
АДАПТАЦИЯ СРЕДСТВ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ANYLOGIC ПОД ЗАДАЧИ ТЕХНОЛОГА ШВЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА**Н.А. Бусыгина, Д.А. Васильев, Н.Л. Корнилова (Иваново)**

Основной задачей инженера-технолога швейного производства является перестройка действующих технологических процессов под новые модели и их оптимизация. В условиях частой сменяемости моделей в круг решаемых задач входит, в частности, оценка общей структуры процесса и/или отдельных компонентов, выявление приоритетных направлений движения материальных потоков, проблемных участков, анализ объема выпускаемой продукции, парка оборудования в зависимости от ассортимента и планировочных решений, распределение работ между исполнителями. По структуре производственный процесс изготовления швейного изделия представляет собой многопоточную линию, в которой происходит многократное выполнение однотипных операций, но с изменяющимися значениями входных и выходных данных. Они зависят от количества одновременно изготавливаемых изделий с учетом размеро-ростовочной градации, последовательности обработки деталей кроя (полуфабрикатов, готовых изделий), а также условий производства (тип оборудования, методы обработки, способы формозакрепления деталей, свойства пакетов материалов и т.п.). Кроме этого согласованность структуры производственного процесса зависит от графика работы отдельных участков (подготовки и раскроя материалов, заготовки деталей, монтажа, влажно-тепловой обработки, упаковки) с разной степенью автоматизации процессов и загрузки оборудования.

Имитационное моделирование позволяет автоматизировать решение данных задач в различных отраслях промышленности [1-4], однако тиражирование существующих моделей и использование их в качестве штатного средства при проектировании швейных цехов усложнено. Программное обеспечение AnyLogic, являясь пакетом имитационного моделирования общего назначения, не может учитывать особенности проектирования узкоспециализированных процессов швейного предприятия. Набор стандартных блоков, с помощью которых реализуются различные процессы, не учитывает сложность структуры производственного процесса с одной стороны, и повторяемость, однотипность производственных операций и способов их имитации с другой. Создание предметно-ориентированной библиотеки, состоящей из взаимосогласующихся блоков в дополнение к средствам общего моделирования, позволит использовать характерные понятия швейной отрасли и параметры объектов, а также типизировать связи между ними и инкапсулировать данный функционал на более высоком уровне. Далее показаны примеры адаптации средств имитационного моделирования AnyLogic под задачи технолога швейного производства.

Блоки предметно-ориентированной библиотеки

Швейное производство может быть представлено как многоканальная система массового обслуживания, в которой заявками являются объекты, унаследованные от обобщенного класса BaseDetail, отражающего семантику предметной области. Базовыми параметрами являются: время операции в зависимости от

производительности оборудования, фиксированная задержка детали на рабочем месте, идентификационный номер (ID) объекта, позволяющий дифференцировать объекты из разных потоков и т.п.

Для имитации выполнения технологических операций (обслуживание заявок типа BaseDetail) на рабочем месте создан класс Workplace. Время, которое Workplace тратит на обработку одной заявки, определяется параметрами входного объекта BaseDetail и разделяется на две составляющих: фиксированная задержка, не зависящая от типа оборудования, и переменная задержка, определяемая как линейная комбинация характеристик оборудования и параметров детали. Атрибутами объекта являются обобщенная скорость работы (Speed), функции автоматике (AutoFunc), для расчета в исходных параметрах BaseDetail задаются длина и кривизна обрабатываемых срезов (VarParam), время вспомогательных приемов (FixedDelay). Время задержки $t_{\text{задержки}}$ рассчитывается по формуле: $t_{\text{задержки}} = \text{VarParam} * \text{Speed} + \text{FixedDelay} - \text{AutoFunc}$. С целью повышения удобства применения и ускорения разработки моделей в данной предметной области блок Workplace инкапсулирует таблицу параметров моделей промышленного оборудования. Для разрешения коллизий и тонкого управления очередностью поступления объектов предусмотрено назначение приоритета для каждой заявки.

Упрощение и унификация перехода между технологическими операциями осуществляется с помощью созданного блока передачи SetOperation, который предоставляет возможность задать текущему объекту параметры следующей технологической операции в моделируемом процессе: идентификационный номер, время выполнения операции и т.п.

В случае, когда требуется ветвление потока заявок после завершения технологической операции, создание технологических цепочек, сбор и перераспределение объектов между ними, организация циклов и возвратов, применяется блок распределения объектов SwitchOp, который направляет заявки в разные потоки в зависимости от ID операции (рис. 1).

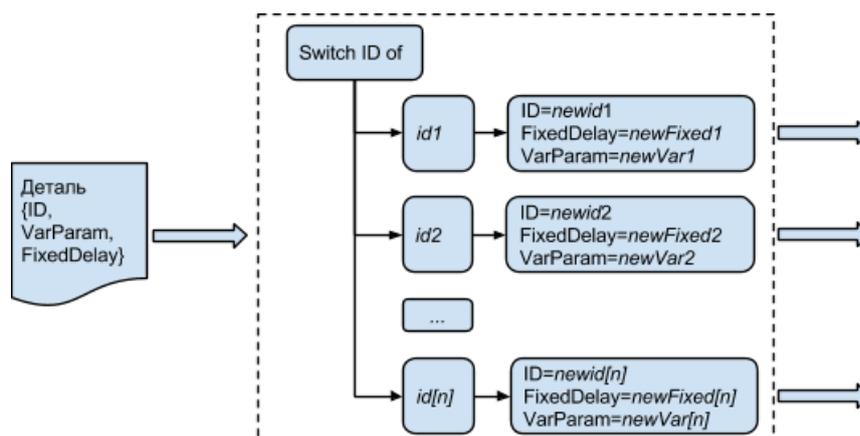


Рис. 1. Упрощенная структура блока SwitchOp

Он представляет собой частный случай условного перехода, одновременно позволяя присвоить значения свойств детали в каждом потоке, количество деталей в выходной партии и т.п.

Будучи дискретно-событийной многоканальной системой массового обслуживания, швейное производство требует моделирования параллельной обработки. Одним из способов распределения заявок является захват и освобождение определенного типа ресурса с использованием пула ресурсов. Однако в таком случае каждое рабочее место должно задаваться в виде ресурса и таким образом исключаться из диаграммы процесса. Подобный подход нарушает интуитивную логику процесса построения модели и делает процесс прохождения заявок неявным. Поэтому созданы блоки FlowSplit и FlowTake, предоставляющие возможность событийно-связанной параллельной обработки. FlowSplit инкапсулирует очередь заявок и список блоков обработки FlowTake, при поступлении новой заявки проверяется наличие свободных FlowTake и она случайным образом выдается одному из них. При поступлении заявки в блок FlowTake она передается во внутренний поток обработки, который может состоять из одного или нескольких блоков (рис.2).

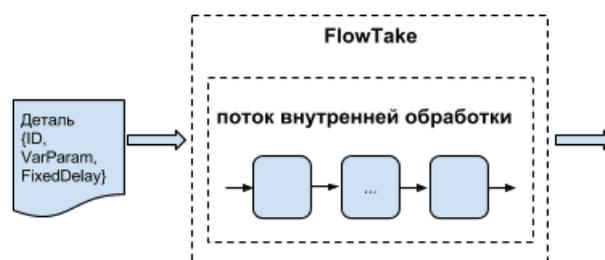


Рис. 2. Упрощенная структура FlowTake

После выхода из внутреннего потока заявка передается на внешний порт, а блок помечается как пустой, после чего из очереди блока FlowSplit забирается следующая заявка, если очередь не пуста. Если во внутреннем потоке происходит репликация заявок, или выполняется операция Unbatch, количество выходных заявок, соответствующее одной входной заявке, задается с помощью параметра multiplier и блок помечается как пустой только тогда, когда на выход блока поступило количество заявок, равное произведению числа входных заявок на значение multiplier. Следует отметить, что, несмотря на однотипность поступающих заявок, каждый из блоков FlowTake может иметь свой собственный, отличный от других, поток обработки.

Одной из ключевых особенностей моделирования швейного производства является необходимость организации циклов и возвратов деталей на рабочее место, при этом возможна обработка разнотипных объектов, имеющих различные входные параметры в рамках одной и той же операции. На рис. 3 показан фрагмент цикла обработки детали на двух рабочих местах с применением блоков WorkPlace и SwitchOp.

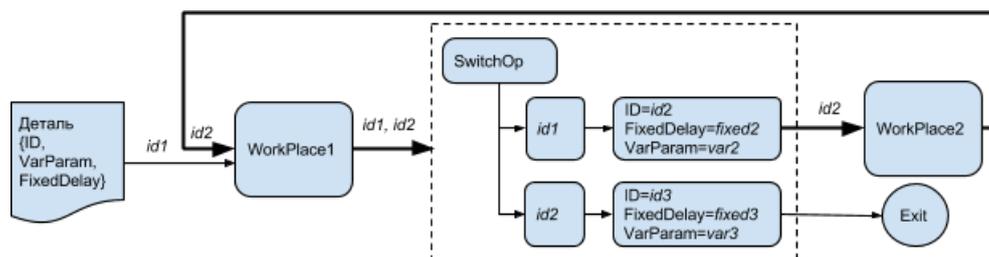


Рис. 3. Фрагмент циклической обработки деталей с возвратом на рабочее место

При использовании разработанных блоков технологю для организации подобных решений достаточно задать необходимые параметры с помощью графического интерфейса пользователя, не применяя написание кода или конструирование дополнительной логики из базовых объектов.

Пример использования разработанных блоков при моделировании процессов изготовления швейных изделий

На рис. 4 представлен фрагмент модели пошива четырех швейных изделий на одном производственном участке, состоящем из четырех единиц оборудования. Каждое изделие проходит через несколько рабочих мест, при этом может возвращаться многократно. При низкой производительности оборудования применяется увеличение числа однотипных рабочих мест с параллельной обработкой заявок. Таким образом, поступающие изделия распределяются на незадействованное рабочее место, либо формируют очередь. По окончании выполнения операции каждое рабочее место забирает изделие из очереди, после этапа параллельной обработки изделия вновь объединяются в один поток.

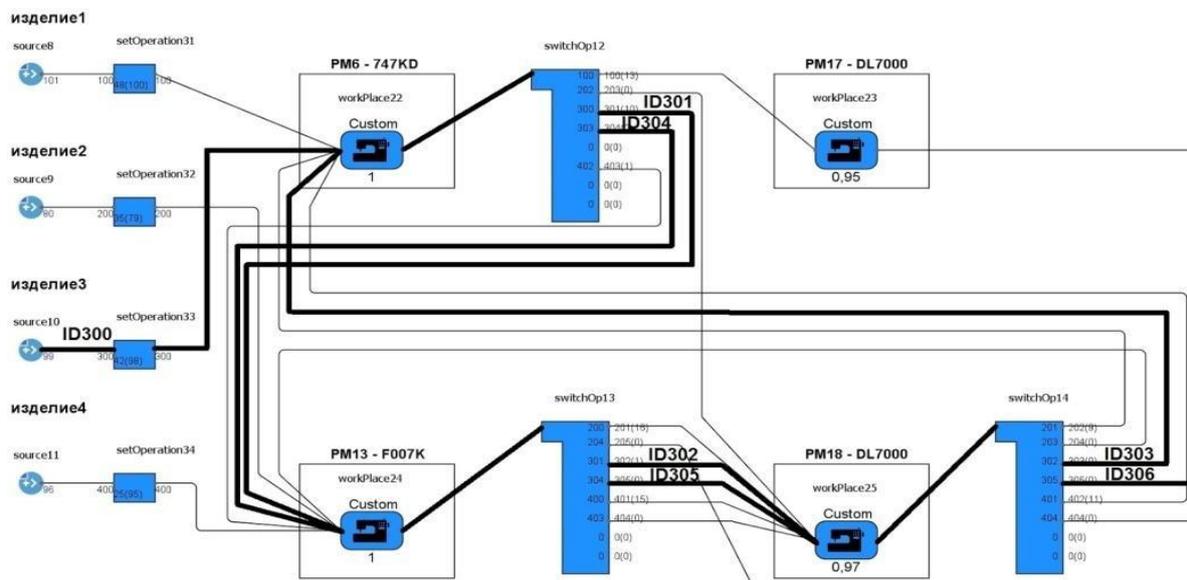


Рис. 4. Фрагмент модели пошива нескольких швейных изделий

В созданные классы внедрены методы сбора статистики и реализованы визуальные компоненты индикации характеристик объектов данных классов, облегчающие мониторинг работы модели в динамике.

После построения логики модели может быть выполнена визуализация пространственного расположения рабочих мест и путей перемещения объектов с помощью встроенных средств 2D и 3D моделирования анимации AnyLogic (рис. 5) [5].

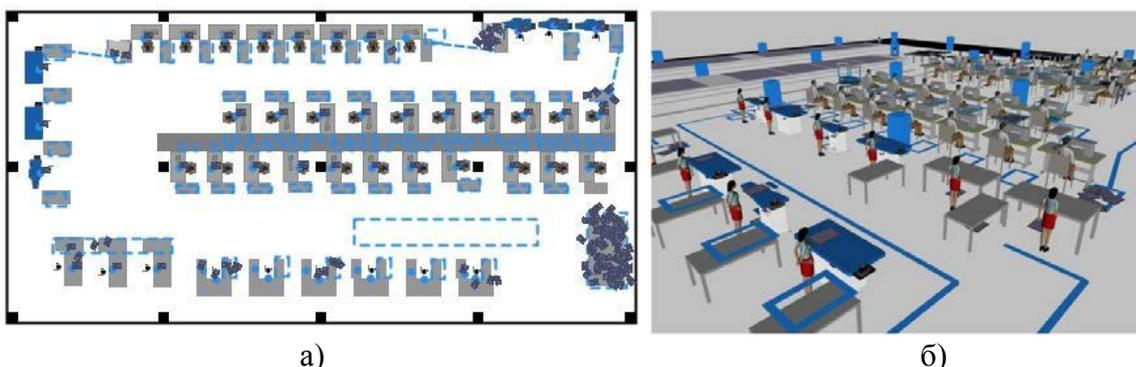


Рис. 5. Пространственная визуализация модели процесса: а) 2D; б) 3D

Использование специально адаптированной под задачи швейного производства библиотеки трехмерных объектов позволяет добиваться максимально реалистичного представления процессов обработки изделий.

В процессе эксплуатации построенной модели осуществляется изменение величин необходимых параметров, получение и визуализация статистических данных, после чего могут быть приняты решения по оптимизации процессов.

Выводы

Программный продукт имитационного моделирования AnyLogic может быть использован в работе инженера-технолога, позволяя решать задачи, связанные с проектированием и оптимизацией производственных процессов. Разработка специализированной библиотеки с учетом семантики предметной области ускоряет процесс получения необходимых решений, улучшает наглядность результатов, уменьшает затраты на полноценное внедрение и снижает требования к квалификации персонала. Последующая интеграция получаемых моделей с представленными на рынке системами автоматизированного проектирования и планирования производства [6] обеспечит функционирование швейных предприятий на более высоком уровне и переход к цифровому производству.

Литература

1. Филиппчик И.Ю. Применение метода дискретно-событийного моделирования для повышения эффективности логической системы сборочного участка // Электротехнические и компьютерные системы. 2015. № 18 (94). С. 65-69.

2. Аксенов К.А., Антонов А.С., Киселева М.В. Моделирование процесса выпуска металлургической продукции в системах AnyLogic и BPSIM.MAS // Имитационное моделирование. Теория и практика: сб. докл. 6-й Всерос. конф. 2013. С.13-18.
3. Тимохина В.Н., Подскребко А.С. Дискретно-событийное моделирование конвейерных линий // БизнесИнформ. 2013. № 9. С. 78-84
4. Андреев Н.С., Долгов В.А., Кабанов А.А. Среднесрочное планирование производственных мощностей судостроительных и судоремонтных предприятий путем имитационного моделирования материальных потоков // Рациональное управление предприятием. 2015. № 3 . С. 24-26.
5. Бусыгина Н.А., Васильев Д.А., Корнилова Н.Л. Автоматизация производственного планирования швейного предприятия с помощью систем имитационного моделирования // Швейная промышленность. 2015. № 1,2. С. 32-33.
6. Бусыгина Н.А., Горелова А.Е., Корнилова Н.Л. Разработка средств интеллектуальной поддержки для составления технологической последовательности изготовления швейного изделия в системе автоматизированного проектирования // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. 2013. № 3. С. 56-60.