**Лекция 3**

**ТИПОВЫЕ ДИНАМИЧЕСКИЕ ЗВЕНЬЯ И ПРАВИЛА**

**ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СТРУКТУРНЫХ СХЕМ САУ И САР**

**1. Типовые динамические звенья.**

***Пропорциональное звено.***

Пропорциональным (усилительным) называют звено, которое описывается уравнением



К таким звеньям относятся потенциометры, редукторы, электронные усилители с полосой пропускания во много раз шире, чем у устройств, включенных в систему последовательно с ними, дискриминаторы при малом уровне рассогласования и ряд других устройств. Передаточная функция пропорционального звена



***Интегрирующее звено.***

Интегрирующим называют звено, которое описывается уравнением

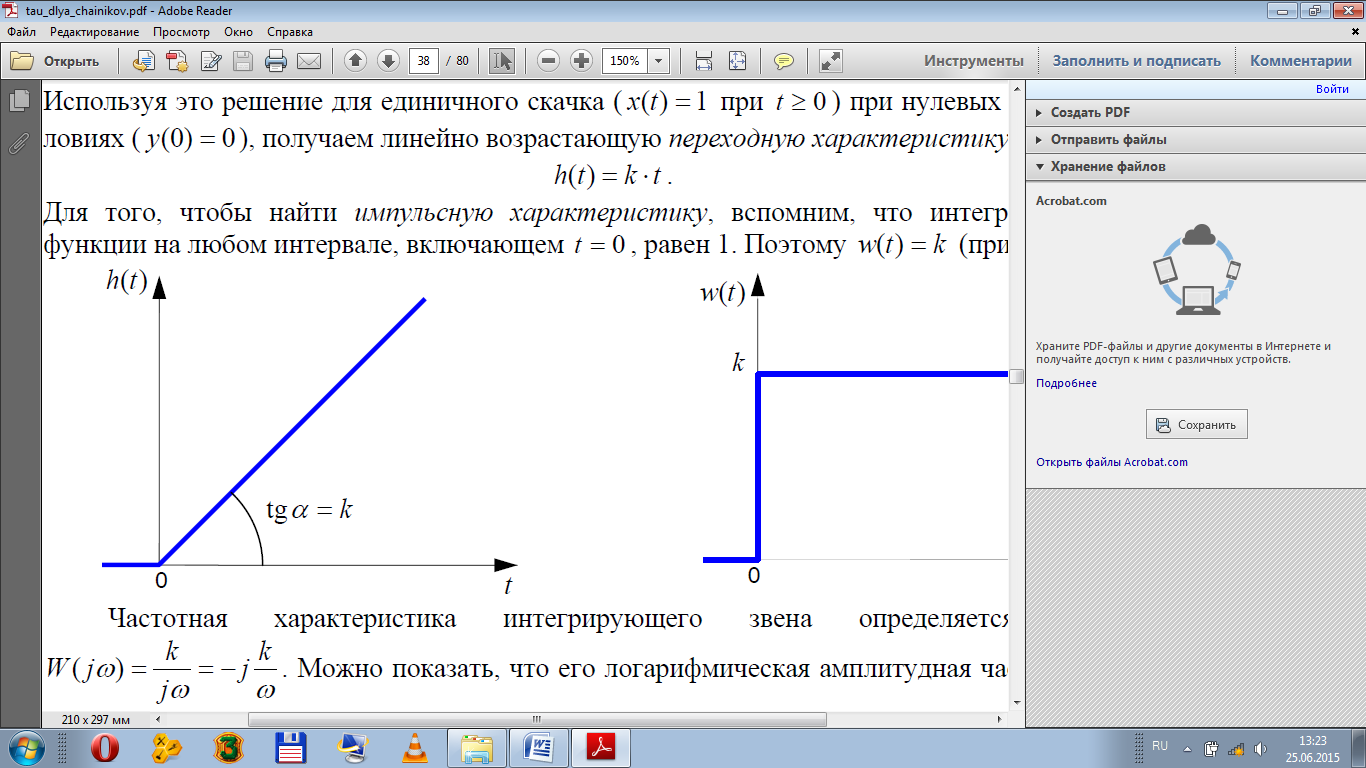


Примером таких звеньев являются интеграторы на усилителях постоянного тока; электродвигатели, у которых постоянная времени мала и ею можно пренебречь; специальные схемы интеграторов дальномерных устройств.

Передаточная функция интегрирующего звена



Переходная характеристика интегрирующего звена.



***Дифференцирующее звено.***

Дифференцирующим называют звено, у которого выходная и входная величины связаны уравнением



Передаточная функция дифференцирующего звена



Известно, что производная единичного ступенчатого сигнала **1**(*t*) в точке *t* = 0 – это дельта-функция δ (*t*) . Поэтому переходная функция дифференцирующего звена может быть представлена как

*h*(*t*) = *k*δ (*t*)

Это физически нереализуемая функция, так как дельта-функцию и ее производную, имеющие бесконечные значения, невозможно получить на реальном устройстве.

***Апериодическое звено.***

Апериодическим звеном первого порядка называют звено, которое описывается уравнением вида

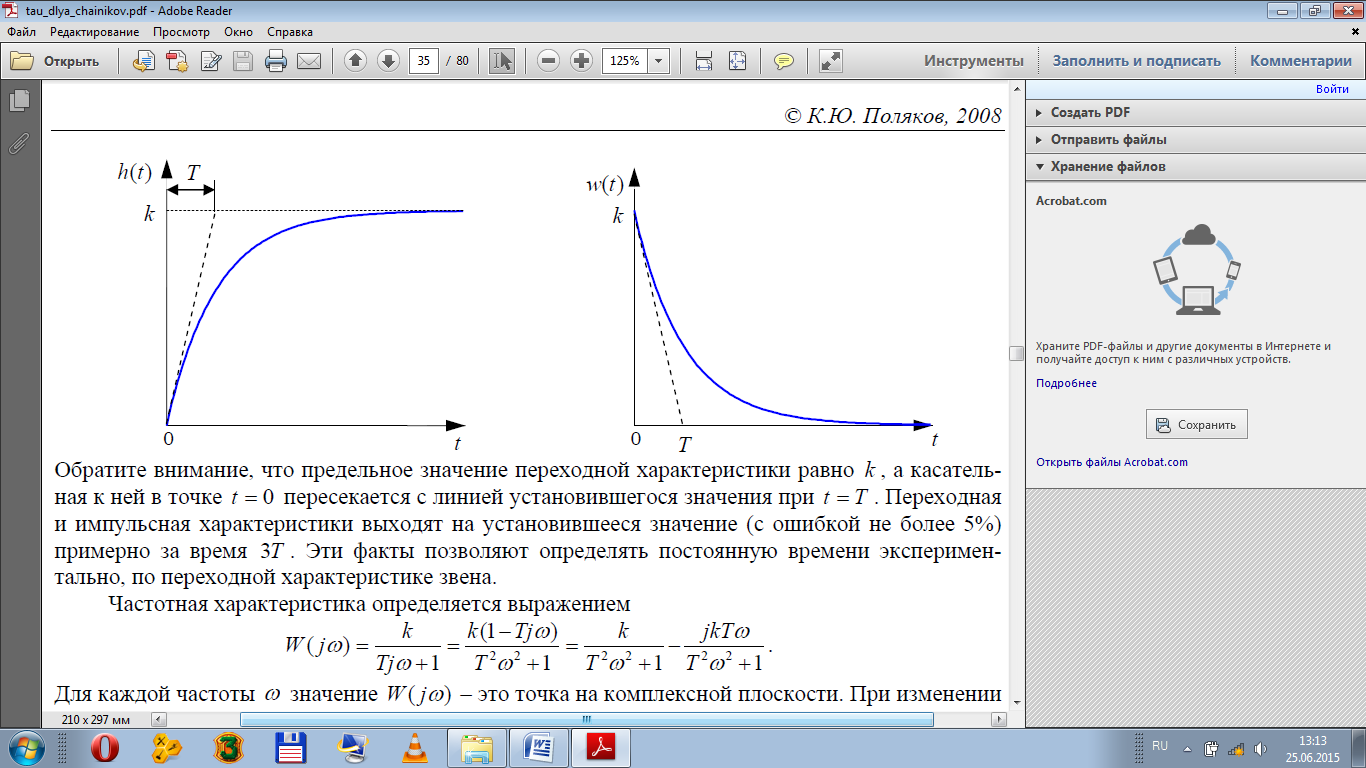


Примером реальных апериодических звеньев первого порядка, используемых в радиоэлектронных САУ, являются электронные и магнитные усилители, RC и LC однозвенные фильтры, двигатели, если выходной величиной является число оборотов.

Передаточная функция апериодического звена



Переходная характеристика апериодического звена.



Обратите внимание, что предельное значение переходной характеристики равно *k* , а касательная к ней в точке *t* = 0 пересекается с линией установившегося значения при *t* = *T* . Переходная и импульсная характеристики выходят на установившееся значение (с ошибкой не более 5%) примерно за время 3*T* . Эти факты позволяют определять постоянную времени экспериментально, по переходной характеристике звена.

***Форсирующее звено.***

Форсирующим называют звено у которого входная и выходная величины связанны уравнением



Форсирующее звено реализуется с помощью RC фильтров усилителей постоянного тока.

Передаточная функция форсирующего звена



***Колебательное звено.***

В колебательном звене связь между входной и выходной величинами определяется дифференциальным уравнением

.

Колебательным звеном могут описываться элементы летательных аппаратов, четырехполюсники из R , L , С элементов.

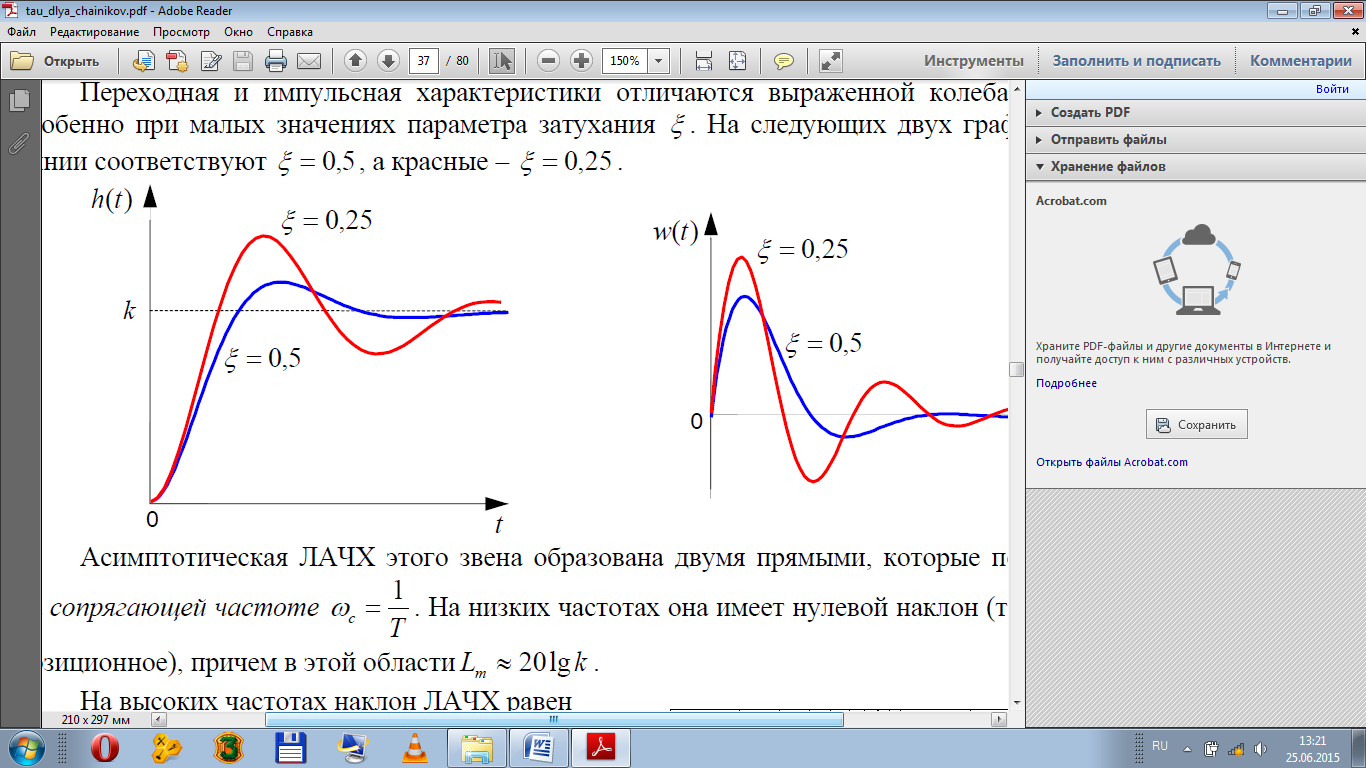
Передаточная функция колебательного звена



где *k* – коэффициент, *T* – постоянная времени (в *секундах*), ξ – *параметр затухания* ( 0 <ξ < 1). Постоянная времени определяет инерционность объекта, чем она больше, тем медленнее изменяется выход при изменении входа. Чем больше ξ , тем быстрее затухают колебания.

При ξ = 0 получается *консервативное* звено, которое дает незатухающие колебания на выходе. Если ξ ≥ 1, модель представляет *апериодическое звено второго порядка*, то есть последовательное соединение двух апериодических звеньев.

Переходная характеристика колебательного звена.



***Форсирующее звено второго порядка.***

Его уравнение



Передаточная функция



Это звено встречается реже, чем рассмотренные ранее. Его частотные, временные функции и характеристики получаются аналогичным образом.

**2. Структурные схемы САУ.**

В структурных схемах элементы могут быть соединены определенным образом, и возникает задача расчета передаточных функций таких соединений.

**2.1. Соединения динамических звеньев**

В структурных схемах различают **три вида простых соединений** звеньев.

***Последовательное соединение***, структурная схема которого имеет вид (рис.1).

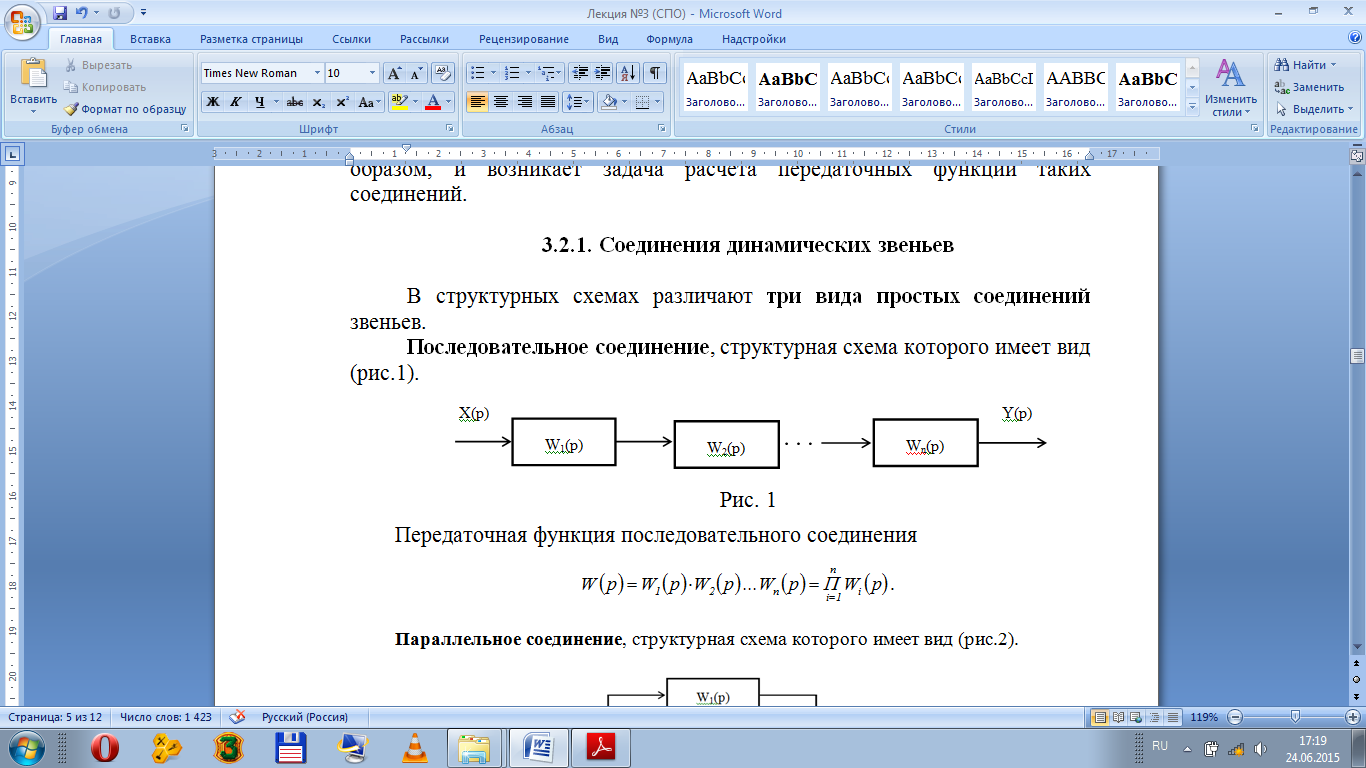


Рис. 1

Передаточная функция последовательного соединения

**.

***Параллельное соединение***, структурная схема которого имеет вид (рис.2).

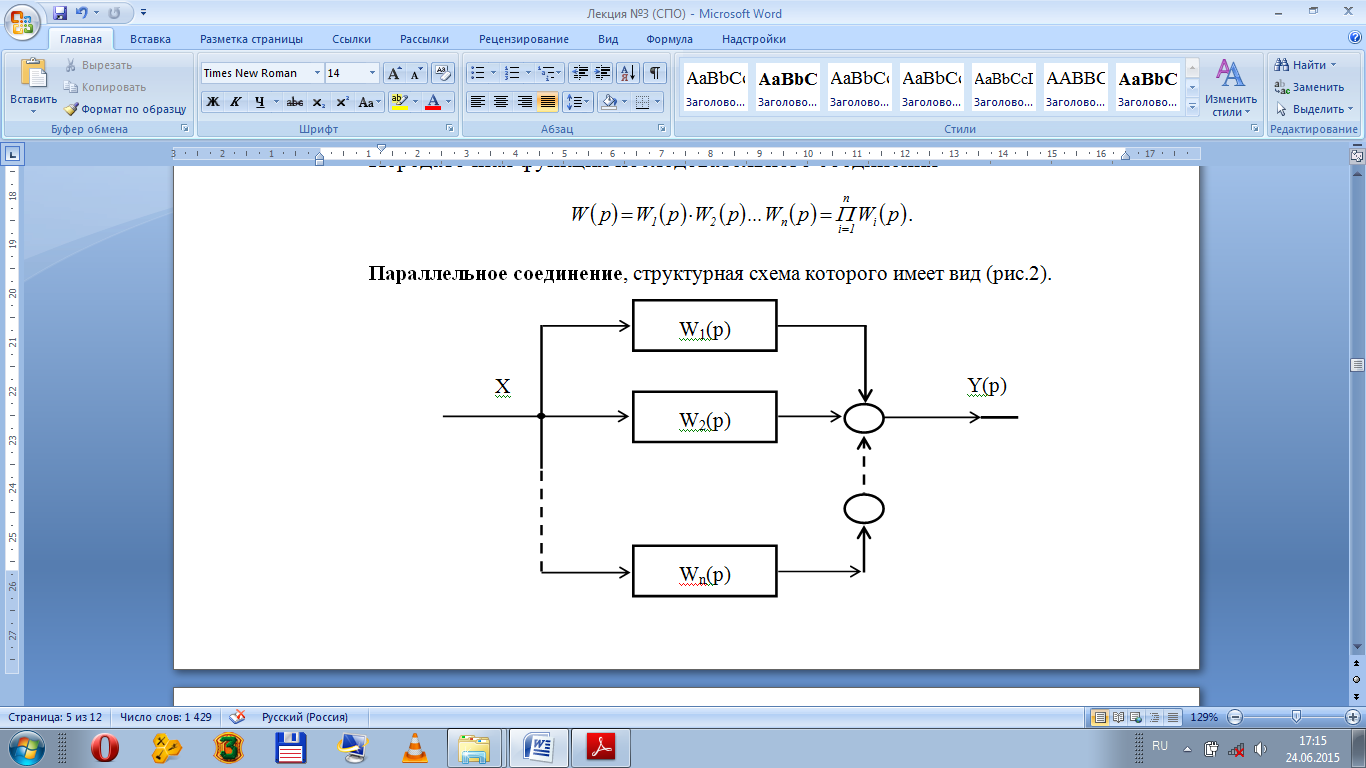


Рис. 2

Передаточная функция параллельного соединения

.

***Встречно-параллельное соединение*** (соединение с обратной связью) - такое соединение звеньев, при котором образуется замкнутый контур для прохождения сигнала. Структурная схема такого соединения для двух звеньев имеет вид (рис.3).

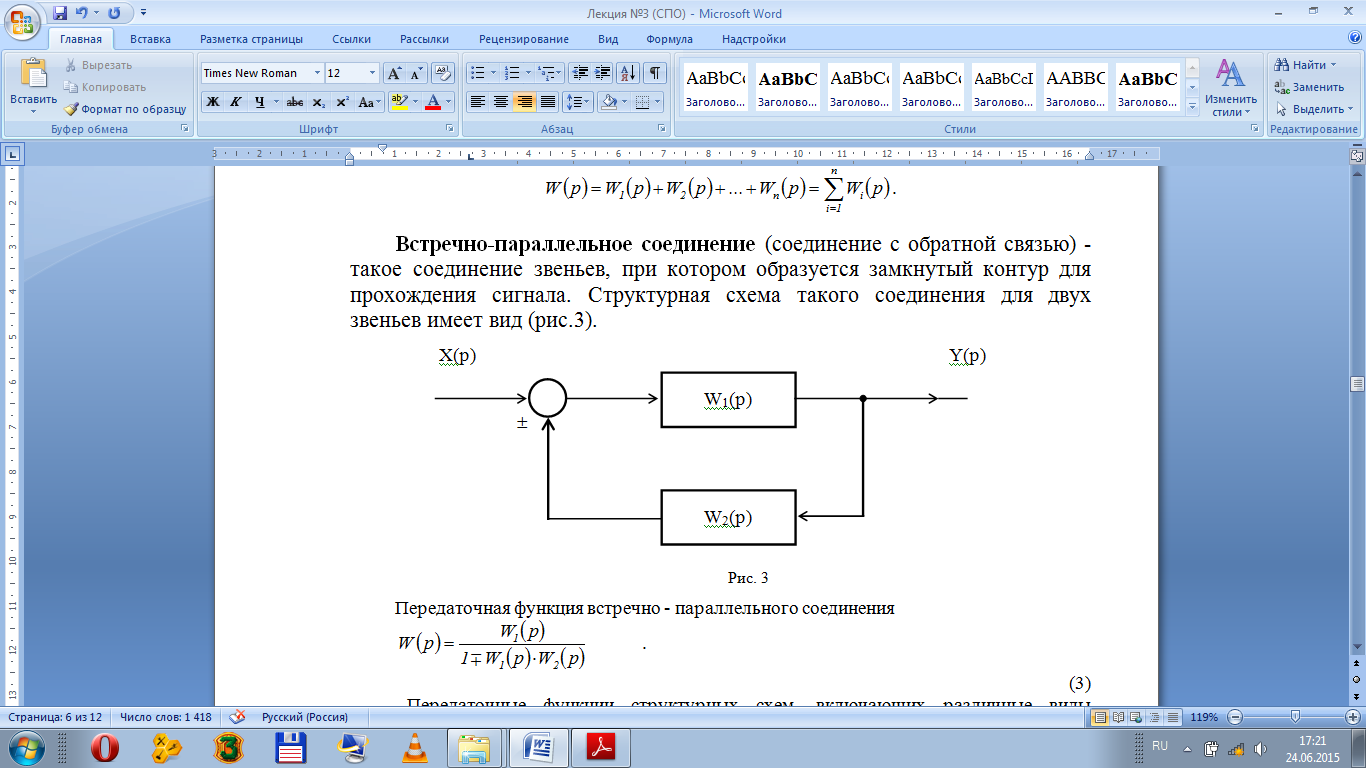


Рис. 3

Передаточная функция встречно - параллельного соединения



Существуют и структурные схемы, которые не допускают последовательное применение указанных выше формул, т.к. содержат перекрестные связи (сложные САУ и САР). Для расчета передаточных функций таких структурных схем существуют специальные методы.

***Передаточные функции разомкнутых и замкнутых систем***

Для описания и анализа САУ и САР широко применяются ***понятия передаточных функций разомкнутой и замкнутой системы.***

*Передаточная функция разомкнутой системы* - изображение сигнала на выходе главной обратной связи к изображению входного сигнала при нулевых начальных условиях. Например, для структурной схемы, представленной на рисунке.



Передаточная функция разомкнутой АС

.

Передаточная функция замкнутой системы - ПФ, полученная при замыкании главной ОС**.**

Главная ОС (внешняя) - ОС, передающая выходной сигнал на вход САУ.



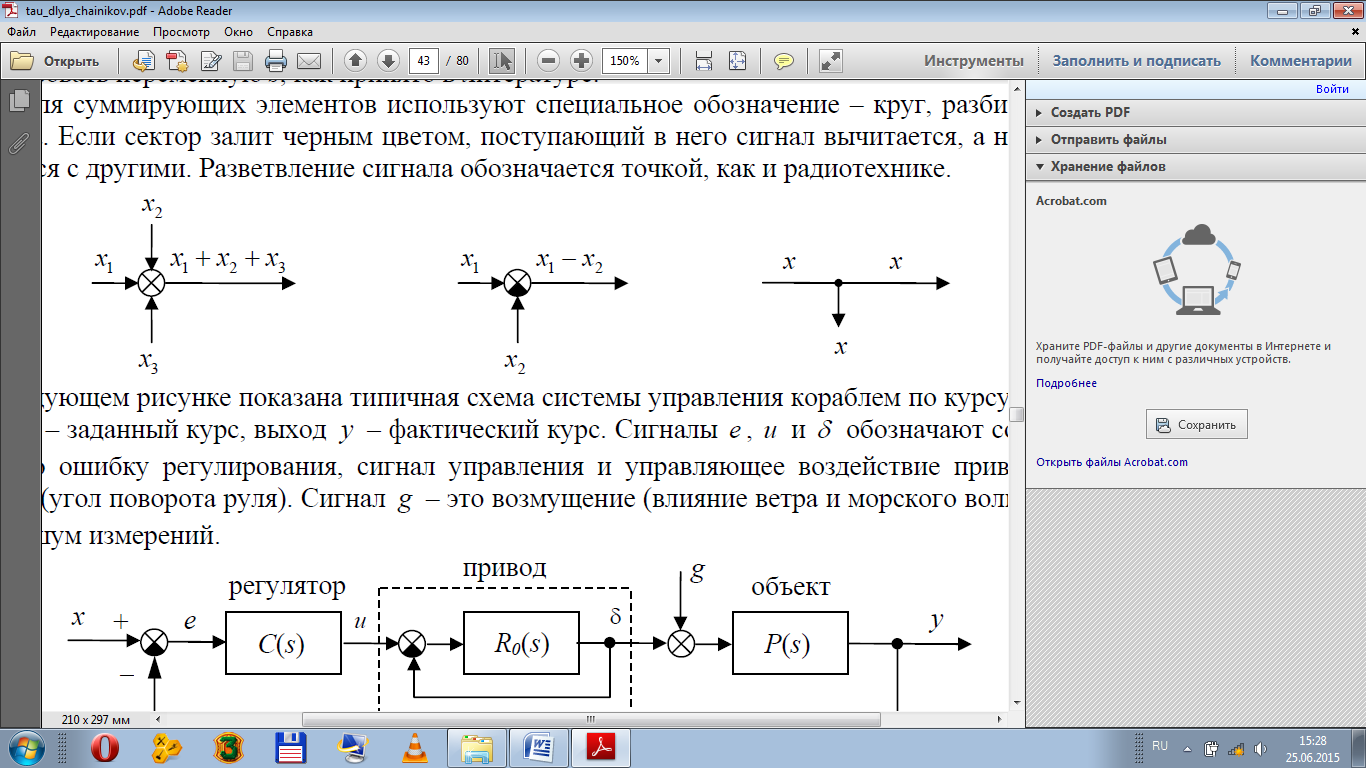
**3. Правило переноса точек разветвления и сумматоров**

Различные структурные схемы могут обладать одинаковыми передаточными функциями, т.е. быть динамически эквивалентными. Поэтому важно установить общие правила, с помощью которых одна схема может быть преобразованная в другую с сохранением динамических характеристик системы. Теория преобразования структурных схем была разработана Б.Н. Петровым.

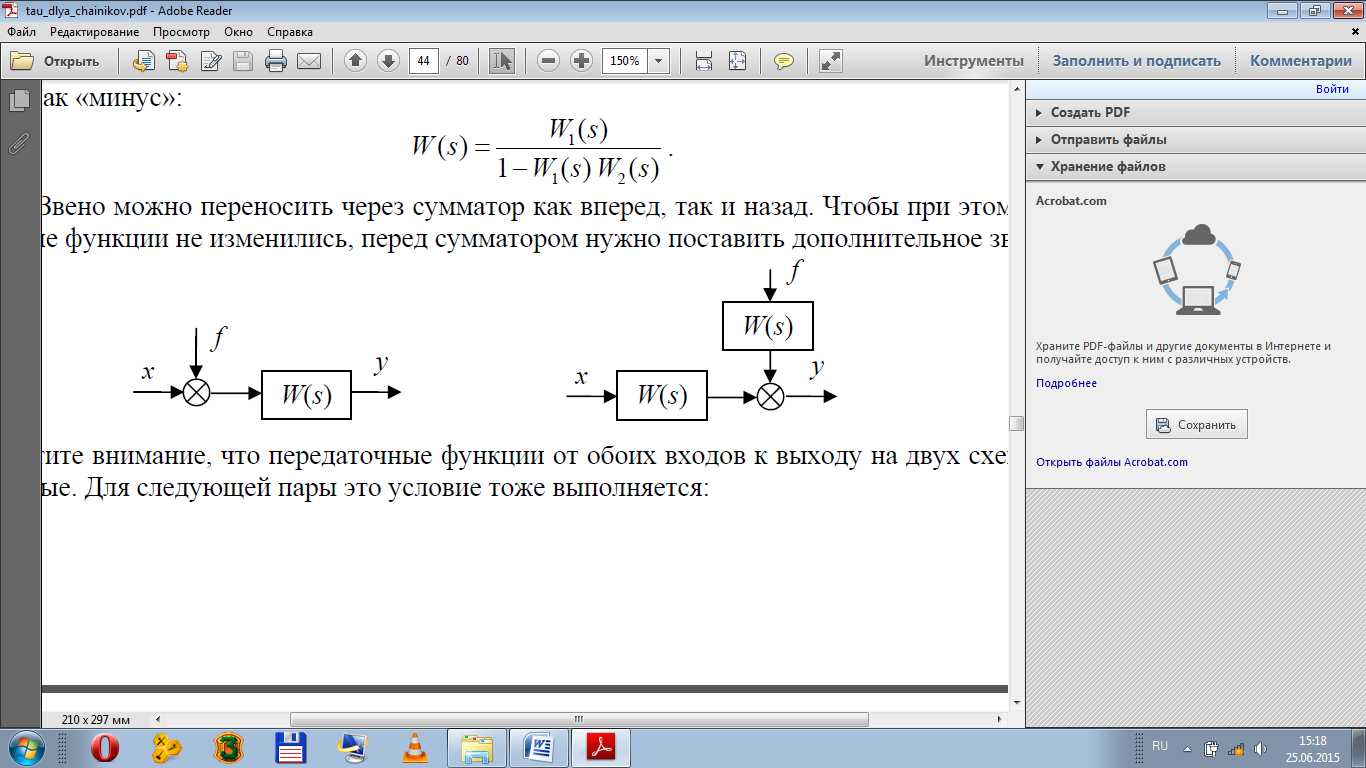
Рассматривая любую структурную схему, заметим, что она включает в свой состав три типа элементов: динамические звенья, узлы и сумматоры, соединенные между собой связями.

Если в структурной схеме исследуемой системы имеется участок, содержащий сложные перекрестные связи, то этот участок выделяют и подвергают структурным преобразованиям с целью приведения всех его соединений к простейшим типовым. Структурные преобразования состоят в изменении взаимного расположения элементов структурной схемы (звеньев, узлов, сумматоров) таким образом, чтобы, не изменяя входных и выходных величин преобразуемого участка схемы, изменить (упростить) характер соединений его звеньев.

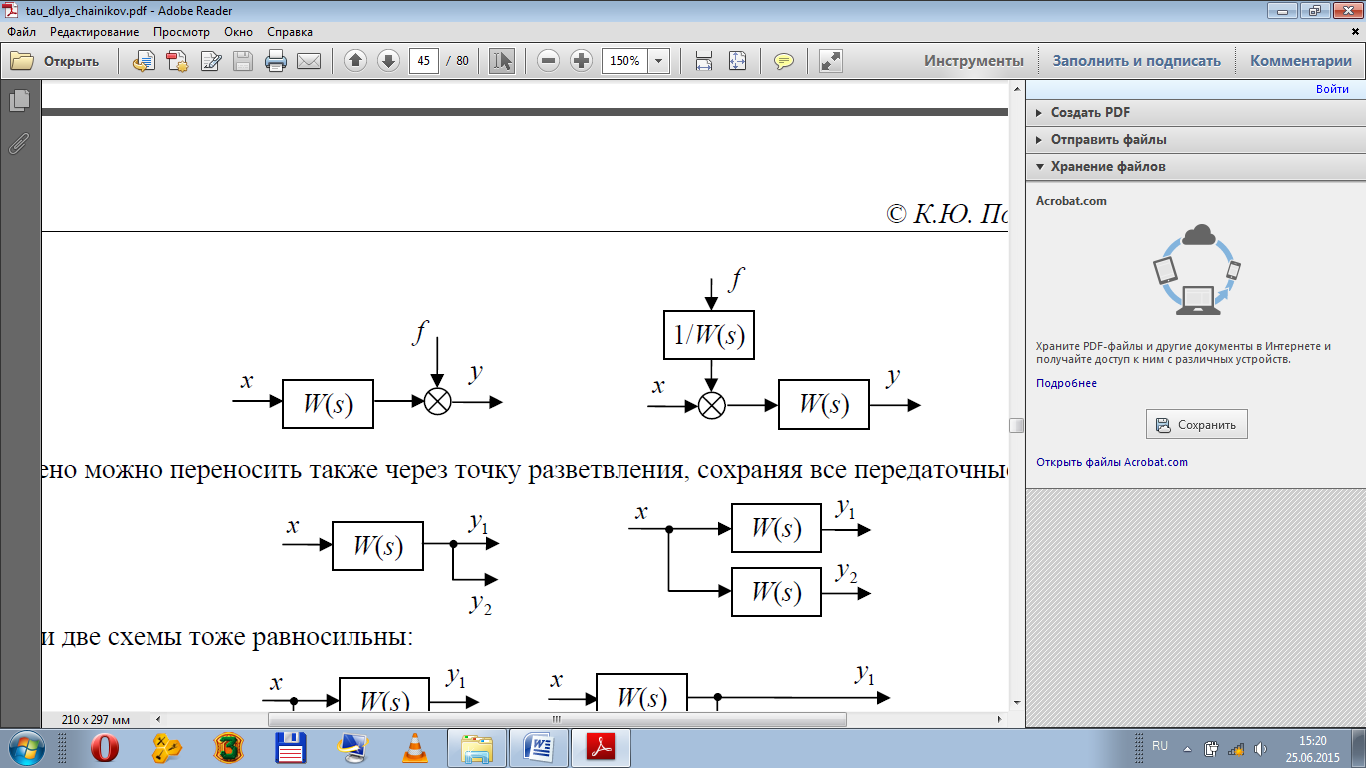
Для суммирующих элементов используют специальное обозначение – круг, разбитый на сектора. Если сектор залит черным цветом, поступающий в него сигнал вычитается, а не складывается с другими. Разветвление сигнала обозначается точкой, как и радиотехнике.



Звено можно переносить через сумматор как вперед, так и назад. Чтобы при этом передаточные функции не изменились, перед сумматором нужно поставить дополнительное звено:



Следует обратить внимание, что передаточные функции от обоих входов к выходу на двух схемах одинаковые. Для следующей пары это условие тоже выполняется:



Звено можно переносить также через точку разветвления, сохраняя все передаточные функции:



Эти две схемы тоже равносильны:



Применим показанные выше приемы для вычисления передаточной функции автоматической системы.

**Пример 1**

1. перемещение звена  через узел против направления ветвления (рис. 5, 6);
2. преобразование совокупности звеньев   , соединенных по схеме с обратной положительной связью (встречно-параллельного соединения) (рис. 6, 7);
3. преобразование совокупности звеньев , , , соединенных по схеме с обратной отрицательной связью (встречно-параллельного соединения) (рис. 7, 8);
4. преобразование встречно-параллельного соединения совокупности звеньев , ,  (рис. 8, 9).

Следует заметить, что числитель результирующей ПФ образован произведением ПФ звеньев, находящихся в прямой цепи от входа к выхода. Знаменатель равен единице минус сумма произведений передаточных функций, образующих замкнутые контуры.

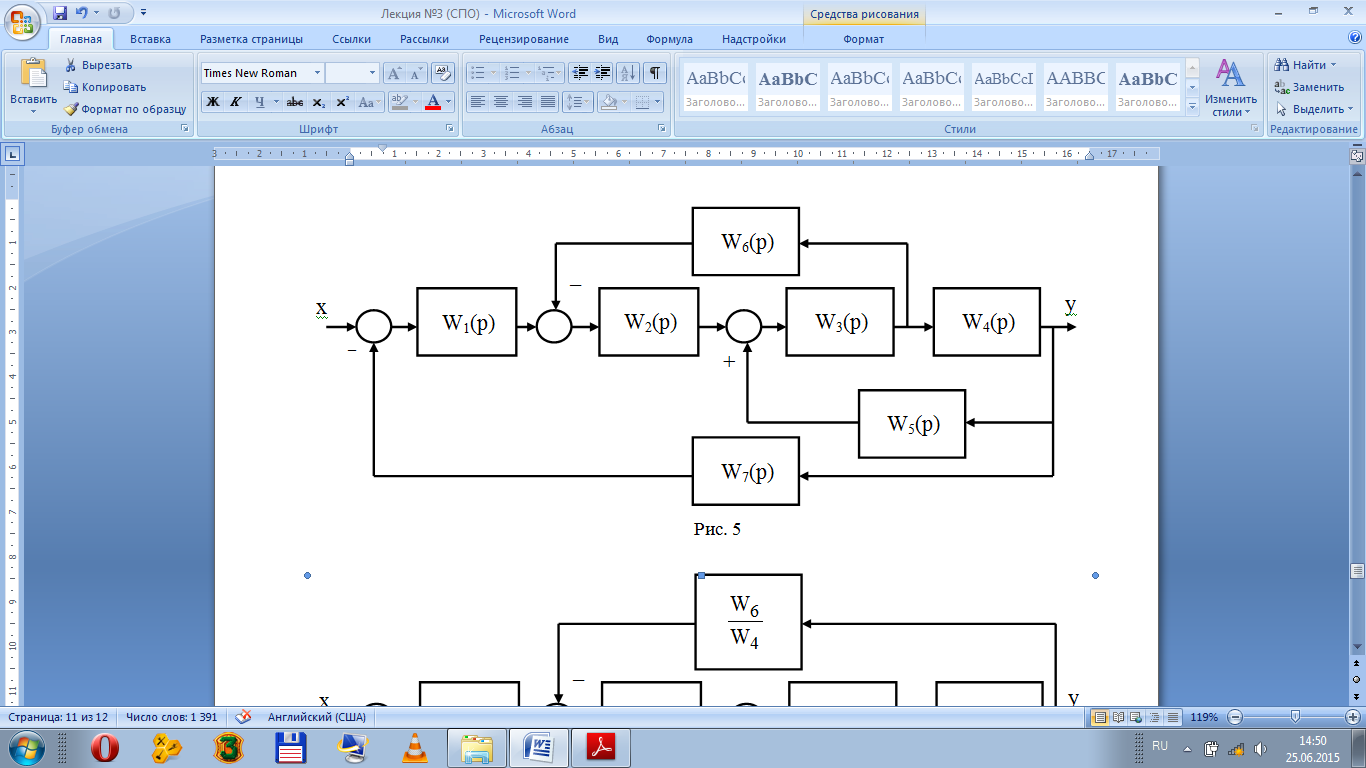


Рис.5

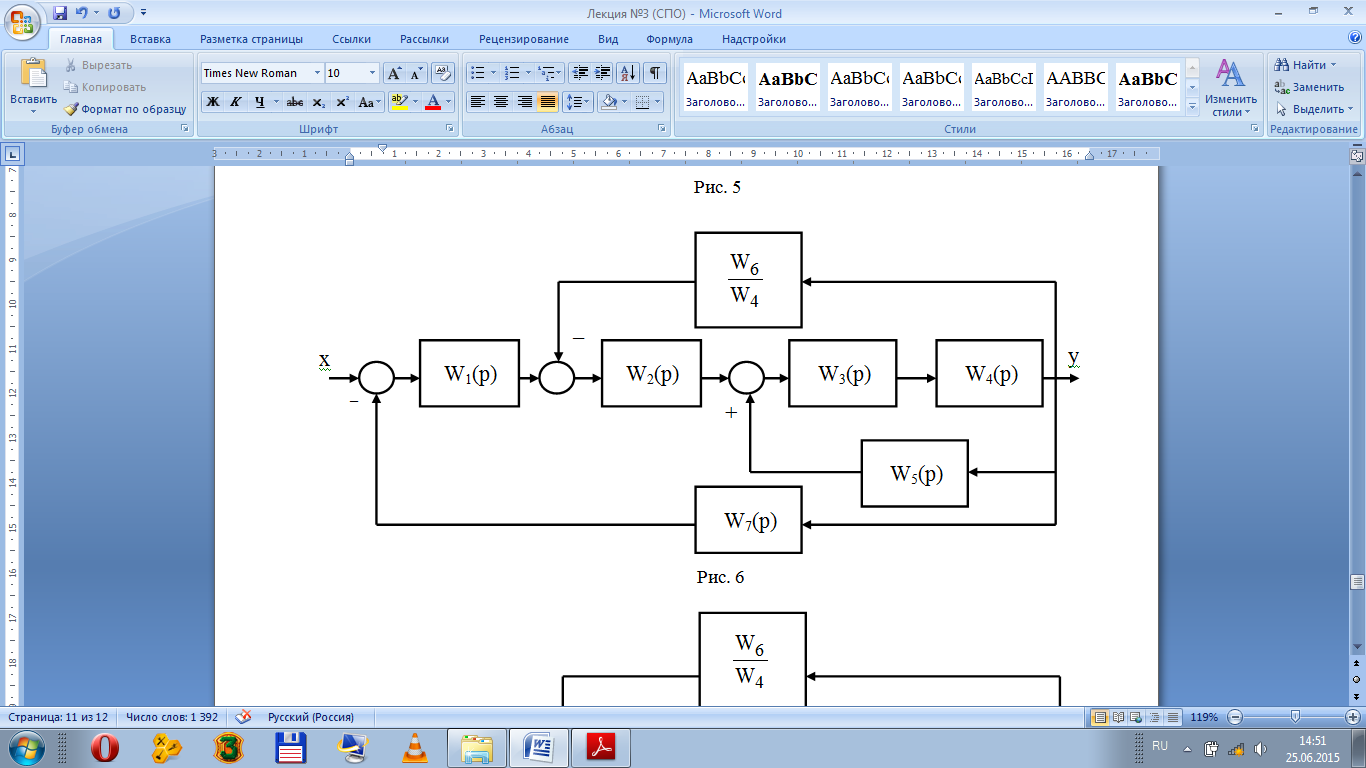


Рис. 6

