

УДК 330.47

В. А. ШИРОЧЕНКО, канд. техн. наук, доц.

В. А. НЕДЮХИН

Т. А. КОРОТКЕВИЧ

Белорусско-Российский университет (Могилев, Беларусь)

КОМПЬЮТЕРНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Аннотация

Рассмотрены вопросы создания и анимации производственных процессов, в которых существенную роль играют процессы транспортировки изделий между различными технологическими операциями, выполняемыми на специальном станочном оборудовании. Особое внимание уделено моделированию и отработке законов управления внутрицеховым транспортом, которые могут быть использованы для построения специальной автоматизированной системы, позволяющей повышать эффективность функционирования производственной системы.

Ключевые слова:

имитационное моделирование, производственные процессы, анимация, внутрицеховые перевозки, управление транспортом.

Компьютерная визуализация результатов имитационного моделирования производственного процесса является важным инструментом для анализа, оптимизации и управления производственными процессами. Она позволяет создавать визуальные модели производственных процессов, что облегчает принятие решений, оптимизацию использования ресурсов и управление циклом производства.

При разработке имитационных моделей используются различные принципы их построения, достаточно широко описанные в специальной литературе. Наиболее приемлемыми для моделирования производственных процессов являются принципы агентного моделирования [1]. Выбор зависит от особенностей моделируемого объекта и поставленных задач его исследования [2].

В Белорусско-Российском университете для построения имитационных моделей производственных процессов создана специальная система визуального моделирования. Конструирование модели в этой системе осуществляется с использованием набора имеющихся элементов, собирая из них, как из детского конструктора, нужную технологическую схему. В формируемой схеме обязательно должны чередоваться заделы, изображаемые прямоугольниками, и операции, для обозначения которых используются упрощенные изображения станочного оборудования. В качестве заделов могут быть накопители деталей – материальные заделы; накопители информации – информационные заделы; накопители финансовых средств – финансовые заделы. У каждой операции на входе как минимум один материальный задел и на выходе только один материальный задел. Кроме материальных заделов, могут быть использованы как на входе, так и на выходе информационные заделы, с помощью которых

моделируются различные управленческие воздействия в производственной системе.

Для построения модели на экране выделено прямоугольное пространство, представляющее собой производственный цех или участок. На этом участке прямыми линиями изображаются границы, указываются въезды и выезды с него, а также транспортные проезды для перемещения деталей по цеху. Построение модели осуществляется на основе общего вида цеха или участка, на котором показаны места расположения станков, складирования заготовок и готовых деталей (межоперационные заделы), рабочие места (полузакрашенные кружки), проезды для транспорта и необходимые размеры, добавляя необходимую информацию для формализации производственного процесса.

Для построения технологической цепочки производства разработчик имитационной модели перетаскивает с помощью компьютерной мышки соответствующий элемент с палитры и устанавливает его в место, соответствующее ему по планировке цеха. Пример такой построенной модели представлен на рис. 1. Графические объекты, отображающие технологические операции, снабжены соединительными элементами, предназначенными для построения связи с другими объектами. Для простоты построения графический объект снабжен одним входом и одним выходом, к которым может быть подсоединено любое количество других объектов. Для демонстрации объектом выполнения технологической операции его графическое изображение дополнено прямоугольным элементом, который во время анимации производственного процесса постепенно заполняется заданным цветом и показывает степень завершения операции.

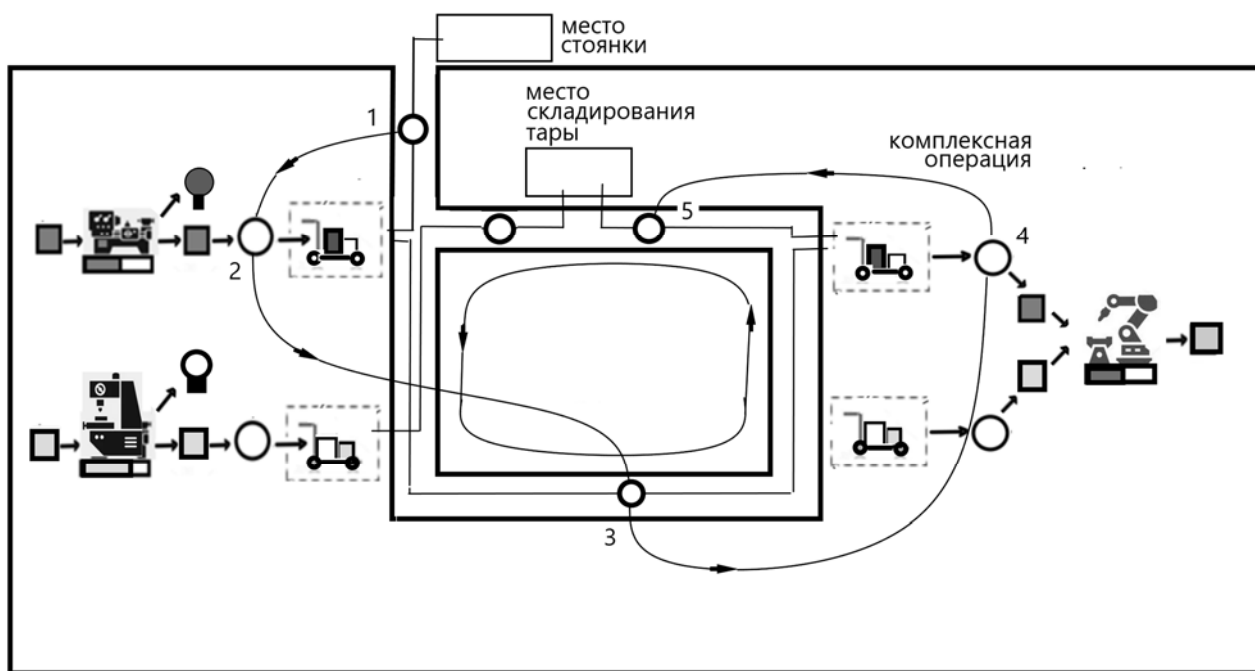


Рис. 1. Графическое представление имитационной модели

Транспортное оборудование, в отличие от станочного, участвует в нескольких операциях, таких как переезд к месту погрузки, погрузка, перевозка, разгрузка и, возможно, других. Каждая из этих операций имеет свою длительность и связь со своими заделами. Так, например, переезд с места стоянки к месту погрузки уменьшает количество транспорта на стоянке и по окончании переезда позволяет начать погрузку. В свою очередь погрузка уменьшает количество изделий на соответствующем заделе и переносит их на погрузочное место транспорта. И так далее.

На рис. 1 показана модель производства сварной конструкции, состоящей из двух деталей, одна из которых обрабатывается на токарной операции, а вторая – на фрезерной. Предусматривается, что на сборку-сварку детали перевозятся транспортом, который вначале находится на стоянке, а затем после сигнала о готовности перевозки первой детали переезжает на место под погрузку (операция 1), осуществляется погрузка (операция 2), перевозка детали на место разгрузки (операция 3) и разгрузка (операция 4).

При описании транспортных потоков необходимо иметь в виду, что перед началом рабочей смены весь транспорт находится на основной стоянке, на которой осуществлялись его обслуживание между рабочими сменами и подготовка к работе. Эту стоянку назовем исходной. В своей работе транспорт должен осуществлять перевозки деталей, прошедших через некоторую технологическую операцию на одном оборудовании и собранных в количестве, заданном величиной транспортной партии, к другому оборудованию для выполнения следующих операций, предусмотренных технологическим маршрутом производства деталей или получения из отдельных деталей сборочной единицы. В процессе таких перевозок транспорт подъезжает к месту, откуда должна быть перевозка, осуществляется погрузка перевозимых изделий, их перевозка к месту назначения и разгрузка изделий в месте назначения. В некоторых случаях транспорт может перевозить в одном рейсе несколько различных транспортных партий изделий, обслуживая при этом несколько технологических цепочек производства деталей. Освободившийся после разгрузки транспорт не возвращается в место исходной стоянки, а останавливается на специально предназначенной для этого промежуточной стоянке, где ожидает вызова на выполнение следующего рейса.

Описание в модели транспортных маршрутов, по которым должно осуществляться транспортное обслуживание межоперационных перевозок, представляет собой сетевой нагруженный ориентированный граф с истоком и стоком. Вершинами этого графа являются точки погрузки и разгрузки перевозимых изделий. Исходной вершиной является точка стоянки транспорта в начале смены или точка, в которой был завершен предыдущий рейс. Конечной вершиной является условная вершина, завершающая выполненный транспортный цикл и расположенная после точки разгрузки транспорта. Дугами сетевого графа являются возможные маршруты движения транспорта по проездам цеха. Назовем этот сетевой граф графом транспортных маршрутов.

Математически граф описывается матрицей смежности вершин, элементы которой представляют собой расстояния между соответствующими вершинами.

Исходный граф содержит все возможные вершины и дуги, участвующие в межоперационных перевозках изделий. При наличии свободного транспорта и появлении сигнала о готовности к перевозке одной или нескольких сформированных транспортных партий из исходного графа создается текущий граф. В него будут включены все точки погрузки, в которых сформированы транспортные партии, и соответствующие им точки разгрузки перевозимых изделий. Включение или исключение какой-либо вершины из графа сопровождается подключением или отключением соответствующих дуг сетевого графа. На сформированном таким образом текущем графе решается задача линейного программирования для отыскания кратчайшего маршрута последовательного обхода всех вершин графа без петель и циклов от его истока к стоку и определяется длина этого маршрута. Если свободных транспортных несколько, то формирование маршрута осуществляется для каждого из них по отдельности на своем текущем графе, а затем выбирается транспорт и его маршрут, для которого решение задачи оказалось наилучшим.

В том случае если в транспортном обслуживании межоперационных перевозок участвует несколько различных типов транспорта, каждый из которых может быть задействован только в закрепленных за ним технологических цепочках, то оценка возможных маршрутов осуществляется только для тех видов транспорта, которые предназначены решить задачу перевозки для всех подготовленных к этому изделий. Для этого перед решением задачи отыскания кратчайшего пути для очередного свободного транспорта необходимо сверить вектор сигналов о готовности транспортных партий к перевозке (вектор s) с вектором возможности перевозки соответствующих транспортных партий (вектор v) данным транспортом. Проверка осуществляется путем сравнения суммы произведения векторов s и v с суммой элементов вектора s .

Если сверяемые значения совпадают, то транспорт может участвовать в решении задачи в данной транспортировке, а если нет, то для него маршрут не формируется. Однако если этот транспорт является единственным свободным, то, очевидно, он должен участвовать в транспортировке возможного для него груза.

После получения кратчайшего маршрута перевозки подготовленных транспортных партий изделий к месту дальнейшей их обработки или сборки необходимо сформировать последовательность действий (операций), которые должны быть выполнены, чтобы такая перевозка была осуществлена. Для этого используется копия матрицы смежности графа транспортных маршрутов, значениями которой являются номера соответствующих операций и вектор номеров операций погрузки и разгрузки. Перебирая ячейки этой матрицы в том же порядке, в котором расположены отрезки сформированного маршрута перевозок и соответствующие элементы вектора операций погрузки и разгрузки, будет получена искомая последовательность операций. Сформированная последовательность будет управлять последовательностью комплексных операций на одном цикле перевозок. После завершения такого цикла формируются новый оптимальный маршрут для следующей подготовленной транспортной партии и последовательность операций для его обеспечения. Эти

действия продолжают в течение всего периода моделирования и обеспечивают реализацию заданного закона управления межцеховым транспортом.

Визуализация моделируемого процесса позволяет более детально разобраться в особенностях его функционирования, выявить проблемы, снижающие эффективность производства, и оптимизировать его параметры. На основе вычислительного эксперимента с построенной таким образом имитационной моделью осуществляется обоснование параметров оптимального закона управления межцеховым транспортом, которые реализуются в соответствующей автоматизированной системе, обеспечивающей повышение эффективности рассматриваемого производственного подразделения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Жихарев, А. Г.** Системно-объектный подход в контексте агентного моделирования / А. Г. Жихарев, Р. А. Маматов // Научный результат. Информационные технологии. – 2021. – Т. 6, № 2. – С. 25–31.
2. **Широченко, В. А.** Об особенностях моделирования производственных процессов / В. А. Широченко, Т. В. Пузанова // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2010. – С. 247–248.

Контакты:

shirsvet@tut.by (Широченко Виктор Александрович);

firevadick@gmail.com (Недюхин Вадим Александрович);

tymoteyszk@gmail.com (Короткевич Тимофей Александрович).

V. A. SIROCHENKO, V. A. NEDYUKHIN, T. A. KOROTKEVICH

COMPUTER VISUALIZATION OF THE FUNCTIONING OF A SIMULATION MODEL OF PRODUCTION PROCESSES

Abstract

The work examines the issues of creating and animation of production processes, in which a significant role is played by the processes of transporting products between various technological operations performed on special machine equipment. Particular attention is paid to modeling and testing the laws of control of intra-shop transport, which can be used to build a special automated system that allows increasing the efficiency of the production system.

Keywords:

simulation modeling, production processes, animation, intra-shop transportation, transport management.