

**ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ И ПРОЦЕССОВ
В СИСТЕМЕ TECNOMATIX PLANT SIMULATION****В. И. Медведев (Москва)****Введение**

В современных условиях многие предприятия во всех сферах экономики испытывают сильное давление со стороны конкурентов и растущих требований рынка. Это является одной из главных причин увеличения потребности в инструментах и методах, позволяющих повысить эффективность производства. Проводятся мероприятия, позволяющие внедрить такие методики, как «бережливое производство» и «шесть сигма». Однако помимо методики требуется способ, инструмент для её практической реализации – одним из таких способов является подход на основе имитационного моделирования.

Tecnomatix Plant Simulation – инструмент для имитационного моделирования широкого класса систем и процессов. Он разработан в Германии как инженерный инструмент для применения в производстве. В качестве основы использован объектно-ориентированный принцип построения модели, благодаря чему существенно облегчается создание модели, её изменение, анализ и оптимизация.

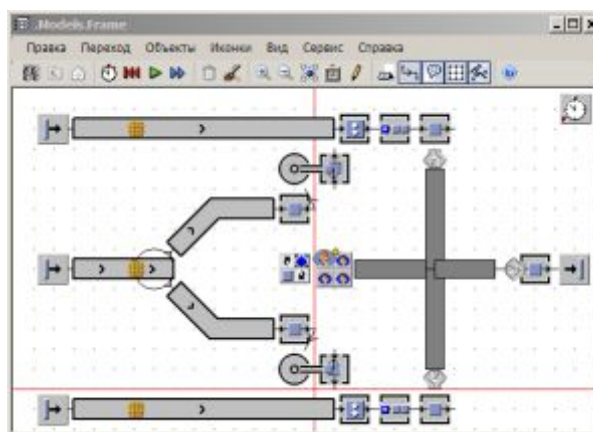
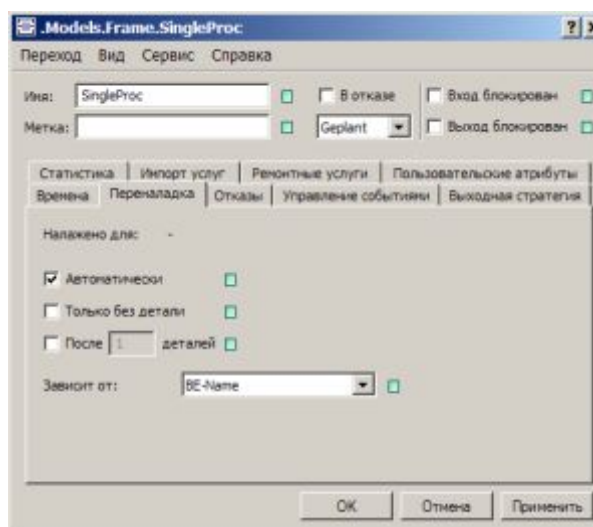
Построение модели

Модель строится на основе абстрактных стандартных объектов, либо объектов специализированных библиотек. Каждый объект обладает настраиваемым поведением и параметрами. Объекты, представляющие ресурсы, соединяются между собой коннекторами, определяющими направление материалопотока.

Возможностей настройки объектов хватает для решения типовых задач без написания программного кода.

Одной из типовых задач является расчет производительности сварочно-сборочных линий в автомобилестроении. В качестве исходных данных задачи выступает циклограмма работы, планируемые такты линий и показатели надёжности оборудования. Целью моделирования является вычисление средней производительности линии, потребности в промежуточных накопителях, их ёмкости и влияния соотношения различных модификаций продукции на среднегодовую производительность.

Такие параметры, как время работы, вместимость объекта, алго-

**Рис. 1. Пример окна модели****Рис. 2. Диалог объекта**

ритм работы накопителей (FIFO/LIFO), размеры партий продукта и многие другие можно менять в диалоговом интерфейсе.

В более сложных случаях, когда алгоритм работы системы нетривиален, требуется написание процедур, осуществляющих обработку различных событий, таких, как приход/уход детали с поста, возникновения сбоя в оборудовании или запуск переналадки.

Инструменты анализа

Модель необходимо не только построить, но и выполнить качественный и количественный анализ работы объекта. Для этого можно воспользоваться предоставляемыми аналитическими инструментами. Каждый объект в модели автоматически осуществляет сбор статистики своей работы – время работы, количество и типы обслуженных объектов, поломки и др. Для визуализации этих значений применяется инструмент «Анализатор узких мест», позволяющий автоматически собрать статистику и найти наиболее/наименее загруженные участки. Еще одной возможностью является автоматическое построение диаграмм Сэнки по результатам работы за определенное время и поиск участков с наиболее интенсивным материалопотоком. При необходимости отражения течения моделирования на временном графике можно воспользоваться построителем диаграмм Ганта.

Оптимизация

Часто встречается ситуация, когда разрабатываемая система не обеспечивает желаемых характеристик работы. В этом случае необходима оптимизация параметров системы или алгоритма управления. Продукт даёт широкие возможности по оптимизации как с помощью встроенного функционала, так и методами пользователя.

Самый простой метод оптимизации – это проведение симуляции модели при различных исходных данных. Это можно сделать и вручную, однако инструмент «Менеджер экспериментов» позволяет автоматизировать этот процесс. Достаточно задать диапазоны изменения параметров – и автоматически будет выполнено моделирование их заданных комбинаций, а по результатам сформирован HTML-отчет, включающий также статистические оценки, если в модели присутствуют случайные факторы.

Более сложным подходом является использование инструмента оптимизации на основе генетических алгоритмов. Он позволяет выполнять одновременное решение нескольких задач оптимизации (выбор из диапазона, выбор набора, выбор порядка) для нескольких параметров.

Оптимизация часто требует больших затрат машинного времени. При большом количестве итераций время может стать ограничивающим фактором, например, при оперативном планировании на смену. Plant Simulation позволяет решать эту проблему как интенсивными, так и экстенсивными методами. Оба описанных инструмента оптимизации поддерживают автоматическое управление параллельными вычислениями на нескольких компьютерах. Альтернативой является ускорение работы алгоритмов модели. Для этого Plant Simulation имеет встроенный профайлер, позволяющий проанализировать затраты машинного времени по элементам модели и найти места, требующие оптимизации работы.

Визуализация

Визуализация является мощным инструментом моделирования. Она важна не только при представлении результатов проекта, но и в ходе работы над моделью, так как позволяет наглядно оценить работу, выявить ошибки в модели и проблемные места.

Основным типом визуализации в продукте является двумерная модель с анимацией на основе иконок, при котором изменение состояния объектов отражается меняющимися иконками. Этот подход хорошо подходит для решения инженерных задач, так как обеспечивает наглядность, не требуя дополнительных затрат времени. При необходимости симуляция может быть существенно (на порядок) ускорена отключением анимации перемещения и/или изменения состояния объектов.

Альтернативой является трёхмерная визуализация, при этом работа и перемещение трёхмерных объектов управляется событиями, генерируемыми двумерной моделью. Выполнение 3D-симуляции требует дополнительной работы по формированию геометрии и траекторий перемещения, однако даёт большую наглядность представления результатов.

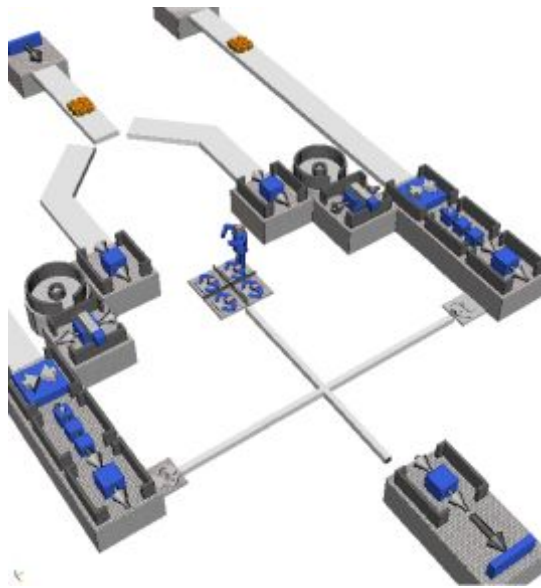


Рис. 3. 3D-представление модели

Применение

По опыту внедрения на различных предприятиях Plant Simulation применяется для решения трёх основных типов задач: стратегического (концептуального), тактического и оперативного планирования. Каждая из перечисленных задач имеет ряд особенностей.

Стратегическое планирование. Эта задача встаёт перед проектантами в случае создания новых или модернизации существующих производств. Основной целью является оценка функционирования системы на больших временных интервалах (обычно от недели до года) и вычисление усреднённых производственных показателей. По результатам моделирования принимается решение о типах и количестве единиц оборудования, о топологии системы и правилах организации материалопотоков. Имитационная модель является основой принятия инвестиционных решений и выбора варианта модернизации системы.

Тактическое планирование подразумевает решение таких задач, как оценка текущего состояния производства, заключение о возможности принять к исполнению заказ дополнительно к уже имеющемуся портфелю заказов или оценке сдвига сроков выпуска заказов. Особенностью таких задач является потребность в исходных данных о состоянии производства, что обычно требует интеграции с информационной системой предприятия, либо ручной ввод данных с бумажных носителей.

Оперативное планирование означает построение графика производства на короткий период времени – от часов до дней. В этом случае особую остроту принимает вопрос об обратной связи с производством. Очевидно, что для оперативного планирования требуется получение актуальной информации от оборудования о его состоянии и занятости в текущий момент. В то же время параметры его надёжности и статистические распределения параметров теряют свою актуальность.

Основой для решения каждого из трёх перечисленных типов задач может быть одна и та же имитационная модель, с учётом особенностей, упомянутых выше.

Одним из примеров применения продукта является модель проектируемого цеха сварки предприятия автопроизводителя. В ходе работы создана имитационная модель высокого уровня, включающая сварочные линии и промежуточные накопители. Описаны все временные характеристики, а также параметры надёжности всех элементов модели. Выполнена симуляция для различного соотношения трёх одновременно выпускаемых моделей, проведён анализ производительности цеха. Для повышения интегральной производительности проведена оптимизация тактов линий и ёмкостей накопителей, служащих для компенсации остановов соседних линий.

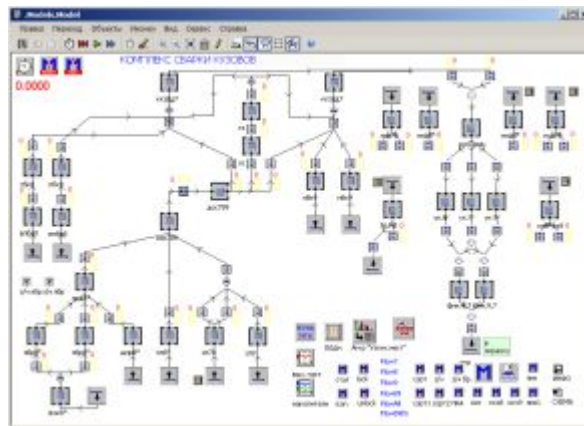


Рис. 4. Модель цеха сварки

Выводы

Практический опыт применения Plant Simulation на российских и иностранных промышленных предприятиях показал, что имитационное моделирование позволяет:

- достичь существенного (до 10–30%) улучшения производственных показателей за счет подбора оптимальных параметров системы;
- сократить инвестиции в оборудование и производственную инфраструктуру;
- повысить предсказуемость поведения системы при меняющихся внешних воздействиях.

Продукт успешно используется для построения имитационных моделей дискретного производства всех типов, а также способен решать ряд задач в случае непрерывного производства (нефтегазовая, химическая отрасль, металлургия).