

Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Владимирский государственный университет имени
Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых

Кафедра приборостроения и
информационно измерительных технологий

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К
ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ «МОДЕЛЬНОЕ
УПРАВЛЕНИЕ ТОЧНОСТЬЮ ОБРАБОТКИ РЕЗАНИЕМ»

Составитель
Л.К.Генералов

Владимир 201

УДК 621.81 (075)

ББК 34.446.1(075)

М54

Рецензент:

Кандидат технических наук, доцент кафедры
автоматизации технологических процессов
Владимирского государственного университета
В.В. Гавшин

Методические указания к выполнению лабораторной работы «Модельное управление точностью обработки резанием» / сост.: Л.К.Генералов; Владим. гос. ун – т. – Владимир : Изд – во ВлГУ, 2013. – 29 с.

Содержат указания для самостоятельного выполнения лабораторной работы по дисциплине «САПР информационно измерительной техники». Изложен теоретическое введение, последовательность выполнения, разработка математической и компьютерной модели системы автоматического управления, проведение динамического анализа, оформление отчета

Предназначены для магистрантов, обучающихся по направлению 200100 «Приборостроение», а также могут быть полезны студентам и магистрантам радиотехнических и машиностроительных специальностей

УДК 621.81 (075)

ББК 34.446.1(075)

МОДЕЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТОЧНОСТЬЮ ОБРАБОТКИ РЕЗАНИЕМ

Введение

Программный комплекс Matlab/Simulink предназначен для решения математических, инженерных и других задач. При изучении дисциплины «САПР информационно – измерительной техники» пакет используется для решения задач анализа динамических систем автоматического управления объектами и процессами.

MATLAB – это матричная лаборатория, матричные объекты, матричные алгоритмы и матричные вычисления. С точки зрения теории автоматического управления, параметры состояния объекта – это матрица. Строка это вектор, или иначе матрица, состоящая из одной строки и заданного числа колонок. Одно число это тоже матрица единичной размерности. Данное представление чисел основано на применении матричных операций при выполнении математических расчетов. Именно это и послужило основанием при выборе названия пакета.

Особый интерес для инженеров представляет пакет Simulink, разработанный специально для моделирования динамических систем. Он имеет библиотеку стандартных графических блоков, с встроенными математическими функциями. Работа по созданию модели процесса заключается в выборе блока из библиотеки, его перемещения с помощью мыши в окно модели и соединения блоков линиями. По завершению этого процесса имеем модель экономической системы, которую запускаем с помощью команды Start и наблюдаем результаты моделирования в окнах графопостроителей и цифровых дисплеев.

В пособии дается краткая технология работы по созданию моделей объектов, вполне достаточной для выполнения лабораторной работы.

1. Прикладной пакет Simulink

Simulink - это компьютерная программная система для моделирования систем управления. Simulink работает под управлением MATLAB и

использует для моделирования все его возможности. Им моделируют линейные, нелинейные, непрерывные, дискретные и гибридные системы.

Модель исследуемой системы составляется в виде блок-схемы. Блоки переносятся мышью из библиотеки типовых блоков Simulink, являющихся моделями элементов технических и экономических систем. Каждый типовой блок является объектом с графическим начертанием, графическим и математическим символом, выполняемой программой и числовыми или формульными параметрами. Блоки соединяются линиями, отображающими движение материальных, финансовых и информационных потоков между объектами.

Модели могут быть иерархическими, т.е. включать подсистемы в виде одного блока. Двойным щелчком мыши на блоке подсистемы открываем содержимое этой подсистемы (более низкий уровень иерархии).

После построения модели можно моделировать, используя различные методы интегрирования дифференциальных управлений, как из меню Simulink, так и командой строки MATLAB. Используя блок Scope (графопостроитель) или Display (числовое отображение), можно посмотреть результаты моделирования.

Результаты моделирования могут быть переданы в рабочую область MATLAB для последующей обработки и визуализации. Рабочая область (Workspace) - это оперативная память MATLAB, она энергозависима. В ней сохраняются все результаты моделирования, пока питания компьютера включено.

1.1 Запуск Simulink

Есть два варианта запуска SIMULINK:

1. В командной строке окна MATLAB ввести команду SIMULINK.
2. В строке инструментов главного окна MATLAB рис. 1, щелкнуть по кнопке SIMULINK (зеленая пиктограмма с красным пятнышком слева внизу, слева от знака“?”)

1.2 Браузер библиотеки блоков Simulink

После открытия SIMULINK на экране появиться браузер библиотеки блоков, вид которого показан на рис. 2.

Браузер изображает библиотеки блоков тулбоксов (в том числе и библиотеки SIMULINK) в виде трехуровневого иерархического древа. Уровни иерархии следующие:

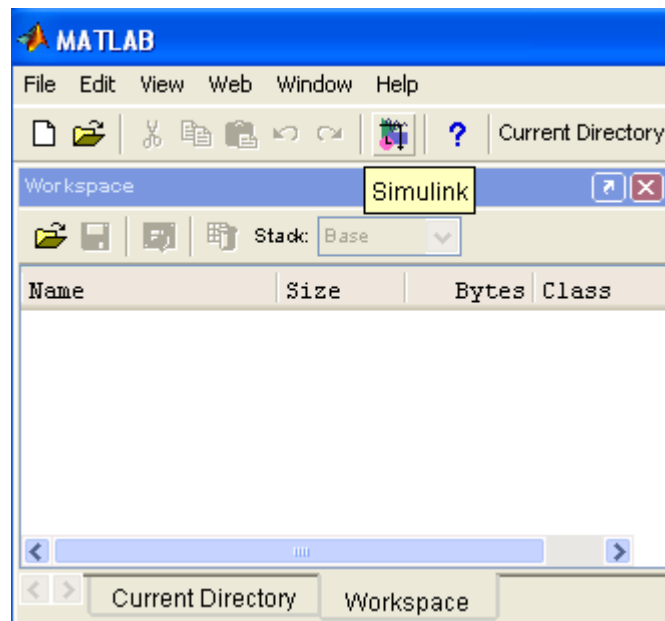


Рис. 1. Главное окно Matlab

- Тулбокс (например SIMULINK)
- Библиотека (например Continuous)
- Блок (например Integrator)

Для открытия соответствующего уровня иерархии служит знак “+” слева от имени тулбокса или библиотеки.

В верхней части окна браузера расположены три кнопки и одна поле ввода:

- Создать новую модель (изображен белый лист)
- Открыть существующую модель (изображена открытая желтая книга);
- Зафиксировать окно браузера библиотеки на переднем плане (похожа на катушку для ниток)
- Поиск блока(find)

Для поиска необходимо ввести в поле справа от кнопки имя или часть имени блока. После нажатия кнопки блок будет найден.

В правом окне браузера показано графическое изображение блоков с формулами математической модели блоков или графическим типом вырабатываемого сигнала и названием (именем) типового блока.

При разработке модели мы будем мышью перетаскивать картинки блоков из библиотеки в окно нашей модели.

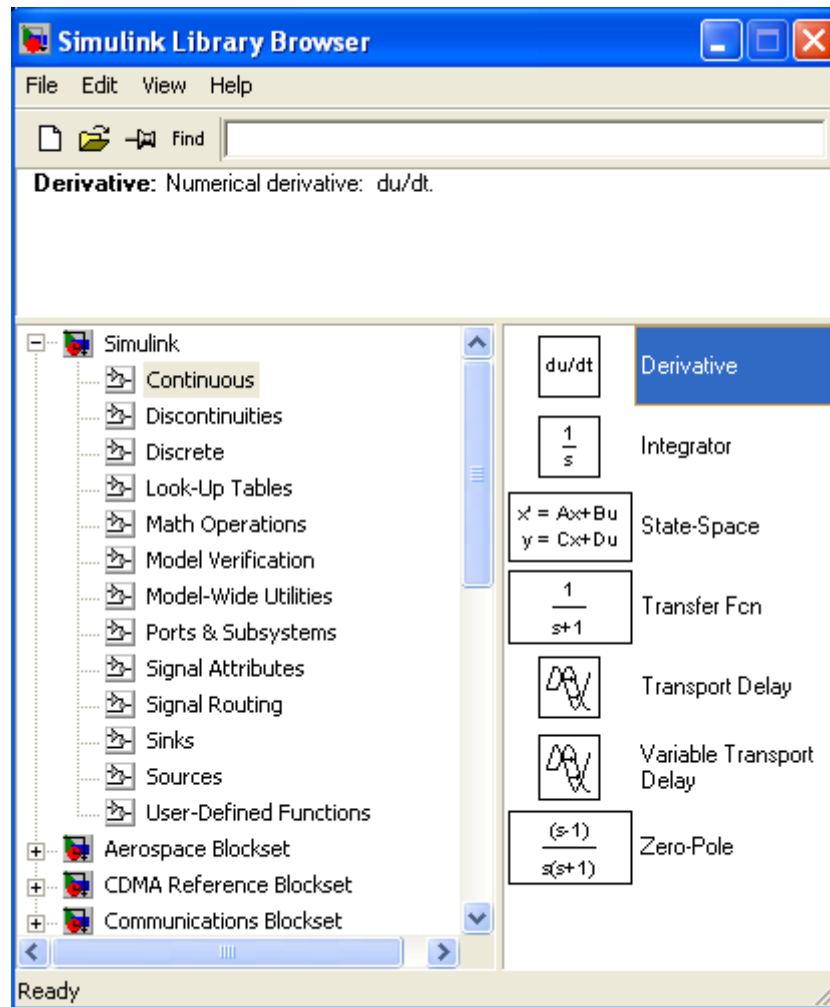


Рис. 2. Библиотека типовых блоков Simulink.

1.3 Окно модели и меню

Окно модели SIMULINK – это типовое окно Windows приложения. В меню Edit добавлены команды установки параметров блоков и маскирования подсистем.

В меню Simulation определены команды начала моделирования и установки параметров режима моделирования

1.4 Окончание работы Simulink

Окончание работы выполняется традиционными для Windows способами закрываются окна Simulink и Matlab.

1.5 Создание новой модели

Для создания новой модели используется традиционная для Windows команда меню **file>new** браузера. Для открытия и редактирования имеющейся модели – **file>open**. При этом раскрывается пустое или заполненное моделью окно Simulink модели.

В начале надо ознакомиться с библиотекой блоков. Нарисовать на бумаге первую редакцию Вашей блочной модели. Затем садиться за компьютер.

Создадим поэтапно простейшую модель беспроцентного накопительного счета (пенсионного, образовательного, свадебного и др.) как показано на рис. 3.

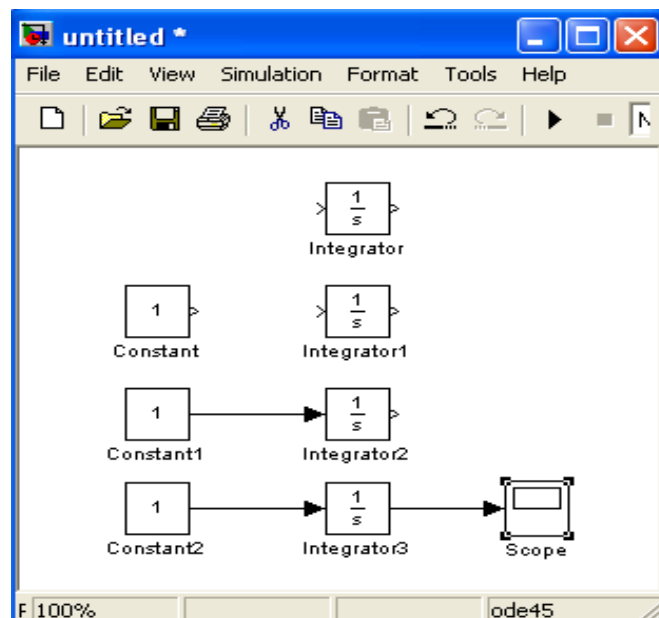


Рис.3. Модель накопительного счета

Найдем в библиотеке раздел **Continuous** (системы непрерывного времени) и в нем **Inegrator** (накопитель). ваших денежных или материальных средств.

Мышь перенесем **Inegrator** в окно модели, рис. 1.3. Стрелка слева указывает на вход интегратора, т.е. возможность подключения входного потока средств. Треугольник справа блока является его выходным сигналом и означает запас (сальдо) в накопителе.

Будем ежемесячно вкладывать в фонд рубли (можно тысячи и миллионы). Для этого из раздела **Sources** перенесем мышью блок **Constant**

Создадим линию потока средств от константы к интегратору. Наведем курсор на выход константы. Курсор из стрелки превращается в крест. Протянем мышь до стрелки вход интегратора. Крест раздваивается. Отпускаем кнопку мыши. Произошло соединение блоков. Исчезли знаки входных и выходных портов блоков.

Для просмотра динамики денег на нашем счете из библиотеки **Sinks** перенесем в модель графопостроитель **Scope**. Соединим с ним линией интегратор

Запустим модель: меню **Simulation > Start**.

Просмотрим результаты моделирования. Дважды щелкнем по блоку **Scope** и увидим график, показанный на рис. 4.

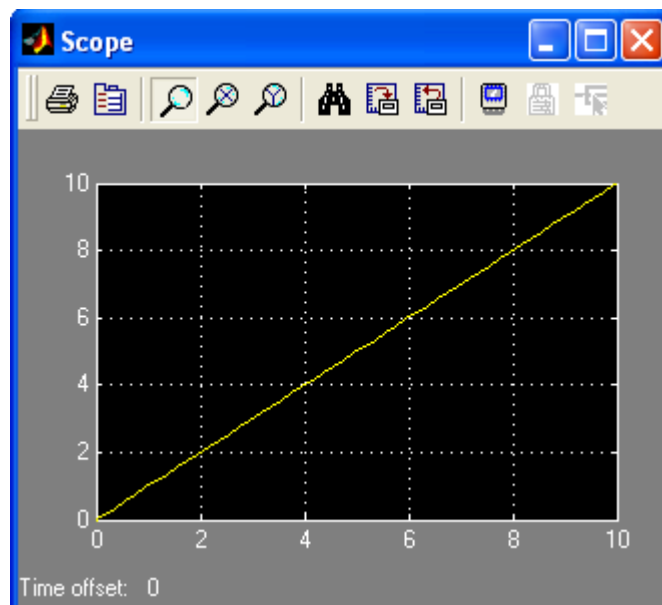


Рис. 4. График накопления средств в интеграторе

Ось времени (10 месяцев) обозначена внизу. Вертикальная ось показывает накопление денег при вкладах по рублю в месяц. За десять месяцев мы накопим 10 рублей.

1.6 Редактирование модели

1.6.1 Выделение объектов

Для выполнения операций над объектами модели (блоками, линиями, именами) их надо выделить (селектировать).

Выделение одного объекта. Для выделения объекта необходимо щелкнуть на нем мышью. Появляются черные метки в углах выделенного блока или в начале и конце линии.

выделение нескольких объектов. Для выделения нескольких объектов по одному необходимо нажать клавишу Shift и щелкнуть на каждом из выбираемых объектов. Если щелкнуть по объекту повторно, он становится невыделенным.

Для выделение нескольких объектов помощью объединительного бокса установите курсор в начало области блоков, которые хотите объединить. При нажатой клавише протащите мышью по диагонали в конец диапазона. Пунктирный прямоугольник окружит выбранный блок и линии. Отпустите клавишу мыши. Блоки и линии, попавшие в бокс, будут выделены.

Выделение всей модели. Для всех объектов в активном окне выберите команду Select All в меню Edit или нажмите Ctrl-A.

1.6.2 Операции с блоками

Блоку как объекту присущи методы, т.е. операции, которые может выполнять он, либо могут выполняться над ним. Селектируйте блок и вызовите контекстное меню правой кнопкой мыши. Вы увидите набор разрешенных над блоком операций.

Копирование блоков из одного окна в другое

При здании и редактировании модели необходимо копировать блоки из библиотеки или другой модели в текущую модель. Выполнение данной операции состоит из следующих шагов:

Откройте требуемую библиотеку или окно модели.

Переместите требуемый блок в окно создаваемой (редактируемой) модели. Для этого установите курсор внутрь пиктограммы блока, нажмите и удерживайте левую клавишу мыши. Переместите курсор в требуемое окно и отпустите клавишу мыши.

Данную операцию можно также выполнить, используя команды **Copy** и **Paste** из меню **Edit**:

Выделите блок, который необходимо скопировать.

выберите команду **Copy** из меню **Edit**.

Сделайте активным окно, в которое необходимо скопировать блок.

Выберите команду **Paste** из меню **Edit**.

Simulink присваивает имя каждому из скопированных блоков. Первый скопированный блок будет иметь такое же имя, как и блок в библиотеке. Каждый последующий блок будет иметь то же имя с добавлением порядкового номера. При копировании блок получает те же значения параметров, что и исходный блок.

Копирование блоков внутри модели

Нажать клавишу **Ctrl**.

Установить курсор на дублируемый блок, нажать левую клавишу мыши и переместить копию блока в новое положение.

Отпустить клавишу мыши и клавишу **Ctrl**.

Данную операцию можно выполнить, нажав правую клавишу мыши и переместив копию блока в новое положение.

При дублировании новые блоки получают значения всех параметров старых блоков.

Перемещение блоков внутри модели

Для перемещения одного блока внутри окна модели необходимо переместить блок в новое положение. **Simulink** автоматически перерисует линии связи к перемещенному блоку.

Для перемещения нескольких блоков, включая соединительные линии, необходимо выполнить следующие действия:

Выделите блоки и линии.

Переместите блоки и линии в новое положение и отпустите клавишу мыши.

Изменение размера блока

Выделить блок. Навести курсор на любую угловую метку. Стрелка курсора удвоится.левой кнопкой мыши перемещайте ее. Размер блока будет меняться.

Удаление блоков

Выделите удаляемые блоки и нажмите клавишу **Del** или **Backspace**. Можно выбрать команду **Clear**.

Изменение ориентации блоков

В исходном положении сигнал проходит через блок слева направо (слева – входы, справа – выходы). Для изменения ориентации выделенного блока необходимо в меню **Format** использовать команды:

Flip Block – поворот блока на 180°.

Rotate Block – поворот блока по часовой стрелке на 90°.

1.6.3 Имена блоков

Все имена блоков в модели должны быть уникальными и содержать минимум один символ. Если блок ориентирован слева направо, то имя находится по умолчанию под блоком, справа налево – над блоком, сверху вниз – слева от блока, снизу вверх – справа от блока.

Для изменения имени блока необходимо щелкнуть на нем и отредактировать его, используя клавиши управления курсором, клавиши **Del**, **Backspace**, **Enter**. для окончания редактирования необходимо щелкнуть в любом другом месте окна.

Для изменения шрифта необходимо выделить блок, затем выполнить команду **Font** из меню **Format**. Затем необходимо выбрать шрифт из предложенного списка.

Для изменения местоположения имени выделенного блока есть две возможности:

левой кнопкой мыши передвинуть имя на противоположную сторону блока.

Выполнить команду меню **Format >Flip Name**. Имя переместится на противоположную сторону блока.

Спрятать имя можно командой меню **Format >Hide Name**. Показать – командой **Format >Show Name**.

1.6.4 Задание параметров блока

Установка значений параметров блока выполняется в диалоговом окне блока. Для вызова диалогового окна блока необходимо дважды щелкнуть на блоке. Пример окна параметров константы приведен на рис 5. У константы лишь один параметр – ее значение. У нас стоит один рубль. Можем заменить единицу на любое число. Другие блоки могут иметь больше параметров, понять и подобрать которые удастся не сразу.

1.6.5 Операции с линиями

Сигналы (материальные, денежные и информационные потоки) в модели передаются по линиям. Каждая линия может передавать скалярный или векторный сигнал. Линия соединяет выходной порт одного блока с входным портом другого блока. Линия может также соединять выходной порт одного блока с входными портами других блоков посредством разветвления линии.

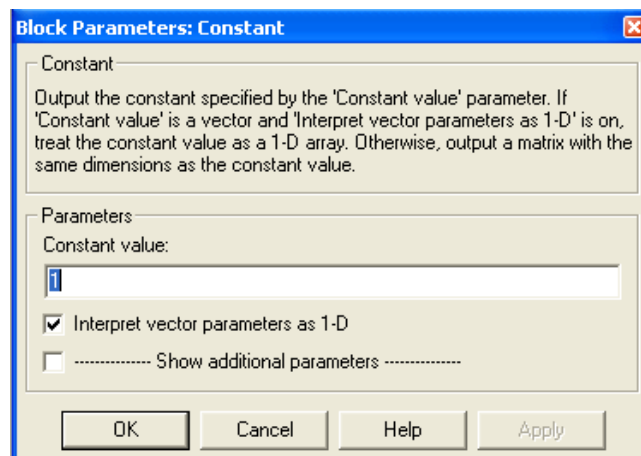


Рис. 5. диалоговое окно установки параметров блока.

Создание линии между блоками.

Для соединения выходного порта одного блока с входным портом другого блока необходимо выполнить следующие действия:

Наведите курсор на выходной порт с правой стороны блока. Стрелка заменится перекрестием.

Левой кнопкой мыши передвиньте курсор к входному порту второго блока. Перекрестие заменится двойным перекрестием.

Отпустите клавишу мыши. Simulink заменит символы порта соединительной линией с отображением направления передачи сигнала стрелкой.

Линии можно рисовать как от входного порта к выходному, так и , наоборот, от выходного порта к входному.

Simulink рисует горизонтальные и вертикальные сегменты линий. Для создания диагональной линии нажмите и удерживайте клавишу **Shift** во время рисования.

Отсоединение блока от линий.

Нажмите клавишу **Shift** и переместить блок в новое положение. Связи разорвутся. Неудобно, что рвутся все связи, а не одна.

Создание новой ветви линии.

Разветвляющаяся линия начинается на существующей линии и передает ее сигнал к входному порту другого блока.

Установите курсор на точку линии, с которой должна начинаться разветвляющаяся линия.

Нажав и удерживая клавишу **Ctrl**, нажмите и удерживайте левую клавишу мыши.

Проведите линию к входному порту требуемого блока, затем отпустите клавишу **Ctrl** и клавишу мыши.

Создание разветвляющейся линии также возможно с помощью правой клавиши мыши.

Создание сегмента линия

Линии могут быть нарисованы посегментно. В этом случае для создания следующего сегмента линии необходимо установить вить курсор в конец предыдущего сегмента и нарисовать следующий сегмент.

Перемещение сегмента линии.

Установите курсор на сегмент, который необходимо переместить.

Нажмите и удерживайте левую клавишу мыши.

Переместите курсор к новому положению сегмента.

Отпустите клавишу мыши.

Нельзя переместить сегмент, подключенный непосредственно к порту блока.

Разделение линии на сегменты.

Выделите линию, щелкнув по ней мышью.

Установите курсор в очку, в которой линия должна быть разделена на два сегмента.

Удерживая клавишу **Shift**, нажмите и удерживайте клавишу мыши. Курсор примет вид окружности. На линии образуется излом.

Передвиньте курсор в новое положение излома.

Отпустите клавишу Shift и клавишу мыши.

Перемещение излома линии.

Установите курсор на излом, затем нажмите и удерживайте левую клавишу мыши. Курсор примет вид окружности с центром в точке излома.

Передвиньте курсор в новую позицию.

Отпустите клавишу мыши.

1.6.6. Метки линий (сигналов)

Метка (имя, идентификатор) сигнала размещается над или под горизонтальной линией, слева или справа от вертикальной линии. Метка может быть расположена в начале, в конце или посередине линии.

Создание метки

Для создания метки сигнала необходимо дважды щелкнуть на линии и ввести текст метки. Щелкнуть надо точно на линии, иначе будет создан комментарий к модели, а не метка. Для завершения редактирования щелкните мышью в любой другой части модели.

Редактирование метки

Для редактирования метки сигнала необходимо ее селектировать щелчком мыши. Традиционным для Windows способом изменить текст. Щелкнуть мышью за пределами контура метки.

Перемещение метки

Селектировать метку. Протащить за контур стрелкой мыши к новому положению у линии.

Копирование метки

Передвинуть метку при нажатой клавише **Ctrl** к новому положению на линии.

Удаление метки

Для удаления метки нажмите и удерживайте клавишу **Shift**, выделите метку и удалите ее, нажав клавишу **Del** или **Backspace**

Распространение метки

Распространение меток линии – это автоматический перенос имени метки к сегментам одной линии, разорванным с помощью блоков **From**, **Goto**, **Mux**.

Для распространения метки создайте во втором и последующих сегментах линии метки с именем «<<». После выполнения команды **Update Diagram** из меню **Edit** в этих сегментах автоматически будут проставлены метки.

1.6.7 Комментарии

Комментарии дают возможность вводить текстовую информацию о модели и ее составных частях. Комментарии можно вводить в любом свободном месте модели.

Для создания комментария дважды щелкните в любом свободном месте модели, затем введите комментарий в появившемся прямоугольнике.

Все операции с комментариями аналогичны операциям с метками, но они не привязаны к линиям или блокам.

Для изменения шрифта необходимо выделить комментарий, затем выбрать команду **Font** из меню **Format**. Затем выберите в окне диалога шрифт, его размер и атрибуты.

1.6.8 Сводные таблицы действий по редактированию блок-схем

Обозначения: ЛКМ – левая клавиша мыши, ПКМ- правая клавиша мыши.

Действия мышью и клавиатурой при манипуляции блоками.

Задача	Действие
Выделение блока	ЛКМ
Выделение нескольких блоков	Shift + ЛКМ
Двигать блок	Двигать ЛКМ
Копирование блока	Ctrl+ЛКМ и переместить или ПКМ и переместить
Соединение блоков	ЛКМ
Отсоединение блоков	Shift + переместить блок

Действие мышью и клавиатурой по манипуляции линиями.

Задача	Действие
Выделение линии	ЛКМ
Выделение нескольких линий	Shift + ЛКМ
Создание разветвляющейся линии	Ctrl + нарисовать линию или ПКМ + нарисовать линию
Создание диагональной линии	Shift + нарисовать сегмент
Перемещение сегмента линии	Переместить сегмент ЛКМ
Перемещение излома	Переместить излом ЛКМ
Создание сегмента линии	Shift + переместить линию

Действие мышью и клавиатурой по манипуляции метками сигналов

Задача	Действие
Создание метки сигнала	Двойной щелчок по линии, затем ввести метку
Копирование метки сигнала	Ctrl + переместить метку
Перемещение метки сигнала	Переместить метку
Редактирование метки сигнала	Щелкнуть по метке, затем редактировать
Удаление метки сигнала	Shift + щелкнуть по метке, затем нажать Del

Действие мышью и клавиатурой по манипуляции комментариями

Задача	Действие
Создание комментария	Двойной щелчок в модели, затем ввести текст
Копирования комментария	Ctrl + переместить комментарий
Перемещение комментария	Переместить комментарий
Редактирование комментария	Щелкнуть по тексту, затем редактировать
Удаление комментария	Shift + выделить комментарий, затем нажать Del

1.7. Создание подсистем

Если возрастают сложность и размер модели, ее можно упростить, сгруппировав блоки в подсистемы. Использование подсистем дает следующие преимущества:

- сокращение количества блоков, выводимых в окне модели;
- объединение функционально-связанных блоков вместе;
- возможность создания иерархических блок-схем.

Для создания подсистем существуют следующие возможности:

- добавить блок **Subsystem** в модель, затем открыть этот блок и создать подсистему в открывшемся окне подсистемы;
- выделить часть блок-схемы модели и объединить ее в подсистему.

Создание подсистемы добавлением блока **Subsystem**.

Скопируйте блок **Subsystem** из библиотеки **Connections** в модель.

Откройте блок **Subsystem**, дважды щелкнув по нему.

В пустом окне подсистемы создайте подсистему. Используйте блоки **In** и **Out** для создания входов и выходов подсистемы:

Создание подсистемы группировкой существующих блоков.

Если модель уже содержит блоки, которые необходимо объединить в подсистему, ее можно создать группировкой этих блоков.

Выделите объединительным боксом блоки и соединительные линии, которые необходимо включить в подсистему.

Выберите команду **Create Subsystem** из меню **Edit**.

Simulink заменит выделенные блоки блоком **Subsystem**.

Если открыть блок **Subsystem**, Simulink отобразит подсистему. Simulink добавляет блоки **In** и **Out** для отображения входа и выхода в систему более высокого уровня.

1.8. Сохранение модели и вызов текста схемы

Для первой записи модели на диск необходимо выполнить команду **Save As** из меню **File**. Выбрать папку для файла и дать ему имя. Simulink записывает модель путем генерации специального файла с расширением **.mdl**. Его можно просмотреть в редакторе-отладчике MATLAB. Для этого в окне текущего справочника MATLAB щелкните мышью по имени файла, правой кнопкой вызовите контекстное меню, выберите команду **Open as Text**. Текст файла откроется в редакторе.

При последующих сохранениях файла используйте команду **Save**. Она перезаписывает содержимое редактируемого файла.

1.9. Печать модели

Выполняется командой **Print** из меню **File** либо командой **Print** в командной строке MATLAB.

1.10. Моделирование

Запуск моделирования возможен из меню Simulink, из командной строки MATLAB, из программного м-файла, управляющего экспериментом.

Для запуска моделирования из меню Simulink надо выполнить команду **Simulation>Start**. Можно использовать кнопки, дублирующие команды меню.

Для запуска моделирования из командной строки вы должны вначале загрузить модель, а затем симулировать. Ниже приведен пример этих двух команд для модели исследования циклов и кризисов перепроизводства `parkprdct.mdl`.

```
>> open_system('parkprdct')
>> sim('parkprdct').
```

Для запуска моделирования из м-файла используются эти же команды как функции MATLAB в программах управления экспериментами с моделями Simulink.

1.11. Параметры и методы моделирования

В процессе моделирования нельзя производить изменения структуры модели, но возможно изменение параметров блоков.

Параметры моделирования устанавливаются в диалоговом окне командой меню **Simulation> Simulation Parameters**.

В окне **Solver** устанавливается интервал времени моделирования, выбирается алгоритм дискретного или непрерывного времени, выбирается численный метод решения дифференциальных или конечно-разностных уровней. Устанавливается необходимая точность решения.

На странице **Workspace I/O** определяются переменные моделирования, которые надо сохранить в рабочем пространстве или загрузить из него модель Simulink.

Цель работы: Исследование системы автоматического управления точностью токарной обработки с использованием моделей состояния процесса резания.

2.1. Теоретическое введение

Виртуальный стенд, для исследования точности управления процессом токарной обработки деталей на станках с ЧПУ, разработан на основе математических моделей, описывающих поведение двухмассовой системы. Динамика исполнительной части системы управления описывается дифференциальными уравнениями движения ротора двигателя и обрабатываемой детали.

Модель процесса резания представляет собой отдельное звено, позволяющее аналитически определять усилие резания упругие деформации детали и элементов станка, износ инструмента, температурные деформации детали, учитывать смещение заготовки при установке.

Модель привода в программной среде Simulink, показанная на рис. 6, реализует работу привода 4СК – 23 станка с ЧПУ мод. ТПУ – 125М вы-

пускаемого серийно. Модель имеет три канала управления для отработки управляющих сигналов по координатам X , Y , Z . Для каждой координаты имеется свой блок *privod*, блоки регистрации результатов моделирования и порты для ввода промежуточных данных с блока *Subsystem*.

Важной особенностью модели, показанной на рис. 6, является наличие модели - наблюдателя, которая не отличается от основной и представляет ее полный аналог. Наблюдатель формирует моделируемый корректирующий сигнал в виде ошибки привода, возникающей при обработке деталей, которая поступает в сумматор канала, управляющего поперечной подачей. Это позволяет ввести дополнительную составляющую в управляющий сигнал и корректировать глубину резания до прихода реального сигнала обратной связи, регистрирующего истинное положение режущей кромки инструмента.

Таким образом, управляющий сигнал имеет в своем составе упреждение и позволяет управлять положением режущей кромки инструмента до появления реальных возмущающих воздействий.

Управляемым объектом является процесс резания при точении цилиндрических заготовок с различными режимами обработки.

Модель процесса резания выделена в отдельный блок *Subsystem*, показанный на рис. 6 и имеет входные и выходные порты для связи с системой управления.

Simulink – модель процесса резания разработанная на основании математической модели, показана на рис. 7. В модели присутствуют блоки задержки сигналов, функции определения упругих деформаций по осям X и Z , блоки определения усилия резания.

Управляемым объектом является процесс резания при точении цилиндрических заготовок с различными режимами обработки.

Модель процесса резания выделена в отдельный блок *Subsystem*, показанный на рис. 6 и имеет входные и выходные порты для связи с системой управления.

Simulink – модель процесса резания разработанная на основании математической модели, показана на рис. 7. В модели присутствуют блоки

задержки сигналов, функции определения упругих деформаций по осям X и Z , блоки определения усилия резания.

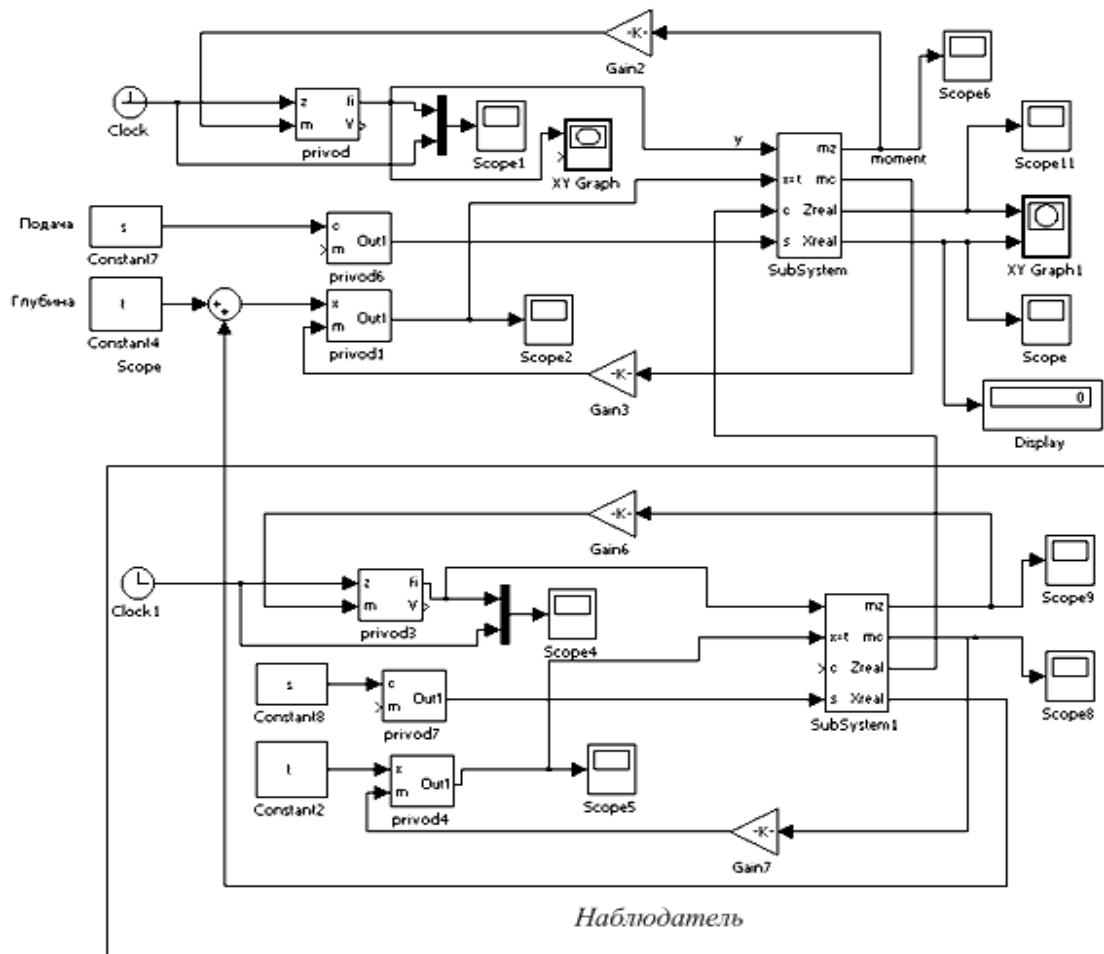


Рис. 6
Структурная схема Simulink модели управления процессом резания

Структурная схема привода, показанная на рис. 6, состоит из трех каналов. Первый канал моделирует привод главного движения, в состав которого входят следующие блоки:

Clock – источник сигнала модельного времени;

Privod – блок управления по координате Z , содержащий Simulink - модель, построенную в соответствии с математической моделью привода постоянного тока. Блок *privod* включает в себя следующие элементы:

- блоки электронных усилителей;
- блок моделирующий цепь возбуждения двигателя постоянного тока, (постоянная времени $T_e = 0,002c$);

- блок моделирующий цепь якоря двигателя (постоянная времени $T = 0,05c$);

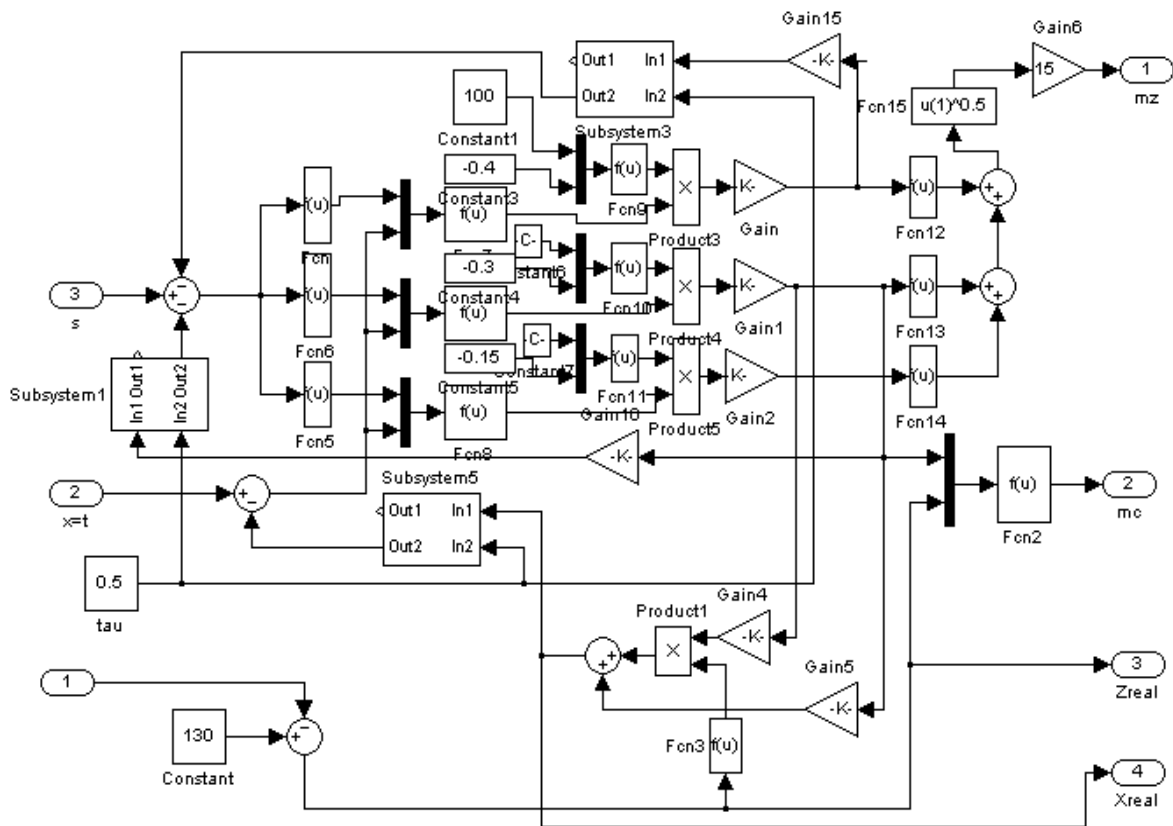


Рис.

Simulink – модель процесса резания при точении

- блоки, служащие для согласования сигналов обратных связей по моменту нагрузки, возникающего в зоне резания материала заготовки;

- блок аналоговый интегратор, на вход которого поступает скорость подачи, а на выходе получаем текущую координату вращения заготовки по оси Z.

Блок Display (рис.1) используется для вывода данных в числовой форме, а именно: скорости подачи инструмента, текущей координаты обработки, изгибающего момента, создаваемого усилием резания.

Входными сигналами блока *privad* (рис.1) являются модельное время, (вход 1) и момент нагрузки (вход 2), который возникает в зоне резания материала при отделении стружки.

Выходными являются угол поворота и скорость движения заготовки, которая регистрируется осциллографом Score1, показанным на рис.6

Второй канал осуществляет продольную подачу инструмента относительно заготовки. Реализует движение модельный блок *privod 6*. Входным сигналом блока *privod 6* является скорость продольной подачи, подаваемая из блока *Constant 7*

Выходными сигналами являются текущая координата движения инструмента вдоль оси *Z* и скорость подачи инструмента *S*, которые поступают в блок *Subsystem*, как показано на рис. 6.

Третий канал, перемещение инструмента по оси *X*, регулировка глубины резания. По своему составу он аналогичен каналу подачи инструмента в продольном направлении. Входным блоком канала является блок *Constant 4*, для ввода величины срезаемого припуска *t*, затем сигнал идет в блок управления *privod1*, который обеспечивает перемещение инструмента на заданную глубину резания. Для регистрации выходного сигнала используется осциллограф *Score2*.

Второй вход блока *privod1* используется для ввода сигнала пропорционального моменту сопротивления резанию металла, определяемого в блоке *Sybsystem*.

Выходной сигнал с блока *privod1 Out1* поступает на вход блока *Subsystem*, и для дальнейшей регистрации графопостроителем *XYGraph1* и осциллографом *Score*. Регистрируемые сигналы представляют собой погрешность относительного движения инструмента и заготовки в поперечном сечении, по значениям которых определяется точность обработки.

Разработанный стенд привода является основой для проведения различных видов экспериментов, в том числе имитационных и позволяет вводить или изменять параметры, как привода, так и процесса резания металла.

2.2. Моделирование процесса управления точностью токарной обработки с наблюдателем состояния процесса резания

Основной задачей проведения модельных экспериментов является определение погрешности обработки деталей с использованием системы управления с наблюдателем состояния процесса резания. Исходными дан-

ными для моделирования являлись схема закрепления заготовки в патроне, размеры заготовки, скорость подачи и глубина резания.

Для моделирования используется управляющая программа, написанная с помощью операторов Matlab, показанная на рис. 8. Программа позволяет автоматически производить смену исходных данных, одновременно в модели привода и наблюдателе.

В m – файле за знаком процента всегда идут поясняющие комментарии. Они не являются командами и поэтому компьютером не исполняются.

В пятой строке модели устанавливается путь файловой системы к модели “privod”.

Седьмая строка командой open system загружает модель в оперативную память.

```
1
2  % Программа запуска и имитационного моделирования привода
3
4  %=====
5  path(path, 'C:\MATLABp5\work\privod')
6  %=====
7  open_system('privod')
8  s=[0.2:0.2:1.0] %План-вектор эксперимента по скорости подачи
9  for t=0.2:0.1:1.0 %Цикл и план-вектор эксперимента по глубине резания
10   sim('privod')%Run model
11   x=[ScopeData9]%'Запись массива данных погрешности обработки
12   y=[ScopeData2]%'Массив текущих координат по длине заготовки
13   plot (x(2,1:198),y(2,1:198))%Чертить график погрешностей обработки
14   hold on
15   grid %Чертить сетку
16 end
17   hold off %Запретить дополнение графика
```

Рис. 8. Программа управления экспериментами

Восьмая строка задает план – вектор эксперимента по скорости подачи или может использоваться одно значение подачи

В строках с 9 по 16 выполняется цикл for для проведения экспериментов при различных величинах глубины резания. При отмене цикла значение глубины резания устанавливается как постоянная величина.

В десятой строке командой sim запускается модель и начинается моделирование, имитация обработки заготовок при заданных подаче и глубине резания.

В строках 11 и 12 используя данные рабочего пространства Matlab (Work space) записываются в транспонированном виде данные погрешности обработки и соответствующие им координаты по длине заготовки, регистрируемые графопостроителями Scope.

После окончания имитации команда `plot` чертит графики зависимости погрешности обработки от длины заготовки.

Оператор в строке 14 `hold on` разрешает дополнить рисунок графиками кривых, рассчитанными для следующих значений циклов по скорости подачи инструмента. Оператор в строке 17 `hold off` запрещает дополнять рисунок графика, поскольку цикл моделирования завершен командой `end`, записанной в 16 строке.

В результате моделирования вычислялись усилие резания, упругие деформации детали, моменты сопротивления при резании, текущие координаты движения инструмента, величина погрешности обработки по всей длине заготовки. Результаты регистрируются с помощью осциллографов Scope, и представляются в графическом виде программой Matlab.

Величина времени задержки сигнала обратной связи устанавливается в соответствующем блоке подпрограммы Subsystem и зависит от частоты вращения шпинделя. Режимы обработки, определялись по справочнику технолога машиностроителя в соответствии с рекомендациями, используемыми в общем машиностроении.

В процессе моделирования, использование табличных данных обусловлено стремлением определить эффективность наблюдателей состояния и установить оптимальные режимы обработки конкретных деталей, используя завышенный запас прочности, заложенный в рекомендуемых режимах.

Для ввода режимов резания в структурной схеме, показанной на рис. 1, предусмотрены соответствующие блоки «Constant», служащие источниками данных, а именно подачи и глубины резания. Изменение указанных параметров выполняется в цикле программы моделирования, что позволяет исследовать динамическое качество системы автоматического управления.

Режимы резания для моделирования выберем из таблицы. Например, глубина резания составляет $0,1 \text{ мм}$, скорость подачи $0,1 \text{ мм/об}$, число оборотов шпинделя 600 мин^{-1} . Обработка производится резцами из твердого сплава T15K6.

При выполнении моделирования виртуальный графопостроитель строит графики изменения погрешности детали по длине заготовки при заданных исходных данных. Одновременно результаты моделирования записываются в рабочую область программы и представляются графически, как показано на рис. 9.

На приведенном рисунке показаны типовые графики изменения погрешности по длине заготовки при изменении глубины резания без использования сигнала и с использованием корректирующего сигнала наблюдателя. Начало обработки на графике происходит с координаты 130 мм, по оси абсцисс и идет справа налево, как это происходит на станке.

Погрешность при глубине резания $t = 0,1$ мм (рис. 5 а) снижается с 0,018 мм до 0,004 мм (рис. 5 б), при глубине резания $t = 0.2$ мм снижается с 0,027 мм до 0,006 мм, что приводит к снижению в 4,5 раза соответственно.

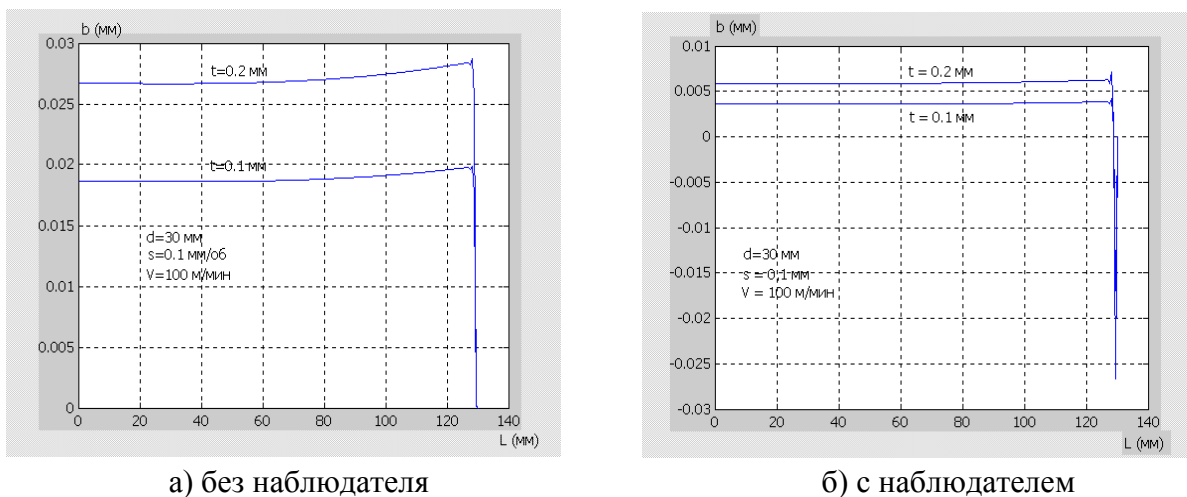


Рис. 9. Изменение погрешности обработки детали по длине

2.3. Исходные данные для моделирования

Режимы резания и диаметр обрабатываемых заготовок при наружном продольном точении

№ п/п	Вид обработки	Диаметр заготовки, мм	Режимы резания		
			Глубина резания t мм	Подача s мм/об	Скорость резания V м/мин
1	Черновая	10	0,2	0,2	100

2	-	10	0,3	0,4	100
3	-	10	0,4	0,4	100
4	-	20	0,4	0,3	100
5	-	20	0,5	0,4	100
6	-	20	0,5	0,5	100
7	-	30	0,2	0,3	100
8	-	30	0,3	0,16	80
8	-	30	0,4	0,3	100
9	-	30	0,5	0,16	80
10	-	30	0,5	0,1	100
11	-	30	0,5	0,3	100
12	-	30	0,5	0,5	100
13	-	30	1,0	0,16	80
14	-	40	0,2	0,5	100
15	-	40	0,4	0,6	100
16	-	40	0,6	0,7	100
17	-	40	0,8	0,8	100
18	-	50	1,0	0,6	100
19	-	50	1,5	1,2	100
20	Черновая	50	2,0	1,2	100
21	Чистовая	10	0,1	0,1	100
22	-	20	0,1	0,1	100
23	-	30	0,1	0,1	100
24	-	40	0,1	0,1	100

2.4. Порядок выполнения работы

Ознакомиться с методом повышения точности управления обработкой резанием с использованием моделей состояния.

1. Запустить программу *Matlab* с помощью ярлыка на рабочем столе или из меню *Пуск – Программы – Matlab* . Запустить программу *nic*, находящуюся в папке *work* интегрированного пакета *Matlab*.

2. Открыть с помощью пиктограммы пакет *Simulink* , в котором открыть программу *privod*.

3. Выбрать из таблицы режимы резания для обработки детали и ввести в блоки «Подача» и «Глубина» , показанные на рис 6, соответствующие значения.

4. Запустить программу *nic* в рабочем окне *Matlab* и получить решение в виде графика, как показано на рис. 8.

5. Выполнить моделирование для пяти вариантов значений режимов обработки.

6. Сделать выводы по полученным графикам.

2.5. Отчет по работе

Отчет по работе должен содержать цель работы, исходные данные для моделирования, результаты моделирования, выводы по работе.

2.6. Контрольные вопросы:

1. Что понимается под наблюдателем состояния процесса обработки резанием и его назначение.

2. Какие величины используются в качестве исходных данных при моделировании.

3. Назовите основные операторы управляющей программы *nic* и их назначение.

4. Назначение блоков *Subsystem* в программе *nic*.

5. Как изменяется точность обработки деталей при изменении режимов резания.

Содержание

Введение	3
1.1. Запуск <i>Simulink</i>	4
1.2. Бrowsers библиотеки блоков <i>Simulink</i>	5

1.3. Окно модели в меню	6
1.4. Окончание работы Simulink	7
1.5. Создание новой модели	7
1.6. Редактирование модели	9
1.6.1. Выделение объектов	8
1.6.2. Операции с блоками	9
1.6.3. Имена блоков	11
1.6.4. Задание параметров блока	12
1.6.5. Операции с линиями	12
1.6.6. Метки линий (сигналов)	14
1.6.7. Комментарии	15
1.6.8. Сводные таблицы действий по редактированию блок – схем	16
1.7. Создание подсистем	17
1.8. Сохранение модели и вызов текста схемы	18
1.9. Печать модели	18
1.10. Моделирование	18
1.11. Параметры и методы моделирования	19
2.1. Теоретическое введение	19
2.2. Моделирование процесса управления точностью токарной обработки с наблюдателем состояния процесса резания	23
2.3. Исходные данные для моделирования	26
2.4. Порядок выполнения работы	27
2.5. Отчет по работе	28
2.6. Контрольные вопросы	28
Содержание	28