

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
КУРГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Кафедра автоматизации производственных процессов

**«Моделирование дискретных объектов
в программном продукте «VISSIM»**

Методические указания
к выполнению лабораторной работы
для студентов очной и заочной форм обучения
по дисциплинам «Моделирование систем управления» и
«Моделирование систем и процессов»
направления 27.03.04 «Управление в технических системах»,
направления 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и
производств»

Курган 2017

Кафедра автоматизации производственных процессов

Курс: «Моделирование систем управления»

«Моделирование систем и процессов»

Составил: канд. техн. наук, доц. Лебединский Б.П.

Утверждены на заседании кафедры « 31 » августа 2017 г.

Рекомендованы методическим советом университета «12» декабря 2016 г.

Цель работы: изучение методов перехода от непрерывных моделей к дискретным моделям, составление схем моделирования и выбор величин шага дискретизации.

Для объектов, функционирование которых по тем или иным причинам представляется для дискретного времени $t_k = k\tau_r$ (в данном случае τ_r – интервал дискретизации, k – целое положительное число), т. е. для дискретных объектов, наиболее общим видом описания является разностное уравнение

$$y_k + a_1 y_{k-1} + \dots + a_{na} y_{k-na} = b_1 u_k + b_2 u_{k-1} + b_3 u_{k-2} + \dots + b_{nb} u_{k-nb+1},$$

где

$$y_{k-i} = y[(k-i)\tau_r], u_{k-j} = u[(k-j)\tau_r].$$

Это уравнение выполняет ту же роль, что и дифференциальное уравнение при описании непрерывных объектов (т. е. разностное уравнение является своего рода «дискретным аналогом» дифференциального уравнения).

Связь между сигналами может быть отражена через дискретную передаточную функцию

$$W(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{B(z)}{A(z)},$$

которая определяется на основании разностного уравнения после применения к обеим частям этого уравнения Z -преобразования:

$$(1 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2} + \dots + a_{na} z^{-na})Y(z) = (b_1 + b_2 z^{-1} + b_3 z^{-2} + \dots + b_{nb} z^{-nb+1})U(z).$$

Существуют различные методы перехода от непрерывных моделей к дискретным моделям:

1) с заменой производных в дифференциальном уравнении, описывающем непрерывный объект, разностями:

$$\frac{dy(t)}{dt} \approx \frac{y_k - y_{k-1}}{T}, \quad \frac{d^2 y(t)}{dt^2} \approx \frac{y_k - 2y_{k-1} + y_{k-2}}{T^2} \text{ и т. д.};$$

2) с применением Z -преобразования;

3) с заменой $\frac{1}{p} = \frac{\tau_r}{2} \cdot \frac{z+1}{z-1}$ (метод Тастина или метод трапеций), т. е.

$$W(p) \Big|_{\frac{1}{p} = \frac{\tau_r}{2} \cdot \frac{z+1}{z-1}} \rightarrow W(z);$$

4) с заменой $\frac{1}{p} = \frac{\tau_r}{z-1}$ (метод прямоугольников с недостатком), т. е.

$$W(p) \Big|_{\frac{1}{p} = \frac{\tau_r}{z-1}} \rightarrow W(z);$$

5) с заменой $\frac{1}{p} = \frac{\tau_r z}{z-1}$ (метод прямоугольников с избытком), т. е.

$$W(p) \Big|_{\frac{1}{p} = \frac{\tau_r z}{z-1}} \rightarrow W(z);$$

б) корневые методы (метод Z-преобразования, метод Цыпкина-Гольдинберга и метод Рогазини-Бергана).

Отметим, что множитель $z^{-1} = e^{-pT}$ представляет собой оператор задержки, т.е. $z^{-1}u_k = u_{k-1}$, $z^{-2}u_k = u_{k-2}$ и т. д.

Конкретный метод в данной лабораторной работе выбирается в соответствии с таблицами 1 и 2.

Пример. Пусть имеется динамическое звено, передаточная функция которого имеет вид

$$W(p) = \frac{k}{T p + 1} \text{ (инерционное звено).}$$

Осуществим переход к дискретной передаточной функции, используя метод Тастина. Получим разностное уравнение, которое реализуем в программном продукте VisSim.

Выделим интегрирующие звенья в передаточной функции $W(p)$

$$W(p) = \frac{K}{T p + 1} = \frac{\frac{K}{p}}{T + \frac{1}{p}}.$$

Произведём замену $\frac{1}{p} = \frac{\tau_r}{2} \cdot \frac{z+1}{z-1}$, тогда получим $W(z)$, которая будет иметь следующий вид

$$W(z) = \frac{K \cdot \frac{\tau_r}{2} \cdot \frac{z+1}{z-1}}{T + \frac{\tau_r}{2} \cdot \frac{z+1}{z-1}}.$$

Произведём преобразования над $W(z)$

$$W(z) = \frac{K \cdot \frac{\tau_r}{2} \cdot \frac{z+1}{z-1} \cdot \frac{1}{T}}{T + \frac{\tau_r}{2} \cdot \frac{z+1}{z-1} \cdot \frac{1}{T}} = \frac{K \cdot \frac{\tau_r}{2} \cdot \frac{z+1}{z-1}}{1 + \frac{\tau_r}{2T} \cdot \frac{z+1}{z-1}} = \frac{\frac{K \tau_r}{2T} \cdot (z+1)}{z-1 + \frac{\tau_r}{2T} \cdot (z+1)} = \frac{\frac{K \tau_r}{2T} \cdot (z+1)}{z \cdot (1 + \frac{\tau_r}{2T}) - (1 - \frac{\tau_r}{2T})} \cdot \frac{1}{z(1 + \frac{\tau_r}{2T})} =$$

$$= \frac{\frac{K\tau_r}{2T} \cdot (1+z^{-1})}{1 + \frac{\tau_r}{2T}} = \frac{B(1+z^{-1})}{1 - Az^{-1}}, \quad \text{где} \quad A = \frac{1 - \frac{\tau_r}{2T}}{1 + \frac{\tau_r}{2T}}, \quad B = \frac{K \frac{\tau_r}{2T}}{1 + \frac{\tau_r}{2T}} \quad - \quad \text{ПОСТОЯННЫЕ}$$

коэффициенты.

Итак, дискретная передаточная функция $W(z)$ имеет следующий вид

$$W(z) = \frac{B(1+z^{-1})}{1 - Az^{-1}} = \frac{Y}{X}.$$

На основании последнего выражения получим разностное уравнение

$$Y(1 - Az^{-1}) = BX(1 + z^{-1}),$$

$$Y_m - AY_{m-1} = B(X_m + X_{m-1}),$$

$$Y_m = B(X_m + X_{m-1}) + AY_{m-1}.$$

Полученному разностному уравнению соответствует схема моделирования, приведённая на рисунке 1. Коэффициенты A и B приведены на рисунке 2.

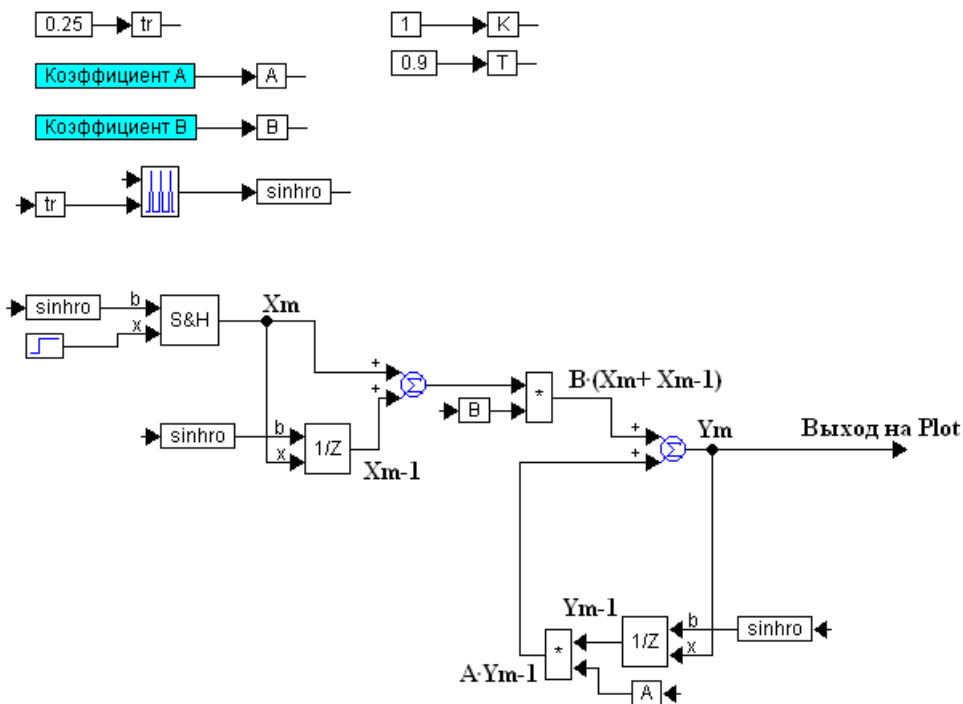


Рисунок 1 – Схема моделирования

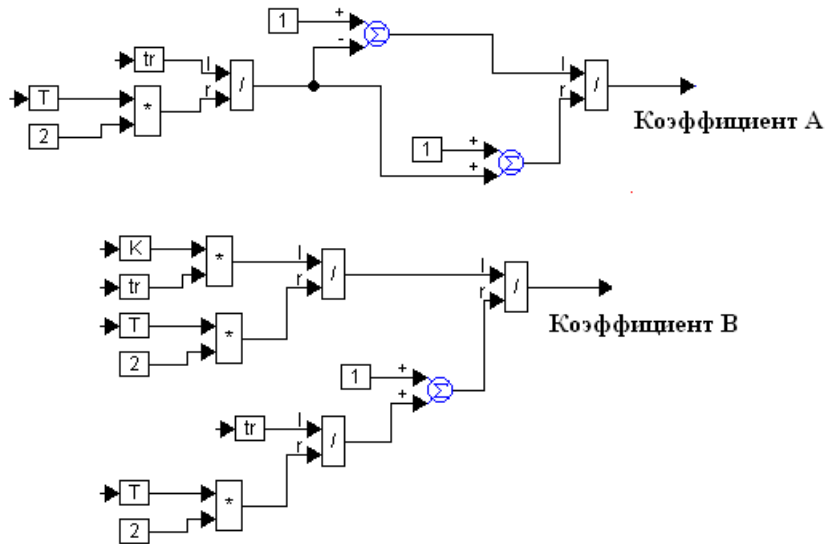


Рисунок 2 – Коэффициенты А и В

Пронаблюдаем переходный процесс при шаге дискретизации $\tau_r = 0.25$. В данном случае $K = 1$ и $T = 0.9$. При этом на блок инерционного звена подадим единичную ступенчатую функцию и также наблюдаем переходный процесс (см. рис. 3).

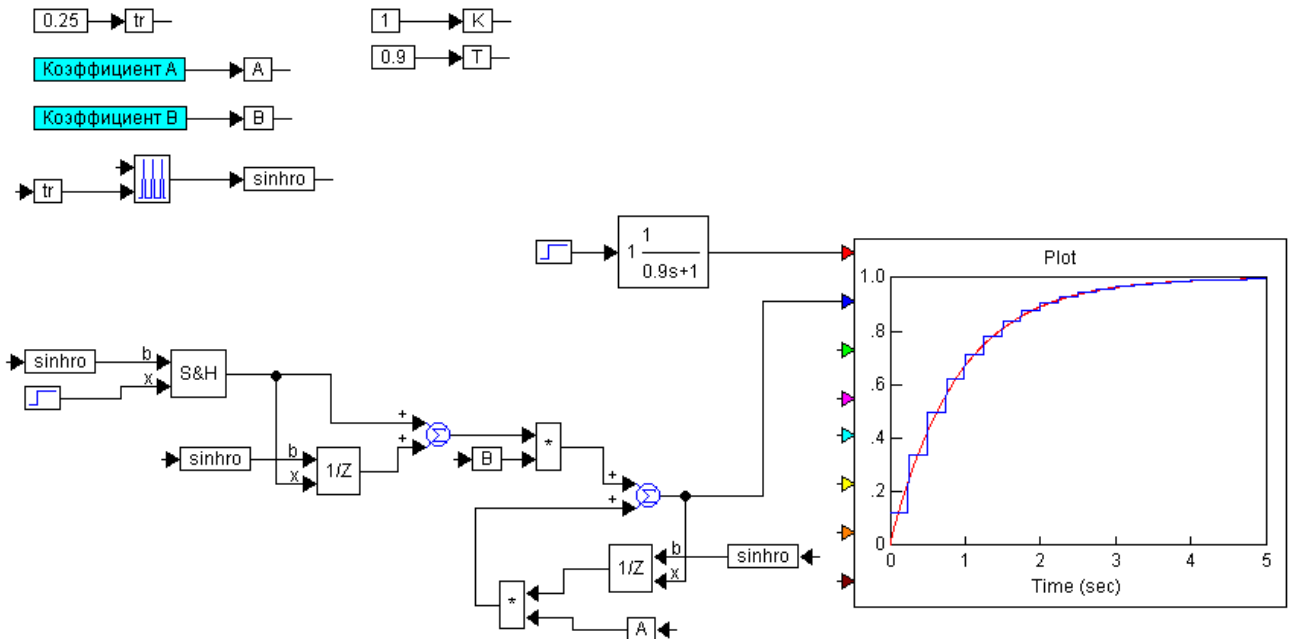





Рисунок 3 – Переходный процесс дискретной и непрерывной системе

В схеме моделирования используется блок генератора синхроимпульсов (pulseTrain), блок фиксатора sampleHold, блок регистра задержки unitDelay и арифметические блоки.

Блок генератора синхроимпульсов  — можно вызвать из меню блоки (Blocks) – генераторы (Signal Producer) – синхроимпульсы (pulseTrain). Блок генератора запускающих (синхронизирующих) импульсов генерирует короткие

импульсы единичной амплитуды, которые используются для синхронизации других блоков (в данном примере для блока фиксатора и блока регистра задержки). Можно добавить блоку один или два входа для динамического изменения времени запуска генератора и интервала следования импульсов. При этом статические параметры в диалоговом окне свойств блока будут перекрыты. В диалоговом окне задаётся время задержки Time Delay, время между импульсами Time Between Pulses (период повторения импульсов, по умолчанию равный 0.01) и метка блока Label.

Блок фиксатора  можно вызвать из меню блоки (Blocks) – нелинейные (Nonlinear) – УВХ (sampleHold). Блок предназначен для запоминания мгновенного значения входного сигнала в момент поступления управляющего сигнала с сохранением значения выборки до следующего управляющего сигнала. Блок имеет логический пороговый управляющий вход b , на который подается управляющий сигнал. Если модуль управляющего сигнала больше или равен 1, то блок работает в режиме выборки (повторяет входной сигнал). Если модуль управляющего сигнала меньше 1, то блок работает в режиме хранения. Данная операция этого блока называется также экстраполяцией нулевого порядка. Сигнальный вход обозначен буквой x . Диалоговое окно свойств блока позволяет установить начальное хранимое значение (по умолчанию равно 0) и определить метку блока.

Блок регистра задержки  можно вызвать из меню блоки (Blocks) – задержки (Time Delay) – регистр задержки (unitDelay). Этот блок задерживает выборки сигнала на одну дискрету времени, период которой определяет внешняя синхронизирующая последовательность (внешний синхросигнал). Синхровход обозначен буквой b , а сигнальный вход – буквой x . В окне свойств блока устанавливаются следующие параметры: Initial Condition (начальное условие, определяющее значение выходного сигнала до момента подачи синхроимпульсов и равное по умолчанию 0), ID (не использовано и зарезервировано на будущее), Checkpoint State (сохраненное состояние) и Label (метка блока).

Задание на лабораторную работу

1. В соответствии с двумя последними цифрами зачетной книжки выбирается вид передаточной функции и метод (их два) перехода к дискретной передаточной функции в соответствии с таблицами 1 и 2.

Таблица 1. Заданная передаточная функция

Таблица 2. Метод преобразования

Последняя цифра номера зачетной книжки	$W(p)$	Предпоследняя цифра номера зачетной книжки	Методы преобразования

1	$\frac{K}{T_p + 1}$		1	Прямоугольников с недостатком; Трапеций
2	$\frac{T_1 p + 1}{T_{2p} + 1}$		2	Прямоугольников с избытком; Трапеций
3	$\frac{K}{P(T_p + 1)}$		3	Прямоугольников с недостатком; Прямоугольников с избытком;
4	$\frac{K}{(T_p + 1)^2}$		4	Прямоугольников с избытком; Трапеций
5	$\frac{K(T_p + 1)}{T_p}$		5	Трапеций; Прямоугольников с недостатком;
6	$\frac{K(T_{1p} + 1)}{P(T_{2p} + 1)}$		6	Трапеций; Прямоугольников с избытком;
7	$\frac{K(T_p + 1)}{P^2}$		7	Прямоугольников с недостатком; Прямоугольников с избытком;
8	$\frac{K}{P^2(T_p + 1)}$		8	Прямоугольников с недостатком; Трапеций
9	$\frac{K}{(T_{1p} + 1)(T_{2p} + 1)}$		9	Прямоугольников с недостатком; Прямоугольников с избытком;
0	$\frac{K(T_{1p} + 1)}{(T_{2p} + 1)(T_{3p} + 1)}$		0	Трапеций; Прямоугольников с недостатком;

2. Получить передаточные функции $W(z)$ и разностные уравнения для предлагаемых в задании передаточных функций $W(p)$ и методов преобразования.

3. Составить наборные схемы, соответствующие полученным разностным уравнениям в программном продукте VISSIM.

4. Для сравнения выполнить набор $W(p)$ и $W(z)$.

5. Задаться величиной коэффициентов K, T, T_1, T_2, T_3 .

6. Построить ЛАЧХ и ЛЧФХ, соответствующие предлагаемой $W(p)$.

7. Получить динамические (переходные) характеристики при подаче на вход единичного скачка – $1(t)$ при различных значениях τ_r – шага дискретизации от больших значений - до $\tau_r \rightarrow 0$.

8. Сделать выводы на основе полученных результатов.

Содержание отчета

1. Название и цель лабораторной работы
2. Задание на выполнение работы в соответствии с вариантом
3. Привести вывод $W(z)$ и разностного уравнения.
4. Изобразить наборную схему, соответствующую $W(p)$, $W(z)$ и разностному уравнению.
5. Привести результаты моделирования (исследования).
6. Сделать выводы и заключение.

Лебединский Борис Петрович

**«Моделирование дискретных объектов
в программном продукте «VISSIM»**

Методические указания
к выполнению лабораторной работы
для студентов очной и заочной форм обучения
по дисциплинам «Моделирование систем управления» и
«Моделирование систем и процессов»
направления 27.03.04 «Управление в технических системах»,
направления 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и
производств»

Авторская редакция

Подписано к печати 26.01.18	Формат 60x84 1/16	Бумага 65 г/м ²
Печать цифровая	Усл. печ. л.0,75	Уч. изд. л. 0,75
Заказ №11	Тираж 25	Не для продажи

БИЦ Курганского государственного университета.

640020, г. Курган, ул. Советская 63, стр.4

Курганский государственный университет.