

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ<sup>1</sup>

*А.В. Семилетова, В.А. Широченко*

В статье рассматриваются вопросы повышения эффективности производства кабин автомобиля МАЗ на основе имитационного моделирования сварочного процесса и многокритериальной оптимизации.

**Ключевые слова:** имитационная модель, производственный процесс, вычислительный эксперимент, регрессионная модель, структурная и параметрическая оптимизация.

Целью представленного в данной работе исследования является совершенствование организации производства на участке сборки и сварки кабины автомобиля МАЗ. В настоящее время на Минском автомобильном заводе в рамках внедрения программы «Бережливое производство» идут работы по уточнению трудоёмкости изготовления деталей, которые должны предусмотреть усовершенствование организации рабочих мест, внедрение более прогрессивных технологий, ввод нового и модернизацию действующего оборудования. Однако, внедрение данных мероприятий на реальном объекте требует больших затрат времени, ресурсов, а также существует риск получения неэффективных и высоко затратных решений. Применение имитационного моделирования при решении таких задач позволяет сократить затраты на изучение исследуемого объекта, учесть различные случайные события, происходящие в процессе производства и обосновать наиболее эффективные управленческие решения.

Имитационное моделирование, в общем случае можно представить как процесс конструирования модели реальной системы и постановки экспериментов на этой модели с целью либо понять поведение системы, либо оценить (в рамках ограничений, накладываемых наличием имеющихся материальных и трудовых ресурсов, величиной используемой производственной мощности и временем) различные варианты функционирования данной системы. Преимуществом имитационного моделирования является то, что системы, существующие еще только на бумаге или находящиеся в стадии планирования, могут моделироваться так же, как и действующие системы.

Имитационное моделирование является экспериментальной и прикладной методологией, имеющей целью: описать поведение системы; построить теории и гипотезы, которые могут объяснить наблюдаемое поведение; использовать эти теории для предсказания будущего поведения системы, т.е. тех результатов, которые могут быть вызваны изменениями в системе или изменениями способов ее функционирования.

Созданная модель позволяет анализировать результативность рассматриваемых производственных процессов, находить, так называемые, «узкие места», в которых наблюдается неудачная стыковка во времени отдельных элементов процесса, и осуществлять структурную и параметрическую оптимизацию технологических процессов.

При постановке задачи оптимизации, нацеленной на повышение эффективности производства, необходимо из числа его выходных параметров выделить критерии оценки, в наибольшей степени характеризующие степень выполнения требований к его качеству. Затем необходимо определить те факторы, которые в наибольшей мере этому способствуют. Выбор этих факторов осуществляется из множества внутренних параметров моделируемого процесса производства на основе анализа чувствительности выбранных критериев оценки к их изменениям. Анализ чувствительности проводится на

---

<sup>1</sup> Работа выполнена на кафедре "Экономическая информатика" в ходе дипломного проектирования

основе проведения вычислительных экспериментов на имитационной модели. Так как имитационная модель производственного процесса учитывает, что значения различных внутренних параметров (например, длительность выполнения технологических операций) имеют случайные значения, подчиненные тем или иным законам распределения, то значения выходных параметров также являются случайными величинами. В этом случае оценку чувствительности необходимо проводить по математическим ожиданиям откликов исследуемой системы. Для получения значений математических ожиданий критериев оценки эффективности системы имитационная модель должна запускаться многократно при одних и тех же значениях внутренних параметров. Количество повторений обосновывается необходимостью получения репрезентативности выборки при анализе результатов моделирования.

Для уточнения параметров применяемых законов распределения на участке сборки и сварки кабины автомобиля МАЗ был проведен хронометраж производственного процесса. По данным хронометража процесс производства кабины автомобиля МАЗ был представлен в виде маршрутной карты, позволяющей структурировать и визуализировать материальные потоки в нотации «как есть».

Анализ результатов хронометража на участке сборки и сварки кабины показал, что сварщики совершают достаточно много непроизводительных перемещений по территории участка. Это один из наиболее распространенных видов производственных потерь, утяжеляющих труд рабочих. Несмотря на то, что производственные процессы изначально разрабатываются с учетом минимизации лишних движений, однако, непроизводительные перемещения систематически возникают на практике и приводят к различным сбоям в процессе производства.

Сократить затраты на изучение производственного процесса можно на основе его имитационного моделирования, рассматривая взаимодействие всех технологических процессов во времени. На кафедре «Экономическая информатика» Белорусско-Российского университета разработано программное обеспечение «СИМиОПП», позволяющее без программирования оперативно создавать имитационную модель любого фрагмента производственного процесса или всего процесса в целом на основе описания его структуры и параметров отдельных элементов.

Детальное изучение производственного процесса с помощью созданной имитационной модели позволяет сделать проведение хронометража более целенаправленным и значительно менее затратным, так как в поле зрения при его проведении попадут лишь несколько контрольных точек производственного процесса.

В качестве критериев оценки производственного процесса сборки и сварки определены следующие параметры: отклонение объема выпуска продукции от плановой величины, простой оборудования и рабочих, объем незавершенного производства.

Объем незавершенного производства должен обеспечивать исключение простоев в производственном процессе и требуемый темп производства. Однако его сверхнормативное увеличение приводит к росту затрат на хранение межоперационных заделов, увеличивая непроизводственные издержки и омертвляя оборотные средства предприятия.

Отклонение объема выпуска от плановых значений должно быть сведено к нулю. Его положительная величина приводит к росту незавершенного производства на выходе из участка и увеличивает объем затраченных оборотных средств. Отклонение в отрицательную сторону приведет к снижению производительности производства на следующем этапе производства. Это не только задерживает производство на следующем этапе, но и создает увеличенные межцеховые заделы перед ним по другим работающим в плановом режиме входящим потокам комплектующих изделий.

Простой оборудования и рабочих при недостаточном объеме выпуска может быть резервом для его увеличения, а при избыточном производстве говорят о возможном избытке используемых ресурсов в данном месте технологической цепочки и их нерациональном использовании. В обоих случаях необходимо пересмотреть структуру

производственного процесса, перераспределить имеющиеся производственные ресурсы и, возможно, сократить их расход.

В проведенном исследовании с помощью имитационного моделирования были выявлены причины нарушения технологических процессов, приводящие к получению несоответствий в процессе производства и факторы, определяющие эффективность и качество рассматриваемых производственных процессов. Для изучения количественного влияния выявленных факторов на основе теории планирования эксперимента построен план и проведен вычислительный эксперимент на разработанной имитационной модели. В результате по каждому критерию, описывающему соответствующее качество производственного процесса, получено соответствующее регрессионное уравнение, отражающее влияние всех выявленных факторов. С использованием полученных регрессионных уравнений поставлена и решена многокритериальная векторная оптимизационная задача, позволившая определить наилучшую структуру и оптимальные параметры организации производства. В качестве оптимизируемых параметров принимались необходимое количество рабочих мест на каждой операции, минимально необходимая величина начальных межоперационных заделов, размеры транспортных партий, организация транспортирования и транспортные маршруты потоков предметов труда. На основании полученных результатов оптимизационной задачи была построена маршрутная карта процесса производства кабины автомобиля МАЗ в нотации «как надо».

Таким образом, применяемый математический аппарат позволил проанализировать эффективность различных организационных предложений по улучшению производственного процесса на участке сборки и сварки каркаса кабины автомобиля МАЗ с использованием разработанной математической модели. Среди рассмотренных предложений были выбраны наиболее целесообразные с точки зрения получения наибольшего эффекта при минимальных затратах на их воплощения. Конечным результатом проведенных исследований является структурная и параметрическая оптимизация производственно-технологического процесса, определены его параметры, обеспечивающие повышение его эффективности и снижение затрат на производство кабин.

#### Литература

1. Шеннон Р. Имитационное моделирование: искусство и наука /Пер. с англ.-М.: Мир, 1978.
2. Максимей И.В. Математическое моделирование больших систем: Учеб. пособие для спец. "Прикладная математика". - Мн.: Выш. школа. 1985.-119 с.
3. Рябов В.Ф., Советов Б.Я., Яковлев С.А. Машинное имитационное моделирование при проектировании больших систем./Учеб. пособие.-Л.: Мир, 1980. - 272 с.

#### **Семилетова Анна Викторовна**

Выпускник экономического факультета 2009 по специальности "Экономика и управление на предприятии"

Белорусско-Российский университет, г. Могилев

Тел.: +375(292) 48-34-68

E-mail: –

#### **Широченко Виктор Александрович**

Зав. кафедрой "Экономическая информатика"

Белорусско-Российский университет, г. Могилев

Тел.: +375(296) 08-80-86

E-mail: [innov@rambler.ru](mailto:innov@rambler.ru)