

**департамент «Энергетика, металлургия и
информационные технологии»**

**Слайд-лекция по дисциплине:
«Автоматизация металлургического
производства»**

Лекция 8: Динамика линейных САУ (продолжение).

Для студентов специальности 5В070900
«Металлургия»

Разработала: старший преподаватель, магистр
Шупеева Ш.М.

Лекция 8. Динамика линейных САУ (продолжение).

План лекции:

1. Динамические свойства САУ.
-

1. Динамические свойства САУ

Переходные процессы являются универсальным средством изучения динамических свойств объектов. Но как же в переходном процессе проявляются динамические свойства объекта и как их можно установить по виду процесса? Чтобы ответить на этот вопрос, рассмотрим типичные динамические свойства объектов и соответствующие им переходные процессы.

1. Динамические свойства САУ

1. Почти все промышленные объекты обладают **инерцией**. Инерция объекта регулирования проявляется в том, что при мгновенном изменении их входного сигнала выходной изменяется не мгновенно, а постепенно.

Инерция свойственна не только объектам регулирования, но и другим элементам САУ. Однако у некоторых объектов инерция может быть пренебрежимо малой в сравнении с остальными элементами САУ и не оказывать заметного влияния на процесс регулирования. Такие объекты называются **безинерционными (в)**.



в) безинерционный объект

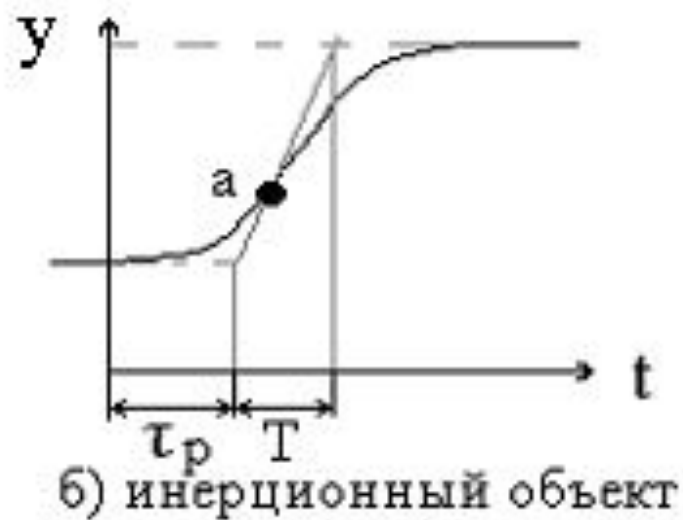
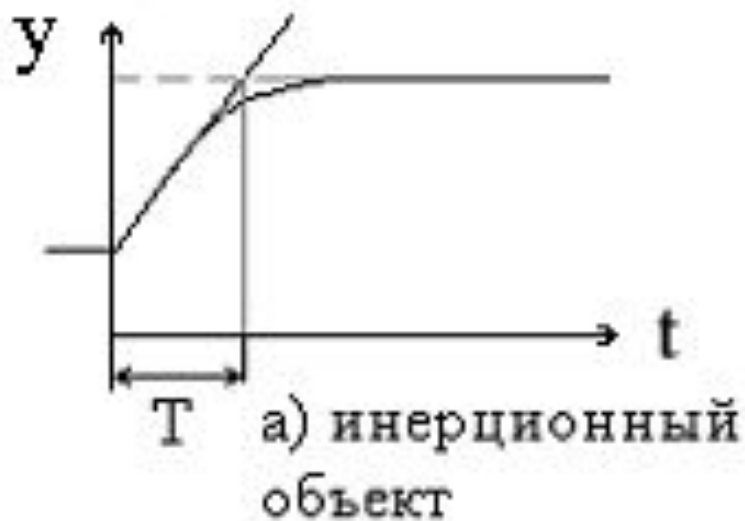
1. Динамические свойства САУ

Инерция реальных объектов регулирования вызвана наличием в них запаса вещества или энергии. Чем больше он, тем сильнее проявляется инерция. При переходных процессах в инерционных объектах запас вещества или энергии может изменяться как монотонно, так и колебательно. Объекты, обладающие таким свойством, называются **колебательными**.



1. Динамические свойства САУ

В отличие от колебательных объекты с монотонным изменением выходных параметров называются **апериодическими** (а, б).

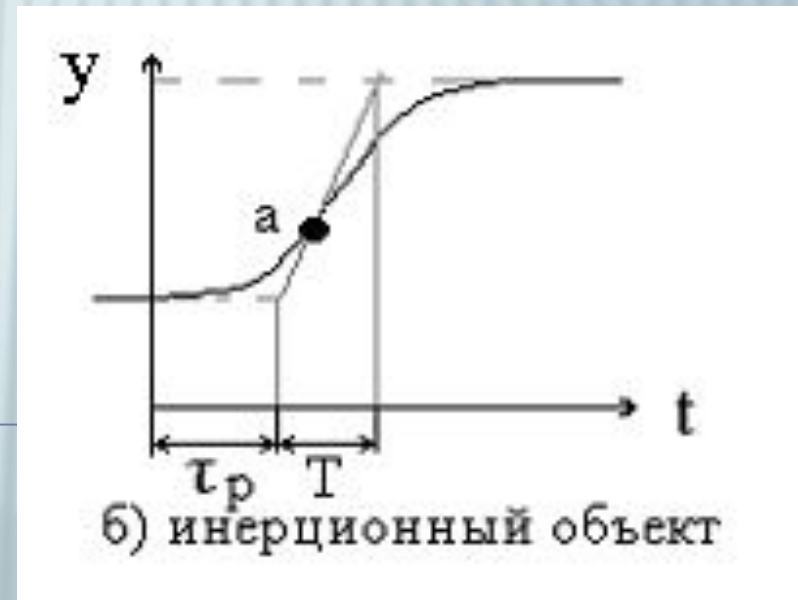
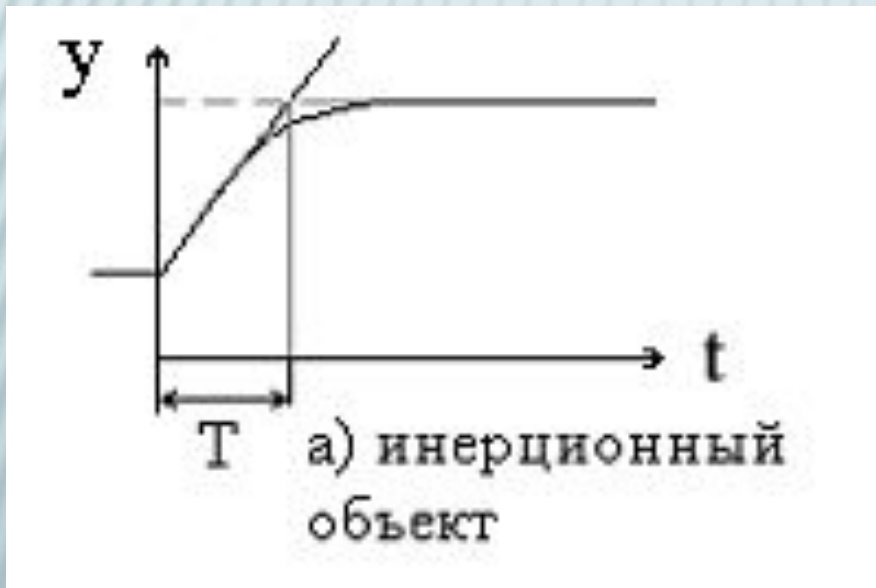


1. Динамические свойства САУ

Наиболее широко распространенное свойство **инерции** промышленных объектов как устойчивых, так и нейтральных и неустойчивых проявляются в переходном процессе в виде **плавного, без скачков** изменения выходного параметра (а, б, ж). Следствием такого поведения инерционного объекта является **последействие**, т.е. изменение выходного параметра при уже не изменяющемся (после скачка) входном параметре.

1. Динамические свойства САУ

Количественно инерцию объекта можно было бы охарактеризовать скоростью изменения выходного параметра в переходном процессе. Однако, как видно из графиков, скорость эта изменяется с течением времени, причем для одних объектов она максимальна в начальный момент времени (рисунок а), а для других – в некоторой точке 0 (рисунок б).



1. Динамические свойства САУ

С помощью максимальной скорости переходного процесса вводят понятие постоянной времени, которая и служит оценкой инерции объекта.

Постоянной времени T объекта называется время, за которое выходной параметр y достиг бы установившегося значения в переходном процессе, если бы изменялся все время с максимальной скоростью. Как следует из определения постоянная времени T существует **только для устойчивых объектов**.

Постоянную времени T можно найти по графику переходного процесса. Для этого следует провести касательную к этому графику в точке максимальной скорости (в месте наибольшей крутизны – точке перегиба). Тогда постоянную времени T находят, как показано на рисунке а), б). Такой способ обычно используется только для апериодических объектов.

1. Динамические свойства САУ

С точки зрения управления **инерция** объектов имеет как положительную, так и отрицательную стороны.

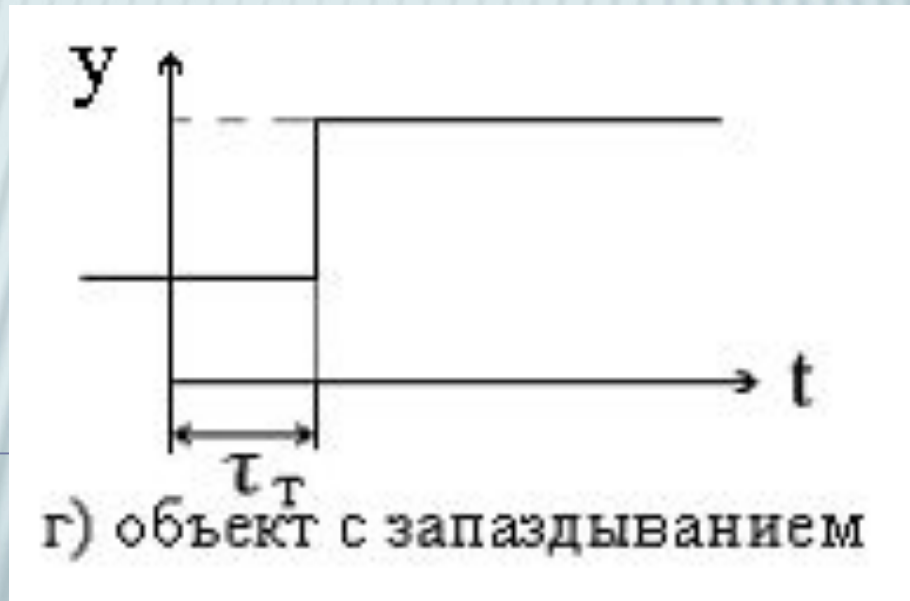
Положительная заключается в том, что благодаря инерции объект не успевает реагировать на кратковременные возмущающие воздействия, что облегчает стабилизацию его регулируемого параметра.

Отрицательная - неизбежное при этом последствие затрудняет компенсацию возмущений в САУ по отклонению, что снижает качество стабилизации технологических параметров.

Свойство **колебательности** играет уже только **отрицательную** роль в процессе регулирования. Вследствие колебательности выходной параметр такого объекта изменяется в течение переходного процесса на большую величину, чем в апериодическом объекте. Это видно из сравнения графиков переходных процессов.

1. Динамические свойства САУ

2. Еще одним важным свойством объектов реальных является **запаздывание**. Оно проявляется в том, что реакция объекта на входное воздействие, т.е. изменение его выходного параметра, запаздывает по отношению к изменению входного параметра (τ). Пример безинерционного объекта с запаздыванием – транспортер для сыпучих материалов, длинный трубопровод.



1. Динамические свойства САУ

Запаздывание в объекте регулирования проявляется в сдвиге по времени начала переходного процесса относительно входного воздействия. Величина этого временного сдвига называется **временем запаздывания**, а само запаздывание **чистым** или **транспортным**.

При транспортном запаздывании выходной параметр y совсем не изменяется в течение всего времени транспортного запаздывания τ_T (г).

1. Динамические свойства САУ



Однако эффект, похожий на запаздывание, наблюдается в некоторых объектах без транспортного запаздывания, когда выходной параметр y в переходном процессе сначала изменяется медленно (б). Такой эффект кажущегося запаздывания называется **переходным запаздыванием**. Время переходного запаздывания τ_p можно найти по графику (касательная пересекается с начальным значением выходной величины – одна точка – вторая - момент нанесения возмущения) (б).

1. Динамические свойства САУ

Запаздывание является неблагоприятным свойством объектов с точки зрения их регулирования. Действительно, в САУ с обратной связью рассогласование, вызываемое возмущением на объект с запаздыванием, проявляется лишь по истечении времени запаздывания. Поэтому и регулирующее воздействие в таких САУ запаздывает по отношению к возмущающим воздействиям. Получается, что регулятор в САУ реагирует не на текущее, а на прошлое возмущение, что затрудняет его компенсацию и приводит к ухудшению стабилизации регулируемого параметра. По этой причине объекты, имеющие переходные запаздывания, труднее поддаются регулированию.

Установлено, что для объектов с запаздыванием качество регулирования может быть лучше при меньшем отношении времени полного запаздывания $t = t_n + t_T$ к постоянной времени T объекта. Это отношение минимально ($= 0$) для всех объектов без запаздывания и максимально (∞ большое) для безинерционных с запаздыванием, когда $T = 0$.

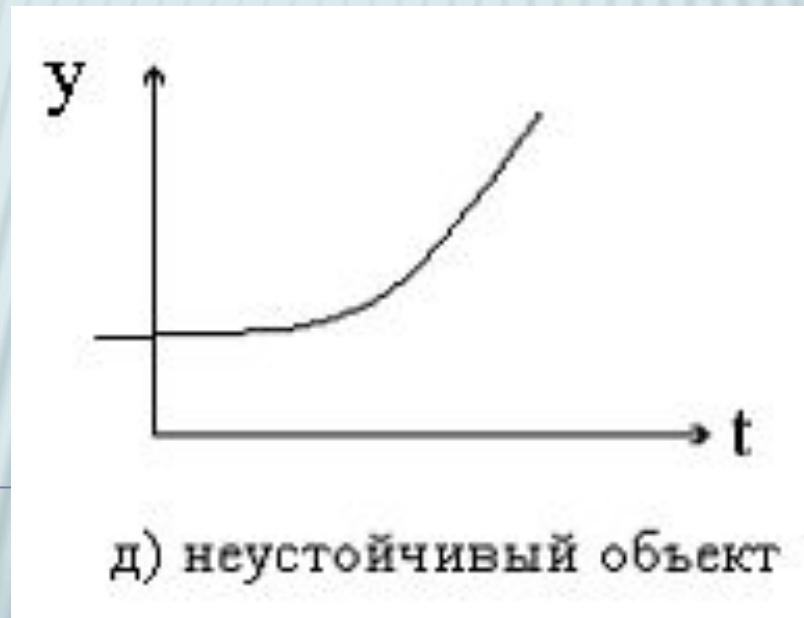
1. Динамические свойства САУ

3. Мы рассматривали объекты регулирования, в которых переходные процессы заканчиваются установившемся значением выходного параметра (пунктирная линия). Такие объекты под влиянием входного воздействия переходят из одного состояния равновесия в другое (отсюда и название – переходной). Эти объекты регулирования получили название **устойчивых**.

Устойчивые объекты регулирования обладают одним общим свойством – **самовыравниванием**, т.е. способностью переходить из одного установившегося состояния в другое по окончании переходного процесса при скачкообразном входном воздействии. Чем меньше изменяется выходной параметр в переходном процессе при одном и том же скачкообразном входном воздействии, тем больше степень самовыравнивания объекта.

1. Динамические свойства САУ

Устойчивость – распространенное, но не обязательное свойство объектов: существуют и **неустойчивые объекты регулирования**. У таких объектов состояние равновесия существует, но оно не устойчиво: сколь угодно малое воздействие выводит такой объект из состояния равновесия, и с течением времени он все больше отклоняется от этого состояния (д).

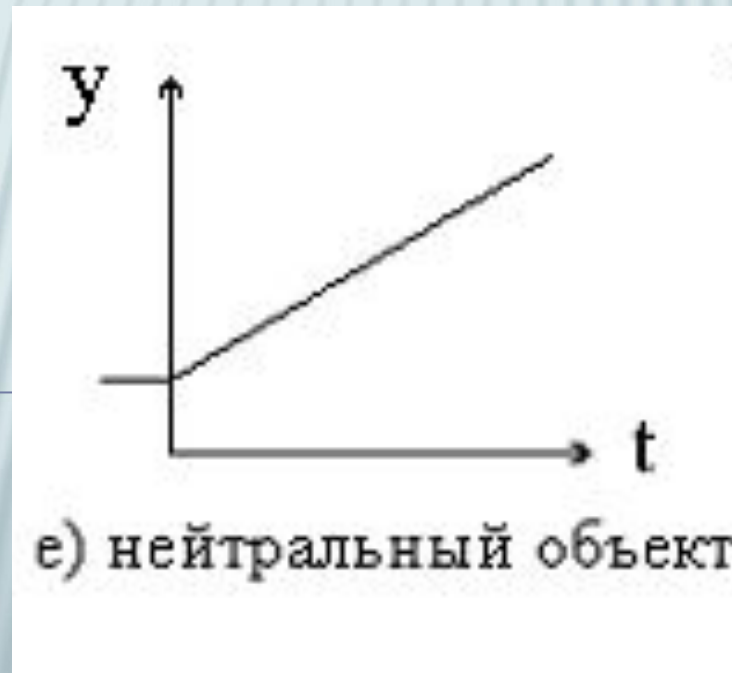


1. Динамические свойства САУ

Такие объекты довольно редки, значительно чаще встречаются **нейтральные объекты**. Нейтральный объект можно получить на примере емкости, если расход на потреблении сделать независимым от уровня в емкости. Для этого установить нужно на линии потребления насос с постоянной производительностью. У такого объекта существует состояние равновесия: когда приток равен потреблению, уровень не изменяется. Однако в отличие от устойчивого объекта (емкости с клапаном на линии потребления) равенство притока и потребления может соблюдаться при любом значении уровня. Иначе говоря, в состоянии равновесия объекта его выходной параметр – уровень – может быть любым независимо от расхода на притоке и потреблении, т.е. статической характеристики у такого объекта нет. Поэтому нейтральные объекты называют еще **астатическими**.

1. Динамические свойства САУ

Окажем теперь скачкообразное воздействие на расход на притоке, повышая его. Так как потребление не зависит от уровня в емкости, то разность между притоком и потреблением будет оставаться постоянной, и, следовательно, уровень в емкости будет повышаться с постоянной скоростью, не стремясь ни к какому установившемуся значению. Такой процесс приведен на рисунке е. Нейтральные объекты не имеют самовыравнивания.



1. Динамические свойства САУ

Устойчивые объекты легче поддаются управлению, чем неустойчивые. В любом неустойчивом объекте отклонение выходного регулируемого параметра под действием возмущения имеет вполне определенную, не бесконечную величину (рисунки а – г, ж). Поэтому при достаточно большом самовыравнивании, когда возмущающее воздействие вызывает малые колебания регулируемого параметра, можно обойтись без системы управления. В нейтральных же объектах, в особенности неустойчивых, отклонение регулируемого параметра под действием возмущений с течением времени может стать сколь угодно большим. Поэтому управлять такими объектами, безусловно, необходимо.

Таким образом, самовыравнивание объекта способствует управлению и поэтому иногда называется **саморегулированием**.

1. Динамические свойства САУ

Степень самовыравнивания, как отмечалось, характеризует запас устойчивости объекта регулирования. Объекты с большим самовыравниванием имеют большой запас устойчивости и легко поддаются управлению.

Объекты с нулевым самовыравниванием, т.е. нейтральные, не имеют запаса устойчивости (говорят, что они находятся на границе устойчивости). Неустойчивые же объекты обладают отрицательным самовыравниванием и им приписывают отрицательный запас устойчивости.

Следует иметь в виду, что степень самовыравнивания не полностью характеризует объект с точки зрения регулирования. Имеют значение и другие показатели, в частности отношение σ . Так, для объекта с большим отношением σ качество стабилизации его регулируемого параметра в САУ может быть плохим даже при значительном самовыравнивании.

Вопросы для самопроверки:

- 1) Перечислите основные динамические свойства объекта регулирования.
- 2) Что такое инерция и чем она обусловлена?
- 3) Каким показателем оценивается инерционность объекта?
- 4) Дайте определение запаздыванию.
- 5) В чем разница между транспортным и переходным запаздыванием?
- 6) Что такое степень самовыравнивания?