

**ИНТЕГРИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫМИ КОМПЛЕКСАМИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОГО ПРЕДСКАЗАТЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ****С. А. Власов, А. Л. Генкин, И. В. Никулина (Москва)**

В современном металлургическом производстве большая часть продукции производится в автоматизированных технологических комплексах (АТК). В связи с тем, что производительность, а следовательно, и производственная мощность не являются единственной оценкой качества функционирования предприятия при интегрированном управлении, существует ряд сложных проблем синтеза АТК. Эти проблемы требуют решения на различных стадиях жизненного цикла АТК (при проектировании, стратегическом планировании, текущем планировании, модернизации и т.п.).

Для решения указанных проблем предлагается использовать принципы ЕАМ-методологии, в соответствии с которыми эффективность производства может быть увеличена за счет совершенствования как систем и алгоритмов управления технологическими процессами, так и бизнес-процессов, а также путем их дальнейшей координации в течение жизненного цикла АТК [1].

Главным показателем эффективности реорганизации предприятия, внедрения или реинжиниринга бизнес-процессов является их экономическая целесообразность. Однако до настоящего времени не существует универсального показателя эффективности подобных проектов.

Если считать показателем эффективности предприятия максимизацию его прибыли, то для достижения этой цели используется методический подход, который можно охарактеризовать как ретроспективное моделирование, в принципе позволяющее дать оценку эффективности реорганизации [2]. Суть его заключается в пересчете на модели финансово-экономических показателей производства за какой-то истекший период с учетом моделирования проведения того или иного мероприятия по реорганизации. Далее проводится сравнение их с фактическими показателями деятельности за тот же период, как это делается, например, при проверке адекватности любых других моделей. Существует целый ряд финансово-экономических показателей, используемых в этом случае. Условно их можно разделить на две группы.

К первой группе относятся показатели, определяемые на основе систематизированного анализа финансовой отчетности (САФО), применяемого в российской и зарубежной экономической практике: показатели и коэффициенты ликвидности баланса, платежеспособности, рентабельности продаж, рентабельности капитала и др. В развитие системы САФО применительно к разделительному балансу предлагаются показатели рыночной устойчивости (коэффициент соотношения заемных и собственных средств, коэффициент обеспеченности собственным капиталом, коэффициент капитальной независимости, коэффициент финансовой устойчивости, коэффициент иммобилизации активов, коэффициент реструктуризации заемных средств).

Вторая группа включает показатели, раскрывающие специфические особенности взаимоотношений каждого подразделения с основным (профильным) производством. Например, одной из причин, препятствующих эффективному функционированию крупных металлургических предприятий в современных условиях, является высокий уровень затрат. В связи с этим актуальными, наряду с задачей оптимизации производственных мощностей, являются задачи снижения издержек производства на металлургических предприятиях.

Имитационное моделирование занимает значительное место среди средств моделирования поведения и режимов работы производственных систем и анализа динамических характеристик бизнес-процессов.

В последнее время решаются новые задачи, относящиеся к области реинжиниринга избранных бизнес-процессов для технологических комплексов металлургического производства. Ниже выделяются те основные области реинжиниринга бизнес-процессов, где возникают проблемы, для решения которых может быть использован аппарат имитационного моделирования.

### **1. Производство:**

- неравномерность загрузки производства в течение месяца и на других выделяемых интервалах планирования;
- разбалансированное производство на взаимосвязанных технологических комплексах в цехах и между цехами;
- неоптимальная загрузка производственных мощностей по основным технологическим агрегатам;
- как следствие предыдущего, неоптимальная загрузка вспомогательного и транспортного оборудования;
- отсутствие возможности оперативного изменения планов и графиков производства по технологическим причинам, связанным с простоем оборудования по различным причинам, с перебоями в поставках сырья, полуфабрикатов, заготовок и т.п.;
- отсутствие возможности оперативного изменения планов и графиков производства по организационным причинам в связи с отсортировкой, появлением новых заказов, изменением спецификаций, изменением объемов и т.п.

### **2. Предсказательное моделирование, планирование развития, включая модернизацию и внедрение информационных технологий и систем автоматизации;**

- анализ эффективности предлагаемых мероприятий по новым технологическим решениям;
- анализ эффективности инновационных мероприятий по энерго- и ресурсосбережению;
- анализ предлагаемых мероприятий по новым организационным решениям на уровне управления технологическими комплексами, цехового и межцехового управления (взаимодействия);
- анализ результатов возможностей оперативного перепланирования в случае незапланированных сбоев, аварий и других экстренных ситуациях.

После ввода производственной системы в эксплуатацию единственным источником затрат становятся эксплуатационные расходы. Нередки случаи, когда эти расходы суммарно существенно превышают затраты на создание системы и продолжают стремительно расти в процессе эксплуатации. Некоторое время считалось, что рост эксплуатационных расходов вызван ошибками, допущенными при реализации системы. Исследования показали, что наибольший процент ошибок в системе возникает в процессе анализа и проектирования, а стоимость обнаружения и исправления ошибок резко возрастает на более поздних стадиях проекта. Например, исправление ошибки на стадии проектирования стоит в 2 раза, на стадии тестирования – в 10 раз, а на стадии эксплуатации системы – в 100 раз дороже, чем на стадии анализа.

Как известно, многоэтапный и многозадачный процесс реинжиниринга деятельности предприятий может быть в общем виде представлен следующими фазами:

Первая фаза реинжиниринга – анализ деятельности, выявление затратных центров, формирование моделей функциональных, структурных, а также информационных, финансовых, товарных и сырьевых потоков, согласование моделей и создание моделей класса «как должно быть» ("to-be").

Вторая фаза реинжиниринга – создание плана организационных мероприятий по переходу из состояний «как есть» ("as-is") в состояние «как должно быть», разработка проекта информационной системы управления предприятием, создание финансово-бюджетного плана реализации организационных мероприятий и реализации информационной системы, оптимизация бюджетов с позиций защиты инвестиций, временных рамок, выхода продукции и наращивания производственных мощностей.

Третья фаза – выход на проектные мощности и стабилизация производства с внедрением системы общего и непрерывного управления качеством.

Четвертая фаза – резкое увеличение мощностей производства за счет параллельного внедрения комплексной АСУП и современной АСУТП.

Любое инновационное мероприятие, связанное с изменением характеристик производственных мощностей, должно обеспечивать создание оптимального резерва данной производственной мощности и предусматривать комплексную оценку его влияния на страховые и стратегические резервы производственной системы.

Обозначим фактическую производственную мощность  $j$ -го агрегата, которая может быть реализована на данном оборудовании конкретного предприятия через  $P_j^F$ .

Фактическое состояние производственной мощности  $P_j^F$  можно определить исходя из технически возможной производственной мощности  $P_j^P$  с учетом состояния оборудования, качества сырья, исходного продукта с предшествующего передела и квалификационного потенциала обслуживающего и оперативного персонала.

Технически возможная производственная мощность определяется на основе максимальных значений процедурных и ресурсных характеристик при максимальной технически возможной производительности данного вида оборудования, производственного комплекса или маршрута.

Зависимость значения фактической производственной мощности от действия вышеприведенных факторов имеет вероятностную природу и по величине различна для каждого агрегата и каждого металлургического производства. Усредненную характеристику этой зависимости можно получить как математическое ожидание потери производительности из-за простоев оборудования, связанных с отказами:

$$f_j^{ref} = 1 - \frac{T_{jL}^{pl}}{\sum_{l=1}^{L-1} T_{jl}^{pl}} \left( \sum_{l=1}^{L-1} \sum_{i=1}^{n_l^{ref}} \tau_{ijl}^{ref} \right),$$

где  $T_L^{pl}, T_l^{pl}$  – соответственно длительности текущего и предшествующих периодов планирования, принятых для расчёта математического ожидания,  $\tau_{il}^{ref}, n_l^{ref}$  – соответственно длительность простоя и число отказов оборудования в  $l$ -м плановом периоде.

Имитационное моделирование и является средством оценки характеристик  $\tau_{il}^{ref}, n_l^{ref}$ .

Использование предложенной методологии легло в основу разработки ряда АСУТП для АТК металлургического производства [3]. Например, АТК «печи-листопрокатный стан» современного металлургического комбината относится к классу сложных непрерывно-дискретных объектов, для которых актуально применение специально разработанной методики предсказательного моделирования. Основным показателем его эффективности в настоящих экономических условиях является сокращение ресурсо- и энергозатрат на нагрев и прокатку металла.

Исследование результатов имитационного моделирования АТК «печи – стан» позволило разработать принципы управления и структурную схему АСУ с оптимизацией режимов прокатки [4]. В основу АСУ положена двухуровневая структура, обеспечивающая управление температурой металла как в режиме прогноза (предсказательного моделирования), так и в реальном масштабе времени.

К верхнему уровню относится подсистема оптимизации исходной настройки технологической линии, то есть определение оптимальных (в смысле минимума энергетических затрат) значений температуры и толщины металла во всех звеньях линии. Основными функциями подсистемы верхнего уровня являются:

- выбор стратегии управления (критерия оптимальности);
- расчет в соответствии с выбранным критерием оптимальности исходной настройки клетей черновой группы, обеспечивающей требуемые температуру и толщину раската на выходе из черновой группы и температуру слябов на выходе из нагревательных печей;
- адаптивная идентификация параметров прокатки;
- выбор программ настройки черновых клетей;
- расчет исходных данных для локальных систем регулирования в черновых клетях и печах;
- расчет технико-экономических показателей прокатки данного типоразмера;
- коррекция температуры подката.

На нижнем уровне осуществляется коррекция исходной настройки и обработка текущей информации. Основные функции подсистемы нижнего уровня:

- обработка входных сигналов с целью косвенного определения энергетических характеристик прокатки в черновых клетях;
- расчет и реализация коррекции обжата металла в черновых клетях с целью обеспечения заданной температуры раската на выходе каждой клетки.

Система может функционировать в следующих основных режимах:

- информационно-советующем, когда средства вычислительной техники осуществляют централизованный контроль объекта и выдают оперативному персоналу рекомендации по ведению процесса прокатки в зависимости от выбранного критерия оптимальности;
- комбинированного управления, при котором обеспечивается автоматическое управление параметрами настройки локальных систем регулирования;
- централизованного дистанционного управления нажимными устройствами прокатных клетей.

Эффективность АСУТП для АТК «печи–стан», функционирующей в соответствии с принципами энергосберегающего управления, заключается в повышении производительности АТК, уменьшении ресурсо- и энергозатрат при нагреве и прокатке металла, повышении качества готового проката.

### **Выводы**

1. Описаны подходы к решению задач реинжиниринга бизнес-процессов для АТК металлургического производства, основанные на методах ретроспективного и предсказательного моделирования.

2. С использованием этих методов решены задачи определения оптимальных резервов производственной мощности металлургических агрегатов.

3. Применение методов предсказательного моделирования позволило разработать АСУТП для АТК «печи–стан».

## Литература

1. **Власов С. А., Генкин А. Л., Никулина И. В., Кравцов С. В.** Интеграция систем управления в металлургическом производстве // Автоматизация в промышленности. 2007. № 3. С. 12–14.
2. **Власов С. А., Жагловская А. В.** Повышение эффективности проектирования бизнес-процессов металлургических предприятий с использованием имитационного моделирования // Системный анализ и информационные технологии: Труды Первой международной конференции. М.: URSS, 2005. Т. 1. С. 69–70.
3. **Генкин А. Л., Власов С. А., Кравцов С. В., Волочек Н. Г., Никулина И. В.** Имитационное моделирование в интегрированном управлении металлургическими комплексами // Третья всероссийская научно-практическая конференция «Имитационное моделирование. Теория и практика. ИММОД-2007». Сб. докладов. СПб.: ФГУП ЦНИИ технологии судостроения, 2007. Т. II. С. 47–51.
4. **Генкин А. Л., Власов С. А., Масальский Я. С.** Возможности энергосберегающего управления листопркатным комплексом // Автоматизация в промышленности. 2003. № 3. С. 44–47.