**Лекция 1**

**ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ САУ**

**1. Введение в дисциплину. Задачи и содержание дисциплины.**

**Задачи дисциплины "Управление техническими системами**" - дать обучаемым фундаментальные знания по теоретическим основам автоматики и управления, выработать прочные навыки в применении теоретических методов к решению инженерных задач, обеспечивающих широкую научную базу для последующего продуктивного изучения специальных дисциплин.

На изучение дисциплины отводится 86 часов: 56 часов учебных занятий (лекций – 26 часа, ПЗ - 14 часов, ГЗ- 8 часов, ЛР - 6 часов, КЗ - 2 часов) и на самостоятельную подготовку - 30 часов.

*Отчётность по дисциплине: – зачёт с оценкой.*

**Задачи дисциплины "Управление техническими системами"** - дать студентам фундаментальные знания по теоретическим основам автоматики и управления, выработать прочные навыки в применении теоретических методов к решению инженерных задач, обеспечивающих широкую научную базу для последующего продуктивного изучения специальных дисциплин.

В результате изучения дисциплины курсанты должны:

***Знать:***

основные показатели качества функционирования автоматических систем;

способы построения математических моделей простейших систем и процессов в радиотехнике.

основные законы теории автоматики и управления;принципы построения устройств радиоавтоматики.

***Уметь:***

выполнять математические преобразования;

проводить расчет основных качественных показателей систем автоматического управления.

***История развития управления***

С древних времен человек хотел использовать предметы и силы природы в своих целях, то есть *управлять* ими. Управлять можно неодушевленными предметами (например, перекатывая камень на другое место), животными (дрессировка), людьми (начальник – подчиненный).

Множество задач управления в современном мире связано с техническими системами – автомобилями, кораблями, самолетами, станками. Например, нужно поддерживать заданный курс корабля, высоту самолета, частоту вращения двигателя, температуру в холодильнике или в печи. Если эти задачи решаются без участия человека, говорят об *автоматическом управлении*.

Теория управления пытается ответить на вопрос «как нужно управлять?». До XIX века науки об управлении не существовало, хотя первые системы автоматического управления уже были (например, ветряные мельницы «научили» разворачиваться навстречу ветру). Развитие *теории* управления началось в период промышленной революции. Сначала это направление в науке разрабатывалось механиками для решения задач *регулирования*, то есть поддержания заданного значения частоты вращения, температуры, давления в технических устройствах (например, в паровых машинах). Отсюда происходит название «теория автоматического регулирования».

Позднее выяснилось, что принципы управления можно успешно применять не только в технике, но и в биологии, экономике, общественных науках. Процессы управления и обработки информации в системах любой природы изучает наука *кибернетика*. Один из ее разделов, связанный главным образом с техническими системами, называется *теорией автоматического* *управления*. Кроме классических задач регулирования, она занимается также оптимизацией законов управления, вопросами приспособляемости (адаптации).

**2. Основные понятия и определения.**

**Автоматика** - отрасль науки и техники, охватывающая теорию и практику автоматического управления, а также принципы построения автоматических систем и образующих их технических средств.

**Управление** - процесс подаваемый на вход объекта управления, обеспечивающий такое протекание процессов в объекте управления, которое обеспечит достижение заданной цели управления на его выходе.

В состав любой САУ, независимо от назначения и конструктивного оформления, можно выделить две основные части:

- **управляемый объект** (или объект управления);

- **устройство управления**.

УУ

ОУ

**Рис.1**

**Объект управления** - устройство, физический процесс либо совокупность процессов, которыми необходимо управлять для получения требуемого результата. Взаимодействие с ОУ происходит путём подачи на его условный вход управляющего воздействия (которое корректирует процессы протекающие в ОУ), при этом на выходе получается изменённый параметр (который является процессом-следствием).

**Устройство управления (УУ)** – совокупность устройств, с помощью которых осуществляется управление входами объекта управления.

**Алгоритм управления**  представляет собой совокупность предписаний , определяющих характер воздействий извне на управляемый объект с целью выполнения им заданного алгоритма функционирования.

**Регулирование** — частный случай управления, цель которого заключается в поддержании на заданном уровне одного или нескольких выходов объекта управления.

**Регулятор** — преобразует ошибку регулирования ε(t) в управляющее воздействие, поступающее на объект управления.

**Задающее воздействие g(t)** — определяет требуемый закон регулиро-вания выходной величины.

**Ошибка регулирования ε(t) = g(t) — y(t),** разность между требуемым значением регулируемой величины и текущим её значением. Если ε(t) отлична от нуля, то этот сигнал поступает на вход регулятора, который формирует такое регулирующее воздействие, чтобы в итоге с течением времени ε(t) = 0.

**Возмущающее воздействие f(t)** — процесс на входе объекта управления, являющийся помехой управлению.

**Выходные сигналы** — параметры, характеризующие состояние объекта управления и существенные для процесса управления.

**Выходы системы** — точки системы, в которых выходные сигналы могут наблюдаться в виде определенных физических величин.

**Входы системы** — точки системы, в которых приложены внешние воздействия.

**Входные сигналы**:

- помехи — сигналы, не связанные с источниками информации о задачах и результатах управления.

- полезные — сигналы, связанные с источниками информации о задачах и результатах управления.

**3. Структура автоматической системы управления**

В типичную систему управления входят объект, регулятор, привод и датчики. Однако, набор этих элементов – еще не система. Для превращения в систему нужны *каналы связи,*через них идет обмен информацией между элементами. Для передачи информации могут использоваться электрический ток, воздух (пневматические системы), жидкость (гидравлические системы), компьютерные сети.

Взаимосвязанные элементы – это уже *система*, которая обладает (за счет связей) особыми свойствами, которых нет у отдельных элементов и любой их комбинации.

Основная интрига управления связана с тем, что на объект действует окружающая среда – *внешние возмущения*, которые «мешают» регулятору выполнять поставленную задачу. Большинство возмущений заранее непредсказуемы, то есть носят случайный характер.

Кроме того, датчики измеряют параметры не точно, а с некоторой ошибкой, пусть и малой. В этом случае говорят о «шумах измерений» по аналогии с шумами в радиотехнике, которые искажают сигналы.

Подводя итого, можно нарисовать структурную схему системы управления так:

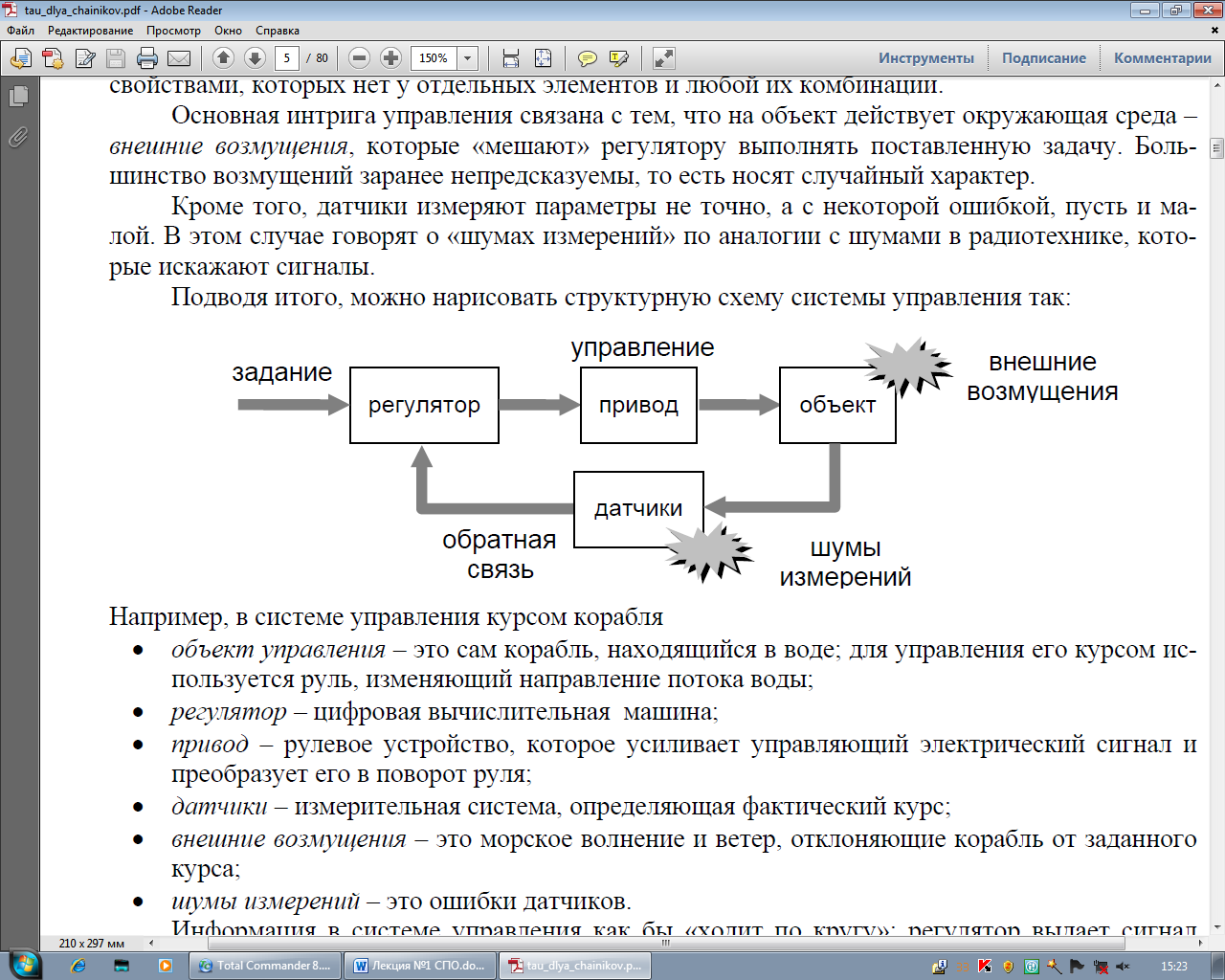


Рис. 1.1

Например, в системе управления курсом ЛА:

• *объект управления* – это сам ЛА, находящийся в воздухе; для управления его курсом используется руль направления на киле, изменяющий направление полета;

• *регулятор* – цифровая вычислительная машина;

• *привод* – устройство, которое усиливает управляющий электрический сигнал и преобразует его в поворот руля направления;

• *датчики* – измерительная система, определяющая фактический курс (направление);

• *внешние возмущения* – это искусственные и естественные электромагнитные поля и ветер, отклоняющие корабль от заданного курса;

• *шумы измерений* – это ошибки датчиков.

Информация в системе управления как бы «ходит по кругу»: регулятор выдает сигнал управления на привод, который воздействует непосредственно на объект; затем информация об объекте через датчики возвращается обратно к регулятору и все начинается заново. Говорят, что в системе есть *обратная связь*, то есть регулятор использует информацию о состоянии объекта для выработки управления. Системы с обратной связью называют *замкнутыми*, поскольку информация передается по замкнутому контуру.

***Принцип работы регулятора.***

Регулятор сравнивает задающий сигнал («задание», «*уставку*», «желаемое значение») с сигналами обратной связи от датчиков и определяет *рассогласование* (*ошибку управления*) – разницу между заданным и фактическим состоянием. Если оно равно нулю, никакого управления не требуется. Если разница есть, регулятор выдает управляющий сигнал, который стремится свести рассогласование к нулю. Поэтому схему регулятора во многих случаях можно нарисовать так:

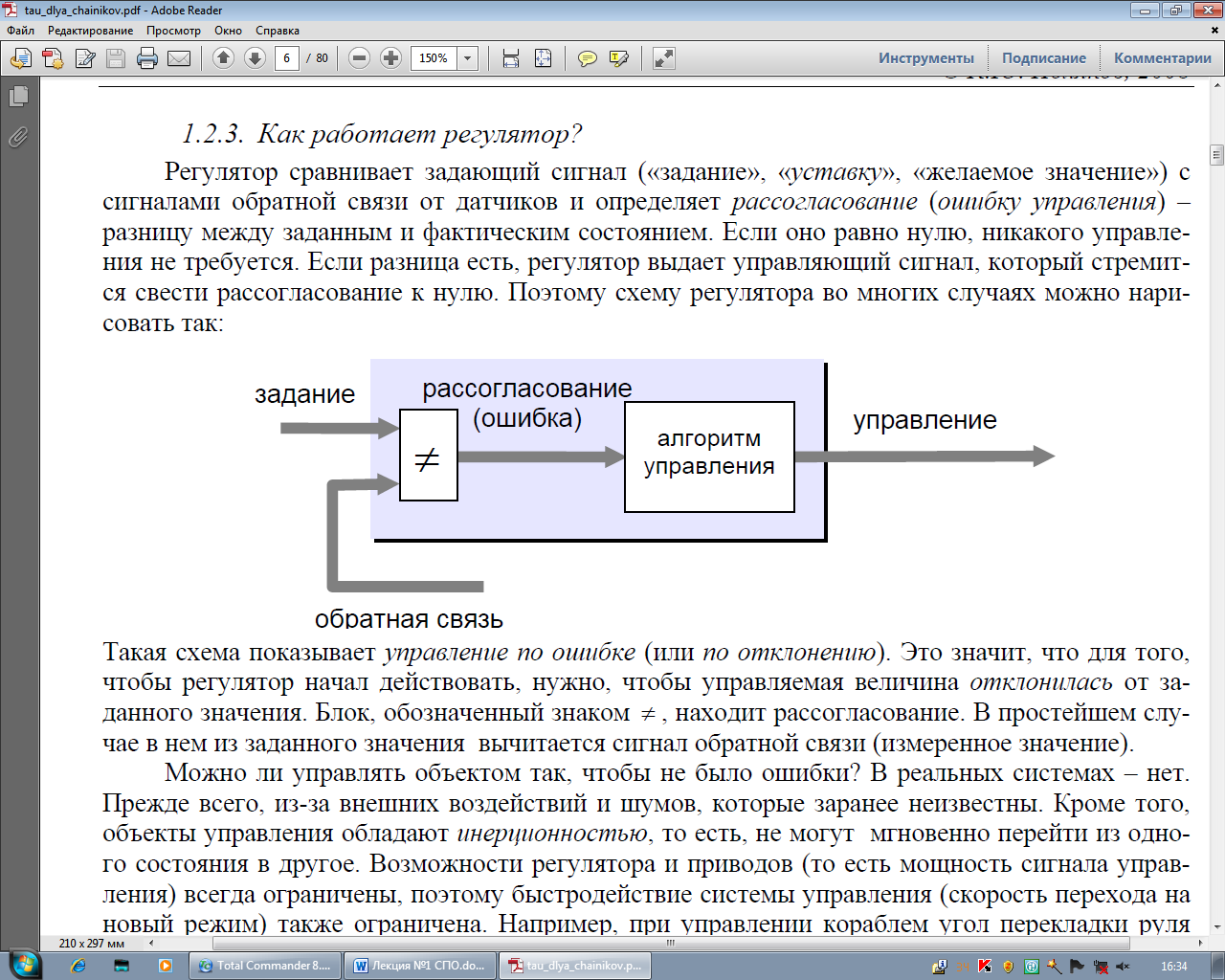


Рис. 1.2.

Такая схема показывает *управление по ошибке* (или *по отклонению*). Это значит, что для того, чтобы регулятор начал действовать, нужно, чтобы управляемая величина *отклонилась* от за данного значения. Блок, обозначенный знаком ≠ , находит рассогласование. В простейшем случае в нем из заданного значения вычитается сигнал обратной связи (измеренное значение).

Можно ли управлять объектом так, чтобы не было ошибки? В реальных системах – нет.

Прежде всего, из-за внешних воздействий и шумов, которые заранее неизвестны. Кроме того, объекты управления обладают *инерционностью*, то есть, не могут мгновенно перейти из одного состояния в другое. Возможности регулятора и приводов (то есть мощность сигнала управления) всегда ограничены, поэтому быстродействие системы управления (скорость перехода на новый режим) также ограничена. Например, при управлении кораблем угол перекладки руля обычно не превышает 30 − 35° , это ограничивает скорость изменения курса.

Мы рассмотрели вариант, когда обратная связь используется для того, чтобы уменьшить разницу между заданным и фактическим состоянием объекта управления. Такая обратная связь называется *отрицательной*, потому что сигнал обратной связи *вычитается* из задающего сигнала. Может ли быть наоборот? Оказывается, да. В этом случае обратная связь называется *положительной*, она *увеличивает* рассогласование, то есть, стремится «раскачать» систему. На практике положительная обратная связь применяется, например, в генераторах для поддержания незатухающих электрических колебаний.

**4. Классификация АС и решаемые задачи.**

***Автоматическая система***– это система, работающая без участия человека. Есть еще *автоматизированные* системы, в которых рутинные процессы (сбор и анализ информации) выполняет компьютер, но управляет всей системой человек-оператор, который и принимает решения. Мы будем далее изучать только автоматические системы.

***Решаемые задачи систем управления***

Автоматические системы управления применяются для решения трех типов задач:

• *стабилизация*, то есть поддержание заданного режима работы, который не меняется длительное время (задающий сигнал – постоянная, часто нуль);

• *программное управление* – управление по заранее известной программе (задающий сигнал меняется, но заранее известен);

• *слежение* за неизвестным задающим сигналом.

К системам стабилизации относятся, например, автопилоты на ЛА (поддержание заданного курса), системы регулирования частоты вращения турбин. Системы программного управления широко используются в БЦВМ ЛА для траекторного управления и полету по маршрутам. Следящие системы служат для усиления и преобразования сигналов, они применяются в приводах и при передаче команд через линии связи.

***Классификация АС:***

***По количеству входов и выходов бывают***

*• одномерные системы, у которых один вход и один выход (они рассматриваются в так называемой классической теории управления);*

*• многомерные системы, имеющие несколько входов и./или выходов (главный предмет изучения современной теории управления).*

Далее мы будем изучать только одномерные системы, где и объект, и регулятор имеют один входной и один выходной сигнал. Например, при управлении самолетом по курсу можно считать, что есть одно управляющее воздействие (поворот руля) и одна регулируемая величина (курс).

Однако, в самом деле это не совсем верно. Дело в том, что при изменении курса меняется также крен и направление ветра. В одномерной модели мы пренебрегаем этими изменениями, хотя они могут быть очень существенными. Например, при резком повороте крен может достигнуть недопустимого значения. Таким образом, реальная система управления – многомерная.

Исследование многомерных систем – достаточно сложная задача, поэтому в инженерных расчетах стараются иногда упрощенно представить многомерную систему как несколько одномерных, и довольно часто такой метод приводит к успеху.

***По способу передачи сигналов АС:***

• *непрерывными*, в которых все сигналы – функции непрерывного времени, определенные на некотором интервале;

• *дискретными*, в которых используются дискретные сигналы (последовательности чисел), определенные только в отдельные моменты времени;

• *непрерывно-дискретными*, в которых есть как непрерывные, так и дискретные сигналы*.*

Непрерывные (или *аналоговые*) системы обычно описываются дифференциальными уравнениями. Это все системы управления движением, в которых нет компьютеров и других элементов дискретного действия (микропроцессоров, логических интегральных схем).

Микропроцессоры и компьютеры – это дискретные системы, поскольку в них вся информация хранится и обрабатывается в дискретной форме. Компьютер не может обрабатывать непрерывные сигналы, поскольку работает только с *последовательностями* чисел. Примеры дискретных систем можно найти в экономике (период отсчета – квартал или год) и в биологии (модель «хищник-жертва»). Для их описания применяют *разностные* уравнения.

Существуют также и гибридные *непрерывно-дискретные* системы, например, компьютерные системы управления движущимися объектами (кораблями, самолетами, автомобилями идр.). В них часть элементов описывается дифференциальными уравнениями, а часть – разностными. С точки зрения математики это создает большие сложности для их исследования, поэтому во многих случаях непрерывно-дискретные системы сводят к упрощенным чисто непрерывным или чисто дискретным моделям.

***По виду уравнений, которыми описываются АС:***

- линейные и нелинейные;

- стационарные и нестационарные.

Для управления очень важен вопрос о том, изменяются ли характеристики объекта современем. Системы, в которых все параметры остаются постоянными, называются *стационарными*, что значит «не изменяющиеся во времени». В этом пособии рассматриваются только стационарные системы.

В практических задачах часто дело обстоит не так радужно. Например, летящая ракета расходует топливо и за счет этого ее масса изменяется. Таким образом, ракета – нестационарный объект. Системы, в которых параметры объекта или регулятора изменяются со временем, называются *нестационарными*. Хотя *теория* нестационарных систем существует (формулы написаны), применить ее на практике не так просто.

***По реакции системы на входное воздействие:***

- детерминированные;

- стохастические.

Самый простой вариант – считать, что все параметры объекта определены (заданы) точно, так же, как и внешние воздействия. В этом случае мы говорим о *детерминированных* системах, которые рассматривались в классической теории управления.

Тем не менее, в реальных задачах точных данных у нас нет. Прежде всего, это относится к внешним воздействиям. Например, для исследования качки корабля на первом этапе можно считать, что волна имеет форму синуса известной амплитуды и частоты. Это детерминированная модель. Так ли это на практике? Естественно нет. С помощью такого подхода можно получить только приближенные, грубые результаты.

По современным представлениям форма волны приближенно описывается как сумма синусоид, которые имеют *случайные*, то есть неизвестные заранее, частоты, амплитуды и фазы.

Помехи, шум измерений – это тоже случайные сигналы.

Системы, в которых действуют случайные возмущения или параметры объекта могут изменяться случайным образом, называются *стохастическими* (вероятностными). Теория стохастических систем позволяет получать только вероятностные результаты. Например, нельзя гарантировать, что отклонение корабля от курса *всегда* будет составлять не более 2° , но можно попытаться обеспечить такое отклонение с некоторой *вероятностью* (вероятность 99% означает, что требование будет выполнено в 99 случаях из 100).

***По алгоритму управления:***

- разомкнутые АС;

- замкнутые АС.

**5. Принципы автоматического управления.**

Автоматическая система, как правило, состоит из ***объекта управления* и *системы управления.***Система управления имеет в своем составе *источники информации* о задачах управления и результатах управления, *устройства для анализа* вводимой в систему управления информации и выработки решения об управляющих действиях и *исполнительные устройства,* осуществляющие управление.

Существует три принципа автоматического управления:

1. Принцип разомкнутого управления;
2. Принцип компенсации
3. Принцип обратной связи.

Источниками информации служат различные измерители, определяющие различные физические величины, которые характеризуют задачи управления и поведение объекта управления. Так, например, в системе самонаведения ракеты основным источником информации о задачах управления и результатах управления является локатор, определяющий положение цели относительно ракеты.

В простейшей системе управления полетом ЛА — автопилот источником информации о задачах управления является программное устройство, определяющее заданное положение осей самолета в пространстве, а источником информации о результатах управления служит гироскопический измеритель углов отклонения осей самолета от заданных направлений.

Анализ информации в простейших системах управления состоит в сравнении требуемых и фактических значений величин, определяющих состояние объекта. Разность между требуемым и фактическим значениями каждой величины, принятой за характеристику состояния объекта, называется ***параметром управления,* или *рассогласованием,* или *сигналом ошибки.***

Принцип разомкнутого управления состоит в том, что управляющее воздействие вырабатывается только на основе алгоритма функционирования без учета действительного значения управляемой величины, характеристик объекта и известных внешних возмущающих воздействий. Общая функциональная схема системы показана на рис. 1.3. В состав схемы входят задающее устройство (ЗУ), корректирующее устройство (КУ), усилительное устройство (У), исполнительное устройство (ИУ), которые в совокупности образуют устройство управления, и управляемый объект.



Рис. 1.3

Задающее устройство предназначено для установления необходимой программы управления. Корректирующее устройство позволяет менять свойство системы в нужном направлении. Усилительное устройство предназначено для усиления мощности управляющего воздействия. Исполнительное устройство вырабатывает воздействие на управляющий орган объекта управления.

Точность работы систем, работавших по принципу разомкнутого управления, не высока.

Принцип компенсации реализуется тогда, когда разомкнутая цепь не обеспечивает требуемой точности.

В состав функциональной схемы (рис. 1.4), входят: задающее устройство, измерительное устройство (ИЗУ), суммирующее устройство (СУ), корректирующее устройство, усилительное устройство, исполнительное устройство и управляемый объект.



Рис. 1.4

Измерительное устройство измеряет действующие на объект возмущения и через сумматор осуществляет изменение управляющего воздействия .

Принцип обратной связи позволяет вырабатывать управляющее воздействие на основе фактического значения управляемой величины. Все элементы образуют замкнутую систему (рис. 1.5.).



Рис. 1.5

В ее состав входят: задающее устройство, измерительное устройство, сравнивающее устройство, корректирущее устройство, усилительное устройство, исполнительное устройство и управляемый объект.

В данной схеме измерительное устройство предназначено для измерения управляемой величины *y(t)*.

Сравнивающее устройство сопоставляет фактическое значение управляемой величины *y(t)*с требуемым *g(t)* и определяет отклонение

.

В зависимости от величины и знака этой ошибки вырабатывается управляющее воздействие на объект, которое сводит *ε(t)* к нулю.

Принцип обратной связи получил наиболее широкое распространение в радиоэлектронном оборудовании ЛА.

В ряде случаев нашли применение автоматические системы, реализующие комбинированное управление на основе принципов компенсации и обратной связи.