

---

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАБАТЫВАЮЩЕГО ЦЕХА С ПОМОЩЬЮ МУЛЬТИАГЕНТНОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССОВ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ

К.А. Аксенов, С.Н. Медведев, А.С. Кондратьев (Екатеринбург)

### Введение

Управление машиностроительным предприятием в современных условиях является трудоемкой и ответственной задачей, которая связана с постоянным принятием решений на всех уровнях управления. Выполнение производственных заказов, качество выпускаемой продукции, себестоимость на уровне конкурентов позволяет предприятию быть конкурентоспособным и развиваться. Принятие решений по совершенствованию производства проводится исходя от данных, которые могут быть получены в ходе сравнения действующей структуры управления и предложенной. Получить такие данные возможно с помощью применения различных информационных систем, которые позволяют создавать и проводить анализ моделей предприятия или его отдельных частей, процессов [6]. Таким инструментом является имитационное моделирование, которое позволяет проводить оценку работы производственных процессов, выявляя недостатки, которые в дальнейшем могут быть решены. Для анализа производственных процессов применяются модель мультиагентных процессов преобразования ресурсов (МППР). Модель МППР предназначена для описания технологических, логистических и организационных (бизнес) процессов [2-3]. Описание различных процессов с помощью модели МППР позволяет увидеть, как взаимодействуют между собой элементы технологической цепочки, какие ресурсы используются и сколько на это требуется времени.

В мультиагентных системах возможно распределённое управление ресурсами и средствами при помощи эффективных способов кооперации деятельности агентов. Агенты способны анализировать и диагностировать текущее состояние системы и, на основании полученных данных и собственной базы знаний, принимать решение, меняя тем самым ход протекания процессов. При построении имитационной модели с использованием агентов возможно более гибкое описание протекающих процессов, что в свою очередь поможет приблизиться к реальному объекту исследования. Рассмотрим применение модели МППР для анализа работы обрабатывающего цеха металлургического предприятия. Разработка модели проведена в модуле создания моделей процессов предприятия (СМП) автоматизированной системы выпуска металлургической продукции (АС ВМП) [1, 4-5, 7-8].

### Модель МППР для обрабатывающего цеха

Деятельность обрабатывающего цеха заключается в конечной обработке литых деталей поступающих с литейных цехов. Рассмотрим модель обрабатывающего цеха, где проходят обработку 3 различные детали с отличающимися технологическими процессами. Для постройки модели известны численность персонала цеха, оборудование, технологические процессы деталей, а также процент возникновения брака. Для учета появления бракованной продукции существует алгоритм отбраковки. Задача состоит в моделировании работы цеха в течение 160 часов и определении

простоев операций по изготовлению деталей в связи с высокой загруженностью персонала и(или) оборудования, а также определении простоев сотрудников цеха и оценке количества возникшего брака по видам брака и типам деталей. Если по результатам моделирования будут выявлены узкие производственные места, то необходимо будет доработать модель для их устранения.

Агенты в модели используются для осуществления проверки литых деталей на наличие брака, а также для отслеживания и перераспределения поступающих заказов производство деталей. Для слежения за выполнением производственных заказов в модели существует 3 типа заявок. Каждая из заявок относится к конкретной детали, т.е. деталь 1 – z1, деталь 2 – z2, деталь 3 – z3. База знаний агентов содержит алгоритм отбраковки продукции, применяемый контролерами на производстве.

### **Анализ результатов проведения экспериментов**

Рассмотрим проведение экспериментов с разработанной моделью МППР в модуле оптимизации процессов предприятия (ОПП) АС ВМП. По окончании имитационного эксперимента модуль ОПП формирует отчёт в формате .csv, содержащий детальную статистику по всем параметрам модели в течение модельного времени.

При анализе технологических процессов обработки деталей 1, 2 и 3 было выявлено, что операция «Термообработка» присутствует в процессе всех деталей и выполняется от 150 до 300 минут на одну отливку и требует для всех деталей наличия печи для термической обработки, которая в обрабатываемом цехе всего одна. С учетом того, что операция «Термообработка» является самой длительной в технологическом процессе, а все остальные операции занимают значительно меньше времени, был сделан вывод о необходимости ее разгрузки. Для этого был проведён ряд экспериментов, в ходе которых количество печей было увеличено с одной до шести, тем самым была обеспечена параллельная обработки разных типов деталей. В результате каждого эксперимента наблюдалось увеличение количества законченных деталей.

Для расчета оптимальной численности персонала были проведены 2 эксперимента.

Первый эксперимент заключался в снижении численности до критического состояния (до 6 человек для обслуживания каждой из 6 термических печей) в результате чего были зафиксированы технологические простои вследствие нехватки персонала для обслуживания оборудования, что приводило к снижению общего количества обработанных деталей 1, 2 и 3 (рис. 1). При этом не было свободного персонала в цехе на протяжении всего эксперимента.

В рамках второго эксперимента число работников обрабатываемого цеха было увеличено с 6 до 14. Это число определилось в результате всех предыдущих экспериментов с учётом того, что количество печей для термической обработки было увеличено до 6.

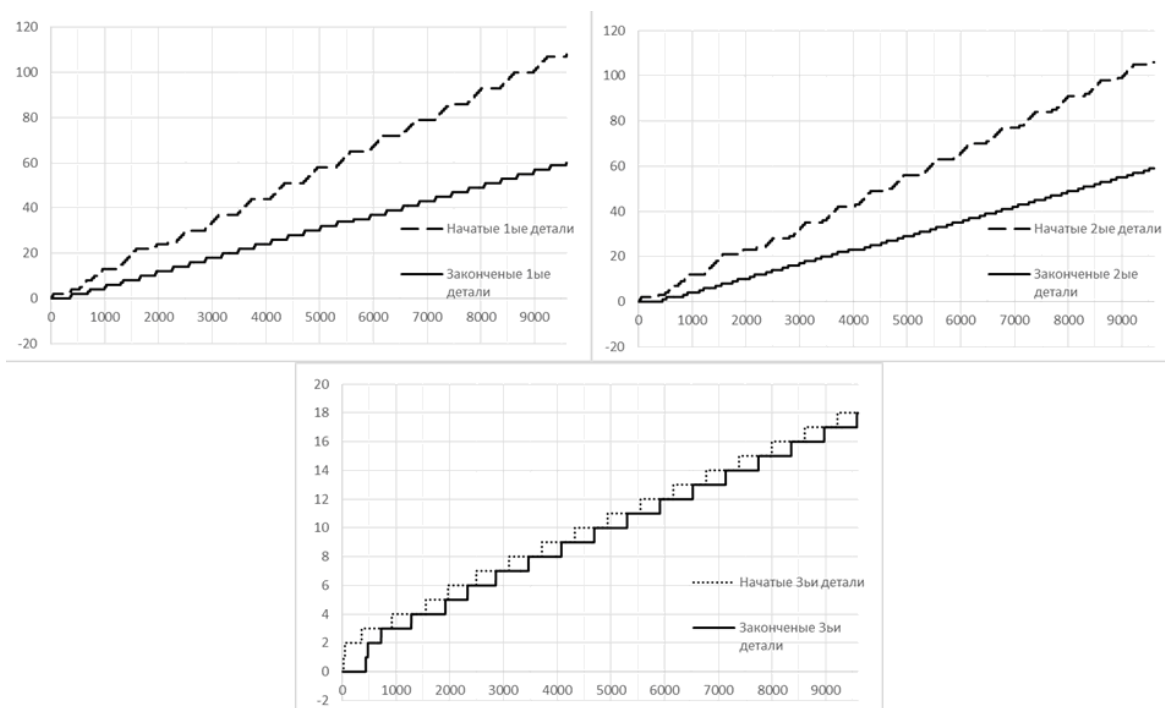


Рис. 1. Графики начатых и законченных деталей по типам при критическом количестве персонала

Еще одной задачей, которую необходимо было рассмотреть это как влияет количество персонала на снижение бракованной продукции. По результатам экспериментов выяснилось, что проблема снижения брака продукции напрямую зависит от числа свободных сотрудников цеха нужной квалификации. Исходя из того, что для устранения брака одной заготовки требуется хотя бы один человек, то из работников цеха в производстве будут задействованы до 12 человек, а ещё 2 человека будут устранять брак, по мере его появления.

### Выводы

С помощью разработанной модели работы обрабатывающего цеха были найдены и устранены узкие места технологических процессов, проанализировано влияние количества персонала на процесс устранения брака. В результате проведения в модуле оптимизации процессов предприятия АС ВМП серии экспериментов с моделью были предложены следующие рекомендации по оптимизации технологических процессов работы обрабатывающего цеха: необходимо увеличить количество печей для термической обработки до 6 штук и уменьшить количество персонала цеха до 14 человек. Применение полученных результатов на практике позволит увеличить количество выполняемых производственных заказов предприятием, а также снизить себестоимость изготавливаемой продукции.

Работа выполнена в рамках договора № 02.G25.31.0055 (проект 2012-218-03-167) при финансовой поддержке работ Министерством образования и науки Российской Федерации.

**Литература**

1. **Аксенов К.А., Антонова А.С., Спицина И.А., Сысолетин Е.Г., Аксенова О.П.** Разработка автоматизированной системы анализа, моделирования и принятия решений для металлургического предприятия на основе мультиагентного подхода // Автоматизация в промышленности. – М., 2014. – № 7. – С. 49-53.
2. **Аксенов К.А.** Исследование и разработка средств имитационного моделирования дискретных процессов преобразования ресурсов: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.18 / К.А. Аксенов. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2003. – 188 с.
3. **Аксенов К.А.** Модель мультиагентного процесса преобразования ресурсов и системный анализ организационно-технических систем // Вестник компьютерных и информационных технологий. - 2009. - № 6. - С.38-45.
4. **Бородин А.М., Мирвода С.Г., Поршнев С.В.** Анализ современных средств прототипирования языков программирования // Программная инженерия. – 2014. – № 12. – С. 3-10.
5. **Бородин А.М., Мирвода С.Г., Поршнев С.В.** Особенности тестирования устойчивости к сбоям корпоративных информационных систем методом генерирования отказов // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 5. – URL: [www.science-education.ru/119-14997](http://www.science-education.ru/119-14997) (дата обращения: 20.02.2015).
6. **Советов Б.Я., Яковлев С.А.** Моделирование систем: учеб. для вузов – 3-е изд. – М.: Высш.шк., 2001. – 343с.
7. **Aksyonov K.A., Bykov E.A., Aksyonova O.P., Antonova A.S.** Development of real-time simulation models: integration with enterprise information systems // Proceedings of ICCGI 2014: The Ninth International Multi-Conference on Computing in the Global Information Technology, 22-26 June 2014, Sevilla, pp. 45-50.
8. **Aksyonov K. A., Spitsina I. A., Sysoletin E. G., Aksyonova O. P., Smoliy E. F.** Multi-agent approach for the metallurgical enterprise information system development // 24th Int. Crimean Conference “Microwave & Telecommunication Technology” (CriMiCo’2014), 7—13 September 2014, Sevastopol, vol. 1, pp.437-438.