

УДК 004.896

ПРИМЕНЕНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ

Клебанов Б.И., Аксёнов К.А.

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина», Екатеринбург, e-mail: kbi11@yandex.ru

Работа посвящена вопросам применения имитационного моделирования на различных уровнях управления качеством продукции металлургического предприятия. На первом уровне управления качеством имитационное моделирование используется для активного мониторинга задержек и качества единиц продукции на переделе на основе известных параметров сырья и продукции предшествующих переделов. На втором уровне с помощью имитационных моделей процессов определяются причины несоответствия требованиям отдельных единиц продукции или услуг и выбираются меры по их предупреждению. На третьем уровне имитационное моделирование используется для решения общих проблем повышения качества продукции и услуг за счет совершенствования производственных процессов. На четвертом уровне системы управления качеством имитационные модели используются для активного мониторинга и совершенствования самих процессов управления качеством, реализуемых на первом, втором и третьем уровнях.

Ключевые слова: совершенствование процессов, контроль качества, имитационное моделирование, металлургия

APPLICATION OF SIMULATION IN THE QUALITY MANAGEMENT SYSTEM OF METALLURGICAL PRODUCTS

Klebanov B.I., Akseonov K.A.

Ural Federal University n.a. the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, e-mail: kbi11@yandex.ru

The work focuses on the application of simulation at different levels of quality control metallurgical enterprises. On the first level of management the quality the simulation is used for active monitoring of delays and the quality of production units for this stage, based on the known parameters of the raw materials and products at the previous stages. On the second level simulation models are used for to determine the reasons nonconformities of the requirements the individual units of production or services and to select measures for their prevention. On the third level simulation is used for to solve common problems of improving the quality of products and services by improving production processes. On the fourth level of the quality management system the simulation is used to actively monitor and making improvements to the quality management processes implemented at the first, second and third levels.

Keywords: process improvement, quality control, simulation, metallurgical manufacture

Имитационное моделирование (ИМ) является одним из наиболее перспективных средств поддержки принятия решений во всех сферах деятельности крупных производственных предприятий [6]. Данная статья посвящена рассмотрению путей применения ИМ для управления качеством продукции.

Система управления качеством продукции металлургического предприятия является многоуровневой системой принятия решений (рис. 1). На первом (нижнем) уровне управления качеством осуществляется выявление несоответствующих услуг и/или единиц продукции (ЕП) и принимаются решения по их дальнейшей «судьбе» в реальном масштабе времени.

На втором уровне управления определяются причины несоответствия конкретных услуг или ЕП требованиям и выбираются меры по их предупреждению. На третьем уровне вырабатываются решения, направ-

ленные на общее повышение качества продукции и услуг за счет совершенствования производственных процессов. Решения, принимаемые на четвертом уровне, направлены на совершенствование самого процесса управления качеством. В данном случае под услугами понимаются логистические и организационные процессы, качество которых определяется, в частности, задержками исполнения.

Как известно, ИМ применяются при решении следующих задач:

- 1) активного прогноза и основанного на нем мониторинга процессов;
- 2) проверки предположений о зависимости одних параметров процессов от других;
- 3) выявления зависимости между параметрами процессов;
- 4) анализа внутренних проблем процессов (например, узких мест);
- 5) выбора варианта структуры процесса и его параметров.



Рис. 1. Многоуровневая система управления качеством продукции

На первом уровне управления качеством ИМ может использоваться для активного мониторинга задержек и качества ЕП на переделе на основе известных параметров сырья, продукции предшествующих переделов, уже использованного и используемого на переделе обрабатывающего оборудования, ожидаемых временных параметров процессов обработки на следующих переделах и т.п.

Для получения прогноза качества продукции с достаточной точностью требуется учет огромного количества параметров заготовки и свойств оборудования, задействованного в получении готового продукта. Автоматизация этого процесса требует наличия базы данных по параметрам обраба-

тываемых ЕП, моделей процессов на агрегатах, данных по их текущему состоянию, технологическим картам. Самым сложным из перечисленного является получение модели процесса конкретного агрегата. Это обусловлено тем, что известные физико-химические модели обработки материалов часто не дают нужной точности прогноза. Перспективным направлением в данной области является использование подходов, основанных на интеллектуальном анализе данных (ИАД) и имитационном моделировании. Структура системы для слежения контроля, моделирования и прогнозирования качества в реальном масштабе времени с использованием технологий ИАД и ИМ приведена на рис. 2.

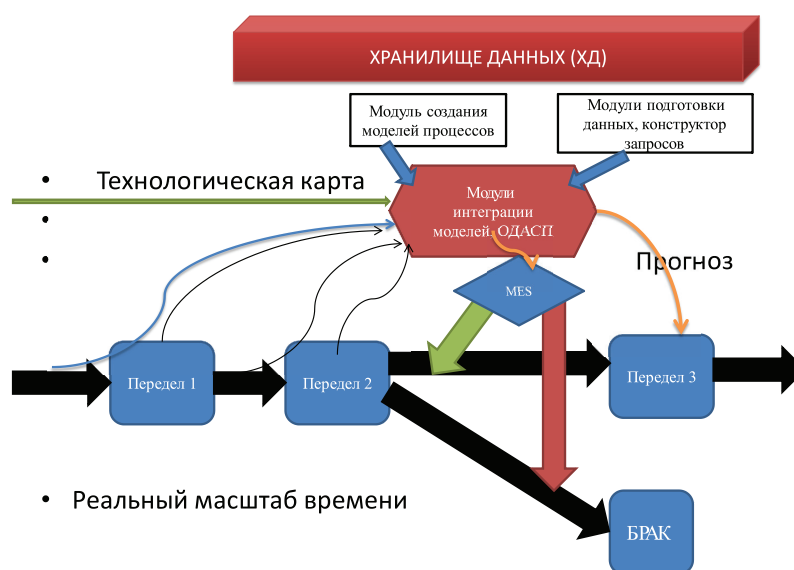


Рис. 2. Структура системы для слежения и прогнозирования качества с использованием технологии ИАД и имитационного моделирования

Предложенный подход в автоматизированной системе выпуска металлургической продукции (АС ВМП) [2–3] реализуется следующим образом:

1. Данные жизненного цикла для всех экземпляров ЕП записываются в ХД.
2. Модели операций или процессов (как совокупности множества операций (технологических, логистических, организационных)) разрабатываются с помощью построителя моделей, в качестве которого выступает модуль создания моделей процессов (СМП).
3. С использованием средств ИАД на основе собранной статистики проводится настройка модели технологической операции (или элемента модели). Модели технологических операций интегрируются в общую имитационную модель технологического процесса (ИМТП).
4. Модель интегрируется ИМТП, обрабатывается модулем интеграции моделей и взаимодействует с MES-системой посредством модуля обмена данными с автоматизированными системами предприятия (ОДАСП).
5. Данные конкретной ЕП поступают на вход ИМТП, которая осуществляет мониторинг текущего состояния данной ЕП на данном переделе (с целью управления ходом технологического процесса) или прогноз состояния ЕП на последующих переделах.

Применение указанного подхода может позволить сократить время технологического процесса за счет исключения ряда операций лабораторного промежуточного контроля, а также выработать управляющие воздействия для корректировки процесса и снизить процент брака. Кроме того, в случае логистических и организационных процессов реализация активного прогноза с помощью ИМ позволяет в реальном времени определять возможность реализации графика работ

в зависимости от сложившейся ситуации и принимать решения по его корректировке. Решение этих вопросов без ИМ наталкивается на серьезные трудности в связи с наличием параллельных обслуживаемых процессов и конфликтов на услугах транспорта.

На втором уровне управления качеством, как уже отмечалось, определяются причины инцидентов, т.е. несоответствия услуг или ЕП требованиям, и выбираются меры по их предупреждению. Анализ причин выявленных фактических или потенциальных инцидентов требует знания закономерностей, позволяющих выявить условия, при которых возникают инциденты и, в частности, брак или задержки в предоставлении услуг. Другими словами требуется решение обратных задач, позволяющих по результату выяснить условия производства и следовательно, причину. Здесь, как и в предыдущем случае, перспективным направлением автоматизации является использование подходов, основанных на ИАД и имитационном моделировании. Процесс контроля и анализа инцидентов с использованием технологии ИАД и ИМ приведен на рис. 3.

Предложенный подход реализуется следующим образом:

1. Данные жизненного цикла для всех экземпляров ЕП записываются в ХД.
2. С использованием средств ИАД (программных модулей конструктора запросов (КЗ) и подготовки данных (ПД)) на основе собранной статистики решается обратная задача поиска возможных причин по следствию.
3. В режиме «что будет, если» или с использованием встроенного в систему имитационно/эволюционного оптимизатора вырабатываются меры и принимаются решения по исключению/снижению влияния причин несоответствия.



Рис. 3. Процесс выявления причин инцидентов и выработки мер по их исключению

Применение указанного подхода должно обеспечить в дальнейшем снижение процента брака по исследованным инцидентам. Для выявления причин задержек и простоев внутривозовского транспорта могут быть использованы имитационные модели с анимацией производства, использующие статистику, накопленную в ХД. С помощью этих моделей [1, 4] удобно проследить причины развития конкретного инцидента, а также выработать и обосновать решения по улучшению логистических процессов.

На третьем уровне ИМ используется для решения общих проблем повышения качества продукции и услуг за счет совершенствования производственных процессов. Здесь оно применяется для выявления систематических причин задержек реализации решений по изменению технологических и логистических процессов при сложных процессах модернизации производства и особенно аргументации (доказательстве) руководству необходимости принятия соответствующих мер. Кроме того, с помощью имитационных моделей поддерживается поиск эффективных организационных решений (реинжиниринг) по всему пакету процессов совершенствования производства.

Наиболее эффективным путем реализации такого подхода является внедрение на предприятии типового процесса изменений технологических, логистических и организационных процессов (ТБПИ). ТБПИ включает следующие основные этапы:

1) регистрацию фактических и потенциальных инцидентов в части качества продуктов и логистических процессов;

2) анализ причин выявленных фактических или потенциальных инцидентов;

3) оценку необходимости осуществления каких-либо мероприятий по устранению причин фактических и потенциальных инцидентов;

4) определение необходимых мер и планирование их исполнения;

5) осуществление и мониторинг необходимых корректирующих и (или) предупреждающих мероприятий;

6) регистрацию результатов выполненных корректирующих и (или) предупреждающих мероприятий;

7) анализ и оценку результативности выполненных корректирующих и (или) предупреждающих мероприятий.

Диаграмма ТБПИ в соответствии с международным стандартом ИСО 9001:2008 приведена на рис. 4.

Имитационные модели здесь используются на этапах 2, 4, 5. На этапе 2 анализа причин обнаруженных или поставленных руководством проблем имитационные модели используются для исследования процесса «как есть» с целью выявления ресурсов, средств и логики процессов, препятствующих достижению требуемых показателей производства. На этапе 4 имитационные модели применяются для:

1) определения и обоснования эффективных путей совершенствования производства в режиме «что будет, если» или с использованием программных оптимизаторов процессов;

2) планирования процесса реализации принятых решений.

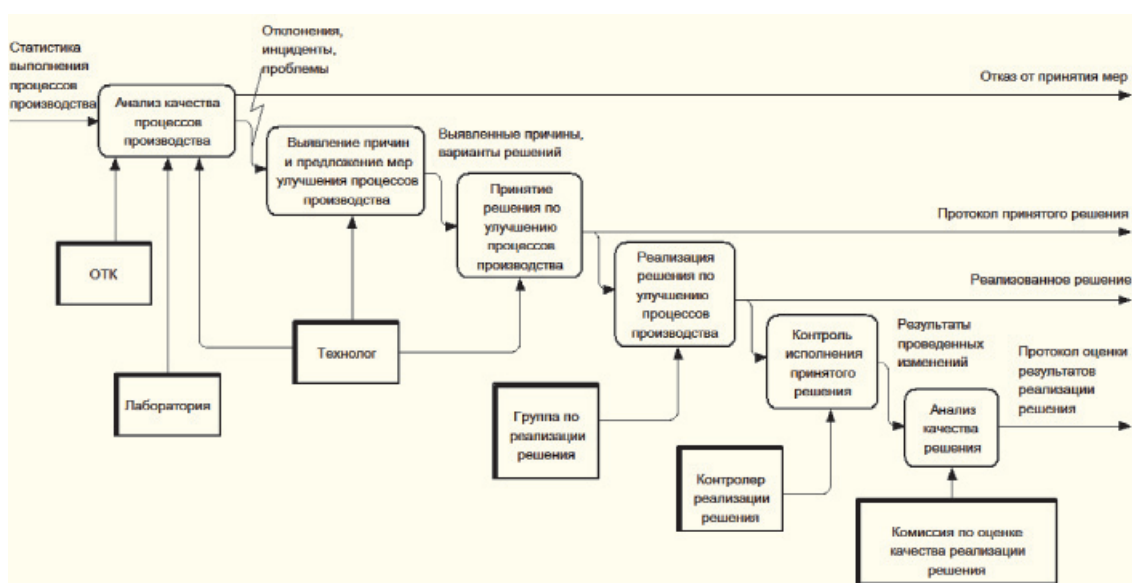


Рис. 4. Диаграмма процесса совершенствования производства

На этапе 5 с использованием имитационной модели осуществляется активный мониторинг процесса реализации принятых решений.

На четвертом уровне системы управления качеством имитационные модели используются для активного мониторинга и совершенствования самих процессов управления качеством [5], реализуемых на первом, втором и третьем уровнях.

Для анализа эффективности самого процесса управления изменениями предлагается использовать следующие параметры (ключевые показатели результативности) по каждому типу процесса управления изменениями:

- 1) общее число изменений;
- 2) число неудачных изменений с разбивкой по типам причин;
- 3) число отклоненных запросов на изменения;
- 4) финансовые потери за счет проведения неудачных изменений;
- 5) средняя длина очереди заявок на проведение изменений.

Большой процент отклоненных предложений по изменениям, неудачных изменений, существенные с точки зрения руководства финансовые потери или большие задержки в рассмотрении заявок на изменения могут потребовать изменения самого процесса управления изменениями. Предполагается, что необходимость такого пересмотра определяется высшим руководством предприятия на основе приведенных показателей.

Заключение

Для выработки и обоснования решений на всех уровнях управления качеством металлургической продукции могут быть использованы программные системы поддержки принятия решений, входящие в состав разрабатываемой АС ВМП и основанные на имитационном моделировании и интеллектуальном анализе данных технологических, логистических и организационных процессов производства, а также поддерживающие ТБПИ. Как показали исследования, проведенные при создании АС ВМП, применение ИМ и ИАД позволяет существенно повысить скорость и качество принимаемых решений.

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

Список литературы

1. Аксенов К.А., Антонова А.С., Айзатуллово А.М. Анализ работы электросталеплавильного цеха с помощью имитационного моделирования // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2; URL: www.science-education.ru/122-21153 (дата обращения: 14.08.2015).

2. Аксенов К.А., Антонова А.С., Спицина И.А., Сысолетин Е.Г., Аксенова О.П. Разработка автоматизированной системы анализа, моделирования и принятия решений для металлур-

гического предприятия на основе мультиагентного подхода // Автоматизация в промышленности. – 2014. – № 7. – С. 49–53.

3. Аксенов К.А., Спицина И.А., Сысолетин Е.Г., Македонский А.М., Аксенова О.П. Метод разработки имитационных моделей реального времени и интеграции с корпоративной системой предприятия // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6; URL: www.science-education.ru/113-11415 (дата обращения: 14.08.2015).

4. Антонова А.С., Аксенов К.А., Клебанов Б.И., Киселева М.В., Быков Е.А. Анализ систем имитационного моделирования на примере задачи разработки модели технологической логистики // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6; URL: www.science-education.ru/113-11342 (дата обращения: 14.08.2015).

5. Клебанов Б.И., Аксенов К.А., Лобачев Е.В., Юсупов Р.И. Применение методологии сервис-менеджмента информационных технологий для создания системы управления качеством продукции // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 3; URL: www.science-education.ru/117-13604 (дата обращения: 14.08.2015).

6. Лычкина Н.Н. Современные технологии имитационного моделирования и их применение в информационных бизнес-системах. URL: <http://www.anylogic.ru/upload/iblock/049/0498c3885e7d7b5dc8ac3dd4f261bca0.pdf> (дата обращения 03.06.14)

References

1. Aksenov K.A., Antonova A.S., Ajzatullovo A.M. Analiz raboty jelektrostaleplavil'nogo ceha s pomoshhju imitacionnogo modelirovanija // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. 2015. no. 2; URL: www.science-education.ru/122-21153 (data obrashhenija: 14.08.2015).

2. Aksenov K.A., Antonova A.S., Spicina I.A., Sysoletin E.G., Aksenova O.P. Razrabotka avtomatizirovannoj sistemy analiza, modelirovanija i prinjatija reshenij dlja metallurgicheskogo predpriyatija na osnove multiagentnogo podhoda // Avtomatizacija v promyshlennosti. 2014. no. 7. pp. 49–53.

3. Aksenov K.A., Spicina I.A., Sysoletin E.G., Makedonskij A.M., Aksenova O.P. Metod razrabotki imitacionnyh modelej realnogo vremeni i integracii s korporativnoj sistemoj predpriyatija // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. 2013. no. 6; URL: www.science-education.ru/113-11415 (data obrashhenija: 14.08.2015).

4. Antonova A.S., Aksenov K.A., Klebanov B.I., Kiseleva M.V., Bykov E.A. Analiz sistem imitacionnogo modelirovanija na primere zadachi razrabotki modeli tehnologicheskoi logistiki // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. 2013. no. 6; URL: www.science-education.ru/113-11342 (data obrashhenija: 14.08.2015).

5. Klebanov B.I., Aksenov K.A., Lobachev E.V., Jusupov R.I. Primenenie metodologii servis-menedzhmenta informacionnyh tehnologij dlja sozdanija sistemy upravlenija kachestvom produkcii // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. 2014. no. 3; URL: www.science-education.ru/117-13604 (data obrashhenija: 14.08.2015).

6. Lychkina N.N. Sovremennye tehnologii imitacionnogo modelirovanija i ih primenenie v informacionnyh biznes-sistemah. URL: <http://www.anylogic.ru/upload/iblock/049/0498c3885e7d7b5dc8ac3dd4f261bca0.pdf> (data obrashhenija 03.06.14).

Рецензенты:

Поршнева С.В., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Радиоэлектроника информационных систем», ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург;

Доросинский Л.Г., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Теоретические основы радиотехники», ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург.