

# Имитационное моделирование как инструмент оптимизации производственных процессов в металлургии

В современном бизнес-менеджменте при решении задач планирования и оптимизации производства все большее распространение получают методы имитационного моделирования. Технология компьютерного моделирования дает возможность создавать и проводить эксперименты с имитационной моделью производственной системы или процесса любой сложности и временной протяженности: будь то система переналадки оборудования цеха, организация логистики производства или перенесение части мощностей в другую географическую точку. Малейшая ошибка или недосмотр на этапах планирования приводят к неоправданым затратам, а иногда к утрате значительных капиталовложений. Очевидно, что эксперименты с реальными объектами слишком дорогостоящи и часто невозможны. Дать оценку жизнеспособности планируемой системы, а также минимизировать необходимые для реализации проекта временные и материальные издержки позволяет экспериментирование с компьютерной моделью.

При модернизации завода сложно заранее оценить производительность цеха при той или иной его конфигурации. Результат зависит от множества взаимосвязанных параметров: удаленности друг от друга структурных элементов, параметров агрегатов, логистики перемещений агрегатов и материалов. Имитация реального процесса с помощью компьютерного моделирования дает возможность не только предсказать результат

того или иного принятого решения, но и получить в процессе экспериментов с моделью количественные данные об эффективности работы цеха.

Имитационное моделирование используют для решения задач, где для расчета поведения системы недостаточно обычных средств прогнозирования и анализа. С помощью аналитических таблиц и графиков невозможно провести полноценный и точный анализ комплексной системы со сложными взаимосвязями. Актуальную информацию о существующих производственных процессах предоставляют различные системы автоматизированного планирования и контроля. Широко распространенные ERP- и MES-системы хорошо поддерживают уже созданные и функционирующие комплексы, но обладают ограниченной "предсказательной

способностью" – они дают возможность изменять параметры процессов, но не сам процесс в целом. К тому же все подобные системы работают с входными данными, задаваемыми извне, а не генерируют их самостоятельно. Между тем при реализации некоторых проектов на первых этапах часть данных может быть неизвестной или представленной в виде случайных величин.

В качестве иллюстрации работы технологии имитационного моделирования можно привести упрощенную модель конвертерного цеха (рис. 1), размещенную в открытом доступе на сайте компании "Экс Джей Текнолоджис" – разработчика ПО AnyLogic. Демонстрационная модель воспроизводит алгоритм случайного выбора крана при транспортировке ковшей стальных

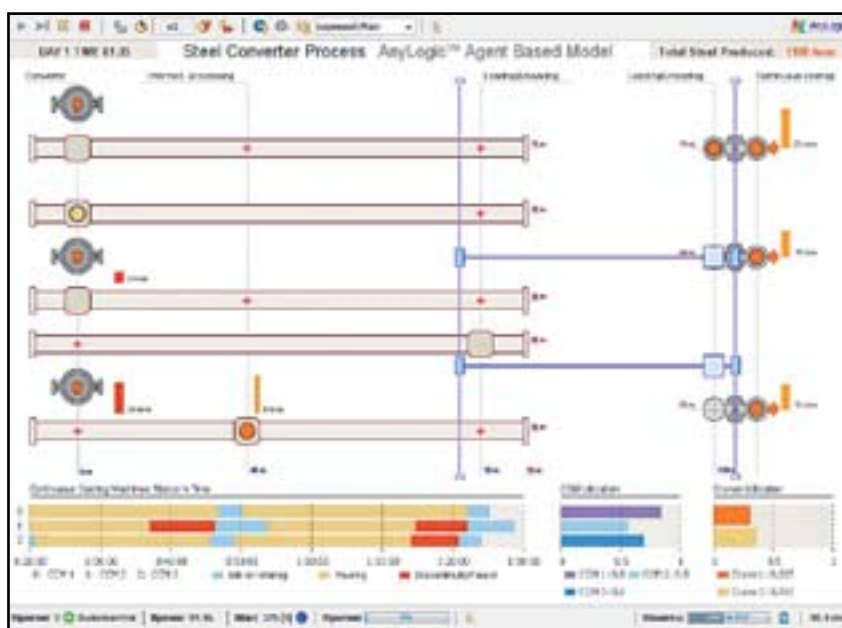


Рис. 1. Модель конвертерного цеха

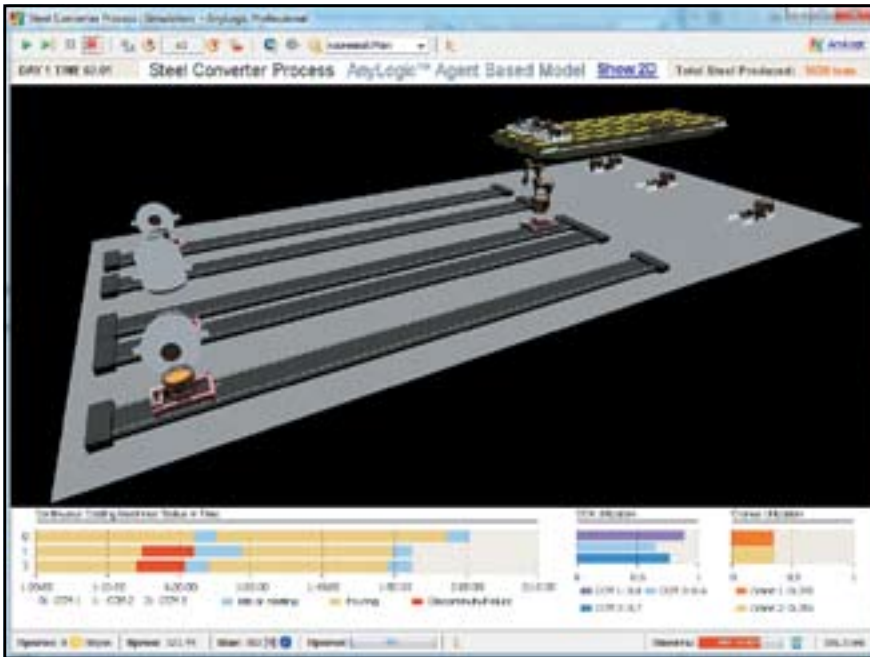


Рис. 2. 3D-модель конвертерного цеха

режим неэффективен в некоторых конфигурациях цеха. Цель моделирования – анализ оптимальности выбранного режима и его оптимизация с тем, чтобы в дальнейшем минимизировать простой в работе машин непрерывного литья заготовок (МНЛЗ). Предельное время простоя задается работой машин непрерывного литья стали, дополнительные ограничения накладываются конвертером и режимом движения ковшей. Эффективность работы алгоритма движения кранов показана на цветовой шкале: в идеале на шкале не должно быть красных секций, которые указывают на простой МНЛЗ. Масштаб модели может быть легко изменен путем включения в модель любого дополнительного количества конвертеров, кранов, ковшей различной емкости, изменения параметров времени работы, а также удаленности друг от друга структурных элементов цеха.

Существует легенда, что Джей Форрестер (основатель одного из направлений в имитационном моделировании) первые модели цепочки поставок General Electric умещал в блокноте. Но вскоре модель выросла в систему дифференциальных уравнений 60-го порядка, решить которую мог не каждый компьютер. Современные инструменты обладают развитой графической средой, понятными интерфейсами и доступны для освоения массовому пользователю. Для удобства (упрощения) визуального пост-

роения модели предлагается набор библиотек для блочного моделирования. Например, инструмент AnyLogic кроме обычных модулей включает три библиотеки: **Enterprise Library** для моделирования производства и цепочек поставок, **Rail Yard Library** для описания операций сортировочной станции и **Pedestrian Library** для моделирования пешеходных потоков. Разработчики активно осваивают новые технологии, в частности 3D-анимацию (рис. 2). Готовые модели можно размещать в сети Интернет в виде Java-апплетов.

В декабре 2009 года завершился совместный проект Челябинского металлургического комбината, входящего в компанию “МЕЧЕЛ”, и компании “Экс Джей Текнолоджис” по моделированию реконструкции электро-сталеплавильного цеха. Цель проекта: оценить производительность работы нового оборудования при существующей инфраструктуре цеха, а также минимизировать время перенастройки оборудования с одного сортамента на другой. В результате совместной работы технологов ЧМК и консультантов “Экс Джей Текнолоджис” была создана имитационная модель электро-сталеплавильного цеха, воспроизводящая различные сценарии его работы. Интерфейс модели представляет собой план цеха с возможностью навигации по нему (рис. 3): в зоне рассмотрения может быть как весь цех в целом, так и его отдельные структурные элементы. Модель соответствует реальной системе, учитывает конфигурацию оборудования и все значимые параметры происходящих в цехе процессов:

- ▶ длительность операций;
- ▶ последовательность действий для разных сортаментов;
- ▶ промежутки времени между сливом шлака, постановкой в цех вагонов, автотранспорта;
- ▶ расход материалов для различных сортаментов;

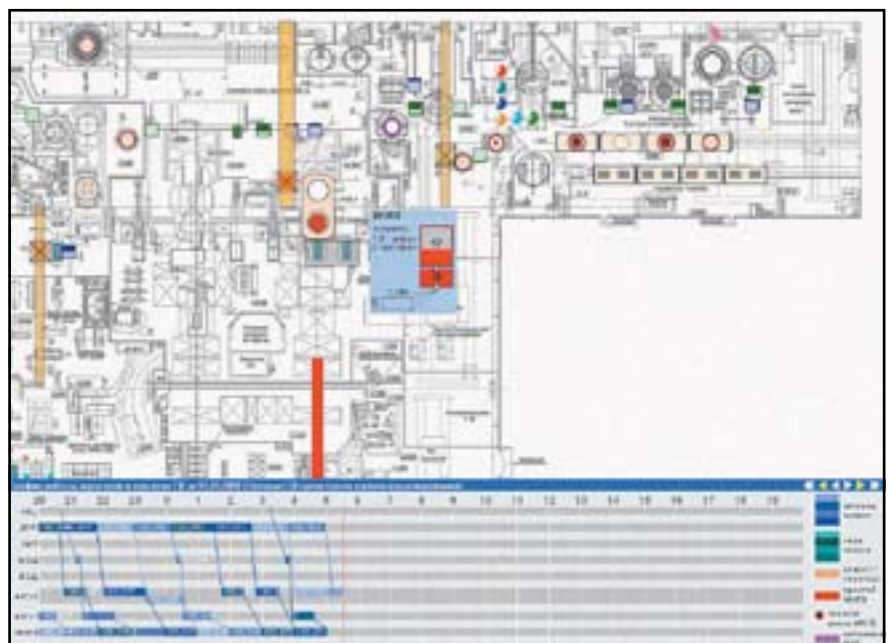


Рис. 3. Интерфейс модели электро-сталеплавильного цеха Челябинского металлургического комбината

▶ скорость заполнения мусорных корыт и т.д.

В дальнейшем вышеуказанные данные могут изменяться пользователем для проведения разных вариантов эксперимента. Перед запуском модели определяется план выплавки на определенный период времени, а также масштаб времени моделирования (скорость проведения эксперимента). Выработанные в ходе работы модели данные представлены в отчетах о производстве стали, процессах агрегатов и т.п.

На крупных металлургических предприятиях подобные модели используются для планирования суточного и месячного производства в цехах с несколькими сталеплавильными агрегатами и МНЛЗ, где цикл нахождения плавки на агрегате менее 40 мин. В этих усло-

виях моделирование оказывается незаменимым инструментом, позволяющим избежать потерь производства.

В настоящее время имитационное моделирование используется многими передовыми, технически оснащенными компаниями из самых разных областей. Крупные западные организации содержат целые подразделения, занимающиеся моделированием бизнес- и производственных процессов. Другие используют аутсорсинг и обращаются в консалтинговые фирмы. Примечательно, что среди разработчиков соответствующего программного обеспечения лидирующие позиции занимают российские компании. В частности, в более 500 высших учебных заведений по всему миру дисциплина имитационного моделирования пре-

подается на основе инструмента AnyLogic, разработки российской компании. При этом клиентскую базу его разработчика “Экс Джей Текнолоджис” на 80 % составляют иностранные компании. Российское бизнес-сообщество познакомилось с этой технологией относительно недавно. Тем не менее уже есть ряд успешных проектов, а наиболее инновационные компании принимают в штат специалистов по имитационному моделированию. Реализованные проекты дают основание полагать, что технология имитационного моделирования будет по достоинству оценена и принята на вооружение российскими компаниями.

**Анатолий Жеребцов,  
Алена Белашапко,  
компания “Экс Джей Текнолоджис”**

## НОВОСТИ

### Технология EMC FAST

Корпорация EMC представила концепцию полностью автоматизированного управления многоуровневым хранением данных FAST (Fully Automated Storage Tiering), которая обеспечивает непревзойденный уровень автоматизации всех ее основных платформ хранения данных, позволяя организациям с ограниченными ресурсами грамотно управлять объемами информации, ежегодный процентный рост которых выражается двузначными цифрами. Новая технология EMC FAST позволяет автоматизировать перенос информации в системе хранения данных и сэкономить огромное количество времени, которое сегодня тратится на выполнение рутинных операций по управлению хранением данных вручную и исчисляется часами и даже днями. В результате системы среднего класса, оснащенные технологией EMC FAST, корпоративными дисками Flash (EFD) и дисками SATA будут превосходить своих предшественниц по эффективности, позволяя при этом сэконо-

мить до 20 % на стоимости приобретения устройств хранения и до 40 % на эксплуатационных расходах, связанных с хранением данных.

Брайан Галлахер, вице-президент EMC, поясняет: “Суть технологии EMC FAST заключается в оптимизации хранения данных на основе того, каким образом они используются в приложениях. Иногда это означает перенос данных на более быстродействующие уровни для ускорения обработки транзакций, а иногда — автоматический перенос на недорогие накопители для экономии. Мы инвестировали сотни человеко-лет в разработку аналитических алгоритмов, применяемых в технологии FAST, и потратили годы на то, чтобы проанализировать особенности работы приложений наших заказчиков и создать реалистичные модели доступа к данным. Технология EMC FAST позволяет использовать базовые технологии и инфраструктуры более эффективно и динамично, а также сделать их совершенно незаметными для конечных пользователей”.



Технология EMC FAST позволит организациям повысить эффективность управления информацией и обходиться меньшим количеством ресурсов, а также сократить потребление электроэнергии, сэкономить на кондиционировании за счет меньшего тепловыделения и сократить капитальные

и операционные затраты на системы хранения данных.

Появление технологии EMC FAST знаменует собой поворотный момент в сфере хранения данных и в корне изменяет сами принципы построения и эксплуатации корпоративных информационных инфраструктур. Корпорация EMC планирует включить в технологию FAST широчайший набор функций, включая многоуровневое хранение данных в пределах одного логического устройства, распределение емкости по требованию, дедупликацию данных на уровне блоков и файлов, сжатие данных, отключение дисков, встроенные средства архивации, а также объединение данных в частных и общих облаках для достижения беспрецедентного уровня автоматизации, простоты управления и экономичности.

Первая реализация технологии EMC FAST уже доступна для развертывания в сетевых системах хранения данных EMC Symmetrix V-Max и EMC CLARiON CX4, а также в унифицированных хранилищах данных EMC Celerra NS.