автоматика и автоматизация производственных процессов мясной и молочной промышленности. – М.: Агропромиздат, 1987. – 240 с.

Холодильные машины / Под ред. Л.С. Тимофеевского. – СПб., Политехника, 2006. – 942 с.

**Юревич Е.И.** Теория автоматического управления. – Л.: Энергия, 1975. – 416 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РАЗДЕЛАМ КУРСА.....	7
Задачи к контрольной работе .....	10
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	15

Данин Владимир Борисович  
Назарова Виктория Владимировна

## **ПРИБОРЫ И ТЕХНИКА ИЗМЕРЕНИЙ**

Методические указания  
и контрольная работа  
для студентов специальности 140504  
факультета заочного обучения и экстерната

*Редактор*

Р.А. Сафарова

*Корректор*

Н.И. Михайлова

*Компьютерная верстка*

Н.В. Гуральник

---

Подписано в печать 27.07.2008. Формат 60×84 1/16  
Усл. печ. л. 0,93. Печ. л. 1,0. Уч.-изд. л. 0,81  
Тираж 150 экз. Заказ № С 37

---

СПбГУНиПТ. 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9  
ИИК СПбГУНиПТ. 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9