

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»

Кафедра №41

**РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК ДИНАМИЧЕСКИХ ЗВЕНЬЕВ И СИСТЕМ
АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ**

Задания к контрольной работе

по дисциплине “Основы автоматического управления”

для студентов заочной формы обучения технических направлений подготовки

Составители

ст. преп.

Н.Н. Григорьева

доц., к.т.н., доц.

О.О. Жаринов

2018

Введение

Изучение дисциплины «Основы автоматического управления» имеет целью освоение студентами основных положений теории систем автоматического управления (САУ) и формирование практических навыков применения методов анализа линейных САУ.

Цель выполнения контрольной работы заключается в формировании у студента умений проводить теоретическое исследование САУ с заданной структурой, выработке навыков самостоятельного анализа характеристик элементов систем управления. Для выполнения работы необходимо изучить основные положения теории управления в технических приложениях, изложенные в многочисленных изданиях (см. библиографический список)

В течение семестра каждый студент должен выполнить одну контрольную работу. Допуск к экзамену по дисциплине производится только после выполнения и успешной защиты контрольной работы.

Задания контрольных работ

1. Задание на идентификацию типа динамического звена и его параметров. Даны графики характеристик двух разных динамических звеньев автоматики (см. данные таблицы 1): для первого звена – график переходной характеристики, для второго звена – график логарифмической амплитудно-частотной характеристики (ЛАЧХ). Определить название типового динамического звена автоматики, соответствующего каждой из характеристик. Используя графо-аналитический метод, определить числовые значения параметров передаточных функций динамических звеньев $W_1(p)$ и $W_2(p)$ и написать соответствующие формулы. **Указание:** правильность решения целесообразно проверить, построив графики характеристик $h(t)$ и $L(\omega)$ с найденными значениями параметров.

2. Задание на анализ характеристик динамического звена. Дана передаточная функция динамического звена (см. данные таблицы 2). Выразить дифференциальное уравнение, связывающее входное воздействие и выходной процесс. Получить формулы для комплексной частотной передаточной функции звена, его амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) и фазо-частотной характеристики (ФЧХ), *не прибегая к выделению вещественной и мнимой части функций!* Построить точную и асимптотическую (кусочно-ломаную) логарифмическую амплитудно-частотную характеристику (ЛАХ). Вывести формулы, дающие описание динамического звена в пространстве состояний в векторно-матричной форме. Нарисовать структурную схему динамического звена в канонической форме.

3. Задание на анализ устойчивости замкнутой САУ. Дана структурная схема замкнутой САУ (см. таблицу 3). Получить формулы для передаточных функций: разомкнутого контура системы $W(p)$, замкнутого контура системы $\Phi(p)$ и передаточную функцию системы для ошибки по задающему воздействию $\Phi_e(p)$. Определить, устойчива ли замкнутая система, используя критерий Гурвица.

4. Задание на анализ ошибки в установившемся режиме. Дана передаточная функция разомкнутого контура САУ (см. данные таблицы 4). Рассчитать величины установившихся ошибок в системе управления для задающих воздействий $x_1(t)$ и $x_2(t)$ (см. данные таблицы 4): $e_{уст1}$ для $x_1(t)$ и $e_{уст2}$ для $x_2(t)$. Определить значения частоты среза и резонансные частоты системы. Оценить запасы устойчивости системы по фазе и по амплитуде (ΔA и $\Delta \varphi$).

Таблица 1 – Графики характеристик динамических звеньев (начало)

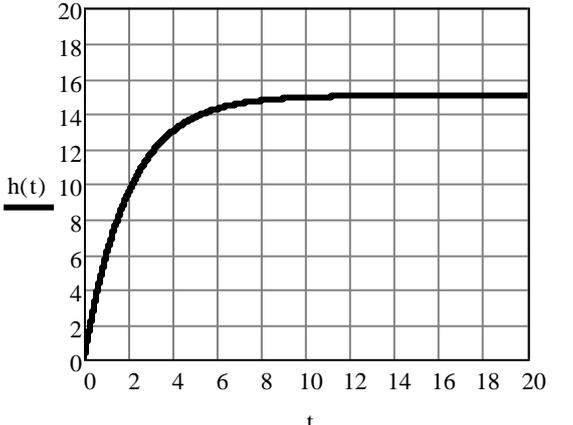
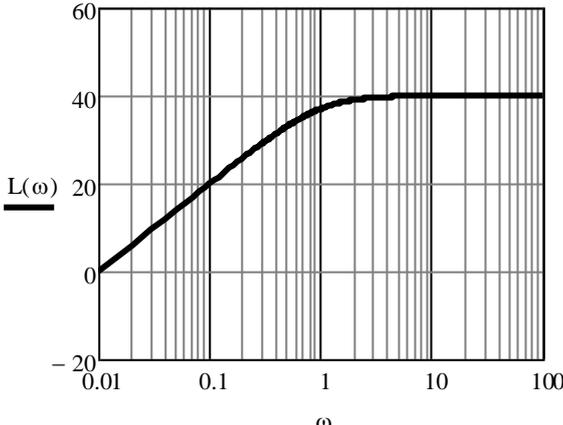
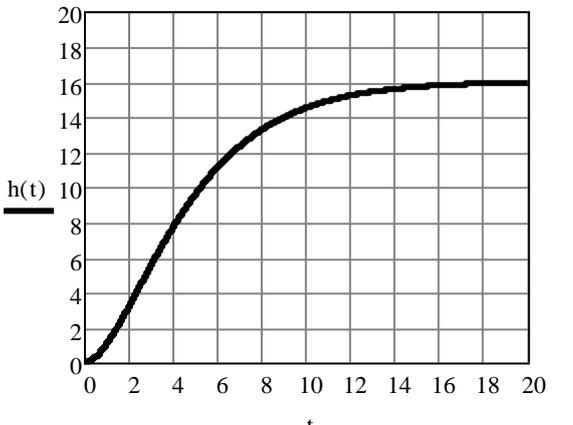
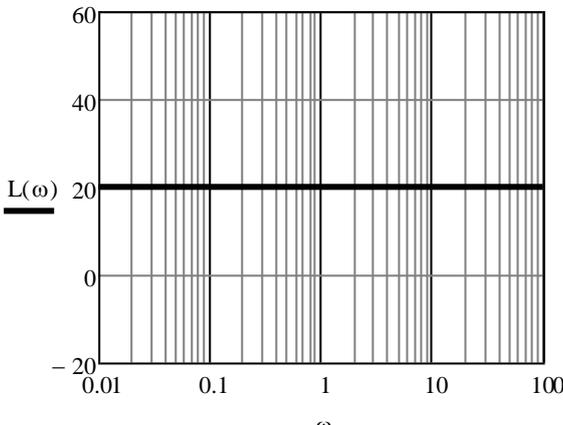
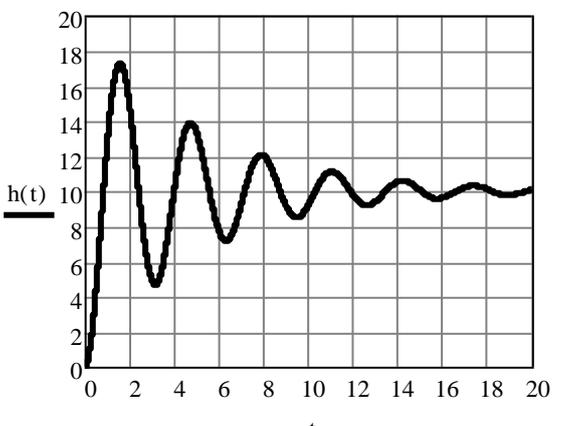
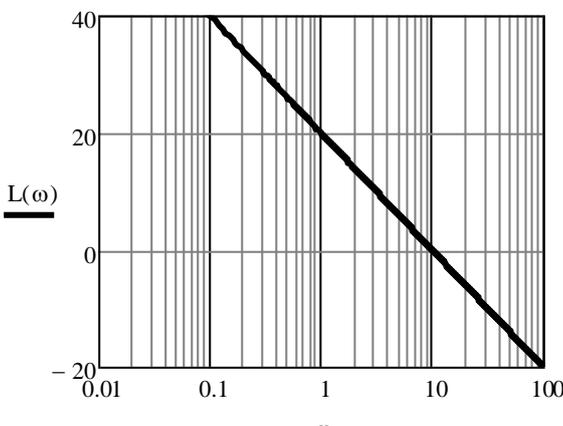
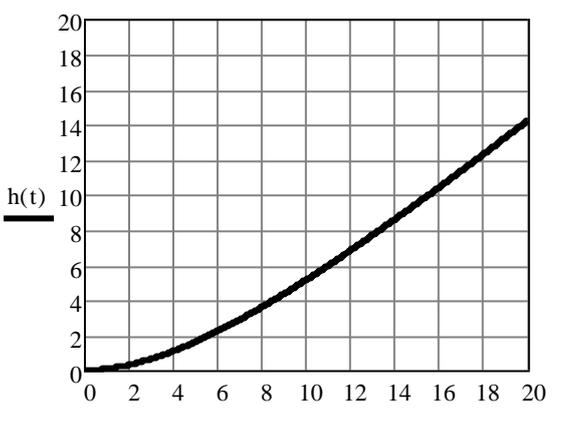
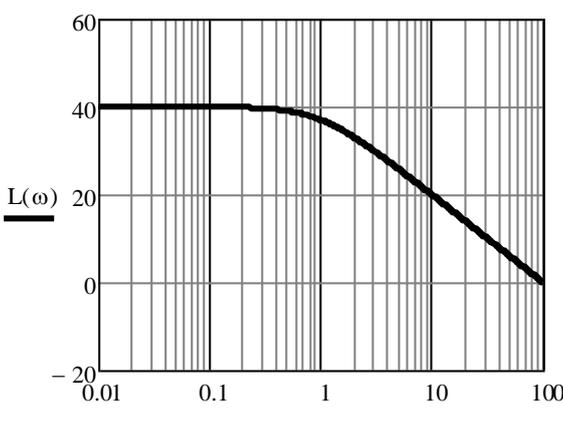
Вар.	Переходная характеристика $h_1(t)$	ЛАЧХ $L_2(\omega)$
1		
2		
3		
4		

Таблица 1 – Графики характеристик динамических звеньев (продолжение)

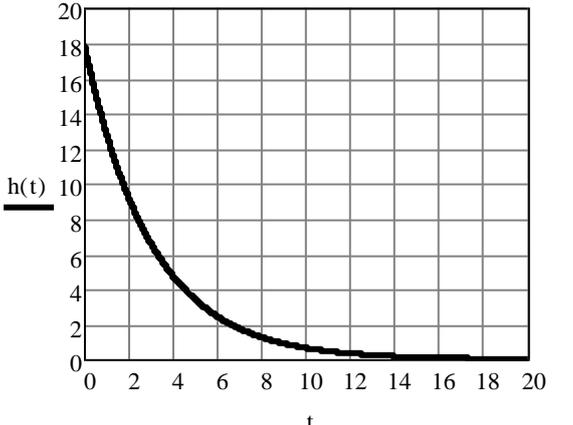
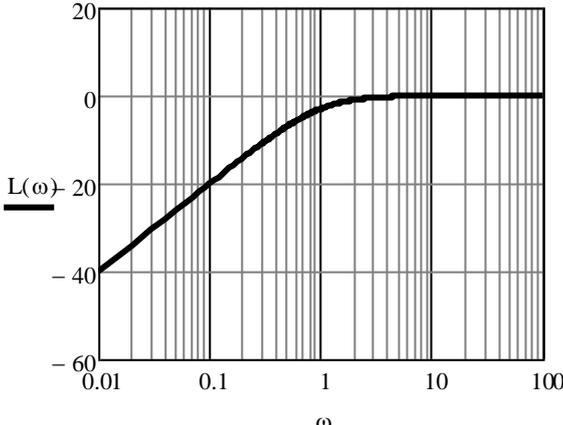
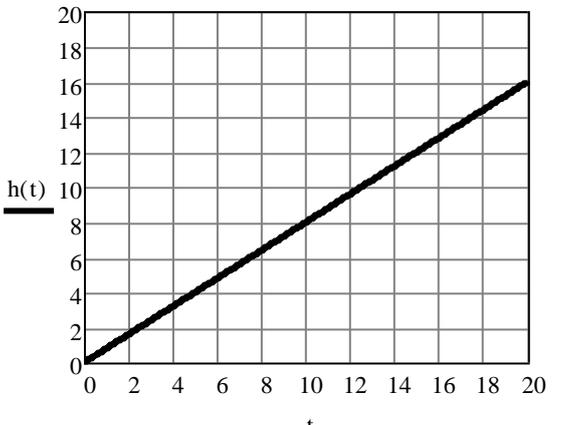
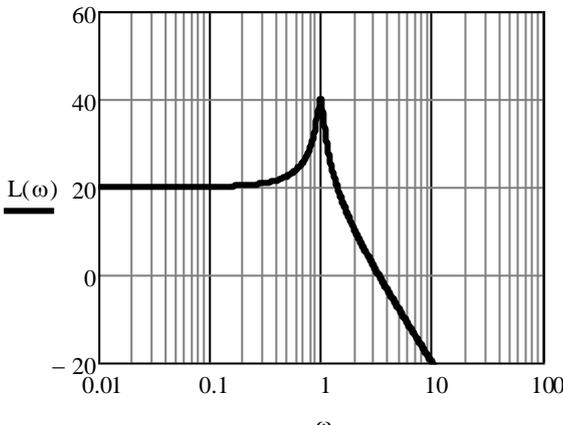
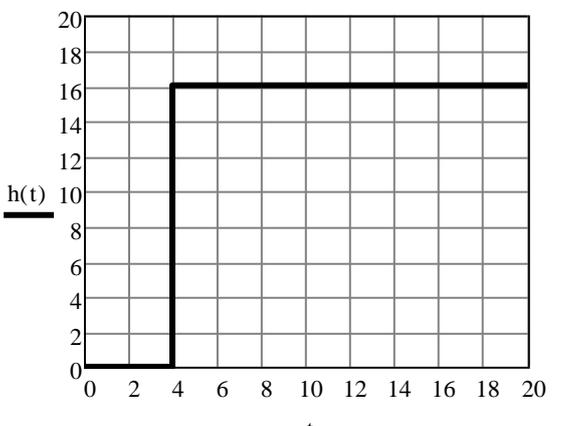
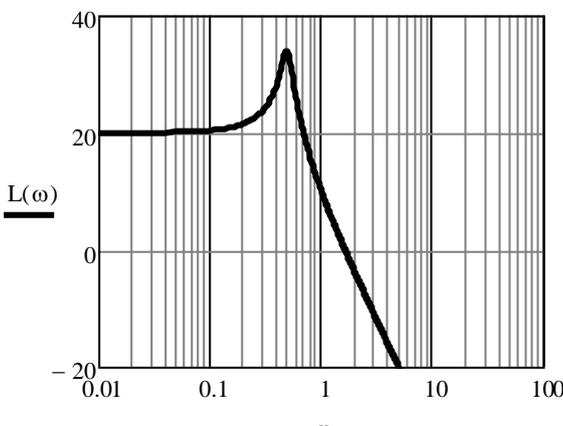
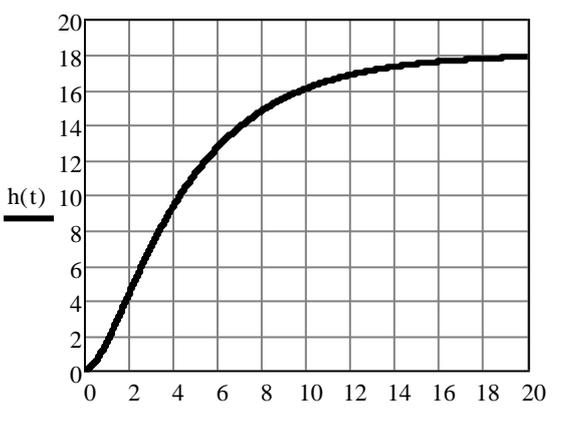
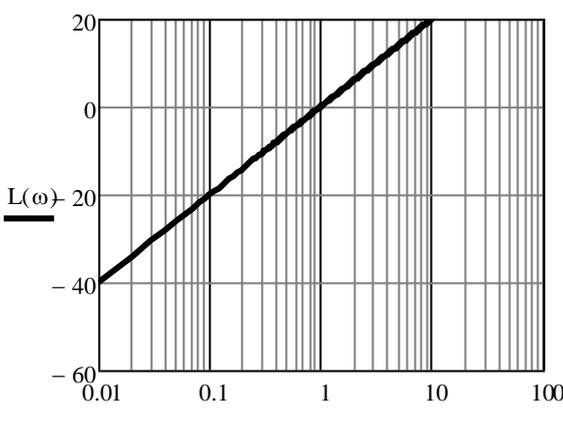
Вар.	Переходная характеристика $h_1(t)$	ЛАЧХ $L_2(\omega)$
5		
6		
7		
8		

Таблица 1 – Графики характеристик динамических звеньев (продолжение)

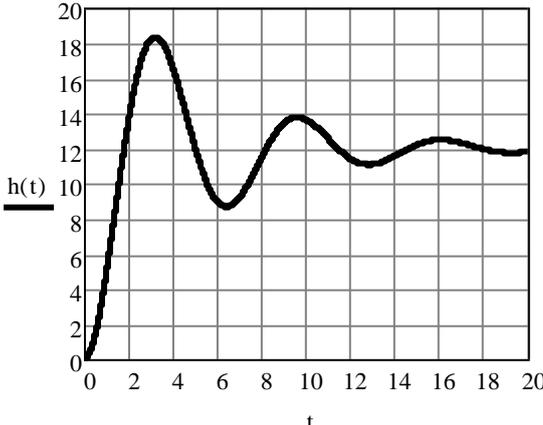
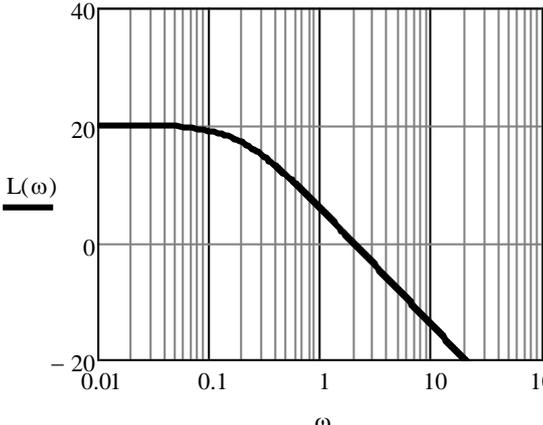
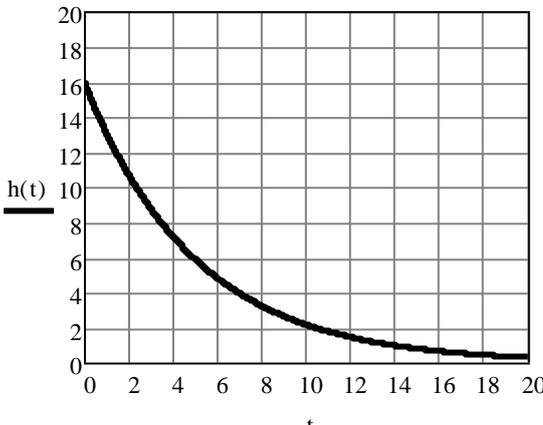
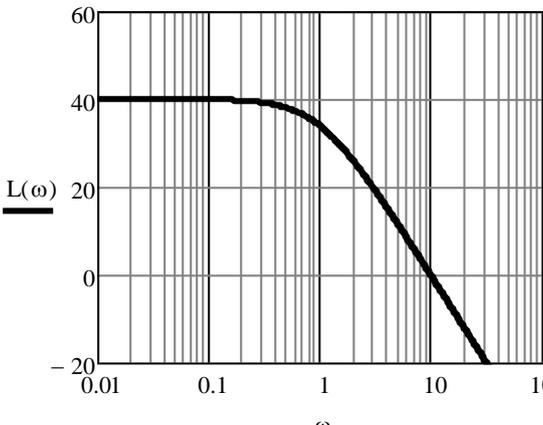
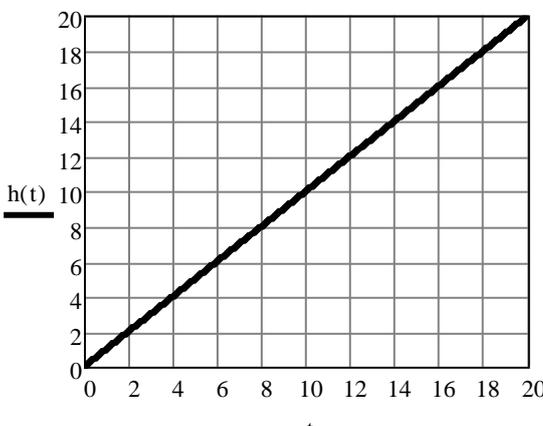
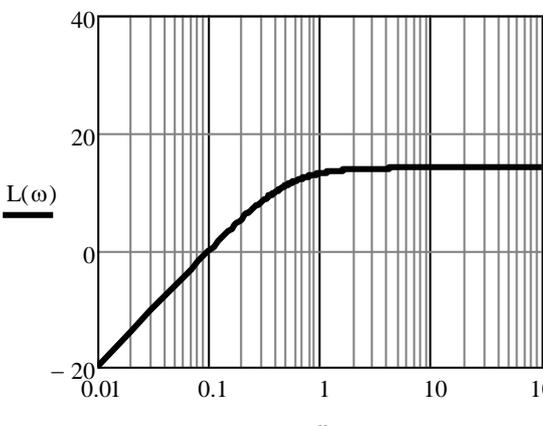
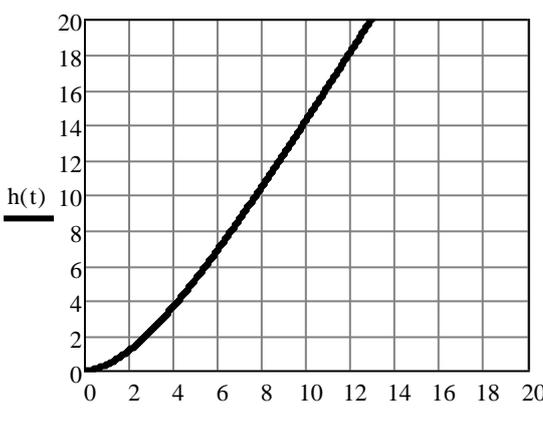
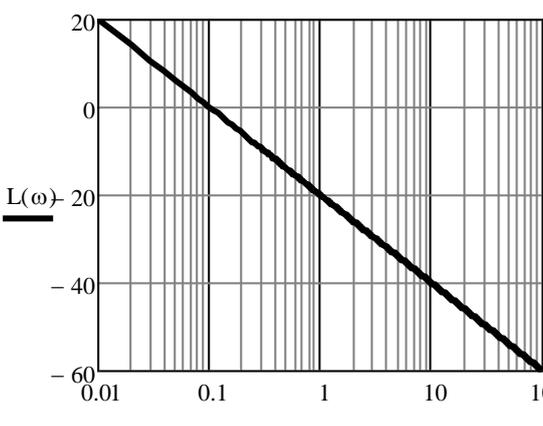
Вар.	Переходная характеристика $h_1(t)$	ЛАЧХ $L_2(\omega)$
9		
10		
11		
12		

Таблица 1 – Графики характеристик динамических звеньев (продолжение)

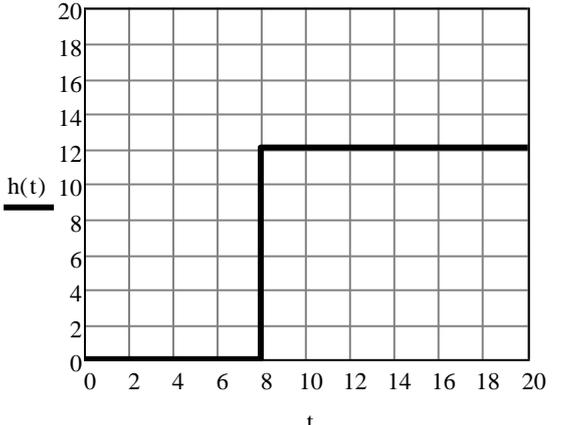
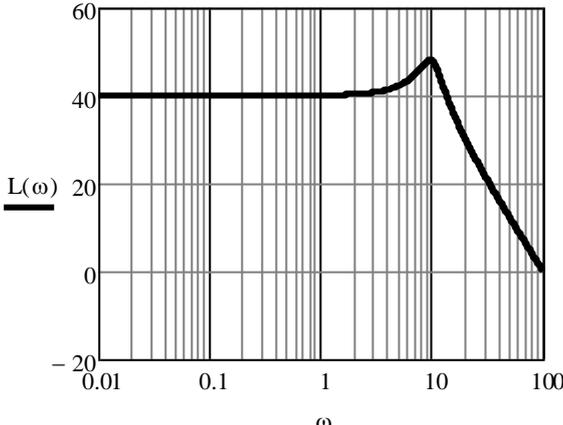
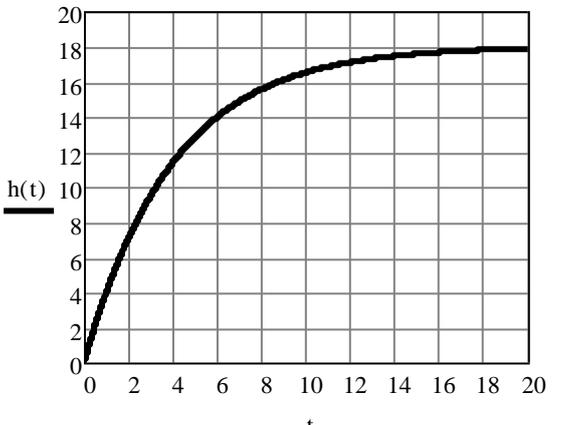
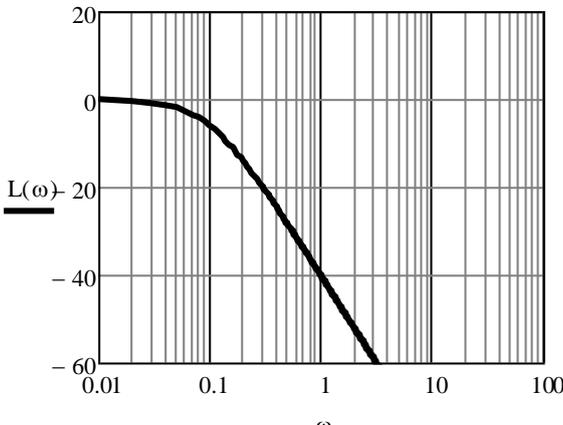
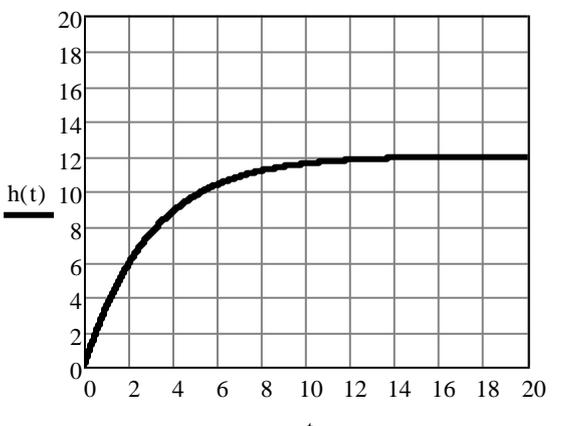
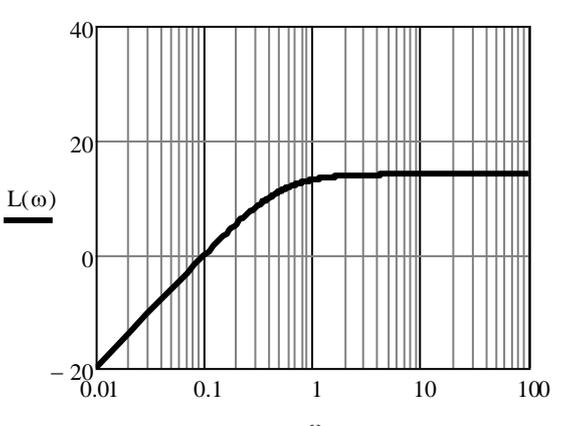
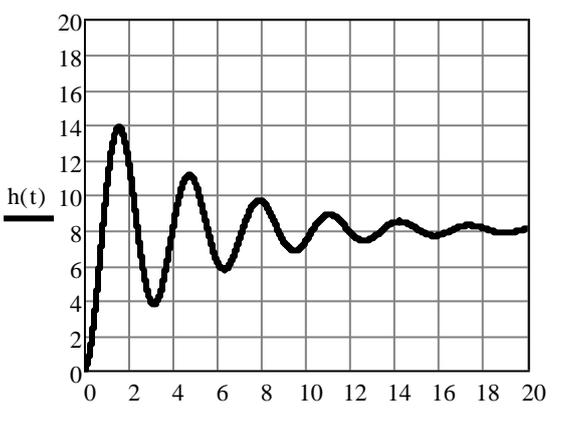
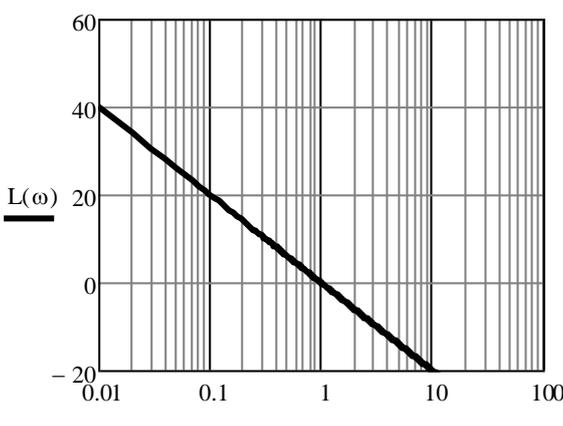
Вар.	Переходная характеристика $h_1(t)$	ЛАЧХ $L_2(\omega)$
13	 <p>Graph of transition characteristic $h(t)$ vs t. The curve is zero for $t < 8$ and jumps to 12 for $t \geq 8$.</p>	 <p>Graph of magnitude $L(\omega)$ vs ω. The plot shows a flat line at 40 dB until $\omega = 1$, a resonance peak at $\omega = 10$, and a roll-off of -20 dB/decade for $\omega > 10$.</p>
14	 <p>Graph of transition characteristic $h(t)$ vs t. The curve starts at (0,0) and asymptotically approaches a value of 18.</p>	 <p>Graph of magnitude $L(\omega)$ vs ω. The plot shows a curve starting at 0 dB, crossing 0 dB at $\omega = 0.1$, and rolling off at -20 dB/decade for $\omega > 1$.</p>
15	 <p>Graph of transition characteristic $h(t)$ vs t. The curve starts at (0,0) and asymptotically approaches a value of 12.</p>	 <p>Graph of magnitude $L(\omega)$ vs ω. The plot shows a curve starting at -20 dB, crossing 0 dB at $\omega = 0.1$, and leveling off at 15 dB for $\omega > 1$.</p>
16	 <p>Graph of transition characteristic $h(t)$ vs t. The curve shows a damped oscillation starting at (0,0) and settling around a value of 8.</p>	 <p>Graph of magnitude $L(\omega)$ vs ω. The plot shows a straight line with a slope of -20 dB/decade, starting at 40 dB at $\omega = 0.01$ and ending at -20 dB at $\omega = 10$.</p>

Таблица 1 – Графики характеристик динамических звеньев (окончание)

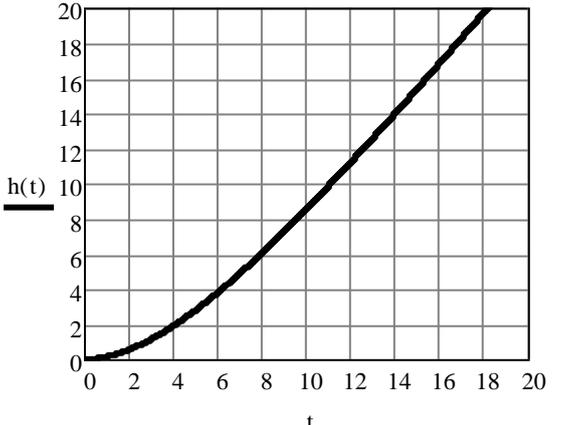
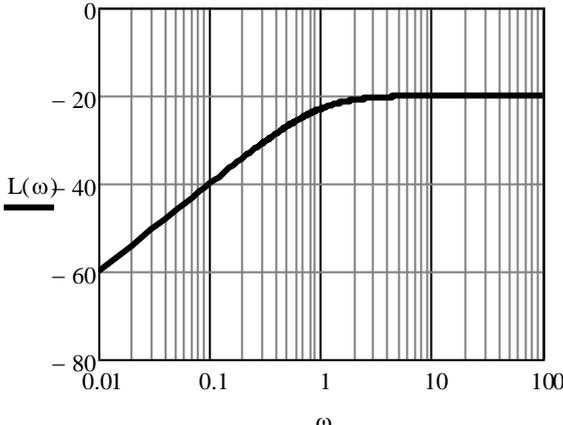
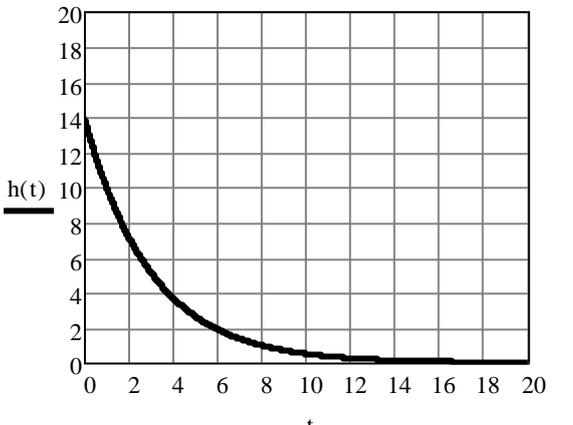
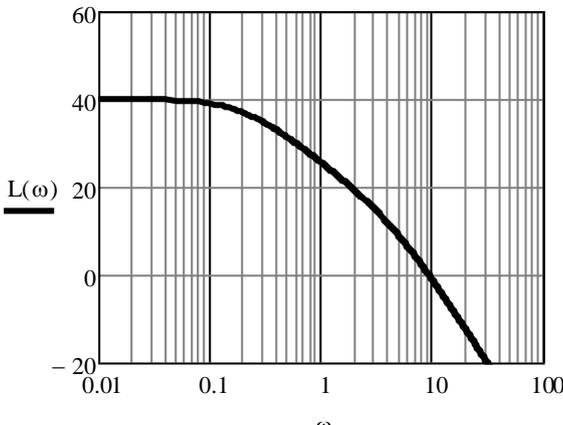
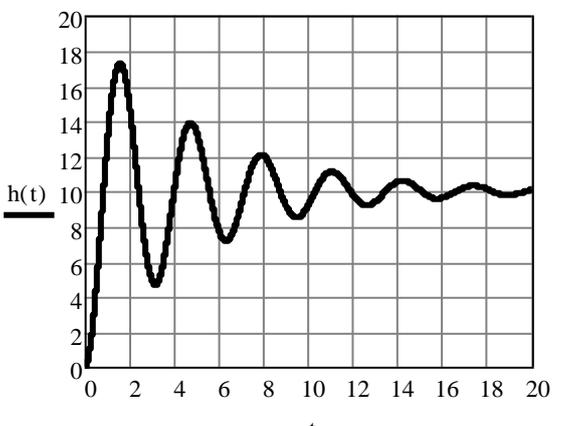
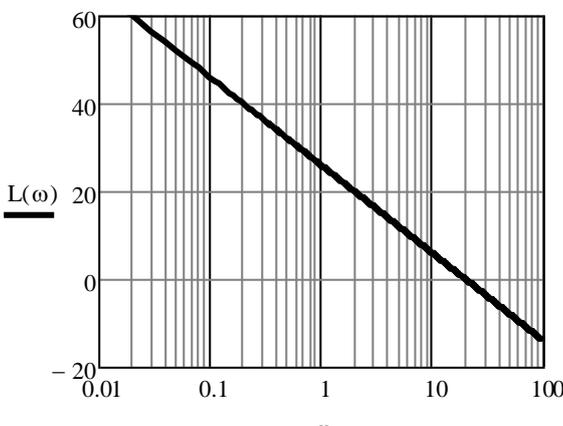
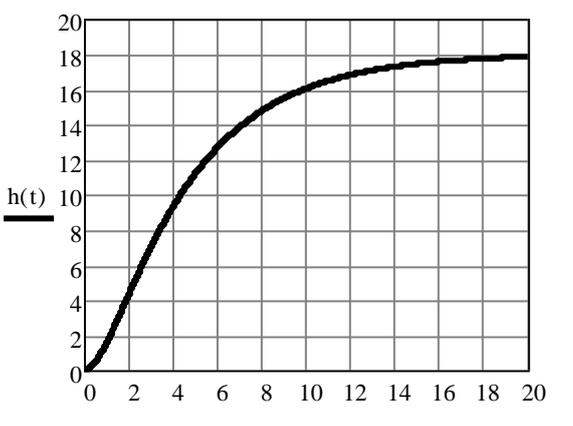
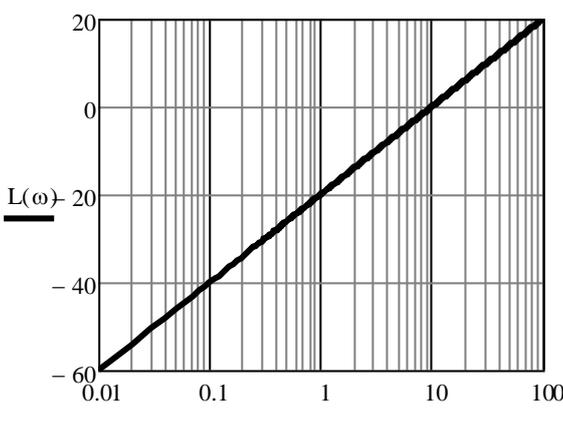
Вар.	Переходная характеристика $h_1(t)$	ЛАЧХ $L_2(\omega)$
17		
18		
19		
20		

Таблица 2 – Передаточные функции динамических звеньев

Вар.	Передаточная функция динамического звена
1	$W(p) = \frac{100}{p(1+2p)}$
2	$W(p) = \frac{10p}{(1+0,1p)(1+p)}$
3	$W(p) = \frac{2+0,1p}{(1+10p)(1+p)}$
4	$W(p) = \frac{8(1+2p)}{(1+0,3p)(1+10p)}$
5	$W(p) = \frac{100p}{(1+0,2p)(1+10p)}$
6	$W(p) = \frac{p+5}{p(4+p)}$
7	$W(p) = \frac{10(1+0,1p)}{p^2(1+p)}$
8	$W(p) = \frac{15p}{(1+0,1p)(1+0,2p)}$
9	$W(p) = \frac{3p}{2p^3 + 23p^2 + 31p + 4}$
10	$W(p) = \frac{54p}{3p^3 + 9p^2 + 9p + 3}$
11	$W(p) = \frac{1+0,2p}{p(1+2p)(1+0,5p)}$
12	$W(p) = \frac{6p}{p^3 + 13p^2 + 2p + 8}$
13	$W(p) = \frac{2(p+1)^2}{11p^2 + 13p + 4}$
14	$W(p) = \frac{p^2 + 5p + 1}{p(2p^2 + 14p + 20)}$
15	$W(p) = \frac{30p}{4p^3 + 10p^2 + 2}$
16	$W(p) = \frac{30(1+0,3p)}{p(1+0,1p)^2}$
17	$W(p) = \frac{5p^2 + 45p + 100}{p^3 + 13p^2 + 32p + 20}$
18	$W(p) = \frac{625p + 500}{17p^2 + 80p + 100}$
19	$W(p) = \frac{p^2 + 11p + 10}{2p^3 + 5p^2 + 2}$
20	$W(p) = \frac{100p + 10}{2p^3 + 4p^2 + 2p}$

Таблица 3 – Структурные схемы САУ (начало)

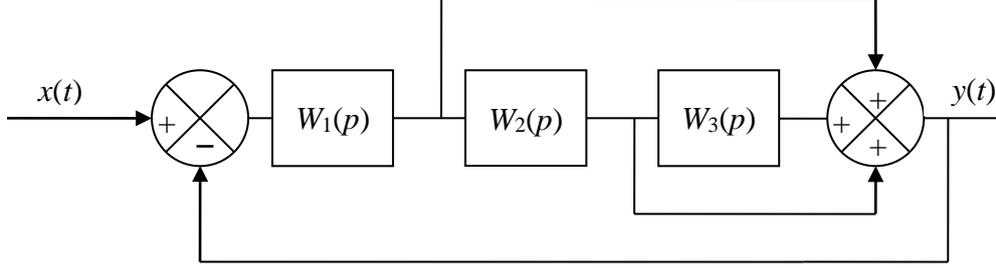
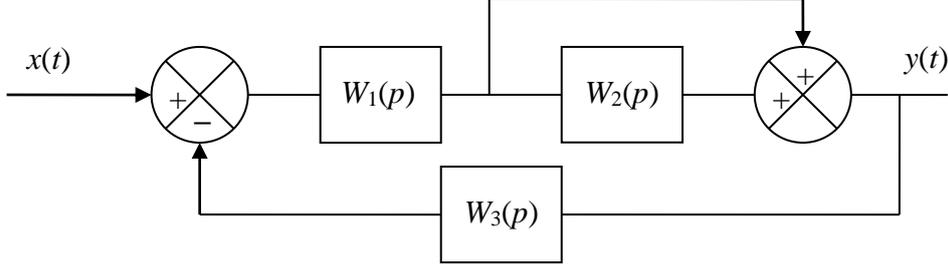
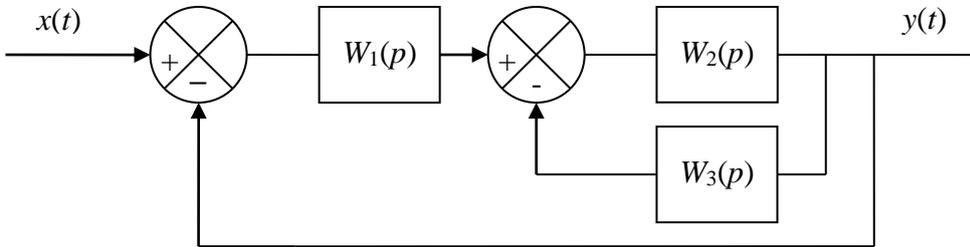
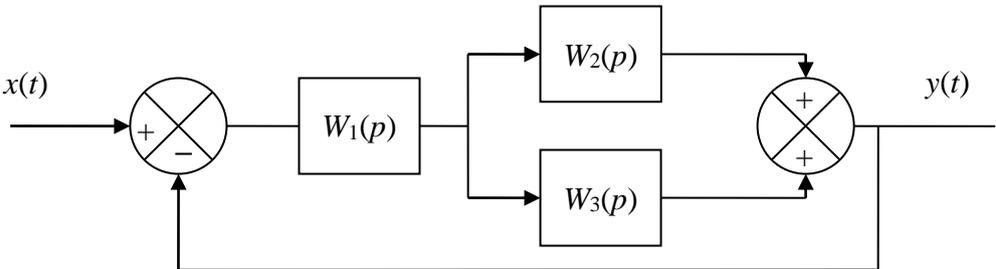
Вар.	Структурная схема САУ и передаточные функции ее блоков
1	 $W_1(p) = \frac{2}{1+p}, W_2(p) = \frac{p}{1+0,2p}, W_3(p) = \frac{10}{p}$
2	 $W_1(p) = \frac{1}{2(1+0,1p)}, W_2(p) = \frac{2p}{1+2p}, W_3(p) = 10$
3	 $W_1(p) = \frac{1}{1+0,1p}, W_2(p) = \frac{2}{1+p}, W_3(p) = 1,5$
4	 $W_1(p) = \frac{5}{1+p}, W_2(p) = \frac{1}{p}, W_3(p) = \frac{10p}{1+0,2p}$

Таблица 3 – Структурные схемы САУ (продолжение)

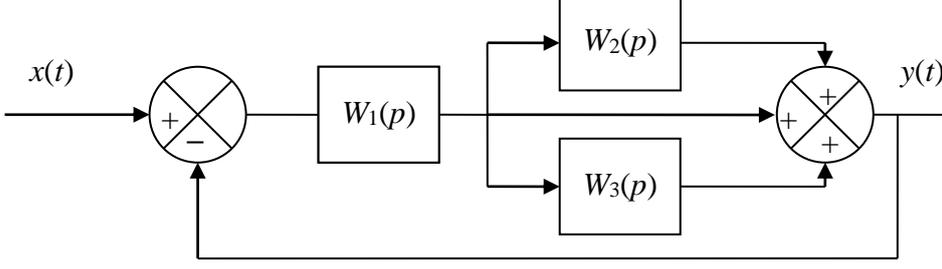
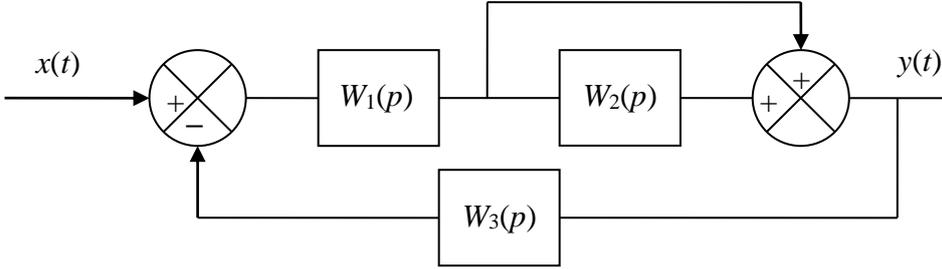
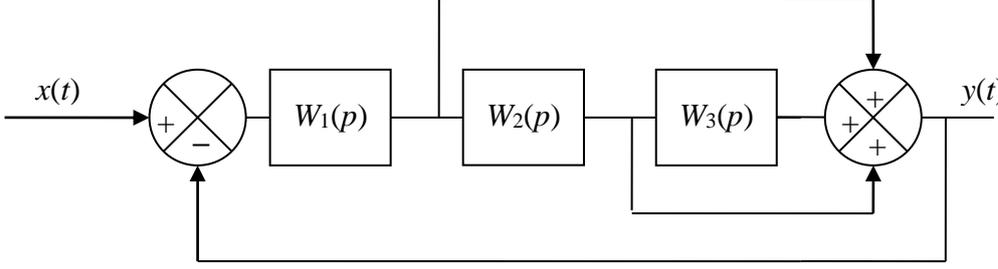
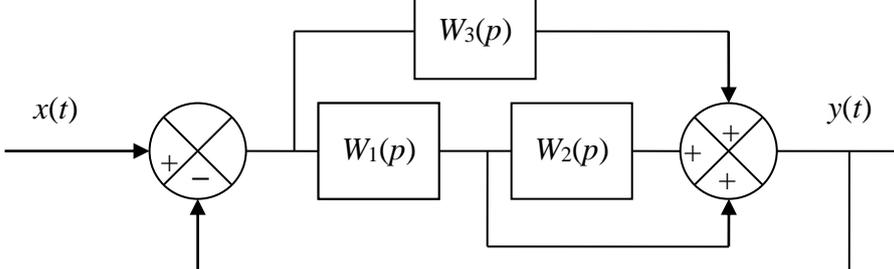
5	 $W_1(p) = \frac{10}{1+0,1p}, W_2(p) = \frac{1}{p}, W_3(p) = \frac{p}{1+p}$
6	 $W_1(p) = \frac{1}{p}, W_2(p) = \frac{20}{1+p}, W_3(p) = \frac{5}{p}$
7	 $W_1(p) = \frac{1}{p(1+p)}, W_2(p) = \frac{10}{1+p}, W_3(p) = \frac{1}{1+0,2p}$
8	 $W_1(p) = \frac{10}{1+2p}, W_2(p) = \frac{1}{p}, W_3(p) = p$

Таблица 3 – Структурные схемы САУ (продолжение)

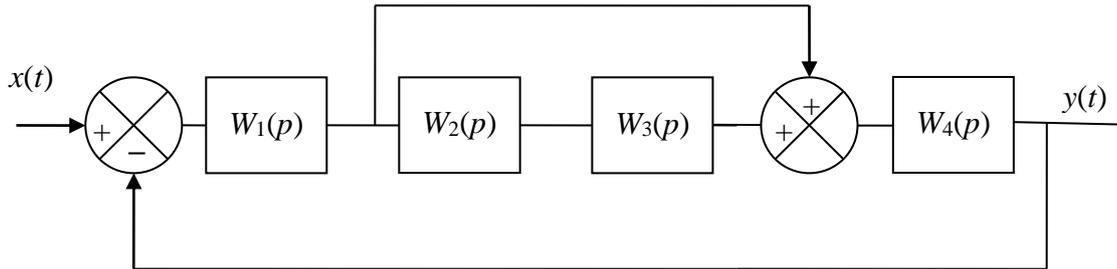
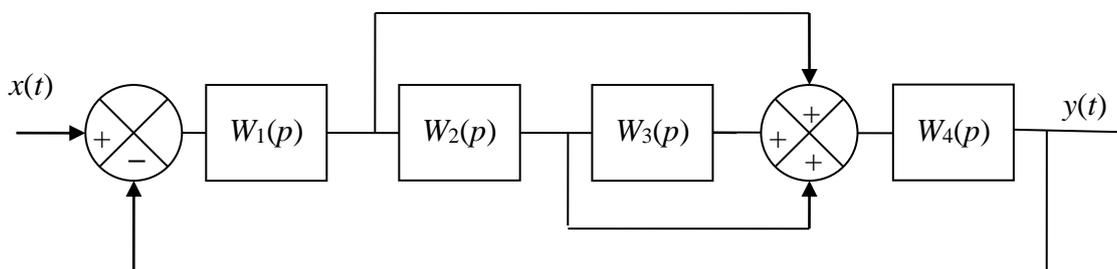
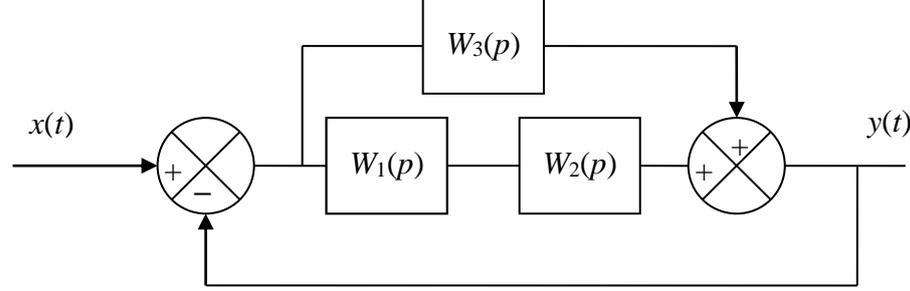
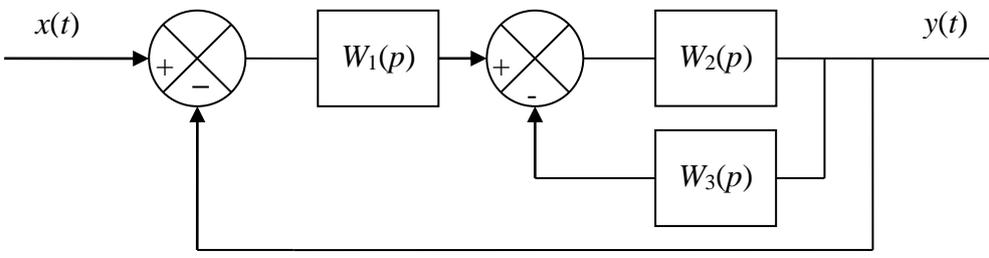
9	 $W_1(p) = \frac{1}{p(1+p)}, W_2(p) = \frac{10}{1+p}, W_3(p) = \frac{1}{1+p}, W_4(p) = \frac{1}{1+0,2p}$
10	 $W_1(p) = \frac{1}{p(1+p)}, W_2(p) = \frac{3}{1+0,3p}, W_3(p) = \frac{4}{1+0,2p}, W_4(p) = \frac{1}{1+0,2p}$
11	 $W_1(p) = \frac{1}{8p}, W_2(p) = \frac{2}{1+p}, W_3(p) = \frac{4}{1+0,5p}$
12	 $W_1(p) = \frac{0,5}{1+p}, W_2(p) = \frac{2}{p}, W_3(p) = \frac{1+p}{5p}$

Таблица 3 – Структурные схемы САУ (продолжение)

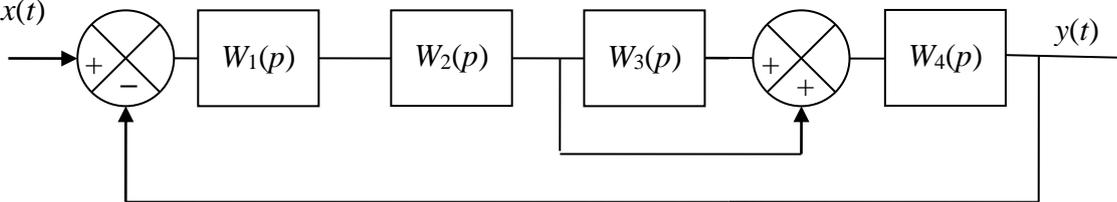
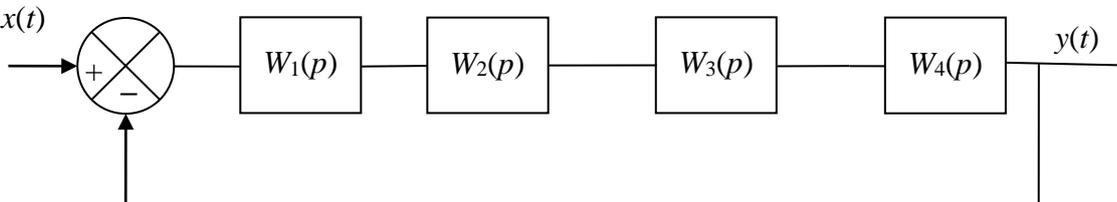
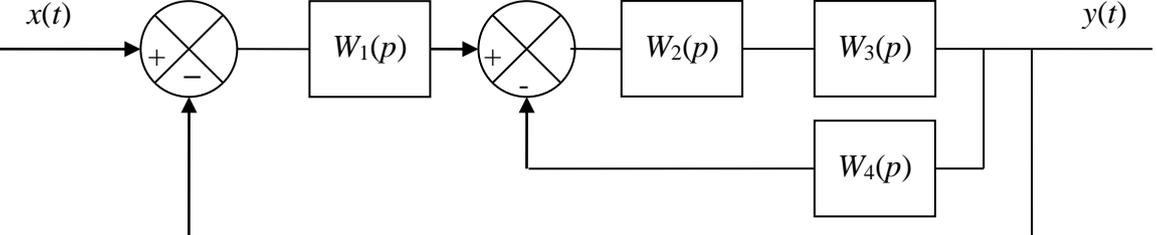
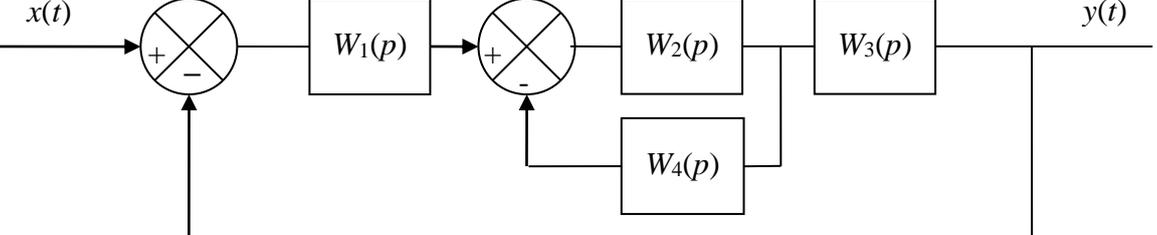
13	 $W_1(p) = \frac{1}{1+p}, W_2(p) = \frac{3}{1+0,3p}, W_3(p) = \frac{4}{1+0,2p}, W_4(p) = \frac{1}{p}$
14	 $W_1(p) = \frac{1}{1+p}, W_2(p) = 3, W_3(p) = \frac{4}{1+0,2p}, W_4(p) = \frac{1}{p(1+0,2p)}$
15	 $W_1(p) = \frac{0,5}{1+p}, W_2(p) = \frac{2}{p}, W_3(p) = 1+p, W_4(p) = p$
16	 $W_1(p) = \frac{0,5}{1+p}, W_2(p) = \frac{2}{p}, W_3(p) = 1+p, W_4(p) = 1$

Таблица 3 – Структурные схемы САУ (окончание)

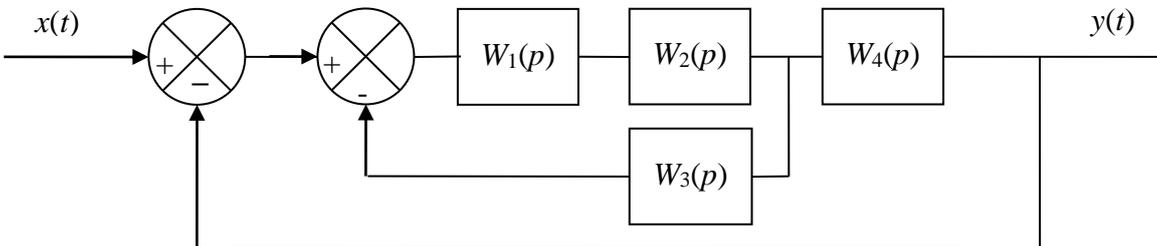
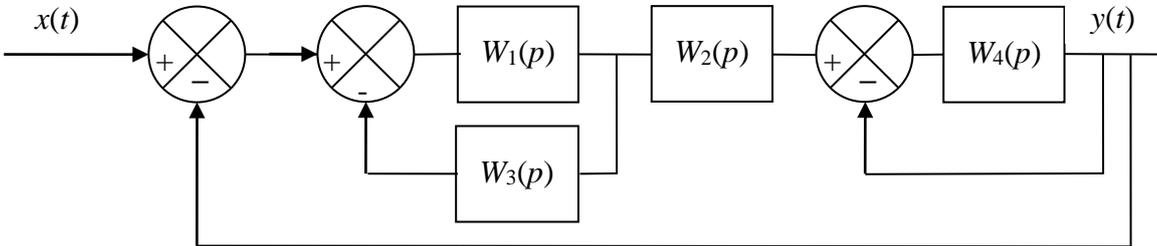
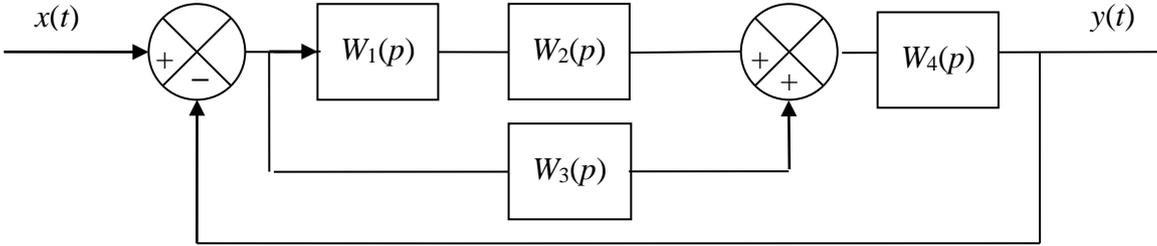
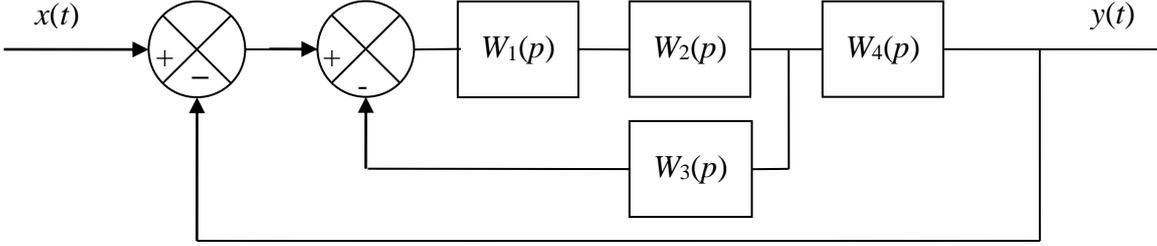
17	 $W_1(p) = \frac{0,5}{1+p}, W_2(p) = \frac{2}{p}, W_3(p) = 1+p, W_4(p) = \frac{1}{p}$
18	 $W_1(p) = \frac{0,5}{1+p}, W_2(p) = \frac{1}{p}, W_3(p) = 1, W_4(p) = \frac{1}{p}$
19	 $W_1(p) = \frac{1}{1+p}, W_2(p) = \frac{2}{p}, W_3(p) = p, W_4(p) = \frac{1}{p}$
20	 $W_1(p) = \frac{1}{1+0,1p}, W_2(p) = 1, W_3(p) = p, W_4(p) = \frac{1}{p}$

Таблица 4 – Передаточные функции САУ и типы задающих воздействий*

Вар.	Передаточная функция $W(p)$	$x_1(t)$	$x_2(t)$
1	$W(p) = \frac{2+p}{p^2}$	$x_1(t) = t+t^2$	$x_2(t) = 4 \cdot \sin(0.1 \cdot t)$
2	$W(p) = \frac{3}{p(1+0,2p)}$	$x_1(t) = 1(t)+5 \cdot t$	$x_2(t) = \sin(0.1 \cdot t)$
3	$W(p) = \frac{100}{p(1+5p)}$	$x_1(t) = 2 \cdot t$	$x_2(t) = 8 \cdot \sin(t+\pi/3)$
4	$W(p) = \frac{1+5p}{p^2(1+0,1p)}$	$x_1(t) = t+t^2$	$x_2(t) = 2 \cdot \sin(0.5 \cdot t)$
5	$W(p) = \frac{10(1+0,2p)}{(1+0,1p)(1+p)}$	$x_1(t) = 10$	$x_2(t) = 5 \cdot \sin(0.5 \cdot t)$
6	$W(p) = \frac{5(1+0,1p)}{p^2}$	$x_1(t) = 1(t)+2 \cdot t^2$	$x_2(t) = 5 \cdot \cos(t+\pi/3)$
7	$W(p) = \frac{3}{p(1+0,2p)}$	$x_1(t) = 1(t)+t$	$x_2(t) = 5 \cdot \sin(t+\pi/3)$
8	$W(p) = \frac{100}{(1+p+0,25p^2)}$	$x_1(t) = 10$	$x_2(t) = 2 \cdot \cos(0.2 \cdot t)$
9	$W(p) = \frac{1+p}{p(1+10p)}$	$x_1(t) = 1(t)$	$x_2(t) = 8 \cdot \cos(t+\pi/3)$
10	$W(p) = \frac{10p+1}{p(1+p)(1+0,5p)}$	$x_1(t) = 10$	$x_2(t) = 10 \cdot \cos(t+\pi/3)$
11	$W(p) = \frac{8}{p(1+0,3p)}$	$x_1(t) = 1(t)+3 \cdot t$	$x_2(t) = 2 \cdot \cos(t-\pi/3)$
12	$W(p) = \frac{(2p+1)^2}{p^2(1+0,4p)}$	$x_1(t) = 100t$	$x_2(t) = 2 \cdot \cos(0.2 \cdot t)$
13	$W(p) = \frac{4}{p(1+5p)}$	$x_1(t) = 1(t)+5 \cdot t$	$x_2(t) = \cos(0.2 \cdot t)$
14	$W(p) = \frac{100+10p}{p(1+2p)}$	$x_1(t) = 1(t)+2 \cdot t$	$x_2(t) = 2 \cdot \sin(0.1 \cdot t)$
15	$W(p) = \frac{2}{p}$	$x_1(t) = 1(t)+10 \cdot t$	$x_2(t) = 2 \cdot \cos(t+\pi/3)$
16	$W(p) = \frac{3(1+0,3p)}{p^2}$	$x_1(t) = 1(t)+2 \cdot t^2$	$x_2(t) = 3 \cdot \cos(t+\pi/3)$
17	$W(p) = \frac{(10p+5)}{p^2(1+p)}$	$x_1(t) = 1(t)+2 \cdot t^2$	$x_2(t) = 6 \cdot \sin(t+\pi/3)$
18	$W(p) = \frac{10}{p(1+0,2p)(1+0,01p)}$	$x_1(t) = 5 \cdot 1(t)+t$	$x_2(t) = 10 \cdot \cos(0.1 \cdot t)$
19	$W(p) = \frac{2+p}{p(1+p)(1+0,25p)}$	$x_1(t) = 100$	$x_2(t) = 2 \cdot \sin(t+\pi/3)$
20	$W(p) = \frac{20}{p(1+0,003p)(1+p)}$	$x_1(t) = 10 \cdot 1(t)$	$x_2(t) = 2 \cdot \cos(0.5 \cdot t)$

*Примечания. $1(t)$ – единичная ступенчатая функция (функция Хевисайда).

Задающие воздействия равны 0 при $t < 0$.

Библиографический список

Основная литература

1. Линейные системы автоматического управления. Учебное пособие. / А.Н. Герасимов, Н.Н. Григорьева, О.О. Жаринов и др. // Под ред. проф. А.Н. Герасимова. СПб, ГУАП, 2009. - 232 с.
2. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления. СПб, Профессия, 2004.
3. Мирошник И.В. Теория автоматического управления. Линейные системы. СПб, Питер, 2005.
4. Теория автоматического управления: учебное пособие. Ч.1 / М.В. Бураков; С.-Петерб. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - СПб: Изд-во ГУАП, 2013. – 254 с.
5. Ким Д.П. Теория автоматического управления. Ч. 1 Линейные системы. М.: Физматлит, 2003.

Дополнительная литература

1. Востриков А.С., Французова Г.А. Теория автоматического регулирования. М.: Высшая школа, 2004.
2. Методы классической и современной теории автоматического управления. В 5-ти томах. Под ред. К.А.Пупкова и Н.Д.Егупова. М.: МВТУ им. Н.Э.Баумана, 2004.
3. Радиоавтоматика/ Под ред. В.А.Бесекерского, М.: Высшая школа, 1985.
4. Проектирование электромеханических систем автоматического управления малой мощности: учебное пособие / Т.Г. Полякова, В.Ф. Шишлаков, Д.В. Шишлаков; С.-Петерб. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. – СПб: Изд-во ГУАП, 2013. - 197 с.

Интернет-ресурсы (полнотекстовые документы в открытом доступе)

1. Теория автоматического управления: учебное пособие / В.Ф. Дядик, С.А. Байдали, Н.С. Криницын; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. –196 с.
// URL: http://portal.tpu.ru/SHARED/d/DYADIK/study/tau/Tab/posobie_tau.pdf
2. Основы автоматического управления. Учебное пособие для обучающихся по направлению подготовки “Приборостроение” / Цыбрий И.К. Изд-во ФГОУ ВПО “Южный федеральный университет”. Ростов-на-Дону. 2008. - 178 с.
// URL: http://iitt.fvt.sfedu.ru/files/documents/up/UP_OAU.pdf
3. Сборник задач по теории автоматического управления: учебно-методическое пособие для студентов технических специальностей / сост. В.А. Бороденко. – Павлодар: Кереку, 2009. –112с.
// URL: http://knigainformatika.com/rule/Borodenko_zadania_TAU.pdf
4. StudFiles. Файловый архив студентов. Теория автоматического управления.
// URL: <https://studfiles.net/preview/6360770/>