

Министерство образования Российской Федерации

Санкт-Петербургский государственный университет
низкотемпературных и пищевых технологий



Утверждены
учебно-методическим
советом университета
“ “ _____ 2000 г.

Председатель проректор
по учебной работе
_____ **Е.И.Борзенко**

**Рабочие программы дисциплины
“Технические средства автоматизации”
и методические указания
для студентов специальности 210200
факультета заочного обучения и экстерната**

Факультет техники пищевых производств
Кафедра автоматики и автоматизации производственных процессов

Санкт-Петербург 2000

УДК 62.523

Стегаличев Ю. Г., Васильев А. И., Добряков В. А., Замарашкина В. Н. Рабочие программы дисциплины “Технические средства автоматизации” и метод. указания для студентов спец. 210200 факультета заочного обучения и экстерната. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2000. – 72 с.

Приведены методика самостоятельного изучения и содержание разделов дисциплины “Технические средства автоматизации”, вопросы для самопроверки, варианты контрольных и курсовых работ, контрольные примеры решения наиболее сложных заданий.

Рецензент

Канд. техн. наук, доц. О. И. Сергиенко

Одобрены к изданию советом факультета техники пищевых производств

© Санкт-Петербургский государственный
университет низкотемпературных
и пищевых технологий, 2000

ВВЕДЕНИЕ

Задачей курса “Технические средства автоматизации” (ТСА) является подготовка специалистов по выбору и эксплуатации технических средств для систем автоматического и программного управления и регулирования оборудованием и технологическими процессами предприятий пищевой и мясомолочной промышленности.

Курс предусматривает изучение принципов конструктивного построения и основных характеристик пневматических элементов, модулей и приборов, электрических модулей и приборов, микропроцессорных наборов, микроконтроллеров и персональных ЭВМ, а также микро- и мини-ЭВМ, используемых в системах автоматического управления оборудованием и технологическими процессами в пищевых производствах.

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Изучение курса ТСА ведется в соответствии с программой, утвержденной методической комиссией СПбГУНиПТ. Материалы по разделам курса студент прорабатывает самостоятельно, используя литературные источники, перечень которых приводится ниже, а также на консультациях у преподавателей, ведущих данный курс. Критерием самостоятельной оценки знаний изучаемого курса служат ответы на вопросы для самопроверки по разделам. Вопросы приведены ниже. Следует отметить, что эти вопросы в какой-то степени будут отражены в контрольных работах и в экзаменационных билетах.

После изучения теоретического курса студент должен выполнить три контрольные работы, причем одна контрольная работа выполняется на 1У курсе, а вторая и третья контрольные работы, а также курсовой проект – на У курсе. Ответы на задачи в контрольных работах должны быть полными и сопровождаться схемами, необходимыми графиками и расчетами. После сдачи контрольной работы на проверку преподавателю студентом проводится защита контрольной работы, которая заключается в ответах на поставленные вопросы по тексту решения задач.

В период зачетно-экзаменационной сессии студенты 1У курса слушают обзорный курс лекций по разделам 1, 2 и 3 рабочей программы, в которых излагаются наиболее трудноусвояемые вопросы по разделам курса, и выполняют лабораторные работы. Список методических пособий к лабораторным работам приводится [23–33]. После защиты отчетов по выполненным лабораторным работам и защиты первой контрольной работы студенты 1У курса получают зачет и допускаются к сдаче экзамена по первой части курса. Во время экзамена студенту разрешается

пользоваться только справочниками и каталогами на технические средства автоматизации.

Студенты У курса в период зачетно-экзаменационной сессии также слушают обзорный курс лекций по разделам 4, 5 и 6 рабочей программы, выполняют и защищают лабораторные работы, защищают выполненные и заблаговременно направленные на кафедру вторую и третью контрольные работы и курсовой проект. После этого студент получает зачет, оценку по курсовому проекту и допускается к сдаче экзамена по второй части курса.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА I ЧАСТИ КУРСА

1. Классификация ТСА и их характеристики по функциональному признаку, по виду используемой энергии, по конструктивному оформлению. Основные технические характеристики ТСА – статические, динамические, метрологические, надежности, нагрузочные. Государственная система приборов (ГСП) контроля и регулирования производственных процессов. Назначение и принцип построения ГСП. Основные ветви и подветви ГСП.

2. Элементы устройства и приборы пневмоавтоматики.

2.1. Понятие о пневматических элементах. Простейшие пневматические элементы (дрессели, емкости, мембраны, сильфоны, камеры и т. д.), их статические и динамические характеристики. Простейшие пневматические устройства (преобразователи, усилители давления и мощности, повторители, элементы сравнения, струйные, золотниковые дискретные элементы), их статические и динамические характеристики. Понятие о мощности и расходных характеристиках пневмоэлементов.

2.2. Анализ и синтез пневматических модулей и приборов.

Методика анализа пневматических модулей и приборов по конструктивным схемам и синтеза их элементов по математическим моделям.

Пневматические модули алгебраической обработки сигналов, интегрирования, дифференцирования, реализации логических функций. Пневматический операционный преобразователь.

2.3. Системы элементов промышленной пневмоавтоматики.

Система универсальных элементов промышленной пневмоавтоматики (УСЭППА) (номенклатура, основные характеристики, особенности монтажа и эксплуатации).

Пневмоэлементы золотникового и клапанного типа (характеристики, особенности монтажа и эксплуатации).

Пневмоэлементы струйного типа (характеристики, области использования, особенности монтажа и эксплуатации).

2.4. Пневматические приборы.

Пневматическая ветвь ГСП – приборы системы “СТАРТ” (номенклатура, основные характеристики, принципы унификации).

Функциональные приборы, реализующие алгебраическое суммирование, умножение сигнала на постоянный коэффициент, перемножение и деление переменных. Их основные характеристики (статические, динамические, расходные, метрологические).

Пневматические приборы, формирующие ПЗ, П, ПИ, ПД, ПИД законы регулирования. Модульное построение схем регуляторов, математическое описание формируемых зависимостей. Диапазоны и способы настройки параметров регулирования.

Пневматические приборы, обеспечивающие взаимодействие оператора с системой управления. Приборы представления и регистрации информации. Устройства операторного ввода дискретных команд и функциональных сигналов. Станции управления контуром регулирования. Принцип действия, конструктивные особенности этих устройств, их основные характеристики (метрологические, нагрузочные, расходные).

2.5. Обеспечение питания пневматических приборов и систем. Требования к качеству воздуха для питания мембранно-дрессельных, золотниковых пневмоэлементов. Методы фильтрации, водо- и маслоотделения. Устройства стабилизации давления.

2.6. Пневматические исполнительные механизмы.

Принципиальные схемы и конструктивное оформление поршневых, мембранных, лопастных пневматических механизмов. Анализ статических, динамических и нагрузочных характеристик различных типов механизмов. Влияние длинных пневматических линий передачи сигнала из системы управления на характеристики исполнительного механизма. Применение позиционеров для улучшения статических и динамических свойств пневматических исполнительных механизмов. Параметры, определяющие выбор исполнительного механизма для системы управления.

3. Гидравлические средства автоматики.

Использование в модулях управления струйных и золотниковых преобразователей потока жидкости в качестве усилителей мощности. Принципиальные схемы и конструктивное оформление гидравлических исполнительных механизмов. Статические, динамические и нагрузочные характеристики гидравлического привода.

4. Элементы и устройства электроавтоматики.

4.1. Общие сведения. Датчики электроавтоматики. Классификация электрических средств автоматизации. Обзор первичных преобразователей с электрическими выходными сигналами. Датчики устройств электроавтоматики: потенциометрические, индуктивные, емкостные, датчики угловых скоростей, их принцип действия, статическая и динамическая характеристики.

4.2. Аналоговые устройства электроавтоматики. Устройства статического и динамического преобразования сигнала: усилители, операционные блоки, сумматоры, дифференциаторы, интегратор, блоки рассогласования, блоки нелинейных преобразователей.

4.3. Дискретные устройства электроавтоматики. Реле и переключающие устройства в системах электроавтоматики: электромеханические реле, электронные и фотореле, реле времени, их статические и динамические характеристики. Контактные и бесконтактные переключающие устройства. Аналого-цифровые преобразователи, их структурные схемы и принцип действия. Логические элементы.

4.4. Электрические исполнительные механизмы. Классификация исполнительных механизмов: электромагнитные, электродвигательные, механизмы с шаговыми двигателями. Пропорциональные и позиционные исполнительные механизмы. Контактные и бесконтактные электромагнитные муфты, принцип их действия, статические и динамические характеристики.

5. Электрические регуляторы.

5.1. Структурная схема типового регулятора. Обобщенные структурные схемы регуляторов с релейными и аналоговыми элементами. Анализ динамических характеристик и областей нормальной работы реальных регуляторов. Балансные звенья.

5.2. Релейно-импульсные регуляторы.

Режимы работы регуляторов с релейными элементами. Структурные и принципиальные схемы промышленных двух- и трехпозиционных регуляторов. Анализ динамических характеристик регуляторов. Цифровые и цифро-аналоговые регуляторы. Структурная и принципиальная схемы регуляторов и их динамические характеристики.

5.3. Многоканальные регуляторы, их структурные схемы и области применения. Многоканальные микропроцессорные регуляторы.

6. Электрические средства для систем сигнализации, программно-логического управления, централизованного контроля.

6.1. Анализ и синтез систем программно-логического управления.

Общие вопросы анализа и синтеза сложных систем управления. Понятие о конечных автоматах. Последовательные и комбинационные схемы управления. Применение алгебры логики для синтеза комбинационных систем управления. Задачи минимизации числа элементов при синтезе систем управления. Правило нулей и единиц.

6.2. Элементный состав систем управления технологическими процессами. Схемы управления электродвигателями (принципиальные схемы, режимы работы). Устройства, обеспечивающие централизованный контроль (модули переключения каналов, циклического опроса, счетные

устройства); устройства, обеспечивающие программно-логическое управление (реле времени, блоки логики).

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА II ЧАСТИ КУРСА

7. Характеристики надежности элементов, приборов и систем.

7.1. Основные понятия и определения надежности. Понятия: надежность, работоспособность, отказ, восстанавливаемость, ресурс, сохраняемость, долговечность, ремонтпригодность. Характеристики надежности элементов, приборов и систем управления. Виды отказов. Функциональные характеристики надежности: вероятность безотказной работы, интенсивность отказов, частота отказов, среднее время безотказной работы.

Основные законы распределения времени безотказной работы: экспоненциальный, Вейбулла, усеченный нормальный, Рэлея.

7.2. Методы повышения надежности систем. Методы повышения надежности путем резервирования. “Горячий”, “холодный” и “теплый” резервы. Кратность резерва и его влияние на показатели надежности.

7.3. Характеристики надежности основных технических средств автоматизации. Надежность электрических элементов и приборов. Надежность средств микроэлектроники и ЭВМ.

8. Управляющие электронные вычислительные машины.

8.1. Агрегатные средства вычислительной техники. Микропроцессорные наборы (комплекты БИС) и их использование для построения приборов и систем управления, “встроенных” в объект. Программно-ориентированные контроллеры. Их использование в системах управления. Устройства связи ЭВМ с объектом управления (виды УСО, организация защиты передаваемой информации от помех, усиление по мощности). Устройства взаимосвязи оператора с управляющим вычислительным комплексом (УВК). Устройства ввода в УВК команд, данных, сообщений. Тумблеры, кнопки, номеронабиратели, пульта оператора, клавиатуры видеотерминалов, координатографы. Устройства вывода из УВК для оператора визуальной, документальной, звуковой информации. Сигнальные лампочки, табло, шкальные и цифровые приборы, дисплеи, мнемосхемы, растровые табло, видеотерминалы, телетайпы, цифровые и алфавитно-цифровые печатающие устройства, графопостроители, звуковые синтезаторы.

Организация обмена информацией между модулями и устройствами УВК. Внутренний и внешний интерфейсы. Последовательный, параллельный интерфейсы.

Виды памяти, используемые в УВК. Конструктивная реализация запоминающих устройств. Постоянные, оперативные, энергонезависимые

(перепрограммируемые), внешние устройства хранения информации (на перфоленте, магнитной ленте, магнитном диске, лазерном диске, на интегральных модулях).

Способы контроля технического состояния УВК, построенного на микропроцессорных устройствах.

8.2. Использование микроЭВМ в системах управления. Модульное построение управляющей микроЭВМ, понятие базового комплекта микроЭВМ. Дополнительные устройства и модули микроЭВМ, обеспечивающие обмен информацией с объектом управления (УСО), с дополнительными постами ввода информации и получения информации оператором (номеронабиратели, видеотерминалы, мнемосхемы, информационные табло), с другими комплексами технических средств (модемы, контроллеры, модули перехода на другой интерфейс).

Особенности использования устройств памяти (оперативной, постоянной, энергонезависимой, внешней) в управляющей микроЭВМ. Режимы работы микроЭВМ в УВК (подготовка и ввод программного обеспечения и банка данных, проверка технического состояния УВК, управление объектом под командой оператора, автономная работа по управлению объектом).

8.3. Программное обеспечение УВК на базе микроЭВМ, структура программного обеспечения УВК (пусковые программы, операционные системы, трансляторы и интерпретаторы, программы реального времени, программы пользователя, тест-программы).

Размещение программного обеспечения в памяти микроЭВМ при различных режимах работы.

Особенности программирования управляющих контроллеров. Системы машинных кодов и ассемблера. Кросс-программы для контроллеров.

9. Технические средства автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП).

9.1. Комплексный характер задач управления технологическими процессами пищевых производств, структура УВК при реализации таких систем. Организация рабочего места оператора АСУТП. Технические средства и программное обеспечение оператора-технолога, использование режима “диалог” и режима “меню” для ввода команд и данных. Периодический характер вывода информации. Формы информационных сообщений на видеотерминале и алфавитно-цифровом печатающем устройстве. Дублирование терминалов. Использование мнемосхемы, цифровых и матричных табло, цифронабирателей при организации дублирующих рабочих мест.

9.2. Организация ввода в УВК информации от объекта. Применение преобразователей ГСП с унифицированным выходным сигналом. Системы

обегающего и адресного опроса. Предварительная обработка информации при вводе в УВК. Организация вывода команд и управляющих сигналов из УВК на объект. Особенности управления электромагнитными, электродвигательными и пневматическими исполнительными механизмами. Включение и выключение мощного электропривода.

9.3. Организация АСУТП на базе рассредоточенных программно-ориентированных контроллеров. Организация АСУТП на базе универсальной микро-ЭВМ. Организация АСУТП, работающей в режиме “советчик” на базе персональной ЭВМ.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ ПО I ЧАСТИ КУРСА

Вопросы к разделам 1, 2, 3

1. Приведите графическое изображение “идеальной” и “реальной” статических характеристик мембраны и их математическое описание.
2. Определите понятие “активная площадь мембраны” и ее связь с формой статической характеристики.
3. Чем определяются инерционные свойства мембраны, устанавливаемой в ТСА?
4. Какие пневмосопротивления могут быть условно отнесены к звеньям с линейной статической характеристикой, а также к звеньям с нелинейной статической характеристикой?
5. Определите понятие “проводимость” пневмосопротивления и ее связь со статической характеристикой звена.
6. Приведите математическое описание свойств пневмоемкости как элемента преобразования информации.
7. Приведите статическую и динамическую характеристики “проточной камеры” (два пневмосопротивления и пневмоемкость).
8. Приведите статическую и динамическую характеристики “глухой камеры” (одно пневмосопротивление и пневмоемкость).
9. Для каких целей в ТСА используется регулируемое пневмосопротивление?
10. Для реализации каких функций используются в ТСА переменные пневмосопротивления ?
11. Как использовать пневмосопротивления типа “сопло-заслонка” для преобразования перемещения в давление.
12. Какой вид имеют “реальная” и “идеальная” статические характеристики для преобразователя перемещения в давление. Выбор стандартного рабочего диапазона изменения функционального сигнала для пневмоэлементов ТСА.

13. Как соотношение геометрических размеров золотникового преобразователя перемещения в давление влияет на вид статической характеристики преобразователя?

14. Какие элементы настройки статической характеристики предусмотрены в схеме операционного преобразователя на пневмоэлементах (рис. 2 [1])?

15. В каком диапазоне изменения входных и выходных параметров осуществляется настройка операционного преобразователя на пневмоэлементах каждым из элементов настройки?

16. Назовите стандартные уровни пневматических сигналов, соответствующие логическим “0” и “1”. Объясните причину назначения таких уровней.

17. Какие пневмоэлементы могут быть использованы для реализации логических операций “да” и “нет”? Приведите схемы включения.

18. Какие пневмоэлементы могут быть использованы для реализации логических операций “и” и “или”? Приведите схемы включения.

19. Какую роль играет положительная обратная связь в пневматических реле?

20. Какие элементы в схеме пневматического генератора прямоугольных импульсов используются для настройки частоты изменения выходного сигнала?

21. Какие преимущества имеет пульсирующее пневмосопротивление по сравнению с капиллярным при использовании в схемах?

22. Укажите назначение и основные технические характеристики пневмоэлементов УСЭППА.

23. Каким образом реализуются операции алгебраического суммирования с использованием пневмосопротивлений?

24. Как реализуются операции алгебраического суммирования с использованием пакета мембран?

25. Каким образом реализовать операции умножения на постоянный коэффициент с использованием пневмосопротивлений?

26. Как реализуются операции умножения на постоянный коэффициент с использованием рычажной передачи?

27. По какой причине схема модуля перемножения и деления сигнала на пневмоэлементах (рис. 18 [1]) может быть названа “пассивной”?

28. На примере модуля перемножения и деления сигнала рассмотрите последовательность (алгоритм) определения статической характеристики всей схемы по известным статическим характеристикам отдельных элементов и звеньев.

29. На примере модуля предварения рассмотрите последовательность (алгоритм) определения динамической характеристики всей системы по

динамическим характеристикам (передаточным функциям) отдельных элементов и звеньев.

30. Определите понятие “время предварения” и объясните, как производится настройка этой величины в схеме на пневмоэлементах.

31. Какие пневматические элементы и узлы используются в схеме модуля, реализующего операцию интегрирования?

32. Определите понятие “пневматические часы”. Какие элементы используются в схеме модуля?

33. Укажите назначение и основные технические характеристики приборов функциональной группы (ПФ) системы “СТАРТ”.

34. Укажите назначение и основные технические характеристики приборов представления информации оператору (показывающих) (ПВ) в системе “СТАРТ”.

35. Укажите назначение и основные технические характеристики приборов формирования законов регулирования (ПР) в системе “СТАРТ”.

36. На примере функционального электропневмопреобразователя поясните, как используется принцип компенсации сил (моментов) для уменьшения погрешности преобразования сигналов.

37. Какие функциональные зависимости может реализовывать прибор простейших алгебраических операций типа ПФ 1.1? Укажите погрешность преобразования информации.

38. Какие функциональные зависимости может реализовать прибор умножения на постоянный коэффициент типа ПФ 1.3.9? Назовите элементы схемы прибора, которые обеспечивают настройку на заданную зависимость.

39. Какие функциональные зависимости реализуют регулирующие приборы ПР 1.6 и ПР 1.5? Назовите элементы схемы прибора, обеспечивающие настройку параметров регулятора.

40. Какие функциональные зависимости реализует регулирующий прибор ПР 2.8? Назовите элементы схемы прибора, обеспечивающие настройку параметров регулятора.

41. Какие функциональные зависимости реализует регулирующий прибор ПР 3.31? Назовите элементы схемы прибора, обеспечивающие настройку параметров регулятора.

42. Приведите статическую и динамическую характеристики пневматического исполнительного механизма мембранного типа. Что такое “рабочий диапазон исполнительного механизма”?

43. Что представляет собой пневматический исполнительный механизм поршневого типа? Укажите характеристики и особенности его использования.

44. Приведите статическую и динамическую характеристики пневматического исполнительного механизма с позиционером. Укажите его преимущества по сравнению с механизмом прямого действия.

45. Назовите основные требования к качеству воздуха, поступающего для питания пневматических ТСА мембранно-дроссельного типа и ТСА клапанно-золотникового типа.

46. Как осуществляется очистка воздуха, питающего ТСА, от твердых примесей?

47. Как осуществляется очистка воздуха, питающего ТСА, от масла и влаги?

48. Как осуществляется стабилизация давления в линии питания ТСА? Укажите области использования стабилизатора давления и редуктора.

49. Какое влияние на работу пневматических ТСА оказывает большая протяженность каналов передачи информации? Укажите методы уменьшения этого влияния.

50. В каких случаях в системе автоматизации целесообразно применять гидравлический привод?

Вопросы к разделу 4

1. Что такое первичный преобразователь?

2. Какие требования предъявляются к первичным преобразователям?

3. Какие Вы знаете датчики перемещений?

4. Какие погрешности характерны для датчиков перемещений и каковы принципы их компенсации?

5. Принцип работы потенциометрических, индуктивных и емкостных датчиков перемещений.

6. Перечислите датчики угловых скоростей, укажите их назначение и принцип действия.

7. Какие типовые схемы операционных блоков как элементов аналоговых устройств автоматики Вы знаете?

8. Что такое блоки рассогласования? Укажите основные типовые схемы блоков рассогласования.

9. Как реализовать операции суммирования, интегрирования, интегросуммирования и дифференцирования на операционных блоках.

10. Укажите электромеханический вариант интегрирования.

11. Что такое блоки динамических преобразователей, их назначение и типовые принципиальные схемы?

12. Какие Вы знаете бесконтактные устройства автоматики?

13. Укажите назначение и принцип действия аналого-цифровых и цифро-аналоговых преобразователей. Приведите типовые структурные схемы и назначение отдельных блоков.

14. Какие Вы знаете элементы и узлы дискретных устройств автоматики?
15. Перечислите релейные устройства и приведите их статические характеристики.
16. Что такое электромагнитное реле постоянного тока? Каковы его статическая и динамическая характеристики?
17. Что такое поляризованное реле? Каковы его типовые схемы и принцип действия?
18. Что представляют собой нейтральное электромагнитное реле переменного тока? Объясните принцип его действия.
19. Приведите основные схемы искрогашения на контактах реле.
20. Что такое герконы?
21. Какие электрические исполнительные устройства автоматических систем Вы знаете? Укажите их назначение и классификацию.
22. Что представляют собой пропорциональные исполнительные механизмы? Что такое ход регулирующего органа (ХРО)?
23. Что такое позиционный исполнительный механизм?
24. Укажите принцип действия и состав электромагнитных и электродвигательных исполнительных механизмов.
25. Укажите назначение, принцип действия, состав электромагнитных и гистерезисных муфт.
26. Что представляют собой шаговые двигатели релейного и синхронного типа? Укажите их назначение и принцип действия.

Вопросы к разделу 5

1. Укажите назначение и структурную схему типового регулятора. Что такое регулятор прямого и непрямого действия?
2. Какие типовые алгоритмы систем автоматического регулирования и их динамические характеристики Вы знаете? Что такое закон регулирования?
3. Что такое идеальные и реальные регуляторы? Какова область нормальной работы реальных регуляторов?
4. Что такое балластное звено реального регулятора?
5. Какова структурная схема релейно-импульсного регулятора с П-алгоритмом управления? Укажите его статическую и динамическую характеристики.
6. Приведите схемную реализацию регулятора по п. 5 на базе балансного реле типа БР-3. Укажите назначение элементов и узлов этой схемы.

7. Рассмотрите пример функционального регулятора прямого действия с любым алгоритмом управления (регуляторы температуры, уровня).

8. Что такое двухпозиционное регулирование? Приведите пример регулятора и его статическую характеристику.

9. Как выглядят динамические характеристики системы регулирования при двухпозиционном регулировании параметра статического и астатического объектов?

10. Какие параметры настройки двухпозиционного регулятора Вы знаете и каково их влияние на показатели автоколебаний выходного параметра объекта управления? Что такое регулирование неполным притоком?

11. Как влияет время запаздывания между сигналами рассогласования и управления на показатели автоколебаний выходного параметра схемы регулирования?

12. Приведите структурную схему релейно-импульсного регулятора с ПИ-алгоритмом управления. Каковы статическая и динамическая характеристики этого регулятора?

13. Какие Вы знаете режимы работы релейно-импульсных регуляторов и каков их физический смысл?

14. Приведите классификационные признаки регулятора типа Р25.

15. Укажите состав и назначение блоков рассогласования регуляторов типа Р 25.1 и Р 25.2.

16. Укажите состав и назначение регулирующего субблока Р 012.

17. Какие основные параметры настройки регулятора Р25 Вы знаете? Как они влияют на статические и динамические характеристики регулятора?

18. Приведите динамические характеристики регулятора Р25.

19. Что такое многоканальный регулятор? Приведите его типовую структурную схему, укажите назначение его узлов и принцип действия.

Вопросы к разделу 6

1. Какие основные логические функции двух переменных Вы знаете и каковы их свойства?

2. Приведите схемную реализацию логических функций на контактных и бесконтактных элементах.

3. Что такое последовательные и комбинационные схемы управления?

4. Каковы правила составления логических формул? Приведите пример применения алгебры логики для составления комбинационных схем управления.

5. Приведите правила анализа схем управления на релейных и логических элементах.
6. Каковы правила синтеза схем управления на релейных и логических элементах?
7. Что такое правило “0” и “1” и как его применить для синтеза последовательных схем управления ?
8. Как решаются задачи минимизации технических элементов при синтезе дискретных схем управления технологическими процессами?
9. Что такое перестраиваемый и конечный автоматы?
10. Каков порядок перевода контактных схем управления на бесконтактные.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ ПО II ЧАСТИ КУРСА

Вопросы к разделу 7

1. Что такое изделия однократного и многократного применения? Приведите примеры таких изделий .
2. Перечислите основные понятия теории надежности и определите физическую сущность этих понятий (работоспособность, безотказность, долговечность, ремонтпригодность и т. д.).
3. Что такое отказы и какова их классификация?
4. Укажите функциональные характеристики надежности и как производится их статистическая и вероятностная оценка.
5. В чем заключается отличие частоты отказов от их интенсивности?
6. Какова связь между временем безотказной работы изделий и интенсивностью отказов?
7. Назовите основные коэффициенты надежности.
8. Какие основные законы распределения времени безотказной работы изделий Вы знаете?
9. Каковы основные условия, которым должен удовлетворять простейший поток отказов?
10. Что означает основное соединение элементов изделий?
11. Приведите порядок расчета надежности системы по внезапному отказу ее элементов.
12. Укажите графические способы определения функциональных характеристик надежности элементов.
13. Перечислите методы повышения точности системы.
14. Что такое кратность резерва?
15. Приведите классификацию способов резервирования.
16. Каково состояние резервных элементов, включенных по методу замещения?

17. Как влияет резервирование элементов на функциональные характеристики надежности системы?

Вопросы к разделам 8, 9

1. Назовите основные устройства, входящие в состав микропроцессорного набора.

2. В какой форме подготавливается программа для ввода в микропроцессорное устройство (БИС)?

3. Что означает термин “программно-ориентированные” контроллеры?

4. В какой форме подготавливается программа для ввода в контроллер?

5. Что означает термин “энергонезависимая память”?

6. Назовите основные модули, входящие в состав контроллера, предназначенного для реализации программно-логического управления (например, типа МКП-1).

7. Назовите основные модули, входящие в состав контроллера, предназначенного для реализации программ регулирования (например, типа “Ремиконт”).

8. Какие типы устройств связи с объектом (УСО) используются для ввода и вывода информации в контроллерах типа МКП-1?

9. Какие типы устройств связи с объектом (УСО) используются в контроллерах типа “Ремиконт”?

10. Назовите основные типы устройств, предназначенных для ввода в управляющий вычислительный комплекс (УВК) информации оператором, и определите, какой вид информации каждый из них вводит.

11. Назовите основные типы устройств, предназначенных для вывода визуальной и документальной информации из УВК для оператора, определите, какой вид информации выводится.

12. Что такое понятие “интерфейс”?

13. На какое расстояние может быть удалено от УВК внешнее устройство (например, видеотерминал), если обмен информацией осуществляется с помощью последовательного интерфейса?

14. Каково назначение пульта-программатора в УВК, использующем контроллер?

15. Как осуществляется проверка технологического состояния контроллера в УВК?

16. Назовите основные модули и устройства, входящие в “базовый” комплект микро-ЭВМ.

17. Для каких целей используются в УВК номеронабиратели?

18. Как используется накопитель на магнитном диске при управлении объектом с помощью УВК?
19. Назовите основные виды тест-программ и порядок их использования в УВК.
20. Перечислите основные режимы работы микроЭВМ при подготовке и управлении объектом в составе УВК.
21. Назовите виды УСО, которые можно использовать для связи с объектом микроЭВМ.
22. Каковы особенности и назначение программ реального времени, используемых в УВК?
23. На каком языке целесообразно записывать программы пользователя в УВК?
24. Перечислите назначение и порядок использования кросс-программных средств для контроллера.
25. Составьте структурную схему УВК для Вашего варианта задания на курсовую работу.
26. Какие преимущества получает оператор при управлении объектом через УВК с использованием режима “диалога” или “меню”?
27. Какую роль играет модуль таймера ЭВМ в системе вывода информации оператору?
28. Как задается погрешность вывода информации оператору об изменении численных значений параметров, контролируемых на объекте?
29. Какие способы кодирования технико-экономической информации, вводимой в УВК оператором, Вы знаете?
30. Как используются типовые вторичные приборы (мосты, потенциометры, миллиамперметры и др.) для ввода информации в УВК?
31. Подготовьте математическое обеспечение для предварительной обработки информации при вводе в ЭВМ информационного сигнала от первичного преобразователя, измеряющего температуру в диапазоне 0–100°С (выходной сигнал преобразователя унифицирован).
32. Какой вид УСО необходимо использовать для управления электрическим исполнительным механизмом типа МЭО? Изобразите принципиальную электрическую схему.
33. Какой вид УСО необходимо использовать для управления пневматическим функциональным исполнительным механизмом? Изобразите схему соединений для этого случая.
34. Какие преимущества дает способ построения АСУТП на базе рассредоточенных или встроенных в оборудование контроллеров?
35. Для реализации каких задач АСУТП целесообразно использовать ЭВМ в режиме “советчика оператора”?

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Каждая контрольная работа состоит из нескольких задач. Задания по каждой задаче даны в 10 вариантах. Студент выполняет тот вариант задачи, который соответствует последней цифре шифра его зачетной книжки.

Результаты выполнения контрольной работы должны быть оформлены в тетраде или на сброшюрованных, пронумерованных листах чисто и аккуратно. Ответы на вопросы должны быть даны в той последовательности, в которой они размещены в методических указаниях. Ответы должны быть краткими, исчерпывающими, однозначными, исключая двойное их толкование, при необходимости сопровождаться графиками и схемами. Выполнять контрольную работу надо после изучения курса по приведенной основной и дополнительной литературе в соответствии с программой.

После изучения курса необходимо ответить на вопросы для самопроверки. Если у Вас есть желание отлично усвоить курс, то попытайтесь самостоятельно прорешать все варианты контрольных работ. Результаты этих решений направлять на проверку не надо.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 1

Работа включает в себя 4 задачи, из них: две задачи по разделам 1, 2, 3 дисциплины и две задачи по разделам 4, 5, 6 дисциплины. При выполнении контрольной работы № 1 Вы должны вспомнить материал по высшей математике, где излагались вопросы графического и аналитического представления функциональных зависимостей, методы оценки и представления погрешностей. Необходимо также восстановить в памяти разделы теории автоматического управления, связанные с анализом статического и динамического состояния звеньев системы управления и способами их выражения, а также вопросы преобразования и свертывания структурных схем.

Задача 1.1

На рис. 1 представлены статические и динамические характеристики элементов и модулей пневматических ТСА. Приведите конструктивную схему и опишите принцип действия элемента или модуля Вашего варианта. Найдите математическое описание характеристики, определите рабочий диапазон использования устройства и числовые значения коэффициентов в нем. Оцените погрешность аппроксимации характеристики, которая будет обеспечена для рабочего диапазона при использовании приведенного

математического описания. Для повышения точности вычислений рекомендуется перестроить график Вашего варианта с увеличением масштаба, сохраняя при этом все нелинейности характеристик.

На рис. 1 (вариант 0) представлено семейство статических характеристик регулируемого пневмосопротивления.

Определите коэффициенты линейных уравнений, реализующих статическую характеристику при трех вариантах настройки проводимости для стандартного диапазона изменения входного сигнала. Оцените погрешность аппроксимации нелинейной кривой линейным уравнением. Определите числовое значение настройки проводимости (α_2) и (α_3), считая шкалу настройки пневмосопротивления равномерной.

На рис. 1 (вариант 1) представлена статическая характеристика пневмореле.

Приведите конструктивную схему включения реле для реализации этой характеристики. Запишите уравнения, определяющие моменты включения и выключения реле, определите числовое значение опорного сигнала, использованного при реализации данной характеристики. Укажите допустимую величину погрешности при формировании входных и выходных переменных в этой схеме.

На рис. 1 (вариант 2) представлена статическая характеристика преобразователя перемещения в давление, построенного на переменных пневмосопротивлениях.

Приведите два варианта конструктивных схем, реализующих такую характеристику. Определите рабочий диапазон изменения входной переменной, обеспечивающий изменение выходного сигнала в стандартном диапазоне. Определите коэффициенты линейных уравнений, реализующих характеристику в рабочем диапазоне и при максимальном изменении входной и выходной переменных. Оцените погрешность аппроксимации во втором случае.

На рис. 1 (вариант 3) приведена статическая характеристика пневмореле.

Приведите конструктивную схему включения реле для реализации этой характеристики. Напишите уравнения, определяющие моменты включения и выключения реле, определите числовое значение опорного сигнала, использованного для реализации этой характеристики. Укажите допустимую величину погрешности при формировании входных и выходных переменных в этой схеме.

На рис. 2 (вариант 4) представлены переходные характеристики модуля интегрирования разности двух входных сигналов (“сигнал ошибки”).

Приведите структурную и конструктивную схемы реализации этой операции на пневмоэлементах. Напишите уравнение динамики и

передаточную функцию, которые формирует модуль. По графику определите числовое значение постоянной времени (T_n), на которое настроен модуль. Укажите, в какие отрезки времени модуль находился в статическом состоянии.

На рис. 2 (вариант 5) представлено семейство статических характеристик функционального преобразователя сигналов на регулируемых пневмосопротивлениях.

Приведите конструктивную схему, реализующую такие характеристики. Определите, какой вид функционального преобразования в этом случае реализуется. Напишите вид уравнения статики. Определите коэффициенты усиления, на которые настроен преобразователь, реализующий статические характеристики при трех вариантах настройки проводимости регулируемого пневмосопротивления (α) (принять стандартный диапазон изменения входного и выходного сигналов). Оцените погрешность аппроксимации нелинейной кривой линейным уравнением. Определите числовое значение настройки проводимости α в положениях α_2 и α_3 , считая шкалу настройки пневмосопротивления равномерной. Назовите числовое значение второго входного сигнала $P_{2вх}$ при реализации этих характеристик.

На рис. 2 (вариант 6) представлено семейство характеристик функционального преобразователя сигналов на регулируемых пневмосопротивлениях.

Приведите конструктивную схему, реализующую такие характеристики. Определите, какой вид функционального преобразования в этом случае реализуется. Напишите вид уравнения статики. Определите коэффициенты уравнения статики, на которые настроен преобразователь, реализующий характеристики при трех вариантах настройки опорного сигнала $P_{2вх}$ (принять стандартный диапазон изменения входного и выходного сигналов). Оцените погрешность аппроксимации нелинейной кривой линейным уравнением.

На рис. 3 (вариант 7) представлена статическая характеристика мембраны.

Определите допустимую величину перемещения мембраны (рабочий ход) и дайте обоснование этого выбора. Напишите уравнение статики мембраны и определите числовые значения коэффициентов уравнения. Поясните, как изменятся вид характеристики и коэффициенты уравнения для пакета из трех мембран с общим жестким центром.

На рис. 3 (вариант 8) представлена переходная характеристика инерционного пневматического модуля, построенного на пневмосопротивлениях и пневмоемкости.

Приведите структурную схему модуля, имеющего такие свойства в динамике. Напишите уравнение динамики и передаточную функцию,

которые формирует модуль. Укажите, в какие отрезки времени модуль находился в статическом состоянии. Напишите уравнение статики для модуля и подставьте в него числовые значения коэффициентов.

На рис. 3 (вариант 9) представлена динамическая характеристика модуля, реализующего операции повторения сигнала в статике и дифференцирования в динамике (модуль предварения).

Какая форма возмущающего воздействия использовалась при получении этой характеристики? Приведите структурную и конструктивную схемы модуля. Запишите уравнение динамики и передаточную функцию, которые формирует модуль. По графику определите числовое значение времени предварения, на которое настроена модель.

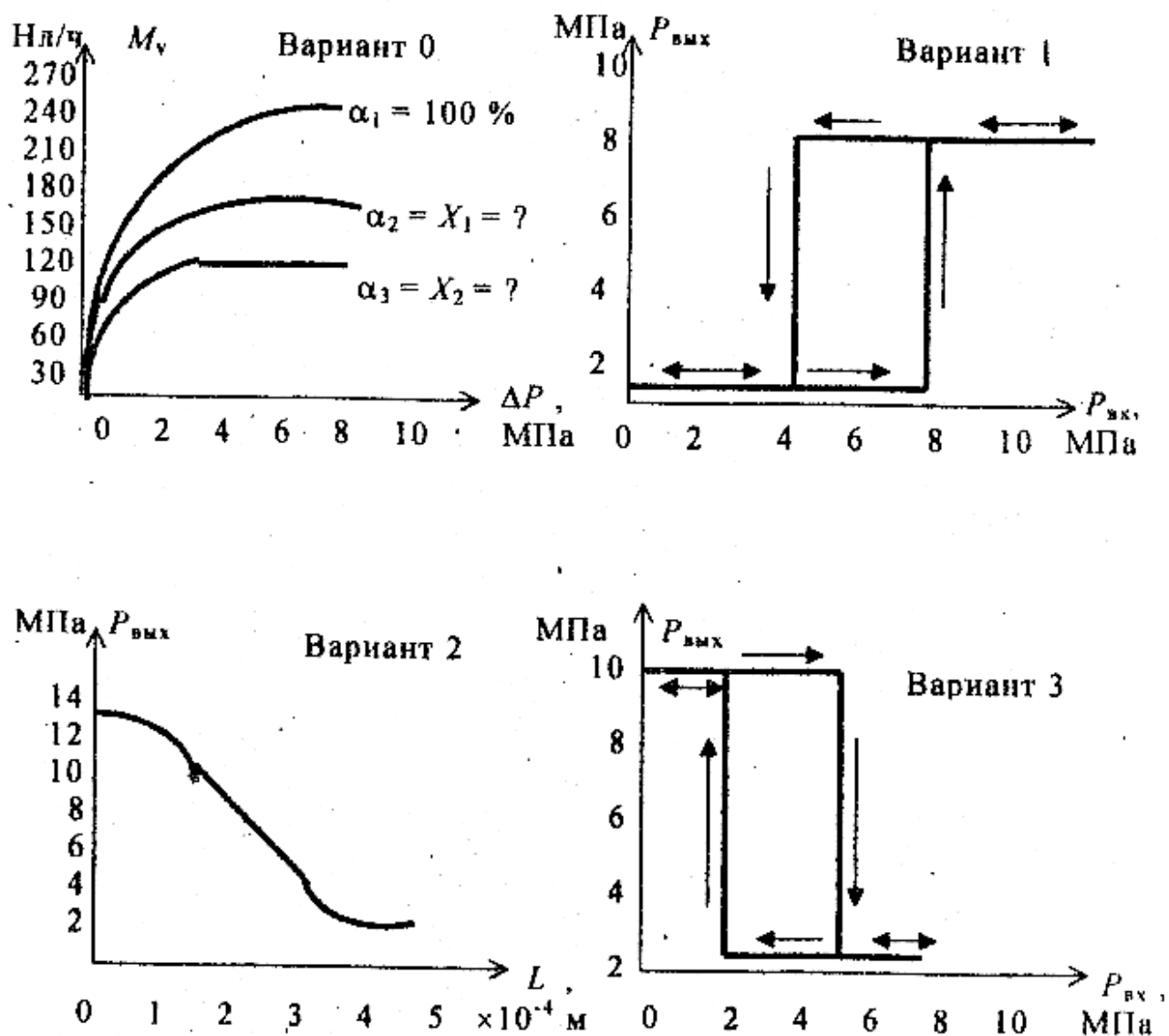
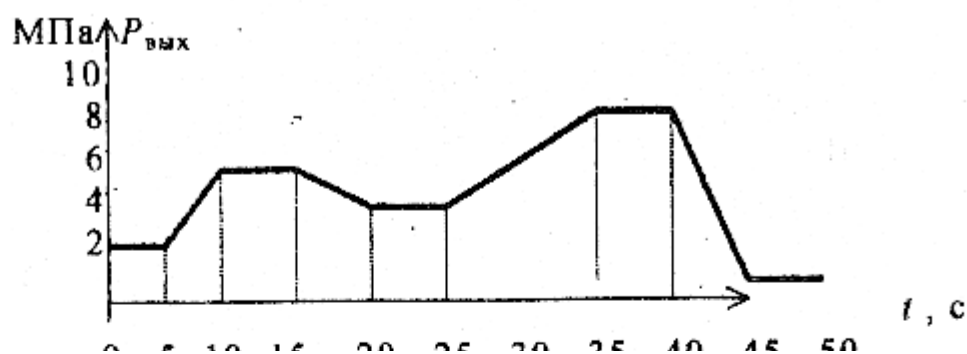
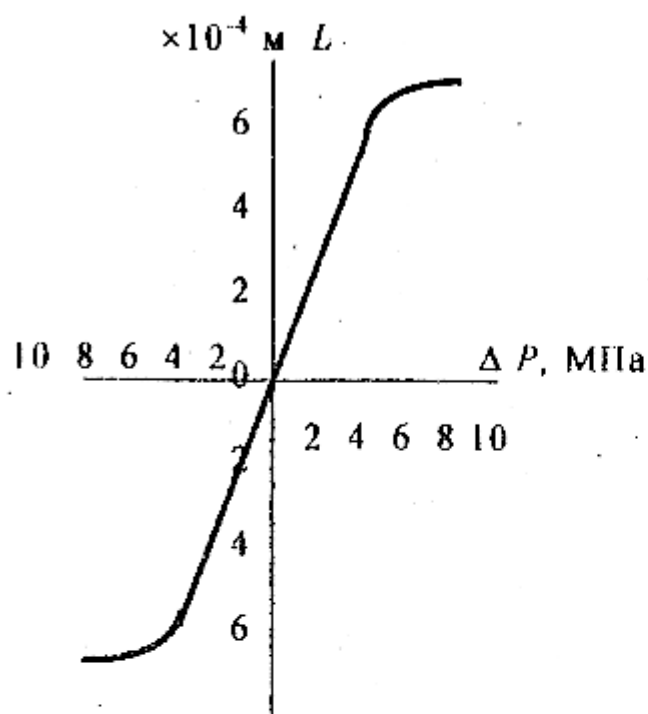


Рис. 1. Характеристики элементов и модулей пневматических ТСА (варианты 0–3)

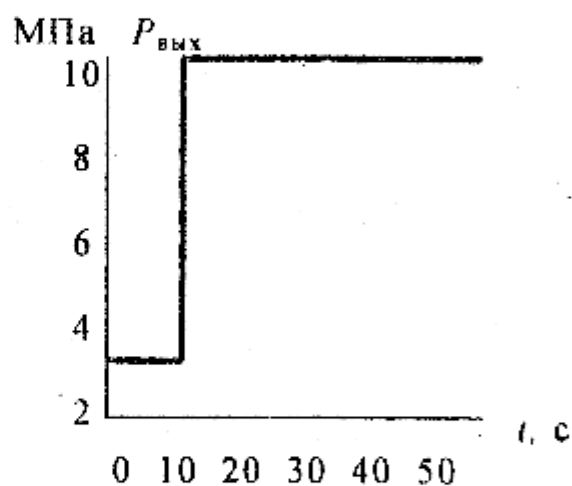
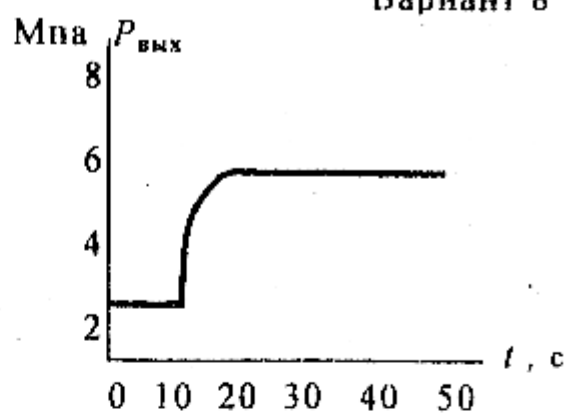
Вариант 4



Вариант 7



Вариант 8



Вариант 9

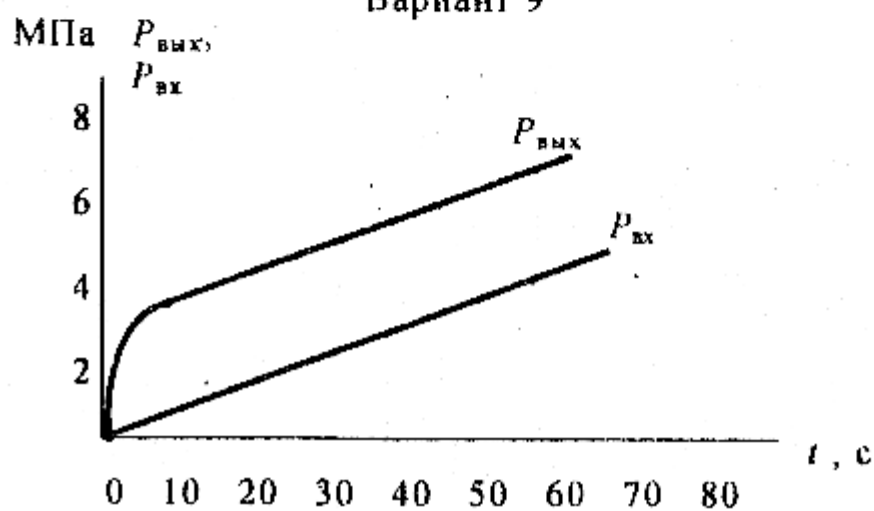


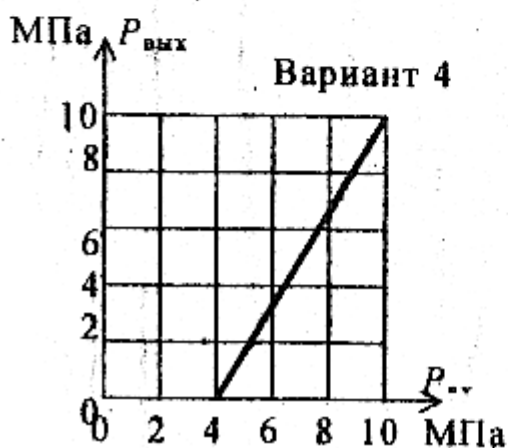
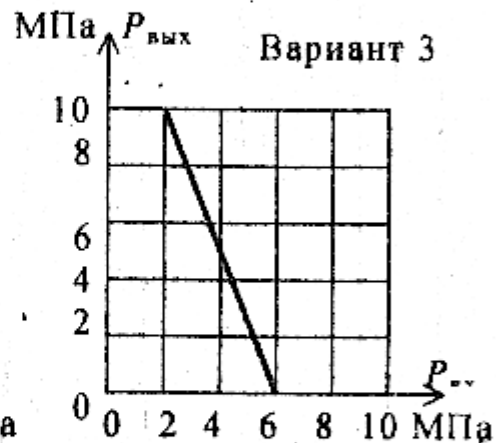
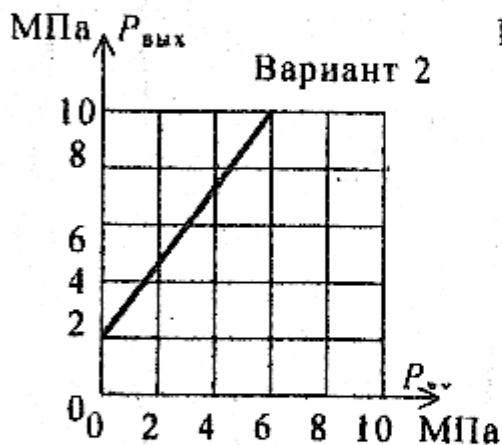
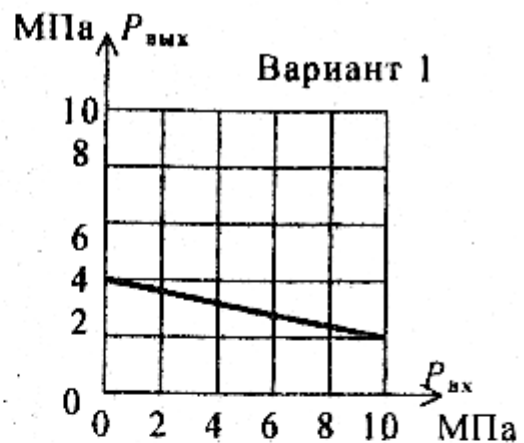
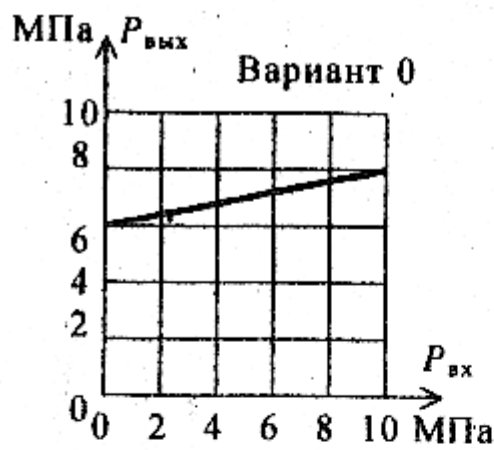
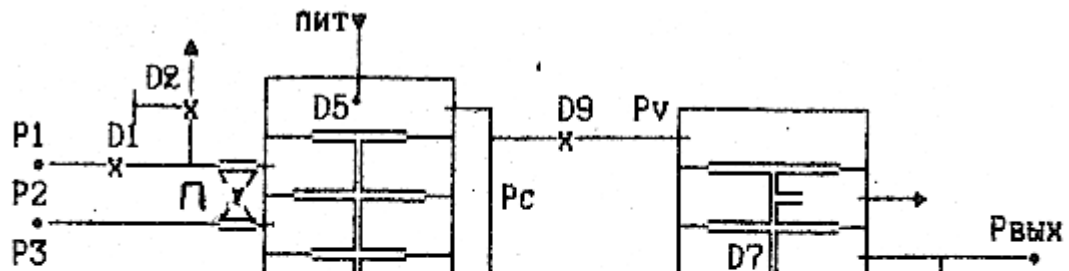
Рис. 3. Характеристики элементов и модулей
пневматических ТСА (варианты 7–8)

Покажите на графике участки характеристики, где проявляется влияние запаздывания в обратной связи.

С контрольными примерами решения задач типа 1.1 можно ознакомиться в разд. 3 учебного пособия [1], а также в пособиях [2, 8].

Задача 1.2

На рис. 4 представлена конструкторская схема операционного усилителя на пневмоэлементах. Описание принципа действия прибора см. в разделе 3.2.4 и рис. 17 в пособии [1]. Условные обозначения на схеме рис. 4 аналогичны обозначениям к задаче 2.1 данного пособия.



Д
рис. 5,
схемы
регулиру
диапазон
П
выража
шкалу
К
данном

ой на
ментов
и α_4
у или
едует
читая
1 к

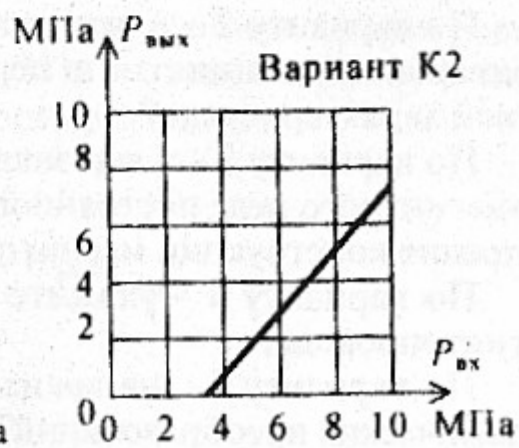
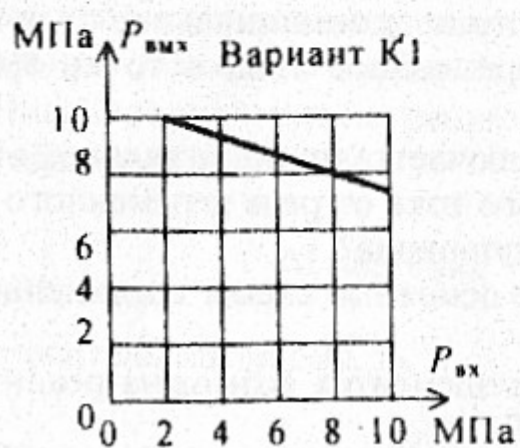
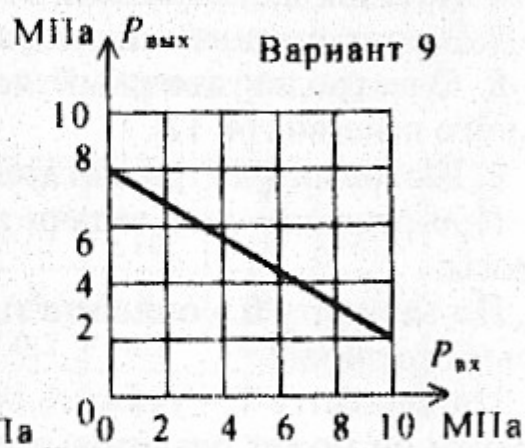


Рис. 6 Функциональные зависимости $P_{\text{вых}} = f(P_{\text{вх}})$
(варианты 6-9, К1 и К2)

Задача 1.3

Приведите электрическую схему или упрощенное конструктивное исполнение электрических ТСА по Вашему варианту. Опишите состав и принцип действия устройства, область применения и назначение. Изобразите статическую и динамическую характеристики этого устройства:

0. Потенциометрическое задающее устройство [1].
1. Операционный блок суммирования с инверсией и без инверсии входного сигнала [1].
2. Тахогенераторы постоянного и переменного тока [3, 5].
3. Нейтральное электромагнитное реле постоянного тока [3].
4. Поляризованное электромагнитное реле [3].

5. Блок динамических преобразователей [1].
6. Путь или конечный бесконтактный переключатель [3].
7. Электромагнитный соленоидный клапан [3, 12].
8. Электродвигательный исполнительный механизм пропорционального действия [4, 12].
9. Шаговый электродвигатель синхронного типа [4].

При решении этой задачи рассмотрите по вариантам следующие вопросы:

По варианту 0 – опишите типы задающих устройств и их принципиальные отличия.

По варианту 1 – укажите, что такое операционный блок и какие операции он может реализовывать, как определяется его передаточная функция?

По варианту 2 – в чем состоит принципиальное отличие тахогенераторов постоянного и переменного тока с точки зрения статической характеристики?

По варианту 3 – в чем заключается принципиальное отличие электромагнитного реле постоянного тока от реле переменного тока с точки зрения конструкции магнитопровода?

По варианту 4 – укажите основные схемы соединения элементов магнитопровода.

По варианту 5 – на каких элементах возможна реализация блока динамических преобразований?

По варианту 6 – укажите принципы, положенные в основу работы бесконтактных переключателей.

По варианту 7 – в чем заключается принципиальное отличие соленоидного клапана с замкнутой и разомкнутой магнитной цепью?

По варианту 8 – перечислите основные типы электрических исполнительных механизмов.

По варианту 9 – запишите передаточную функцию шагового электродвигателя, если за выходную координату взять угол поворота вала электродвигателя.

Задача 1.4

Потенциометрический датчик [1] формирует статическую зависимость $U_{\text{вых}} = f(X)$, где X – положение движка датчика, %; $U_{\text{вых}}$ – напряжение на выходе, В.

Рассчитайте и постройте статическую характеристику датчика по техническим характеристикам, указанным в табл. 1 для Вашего варианта. Статическую характеристику необходимо рассчитать для режима “холостого хода” $U_{\text{вых}0} = f(X)$, когда сопротивление нагрузки на выходе

здатчика равно бесконечности, а внутренним сопротивлением источника питания можно пренебречь, и для режима “под нагрузкой” $U_{\text{вых}} = f(X)$, когда на выходе подключено сопротивление, величина которого R_n указана в табл. 1 для Вашего варианта.

Таблица 1

Варианты	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$U_{\text{пит}}$	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
$R_{\text{зад.min}}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$R_{\text{зад.max}}$	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,47	0,47
R_n	0,5	1,0	5,0	10,0	0,3	3,0	30,0	300	47,0	470

Пример решения задачи 1.4 приведен в прил. 1 к данной работе.

Определите максимальное значение погрешности формирования функциональной зависимости $U_{\text{вых}} = f(X)$, возникающей от влияния нагрузки. Числовое значение погрешности выразить :

– в абсолютной форме, В,

$$\Delta U_{\text{вых}} = U_{\text{вых}l} - U_{\text{вых}0};$$

– в относительной форме, %,

$$\varepsilon = \frac{\Delta U_{\text{вых}}}{U_{\text{вых}0}} 100 .$$

В табл. 1 для Вашего варианта заданы технические характеристики, необходимые для расчета:

$U_{\text{пит}}$ – напряжение источника питания задатчика, В; $R_{\text{зад.min}}$ – сопротивление задатчика при положении движка $X = 0\%$, кОм; $R_{\text{зад.max}}$ – сопротивление задатчика при положении движка $X = 100\%$, кОм; R_n – сопротивление нагрузки, подключаемой на выход задатчика.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 2

Работа включает в себя две задачи: первая – по разделам 1, 2, 3; вторая – по разделам 4, 5, 6 курса. Задание по каждой задаче дается в 10 вариантах. Задача предусматривает анализ и синтез характеристик модулей и приборов по конструктивным, структурным схемам и по характеристикам отдельных звеньев (элементов).

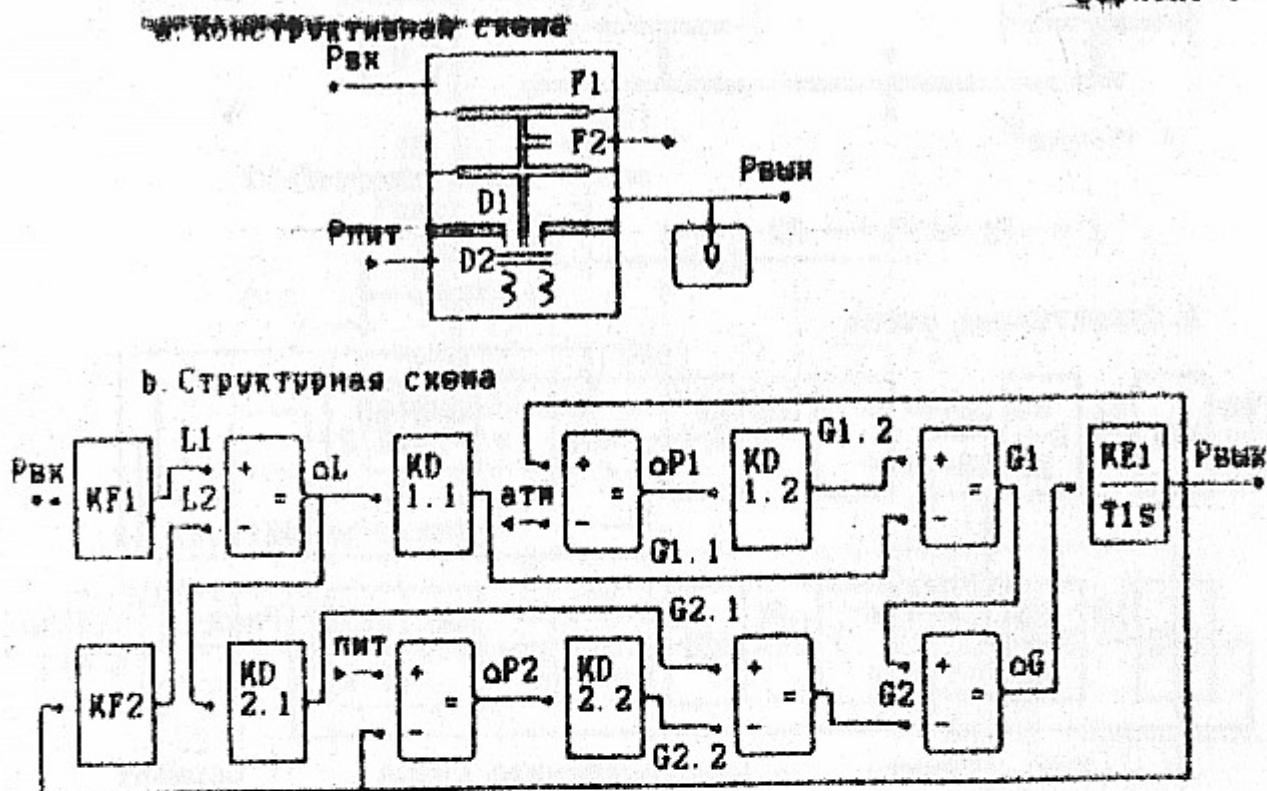
При выполнении этой работы Вам следует вспомнить разделы теории автоматического управления, связанные с декомпозицией сложных объектов на структурные звенья, статические и динамические

характеристики которых известны, а также методы преобразования и свертки структурных схем с целью получения статической или динамической характеристики всего объекта.

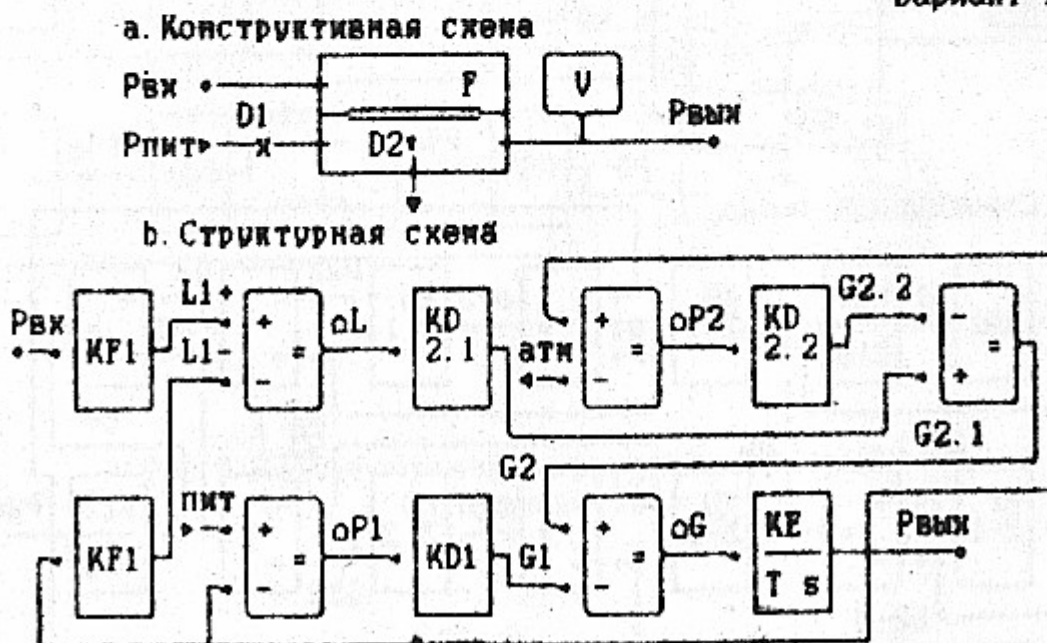
Задача 2.1

На рис. 7–13 представлены конструктивные и структурные схемы модулей, собранных из пневматических элементов. Найдите уравнения статики, передаточные функции или уравнения динамики для всех звеньев, входящих в схему Вашего варианта.

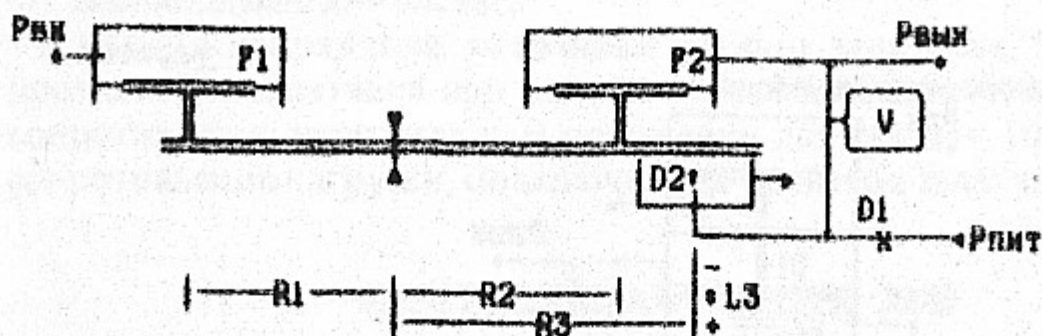
Вариант 0



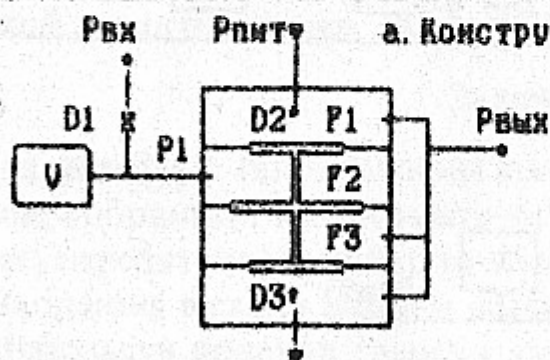
Вариант 1



а. Конструктивная схема



ВАРИАНТ



В. Структурная схема

Рис. 8. Конструктивные и структурные схемы модулей
(варианты 2 и 3)

Вариант 4

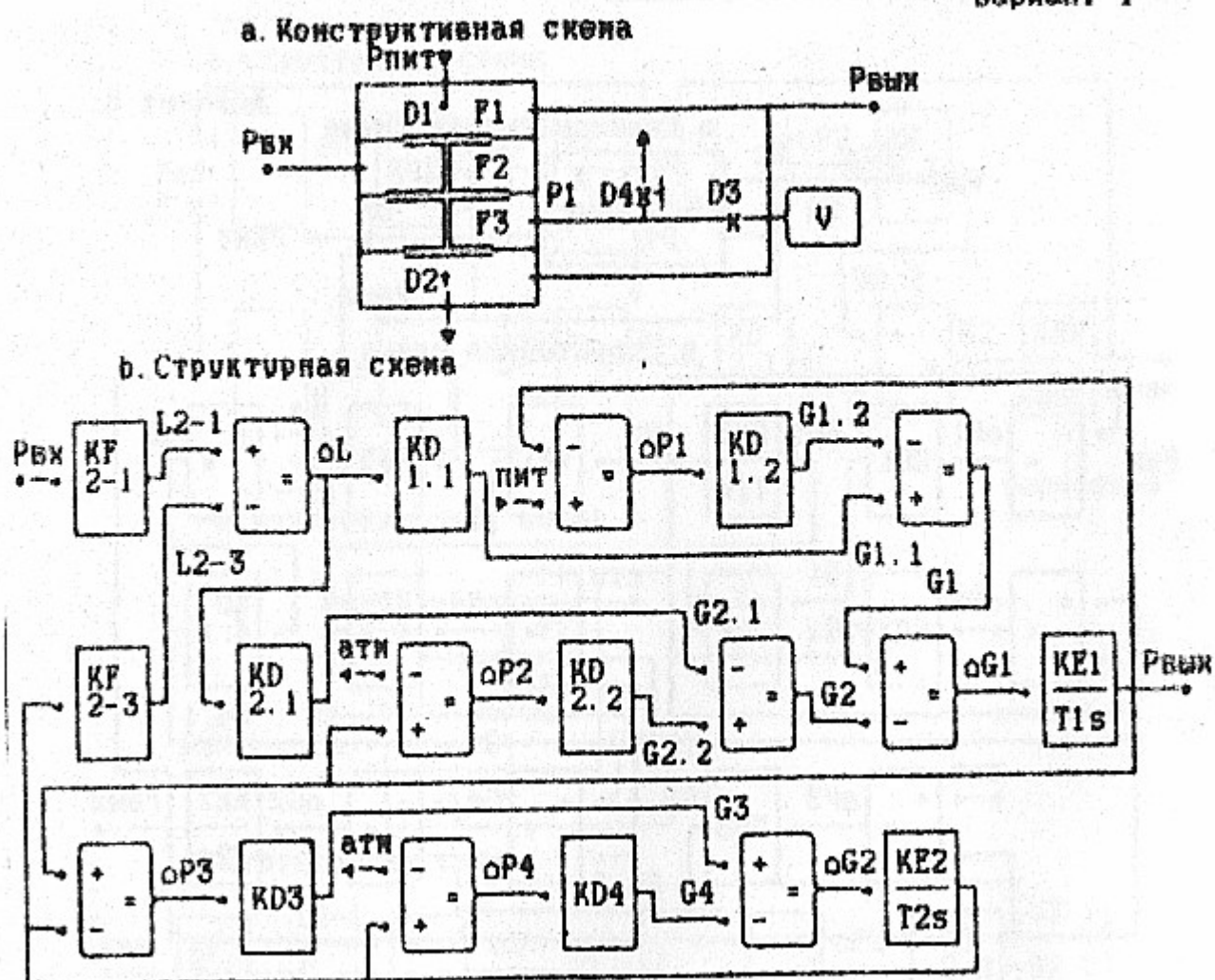


Рис. 9. Конструктивная и структурная схемы модулей
(вариант 4)

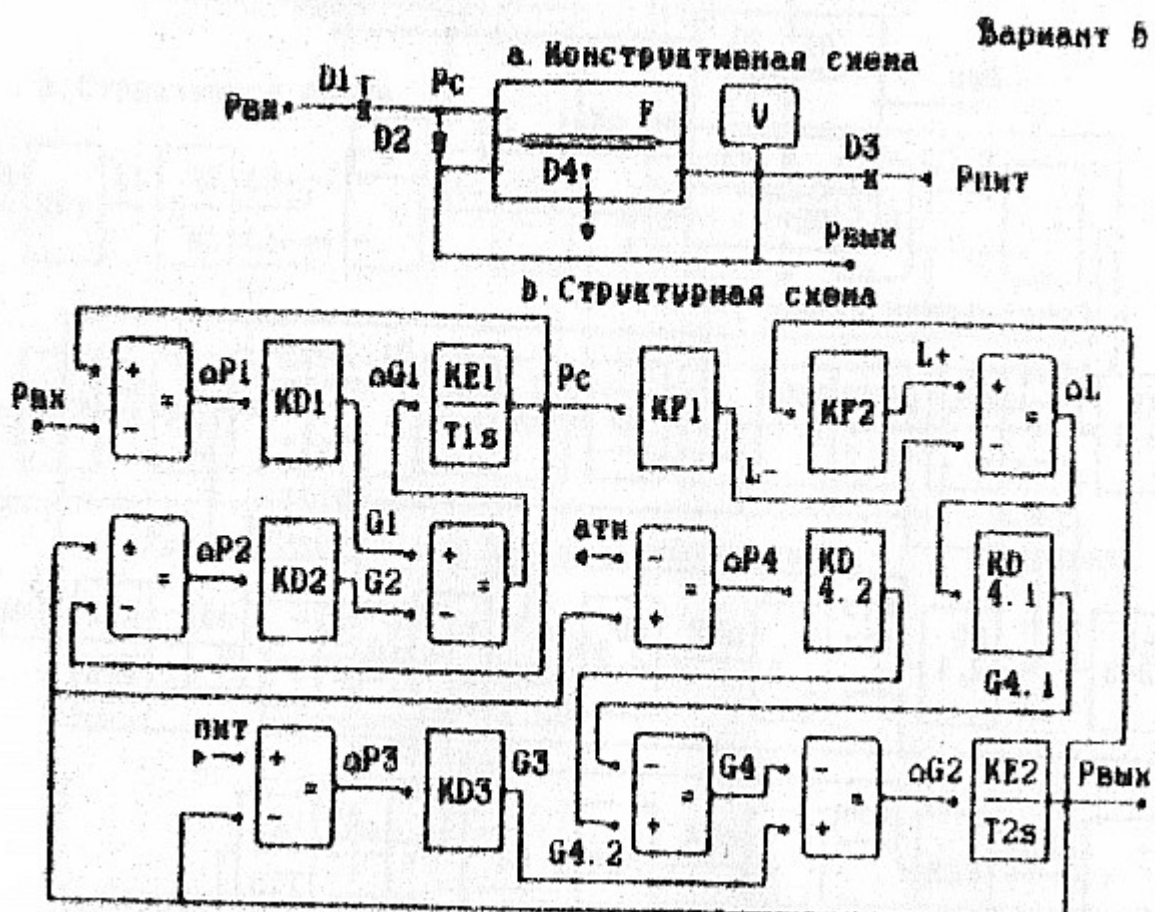
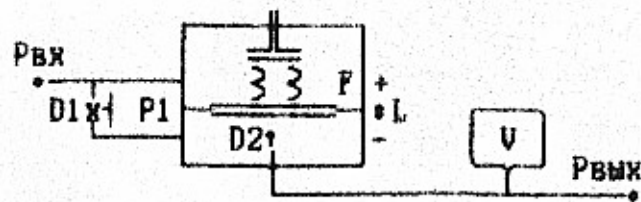


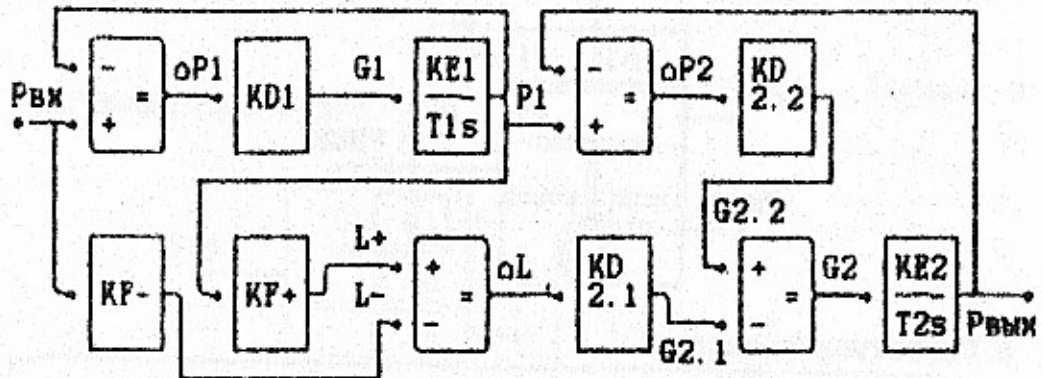
Рис. 10 Конструктивная и структурная схемы модулей

а. Конструктивная схема

Вариант 6

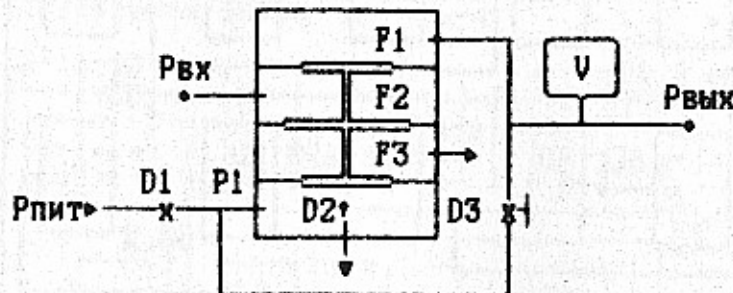


б. Структурная схема



а. Конструктивная схема

Вариант 7



б. Структурная схема

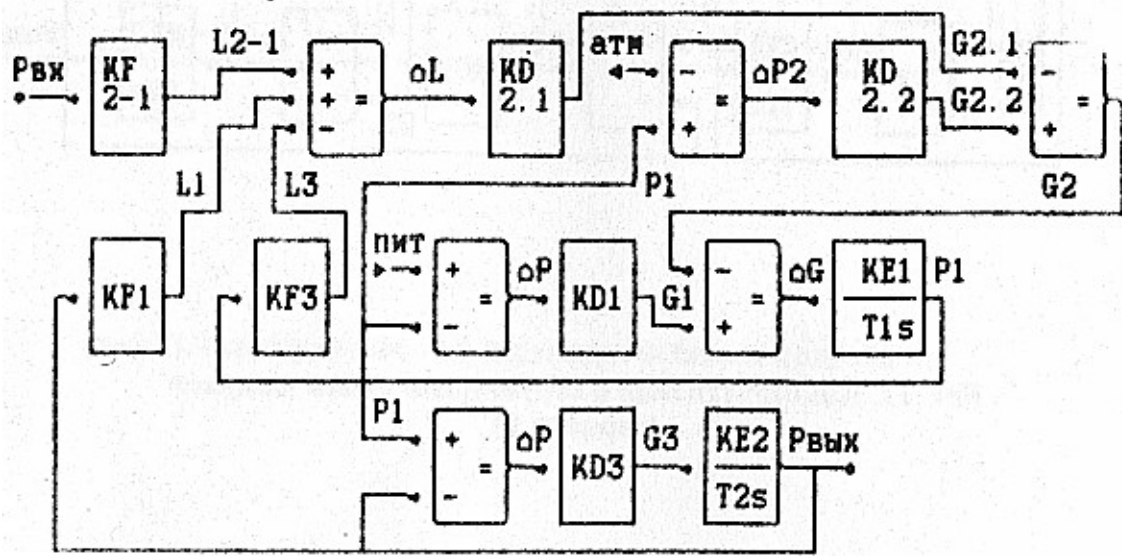


Рис. 11. Конструктивные и структурные схемы модулей
(варианты 6 и 7)

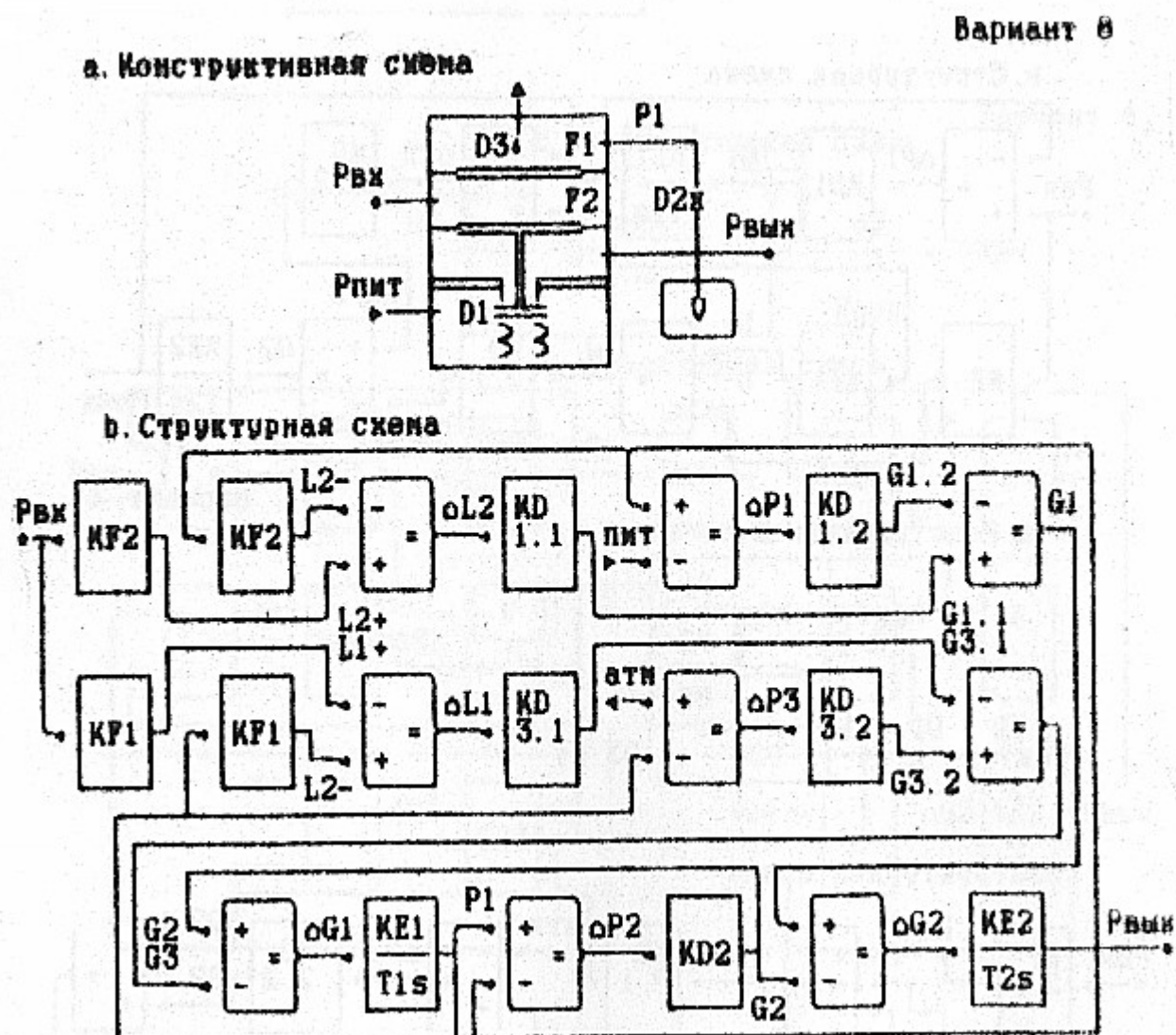


Рис. 12. Конструктивная и структурная схемы модулей
(вариант 8)

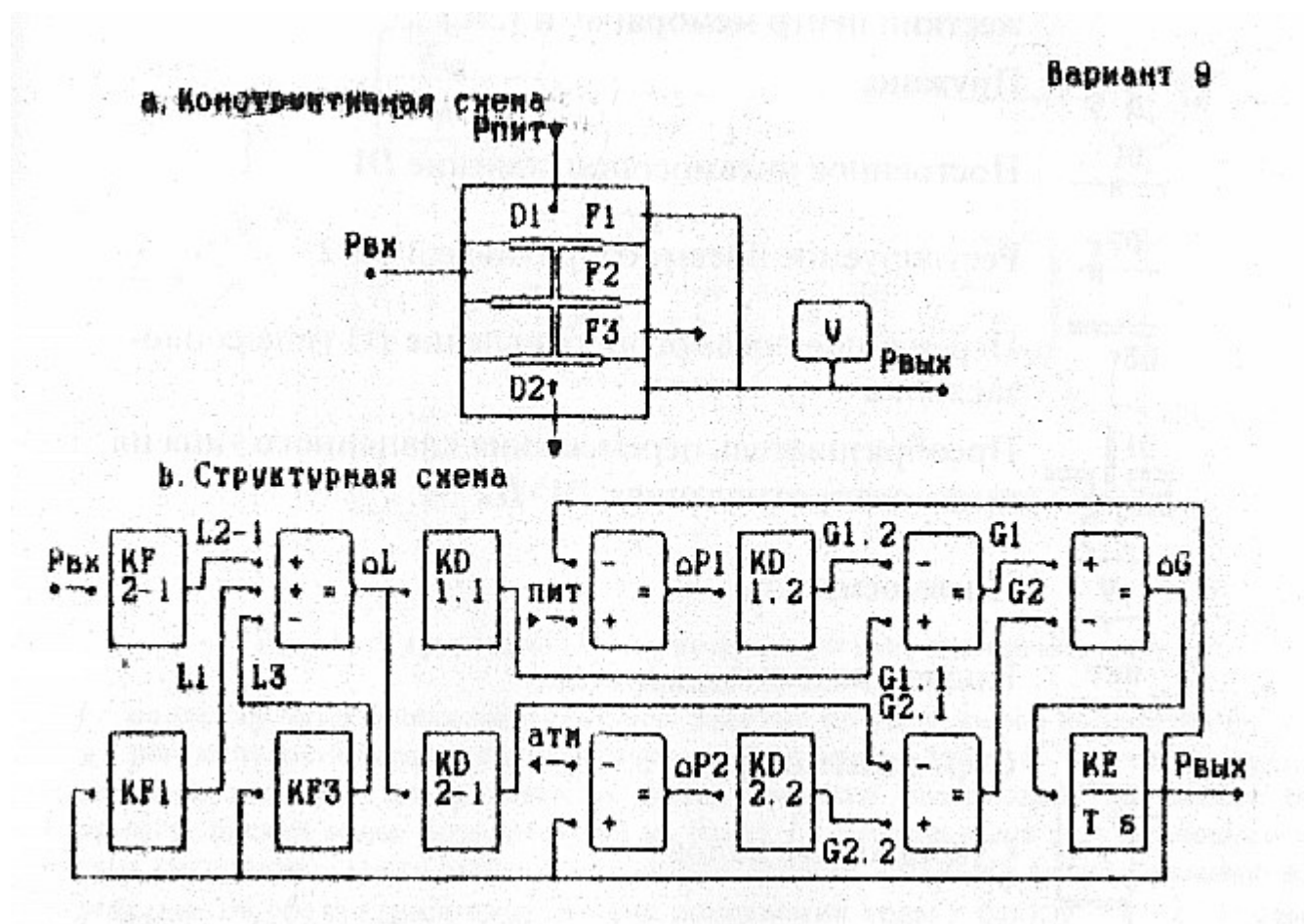


Рис. 13. Конструктивная и структурная схемы модулей
(вариант 9)



Передаточная функция рычажной передачи
(преобразование перемещения на плече $R2$ в
перемещение на плече $R3$), $w_3(D) = \overline{\Delta L}_3 / \overline{\Delta L}_2$
Передаточная функция пневмоемкости
 $V1, w(E) = \overline{\Delta P} / \overline{\Delta G}$

Задача 2.2

На рис. 14 приведена структурная схема контура регулирования объекта, реализующая пропорциональный (П) закон регулирования. В схеме используется релейное звено и исполнительный механизм постоянной скорости.

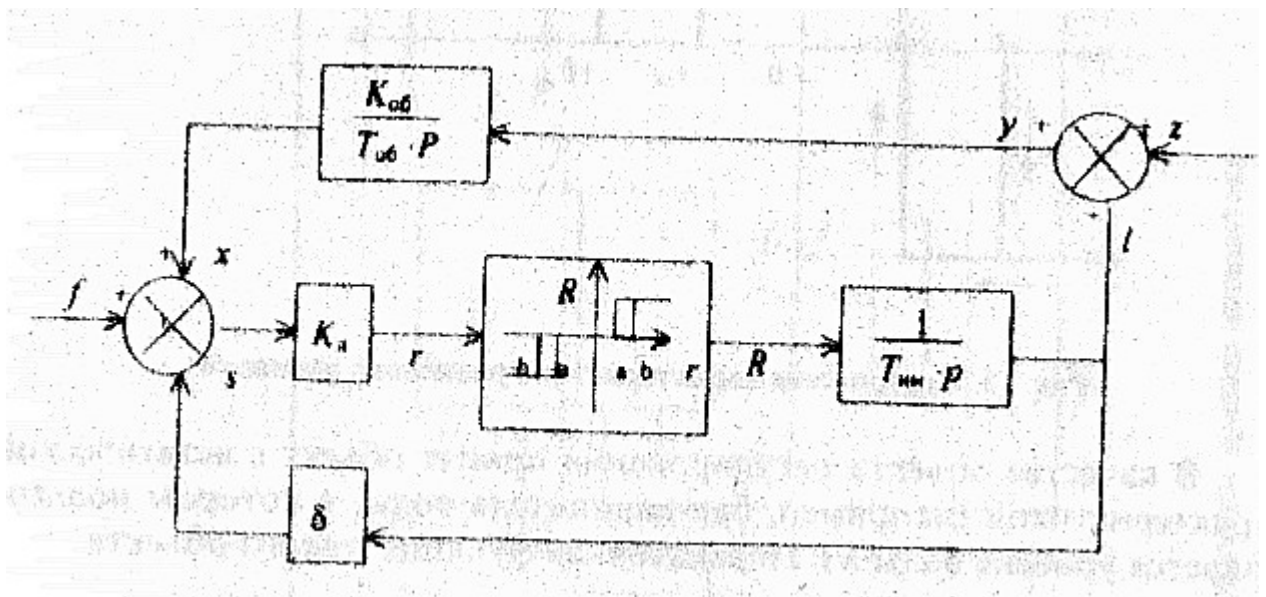


Рис. 14. Структурная схема контура регулирования объекта, реализующая П-закон:

f – параметр, определяющий величину задания регулируемого параметра ($x_0 = f$); x – регулируемый параметр (например, уровень воды в баке); z – параметр, определяющий величину неуправляемого возмущающего воздействия на объект (например, расход воды, потребляемой из бака); l – перемещение регулирующего органа (исполнительного механизма), определяющее величину регулирующего воздействия на объект (например, расход доливаемой воды в бак); $y = z - l$ – суммарное возмущающее воздействие на объект; $m = \delta \cdot l$ – параметр, определяющий величину сигнала, формируемого функциональной обратной связью ($\delta = 1/K_p$ – диапазон пропорциональности регулятора, K_p – коэффициент передачи регулятора); $s = x - f - m$ – параметр, определяющий величину сигнала рассогласования (сигнала ошибки); $r = K_d \cdot s$ – параметр, определяющий величину сигнала, управляющего релейным звеном регулятора (K_d – коэффициент усиления линейного звена регулятора); R – параметр, определяющий сигнал на выходе релейного звена, может принимать значения $R = +1$; $R = -1$; $R = 0$.

Релейное звено, используемое в схеме, реализует статическую характеристику, представленную на рис. 15. Включение реле происходит при значениях $R = +b$ и $R = -b$, отключение – при значениях $R = +a$, $R = -a$.

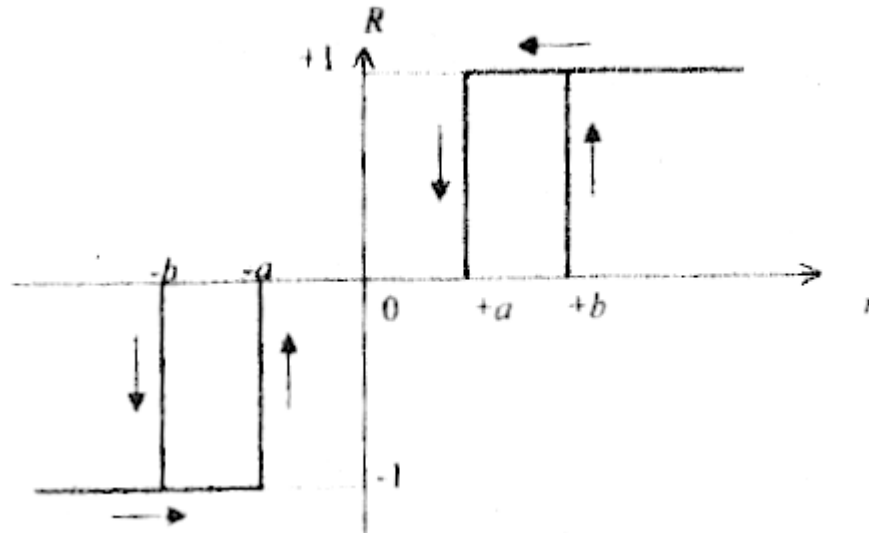


Рис. 15. Статическая характеристика релейного элемента

В качестве объекта регулирования принят объект с астатической характеристикой (например, бак-накопитель воды, в котором поддерживается уровень воды X). Передаточная функция такого объекта

$$W_{об}(p) = \frac{\overline{\Delta X}}{\overline{\Delta Y}} = \frac{K_{об}}{T_{об} \cdot p},$$

где $K_{об}$ – коэффициент усиления объекта; $T_{об}$ – постоянная времени объекта.

В качестве исполнительного механизма в схеме используется механизм постоянной скорости (например, типа МЭО). Передаточная функция этого звена

$$W_{и.м}(p) = \frac{\overline{\Delta X}}{\overline{\Delta Y}} = \frac{l}{T_{и.м} \cdot p},$$

где $T_{и.м}$ – время перемещения механизма от $L = 0$ до $L = 100\%$ ХРО.

На рис. 16 представлена принципиальная электрическая схема технических средств автоматики, реализующих П-закон регулирования в соответствии со структурной схемой рис. 14.

Определите, какую функцию выполняет в схеме регулирования устройство, обозначенное на принципиальной схеме буквенным индексом, приведенным в табл. 2 для Вашего варианта задания.

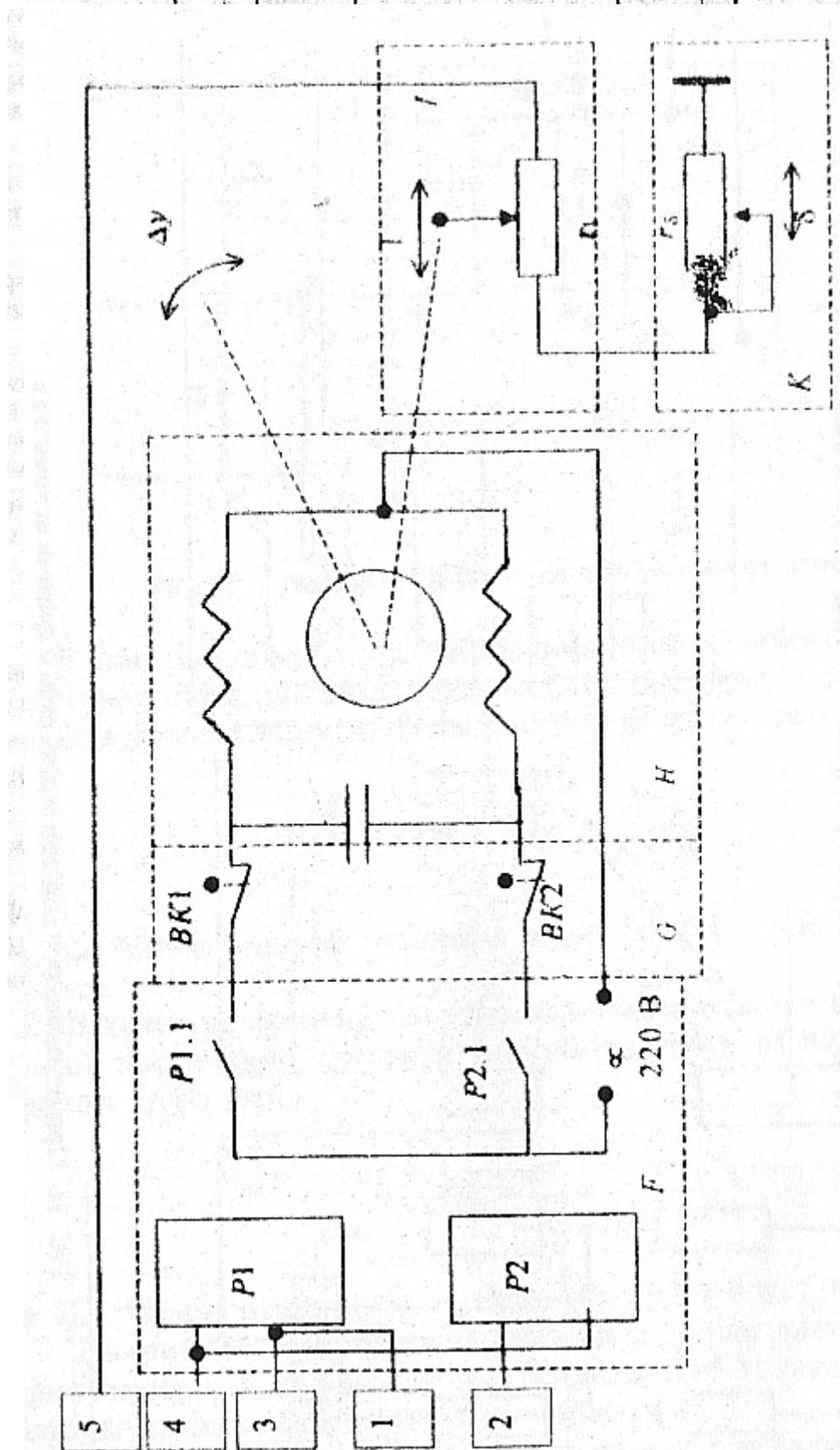


Рис.. 16. Принципиальные электрические схемы средств автоматики,
реализующих П-закон регулирования (лист 1)

Таблица 2

Варианты задания к задаче 2.2

Варианты	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
----------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Какую функцию выполняет в схеме П-регулятора устройство, обозначенное на рис. 16 данным индексом	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>H</i>	<i>J</i>	<i>K</i>
Коэффициент передачи объекта, $K_{об}$	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,5	0,6	0,7	0,9
Постоянная времени объекта, $T_{об}$, с	200	250	300	350	400	450	130	120	110	100
Коэффициент усиления измерительного звена, $K_{л}$	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	1,5	3,6	3,7	3,8	3,9
Параметры релейного звена: включение b отключение a	0,8 0,4	0,8 0,4	0,8 0,4	0,8 0,4	0,8 0,4	0,8 0,4	0,8 0,4	0,8 0,4	0,8 0,4	0,8 0,4
Величина возмущающего воздействия, d	0,6	0,7	0,8	0,9	-0,5	-0,6	-0,7	-0,8	-0,9	-1,0

Используя исходные данные, приведенные в табл. 2 для Вашего варианта задания, постройте графики изменения во времени выходных переменных для всех звеньев структурной схемы рис. 14 и определите величину статической ошибки регулирования $\Delta X_{ст}$ для заданного в табл. 2 значения возмущения Δz .

Определите статическую и динамическую характеристики этого устройства.

В контрольном примере решения задачи 2.2 (прил. 1) изложена графо-аналитическая методика построения переходной характеристики $\Delta x = F(\Delta z, \tau)$ для замкнутой системы регулирования по структурной схеме рис. 14.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 3

Работа включает в себя две задачи, составленные по разделам 7, 8, 9 дисциплины.

Для решения задачи 3.1 Вы должны вспомнить материал по разделам теории вероятности и математической статистики, обратив особое внимание на экспоненциальный закон распределения случайной величины. При решении задачи 3.1 рекомендуется использовать материал пособия [6] и данные по надежности основных приборов электроавтоматики и пневмоавтоматики, которые приведены в каталогах на приборы, а также в прил. 2 к данному пособию.

Для решения задачи 3.2 необходимо вспомнить методику алгоритмического описания процессов обработки информации при реализации задач измерения, регистрации, регулирования, защиты и блокировки, программно-логического управления в простейших технологических операциях.

При решении задачи 3.2 необходимо иметь доступ к каталогам и справочникам на приборы и устройства автоматики, в которых приведены основные технические характеристики приборов.

Задача 3.1

Исходным материалом для решения задачи являются варианты конструктивной схемы модуля пневмоавтоматики, приведенной на рис. 7–13, и структурная схема блока формирования закона регулирования на рис. 14 для Вашего варианта.

Необходимо рассчитать параметры функциональных характеристик надежности (вероятность безотказной работы P , интенсивность отказов λ , частоту отказов a и среднее время безотказной работы T) для всей схемы модуля или устройства, используя для расчета числовые значения характеристик надежности отдельных элементов, устройств и приборов, входящих в схему. Основные характеристики надежности элементов, устройств и приборов следует отыскивать в каталогах на технические средства автоматики [9, 10, 11, 19, 20], а также в прил. 2 к данному пособию. Пример решения задачи такого типа приведен в пособии [6] и в идее 1 настоящего пособия.

Задача 3.2

При решении задачи 3.2 необходимо разработать структурную схему, включающую в себя основные приборы, устройства и модули, позволяющие реализовать управление объектом на универсальной ЭВМ согласно Вашему варианту (ЭВМ типа СМ-1800, персональный компьютер или программируемый контроллер) [7, 14].

По каталогам и справочникам выбираются конкретные типы приборов, устройств и модулей с учетом заданного диапазона измерения

параметров, погрешности обработки информации, требований к динамическим характеристикам и возможности взаимодействия всех выбранных приборов в единой системе. Разрабатываются алгоритм, математическое и информационное обеспечение, необходимые для решения поставленной задачи, а также отдельные программные модули, реализующие элементы алгоритма.

Примеры решения подобных задач приведены в пособиях к лабораторным работам [31–33].

0. Реализуйте для ЭВМ типа СМ-1800 или МС-1103 контур измерения и ввода в УВК температуры в морозильной камере. Диапазон изменения температуры 12...24°C, погрешность измерения – $\pm 0,5^\circ\text{C}$.

Выберите по каталогам [9–11, 16–22] и справочнику [15] приборы, устройства и модули, преобразующие информацию (первичный преобразователь, УСО, арифметический модуль, блоки питания и согласования и т. п.).

Согласуйте все входные и выходные характеристики приборов, при необходимости введите дополнительные элементы согласования (делители, блоки питания и т. п.).

Разработайте алгоритм, математическое обеспечение и программный модуль, обеспечивающие пересчет информации, поступившей от первичного преобразователя, в числовое значение измеряемого параметра (°C).

1. Реализуйте на контроллере программно-логического типа (например, МКП) контур автоматического управления насосом, подкачивающим продукт в бак-накопитель.

Включение насоса осуществлять при снижении уровня в баке до 0,2...0,1 м, выключение при повышении уровня – до 2,5...2,7 м. Мощность электродвигателя – 3 кВт.

Предусмотрите сигнализацию о работе насоса и возможность аварийного операторного отключения.

Выберите по каталогам [9–11, 16–22] и справочнику [15] приборы и устройства, необходимые для реализации схемы (первичные преобразователи, усилители мощности, тумблеры, сигнальные табло, блоки питания и т. п.).

Разработайте алгоритм, таблицу информационного обеспечения и программный модуль, реализующие эту задачу на МКП-1.

2. Реализуйте для микроЭВМ СМ-1800 программный модуль позиционного регулирования давления в ресивере компрессорной установки. Давление необходимо поддерживать в пределах 0,70...0,75 МПа. Первичный преобразователь – функциональный (диапазон изменения входного сигнала – 0...1,0 МПа, выходного – $-5...+5$ В). Управляющее

воздействие реализуется через магнитный пускатель электродвигателя компрессора (сигнал включения – 220 В, 0,5 А).

Разработайте алгоритм, математическое обеспечение и программный модуль, обеспечивающие позиционное регулирование давления. Инерционностью объекта пренебречь.

3. Реализуйте для ЭВМ типа МС-1103 или СМ-1800 контур измерения и ввода в УВК информации о количестве продукта, находящегося в баке промежуточного хранения.

Используйте в качестве первичного преобразователя измеритель уровня (например, типа “Сапфир”). Диапазон изменения по уровню – 0,5... 3,5 м, площадь сечения бака – 0,5 м², плотность продукта – 1,030 г/см³.

Выберите по каталогам [9–11, 16–22] и справочнику [15] приборы, устройства и модули, преобразующие информацию (первичный преобразователь, УСО, блоки питания и т. п.). Согласуйте входные и выходные характеристики приборов.

Разработайте алгоритм, математическое обеспечение и программный модуль, обеспечивающие пересчет информации, поступающей от первичного преобразователя, в числовое значение количества продукта, находящегося в баке (в кг).

4. Реализуйте на контроллере программно-логического типа (например, МКП-1) контур автоматического управления переключением продукта на резервный сепаратор-очиститель, если работающий сепаратор требует разгрузки от шлама.

Переключение необходимо производить, когда разность давлений перед сепаратором (P_1) и за сепаратором (P_2) превысит 0,02 МПа. Переключаются два клапана, направляющих поток продукта через резервный сепаратор, необходимо также включить электродвигатель резервного и выключить электродвигатель работающего сепаратора, мощность электродвигателей – по 3 кВт. Предусмотрите сигнализацию о переключении сепараторов.

Выберите по каталогам [9–11, 16–22] и справочнику [15] приборы и устройства, необходимые для реализации схемы (первичные преобразователи, усилители мощности, сигнальные табло, блоки питания и т. п.).

Разработайте алгоритм, таблицу информационного обеспечения и программный модуль, реализующие эту задачу на МКП-1.

5. Реализуйте на микроЭВМ СМ-1800 программный модуль пропорционального регулирования температуры в помещении хранения молочной продукции.

Температуру необходимо поддерживать в пределах $4...8^{\circ}\text{C}$. Первичный преобразователь – функциональный (диапазон изменения входного сигнала $0...100^{\circ}\text{C}$, выходного – $-5...+5\text{В}$). Управляющее воздействие реализуется через клапан, управляющий расходом хладоносителя через рассольные батареи, установленные в помещении. Диапазон перемещения регулирующего клапана – $10...90\%$ ХРО (ход регулирующего органа). Исполнительный механизм, осуществляющий перемещение клапана, – МЭО-100 [15], время полного перемещения клапана механизмом – 250 с.

Разработайте алгоритм, математическое обеспечение и программный модуль, обеспечивающие пропорциональное регулирование температуры. Инерционность объекта учесть ($T_{об} = 250 \text{ с}$).

6. Реализуйте для ЭВМ типа СМ-1800 контур измерения и ввода в УВК относительной влажности энергоносителя (дымовоздушной смеси) в термокамере для термообработки колбас.

Выберите по каталогам [9–11, 16–22] и справочнику [15] приборы, устройства и модули, преобразующие информацию (первичный преобразователь, УСО, арифметический модуль, блоки питания и согласования и т. п.). В качестве первичного преобразователя рекомендуется использовать психрометрическую схему, позволяющую оценить относительную влажность по разности температур “мокрого” и “сухого” термометров.

Согласуйте все входные и выходные характеристики приборов, при необходимости введите дополнительные элементы согласования (делители, блоки питания и т. п.).

Разработайте алгоритм, математическое обеспечение и программный модуль, обеспечивающие пересчет информации, поступающей от первичного преобразователя, в числовое значение измеряемого параметра (% относительной влажности).

7. Реализуйте на контроллере программно-логического типа (например, МКП-1) контур автоматического управления мешалкой, перемешивающей кисломолочный продукт в баке созревания. Перемешивание периодическое.

Включение электродвигателя мешалки осуществлять по истечении времени паузы (20...30 мин), выключение – по истечении времени перемешивания (5...15 мин). Мощность электродвигателя – 1,3 кВт.

Предусмотрите сигнализацию о работе мешалки и возможность аварийного операторного ее отключения.

Выберите по каталогам [9–11, 16–22] и справочнику [15] приборы, устройства, необходимые для реализации схемы (усилители мощности, тумблеры, сигнальные табло, блоки питания и т. п.).

Разработайте алгоритм, таблицу информационного обеспечения и программный модуль, реализующие эту задачу на МКП-1.

8. Реализуйте на микроЭВМ СМ-1800 программный модуль интегрального закона регулирования температуры продукта на выходе из пастеризационной установки. Температуру необходимо поддерживать в пределах $84...87^{\circ}\text{C}$. Первичный преобразователь – функциональный (диапазон изменения входного сигнала – $50...100^{\circ}\text{C}$, выходного – $-5...+5\text{ В}$). Управляющее воздействие реализуется через клапан, управляющий расходом пара через бойлер, в котором подогревается энергоноситель (горячая вода), нагревающий продукт. Диапазон перемещения регулирующего клапана – $10...90\%$ ХРО (ход рабочего органа). Исполнительный механизм, осуществляющий перемещение регулирующего клапана, – МЭП-100 [15], время полного перемещения клапана исполнительным механизмом – 150 с.

Разработайте алгоритм, математическое обеспечение и программный модуль, обеспечивающие интегральный закон регулирования температуры. Инерционность объекта учесть ($T_{об} = 150\text{ с}$).

9. Реализуйте для ЭВМ типа СМ-1800 или МС-1103 контур измерения и ввода в УВК уровня продукта, находящегося в баке-накопителе.

Диапазон изменения уровня $0...2\text{ м}$, погрешность измерения – $\pm 0,025\text{ м}$. Предусмотреть контроль и внеочередной вывод информации при достижении предельного значения верхнего уровня $1,86\text{ м}$ и предельного значения нижнего уровня – $0,03\text{ м}$.

Выберите по каталогам [9–11, 16–22] и справочнику [15] приборы, устройства и модули, преобразующие информацию (первичный преобразователь, УСО, блоки питания и согласования и т. п.).

Согласуйте все входные и выходные характеристики приборов, при необходимости введите дополнительные элементы согласования (делители, блоки питания и т. п.).

Разработайте алгоритм, математическое обеспечение и программный модуль, обеспечивающие пересчет информации, поступающей от первичного преобразователя, в числовое значение измеряемого параметра (м).

КУРСОВАЯ РАБОТА

При выполнении курсовой работы разрабатываются отдельные фрагменты технической реализации системы управления технологическим процессом (операцией) производства пищевых продуктов.

Рекомендуется определить конкретный технологический процесс (операцию) из перечня, приведенного в прил. 3, в качестве единой темы для курсовых работ по группе дисциплин, связанных с автоматизацией объектов управления.

Выбранный технологический процесс, а также объем разработок по данному курсовому проекту согласовывается с преподавателем.

Необходимые для выполнения курсовой работы исходные данные (числовые значения, диапазоны изменения и настройки параметров, метрологические требования, требования по динамике и надежности, требования по условиям эксплуатации приборов и т. п.) определяются при анализе технологической и технической документации на процесс, например, при выполнении курсовой работы по дисциплине “Аппаратурно-технологический анализ объектов управления”.

В объем данной курсовой работы входят:

1. Разработка структурной схемы контура управления.
2. Разработка алгоритма реализации операций контроля и управления с привязкой к реальному времени.
3. Выбор элементов, приборов и устройств, реализующих структурную схему (используя каталоги, справочники по ТСА).
4. Определение всех входных и выходных характеристик для каждого выбранного прибора, устройства или элемента.
5. Разработка принципиальных электрических схем, элементов программного обеспечения, схем внешних соединений (по указанию преподавателя).
6. Расчет метрологических характеристик, статических и динамических характеристик, нагрузочных характеристик, характеристик надежности для элементов разрабатываемой схемы (по указанию преподавателя).

Объем работы должен составлять 15–20 страниц рукописного текста и 1–2 листа 11 формата графической части.

Контрольные примеры решения задач

В данном приложении приведены примеры решения наиболее сложных задач методических указаний. Примеры составлены и решены для дополнительного, контрольного варианта задания. Целесообразно до начала работы над задачей просмотреть пример для того, чтобы наметить последовательность решения задачи Вашего варианта и способ оформления ее результатов.

Для задач, примеры решения которых не вошли в приложение, по тексту задания даются ссылки на методические пособия.

Контрольный пример решения задачи 1.2

Операционный преобразователь, построенный по схеме рис. 4, основного текста, реализует функциональные зависимости:

– при положении переключателя $\Pi = 1$

$$P_{\text{ВЫХ}} = \frac{1}{K_2} (K_1 P_{1\text{ВХ}} - P_{2\text{ВХ}} + P_{3\text{ВХ}});$$

– при положении переключателя $\Pi = 2$

$$P_{\text{ВЫХ}} = \frac{1}{K_2} (-K_1 P_{1\text{ВХ}} + P_{2\text{ВХ}} + P_{3\text{ВХ}}).$$

На графике контрольного примера рис. 6 (вар. К1) основного текста представлена зависимость:

$$P_{\text{ВЫХ}} = -K_1 P_{\text{ВХ}} + P_0.$$

По графику определяем

$$K_1 = \frac{\Delta P_{\text{ВЫХ}}}{\Delta P_{\text{ВХ}}} = \frac{10 - 7}{10 - 2} = 0,375,$$

$$P_0 = P_{\text{ВЫХ}} + K_1 P_{\text{ВХ}} = 10 + 0,375 \cdot 2 = 10,75 \text{ МПа.}$$

Для настройки преобразователя принимаем

$$P_{1\text{ВХ}} = P_{\text{ВХ}},$$

$$P_{3\text{ВХ}} = P_0 = 10,75 \text{ МПа.}$$

Переключатель П должен находиться в положении 2. Так как необходимо обеспечить настройку $K < 1$, то используем для настройки пневмосопротивление D2. Изменение проводимости (α_2) пневмосопротивления D2 обеспечивает:

для $\alpha_2 = 0\%$ значение $K_1 = 1$, для $\alpha_2 = 100\%$ значение $K_1 = 0$.

При линейной характеристике пневмосопротивления для настройки значения $K_1 = 0,375$ необходимо установить $\alpha_2 = (1 - 0,375)100 = 62,5\%$. Пневмосопротивление D4 должно быть закрыто, $\alpha_4 = 0$.

Результаты расчёта параметров настройки удобно оформить в виде табл. 1

Таблица 1

$P_{\text{вых}} = f(P_{\text{вх}})$	$P_{1\text{вх}}$	$P_{2\text{вх}}$	$P_{3\text{вх}}$	α_2	α_4	П
$P_{\text{вых}} = -0,375 \cdot P_{\text{вх}} + 0,75 \text{ МПа}$	$P_{\text{вх}}$ МПа	0 МПа	10,75 МПа	62,5 %	0 %	2

Контрольный пример решения задачи 1. 4

Потенциометрический датчик R, нагруженный сопротивлением R_n , имеет следующую схему

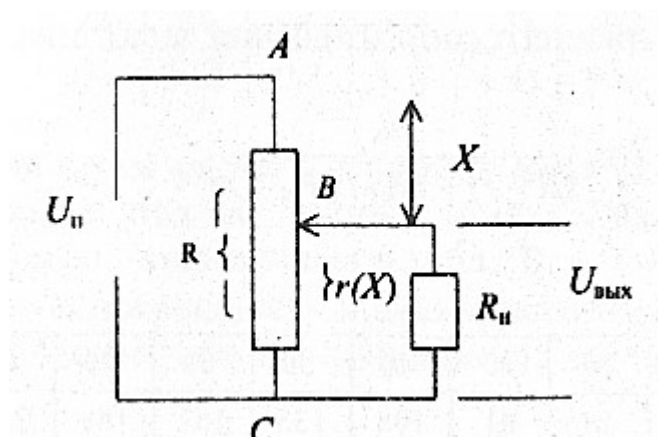


Рис. 1. Потенциометрический датчик

На рис. 1 : R – общее сопротивление датчика, имеющего намотку длиной l , по которой перемещается движок датчика $r(X)$; $r(X)$ – текущее значение сопротивления между точками ВС, изменяющееся пропорционально измерению положения указателя относительно шкалы датчика $X = 0 \dots 100\%$.

Пусть $U_n = 10 \text{ В}$, $R(l) = 270 \text{ Ом} = 0,27 \text{ кОм}$, $R_n = 540 \text{ Ом} = 0,54 \text{ кОм}$ В режиме “холостого хода”, что соответствует $R_n = \infty$, рассчитаем значения $U_{\text{вых}0}$ в 11 точках положения датчика $X = 0; 10 \dots 100 \%$ с шагом через 10%. Расчетные значения $r(X)$ получаем пропорциональным делением

диапазона $r(X) = 0 \dots R(l)$; расчетные значения напряжения определяем по формуле

$$U_{\text{вых}0} = r(X) \frac{U_{\text{п}}}{R}.$$

Результаты расчета сведем в табл. 2.

По результатам вычислений строим график статической характеристики задатчика в режиме “холостого хода” (кривая 1 на рис. 2).

Рассчитаем статическую характеристику задатчика в режиме “под нагрузкой”, когда выход задатчика нагружен конкретным сопротивлением нагрузки $R_{\text{н}}$, значение которого дано в табл. 1 для Вашего варианта.

Расчетное значение напряжения на выходе определяем по формуле

$$U_{\text{вых}} = I \frac{rR_{\text{н}}}{r + R_{\text{н}}},$$

где ток I с учетом внутреннего сопротивления задатчика определяется выражением

$$I = \frac{U_{\text{п}}}{(R - r) + rR_{\text{н}} / (R_{\text{н}} + r)}.$$

Таблица 2

$X, \%$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$R(X), \text{Ом}$	0	27	54	81	108	135	162	189	216	243	270
$U_{\text{вых}0}, \text{В}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Тогда

$$U_{\text{вых}} = \frac{U_{\text{п}} R_{\text{н}} r}{(R_{\text{н}} + r)(R - r + rR_{\text{н}} / (R_{\text{н}} + r))} =$$

$$= \frac{U_{\text{п}} r}{R + Rr / R_{\text{н}} - r_2 / R_{\text{н}}}.$$

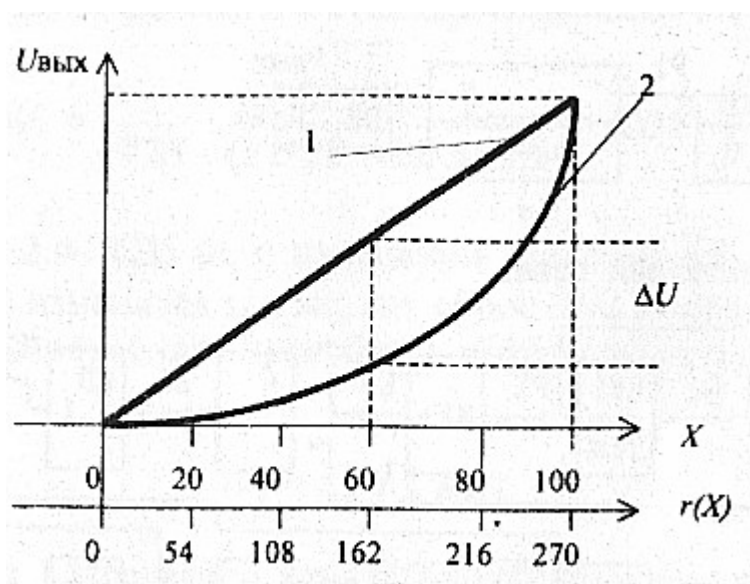


Рис. 2 статические характеристики потенциметрического задатчика при различных режимах работы

Расчет производим для тех же значений величины задания. Результаты расчета сводим в табл. 3.

Таблица 3

$X, \%$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$r(X), \text{Ом}$	0	27	54	81	108	135	162	189	216	243	270
$U_{\text{вых}}, \text{В}$	0	0,96	1,85	2,7	3,57	4,44	5,33	6,48	7,5	8,6	10,0

По результатам расчета строим статическую характеристику задатчика в режиме “под нагрузкой” (кривая 2 на рис. 2). Сравнивая результаты расчетов, приведенных в табл. 2 и 3, определяем максимальную абсолютную погрешность задания, которая составляет $\Delta U = 0,67 \text{ В}$ при $X = 60 \%$. Относительная погрешность составляет

$$\varepsilon = \frac{\Delta U}{U_{\text{вых0}}} 100\% = \frac{0,67}{6} 100\% = 11\%.$$

Контрольный пример решения задачи 2.1

На рис. 3 приведены конструктивная (а) и структурная (б) схемы модуля. Производим поэтапную свертку модуля с целью определения его статической и динамической характеристик

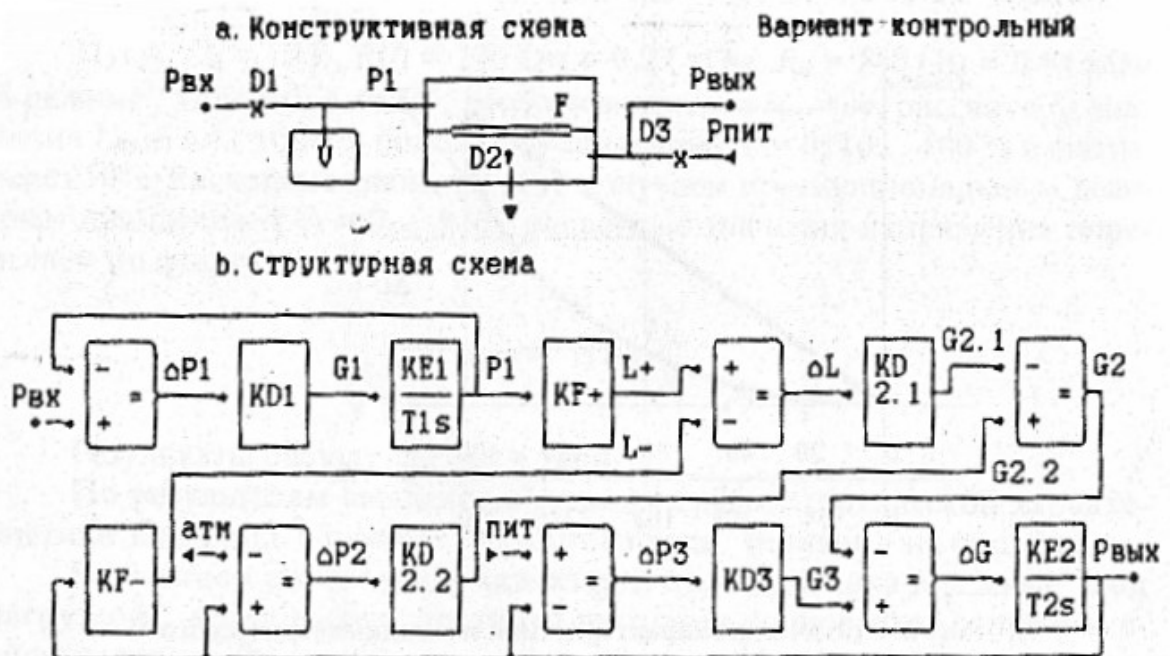


Рис. 3. Схема модуля

1-й этап. Определяем передаточную функцию “глухой” камеры, построенной на пневмосопротивлении $D1$ и пневмоемкости $V(E1)$,

$$W_1 = W(\overline{\Delta P_1} / \overline{\Delta P_{\text{вх}}}) = \frac{KD1 \cdot KE1 / T1S}{1 + KD1 \cdot KE1 / T1S}.$$

Преобразуем функцию к стандартному виду

$$W_1 = \frac{KD1 \cdot KE1}{T1S + KD1 \cdot KE1} = \frac{1}{T3S + 1},$$

$$\text{где } T3 = \frac{T1}{KD1 \cdot KE1}.$$

2-й этап. Определяем передаточную функцию преобразователя перемещения L жесткого центра мембраны F в давление $P_{\text{вых}}$, построенного на “проточной” камере $E2$ (на конструктивной схеме камера значком V не обозначена, так как имеет пренебрежительно малый объем) и пневмосопротивлениях $D2$ (переменное) и $D3$ (постоянное)

$$W_2 = W(\overline{\Delta P_{\text{вых}}} / \overline{\Delta L}) = \frac{KD2.1 \cdot KE2 / T2S}{1 + (KD2.2 - KD3) \cdot KE2 / T2S}.$$

Преобразуем функцию к стандартному виду

$$W_2 = \frac{KD2.1 \cdot KE2}{T2S + (KD2.2 - KD3) \cdot KE2} = KD2.1 \frac{KE2}{T2S},$$

так как $KD2.2 = KD3$ (при изменении давления $\Delta P_{\text{вых}}$ приток воздуха $\Delta G3$ через $D3$ изменится так же, как сброс $\Delta G2.2$ через $D2$). Малый объем камеры $E2$ позволяет пренебречь инерционностью звена ($T2 \ll T1$), тогда

$$W_2 = KD2.1 \cdot KE2.$$

3-й этап. Определяем передаточную функцию модуля. Структурная схема “б” модуля преобразована к виду (дѐй. 4):

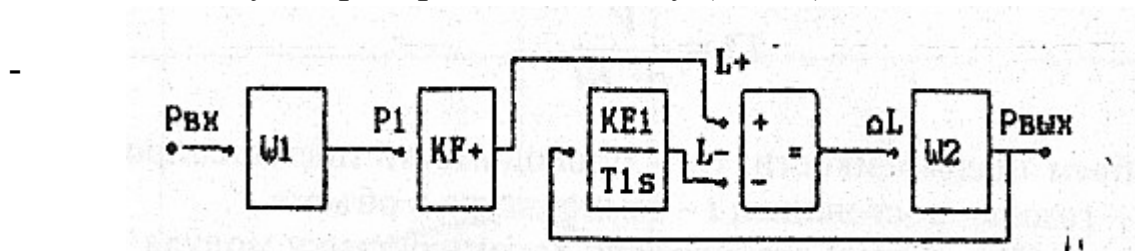


Рис. 4 Структурная схема модуля

Передаточная функция модуля

$$W_3 = W(\overline{\Delta P_{\text{ВЫХ}}} / \overline{\Delta P_{\text{ВХ}}}) = \frac{W_1 KF W_2}{1 + KF W_2}.$$

Преобразуем функцию к стандартному виду

$$W_3 = \frac{1}{T_3 S + 1} \frac{KF KD_{2.1} KE_2}{1 + KF KD_{2.1} KE_2} = \frac{1}{T_3 S + 1},$$

так как $KF KD_{2.1} KE_2 \gg 1$.

Таким образом, представленный на рисунке модуль реализует инерционное звено первого порядка с коэффициентом передачи, равным 1.

4-й этап. Определяем уравнение динамики модуля. Применив обратное преобразование к передаточной функции W_3 , получим уравнение динамики модуля в дифференциальной форме

$$T_3 \frac{dP_{\text{ВЫХ}}}{dt} + P_{\text{ВЫХ}} = P_{\text{ВХ}},$$

где $T_3 = \frac{T_1}{KD_1 KE_1}$.

Передаточная функция пневмоемкости V

$$W(\Delta P / \Delta G) = \frac{Rt}{V} \quad (\text{формула (21) в [1]}).$$

Передаточная функция пневмосопротивления D_1

$$W(\overline{\Delta G} / \overline{\Delta P}) = \alpha_1 \quad (\text{формула (17) в [1]}).$$

Постоянная времени модуля принимает вид

$$T_3 = \frac{V}{\alpha_1 R t},$$

где V – объем пневмоемкости; α_1 – проводимость пневмосопротивления D_1 ; R – газовая постоянная; t – температура в объеме V .

5-й этап. Определяем статическую характеристику модуля. В статике $dP_{\text{ВЫХ}}/dt = 0$, тогда уравнение динамики преобразуется в уравнение статики $P_{\text{ВЫХ}} = P_{\text{ВХ}}$. Таким образом, в статике модуль реализует операцию повторения сигнала.

Контрольный пример решения задачи 2.2

Характеристики звеньев (обозначения переменных см. на рис. 14):

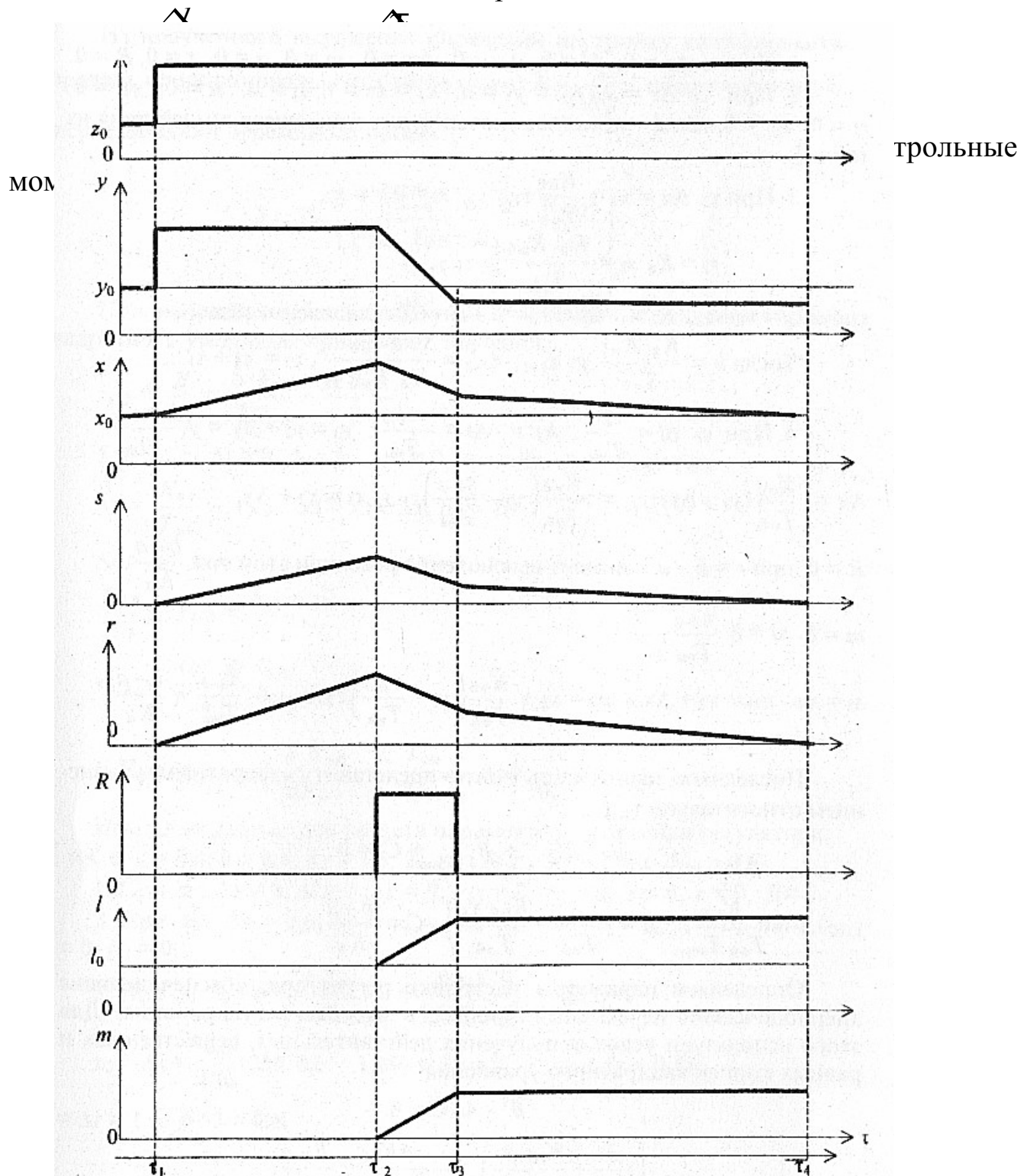
1. $y = z - 1$.

2. $\dot{O}_{ia} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \hat{E}_{ia} \Delta y, \Delta x = \frac{K_{об}}{T_{об}} \Delta y \Delta t, \tilde{o}_n = x_{n-1} + \Delta x.$

3. $s = \tilde{o} - m - f, m = \delta \Delta l.$

4. $r = K_{\tilde{e}} \cdot s.$

5. $r = +b$ или $r = -b$ — точки включения реле $R = +1$ или $R = -1$.
 $r = +\alpha$ или $r = -\alpha$ — точки включения реле $R = 0$.



1. При τ_0 $\Delta z = 0$, $\Delta l = 0$, $\Delta y = 0$, $\Delta x = 0$, $m = 0$, $s = 0$, $r = 0$, $R = 0$.
2. При τ_1 $\Delta z = d$, $\Delta y = y_1 = d$, $x_1 = x_0 = f$, $l_1 = l_0$, $s_1 = 0$, $m_1 = 0$, $r_1 = 0$, $R_1 = 0$, где d – исходное значение возмущающего воздействия из табл. 2.

3. При τ_2 $\Delta x = \delta_1 = \frac{K_{об}}{T_{об}} \tau_{1-2} y_1$, $s_2 = \Delta x = x_2$,

$$r_2 = K_{\delta} s_2 = \frac{K_{л} K_{об}}{T_{об}} y_1 \tau_{1-2},$$

где $\tau_{1-2} = \tau_1 - \tau_2$, $R_2 = 1$ при $r_2 = b$ – момент включения реле.

Тогда $b = \frac{K_{л} K_{об}}{T_{об}} y_1 \tau_{1-2}$, $\tau_{1-2} = \frac{b T_{об}}{K_{л} K_{об} y_1}$, $\tau_2 = \tau_1 + \tau_{1-2}$.

4. При τ_3 $\Delta l = \frac{\tau_{2-3}}{T_{им}}$, $\Delta y = -\Delta l = -\frac{\tau_{2-3}}{T_{им}}$, $\dot{o}_3 = \dot{o}_2 + \Delta y = \dot{o}_1 - \frac{\tau_{2-3}}{T_{им}}$,

$$\Delta x = \frac{K_{об}}{T_{об}} (y_2 + \Delta y) \tau_{1-2} = \frac{K_{об}}{T_{об}} \left(y_2 - \frac{\tau_{2-3}}{T_{им}} \right) \tau_{1-2}, \quad \delta_3 = \delta_2 + \Delta x,$$

$R = 0$ при $r = b - a$ – момент включения реле, при этом $s_3 = \frac{b-a}{K_{л}}$,

$$m = \delta \Delta l = \delta \frac{\tau_{2-3}}{T_{им}},$$

$$s_3 = \delta_3 - m_3 = \delta_2 + \Delta x - m_3 = \delta_2 + \frac{K_{об}}{T_{об}} \left(y_2 - \frac{\tau_{2-3}}{T_{им}} \right) \tau_{2-3} - \delta \frac{\tau_{2-3}}{T_{им}} - \frac{b-a}{K_{л}}.$$

Последнюю зависимость можно представить квадратным уравнением относительно τ_{2-3}

$$A^2 \tau_{2-3}^2 + B \tau_{2-3} + C = 0$$

где $\dot{A} = \frac{K_{об}}{T_{об} T_{им}}$, $\hat{A} = \left(\frac{\delta}{T_{им}} - \frac{K_{об} y_2}{T_{об}} \right)$, $\tilde{N} = \frac{b-a}{K_{л}}$.

Определяем параметры настройки регулятора, обеспечивающие апериодический переходный процесс в системе регулирования. Для этого используем условие получения действительных, вещественных и равных корней квадратного уравнения

$$B^2 - 4AC = 0$$

$$\left(\frac{\delta}{T_{\text{им}}} - \frac{K_{\text{об}} y_3}{T_{\text{об}}} \right)^2 = \frac{4K_{\text{об}}}{T_{\text{об}} T_{\text{им}}} \frac{b-a}{K_{\text{л}}}.$$

Из полученного выражения определим настройку коэффициента (предела пропорциональности регулятора) $\delta = \frac{1}{K_p}$, обеспечивающую апериодический переходный процесс,

$$\delta = \frac{1}{K_p} \left(\sqrt{\frac{4K_{\text{об}}}{T_{\text{им}} T_{\text{об}}} \frac{b-a}{K_{\text{л}}}} + \frac{K_{\text{об}} y_2}{T_{\text{об}}} \right).$$

При выполнении условия $B^2 - 4AC = 0$ числовые значения корней квадратного уравнения принимают значения:

$$\tau_{2-3} = \frac{B}{2A} = \frac{\delta T_{\text{об}}}{2K_{\text{об}}} - \frac{y_2 T_{\text{им}}}{2}.$$

5. При $\tau_4 \Delta l = 0$, $l_4 = l_3$, $\Delta m = 0$, $m_4 = m_3$, $\Delta \phi = 0$, $\phi_4 = \phi_3$,

$$\Delta \tilde{\delta} = \frac{K_{\text{об}}}{T_{\text{об}}} y_3 \tau_{2-3}, \quad \tilde{\delta}_4 = \tilde{\delta}_3 + \Delta \tilde{\delta}, \quad \Delta s = \Delta \tilde{\delta} = \frac{K_{\text{об}}}{T_{\text{об}}} y_3 \tau_{2-3}$$

$\Delta r = K_{\text{с}} \Delta s = b - a$ при $R = +1$,

$$\frac{K_{\text{об}}}{T_{\text{об}}} y_3 \tau_{2-3} = \frac{b-a}{K_{\text{л}}},$$

$$\tau_{3-4} = \frac{(b-a) T_{\text{об}}}{K_{\text{об}} |y_3| K_{\text{л}}}.$$

6. При $\tau_5 \tau_{4-5} = \frac{\delta T_{\text{об}}}{2K_{\text{об}}} - \frac{y_4 T_{\text{им}}}{2}$, $\Delta l = \frac{\Delta \tau}{T_{\text{им}}}.$

Исходные данные для расчета параметров настройки регулятора:

$\Delta z = 0,6$; $a = 0,4$; $b = 0,8$; $K_{\text{л}} = 1,5$; $T_{\text{им}} = 120$ с; $T_{\text{об}} = 170$ с; $K_{\text{об}} = 0,6$.

1. При τ_0 : $\Delta z = 0$, $\Delta l = 0$, $\Delta \phi = 0$, $\Delta \tilde{\delta} = 0$, $m = 0$, $s = 0$, $r = 0$, $R = 0$.

2. При τ_1 : $\Delta z = 0,6$, $\Delta \phi = \phi_1 = 0,6$. $\tilde{\delta}_1 = \tilde{\delta}_0$, $l_1 = l_0$, $s_1 = 0$, $m_1 = 0$, $z_1 = 0$, $R_1 = 0$.

3. При τ_2 : $\tau_{1-2} = \frac{b T_{\text{об}}}{K_{\text{л}} K_{\text{об}} y_1} = \frac{0,8 \cdot 170}{1,5 \cdot 0,6 \cdot 0,6} \approx 252$ с.

$$\tilde{\delta}_2 = \Delta \tilde{\delta} = \frac{0,6}{170} \cdot 252 \cdot 0,6 = 1,48 \cdot 0,36 = 0,53; \quad s_2 = \Delta s = 0,53;$$

$$r_2 = \Delta r = 1,5 \cdot 0,53 = 0,8.$$

$$4. \tau_3: \delta = 120 \left(\sqrt{\frac{4 \cdot 0,6}{120 \cdot 170} \cdot \frac{0,4}{1,5} + \frac{0,6 \cdot 0,6}{170}} \right) = 0,92,$$

$$\tau_{2-3} = \frac{0,92 \cdot 170}{2 \cdot 0,6} - \frac{0,6 \cdot 120}{2} = 94,3 \text{ н},$$

$$l_3 = \Delta l = \frac{94,3}{120} = 0,79; \Delta \acute{o} = -\Delta l; \acute{o}_3 = 0,6 - 0,79 = -0,19;$$

$$\Delta \tilde{o} = \frac{0,6}{170}(-0,19) \cdot 94,3 = -0,063; \tilde{o}_3 = 0,53 - 0,063 = 0,467,$$

$$\Delta m = m_3 = 0,92 \cdot 0,79 = 0,73, \Delta s = 0,467 - 0,73 = -0,263;$$

$$s_3 = 0,53 - 0,263 = 0,267; r_3 = 1,5 \cdot 0,267 = 0,4.$$

$$5. \text{ И\ddot{d}е } \tau_4 \Delta l = 0, l_4 = l_3 = 0,79. \Delta m = 0, m_4 = m_3 = 0,73.$$

$$\Delta \acute{o} = 0, \acute{o}_4 = \acute{o}_3 = -0,19,$$

$$\tau_{3-4} = \frac{0,4 \cdot 170}{0,6 \cdot |-0,19| \cdot 1,5} = 397 \text{ н}, \Delta \tilde{o} = \frac{0,6}{170}(-0,19) \cdot 397 = -0,267.$$

Примечание. Если y_3 приняла отрицательное значение, то при расчете τ_{3-4} следует взять это значение по модулю.

$\tilde{o}_4 = 0,467 - 0,267 = 0,2, \Delta s = -0,267, s_4 = 0, r_4 = \hat{E}_e \cdot s_4 = 0$, так как $s_4 = 0$, и сигнал рассогласования на входе регулятора в момент времени $\tau_4 = s_4 = 0$, то на этом расчет заканчивается.

Контрольный пример решения задачи 3.1.

Рассчитать функциональные характеристики пневматического модуля, конструктивная схема которого показана на рис. 2.

В состав пневматического модуля входят: регулируемое пневмосопротивление $D1$, пневмоемкость, пневматический повторитель и регулируемое пневмосопротивление.

В прил. 2 находим значения вероятностей безотказной работы P , отнесенные ко времени $2 \cdot 10^3$ ч:

Регулируемое пневмосопротивление.....	$P_1 = 0,98$
Нерегулируемое пневмосопротивление.....	$P_2 = 0,98$
Пневмоемкость.....	$P_3 = 0,99$
Пневмоповторитель.....	$P_4 = 0,98$

Интенсивность отказов λ при экспоненциальном законе распределения случайной величины определим из выражения

$$P = e^{-\lambda t}, \text{ т. е. } \ln P = -\lambda t,$$

$$\lambda = -\frac{\ln P}{2 \cdot 10^3}.$$

Отсюда определяем

$$\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_4 = 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1},$$

$$\lambda_3 = 0,2 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}.$$

Частота отказов

$$a = \lambda \cdot e^{-\lambda t}.$$

При $t = 2 \cdot 10^3 \text{ ч}$

$$a_1 = a_2 = a_4 = 0,5 \cdot 10^{-6} e^{-0,5 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^3} = 0,49 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1},$$

$$a_3 = 0,2 \cdot 10^{-6} e^{-0,2 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^3} = 0,199 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1},$$

$$T_1 = T_2 = T_4 = \frac{1}{\lambda_1} = \frac{1}{\lambda_2} = \frac{1}{\lambda_4} = 2 \cdot 10^6 \text{ ч},$$

$$T_3 = \frac{1}{\lambda_3} = 5 \cdot 10^6 \text{ ч}.$$

Для всего прибора

$$D_n = D_1 \cdot D_2 \cdot D_3 \cdot D_4 = 0,83,$$

$$\lambda_n = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 = 2,2 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1},$$

$$a_n = a_1 + a_2 + a_3 + a_4 = 1,67 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1},$$

$$T_n = \frac{1}{\lambda_n} = 4,55 \cdot 10^6 \text{ ч}.$$

Приложение 2

Таблица 1

Данные по надежности приборов электроавтоматики

№ пп	Наименование и тип прибора, элемента	Среднее значение интенсивности отказов, 10^6 ч^{-1}
<i>Приборы для измерения и регулирования температуры</i>		
1	Термометры сопротивления типа ТСМ	99,6
2	Термометры сопротивления типа ТСП	62,5
3	Термометры типа ТХА	140
4	Термометры ртутные ТК-4, ТК-5	537
5	Температурное реле dilatометрическое	20,8

6	Электроконтактный термометр ЭКТ	330
7	Логометр типа ЛПР	230
8	Электронный мост типа КСМ	480
9	Электронный потенциометр типа КСП	496
<i>Приборы для измерения и регулирования давления</i>		
10	Манометры дифференциальные типа ДМ	25
11	Манометры общетехнического назначения типа ОБМ	247
12	Манометры типа ЭКМ	527
13	Реле давления типа РДА	115
14	Дифференциально-трансформаторные приборы типа КСД	140
15	Регулятор перепада высокого давления типа РПВД	625
16	Регулятор высокого давления типа РПУ	625
17	Тензометры	15
18	Реле контроля смазки типа РКС	100
19	Датчики давления серии "Метран"	10
<i>Приборы для измерения и регулирования количества и расхода жидкости, пара, газов</i>		
20	Ротаметр типа РПД	362
21	Расходомер целевой разработки "Пищепромавтоматика"	2310
22	Датчики расхода с индукционным выходом	2310
23	Расходомеры серии КС	140
24	Регулятор расхода газа типа РРГ	625

Продолжение табл. 1

№ пп	Наименование и тип прибора, элемента	Среднее значение интенсивности отказов, 10^6 ч^{-1}
<i>Приборы для измерения и регулирования уровня</i>		
25	Электронный сигнализатор уровня	633
26	Регулятор уровня поплавковый типа РУП	101
27	Индикатор уровня типа ПИУ-3	316
28	Полупроводниковый регулятор уровня типа ПРУ-5	128
<i>Исполнительные механизмы и регулирующие органы</i>		
29	Вентиль запорный типа СВФ	306
30	Клапан электромагнитный	625

31	Соленоидный вентиль типов СВА, СВМ	25
32	Двигатель асинхронный	8,6
33	Двигатели для вентиляторов	2,2
34	Двигатели синхронные	0,4
35	Электродвигатели исполнительных механизмов	3
36	Исполнительные механизмы пневматические	154
37	Клапан пневматический высокого давления типа КРВД	260
38	Редуктор давления пневматический	0,4
<i>Коммутационная аппаратура и устройства сигнализации</i>		
39*	Реле типов РПЗ, РП4, РП5	170
40*	Реле типов РКН, ПЭ6	5...10
41*	Реле типа МКУ-48	50
42*	Реле типа РЭС	0,4
43*	Реле типа РПТ	18
44*	Выключатели	0,1
45*	Микровыключатели	0,3
46*	Галетные переключатели	5
47*	Контакты	5
48	Кнопки	0,2
49	Магнитные пускатели типов ПМЕ-211, ПМИ-071	2
50	Тумблеры	5
51	Арматура осветительная	0,1
52	Лампы сигнальные типа МН	8...1
53	Патроны для магнитных ламп	5
54	Звонки, сирены, зуммеры	0,5

Окончание табл. 1

№ пп	Наименование и тип прибора, элемента	Среднее значение интенсивности отказов, 10^6 ч^{-1}
<i>Радиодетали</i>		
55	Резисторы угольные	0,2
56	Резисторы проволочные постоянные	0,4...0,5
57	Резисторы проволочные переменные	0,6...0,7
58	Конденсаторы керамические, бумажные	1,4...1,8
59	Конденсаторы металлобумажные, электролитические	2...2,5
60	Диоды германиевые, кремниевые	0,7...2
61	Стабилитроны	5

62	Трансформаторы и моточные изделия	2...5
63	Логические элементы серии ЭЛМ	7,4

П р и м е ч а н и е. Позиции, помеченные знаком *, справедливы для случая числа переключений не более 12 в час; в остальных случаях вероятность безотказной работы необходимо рассчитывать по формуле

$$\lambda_p = \lambda_n + q \lambda_{\pi},$$

где λ_n – табличное значение; q – число переключений, превышающее 12 в час; λ_{π} – интенсивность отказов на 1 переключение: для реле $\lambda_{\pi} = 0,1$; для переключателей $\lambda_{\pi} = 5...7$; для выключателей и переключателей $\lambda_{\pi} = 20...50$.

Таблица 2

Данные по надежности приборов пневмоавтоматики

№ пп	Наименование и тип прибора, элемента	Вероятность без- отказной работы за 2000 ч непрерывной работы
1	Пневмотумблер типа П1Т.2	0,98
2	Пневмокнопка типа П1КН.3	0,98
3	Выключатель конечный П1ВК.1	0,98
4	Реле трехмембранное П1Р.1, П1Р.3	0,99
5	Реле универсальное РУП-1М	0,98
6	Клапан "ИЛИ" типа ПЗК.5	0,98
7	Реле выключающее П-1108	0,98
8	Клапан одноконтатный ПЗК.1	0,98

9	Клапан обратный П30К.1	0,98
10	Вентиль типа ПОВ.1	0,98
11	Пневмоэлектропреобразователь П1ПР.4	0,96
12	Электропневмопреобразователь П1ПР.5	0,98
13	Индикатор пневматический ИП-1	0,94
14	Задатчик управления мощный типа П23.4	0,96
15	Задатчик маломощный типа П23Д.3	0,96
16	Пневмоповторитель П2П.1	0,98
17	Пнеумоусилитель мощности П2П.3, П2П.7	0,98
18	Пневмоповторитель со сдвигом П2П.2	0,98
19	Элемент сравнения П2ЭС.1, П2ЭС.3	0,98
20	Пневмосопротивление нерегулируемое П2Д.2М	0,98
21	Пневмосопротивление регулируемое П2Д.4	0,98
22	Пневмосопротивление со шкалой П2Д.1М	0,98

Приложение 3

Таблица 1

Варианты заданий на курсовую работу

Номер варианта	Наименование технологического процесса	Анализируемая технологическая операция
1	Производство вареных колбас	Приготовление колбасного фарша и формование заготовок колбас
2	Производство вареных колбас	Термообработка колбас
3	Производство сырокопченых колбас	Термообработка и созревание колбас
4	Производство сливочного масла методом непрерывного сбивания сливок	Подготовка и созревание сливок
5	Производство сливочного масла методом непрерывного сбивания сливок	Сбивание масла на маслоизготовителе непрерывного действия
6	Производство сливочного масла методом преобразования высокожирных сливок	Преобразование высокожирных сливок в масло

7	Дефростация мясных туш	Дефростация мясных туш
8	Производство консервов "шпроты в масле"	Термообработка шпротного полуфабриката
9	Производство консервов "шпроты в масле"	Стерилизация консервов в автоклаве
10	Производство плавленных сырков	Приготовление смеси
11	Производство плавленных сырков	Термообработка и формование
12	Производство кисломолочных продуктов	Приготовление смеси и созревание
13	Производство макаронных изделий	Приготовление макаронного теста и формование макарон
14	Производство макаронных изделий	Сушка макарон
15	Производство молока пастеризованного	Нормализация и термообработка
16	Производство молока пастеризованного	Фасовка и укладка в производственную тару
17	Производство творога резервуарным способом	Приготовление смеси, созревание и отделение влаги
18	Производство творога непрерывным способом	Приготовление смеси и созревание

Окончание табл. 1

Номер варианта	Наименование технологического процесса	Анализируемая технологическая операция
19	Производство творога непрерывным способом	Отделение влаги, формование и фасовка
20	Сублимационная сушка пищевых продуктов	Сублимационная сушка пищевых продуктов
21	Производство молочных консервов	Нормализация, приготовление смеси и фасовка
22	Прием, накопление, хранение и выдача готовой продукции	Прием расфасованной продукции, формирование и выдача заказов потребителю
23	Прием, накопление, хранение и выдача готовой продукции	Учет и хранение разносортной продукции
24	Прием, накопление, хранение и выдача готовой продукции	Прием, накопление и выдача сырья
25	Производство молочных консервов	Стерилизация в установках непрерывного действия
26	Производство сухих молочных продуктов	Подготовка сырья, предварительное сгущение
27	Производство сухих молочных	Сушка в распылительных сушилках

	продуктов	
28	Производство пельменей	Приготовление фарша и теста
29	Производство пельменей	Формовка, заморозка и фасовка
30	Производство хлебобулочных изделий	Выпечка хлебобулочных изделий
31	Производство хлебобулочных изделий	Приготовление теста
32	Приемка молока	Термическая обработка
33	Производство пива	Приготовление сусла
34	Производство пива	Брожение и выдержка
35	Производство холода	Производство хладоносителей пищевых производств
36	Производство карамели	Приготовление карамельного сиропа
37	Производство карамели	Приготовление карамельной массы
38	Производство шоколада	Приготовление шоколадной смеси
39	Производство печенья	Приготовление теста
40	Производство печенья	Выпечка печенья

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература

1. Стегаличев Ю.Г., Васильев А.И. Технические средства автоматизации для перерабатывающих производств Агропрома: Учеб. пособие. – СПб.: ЛТИ им. Ленсовета, 1992. – 90 с.
2. Стегаличев Ю.Г. Элементы и системы пневматики в системах автоматизации пищевых производств: Учеб. пособие. – Л.: ЁТИХП, 1975. – 154 с.
3. Смирнов М.Е. Элементы и системы электроавтоматики: Учеб. пособие. Ч. 1. – Л.: ЛТИХП, 1973. – 112 с.
4. Смирнов М.Е. Элементы и системы электроавтоматики: Учеб. пособие. Ч. 2. – Л.: ЛТИХП, 1974. – 132 с.
5. Коновалов Л.И., Петелин Д.П. Элементы и системы электроавтоматики: Учеб. пособие для вузов. – М.: Высш. шк., 1985. – 278 с.
6. Васильев А.И. Надежность технических средств предприятий Агропрома. Текст лекций. – Л.: ЛТИХП, 1989. – 78 с.
7. Родионов В.Д., Терехов В.А., Яковлев В.Б. Технические средства АСУТП. Учеб. пособие для вузов под ред. В.Б. Яковлева – М.: Высш. школа, 1989. – 263 с.

Дополнительная литература

8. Ибрагимов И.А., Фарзани Н.Г., Илясов Л.В. Элементы и системы пневмоавтоматики: Учеб. пособие. – М.: Высш. шк., 1975. – 360 с.
9. Пневматические приборы системы “СТАРТ”. Отраслевой каталог. – М.: ЦНИИТЭИ Приборостроения, 1978. – 124 с.
10. Приборы и средства автоматизации. Ч. 1. Отраслевой каталог. – М.: Информприбор, 1988. – 118 л.
11. Элементы пневмоавтоматики. Отраслевой каталог. – Л.: ЦНИИТЭИ Приборостроения, 1985. – 55 с.
12. Беляев Г.Б., Кузьмин В.Ф., Смирнов Н.И. Технические средства автоматизации в теплоэнергетике. – М.: Энергоиздат, 1982. – 320 с.
13. Дружинин Г.В. Надежность автоматизированных систем. – М.: Энергия, 1977. – 250 с.
14. Строганов Р.П. Управляющие машины и их применение: Учеб. пособие. – М., 1986. – 240 с.
15. Автоматические приборы, регуляторы и вычислительные системы: Справ. пособие под ред. Кошарского В.Д. – Л.: Машиностроение, 1976. – 485 с.
16. Комплексы технических средств. Т. 1...7. Отраслевой каталог. – М.: Информприбор, 1986.
17. Технические средства АСУТП. Ч. 1...3. Отраслевой каталог. – М.: Информприбор, 1987.
18. Приборы и средства автоматизации. Части 1...4. Отраслевой каталог. – М.: Информприбор, 1987.
19. Номенклатурный каталог продукции концерна “Метран”. – Челябинск.: Метран, 1998. – 307 с.
20. Номенклатурный каталог продукции ОАО “Теплоприбор”. Ч. 1 и 2. – Челябинск: Теплоприбор, 1977. – 302 с.
21. Номенклатурный каталог продукции АО “ОВЕН”. – М.: ОВЕН, 1998. – 40 с.
22. Номенклатурный каталог продукции фирмы PRO SOFT, 1998.
23. Стегаличев Ю.Г., Данин В.Б., Добряков В.А. Экспериментальное исследование динамических характеристик типовых звеньев пневматических приборов: Метод. указания к лабораторным работам № 1. – Л.: ЛТИХП, 1988. – 12 с.
24. Стегаличев Ю.Г., Добряков В.А., Данин В.Б. Экспериментальное определение статической характеристики и метрологических характеристик пневматического прибора для реализации простейших

математических операций. Метод. указания к лабораторным работе № 2. – Л.: ЛТИХП, 1988. – 16 с.

25. Стегаличев Ю.Г., Добряков В.А., Данин В.Б. Настройка пневматического прибора умножения на постоянный коэффициент и экспериментальное определение дополнительной погрешности прибора: Метод. указания к лабораторной работе № 3. – Л.: ЛТИХП, 1988. – 15 с.

26. Стегаличев Ю.Г., Данин В.Б., Добряков В.А. Экспериментальное определение динамических характеристик пневматического пропорционально-интегрального регулятора: Метод. указания к лабораторной работе № 4. – Л.: ЛТИХП, 1981. – 13 с.

27. Селевцов Л.И. Пневматические и гидравлические исполнительные механизмы: Метод. указания к лабораторным работам. – Л.: ЛТИХП, 1981. – 32 с.

28. Смирнов М.Е., Селевцов Л.И. Электрические исполнительные механизмы: Метод. указания к лабораторным работам. – Л.: ЛТИХП, 1980. – 40 с.

29. Смирнов М.Е. Исследование элементов регулирующего прибора типа Р25.2. Общие сведения о регулирующем приборе Р25.2: Метод. указания к лабораторным работам. – Л.: ЛТИХП, 1985. – 24 с.

30. Васильев А.И., Данин В.Б. Исследование статических и динамических характеристик пропорционального регулятора на базе БР-3: Метод. указания к лабораторным работам. – Л.: ЛТИХП, 1988. – 14 с.

31. Стегаличев Ю.Г., Добряков В.А., Григорян Р.Г. Реализация программно-логических задач на контроллере МКП-1: Метод. указания к лабораторным работам. – СПб.: СПбГАХПТ, 1995. – 50 с.

32. Стегаличев Ю.Г., Кириков А.Ю. Синтез систем контроля и учета физического параметра с применением программируемых микропроцессорных средств: Метод. указания к лабораторным работам. – Л.: ЛТИХП, 1989. – 15 с.

33. Стегаличев Ю.Г. Системы централизованного контроля параметров технологического процесса на базе микро-ЭВМ: Метод. указания к лабораторным работам. – СПб.: СПбГАХПТ, 1994. – 27 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ.....	5
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА I ЧАСТИ КУРСА.....	6
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА II ЧАСТИ КУРСА.....	9
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ ПО I ЧАСТИ КУРСА.....	11
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ ПО II ЧАСТИ КУРСА.....	17
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ.....	20
КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 1.....	20
КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 2.....	30
КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 3.....	43
КУРСОВАЯ РАБОТА.....	48
Приложение 1.....	50
Приложение 2.....	60
Приложение 3.....	64
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	66

Стегаличев Юрий Георгиевич
Васильев Анатолий Иванович
Добряков Владимир Александрович
Замарашкина Вероника Николаевна

**Рабочие программы дисциплины
“Технические средства автоматизации”,
и методические указания
для студентов специальности 210200
факультета заочного обучения и экстерната**

Редактор Т. В. Белянкина

Корректор Н. И. Михайлова

ЛР № 020414 от 12. 02. 97

Подписано в печать 29.12.2000. Формат 60×84 1/16. Бум. писчая

Печать офсетная Усл. печ. л. 4,19. Печ. л. 4,5. Уч.-изд. л. 4,0

Тираж 250 экз. Заказ ? С 28

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