

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
"Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого"
Министерства здравоохранения Российской Федерации*

Кафедра медицинской кибернетики и информатики

Дисциплина:

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КИБЕРНЕТИКИ

Лекция 1

Основные положения кибернетики

Структурный схемы

Теория графов

Шадрин Константин Викторович

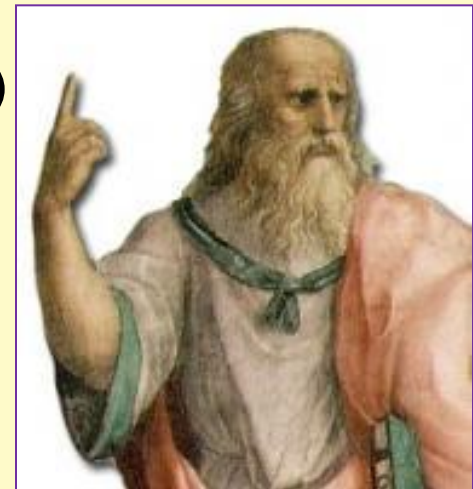
Кибернети

ка

▣ *Кибернетика* – наука об управлении, изучающая общие закономерности строения сложных систем управления и протекания в них процессов.

Слово кибернетика происходит от греческого слова «кибернетес», что в первоначальном варианте означало «рулевой», «кормчий».

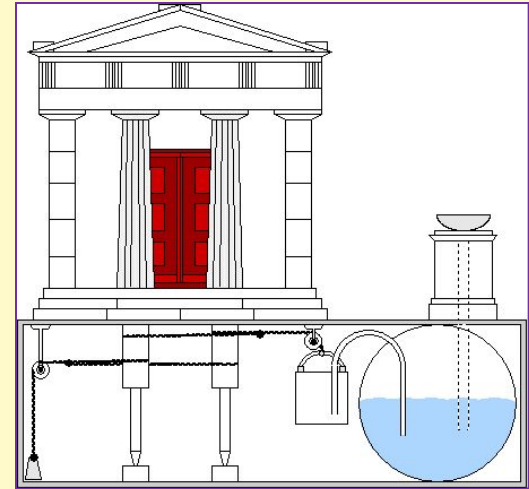
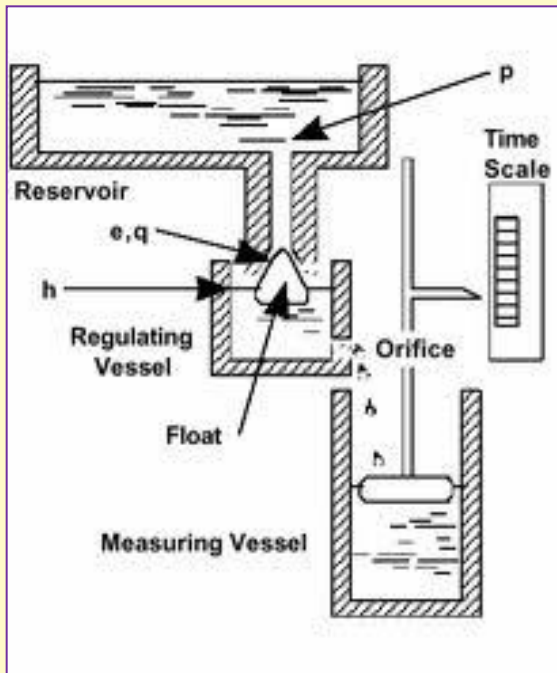
Слово «кибернетес» применял древнегреческий философ Платон, называя им искусство управлять кораблем, колесницей или людьми.



Платон (427—347 до н. э.)

Примеры регулируемых систем

Регулятор в водяных часах
Ктесибюса



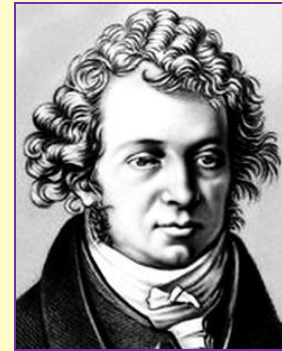
Магическое открывание
дверей Герона
Александрийского



Центробежный
регулятор
Дж. Уатта (1765)

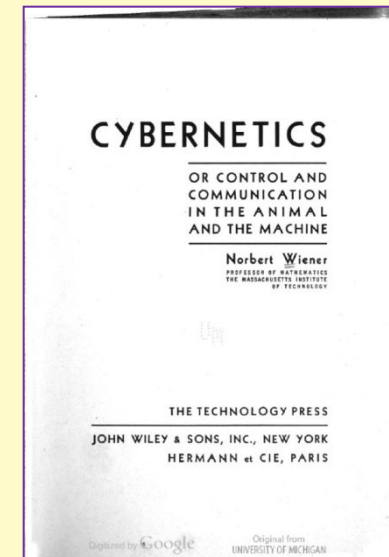
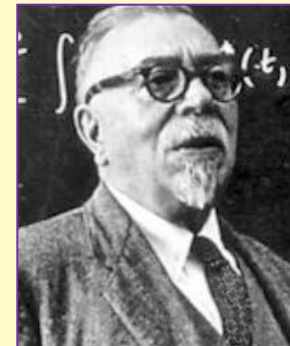
Кибернети

1834 г. – французский физик А.М. Ам^{ка} выпустил книгу «Опыт о философии наук или аналитическое изложение естественной классификации всех человеческих знаний».



В данной книге **КИБЕРНЕТИКА** – наука о текущем управлении государством в свете решения задачи о мире и процветании.

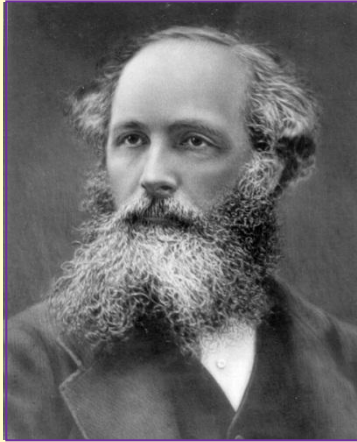
1948 г. – появление кибернетики. Норберт Винер опубликовал книгу «Кибернетика или управление и связь в животном и машине».



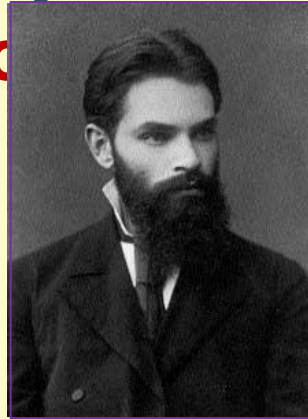
Винер обобщил закономерности, относящиеся к системам управления различной природы – биологическим, техническим, социальным.

Математические основы теории управления

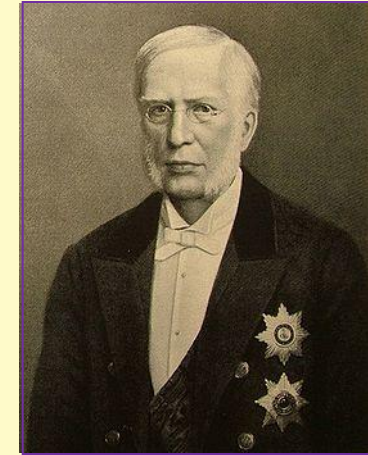
Устойчивость



Дж. Максвелл
(1831-1879)



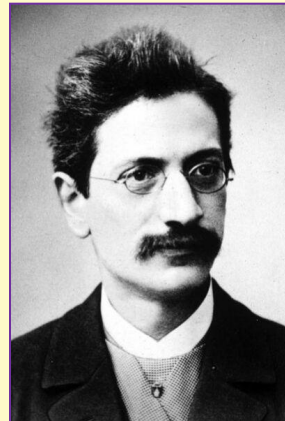
А.М. Ляпунов
(1857—1918)



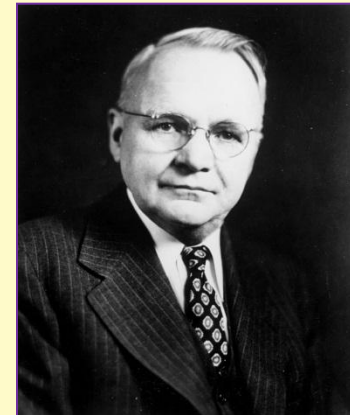
И.А. Вышнеградский
(1832-1895)



А. Стодола
(1859—1942)

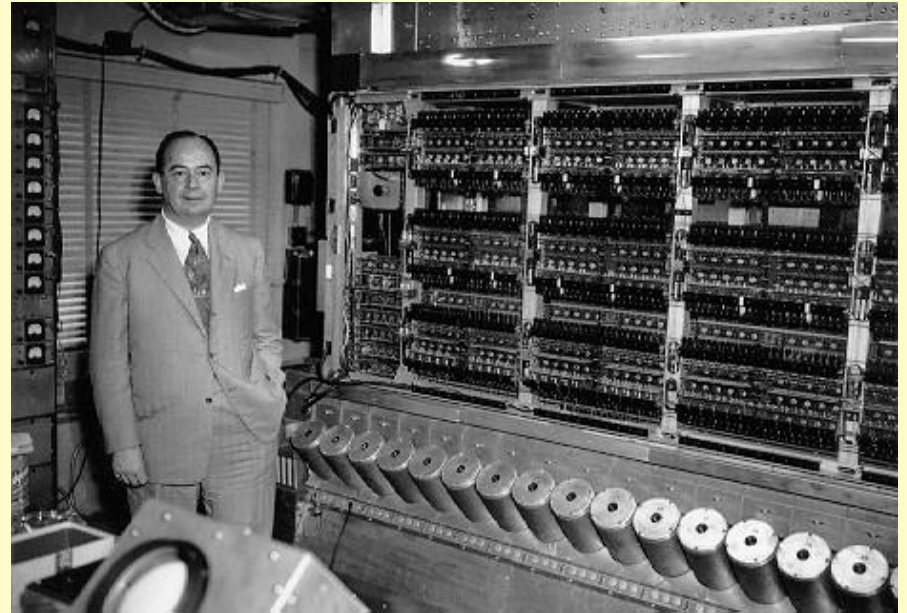


А. Гурвиц
(1895 – 1919)



Г. Найквист
(1889 – 1976)

Математические основы теории управления



Дж. фон Нейман
(1903-1957)

В середине 40-х разработал первую цифровую машину США.

Фон Нейман является создателем теории игр и теории самовоспроизведения.

Математические основы теории управления

Кибернетика



А.И. Берг



В.А. Котельников



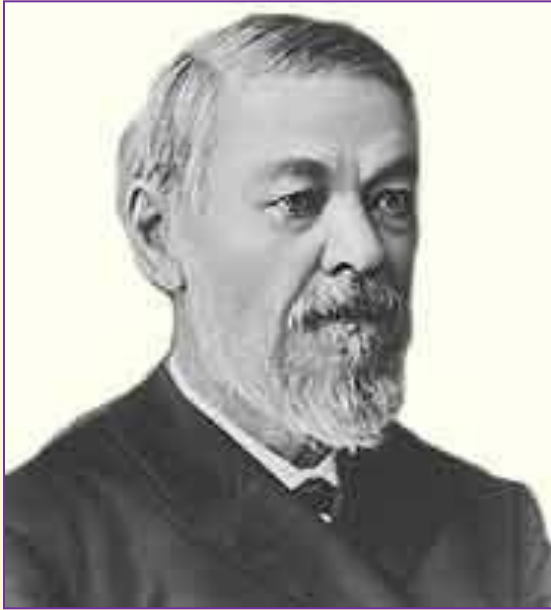
В.М. Глушков



С.А. Лебедев 7

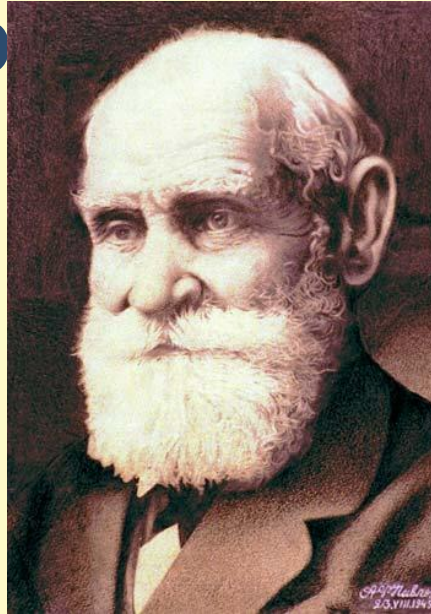
Процессы управления в живых

ор



И.М. Сеченов
(1829-1905)

- *Основы рефлекторной теории*
- *Машинность мозга*



И.П. Павлов
(1849-1936)

Ввел в физиологию высшей нервной деятельности принцип афферентации (аналог принципа обратной связи)



П.К. Анохин
(1898-1974)

Работы по теории функциональных систем с обратной афферентацией (регуляция температуры тела)

Процессы управления в живых организмах



Н.М. Амосов
(1913-2002)

Описал четыре типа регулирующих систем организма:

1. *Химическая неспецифическая*
2. *Эндокринная (гормональная)*
3. *Вегетативная нервная система*
4. *Головной мозг и ЦНС.*



У.Р. Эшби
(1903—1972)

Концепция

Человек = Машина

Кибернетика и предмет кибернетики

□ *Кибернетика* – наука об управлении и связи в животном и машине.

Н. Винер

□ *Кибернетика* - наука об общих законах получения, хранения, передачи и преобразования информации в сложных управляющих системах.

В.М. Глушков

Предметом кибернетики является **сложность и организация** материальных систем и изменение сложности и организации в результате развития систем и их взаимодействия с окружающей средой.

Ю.Г. Антомонов

Кибернетика в системе наук



Биокибернети

ка

□ *Биологическая кибернетика* – направление кибернетики, изучающее общие законы хранения, переработки и передачи информации в биологических системах.

Н.М. Амосов

Предмет биологической кибернетики составляют **структурная и функциональная сложность** и **организация биосистем** и изменение сложности и организации при взаимодействии с окружающей средой в онто- и филогенезе.

Ю.Г. Антомонов

Научные направления биокибернетики

Биокибернетика

Физиологическая

Нейрокибернетика

Клиническая

Психологическая

Научные направления биокибернетики

□ *Физиологическая кибернетика* – направление кибернетики, изучающее сложность структурной и функциональной организации элементов, органов и систем организма.

Основная проблема
физиологической кибернетики:

Получение достоверных данных,
характеризующих нормальное
состояние организма

Научные направления биокибернетики

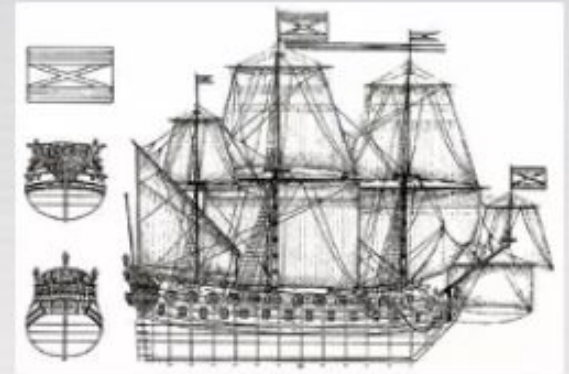
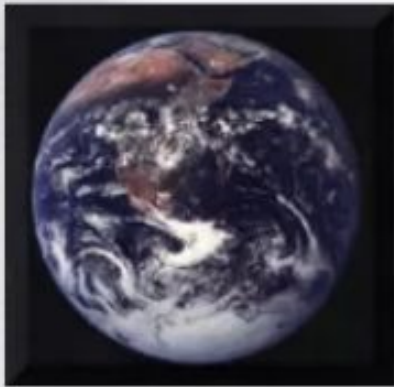
□ *Медицинская кибернетика* – направление кибернетики, изучающее сложность структурной и функциональной организации элементов, органов и систем организма при патологии.

Основная проблема медицинской кибернетики:

Получение достоверных данных, характеризующих патологию

Моделирование – метод кибернетики

□ *Модель* – это материальный (искусственный или естественный), идеальный (мысленный, абстрактный) или знаковый (семиотический) объект, отображающий ту или иную совокупность свойств объекта-оригинала в виде множества элементов и отношений между ними.



Цепочка получения истинного знания

Эксперимен
т

Путь *изучения биосистем* и построения теории их работы прямо связан с построением и *исследованием математических моделей* исследуемых биосистем.

Теория

Свойства живых систем

1. Открытость, т.е. использование обмена (энергией, пищей) для компенсации собственных энергетических затрат и исправления повреждений в своей организационной структуре.
2. Уровень сложности, превышающий некоторый минимум.
3. Динамичность.
4. Временная неоднородность.
5. Содержание протоплазмы, состоящей из белков и других специфических органических компонентов.
6. Наличие управляющей системы, которая контролирует и организует взаимодействие подсистем.
7. Генетический материал, состоящий из ДНК.
8. Возможность существования только в определенных условиях окружающей среды.
9. Иерархичность.
10. Структурно-функциональная организованность и стохастичность.

Задачи управления

Способы построения систем управления

Процесс управления и его

представление

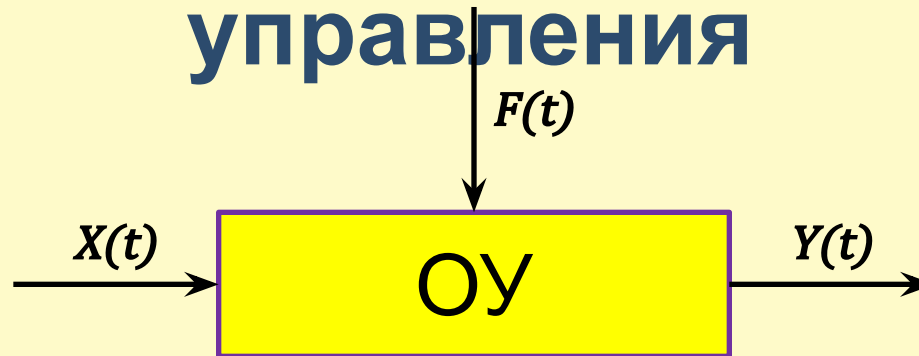
□ *Управление* – любое действие, вносящее желаемое изменение в процесс функционирования объекта управления и основанное на использовании начальной (предварительно заданной) или рабочей (полученной в ходе работы) информации.

□ *Регулирование* – частный случай управления, при котором желаемое течение процесса обеспечивается путем стабилизации одной или нескольких физических величин относительно заданных значений этих величин.

Для визуального представления системы управления удобно использовать структурные схемы.

□ *Структурная схема* — это совокупность элементарных звеньев объекта и связей между ними, один из видов графической модели.
Под элементарным звеном понимают часть объекта, системы управления и т. д., которая реализует элементарную функцию.

Структура объекта управления



$X(t)$ – входные величины или величины (воздействия), задающие режим работы объекта управления (ОУ);

t – время;

$Y(t)$ – выходные величины, реализующие цель работы системы;.

$F(t)$ – возмущающие воздействия на объект со стороны внешней среды.

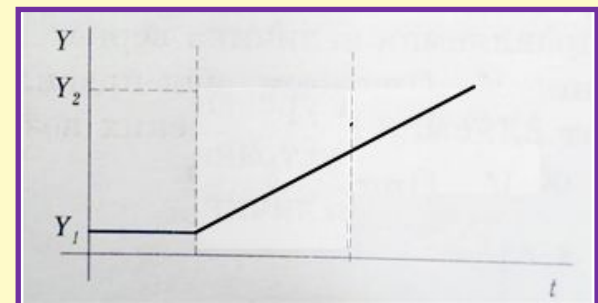
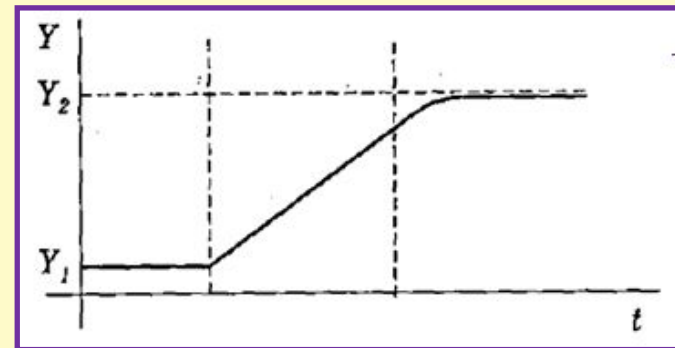
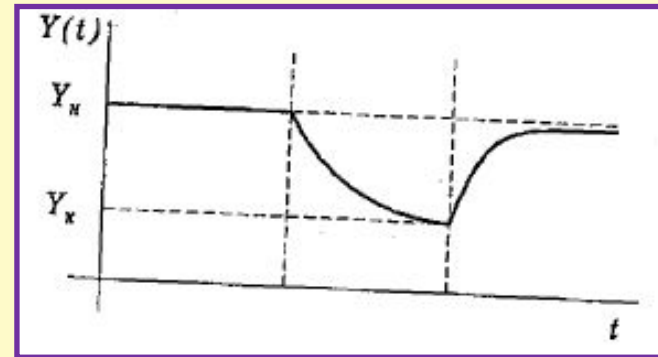
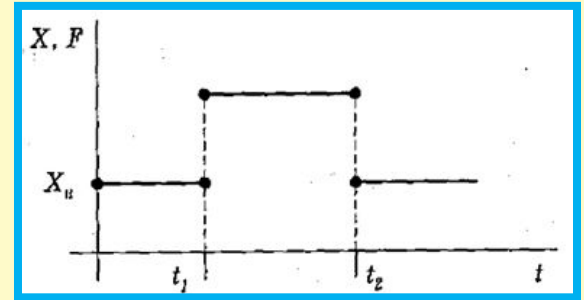
Процесс управления направлен на формирование требуемого закона изменения выходной величины во времени в соответствии с назначением объекта.

Виды объектов управления

Пустойчивые объекты – объекты, обладающие свойством возвращаться к своему прежнему состоянию после устранения причин, вызывающих это изменение. (Боль, причиненная внешним воздействием проходит, если исчезает источник боли.)

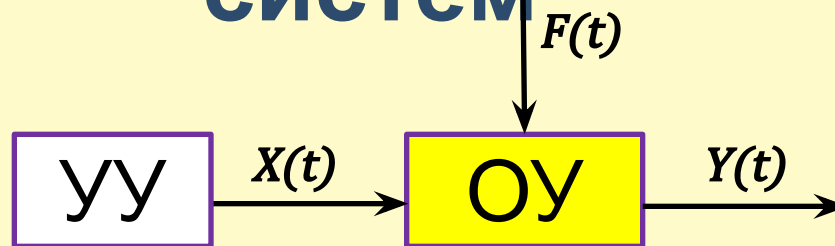
Нейтральные объекты – объекты, которые после возмущающего воздействия выходят из прежнего устойчивого состояния и переходят в новое устойчивое состояние. (Поведение человека в шоковом или гипнотическом состоянии, когда он подчиняется внешним командам.)

Неустойчивые объекты – объекты, в которых изменения их выходных величин при устранении скачков возмущающих воздействий не остаются конечными, а неограниченно возрастают.



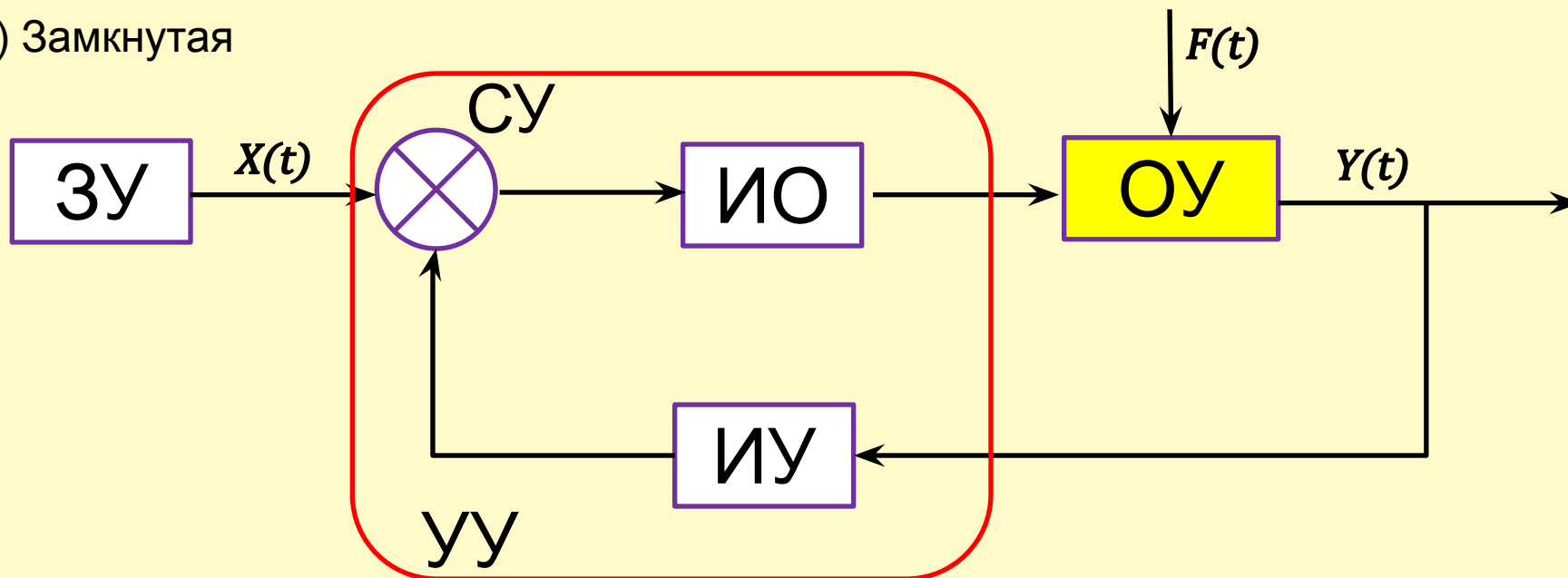
Структура управляющих систем

А) Разомкнутая



УУ - устройство управления

Б) Замкнутая



ЗУ - задающее устройство

ИУ - измерительное устройство

СУ - сравнивающее устройство

ИО - исполнительный орган

Принципы автоматического управления

1. Принцип управления по заданию.

2. Принцип управления по возмущению (системы автоматической коррекции).

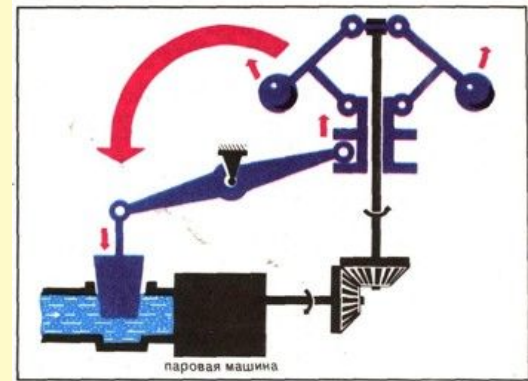
3. Управление по отклонению или ошибке.

Обратная связь и ее

▢ Обратная связь — это процесс, приводящий к тому, что результат функционирования какой-либо системы влияет на параметры, от которых зависит функционирование этой системы.

Отрицательная обратная связь:

Обеспечивает подачу на управляемый объект со стороны управляющего устройства команд, направленных на ликвидацию рассогласований действий системы с заданной программой.



Положительная обратная связь:

Ведет не к устранению, а к усилению рассогласования.



Передаточная функция

□ *Передаточная функция системы* – отношение выходной величины ко входной, представленных в операторной форме или в функции комплексного переменного. Описывает динамические свойства звена или системы.

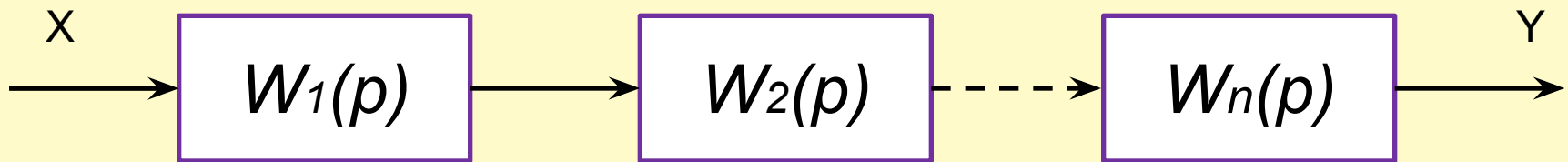


$W(p)$ – передаточная функция системы, зависящая исключительно от параметров элемента и определяющая связь между изображениями выходной и входной величин

$$W(p) = \frac{Y(p)}{X(p)}$$

Алгебра передаточных функций

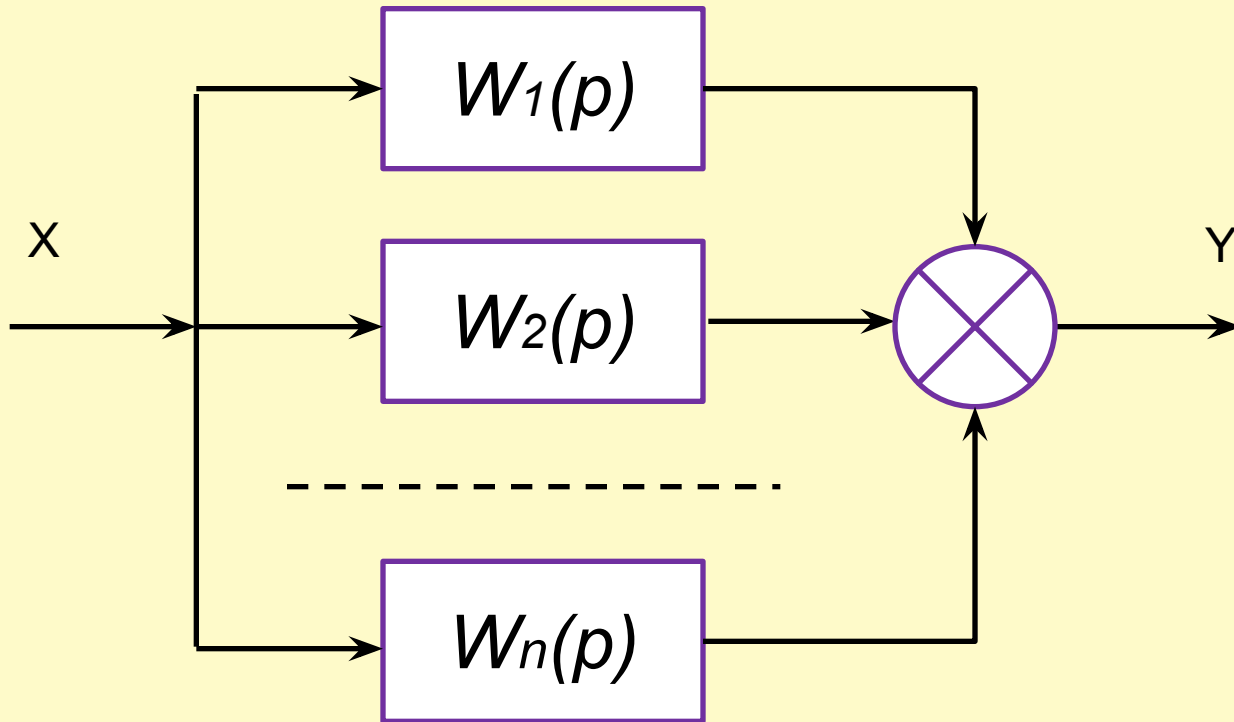
Последовательное соединение



$$W(p) = \prod_{i=1}^n W_i(p)$$

Алгебра передаточных функций

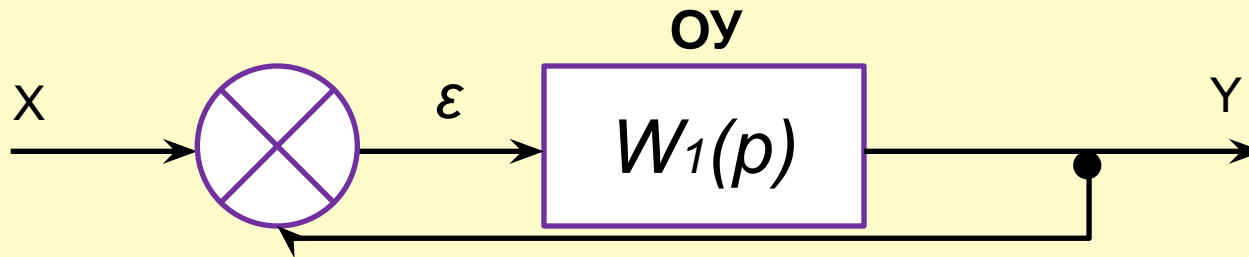
Параллельное соединение



$$W(p) = \sum_{i=1}^n W_i(p)$$

Алгебра передаточных

С обратной связью без преобразования
выходного сигнала

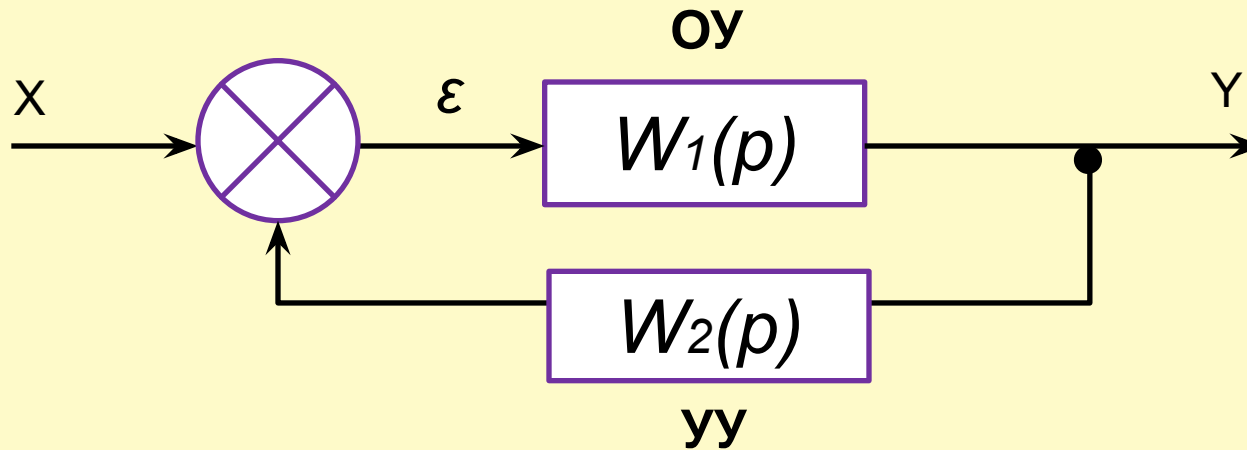


$$W_{OY}(p) = \frac{y(p)}{\varepsilon(p)} \quad \varepsilon(p) = x(p) - y(p)$$

$$W(p) = \frac{W_1(p)}{1 + W_1(p)}$$

Алгебра передаточных

Встречно-параллельное соединение функций

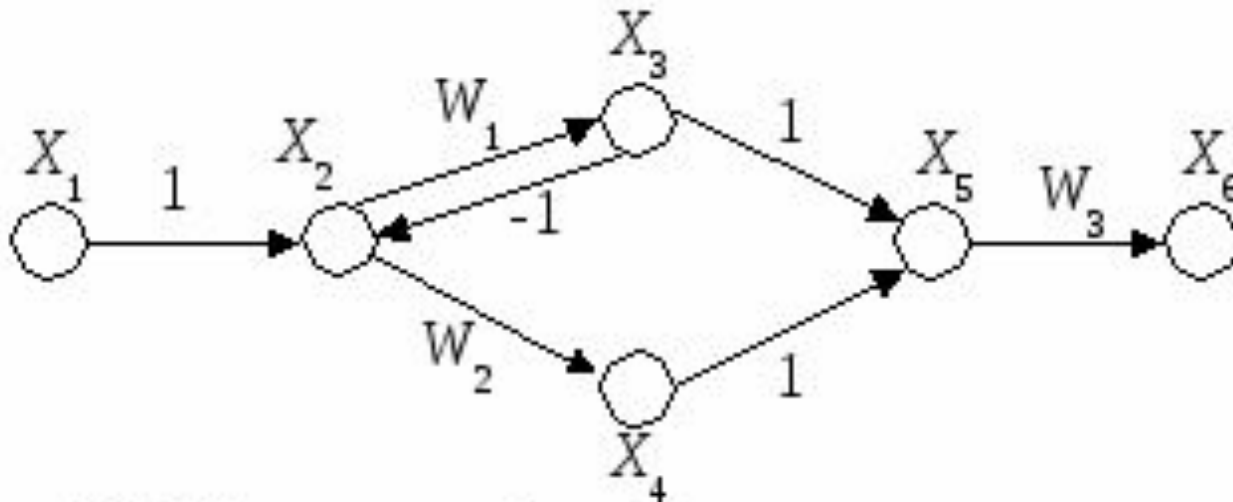


$$W(p) = \frac{W_1(p)}{1 + W_1(p) \cdot W_2(p)}$$

Модели в виде сигнальных графов

□ Сигнальный граф – диаграмма, состоящая из узлов, соединенных между собой отдельными направленными ветвями.

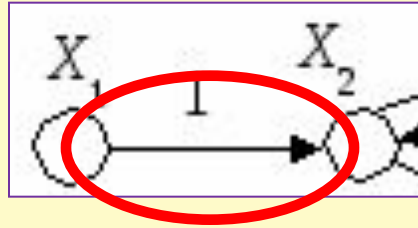
Графы являются графическим средством описания линейных соотношений между переменными



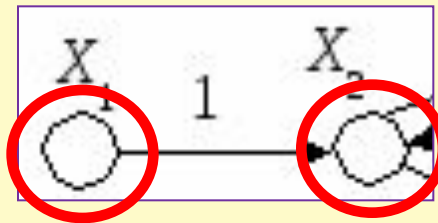
Сигнальные графы особенно важны для систем управления с обратной связью

Модели в виде сигнальных графов

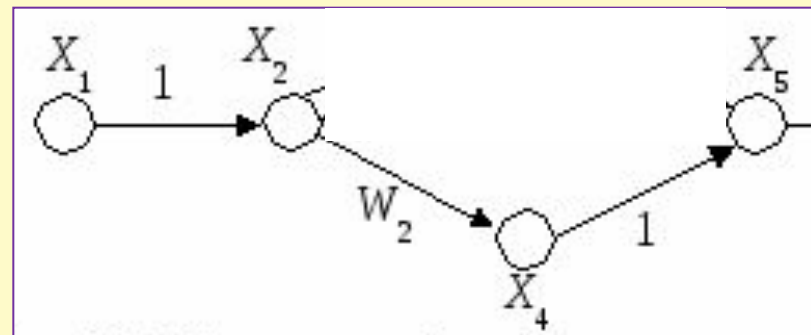
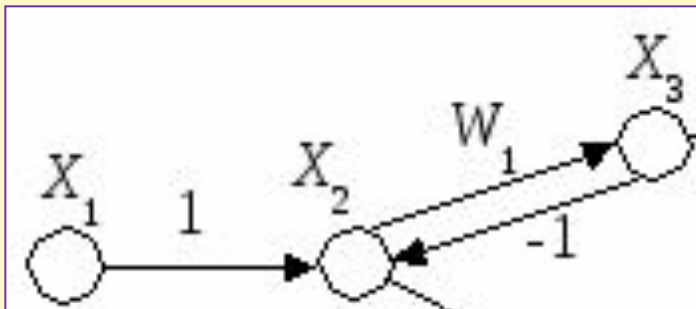
□ *Ветвь* – однонаправленный отрезок между входной и выходной переменными (аналог звена в структурной схеме).



□ *Узлы* – точки входа и выхода. Сумма всех сигналов, входящих в узел образуют соответствующую этому узлу переменную.

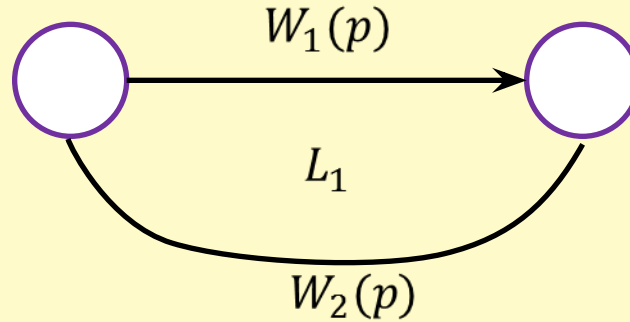


□ *Путь* – ветвь или последовательность ветвей, которые могут быть проведены от одного узла к другому.



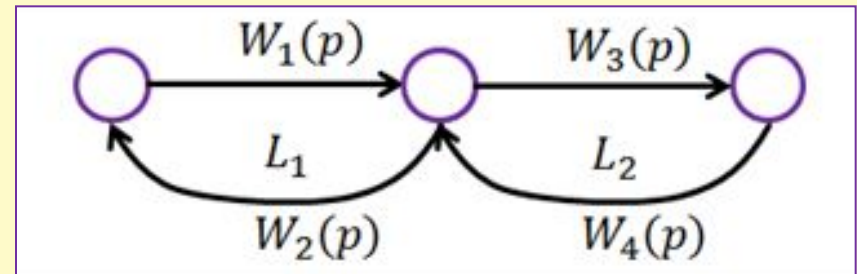
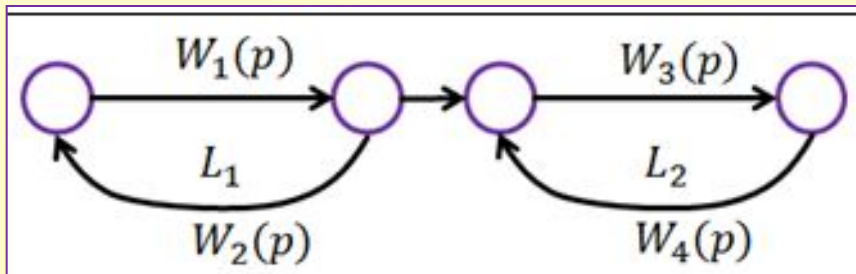
Модели в виде сигнальных графов

□ *Контур* – замкнутый путь, который начинается и заканчивается в одном и том же узле, причем вдоль этого пути ни один другой узел не встречается дважды.



□ *Некасающимися* называются такие контуры, которые не имеют общего узла.

□ *Касающиеся* контуры имеют один или более общих узлов.



Сигнальный граф с параллельными путями

Вычислить величины путей и контуров в сигнальном графе.

Пример

Пути:

$$P_1 = G_1 G_2 G_3 G_4$$

$$P_2 = G_5 G_6 G_7 G_8$$

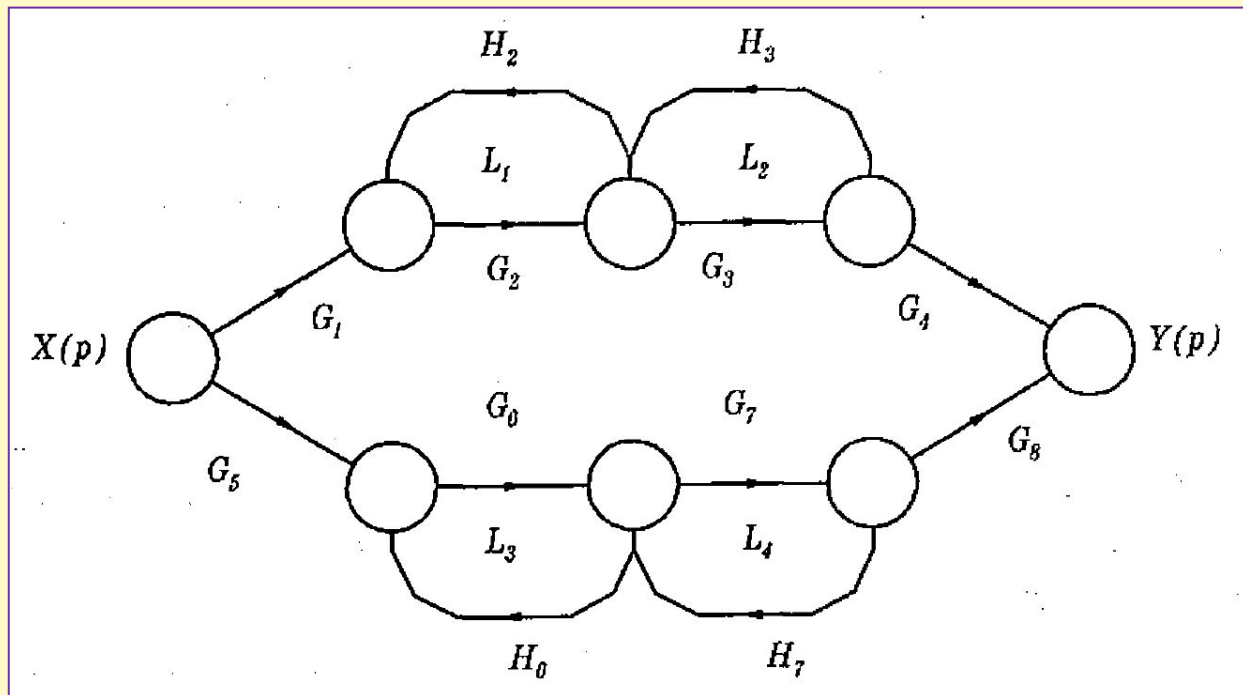
Контур:

$$L_1 = G_2 H_2$$

$$L_2 = G_3 H_3$$

$$L_3 = G_6 H_6$$

$$L_4 = G_7 H_7$$



Литература

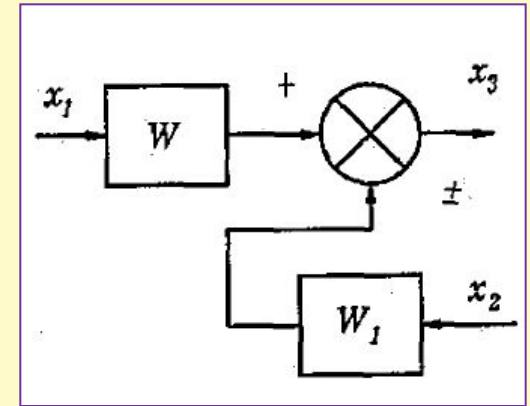
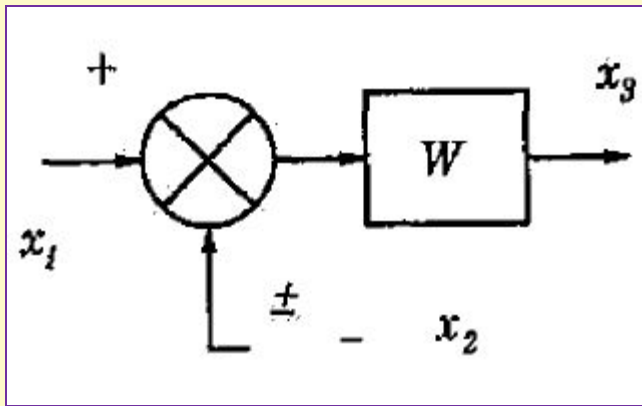
ра

1. Березин, С. Я. Основы кибернетики и управление в биологических и медицинских системах: учеб. пособие / С. Я. Березин. - Старый Оскол: ТНТ, 2013. - 243 с.
2. Антомонов, Ю. Г. Моделирование биологических систем [Электронный ресурс] : справочник / Ю. Г. Антомонов. - Киев: Наукова думка, 1977. - 260 с.
3. Ершов Ю.Б. Основы анализа биотехнических систем. Теоретические основы БТС: учебное пособие. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011.

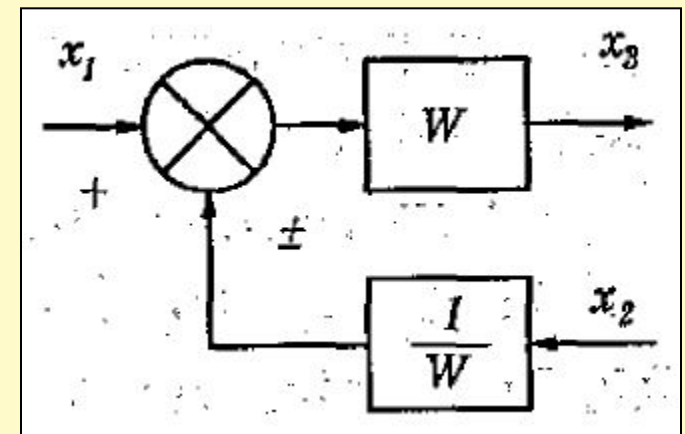
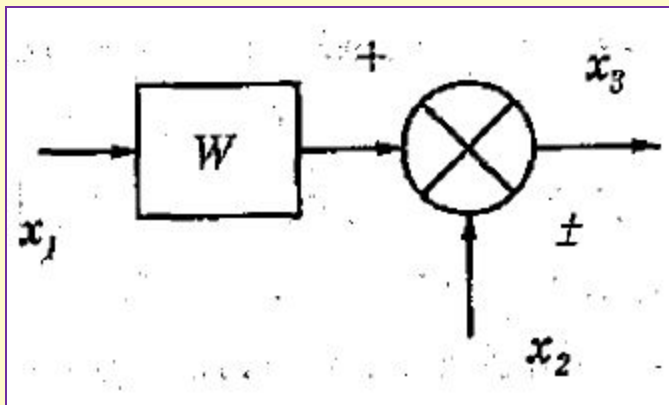
Алгебра передаточных функций

Правила преобразования структурных схем

Перенос сумматора через блок с передаточной функцией по ходу сигнала



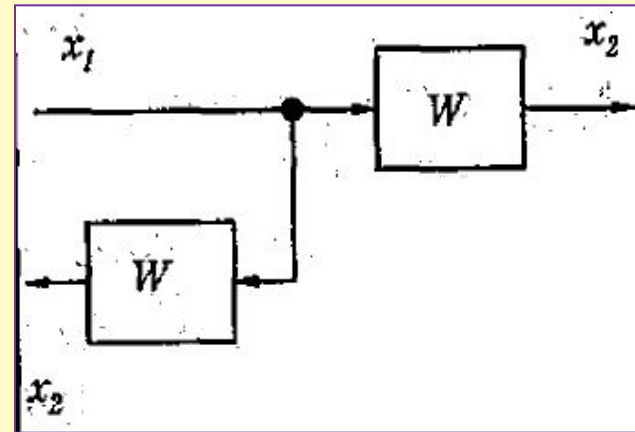
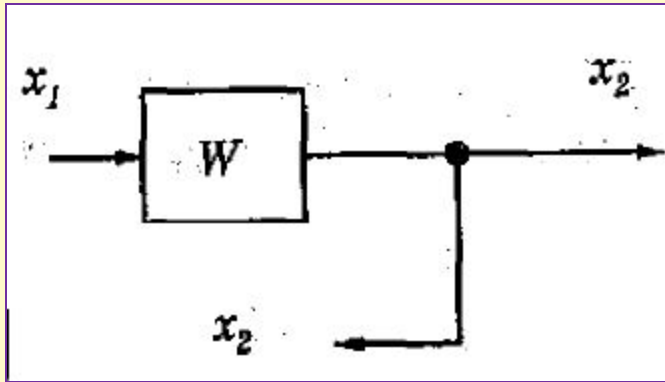
Перенос сумматора через блок с передаточной функцией против движения



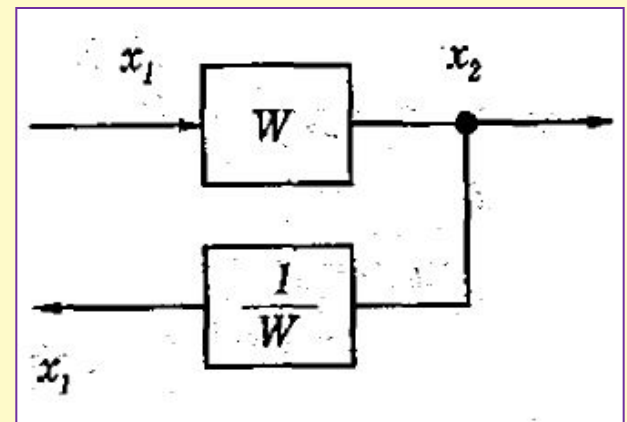
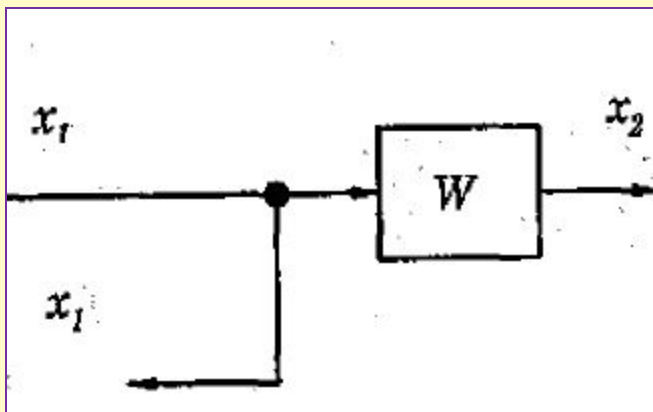
Алгебра передаточных функций

Правила преобразования структурных схем

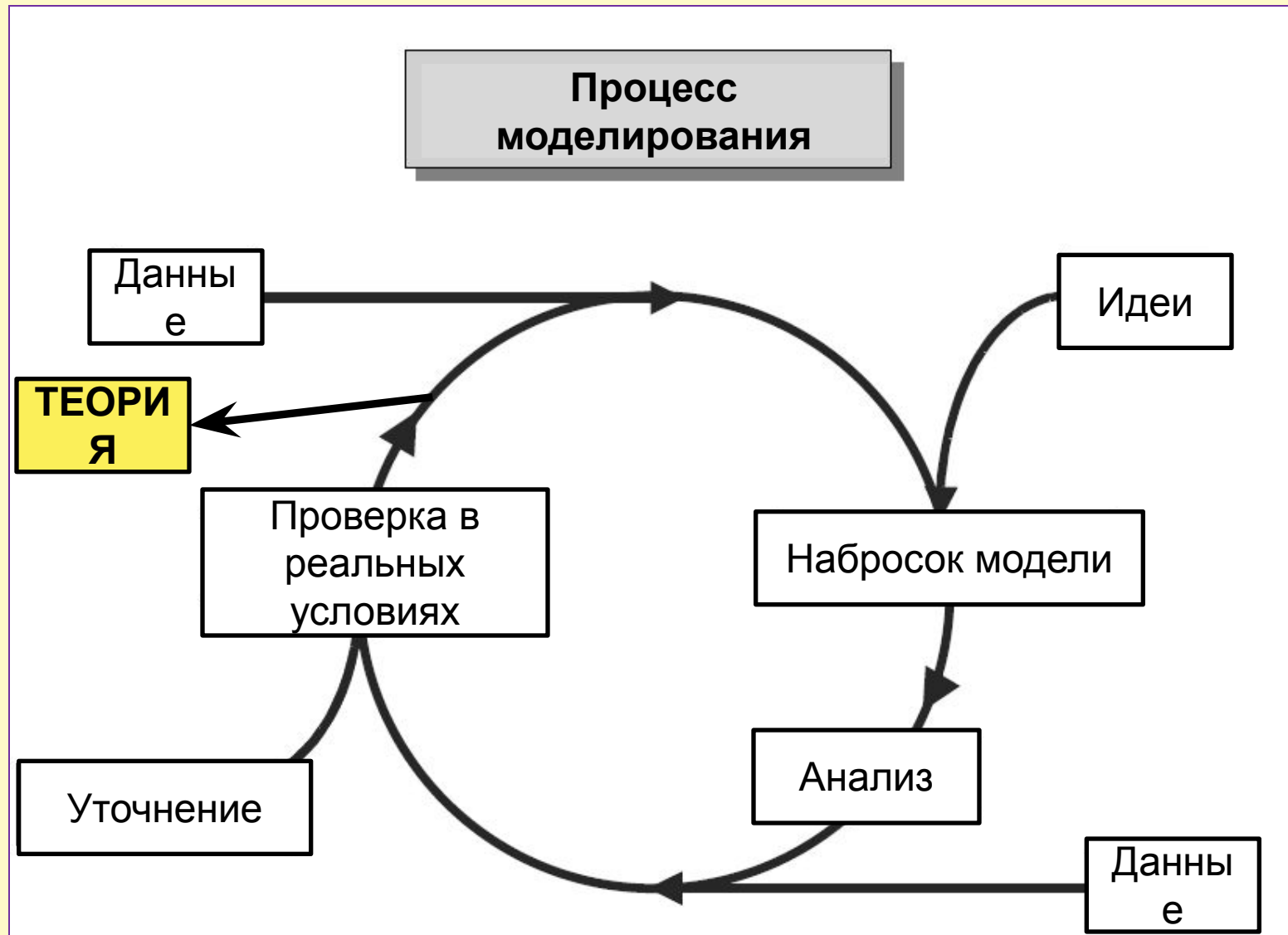
Перенос узла через блок с передаточной функцией против движения сигнала



Перенос узла через блок с передаточной функцией по ходу сигнала



Моделирование – метод кибернетики



Принципы автоматического управления

2. Принцип управления по возмущению

Достоинства систем управления по возмущению:

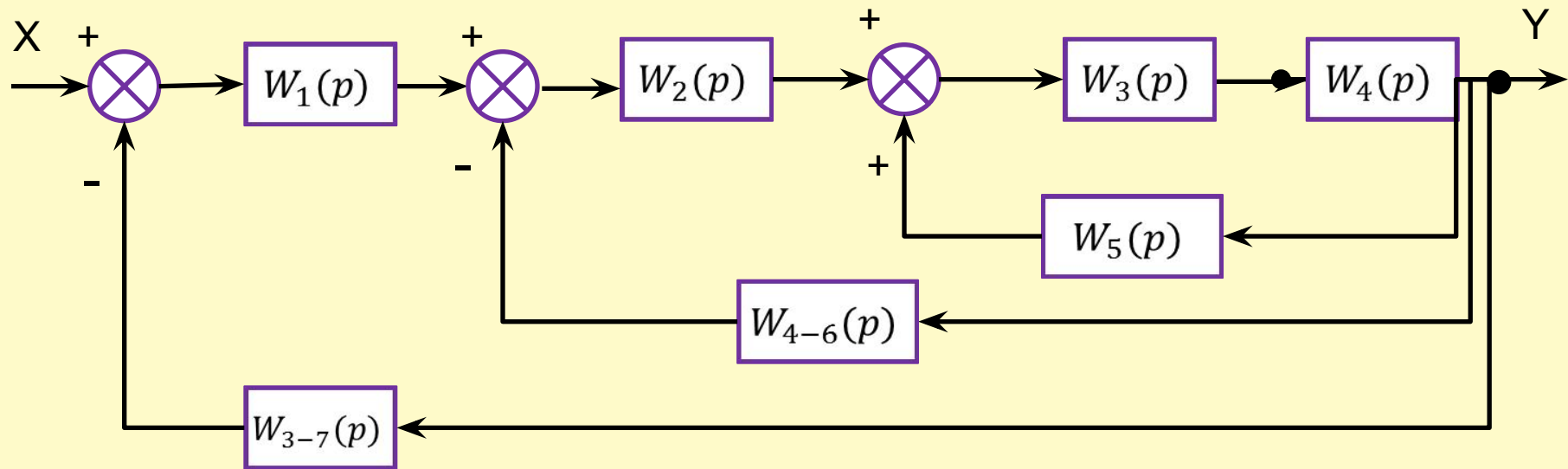
1. В системах управления по возмущению можно добиться полной компенсации влияния возмущающего воздействия на выходную величину в установившемся режиме работы.
2. Эти системы должны быстро реагировать на меняющееся возмущающее воздействие, так как изменение сигнала на выходе происходит одновременно с изменением возмущающего воздействия.

Недостатки систем управления по возмущению:

1. В системах управления на объект действует несколько возмущающих воздействий.
2. Трудность измерения возмущающих воздействий.

Алгебра передаточных функций

Пример преобразования многоконтурной системы



$$W_{3-5}(p) = \frac{W_3(p) \cdot W_4(p)}{1 - W_3(p) \cdot W_4(p) \cdot W_5(p)}$$

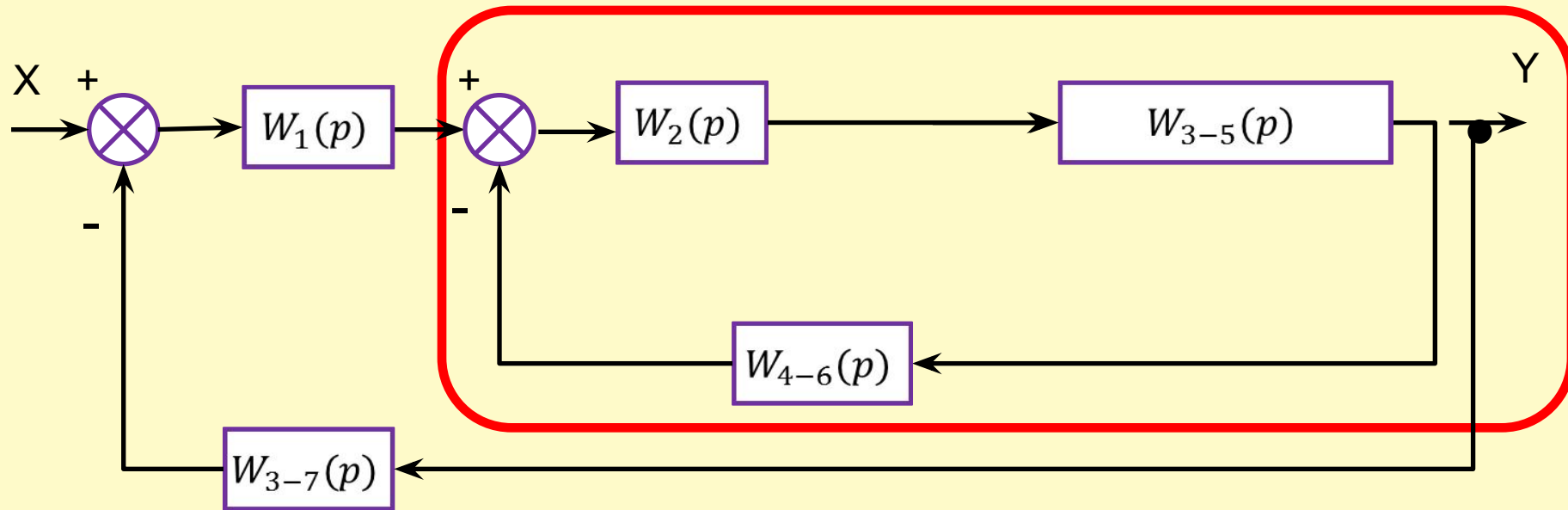
$$W_{4-6}(p) = \frac{W_6(p)}{W_4(p)}$$

3. Обобщение передаточной функции для контура

$$[W_3(p) \rightarrow W_4(p) \rightarrow W_5(p)]$$

Алгебра передаточных функций

Пример преобразования многоконтурной системы



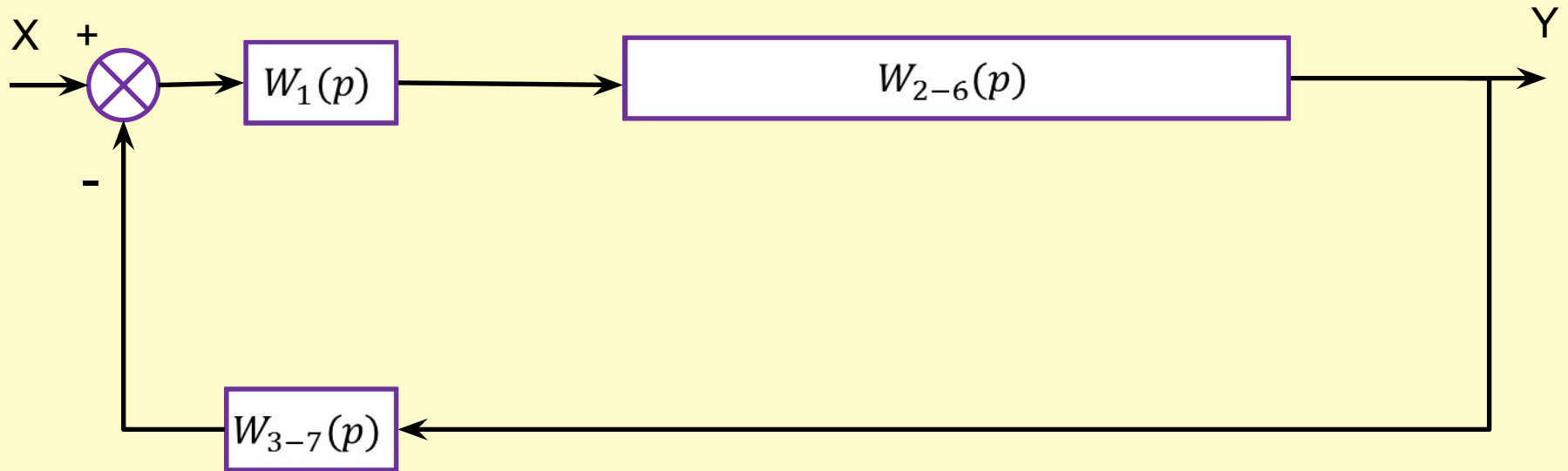
$$W_{3-7}(p) = \frac{W_7(p)}{W_3(p)W_4(p)}$$

4. Обобщение передаточной функции для контура

$$[W_2(p) \rightarrow W_{3-5}(p) \rightarrow W_{4-6}(p)]$$

Алгебра передаточных функций

Пример преобразования многоконтурной системы



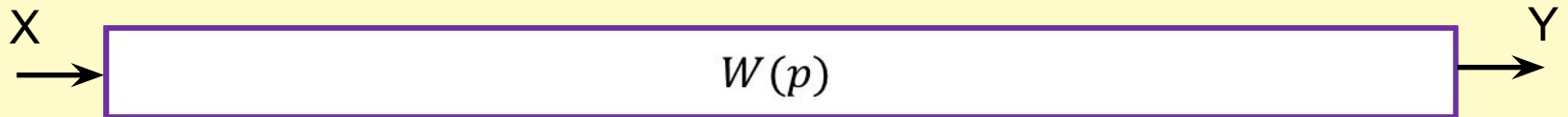
$$W_{2-6}(p) = \frac{W_2(p) \cdot W_3(p) \cdot W_4(p)}{1 - W_3(p) \cdot W_4(p) \cdot W_5(p) + W_2(p) \cdot W_3(p) \cdot W_6(p)}$$

5. Обобщение передаточной функции для контура

$$[W_1(p) \rightarrow W_{2-6}(p) \rightarrow W_{3-7}(p)]$$

Алгебра передаточных функций

Пример преобразования многоконтурной системы



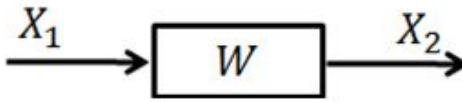
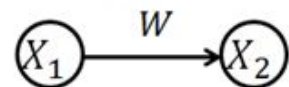
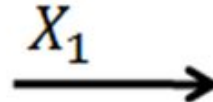

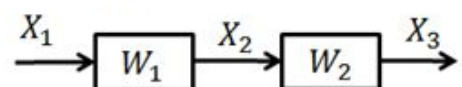
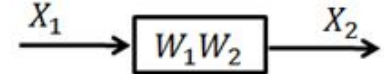
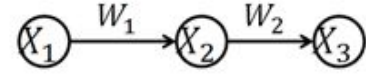
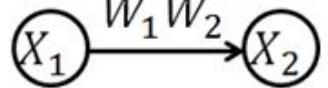
$$W(p) =$$

$$= \frac{W_1(p) \cdot W_2(p) \cdot W_3(p) \cdot W_4(p)}{1 - W_3(p) \cdot W_4(p) \cdot W_5(p) + W_2(p) \cdot W_3(p) \cdot W_6(p) + W_1(p) \cdot W_2(p) \cdot W_7(p)}$$

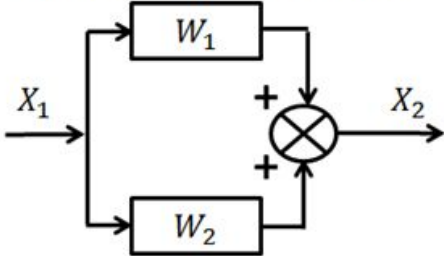
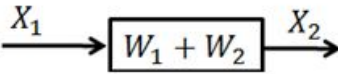
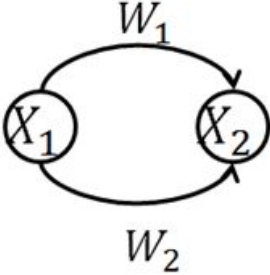
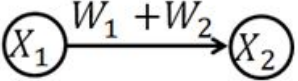
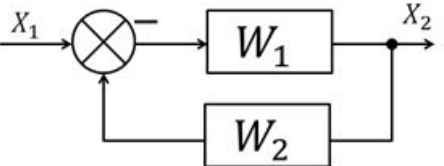
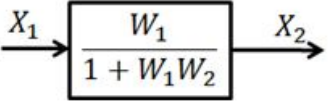
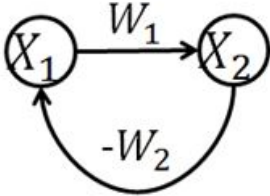
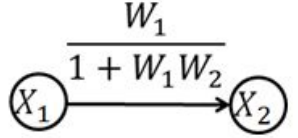
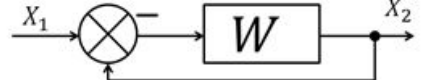
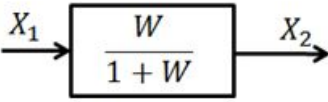
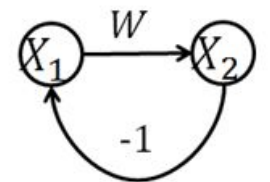
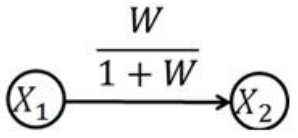
Правила построения графа по структурной схеме

1. Модифицировать структурную схему так, чтобы в сумматорах все переменные складывались с положительным знаком, отрицательные знаки вынести в передаточные функции соответствующих звеньев.
2. Каждый сумматор структурной схемы заменить узлом, которому ставится в соответствие выходная переменная сумматора.
3. Каждое динамическое звено заменить дугой с оператором, равным передаточной функции звена.
4. Каждой переменной, включая и входные воздействия, поставить в соответствие свой узел.

Правила преобразования элементов структурной схемы в элементы сигнального графа

Структурная схема		Сигнальный граф	
Исходная	Упрощенная	Исходный	Упрощенный
<p>Звено</p> 	-	<p>Ветвь</p> 	-
<p>Сигнал</p> 	-	<p>Узел</p> 	-
<p>Последовательное соединение звеньев</p> 			

Правила преобразования элементов структурной схемы

Структурная схема		Сигнальный граф	
Исходная	Упрощенная	Исходный	Упрощенный
<p>Параллельное соединение звеньев</p> 			
<p>Встречно-параллельное соединение_1</p> 			
<p>Встречно-параллельное соединение_2</p> 			

Правила построения графа по структурной схеме

Пример

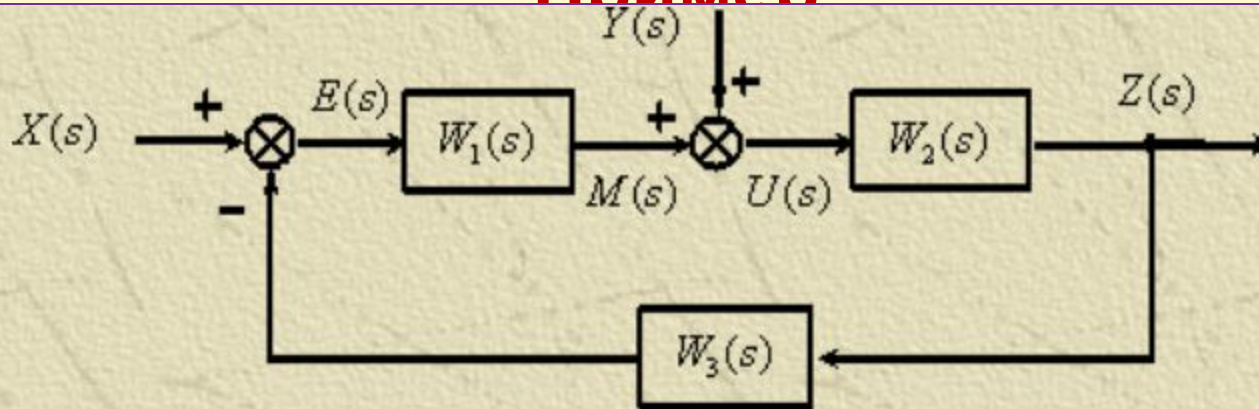


Рис. 2

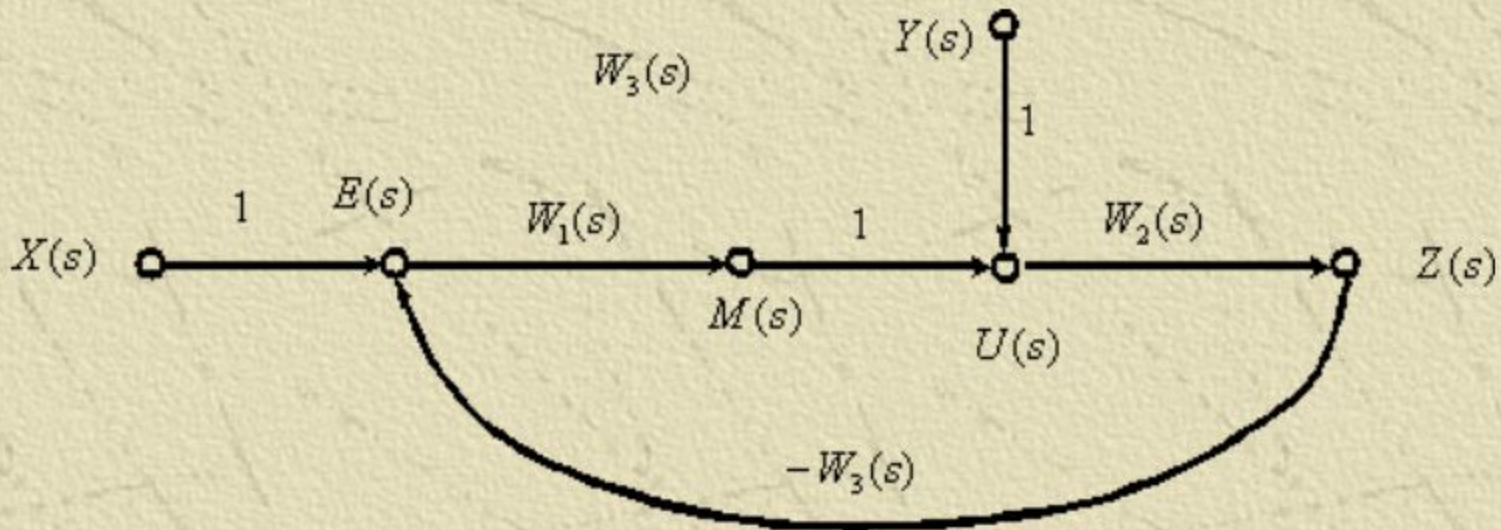
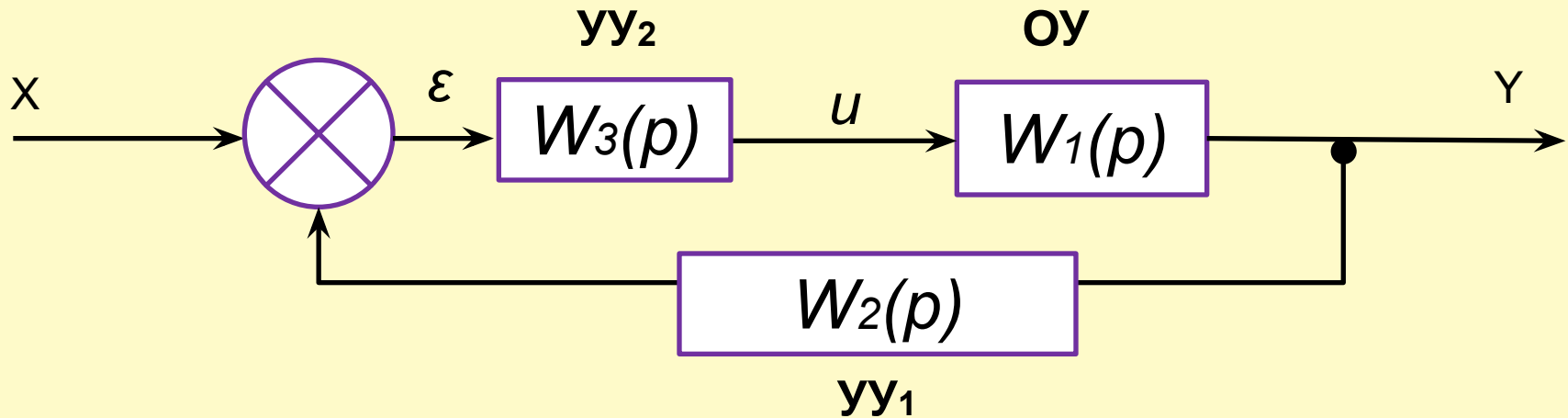


Рис. 3

Алгебра передаточных функций

Схемы соединения звеньев

4. Схема с несколькими управляющими устройствами.



$$W(p) = \frac{W_1(p) \cdot W_3(p)}{1 + W_1(p) \cdot W_2(p) \cdot W_3(p)}$$