

УДК 622

## ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИБКОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ

Порываев М.А., студент гр. МРб-181, 4 курс

Научный руководитель: Трусов А.Н. доцент, к.н.

Кузбасский государственный технический университет

имени Т.Ф. Горбачева

г. Кемерово

### Введение

Имитационное моделирование позволяет: изучать воздействие различных организационных, управлеченческих и технико-экономических изменений на показатели функционирования системы; оценивать и выбирать различные варианты технических решений и стратегий управления при поиске оптимальной структуры автоматизированных производств; разрабатывать исходные требования к обоснованию новых технологий; оценивать работу системы при имитации технологических ситуаций; имитировать отказы оборудования; выявлять «узкие места»; и т.д.

В данной работе я хотел бы представить ГПС из своей дипломной работы в виде имитационной модели, для проведения в будущем необходимых мне экспериментов и исследований над ней.

Добиться значительного упрощения и ускорения процесса разработки имитационных моделей возможно за счет использования специализированных языков моделирования, и проблемно-ориентированных имитаторов и имитационных сред.

Специализированные языки компьютерной имитации требуют от пользователя знания команд интерпретатора, при помощи которых описывается работа элементов системы. В проблемно-ориентированном имитаторе сетей Петри уже определены элементы системы и связи между ними. Вместо составления программы на специализированном языке для конкретного объекта пользователь должен ввести исходные данные в форму для имитатора. Таким образом, для моделирования ГПС наиболее эффективным будет использование проблемно-ориентированного имитатора сетей Петри.

## Описание объекта моделирования

Объектом моделирования в данной работе является автоматическая производственная система механической обработки деталей. В её состав входит 5 РТК, склад и кран-штабелёр. РТК состоят из:

РТК 1 – Станок (1), ПР (1);

РТК 2 – Станок (3), ПР (1);

РТК 3 – Станок (1), ПР (1);

РТК 4 – Станок (3), ПР (1);

РТК 5 – Станок (1), ПР (1).

Склад является промежуточным звеном между РТК и делится на 7 блоков. Кран-штабелёр перемещает заготовки между РТК и складом.

Заготовки последовательно проходят все стадии обработки на РТК 1-4, каждый раз проходя через соответствующую зону склада, после чего попадают в РТК 5, где происходит отбраковка негодных деталей. Планировка ГПС приведена на рисунке 1.

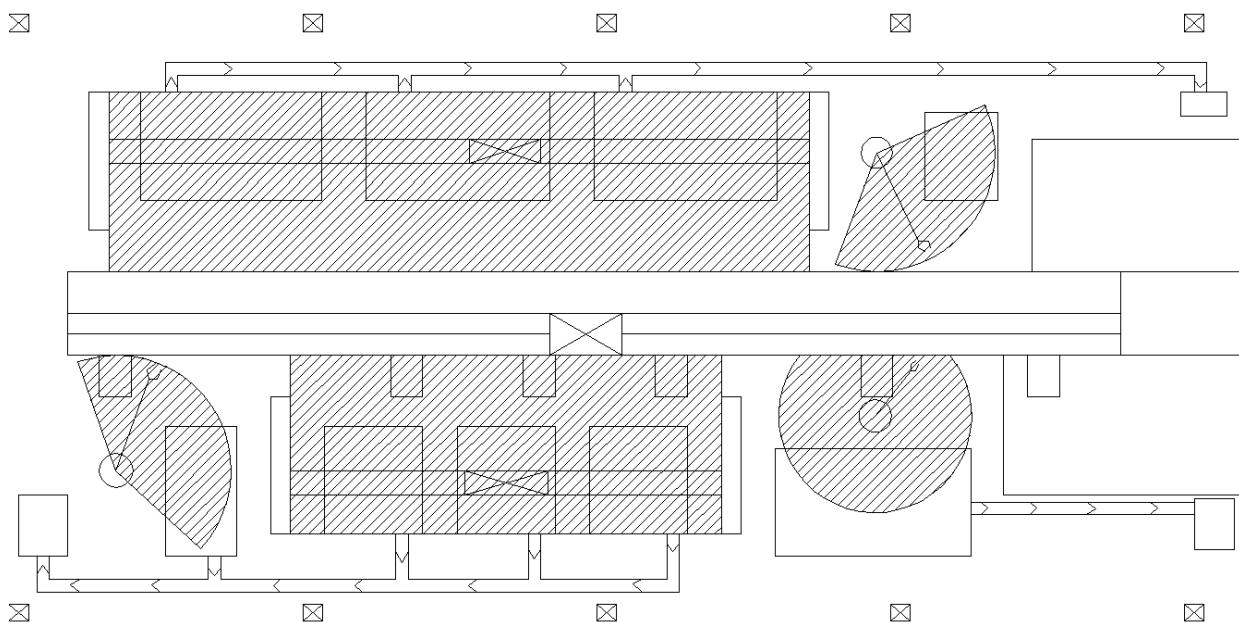


Рис. 1. Планировка ГПС

## Разработка модулей элементов транспортной системы в виде сетей Петри

Сеть Петри представляет собой ориентированный граф с вершинами двух типов: позициями  $P_i$  и переходами  $T_j$ . Динамика технологического

процесса отображается движением маркеров через переходы от начальной к конечной позиции. Маркеры задерживаются в промежуточных позициях на время выполнения технологических операций (точка внутри  $P_i$ ). Логические условия процесса задаются правилами движения маркеров через переходы.

Представим процесс функционирования системы в виде сети Петри. Для этого разработаем модули, отображающие работу РТК, кран-штабелёра, склада и др. Затем синтезируем эти модули в полную модель, отображающую работу всей системы.

Работу РТК 1, 3 и 5, где содержится один станок и один ПР, представим в виде модуля сети Петри, изображенного на рисунке 1.

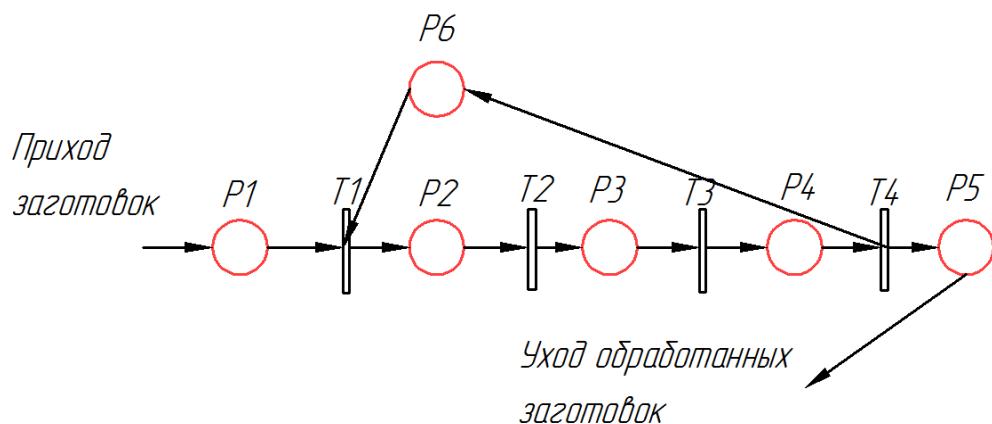


Рис. 2. Модуль «РТК 1, 3 и 5»

В приведенном модуле, позиция  $P_1$  отвечает за поступление и хранение заготовок, позиция  $P_5$  за хранение прошедших обработку деталей, а  $P_6$  за готовность работы к установке новой детали в станок. Тогда, через переход  $T_1$  (при наличии детали в позиции  $P_1$  и робота в позиции  $P_6$ ) маркер попадает и задерживается последовательно в позиции  $P_2$  (время на установку детали в станок),  $P_3$  (время на обработку детали на станке) и  $P_4$  (время на снятие детали со станка). Далее через переход  $T_4$  маркер разделяется и попадает в позиции  $P_6$  (говорит о готовности к загрузке новой детали) и позицию  $P_5$ , где задерживается пока все детали из её партии не будут обработаны, после чего вся партия уходит на склад.

Для осуществления процесса обработки деталей на РТК 2 и 4, представим модуль сети Петри, изображенного на рисунке 2.

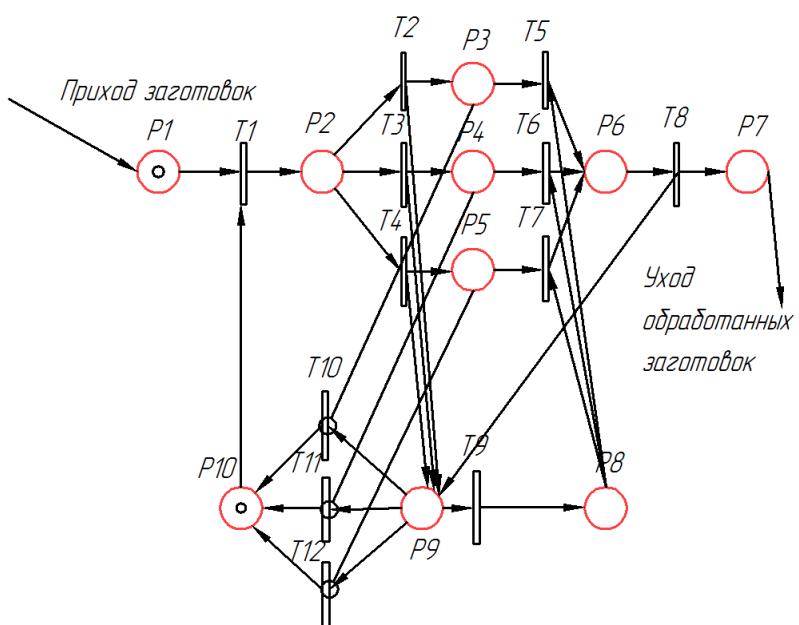


Рис. 3. Модуль «РТК 2 и 4»

В данном модуле, позиция Р1 отвечает за поступление и хранение заготовок, позиция Р7 за хранение прошедших обработку деталей, позиции Р3-5 за обработку на станках 1-3, Р10 за готовность работы к установке новой детали в станок, а Р8 за готовность робота к снятию готовой детали со станка. Тогда, через переход Т1 (при наличии детали в позиции Р1 и робота в позиции Р6) маркер попадает и задерживается в позиции Р2 (время на установку детали в станок), после чего через переходы Т2-4 попадает в одну из позиций Р3-5, где задерживается на время обработки детали на станке. После обработки и при наличии робота в позиции Р8, деталь попадает в позицию Р6 (время на снятие детали со станка), после чего через переход Т8 оказывается в позицию Р7, где задерживается пока все детали из её партии не будут обработаны, после чего вся партия уходит на склад.

В данном модуле робот выполняет функции загрузки и разгрузки деталей со станков не в последовательном виде (после загрузки детали в станок он не стоит у этого станка и не ждёт завершения операции, а выполняет другие задачи). Из-за этого возникает проблема, когда работ при всех загруженных станках пытается провести очередную загрузку заготовки, а не выгрузку обработанной детали. Для решения этой проблемы была добавлена промежуточная позиция Р9, в которую робот попадает после каждой загрузки-выгрузки, и из которой ведёт четыре перехода, три на позицию загрузки и один на позицию выгрузки. К переходам, ведущим на позицию загрузки Т10-12, подведены ингибиторные дуги (перекрывают переход при наличии маркера в позиции) от позиций Р3-5, соответственно при наличии маркеров во всех трёх позициях, отвечающих за работу станков, путь роботу на позицию загрузки будет перекрыт и он перейдёт через переход Т9 в позицию разгрузки Р8.

На рисунке 3 изображен модуль, имитирующий склад заготовок и готовых деталей.

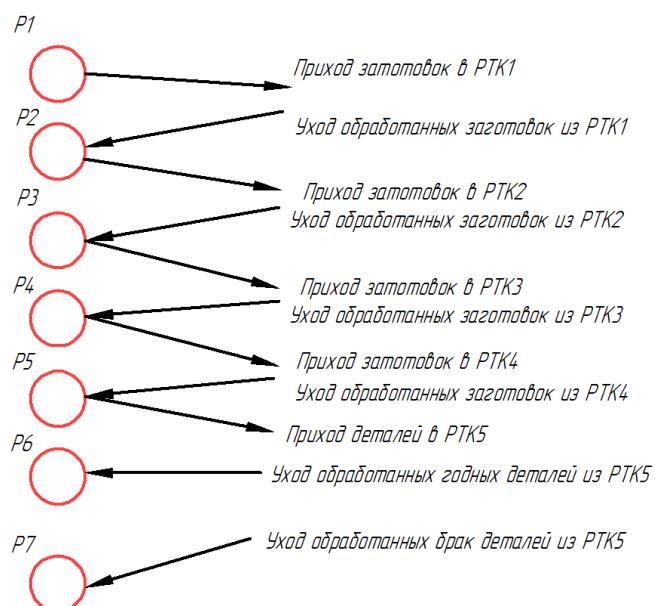


Рис. 4. Модуль «Склад»

В этом модуле позиция P1 отвечает за хранение изначальных заготовок, P2 – прошедших обработку в РТК1 заготовок, P3 – прошедших обработку в РТК2 заготовок, P4 – прошедших обработку в РТК3 заготовок, P5 – прошедших обработку в РТК4 деталей, P6 – хранение годных деталей, P6 – хранение бракованных деталей.

Процесс перемещения заготовок между РТК и складом при помощи крана-штабелёра отобразим модулем, изображенным на рисунке 4.

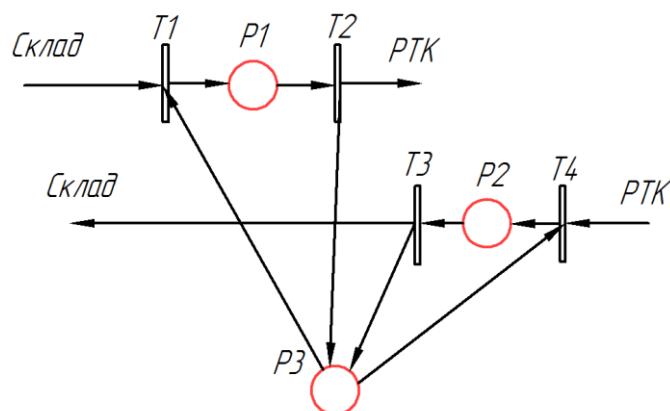


Рис. 5. Модуль «Штабелёр»

В приведенном модуле, позиция P3 отвечает за готовность крана-штабелёра, а модули P1 и P2 задерживают маркеры на время, необходимое для работы крана-штабелёра.

Разработанные модули синтезированы в сеть Петри, отображающую работу всей ГПС. Эта сеть представлена на рисунке 5.

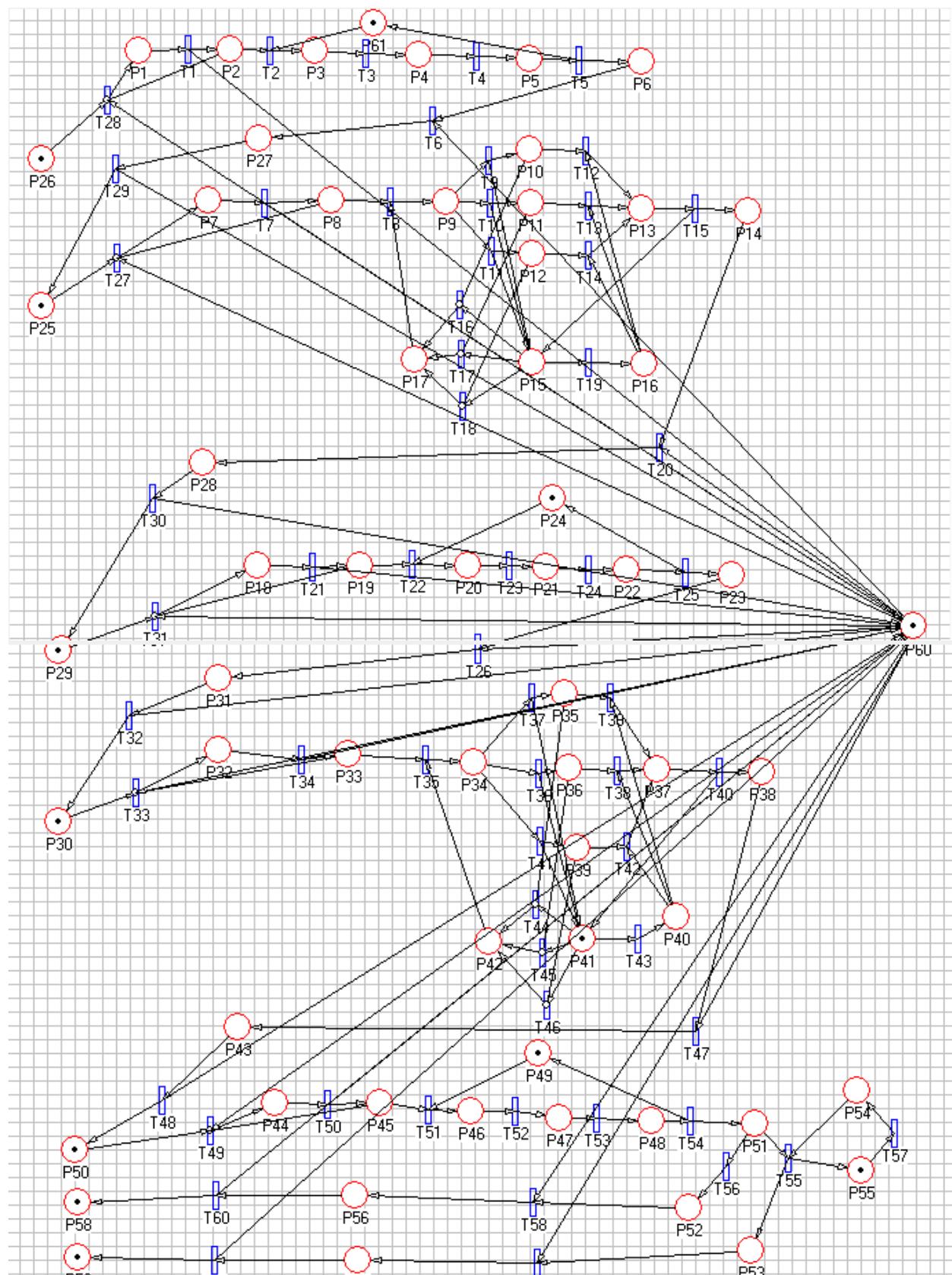


Рис. 6. Модель ГПС в виде сети Петри

### Список литературы

1. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем: Учебник для вузов – 3-е изд., перераб. и доп. / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. - М.: Высшая школа, 2001.
2. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем. Перевод с английского М.В. Горбатовой, канд. техн. наук В.Л. Торхова, канд. техн. наук В.Н. Четверикова под редакцией д-ра техн. наук В.А. Горбатова. – М.: Мир 1984.
3. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука. М: Мир, 1978.