

УДК 658.012.011.56

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА СИЛИКАТНЫХ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ ЭКОНОМИИ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

А.Н. КУНЕЦ

Научный руководитель Е.А. ЯКИМОВ  
ГУ ВПО «БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

г. Могилев

В производстве газосиликатных изделий качество выпускаемой продукции напрямую зависит от используемого сырья, технологии изготовления и оборудования на предприятии. Для поиска путей повышения качества продукции, экономии топливно-энергетических ресурсов ставится задача построения имитационной модели (ИМ) производственной деятельности ЗАО «Могилевский КСИ».

Для организации производства основные энергетические затраты связаны с выработкой и потреблением пара, который расходуется на работу автоклавов, для подогрева шлама и смазки, подогрева камер вызревания. Энергозатратным процессом является и выработка воздуха, который расходуется на работу пневмокамерных насосов, пневмораспределителей, для аэрации гомогенизаторов, продувки фильтров, поддува бункеров цемента.

Имитационная модель производства силикатных изделий проектируется в программно-технологическом комплексе имитации сложных систем BelSim, который использует процессный способ моделирования. Основными компонентами структуры ИМ являются: процесс – класс, реализующий процессы и активности в системе; данные модели – структура с глобальными данными для обеспечения взаимодействия между процессами; имитационная модель – класс, отвечающий за начальную инициализацию модели и создание процессов. Для построения ИМ необходимо реализовать класс данных модели TModel с описанием параметров модели и общих данных процессов; классы процессов, наследованных от CSimulator<TModel>::CActivity, с описанием алгоритмов; класс модели, наследованный от CModel и выполняющий инициализацию ИМ.

Программная реализация ИМ осуществляется на основе IDEF0-диаграмм, где активности представляются в виде классов процессов, наследованных от CSimulator<TModel>::CActivity; параметры активности представляются параметрами конструктора класса; входы и выходы активности – полями класса данных модели TModel. Во время выполнения ИМ процессы изменяют значения этих полей, взаимодействуя между собой. Для параметров ИМ используются входные стрелки с первого уровня IDEF0-диаграммы, в качестве откликов – выходные стрелки.

Для реализации программы класс имитационной модели наследуется от класса CModel и реализует стандартный интерфейс модели на основе

методов `getModelData` и `run`. Метод `getModelData` позволяет указать общие сведения о модели, параметры и отклики, для чего используются методы класса `CModelData`: `setName` – указание имени модели; `addParameter` – указание параметра модели; `addResponse` – указание отклика модели. Метод `run` осуществляет создание структуры модели и ее запуск с помощью методов класса `CCustomSimulator`, реализующего управляющую программу моделирования. Для чтения установленных параметров используется метод `getParameterValue` класса `CModelData`, а для записи откликов – метод `setResponseValue`.

Для подготовки тестовых исходных данных с целью тестирования ИМ проведено исследование участка дозирования компонент в производстве силикатных изделий ЗАО «Могилевский КСИ». Статистические данные собраны за два года. С использованием математического пакета Statistica рассчитаны значения среднего арифметического, медианы, стандартного отклонения, дисперсии, стандартной ошибки среднего, минимального и максимального значения, размаха, асимметрии, эксцесса.

Совместно с построением имитационной модели проведены исследования метода сингулярного спектрального анализа (ССА) данных. Метод ССА применяется для анализа временных рядов и может быть использован на каждом из этапов эксплуатации имитационных моделей. Он позволяет выделить ряды, которые описывают тренд первоначального ряда, гармонические колебания и те составляющие рядов, которые относят к «шуму». При этом метод не требует стационарности ряда, знания модели тренда, а также сведений о наличии в ряде периодических составляющих и их периодах. Также с помощью данного метода можно определить модель тренда и использовать это знание для дальнейшей обработки ряда уже с известной моделью тренда. Сингулярному спектральному анализу подвергаются результаты измерений на реальном объекте и результаты имитации с имитационной моделью. По результатам анализа принимается решение в соответствии с решающим правилом.

Решающее правило состоит в том, что оцениваются дисперсии  $D_r$  случайной составляющей временного ряда, полученного в результате измерений на реальном объекте, и дисперсии  $D_s$  результатов, полученных при использовании метода Монте-Карло в результате прогонов имитационной модели исследуемого объекта. При  $D_s < D_r$  на имитационной модели определяются источники скрытой (теневого) погрешности, присутствующие на реальном объекте. При  $D_s = D_r$  делается вывод о соответствии имитационной модели исследуемому объекту, что позволяет проводить имитационные эксперименты для поиска путей совершенствования объекта. При  $D_s > D_r$  уточняются источники вносимых погрешностей на реальном объекте в сторону их снижения.

Исследования проведены при финансовой поддержке гранта Ф09М-171 БРФФИ.