

### **ВЗАИМОСВЯЗЬ ЭКОНОМИЧЕСКОГО И МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

Любое металлургическое предприятие как система в целом уникально и опирается на опыт других предприятий отрасли при планировании организационно-технических мероприятий. Металлургическое производство – это прежде всего жесткая связь между отдельными участками производства и переделами. Основные мартеновские печи, обеспечивающие выполнение производственной программы имеют большую единичную мощность, вследствие чего аварийная остановка даже одной печи повлияет на производительность участка в целом, что также является особенностью металлургического производства. Кроме того, большинство процессов производства стали и проката имеет стохастический характер, а это значительно усложняет планирование и управление. Существующие принципы решения этих задач основываются главным образом на детерминированных моделях производственных систем, при этом очень слабо учитывается взаимосвязь между отдельными подразделениями. Поэтому возникает необходимость в применении системного подхода к решению производственных задач, с тем чтобы анализ организационно-управленческих ситуаций характеризовался более высоким качеством.

Хорошо известно, что лишь в некоторых случаях производственную и экономическую систему удастся описать математическими моделями, основанными на традиционных аналитических методах исследования. Как отмечалось, многие важные задачи, например организационного управления, столь сложны и характеризуются такой большой размерностью, что решить их не удастся ни методами математического программирования, ни с помощью анализа в рамках обычной теории вероятностей. Это связано с тем, что аналитические методы недостаточно полно учитывают воздействие различных случайных факторов, взаимодействие и взаимовлияние отдельных элементов сложных систем. Металлургическое предприятие и его производство являются типичной иллюстрацией этого. На стадии проектирования или модернизации производства создается бизнес-план, который объединяет в себе имитационную модель, системы внешнего и внутреннего взаимодействия различных подразделений предприятия, экономической целесообразности данного проекта, срока окупаемости и т.д. Результаты бизнес-плана не всегда могут быть использованы в качестве прямых рекомендаций, чаще всего они служат дополнительным источником информации, принятие же решения остается за советом директоров предприятия. Это связано со сложностью моделируемых систем, с определенной степенью соответствия бизнес-плана реальному времени. Для повышения степени соответствия приходится

усложнять модель, а это не всегда компенсируется повышением точности. Невозможно создать бизнес-план, который бы идеально точно воспроизводил работу исследуемого объекта, поэтому к результатам моделирования следует относиться с известной осторожностью. Вместе с тем результаты бизнес-плана по своей ценности для практического решения возникающих задач часто оказываются близкими к результатам натурального эксперимента.

Как уже отмечалось выше, металлургические процессы носят ярко выраженный стохастический характер, который учитывают прежде всего при разработке бизнес-плана. Для анализа работы металлургических систем были предприняты попытки использования существующих аналитических моделей массового обслуживания, но сложность рассматриваемых систем и недостаточно разработанный аппарат теории массового обслуживания не позволили с достаточной степенью точности решить эту задачу. Проверка на адекватность производственным процессам аналитических моделей систем массового обслуживания показала существенное расхождение между фактическими и получаемыми при моделировании характеристиками. В связи с этим наиболее эффективным способом учета вероятностей характера и других особенностей в металлургических цехах является составление бизнес-плана с использованием всеобъемлющих интегрированных систем и моделей.

При формализации производственного процесса кроме вероятностного характера учитываются такие важнейшие факторы, как возможность образования очередей перед отдельными участками и агрегатами, взаимодействие жестко связанных участков и агрегатов, возможность работы оборудования в различных режимах, всевозможные технологические ограничения. Общеизвестно, что изучение процессов управления с точки зрения его функций позволяет установить объемы работ по каждой из функций, определить потребность в трудовых ресурсах и в итоге сформулировать структуру и организацию системы управления. Основными задачами исследования производственного процесса являются: разработка методики оценки пропускной способности многоагрегатных систем в зависимости от пропускной способности составляющих элементов; оценка времени простоев и производительной работы отдельных участков и агрегатов, определение их коэффициентов загрузки; изучение взаимодействия участков и агрегатов и его качественная оценка; изучение влияния на показатели работы системы различных технологических и организационных факторов; разработка согласованных режимов работы смежных участков металлургического производства и т.д.

Одним из главных требований при исследовании является сходство или различие с объектами моделирования в плане решаемой задачи. Описывая математически производственную систему или процесс, мы учитываем лишь те стороны, которые нас интересуют в настоящий момент, абстрагируясь от других. Так при экономических исследованиях в моделях обычно не отражены физико-химические, теплотехнические, кристаллизационные и другие процессы, происходящие при выплавке и разливке стали, процессы

пластических деформаций, происходящие при прокате. Математическое моделирование этих и других процессов - сфера деятельности технологов.

Качество и точность бизнес-плана во многом зависят от правильности выбора исходных положений. Таким образом, бизнес-план является мощным аппаратом исследования, и его использование в настоящее время крайне необходимо.

В настоящее время разработано достаточно много различных экономико-математических моделей сталеплавильного производства, предназначенных для решения экономических задач широкого класса. Следует отметить посвященные этой тематике работы И.М. Рожкова, Ю.М. Максимова, А.Б. Семеки, Ю.С. Кроля и других авторов. Согласно теории организации производства существует 3 вида планирования: *перспективное, текущее, оперативное.*

Разумеется, что экономико-математические модели сталеплавильного производства, используемые на различных его этапах, должны быть ориентированы на решение соответствующих задач. Очень важную роль при разработке имитационной модели играет параметрическая идентификация, которая характеризуется следующими тремя группами параметров:

- *физико – химические процессы;*
- *показатели работы оборудования;*
- *тактика и стратегия управления цеха, завода.*

Для моделирования на ЭВМ процесса производства стали необходимо построить соответствующий алгоритм, который должен отражать все особенности производственного процесса и быть независимым от характеристик машин. Поэтому его обычно представляют в виде блок–схемы, содержащей в определенной последовательности блоки, каждый из которых отображает операцию производственного процесса. В данном случае используется моделирующий алгоритм, способный моделировать изменение состояния системы, вычислять вектор состояния системы в определенный момент времени. В зависимости от того, на каком участке цеха происходит моделируемое событие, блок (*определение номера участка*) осуществляет переход к подалгоритмам, моделирующим работу соответствующего участка. Моделирование осуществляется поплавно и при перемещении плавки с одного участка на другой происходит изменение системы, что учитывается расчетом параметров модели в каждом состоянии. По нарастающему итогу учитывается количество стали в плавках и тоннах, прошедшее через каждый агрегат и участок системы.

Описанную выше модель можно брать за основу при разработке автоматизированных систем при текущем и оперативном планировании и управлении. Здесь достаточно полно учтены все технологические факторы, уровень детализации соответствует задачам технико-экономического планирования. Очень важным моментом при имитационном моделировании является создание необходимой базы данных и проверка модели на адекватность исследуемому объекту. От этого зависит достоверность получаемых результатов и их практическая ценность. Ответственным

моментом при имитационном моделировании являются выбор и расчет критерия эффективности. Выход годного, в свою очередь, прямо коррелирует с условно-переменной частью себестоимости трубного слитка, а от объема производства в системе зависят условно-постоянные расходы на одну тонну. Поэтому при расчете себестоимости трубного слитка следует учитывать выход годного или количество отходов на весь объем производства и количество возвращенного в печь металла из-за невозможности его разлить, то есть брака. Для расчета себестоимости трубной заготовки при моделировании была использована следующая формула:

$$C_m \cong B + \frac{K_b \cdot P_b + (C_{пл} - C_o)K_o + A}{V}, \quad (1)$$

где  $B$  – условно-переменные расходы в себестоимости трубного слитка за вычетом отходов, руб./т;

$K_b$  – количество брака (возвращенного в печь металла), т;

$P_b$  – потери от брака, руб./т;

$C_{пл}$  – плановая себестоимость трубного слитка, руб./т;

$C_o$  – цена лома, руб./т;

$K_o$  – количество лома, т;

$A$  – условно-постоянные расходы за период моделирования, руб.;

$V$  – объем производства, т.

В качестве критерия эффективности, на взгляд автора, целесообразно использовать удельные приведенные затраты. Для упрощения и возможности проведения многовариантных расчетов использованы специальные методы. Для этого берется какой-либо базовый вариант, и по нему определяется себестоимость продукции, ее составляющие и капитальные вложения. Тогда критерий эффективности, при рассмотрении вариантов, отличающихся количеством сталеплавильных агрегатов, будет выглядеть следующим образом:

$$G = C_{пл} + \frac{E_n \cdot K_z \cdot ПМ_c}{V}, \quad (2)$$

где  $П_n$  – часть приведенных затрат, руб.;

$K_z$  – капитальные вложения, руб./т;

$ПМ_c$  – производственная мощность, т;

$E_n$  – нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений.

Такой способ представления критерия эффективности позволяет существенно сократить расчеты.

Описанную выше модель можно использовать для исследования работы мартеновского цеха, где сталь проходит внепечную обработку и разливается в изложницы. Модель проста в использовании, мобильна и при этом достаточно точно отражает реальный производственный процесс.