

Туккель Н.И. , Шалыто А.А. , Ваганов С.А.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ SWITCH-ТЕХНОЛОГИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ
ПРОГРАММ В СРЕДЕ "FLORA/C+"**

**МОДЕЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА В ЦЕХЕ
ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКИ**

ПРОГРАММНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Санкт-Петербург
2001

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ОПИСАНИЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА	4
1.1. ОКНО ВИДЕОКАДРА	4
1.2. ОКНО ПРОТОКОЛА	4
1.3. ОКНО ВЫБОРА РЕЖИМА ОТЛАДКИ.....	4
2. ПЕРЕЧЕНЬ И НУМЕРАЦИЯ СОБЫТИЙ	7
3. ПЕРЕЧЕНЬ И НУМЕРАЦИЯ ВХОДНЫХ ПЕРЕМЕННЫХ	7
4. ПЕРЕЧЕНЬ И НУМЕРАЦИЯ ВЫХОДНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ	7
5. СХЕМА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АВТОМАТОВ	8
6. СИСТЕМОНЕЗАВИСИМАЯ ЧАСТЬ	9
6.1. АВТОМАТ ВКЛЮЧЕНИЯ-ОТКЛЮЧЕНИЯ СИСТЕМЫ (А0)	9
6.1.1. СЛОВЕСНОЕ ОПИСАНИЕ	9
6.1.2. СХЕМА СВЯЗЕЙ И ГРАФ ПЕРЕХОДОВ	9
6.2. АВТОМАТ УПРАВЛЕНИЯ ПРОКАТОМ (А1)	10
6.2.1. СЛОВЕСНОЕ ОПИСАНИЕ	10
6.2.2. СХЕМА СВЯЗЕЙ И ГРАФ ПЕРЕХОДОВ	11
6.3. АВТОМАТ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТЕРОМ (А2)	12
6.3.1. СЛОВЕСНОЕ ОПИСАНИЕ	12
6.3.2. СХЕМА СВЯЗЕЙ И ГРАФ ПЕРЕХОДОВ	13
6.4. АВТОМАТ УПРАВЛЕНИЯ ТЕЛЕЖКОЙ (А3)	14
6.4.1. СЛОВЕСНОЕ ОПИСАНИЕ	14
6.4.2. СХЕМА СВЯЗЕЙ И ГРАФ ПЕРЕХОДОВ	15

ВВЕДЕНИЕ

Предлагаемая программная документация описывает учебный пример использования SWITCH-технологии при разработке программ в среде "Flora/C+".

Разработанная программа реализует визуальную модель технологического процесса в цехе холодной прокатки и основана на аналогичном примере, поставляемом вместе со средой "Flora/C+" (www.compassplus.ru) версии 2.1.4.0 (файл "lpc.ots").

В этой программе использован подход повышающий **централизацию** управления, при применении которого функциональные алгоритмы вынесены в отдельную часть программы, называемую системонезависимой, а локальные задачи управления решаются в системозависимой части (зависящей, от используемых инструментальных средств). В исходном примере использовалось традиционное для объектно-ориентированного программирования **распределенное** по значительному количеству объектов управление, применение которого делает поведение программы априори непредсказуемым, так как резко затрудняет целостное понимание функциональных алгоритмов.

Функциональные алгоритмы разработаны и реализованы с использованием **SWITCH-технологии**, базирующейся на применении конечных автоматов. Это позволило, в частности, автоматически получать протоколы работы программы в терминах автоматов, обеспечивая наглядность ее функционирования.

Эти алгоритмы реализованы системой из четырех взаимосвязанных автоматов, взаимодействующих по вложенности и обмену номерами состояний.

Головной автомат отвечает за включение/отключение модели, а остальные автоматы вложены в него и управляют анимацией различных составных частей модели. Взаимодействие этих автоматов осуществляется путем обмена номерами состояний.

Визуальная модель цеха холодной прокатки состоит из трех областей, каждая из которых управляется отдельным автоматом:

- области проката, расположенной сверху слева;
- области транспортера, расположенной сверху справа;
- области перемещения тележки, расположенной снизу.

Заготовка, представляющая собой катушку с намотанной на ней металлической лентой перемещается по кругу из одной области в другую. Модель является сильно упрощенной ввиду низкой детализации технологического процесса и его замкнутости.

1. Описание пользовательского интерфейса

При запуске программы создаются три окна:

- видеокадра, отражающего процесс моделирования;
- протокола работы автоматов;
- выбора режима отладки.

Кроме окон, создаваемых программой, на экране может присутствовать окно отладчика, используемого при пошаговом выполнении программы.

Пример возможного состояния экрана приведен на дополнительно прилагаемой к настоящему документу копии экрана (в отдельном файле).

1.1. Окно видеокадра

Окно видеокадра содержит две области: слева расположена область анимации, справа расположен пульт, содержащий кнопку "Пуск", включающую/отключающую систему, и диалоговые элементы для задания параметров модели.

1.2. Окно протокола

Окно протокола содержит две таблицы.

В левой части окна расположена таблица, в которой фиксируются изменения состояний автоматов. Эта таблица содержит следующие столбцы:

- момент времени, в который один из автоматов изменил свое состояние;
- значения переменных состояния автоматов А0, А1, А2, А3 (y_0, y_1, y_2, y_3);
- номер состояния графа достижимых маркировок для системы взаимосвязанных автоматов А0..А3. Следует отметить, что номера состояний графа достижимых маркировок присваиваются динамически и могут отличаться при различных запусках программы в зависимости от последовательности поступления входных воздействия.

В правой части окна расположена таблица, отображающая протокол работы системы взаимосвязанных автоматов и содержащая следующие столбцы:

- момент времени, в который указанное сообщение поступило в протокол;
- источник сообщения;
- текст сообщения.

1.3. Окно выбора режима отладки

В верхней части окна отображаются текущие значения переменных состояния для каждого автомата. Далее располагается диалоговый элемент для выбора режима отладки, а после него – диалоговые элементы для активации различных опций отладки:

- "Протоколировать". Активация данной опции разрешает любое протоколирование;
- "Бесповторное протоколирование". При активации данной опции отключается вывод в протокол повторяющихся сообщений.

Сообщение считается повторяющимся, если оно уже присутствовало в числе последних сообщений в протоколе (глубина просмотра задается в функции вывода сообщения в протокол);

- "Протоколировать переходы". Данная опция разрешает вывод в протокол сообщений о выполнении автоматами переходов;
- "Протоколировать входы". Данная опция разрешает вывод в протокол сообщений об опросе входных переменных;
- "Протоколировать выходы". Данная опция разрешает вывод в протокол сообщений о выполнении выходных воздействий;
- "Протоколировать запуски". Данная опция разрешает вывод в протокол сообщений о запуске автоматов. Включение этой опции значительно увеличивает объем протокола;
- "Протоколировать завершения". Данная опция разрешает вывод в протокол сообщений о завершении обработки автоматами очередного события. Включение этой опции значительно увеличивает объем протокола;
- "Останов при протоколировании". Данная опция включает точку останова в функции вывода сообщения в протокол. При запущенном отладчике программа будет останавливаться после вывода в протокол каждого сообщения;
- "Останов при переходах". Данная опция включает точку останова в функции, вызываемой при изменении состояния одного из автоматов. При запущенном отладчике программа будет останавливаться после того как один из автоматов перешел в новое состояние и выполнены перечисленные в нем выходные воздействия. При этом в нижней части окна отладки будет отображаться сообщение о том, какой из автоматов совершил переход, а также номера нового и старого состояний.

Для более удобного управления опциями отладки введено пять различных режимов отладки, переключение которых осуществляется при помощи диалогового элемента "Режим". При включении каждого из режимов отладки устанавливается соответствующий набор отладочных опций. Реализованы следующие режимы:

- "Демонстрационный". Режим предназначен для общего ознакомления с моделируемым процессом. В этом режиме отключены все отладочные опции;
- "Достижимые маркировки". Режим предназначен для предварительного ознакомления с динамикой изменения состояний автоматов. В этом режиме выполняется минимальное протоколирование – заполняется таблица значений переменных состояний (может быть построен граф достижимых маркировок);
- "Краткий протокол". Режим предназначен для ознакомления с динамикой изменения состояний автоматов и выдачей выходных воздействий. В этом режиме выполняется протоколирование переходов в автоматах и неповторное протоколирование выходных воздействий;
- "Пошаговый краткий". Режим предназначен для пошагового изучения изменения состояний автоматов, опроса входных переменных и выдачи выходных воздействий. В этом режиме останов программы выполняется при изменении состояния какого-либо автомата;
- "Пошаговый полный". Режим предназначен для подробного пошагового изучения процессов, происходящих в системе взаимосвязанных автоматов. При выполнении отладки в этом

режиме строится максимально полный протокол, а останов программы выполняется после записи в протокол каждого очередного сообщения. При этом следует отметить, что в функциях, реализующих выходные воздействия, протоколирование выполняется до того, как выдается само воздействие. Поэтому у пользователя есть возможность прочитать в протоколе, какое выходное воздействие будет выдано после того, как он продолжит выполнение программы, а после этого нажав клавишу продолжения выполнения программы "F9" увидеть внешние изменения, вызванные выполненным выходным воздействием. Для упрощения процесса изучения поведения автоматов в данном режиме рекомендуется пропускать однообразные участки работы программы, переключаясь в режим "Пошаговый краткий", а после изменения состояния одного из автоматов переключаться обратно в режим "Пошаговый полный".

При изучении поведения программы в различных режимах отладки рекомендуется сопоставлять появляющиеся в протоколе сообщения с распечатками схем связей и графов переходов автоматов.

Необходимо отметить, что реализованные режимы отладки могут использоваться для **изучения** работы системы взаимосвязанных автоматов с разной степенью детализации.

2. Перечень и нумерация событий

е	Описание
10	Срабатывание генератора синхроимпульсов
20	Нажатие кнопки "Пуск"

3. Перечень и нумерация входных переменных

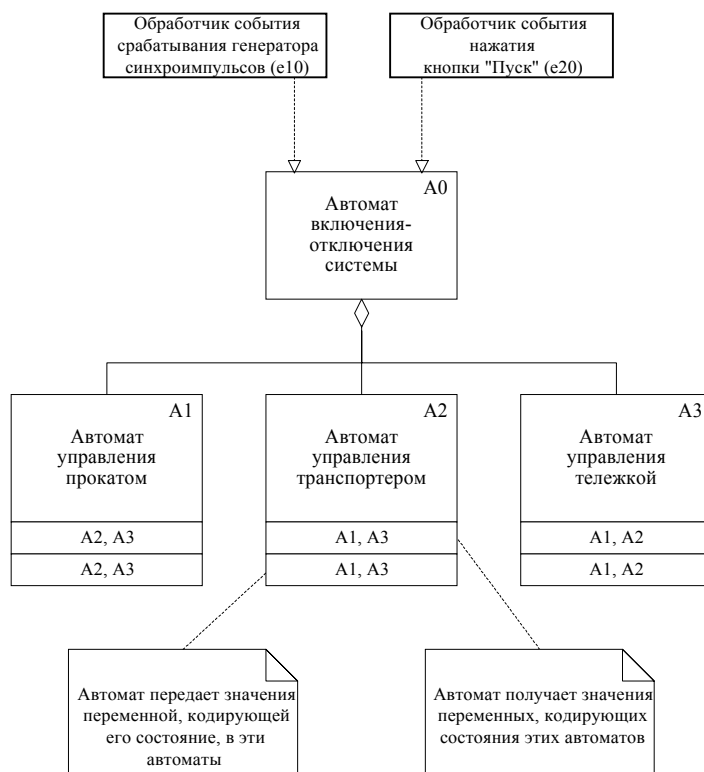
х	Описание
10	Кнопка "Пуск" нажата
20	Тележка в крайнем верхнем положении
30	Тележка в крайнем нижнем положении
40	Тележка в крайнем правом положении
50	Тележка в крайнем левом положении
60	Катушка в начале первого пандуса
70	Катушка в конце первого пандуса
80	Катушка в начале транспортера
90	Катушка в конце транспортера
100	Катушка в конце второго пандуса
110	Катушка в зоне отгрузки
150	Прокат завершен
160	Катушка достигла зоны транспортера

4. Перечень и нумерация выходных воздействий

z	Описание
10	Перемещение тележки (0 - влево, 1 - вправо, 2 - вверх, 3 - вниз)
20	Изображение катушки внутри тележки (0 - невидимое, 1 - видимое)
30	Перемещение катушки по транспортеру (0 - по траектории падения, 1 - по первому пандусу, 2 - по транспортеру, 3 - по второму пандусу, 4 - вернуть в исходное положение)
40	Изображение катушки на транспортере (0 - невидимое, 1 - видимое)
50	Изображение катушки на выходе блока проката (0 - невидимое, 1 - видимое)
60	Изображение катушки на входе блока проката (0 - невидимое, 1 - видимое)
65	Изображение ленты в блоке проката (0 - невидимое, 1 - видимое)
70	Процесс проката (0 - инициализация, 1 - отображение)
80	Перемещение катушки на выходе блока проката (0 - вернуть в исходное положение, 1 - по траектории от блока проката к транспортеру)

5. Схема взаимодействия автоматов

Модель технологического процесса в цехе холодной прокатки.
Схема взаимодействия автоматов



6. Системонезависимая часть

6.1. Автомат включения-отключения системы (A0)

6.1.1. Словесное описание

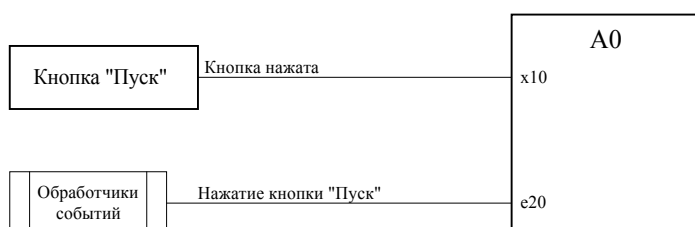
Автомат является головным и управляет включением-отключением модели.

При запуске автомата нажатием кнопки "Пуск" (объект ``$/Pult/on_off_switch``, событие `e20`), автомат опрашивает состояние этой кнопки (`x10`), и в зависимости от значения переменной `x10` выполняет переход.

6.1.2. Схема связей и граф переходов

Автомат включения-отключения системы. Схема связей

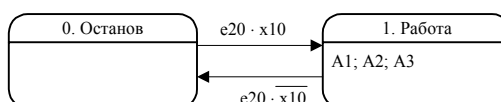
A0



Вложенные автоматы: A1, A2, A3

Автомат включения-отключения системы. Граф переходов

A0



6.2. Автомат управления прокатом (A1)

6.2.1. Словесное описание

Визуализация процесса проката начинается после того, как в блок проката загружена катушка, и рабочие зоны в левой и правой части блока проката свободны от тележки (автомат A3 не находится в состояниях 1, 2 и 3) и катушки (автомат A2 не находится в состояниях 1 и 2) соответственно.

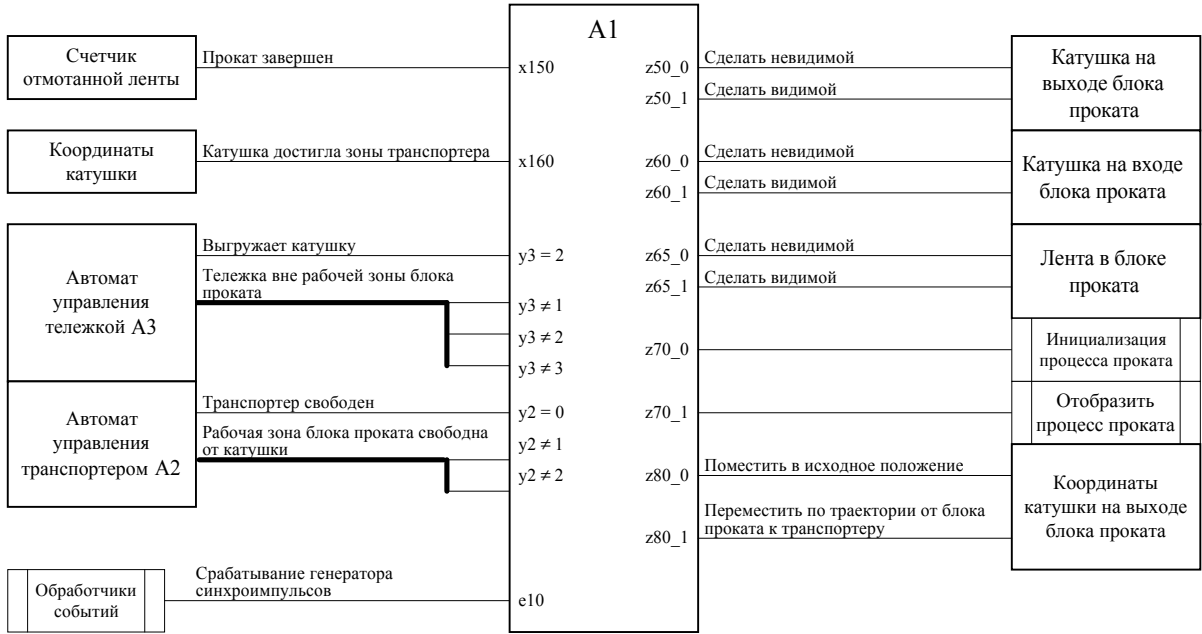
После завершения проката намотанная катушка перемещается от блока проката к транспортеру при условии, что транспортер свободен (автомат A2 находится в состоянии 0).

6.2.2. Схема связей и граф переходов

Автомат управления прокатом. Схема связей

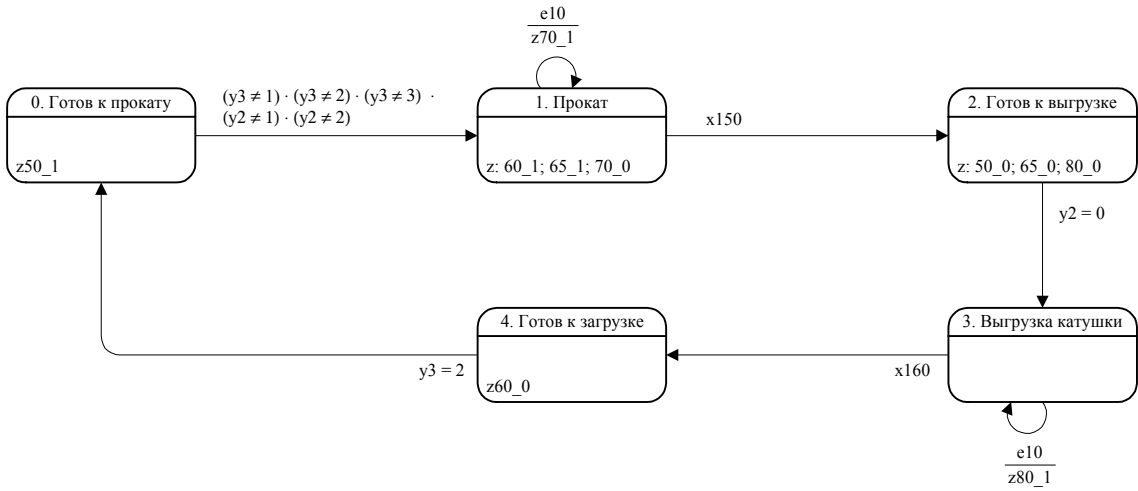
A1

Вложен в автомат A0



Автомат управления прокатом. Граф переходов

A1



6.3. Автомат управления транспортером (А2)

6.3.1. Словесное описание

Траектория, по которой движется катушка в блоке транспортера состоит из перечисленных ниже частей.

1. Падение на первый пандус.
2. Движение по первому пандусу.
3. Падение на транспортер.
4. Движение по транспортеру.
5. Движение по второму пандусу.
6. Падение в зону отгрузки.

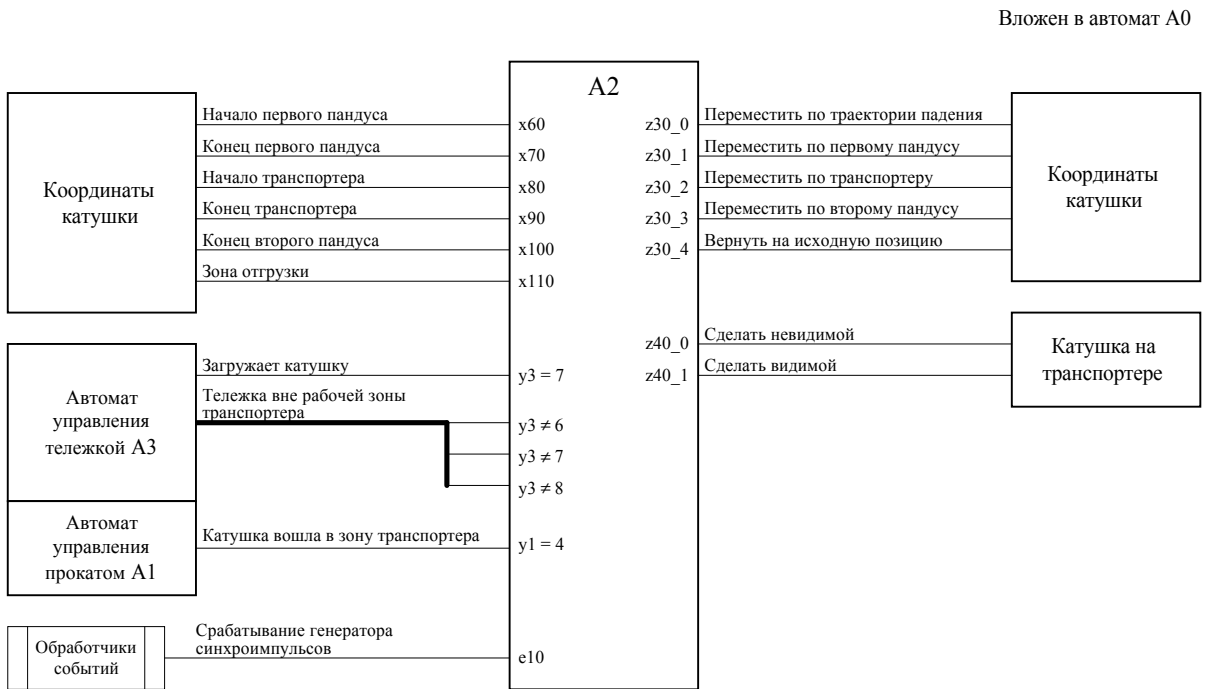
При этом, при перемещении катушки по транспортеру, также анимируется перемещение самого транспортера.

После отгрузки катушки в тележку (состояние 8 автомата А2) транспортер считается свободным только после того, как тележка покинет рабочую зону транспортера (автомат управления тележкой А3 находится в состоянии, отличном от 6, 7 и 8).

6.3.2. Схема связей и граф переходов

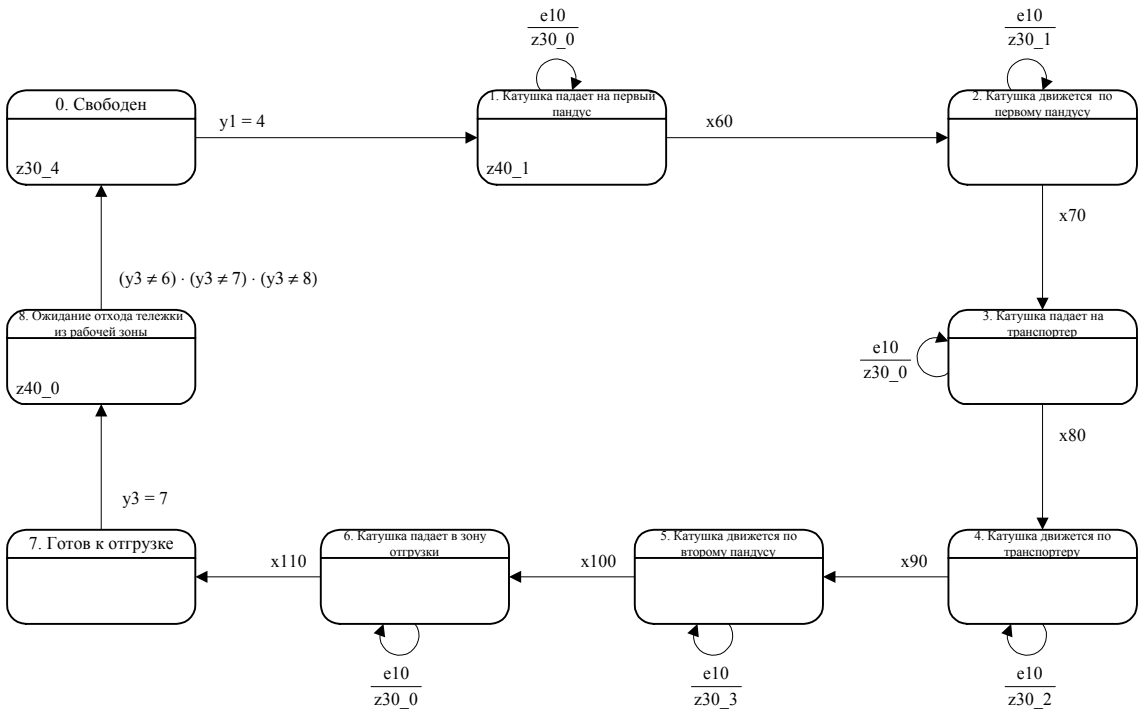
Автомат управления транспортом. Схема связей

A2



Автомат управления транспортом. Граф переходов

A2



6.4. Автомат управления тележкой (А3)

6.4.1. Словесное описание

Траектория движения тележки представляет собой прямоугольник, границы которого определяются входными переменными x_{20} , x_{30} , x_{40} и x_{50} .

В верхней левой части пути тележки выполняется выгрузка транспортируемой катушки в блок проката.

В верхней правой части пути тележки выполняется загрузка катушки из блока транспортера.

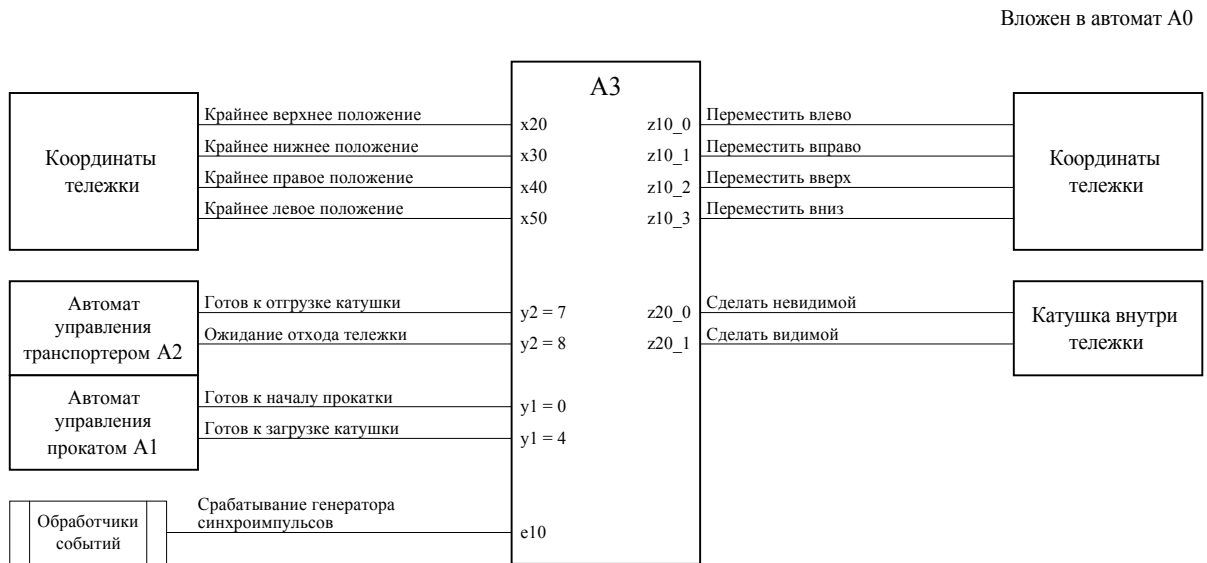
Операции, выполняемые тележкой, синхронизируются с состояниями автоматов, управляющих остальными блоками модели, например:

- подход тележки к блоку проката (состояние 1 автомата А3) осуществляется только когда блок проката находится в состоянии готовности к загрузке (состояние 4 автомата А1);
- подход тележки к транспортеру (состояние 6 автомата А3) осуществляется только когда катушка появляется в зоне отгрузки транспортера (состояние 7 автомата А2).

6.4.2. Схема связей и граф переходов

Автомат управления тележкой. Схема связей

A3



Автомат управления тележкой. Граф переходов

A3

