

Разработка и реализация моделей задач систем управления технологическими процессами

Цель работы - ознакомиться с основными приемами моделирования систем управления в программе VisSim.

Порядок выполнения работы

1. Важным элементом ходового оборудования многих землеройно-транспортных машин является балансированная тележка, которая состоит из пары колесных мостов, шарнирно соединенных между собой на оси крепления. Важной частью балансированной тележки является колесо, передающее возмущающие воздействия от неровностей микрорельефа к оси. Динамические свойства колеса представлены передаточной функцией:

$$W_K = \frac{K}{T_{1K}^2 p^2 + T_{2K} p + 1},$$

где K – коэффициент передачи; T_{1K} и T_{2K} – постоянные времени передаточной функции, зависящие от диаметра колеса и жесткости шин.

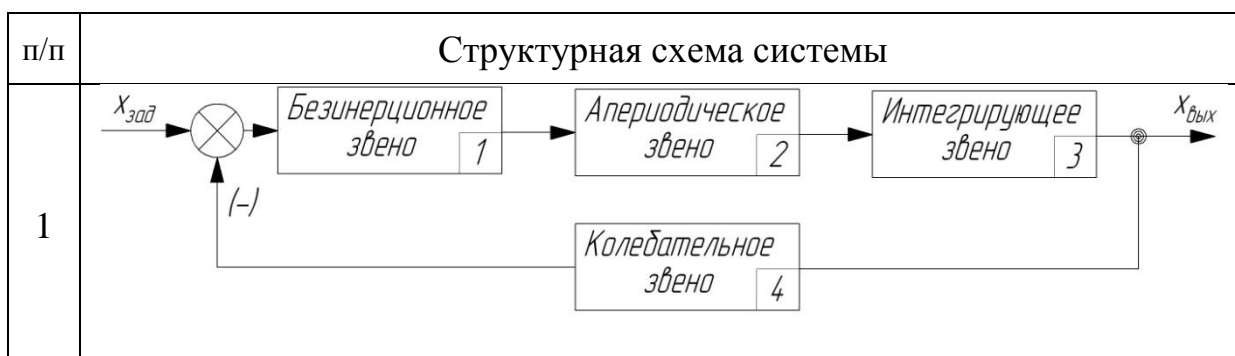
а) Каким типовым динамическим звеном представлена модель колеса?

б) Для заданных численных значений параметров передаточной функции ($K=1$, $T_{1K}^2 = 0,001$, $T_{2K} = 0,08$) получить переходную характеристику системы и определить показатели качества.

в) Для заданных численных значений параметров передаточной функции ($K=1$, $T_{1K}^2 = 0,001$, $T_{2K} = 0,08$) построить АЧХ, ФЧХ, АФЧХ.

2. Задана структурная схема системы (таблица 1). Она состоит из нескольких типовых динамических звеньев. Требуется найти выражение передаточной функции $W(p) = \frac{x_{вых}(p)}{x_{вх}(p)} = \frac{B(p)}{A(p)}$ системы, применяя правила структурных преобразований. Провести моделирование системы, представленной передаточной функцией, в VisSim.

Таблица 1- Варианты задания



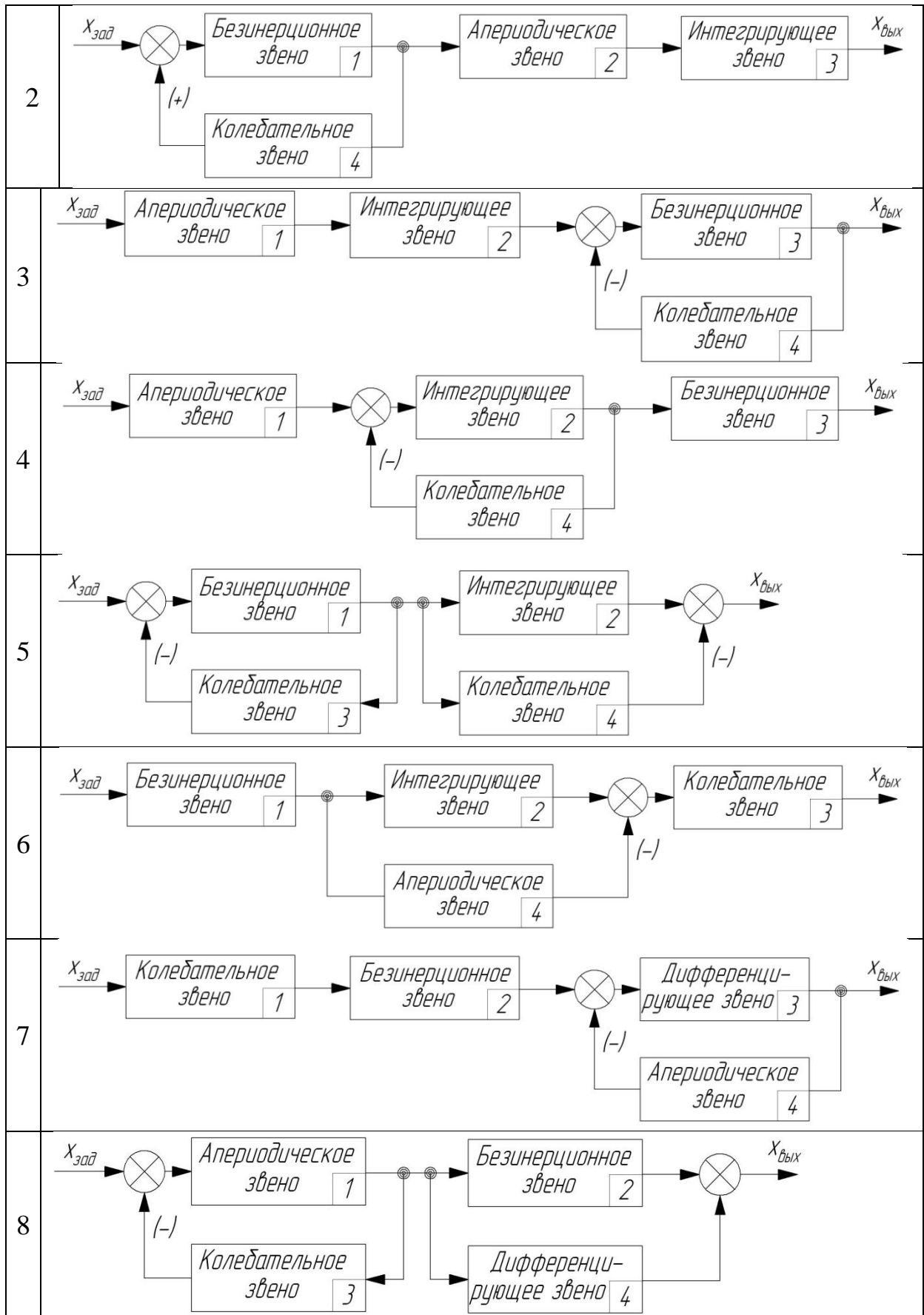
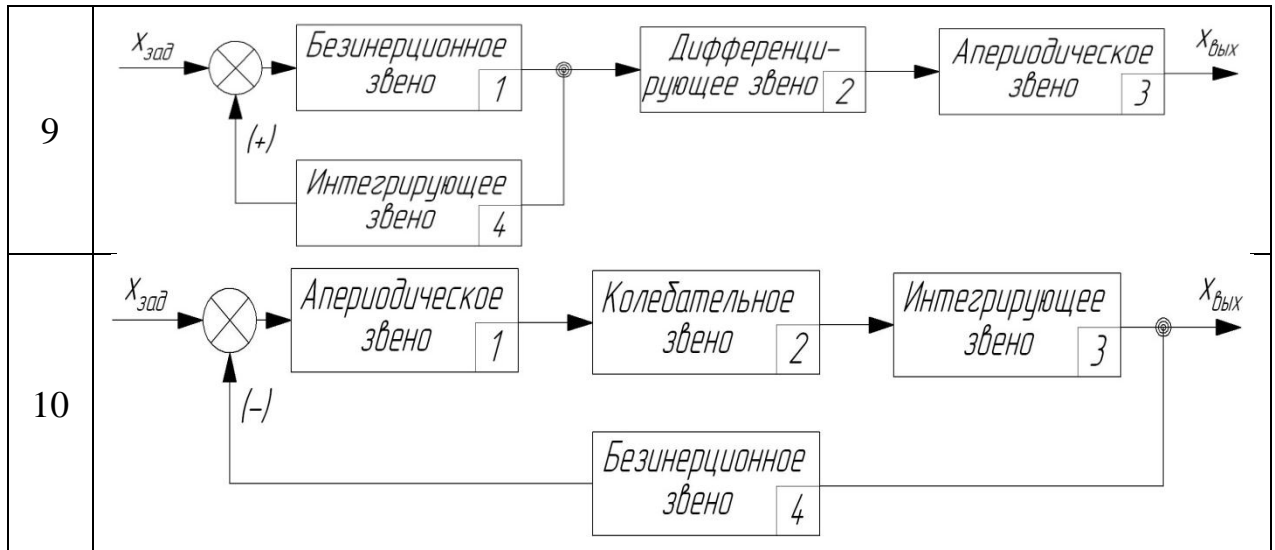


Таблица 1- Продолжение



3. Решить дифференциальное уравнение аналитическим и операторным методом. Результаты представить в виде таблицы и графика. Представить графический результат моделирования неоднородного дифференциального уравнения в VisSim. Построить АФЧХ, АЧХ, ФЧХ.

Варианты заданий

1. $y'' - 4y' + 3y = 5$ 2. $y'' + 3y' + 2y = 5$ 3. $y'' + 6y' + 5y = 3$
 4. $y'' + 2y' + y = 4$ 5. $y'' - 7y' + 12y = 5$ 6. $y'' - 6y' + 9y = 3$
 7. $y'' - 4y' + 4y = 6$ 8. $y'' + 2y' + 10y = 3$ 9. $y'' - 2y' - y = 4$
 10. $y'' - 8y' + 7y = 6$

Начальные условия:

$y(0) = 0; \quad y'(0) = 0.$

4. Вывести формулу передаточной функции по заданному дифференциальному уравнению. Провести моделирование системы, представленной передаточной функцией, в VisSim

Варианты заданий

1. $6 \frac{d^3}{dt^3} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 4 \frac{d^2}{dt^2} x_{\text{ВЫХ}}(t) - 10 \frac{d}{dt} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 4x_{\text{ВЫХ}}(t) = 2 \frac{d^4}{dt^4} x_{\text{ВХ}}(t) + 10 \frac{d^2}{dt^2} x_{\text{ВХ}}(t)$
 2. $9 \frac{d^4}{dt^4} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 6 \frac{d^2}{dt^2} x_{\text{ВЫХ}}(t) - 3 \frac{d}{dt} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 30x_{\text{ВЫХ}}(t) = 9 \frac{d^3}{dt^3} x_{\text{ВХ}}(t) - 6 \frac{d}{dt} x_{\text{ВХ}}(t)$
 3. $14 \frac{d^5}{dt^5} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 7 \frac{d^2}{dt^2} x_{\text{ВЫХ}}(t) - 14 \frac{d}{dt} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 7x_{\text{ВЫХ}}(t) = 7 \frac{d^2}{dt^2} x_{\text{ВХ}}(t)$
 4. $60 \frac{d^4}{dt^4} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 16 \frac{d^2}{dt^2} x_{\text{ВЫХ}}(t) - \frac{d}{dt} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 4x_{\text{ВЫХ}}(t) = -4 \frac{d^2}{dt^2} x_{\text{ВХ}}(t) + 4x_{\text{ВХ}}(t)$

$$\begin{aligned}
5. & 15 \frac{d^6}{dt^6} x_{\text{ВЫХ}}(t) - 9 \frac{d^3}{dt^3} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 12 \frac{d}{dt} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 3x_{\text{ВЫХ}}(t) = 6 \frac{d^2}{dt^2} x_{\text{ВХ}}(t) \\
6. & 4 \frac{d^4}{dt^4} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 8 \frac{d^2}{dt^2} x_{\text{ВЫХ}}(t) - \frac{d}{dt} x_{\text{ВЫХ}}(t) = 60 \frac{d^2}{dt^2} x_{\text{ВХ}}(t) + 12 \frac{d}{dt} x_{\text{ВХ}}(t) \\
7. & 22 \frac{d^4}{dt^4} x_{\text{ВЫХ}}(t) - 33 \frac{d^3}{dt^3} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 11 \frac{d^2}{dt^2} x_{\text{ВЫХ}}(t) + x_{\text{ВЫХ}}(t) = \\
& 44 \frac{d^3}{dt^3} x_{\text{ВХ}}(t) + x_{\text{ВХ}}(t) \\
8. & 12 \frac{d^5}{dt^5} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 6 \frac{d^2}{dt^2} x_{\text{ВЫХ}}(t) - 12 \frac{d}{dt} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 12x_{\text{ВЫХ}}(t) = \\
& 2 \frac{d^4}{dt^4} x_{\text{ВХ}}(t) + 4x_{\text{ВХ}}(t) \\
9. & 20 \frac{d^3}{dt^3} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 16 \frac{d^2}{dt^2} x_{\text{ВЫХ}}(t) - 12 \frac{d}{dt} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 4x_{\text{ВЫХ}}(t) = \\
& - \frac{d^3}{dt^3} x_{\text{ВХ}}(t) + 4x_{\text{ВХ}}(t) \\
10. & 15 \frac{d^5}{dt^5} x_{\text{ВЫХ}}(t) - 90 \frac{d^3}{dt^3} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 12 \frac{d}{dt} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 30x_{\text{ВЫХ}}(t) = \\
& 6 \frac{d}{dt} x_{\text{ВХ}}(t)
\end{aligned}$$

5. Определите тип звена и его параметры по заданному дифференциальному уравнению. Провести моделирование системы, представленной передаточной функцией, в VisSim

Варианты заданий

$$\begin{aligned}
1. & 6 \frac{d^2}{dt^2} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 12 \frac{d}{dt} x_{\text{ВЫХ}}(t) = 48x_{\text{ВХ}}(t) \\
2. & 30 \frac{d^2}{dt^2} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 120x_{\text{ВЫХ}}(t) = 60x_{\text{ВХ}}(t) \\
3. & 8 \frac{d^2}{dt^2} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 10 \frac{d}{dt} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 16x_{\text{ВЫХ}}(t) = 72x_{\text{ВХ}}(t) \\
4. & 3 \frac{d^2}{dt^2} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 15 \frac{d}{dt} x_{\text{ВЫХ}}(t) = 300x_{\text{ВХ}}(t) \\
5. & 250 \frac{d^2}{dt^2} x_{\text{ВЫХ}}(t) + \frac{d}{dt} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 5x_{\text{ВЫХ}}(t) = 500x_{\text{ВХ}}(t) \\
6. & 2 \frac{d}{dt} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 4x_{\text{ВЫХ}}(t) = 6x_{\text{ВХ}}(t) \\
7. & 40 \frac{d}{dt} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 20x_{\text{ВЫХ}}(t) = 80x_{\text{ВХ}}(t) \\
8. & 45 \frac{d}{dt} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 90x_{\text{ВЫХ}}(t) = 180x_{\text{ВХ}}(t) \\
9. & 300 \frac{d}{dt} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 6x_{\text{ВЫХ}}(t) = 24x_{\text{ВХ}}(t) \\
10. & 5 \frac{d}{dt} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 25x_{\text{ВЫХ}}(t) = 250x_{\text{ВХ}}(t)
\end{aligned}$$

6. Нарисовать амплитудно-частотную характеристику (АЧХ) для звена по заданному дифференциальному уравнению.

Варианты заданий

$$1. 50 \frac{d}{dt} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 100x_{\text{ВЫХ}}(t) = 50 \frac{d}{dt} x_{\text{ВХ}}(t)$$

2. $60 \frac{d}{dt} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 30x_{\text{ВЫХ}}(t) = 90 \frac{d}{dt} x_{\text{ВХ}}(t)$
3. $10 \frac{d}{dt} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 100x_{\text{ВЫХ}}(t) = 1000 \frac{d}{dt} x_{\text{ВХ}}(t)$
4. $100 \frac{d}{dt} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 10x_{\text{ВЫХ}}(t) = 100 \frac{d}{dt} x_{\text{ВХ}}(t)$
5. $25 \frac{d}{dt} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 50x_{\text{ВЫХ}}(t) = 100 \frac{d}{dt} x_{\text{ВХ}}(t)$
6. $30 \frac{d}{dt} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 120x_{\text{ВЫХ}}(t) = 60 \frac{d}{dt} x_{\text{ВХ}}(t)$
7. $20 \frac{d}{dt} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 40x_{\text{ВЫХ}}(t) = 80 \frac{d}{dt} x_{\text{ВХ}}(t)$
8. $80 \frac{d}{dt} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 20x_{\text{ВЫХ}}(t) = 40 \frac{d}{dt} x_{\text{ВХ}}(t)$
9. $20 \frac{d}{dt} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 80x_{\text{ВЫХ}}(t) = 60 \frac{d}{dt} x_{\text{ВХ}}(t)$
10. $20 \frac{d}{dt} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 10x_{\text{ВЫХ}}(t) = 60 \frac{d}{dt} x_{\text{ВХ}}(t)$

7. Нарисовать фазо-частотную характеристику (ФЧХ) для звена по заданному дифференциальному уравнению.

Варианты заданий

1. $20 \frac{d}{dt} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 80x_{\text{ВЫХ}}(t) = 60x_{\text{ВХ}}(t)$
2. $20 \frac{d}{dt} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 10x_{\text{ВЫХ}}(t) = 60x_{\text{ВХ}}(t)$
3. $15 \frac{d}{dt} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 30x_{\text{ВЫХ}}(t) = 60x_{\text{ВХ}}(t)$
4. $40 \frac{d}{dt} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 20x_{\text{ВЫХ}}(t) = 80x_{\text{ВХ}}(t)$
5. $45 \frac{d}{dt} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 90x_{\text{ВЫХ}}(t) = 180x_{\text{ВХ}}(t)$
6. $60 \frac{d^2}{dt^2} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 30 \frac{d}{dt} x_{\text{ВЫХ}}(t) = 90x_{\text{ВХ}}(t)$
7. $10 \frac{d^2}{dt^2} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 100 \frac{d}{dt} x_{\text{ВЫХ}}(t) = 1000x_{\text{ВХ}}(t)$
8. $100 \frac{d^2}{dt^2} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 10 \frac{d}{dt} x_{\text{ВЫХ}}(t) = 100x_{\text{ВХ}}(t)$
9. $20 \frac{d^2}{dt^2} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 40 \frac{d}{dt} x_{\text{ВЫХ}}(t) = 80x_{\text{ВХ}}(t)$
10. $80 \frac{d^2}{dt^2} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 20 \frac{d}{dt} x_{\text{ВЫХ}}(t) = 40x_{\text{ВХ}}(t)$

8. Нарисовать годограф для звена по заданному дифференциальному уравнению.

Варианты заданий

1. $20 \frac{d}{dt} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 40x_{\text{ВЫХ}}(t) = 60x_{\text{ВХ}}(t)$
2. $25 \frac{d}{dt} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 50x_{\text{ВЫХ}}(t) = 100x_{\text{ВХ}}(t)$
3. $50 \frac{d}{dt} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 100x_{\text{ВЫХ}}(t) = 50x_{\text{ВХ}}(t)$
4. $60 \frac{d}{dt} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 30x_{\text{ВЫХ}}(t) = 90x_{\text{ВХ}}(t)$
5. $10 \frac{d}{dt} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 100x_{\text{ВЫХ}}(t) = 1000x_{\text{ВХ}}(t)$

6. $40 \frac{d}{dt} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 20x_{\text{ВЫХ}}(t) = 80x_{\text{ВХ}}(t)$
 7. $45 \frac{d}{dt} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 90x_{\text{ВЫХ}}(t) = 180x_{\text{ВХ}}(t)$
 8. $360 \frac{d}{dt} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 120x_{\text{ВЫХ}}(t) = 600x_{\text{ВХ}}(t)$
 9. $30 \frac{d}{dt} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 120x_{\text{ВЫХ}}(t) = 60x_{\text{ВХ}}(t)$
 10. $20 \frac{d}{dt} x_{\text{ВЫХ}}(t) + 10x_{\text{ВЫХ}}(t) = 60x_{\text{ВХ}}(t)$

9. Нарисовать переходный процесс для звена заданного типа с заданными параметрами.

Вариант	Тип звена	k	T , сек
1	Дифференцирующее звено	10	2
2	Дифференцирующее звено	15	5
3	Апериодическое звено	20	10
4	Интегрирующее звено	12	6
5	Дифференцирующее звено	25	50
6	Апериодическое звено	10	2
7	Интегрирующее звено	15	5
8	Дифференцирующее звено	20	10
9	Апериодическое звено	12	6
10	Интегрирующее звено	25	50

10. Нарисовать переходный процесс для системы, заданной на рисунке.

Вариант	Система
1	$X_{\text{ВХ}} \rightarrow \left[\frac{0,01}{p(10p+1)} \right] \rightarrow \left[\frac{10}{p(0,1p+1)} \right] \rightarrow X_{\text{ВЫХ}}$
2	$X_{\text{ВХ}} \rightarrow \left[\frac{100}{10p+1} \right] \rightarrow \left[\frac{10}{p+1} \right] \rightarrow X_{\text{ВЫХ}}$
3	$X_{\text{ВХ}} \rightarrow \left[\frac{0,1}{p+1} \right] \rightarrow \left[\frac{1}{p(0,1p+1)} \right] \rightarrow X_{\text{ВЫХ}}$
4	$X_{\text{ВХ}} \rightarrow \left[\frac{1}{0,1p+1} \right] \rightarrow \left[10p \right] \rightarrow X_{\text{ВЫХ}}$
5	$X_{\text{ВХ}} \rightarrow \left[\frac{100}{10p+1} \right] \rightarrow \left[\frac{p}{0,1p+1} \right] \rightarrow X_{\text{ВЫХ}}$
6	$X_{\text{ВХ}} \rightarrow \left[\frac{10}{p(0,1p+1)} \right] \rightarrow \left[\frac{p}{10p+1} \right] \rightarrow X_{\text{ВЫХ}}$

7	$X_{\text{ВХ}} \rightarrow \left[\frac{1}{p(10p+1)} \right] \rightarrow \left[\frac{100}{p(p+1)} \right] \rightarrow X_{\text{ВЫХ}}$
8	$X_{\text{ВХ}} \rightarrow \left[\frac{100}{p(p+1)} \right] \rightarrow [1000p] \rightarrow X_{\text{ВЫХ}}$
9	$X_{\text{ВХ}} \rightarrow \left[\frac{10p}{p+1} \right] \rightarrow \left[\frac{100}{0,1p+1} \right] \rightarrow X_{\text{ВЫХ}}$
10	$X_{\text{ВХ}} \rightarrow \left[\frac{1}{10p+1} \right] \rightarrow \left[\frac{10}{p} \right] \rightarrow X_{\text{ВЫХ}}$

11. Нарисовать АЧХ для параллельного соединения двух звеньев заданного типа с заданными параметрами.

Вариант	Система
1	
2	
3	
4	
5	

6	
7	
8	
9	
10	

Контрольные вопросы

1. Типы систем автоматического управления.
2. Управление технологическими процессами.
3. Типовые функциональные схемы
4. Режимы работы систем управления (принципы управления)
5. Переходный режим работы систем управления.
6. Динамические характеристики систем
7. Что такое переходная функция систем управления?
8. Дать определение линейной системы управления.
9. Что такое передаточная функция объекта управления?
10. Типовые звенья математических моделей.
11. Передаточная функция системы