

ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ КАК ИНСТРУМЕНТА ОПТИМИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

А.В. Камышев, М.И. Чижов, П.Ю. Гусев, К.Ю. Гусев (Воронеж)

Современное развитие технологий и вычислительной техники обеспечивает решение множества производственных задач, которые возникают на машиностроительных предприятиях. Одной из таких задач является соблюдение сроков производства без потери качества готового изделия. Обеспечить срок выпуска готового изделия можно только в том случае, если при планировании производственных процессов учтены сроки поставки материалов, возможные пересечения материальных потоков, доступные производственные ресурсы и резервы. Параллельно с задачей обеспечения сроков выпуска изделий могут возникать такие задачи как: оптимизация использования ресурсов, оптимизация составления план-графиков, снижение энергозатрат и т.д.

Одним из наиболее эффективных методов, который обеспечивает максимальную точность решения производственных задач, является имитационное моделирование. Имитационное моделирование обеспечивает возможность учета всех факторов, влияющих на производственный процесс. Точность результата, получаемого с применением имитационного моделирования, напрямую зависит только от точности исходных данных.

В докладе приведены примеры использования имитационного моделирования для оптимизации разных производственных процессов. Все имитационные модели созданы с использованием программного средства TecnomatixPlantSimulation. Данный инструмент надежно себя зарекомендовал в решении производственных задач [1-2].

Имитационная модель цеха по производству деталей из полимерных композиционных материалов

Разработка имитационной модели производства деталей из полимерных композиционных материалов (ПКМ) является одним из важнейших этапов создания цифрового производства. Цифровое производство деталей из ПКМ позволяет проанализировать существующие материальные потоки, рассмотреть возможности совершенствования материально-технической базы, оптимизировать загрузку оборудования, использование рабочих площадей.

Производство деталей из ПКМ представляет собой совокупность производственных, заготовительных, лакокрасочных участков и участков термостатирования, деятельность которых направлена на создание конечного варианта деталей самолета.

Детали самолета из ПКМ подразделяются на несколько типов и изготавливаются методом автоклавного формования. Основной принцип изготовления деталей из ПКМ заключается в выкладке клеевых препрегов и последующем формовании в автоклаве. Однако существенные различия в технологии изготовления не позволяют одновременно изготавливать детали различных типов в одном автоклаве.

Технологию изготовления деталей можно подразделить на несколько этапов, общих для всех деталей: выкладка, механическая обработка, автоклавное формование, нанесение лакокрасочного покрытия и проверочные операции. Каждый этап изготовления выполняется на отдельном участке. Каждый участок имеет свое функциональное назначение.

Имитационная модель цеха по производству деталей из ПКМ имеет иерархическую структуру, где в имитационных прогонах участвуют потомки объектов родителей. При этом сами родительские объекты остаются неизменными, и изменения имитационных прогонов не влияют на последующие эксперименты с моделью.

Верхний уровень модели заполняется имитациями моделей участков. Каждая модель участка является потомком определенного объекта. Такой подход создает гибкую модель, способную перестраиваться под требования пользователя. Имитация оборудования также является потомками объектов оборудования.

Секция 3. Практическое применение моделирования и инструментальных средств автоматизации моделирования, принятие решений по результатам моделирования

Структурная организация модели максимально точно повторяет организацию производства деталей из ПКМ. Для этого модель разделена на иерархические уровни, которые повторяют организационное устройство производства: участок – рабочий, рабочее место, оборудование.

Верхний уровень имитационной модели производства деталей из ПКМ отображает материальные потоки производства. Меняя связи между моделями участков можно оценить возможности производства при разных исходных значениях. Все участки, расположенные на верхнем уровне имитационной модели производства находятся на местах, определенных чертежом плана производства. Таким образом, данные, полученные при анализе загрузки материальных потоков в модели, будут достоверно отображать деятельность производства. На рисунке 1 представлен общий вид имитационной модели производства деталей из ПКМ.

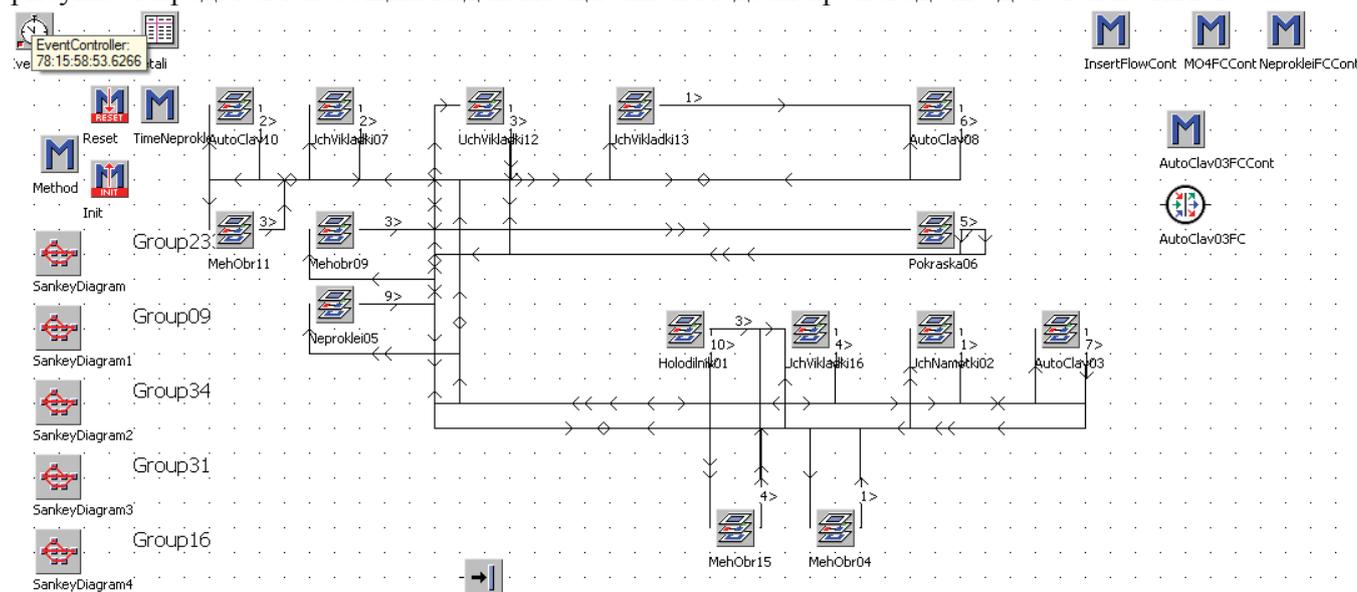


Рис. 1 – Имитационная модель производства деталей из ПКМ

Главной задачей, которая решалась в ходе моделирования цеха по производству деталей из ПКМ, являлось определение максимальной пропускной способности всей системы. Результатом решения данной задачи стало обнаружение узких мест производства.

В результате проведения имитационных экспериментов определены задачи оптимизации производственной системы:

1. Определение требуемого количества оснастки.
2. Определение оптимального количества рабочих на участках выкладки и механической обработки.

3. Определение требуемого количества автоклавов.

4. Составление оптимального расписания работы автоклавов.

В результате имитационных экспериментов получены оптимальные значения показателей для повышения производительности изготовления деталей из ПКМ. Площади участков, отведенные под выкладку мастерам, достаточны для производства требуемого количества машино-комплектов деталей в месяц. В результате проведения имитационного эксперимента по определению оптимального количества автоклавов, установлено, что на участке термостатирования достаточно 2 автоклава. Количество автоклавов можно сократить на 33%. Составлена оптимальная очередь запуска деталей в производство. Это увеличило количество изготавливаемых деталей в месяц на 18%. Оптимизация использования оснастки показала возможность высвобождения 35% оснастки. На 27% сократились площади межоперационного хранения.

Основываясь на полученных результатах, составлены практические рекомендации по оптимизации производства. Подробно имитационная модель производства деталей из полимерных композиционных материалов описана в работе [3].

Секция 3. Практическое применение моделирования и инструментальных средств автоматизации моделирования, принятие решений по результатам моделирования

Имитационная модель заготовительного участка машиностроительного предприятия

Одним из наиболее затруднительных для планирования производственных процессов являются процессы, связанные с заготовительным производством. Объясняется это, прежде всего, тем, что заготовительное производство находится в начале технологической цепочки любого изделия. При производстве изделия необходимо выстроить работу заготовительного производства таким образом, чтобы заготовки поступали в нужные моменты времени.

Рассматриваемый в работе заготовительный участок состоит из 6 наименований оборудования. 4 единицы оборудования представляют собой устройства резки листового металла. 2 единицы оборудования – это ленточнопильный станки. Все устройства формируют заготовки для дальнейшей обработки из поступающих на участок полуфабрикатов.

Первая задача, возникающая при создании имитационной модели, это подготовка и загрузка исходных данных. Наиболее удобный формат представления исходных данных – это табличная форма. Поэтому для задания и изменения исходных данных имитационной модели используются следующие таблицы:

- состав изделия – содержит информацию по всем сборочным единицам одного изделия, включая каждую деталь;
- состав полуфабрикатов – перечень заготовок, получаемых из каждого полуфабриката;
- технологические маршруты всех деталей и сборочных единиц с содержанием штучного времени обработки.

Описанные таблицы загружаются в имитационную модель с применением интерфейса ODBC (Open Database Connectivity). Используя информацию из загруженных таблиц, имитационная модель обеспечивает достоверность проведения имитационных экспериментов.

Для автоматизации моделирования материальных потоков производства в среде Plant Simulation разработан программный метод, обеспечивающий перемещение имитаций полуфабрикатов, заготовок, деталей и сборочных единиц в имитационной модели. Разработанный метод на основе информации, представленной в таблице с технологическими маршрутами, определяет путь перемещения имитации и записывает информацию, касающуюся времени и места обработки. Записанная информация в дальнейшем используется для планирования работ.

Разработанная имитационная модель позволяет провести оптимизацию заготовительного участка машиностроительного производства. В процессе оптимизации имитационная модель представляет собой «черный ящик». При каждом запуске имитационной модели задается изменяемый набор параметров оптимизации, фиксированный набор исходных данных и критерий оптимизации. В качестве параметров оптимизации в нашем случае выступают очереди поступления полуфабрикатов для формирования заготовок.

Критерий оптимизации заготовительного производства определен как сумма времени ожидания и пролеживания деталей, времени сборки одного изделия и времени простоя оборудования.

Для оптимизации работы заготовительного участка машиностроительного производства использован генетический алгоритм. Проведенная оптимизация заготовительного участка в имитационной модели машиностроительного производства позволила получить набор данных, обеспечивающий значение критерия оптимизации равное 39,62 часа. Улучшение показателя составило 27% в сравнении с имитационным экспериментом по исходным данным. На рисунке 2 представлена диаграмма Ганта заготовительного участка после проведенной оптимизации.

Секция 3. Практическое применение моделирования и инструментальных средств автоматизации моделирования, принятие решений по результатам моделирования

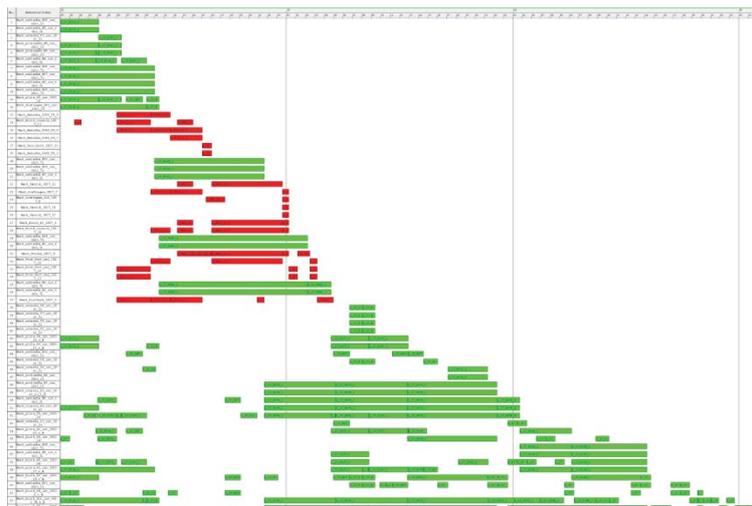


Рис. 2 – Диаграмма Гантта после оптимизации

Следует отметить основные преимущества применения имитационного моделирования для оптимизации работы заготовительного участка машиностроительного производства:

- улучшение показателей работы участка до 29%;
- возможность анализа влияния изменений на весь производственный процесс, при внесении изменений на заготовительном участке;
- возможность составления оптимального производственного плана, как по заготовительному участку, так и по другим производственным подразделениям.

Имитационная модель производства труб

Смоделированное производство изготавливает трубы 10 разных диаметров. Каждый диаметр характеризуется своим потреблением металла из печи. При этом труба любого диаметра может иметь любой тип внешнего, внутреннего и лакокрасочного покрытий. Всего возможно нанести 3 варианта внешнего, 3 варианта внутреннего и 3 варианта лакокрасочного покрытий. На производстве определено 300 разных типоразмеров производимых труб.

В имитационной модели учтены все особенности функционирования печей: объем, технологическое время плавки, объем выхода готового металла и т.д. Одной из наиболее трудных для моделирования особенностей функционирования печей являлось время для заливки металла. В зависимости от используемых присадок, время от разливки в ковши до заливки трубы составляет 20-30 минут. Таким образом, в имитационной модели реализован алгоритм, имитирующий доставку металла к машинам центробежного литья с минимальными потерями.

На рисунке 3 представлен фрагмент имитационной модели, изображающий имитации печей и машин центробежного литья.

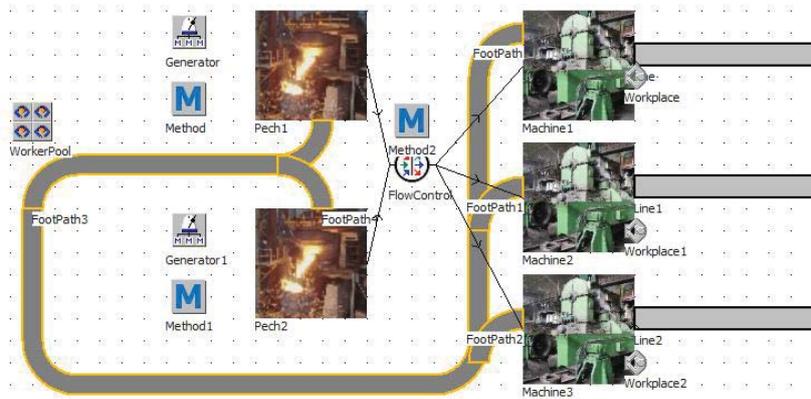


Рис. 3 – Фрагмент имитационной модели производства труб

Секция 3. Практическое применение моделирования и инструментальных средств автоматизации моделирования, принятие решений по результатам моделирования

Технологический процесс производства трубы после литья моделируется максимально точно в соответствии с исходными данными.

Одной из важнейших задач, решаемых в ходе моделирования, являлась оптимизация энергопотребления плавильными печами. При этом оптимизация достигалась за счет увеличения потребления энергии в льготные ночные часы. В результате анализа построенной имитационной модели определены параметры, которые могут изменяться для достижения оптимальных значений:

- порядок и время запуска труб в производство;
- сменность работы оборудования и персонала.

В ходе оптимизации проведено 200 имитационных прогонов модели. В результате установлена оптимальная очередь запуска труб в производство.

Суммарное месячное потребление электроэнергии печами после оптимизации снизилось на 1%. Учитывая тот факт, что месячный план остался прежним, снижение энергопотребления в 1 % удалось достичь путем оптимизации использования расплавленного металла. В период льготной тарификации (23:00 - 07:00) потребление электроэнергии увеличилось на 22%.

Выводы

Метод имитационного моделирования, как инструмент исследования производственных систем, успешно себя зарекомендовал многолетним опытом применения. Использование имитационного моделирования для анализа и оптимизации производственных процессов обеспечивает возможность расчета множества различных сценариев производства. Конкурентным преимуществом применения имитационного моделирования в производстве является возможность доработки модели до состояния цифрового двойника, что выводит производственный процесс на качественно новый уровень.

Литература

1. Медведев В. И. Имитационное моделирование систем и процессов в системе TECNOMATIXPLANTSIMULATION //Средства автоматизации и визуализации имитационного моделирования. ИММОД.–2009. Секция. – 2009. – Т. 2. – С. 289-292.
2. Собенина О. В., Пак А. А. Разработка имитационной модели участка механической обработки //Современные материалы, техника и технологии. – 2016. – №. 4 (7).
3. Чижов М. И., Скрипченко Ю. С., Гусев П. Ю. Имитационное моделирование производства деталей из полимерных композиционных материалов //Компьютерные исследования и моделирование. – 2014. – Т. 6. – №. 2. – С. 245-252.