

Материал к лекции можно просмотреть и скачать на сайте кафедры:
<http://k301.info> в разделе Дисциплины / Теория автоматического управления

Специальности:	<ul style="list-style-type: none"> • Авионика • Компьютеризованные системы управления и автоматика • Системы аэронавигационного обслуживания
Дисциплина:	Теория автоматического управления
Курс, семестр, уч. год:	4, весенний, 2018/2019
Кафедра:	301 – СУЛА
Руководитель обучения:	Профессор, д.т.н. Кулик Анатолий Степанович

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ЛЕКЦИИ № 1

Виды учебных занятий в весеннем семестре: лекции – 38 часов,
 практические – 19 часов, лабораторные – 38 часов,
 домашнее задание – 85 часов, экзамен.

Учебные занятия проводят: профессор, д.т.н. Кулик Анатолий Степанович,
 доцент, к.т.н. Пасичник Сергей Николаевич,
 ассистент Басова Анна Евгеньевна,
 ассистент Сокол Дмитрий Вадимович,
 ассистент Харина Наталья Николаевна.

Темы лекций:

- Позиционирование.
- Использование принципа управления по задающему воздействию для решения задачи позиционирования.
- Пространство состояний.
- Анализ функциональных свойств ОАП.
- Использование принципа управления по возмущению для решения задачи позиционирования.
- Использование принципа управления по отклонению для решения задачи позиционирования.
- Общие сведения об устойчивости замкнутых САУ.
- Коррекция функциональных свойств системы.
- Элементарные динамические звенья.
- Корректирующие устройства.
- Метод корневого годографа.
- Типовые конфигурации преобразовательного элемента САП.
- Нелинейные системы автоматического позиционирования.
- Гармоническая линеаризация.
- Анализ нелинейных линеаризованных САП.
- Цифровые автоматические системы.
- Актуальные направления теории автоматического управления.

**Календарь практических занятий (ПЗ) и лабораторных работ (ЛР) по курсу «ТАУ»
в весеннем семестре 2018/2019 уч. г. для групп 330, 320ст**

<i>Тема учебного занятия</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
ПЗ №1. Контрольная работа (основные положения теории САС). Линеаризация статических характеристик ОАП (ОП+задачник).																			
ЛР №1. Принцип управления по задающему воздействию.																			
ПЗ №2. ОП – построение временных характеристик. Решение задач из задачника.																			
ЛР №2. Принцип управления по отклонению.																			
ПЗ №3. Контрольная точка по ДЗ. Постановка задачи, математическое описание САП.																			
ПЗ №4. ОП – оценка устойчивости САП. Решение задач из задачника.																			
ПЗ №5. Синтез последовательного корректирующего устройства в частотной области																			
ЛР №3 Экспериментальное исследование замкнутой САП с П, ПД ПЭ.																			
ПЗ №6. Синтез корректирующего устройства обратной связи в частотной области																			
ЛР №4. Экспериментальное исследование замкнутой САП с корректирующим устройством в обратной связи.																			
ПЗ №7. Построение областей устойчивости САП инвертированного маятника методом Д-разбиения.																			
ЛР №5. Экспериментальное исследование замкнутой САП инвертированного маятника.																			
ПЗ №8. Контрольная точка по ДЗ. Решение задач анализа нескорректированной САП.																			
ПЗ №9. Описание САП в пространстве состояний. Оценка управляемости и наблюдаемости ОАП.																			
ПЗ №10. Расчет области устойчивости нелинейной САП.																			
ЛР №6. Экспериментальное исследование нелинейной САП.																			
ПЗ №11. Контрольная точка по ДЗ. Синтез САП методом ЛАЧХ.																			
Сдача ДЗ. Подготовка к экзамену.																			

**Календарь практических занятий (ПЗ) и лабораторных работ (ЛР) по курсу «ТАУ»
в весеннем семестре 2018/2019 уч. г. для групп 331, 332, 321ст, 322ст, 331FRL**

<i>Тема учебного занятия</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
ПЗ №1. Контрольная работа (основные положения теории САС). Линеаризация статических характеристик ОАП (ОП+задачник).																			
ПЗ №2. Контрольная точка по ДЗ. Постановка задачи, математическое описание САП																			
ЛР №1. Принцип управления по задающему воздействию.																			
ПЗ №3. ОП – построение временных характеристик. Решение задач из задачника.																			
ЛР №2. Принцип управления по отклонению.																			
ПЗ №4. Синтез последовательного корректирующего устройства в частотной области																			
ЛР №3 Экспериментальное исследование замкнутой САП с П, ПД ПЭ.																			
ПЗ №5. ОП – оценка устойчивости САП. Решение задач из задачника.																			
ПЗ №6. Контрольная точка по ДЗ. Решение задач анализа нескорректированной САП.																			
ПЗ №7. Синтез корректирующего устройства обратной связи в частотной области																			
ЛР №4. Экспериментальное исследование замкнутой САП с корректирующим устройством в обратной связи.																			
ПЗ №8. Построение областей устойчивости САП инвертированного маятника методом Д-разбиения.																			
ЛР №5. Экспериментальное исследование замкнутой САП инвертированного маятника.																			
ПЗ №9. Описание САП в пространстве состояний. Оценка управляемости и наблюдаемости ОАП.																			
ПЗ №10. Контрольная точка по ДЗ. Синтез САП методом ЛАЧХ.																			
ПЗ №11. Расчет области устойчивости нелинейной САП.																			
ЛР №6. Экспериментальное исследование нелинейной САП.																			
Сдача ДЗ. Подготовка к экзамену.																			

Рекомендуемая литература:

1. Кулик А.С. Теория автоматического управления. Конспект лекций, практические, лабораторные и домашнее задание, словари, осенний семестр 2018/2019 учебный год.
2. Кулик А.С. Приложения теории линейных систем управления: Учеб. пособие. Харьков, ХАИ, 1984.
3. Кулик А.С. Расчёт и проектирование элементов и систем управления: Учеб. пособие. Харьков, ХАИ, 1989.
4. Симонов В.Ф. Метод пространства состояний в теории непрерывных линейных систем: Учеб. пособие. Харьков, ХАИ, 1983.
5. Картунов В.И., Дыбская И.Ю. Моделирование динамических систем в среде SIMULINK: Учеб. Пособие по курсовому и дипломному проектированию. Харьков, ХАИ, 1999.
6. Ивахненко А.Г. Техническая кибернетика. Системы автоматического управления с приспособлением характеристик. Государственное издательство технической литературы УССР. Киев, 1959.
7. Красовский А.А., Поспелов Г.С. Основы автоматики и технической кибернетики. Государственное энергетическое издательство. Москва. Ленинград, 1962.
8. Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления. Пер. с англ., Москва, Лаборатория Базовых Знаний, 2002.
9. Словарь терминов по системам управления летательных аппаратов (СУЛА) /Кулик А.С., Гордин А.Г., Картунов В.И., Симонов В.Ф., Соколов Ю.Н. – Х.: Гос. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2000.
10. Машиностроение. Энциклопедия. Автоматическое управление. Теория. Т. 1-4/Е.А. Федосов, А.А. Красовский, Е.П. Попов и др., 2000.
11. Збірник задач із систем автоматичного управління / О.Г. Гордін, К.Ю. Дергачов, В.Г. Джулгаков та ін.; під заг. ред. А.С. Куліка, В.Ф. Симонова. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2009. – 206с.

ТЕМА: ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ



Ученье – свет, а не ученье – тьма.

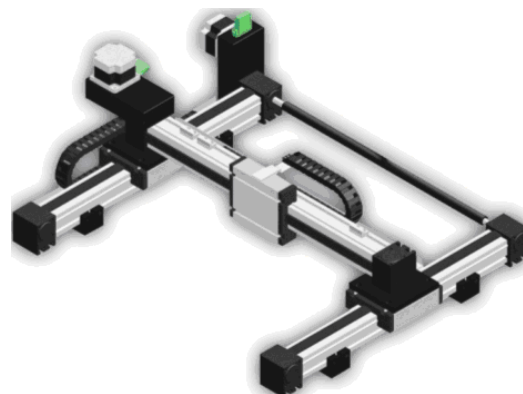
*Русская народная пословица
из сборника В.И. Даля*

I. ПРИМЕРЫ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ





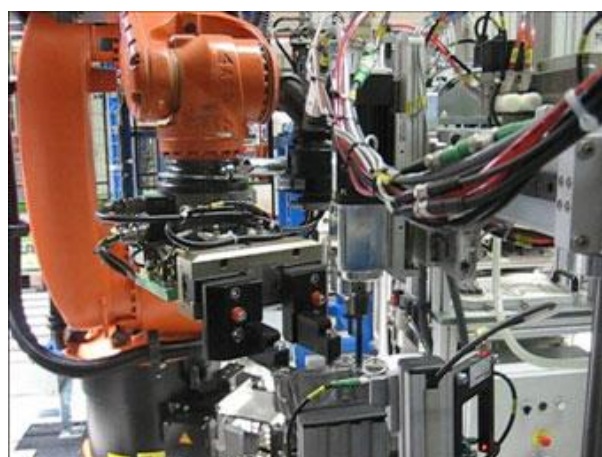
Позиционирование беспилотного летательного аппарата



Позиционирование каретки графопостроителя



Позиционирование режущего инструмента фрезерного станка с ЧПУ



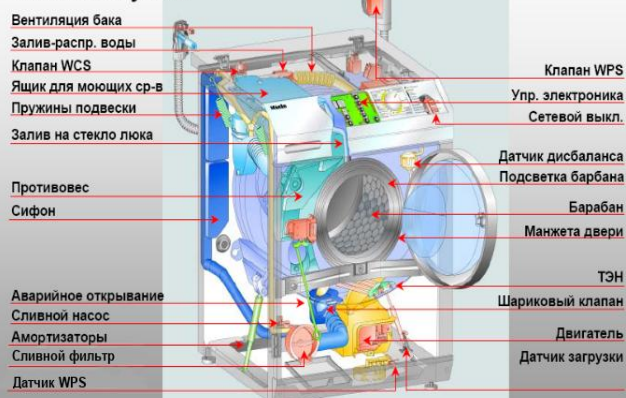
Позиционирование держателя сварочного автомата



Позиционирование зеркала телескопа

Стиральные машины

Основные узлы



Позиционирование режима работы стиральной машины

II. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Теория автоматического управления (ТАУ) содержит фундаментальные *комплексные* научные знания об *информационно-энергетических процессах*, происходящих в системах автоматического управления объектами и процессами различной физической природы.

Объектом изучения и исследования в этом семестре будут *системы автоматического позиционирования (САП)*.

Предметом изучения и исследования будут *методы анализа и синтеза САП*.



УПРАВЛЕНИЕ – последовательность действий целевого изменения состояния объекта управления.

УПРАВЛЕНИЕ:

{ ОБЪЕКТ – ? ЦЕЛЬ – ? ХАРАКТЕРИСТИКИ – ?
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ДЕЙСТВИЙ?

ЧТО ОБЩЕГО В СУТИ ПОНЯТИЙ: УПРАВЛЕНИЕ И АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ?

ЧТО РАЗЛИЧНОГО? ЧТО МЕШАЕТ РЕАЛИЗОВАТЬ ЦЕЛЬ?

У	• СТАБИЛИЗАЦИИ	<input type="checkbox"/> жизненного уровня	}
П		<input type="checkbox"/> инфляции	
Р		<input type="checkbox"/> среды обитания	
О		<input type="checkbox"/> качества продуктов питания	
Б		<input type="checkbox"/> технических процессов	
Л	• ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ (УПРАВЛЕНИЕ СОСТОЯНИЕМ)	<input type="checkbox"/> развития мировой экономики	}
Е		<input type="checkbox"/> развития содружества СНГ	
М		<input type="checkbox"/> летательного аппарата в пространстве	
Ы		<input type="checkbox"/> рабочего инструмента в станке	
Я		<input type="checkbox"/> считывающей головки дисководов	
	• СОВМЕСТИМОСТИ (СОГЛАСОВАНИЯ, СОПРЯЖЕНИЯ, КОММУНИКАбельНОСТИ)		
	• ИДЕНТИФИКАЦИИ (РАСПОЗНАВАНИЯ)		
	• АДАПТАЦИИ (ПРИСПОСОБЛЕНИЯ)		

Нормальный ход различных технологических, производственных и транспортных процессов может быть обеспечен лишь тогда, когда те или иные существенные для этих процессов физические величины изменяются заданным, требуемым - определенным образом.

- Примеры:
1. Угловое положение радиолокационной, спутниковой и аналогичных антенн.
 2. Скорость электропоезда.
 3. Положение стекла в двери автомобиля.
 4. ?
 5. ?



Задача позиционирования заключается в обеспечении ⁷ практического изменения управляемых величин в соответствии с изменяющимся задающим воздействием

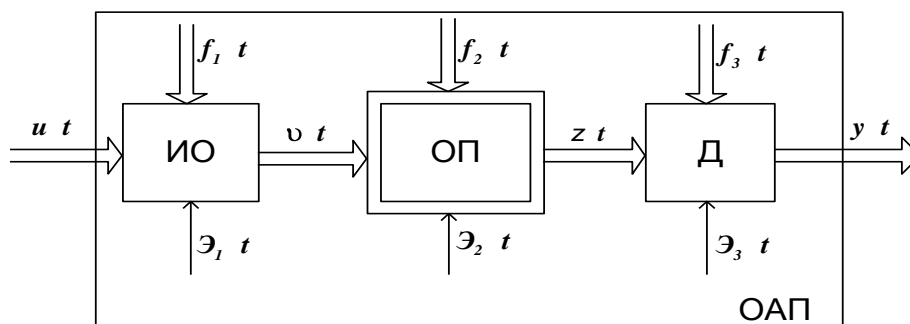
Укрупнённую любую САП можно представить состоящей из двух таких функционально-законченных подсистем: объекта автоматического позиционирования (ОАП) и устройства автоматического позиционирования (УАП), соединённых в соответствии с используемым принципом управления.



Под объектом автоматического позиционирования будем понимать подсистему, сформированную таким образом, что выполняется два условия:

- 1) сигнал управления позволяет целенаправленно изменять значения управляемых величин за конечное время;
- 2) целенаправленное изменение управляемых величин можно оценивать с помощью измерений в реальном масштабе времени.

Функциональная схема типового многомерного ОАП:

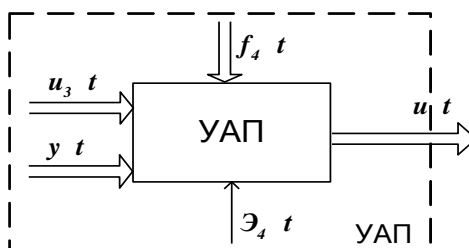
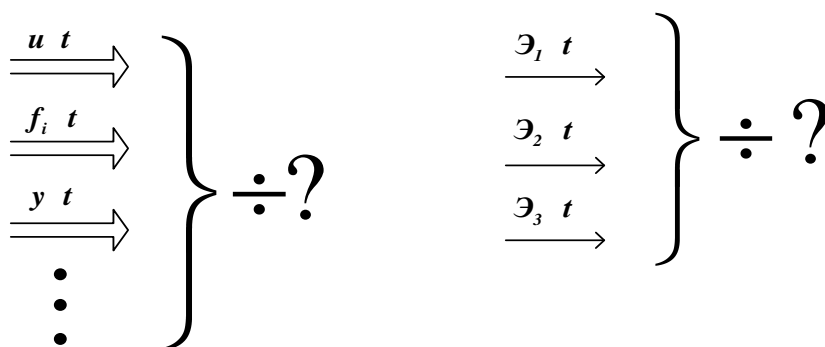


ИО – исполнительные органы; $u t$ – сигналы управления; $v t$ – управляющие воздействия;
 ОП – объект позиционирования; $f_i t, i = \overline{1,3}$ – возмущающие воздействия; $z t$ – физические (управляемые) величины;
 Д – датчики; $\mathcal{E}_i t, i = \overline{1,3}$ – подводимая энергия; $y t$ – результаты измерений.



Под устройством автоматического позиционирования будем понимать подсистему, сформированную таким образом, что выполняется два условия:

- 1) на вход устройства поступают сигналы задающих воздействий и сигналы измерений, преобразующиеся в выходной сигнал управления;
- 2) сигналы управления целенаправленно изменяют значения управляемых величин так, что выполняются заданные требования к качеству функционирования всей системы.



$u_3 t$ – задающие управляющие воздействия; $f_4 t$ – возмущающие воздействия;
 $y t$ – сигналы измерений с ОАП; $Э_4 t$ – подводимая энергия.
 $u t$ – сигналы управления;

Для систем различной физической природы в ТАУ разработан ряд подходов к решению задач стабилизации и позиционирования. Подходы базируются на использовании фундаментальных принципов автоматического управления:

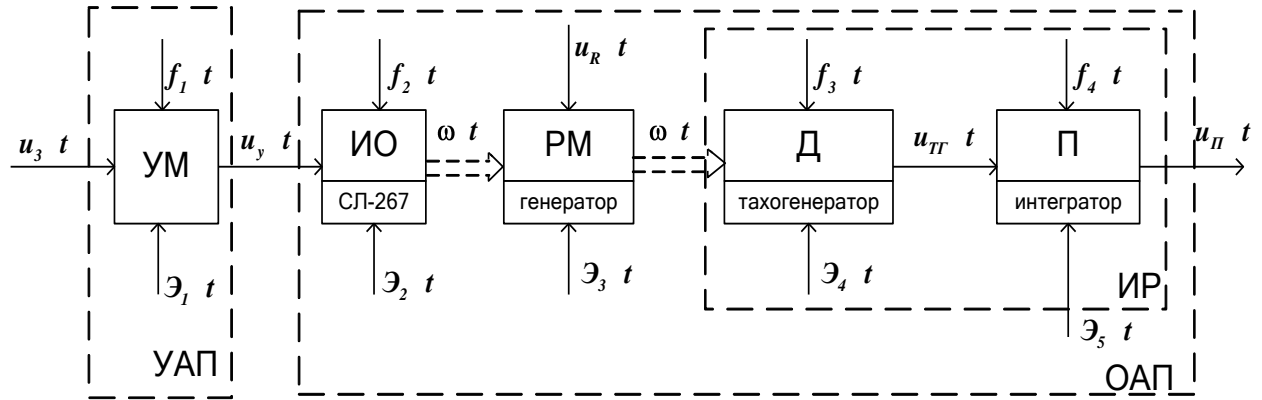
- по задающему воздействию;
- по возмущающему воздействию;
- по отклонению.



Принцип управления определяет способ формирования сигнала управления на ОАП

ТЕМА: ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИНЦИПА УПРАВЛЕНИЯ ПО ЗАДАЮЩЕМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ

Рассмотрим функциональную схему системы автоматического позиционирования с использованием принципа автоматического управления по задающему воздействию.

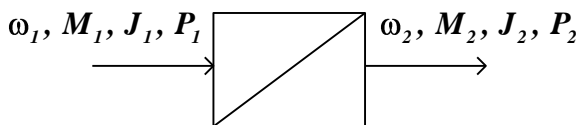


УМ – усилитель мощности;
ИО – исполнительный орган;
РМ – рабочий механизм;
Д – датчик;
П – преобразователь;
ИР – имитатор редуктора;

$u_3 t$ – задающее управляющее воздействие – задающий сигнал управления, В;
 $u_y t$ – напряжение усилителя мощности, В;
 ωt – угловая скорость, 1/с;
 $u_{TT} t$ – напряжение тахогенератора, В;
 $u_{\Pi} t$ – напряжение преобразователя, В;
 $u_R t$ – напряжение возмущающего воздействия, В.



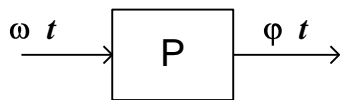
Редуктор – это зубчатая или гидравлическая передача, предназначенная для изменения угловых скоростей, вращающих моментов и моментов инерции.



ω_1, ω_2 – угловые скорости;
 M_1, M_2 – вращающие моменты;
 J_1, J_2 – моменты инерции;
 P_1, P_2 – мощности.

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2}; \quad i = \frac{M_1}{M_2} \eta; \quad \eta - \text{к.п.д.}$$

$$P_1 = \frac{P_2}{\eta}; \quad J_1 = \frac{J_2}{i^2 \eta}.$$



$$W_p s = \frac{\varphi s}{\omega s} = \frac{\kappa_p}{s}$$

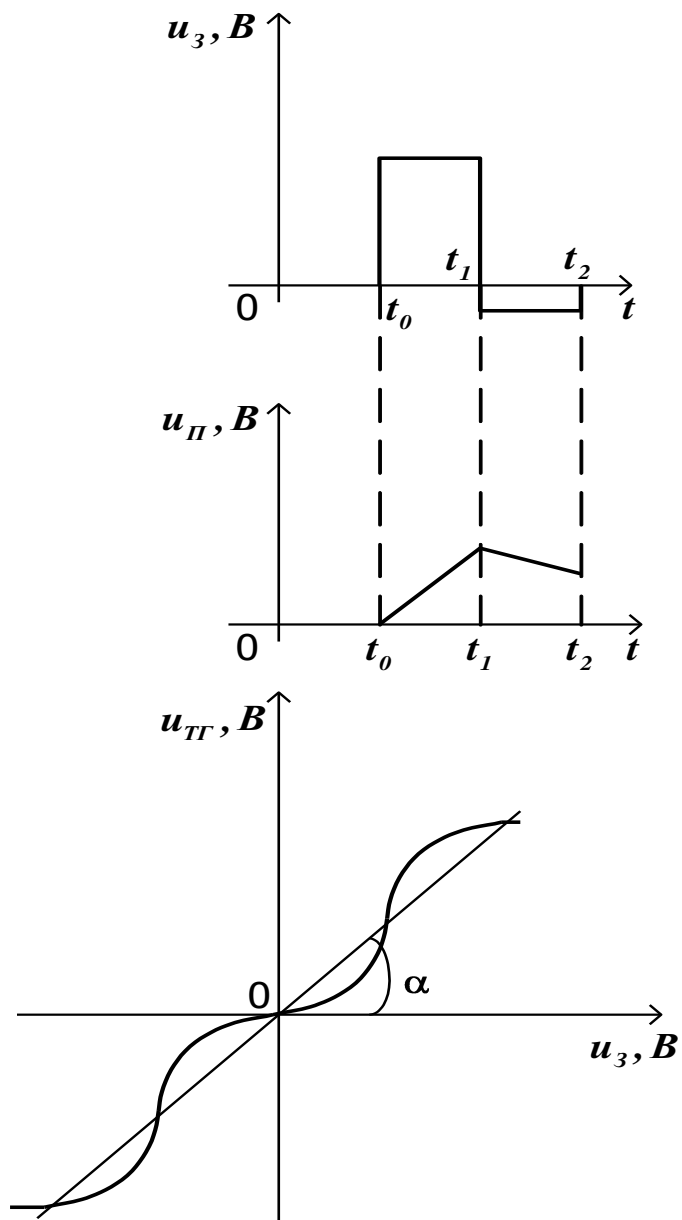
1. ИР: $\kappa_p = \kappa_{ТГ} \cdot \kappa_{П};$

$\kappa_p > 1$ – повышающий;

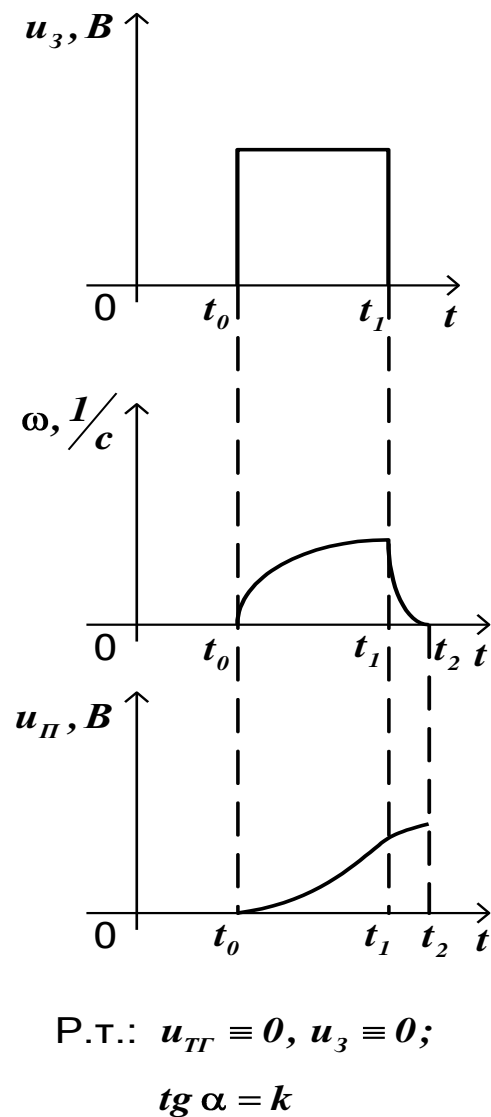
$\kappa_p < 1$ – понижающий.

ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССОВ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ

ИДЕАЛЬНЫХ



РЕАЛЬНЫХ



ПОВТОРЕНИЕ – МАТЬ УЧЕНИЯ