

## ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ PLANTSIMULATION ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И БИЗНЕС ПРОЦЕССОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Клебанов Б.И.<sup>1</sup>, Пантелеева Ю.С.<sup>1</sup>, Крымов Е.А.<sup>1</sup>, Мясоедов И. Д.<sup>1</sup>, Муфазалов А.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГАОУ ВПО “Уральский Федеральный Университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина”, Екатеринбург, Россия (620002, Екатеринбург, ул. Мира 19), e-mail: kbi11@yandex.ru

---

Работа посвящена вопросам исследования эффективности применения встроенных инструментов системы имитационного моделирования PlantSimulation фирмы Siemens-анализатора узких мест и построителя диаграмм Ганта, предназначенных для анализа и улучшения временных показателей логистических, технологических и бизнес процессов. Исследование осуществлялось на основе разработанных экспериментальных имитационных моделей обрабатывающего и конверторного цехов металлургического производства. Приведены примеры использования анализатора узких мест и построителя диаграмм Ганта для выделения проблемных операций процессов и выработки предложений по их совершенствованию. Отмечена необходимость выполнения определенного объема низкоуровневого программирования при разработке моделей. Показано, что с использованием рассмотренных инструментов может быть получено существенное улучшение показателей качества процессов по сравнению с первоначальными значениями.

---

Ключевые слова: совершенствование процессов, имитационное моделирование, металлургическое производство, PlantSimulation.

## USE OF PLANT SIMULATION FOR IMPROVEMENT TECHNOLOGICAL AND BUSINESS PROCESS OF METALLURGICAL MANUFACTURE

Klebanov B.I., Panteleeva Y. S., Krymov E.A., Myasoedov I.D., Mufazalov A.A.

*Ural Federal University n.a. the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia (620002, Yekaterinburg, 19 Mira Street), e-mail: kbi11@yandex.ru*

---

The research is devoted to the use of built-in tools of simulation system Plant Simulation by Siemens - bottleneck analyzer and Gantt wizard, which designed to analyze and improve the time performance of logistics, technology and business processes. The research was based on developed pilot simulation models of the processing and converter departments of metallurgical manufacture. It is shown examples of using bottleneck analyzer and Gantt wizard to highlight the problem operations of processes and develop proposals for their improvement. There is the necessity of performing a certain amount of low-level programming to model development. The necessity of performing a certain amount of low-level programming model development. It is shown that with the use of the reviewed tools can be obtained a significant improvement in the quality of processes in comparison with the original values.

---

Keywords: process improvement, simulation, metallurgical manufacture, Plant Simulation

Одним из инструментов для совершенствования процессов производства является имитационное моделирование, которое представляет собой метод исследования систем, основанный на создании компьютерной модели, воспроизводящей структуру и процессы функционирования реальной системы, а также на проведении вычислительных экспериментов на этой модели [4], [1]. Сравнительный анализ ряда систем имитационного моделирования для решения производственных задачи технологической логистики приведен в [2]. Для упрощения работы аналитиков в системах имитационного моделирования используются различные инструменты анализа и оптимизации. Данная статья посвящена вопросам исследования эффективности применения встроенных инструментов системы имитационного моделирования PlantSimulation фирмы Siemens,

предназначенных для анализа и улучшения временных показателей логистических, технологических и бизнес процессов. Вопросы применения встроенного оптимизатора были рассмотрены авторами данной работы в работе [3]. Задачей данной статьи является исследование вопросов применения встроенных инструментов системы Plant Simulation: Bottleneck Analyzer (анализатор узких мест) и «GanttWizard» (построитель диаграмм Ганта) для совершенствования логистических, технологических и бизнес процессов металлургического производства.

### **Применение анализатора узких мест**

Процесс выявления узких мест является ключевым для анализа производительности процесса или системы, он позволяет найти проблемные места и выявить скрытые резервы. Для исследования инструмента «Анализатор узких мест» в качестве примера была использована экспериментальная модель обрабатывающего цеха металлургического завода.

#### **Постановка задачи**

В подразделениях завода изготавливаются 3 различные детали. На этапе производства деталей возникает бракованная продукция: исправимый и неисправимый брак. Неисправимый брак идет на переплавку, а исправимый проходит дополнительные операции обработки, такие как дуговая сварка (для деталей типа 1), очистка виброабразивная (для деталей типа 2 и 3), наплавка, зачистка и повторная термообработка. Заданы процентные соотношения для возникающего брака, количество работающего персонала и используемого оборудования. Необходимо:

- 1) смоделировать работу системы и определить, существуют ли «узкие места», связанные с простоями операций по изготовлению деталей в связи с высокой загруженностью персонала и/или оборудования и простоями операций по изготовлению деталей в связи с медленным продвижением потока деталей.
- 2) используя полученные результаты, предложить меры устранения простоев и перегрузки оборудования.

#### **Структура модели и результаты**

Структура модели с результатами анализа узких мест, полученных с помощью анализатора, представлена на рис. 1. Результаты анализа узких мест отражены на графиках, расположенных над элементами модели. Цвета колонок в графике определяют состояние объекта: зеленый цвет определяет загрузку объекта, серый – простой. Высота колонки определяет «соответственно» долю времени загрузки и время простоя.

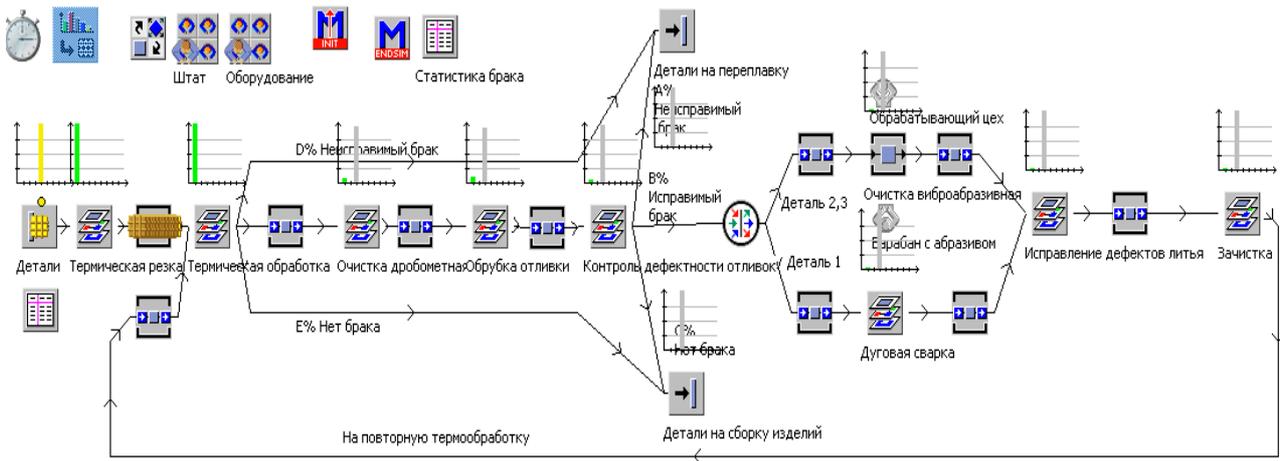


Рис. 1. Модель обрабатывающего цеха в PlantSimulation и результаты анализа узких мест

Как видно из диаграмм, операции термической резки и термической обработки постоянно загружены (диаграммы имеют только зеленую колонку работы). Наличие очереди перед операцией термическая обработка и больших простоев следующих операций в технологическом цикле (наличие большой серой колонки на диаграммах) свидетельствует о медленном продвижении потока. Для устранения узкого места целесообразно увеличение количества оборудования, используемого на данной операции.

Направленный перебор вариантов с анализом возникающих узких мест показал, что лучшие результаты достигаются при увеличении числа печей до 13 и увеличении на единицу числа инструментов, используемых для выполнения операции обрубки деталей. Результат введенных изменений представлен на рис. 2. Как видно из рисунка принятые меры улучшили ситуацию относительно первоначальной ситуации, но не исправили ее полностью. Таким образом, использование анализатора узких мест позволяет выявить наличие простоев и определить качество предложенных решений.

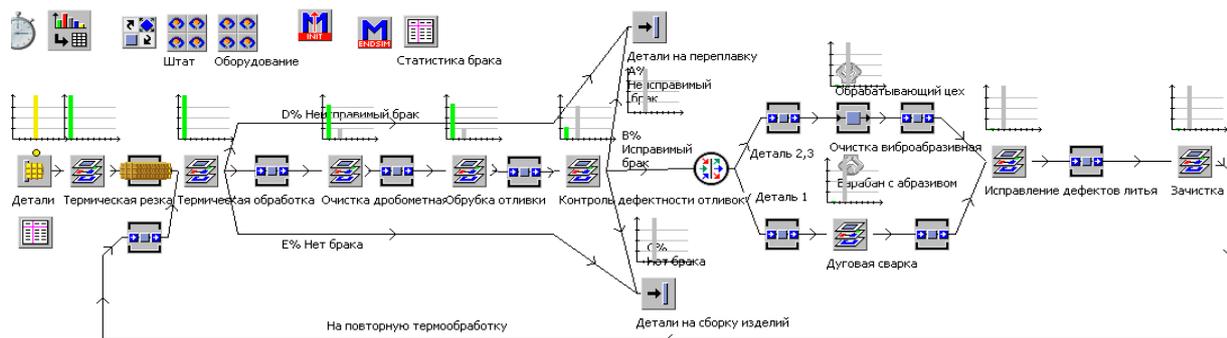


Рис. 2. Модель обрабатывающего цеха с 13-ю печами и 2-мя пневмомолотами в PlantSimulation и результаты анализа узких мест

### Применение диаграммы Ганта

Диаграмма Ганта является одним из методов планирования работ и представляет собой гистограмму, которую используют для иллюстрации плана. Для исследования

встроенного построителя диаграмм Ганта была разработана экспериментальная модель конвертерного цеха.

### **Постановка задачи**

Конверторный цех (КЦ) включает в себя следующие агрегаты: три конвертера (К), три установки доводки металла (УДМ), одну установку вакуумирования стали (УВС), пять машин непрерывного литья заготовок (МНЛЗ). Моделируемый процесс начинается с плавки стали в конвертерах. По окончании плавки, сталь из конвертера сливается в подготовленный стальной ковш, расположенный на сталевозе. Сталевоз по рельсам одного из выделенных путей (пути №1-№5 рис. 3) перевозит стальной ковш. Перестановку стального ковша с одного пути на другой осуществляет кран. Затем сталевоз перемещается к УДМ, где осуществляется внепечная обработка стали. Для определенного типа стали стальной ковш после обработки на УДМ подается на УВС, где осуществляется вакуумирование стали. После внепечной обработки (на УДМ и УВС) стальной ковш устанавливается краном на одну из пяти МНЛЗ (на поворотный стенд МНЛЗ), происходит разворот поворотного стенда МНЛЗ (в течение 2 мин) и осуществляется разливка содержащейся в стальном ковше стали по двум ручьям МНЛЗ, охлаждение ручьев и нарезка слябов. Во время разливки стали на МНЛЗ на поворотный стенд МНЛЗ до окончания текущей разливки необходимо установить новый стальной ковш с плавкой для обеспечения непрерывности процесса литья. По окончании разливки текущей плавки поворотный стенд разворачивается и начинается разливка новой плавки из установленного нового стального ковша. Пустой стальной ковш предыдущей плавки краном опускается на сталевоз, расположенный на одном из путей, предназначенных для возврата пустых стальных ковшей с МНЛЗ. Возврат осуществляется до места, где осуществляется подготовка стального ковша к очередной разливке стали из конвертера.

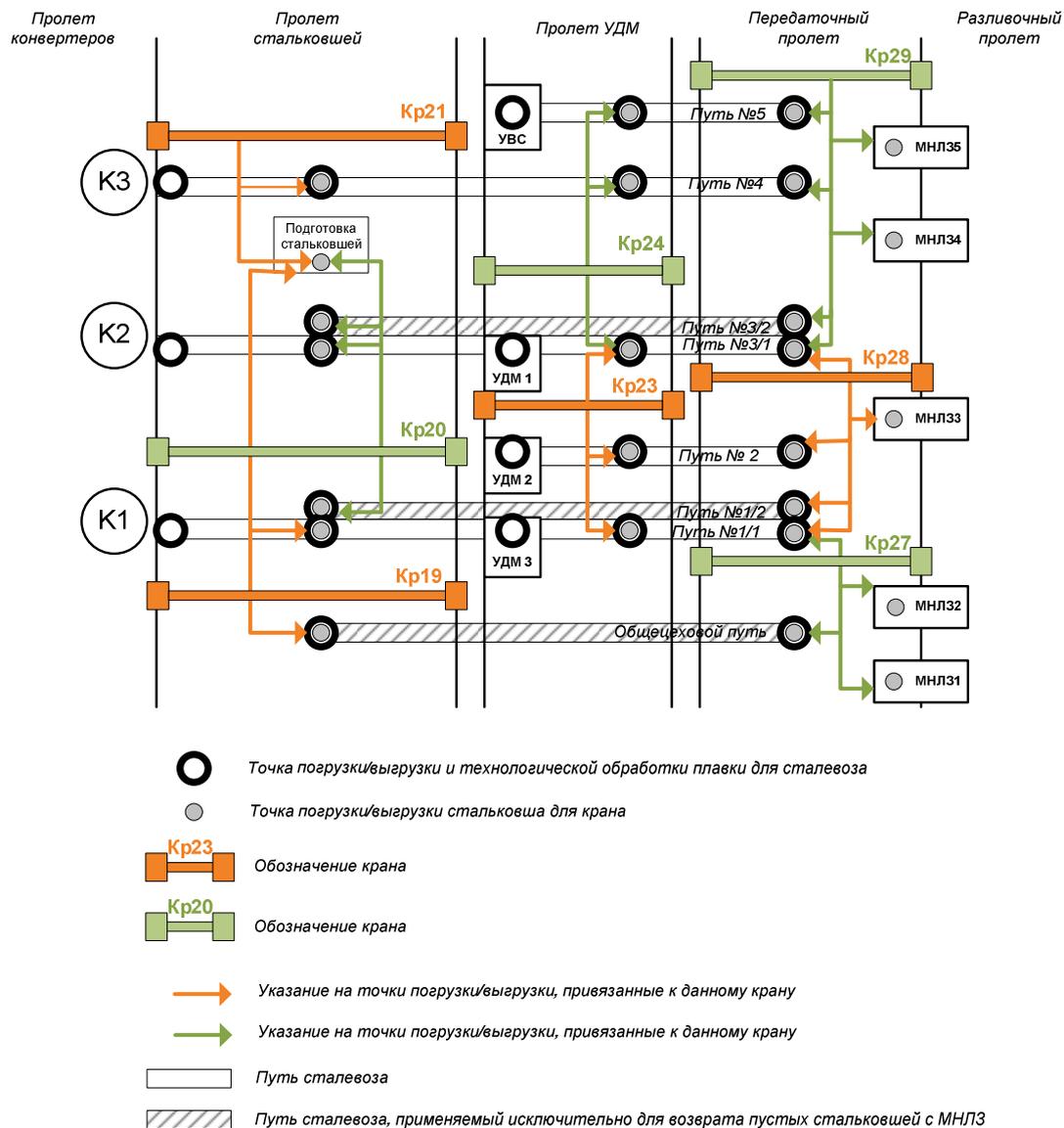


Рис. 3. Схема расположения агрегатов КЦ, путей сталевозов и кранов

Задана логика использования сталевозов и кранов, определяющая зону обслуживания кранов. КЦ делится на пять пролетов: пролет конвертеров, пролет стальнойшей, пролет УДМ, передаточный пролет и разливочный пролет. Краны КЦ относятся к отдельному пролету и передвигаются исключительно по нему. К пролету стальнойшей относятся краны Кр19, Кр20, Кр21 (путь №1/2, путь № 3/2, общецеховой путь), которые обслуживают конвертеры, к пролету УДМ относятся краны Кр23, Кр24 (путь № 1/2, путь № 2, путь № 3/2, путь № 4, путь № 5), которые обслуживают УДМ, к передаточному пролету относятся краны Кр27, Кр28, Кр29 (путь № 1/2, путь № 2, путь № 3/2, путь № 4, путь № 5), которые обслуживают МНЛЗ.

### Структура модели и результаты

Созданная модель конверторного цеха на базе инструментария PlantSimulation представлена на рис. 4.

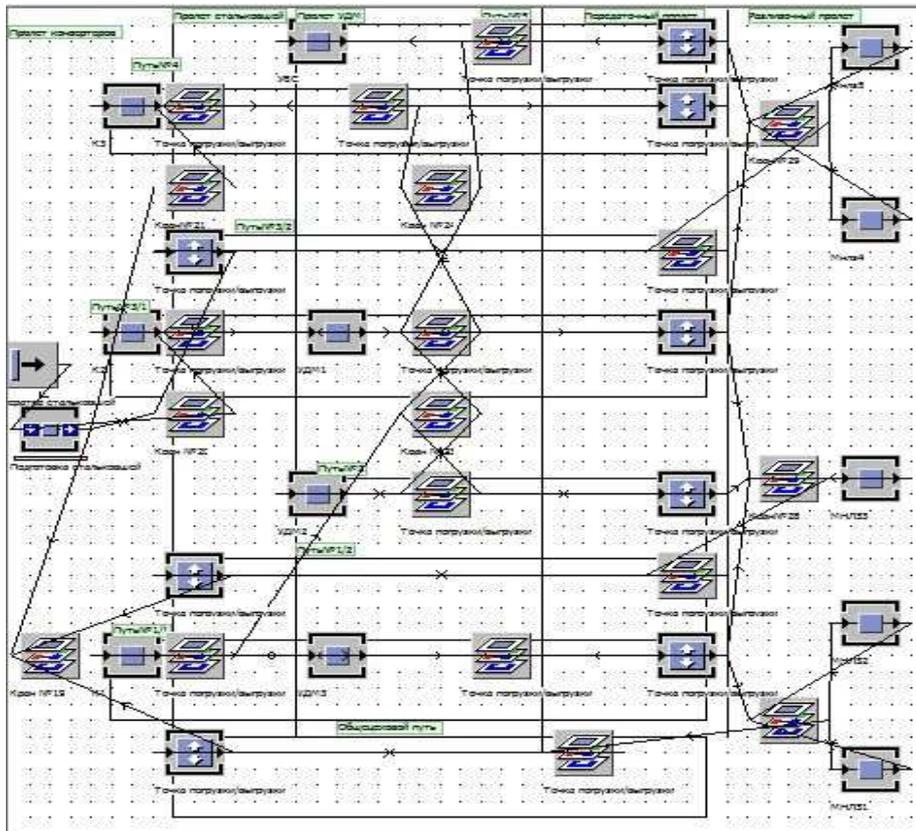


Рис. 4. Модель конверторного цеха в PlantSimulation

По результатам моделирования была построена диаграмма Ганта с использованием элемента «GanttWizard», который позволяет собирать статистику о времени работы тех элементов, работа которых анализируется.

На Диаграмме Ганта (рис. 5) отображены: SingleProc – УВС, SingleProc1 - УДМ2, SingleProc2 - К3, SingleProc3 - К2, SingleProc4 - К1, SingleProc5 - МНЛ35, SingleProc6 - МНЛ34, SingleProc7 - МНЛ33, SingleProc11 - УДМ1, SingleProc12 - УДМ3, SingleProc13 - МНЛ32, SingleProc14 - МНЛ31.

В левой части рисунка отображено состояние цеха согласно исходным данным, как видно из диаграммы SingleProc7(МНЛ33) чрезмерно загружен.

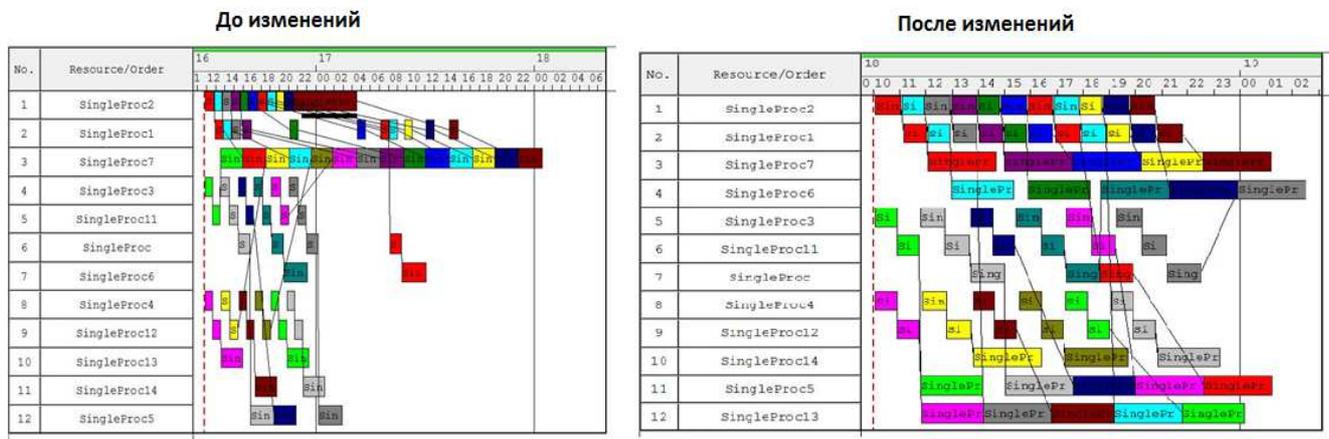


Рис. 5. Диаграммы Ганта, построенные по модели конверторного цеха

Для уменьшения перегрузки оборудования (МНЛЗ3) предложены изменения в логике перемещения Крана №28 по пути 2: кран передает стальной ковш не только на SingleProc7(МНЛЗ3), но и на SingleProc13(МНЛЗ2) и SingleProc6(МНЛЗ4).

Положительный эффект от предложенных мер отчетливо виден на диаграмме Ганта, расположенной в правой части рис.5. Так как нагрузка была равномерно распределена между МНЛЗ, то у МНЛЗ3 уменьшилась загруженность, а у МНЛЗ1, МНЛЗ2, МНЛЗ4 и МНЛЗ5 уменьшились простои.

Таким образом, использование диаграммы Ганта позволяет выявить наличие простоев и чрезмерную загруженность и определить качество предложенных решений.

## **Выводы**

Проведенные исследования показали высокую эффективность применения встроенных инструментов анализа и оптимизации PlantSimulation.«Bottleneck Analyzer» и «GanttWizard» наглядно и быстро идентифицируют проблемные места процесса, тем самым упрощая работу аналитика. К недостаткам использования PlantSimulation нужно отнести значительный объем программирования при разработке моделей и, следовательно, необходимость привлечения квалифицированных программистов, а также, невозможность построения полностью русифицированного интерфейса модели для аналитика.

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

## **Список литературы**

1. 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](http://www.science-education.ru/113-11342) (дата обращения: 20.10.2014).
2. Журавлев С.С. Краткий обзор методов и средств имитационного моделирования производственных систем // СО РАН, Новосибирск. Россия, 2010. URL: <http://www.problem-info.sccc.ru/2009-3/06.pdf> (дата обращения 03.06.14).
3. Клебанов Б.И., Аксенов К.А., Антонова А.С., Пантелеева Ю.С., Крымов Е.А. Применение системы PlantSimulation для моделирования и оптимизации логистических процессов // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 5; URL: [www.science-education.ru/119-15234](http://www.science-education.ru/119-15234) (дата обращения: 20.12.2014).
4. 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).

5. Обзор продукта PlantSimulation. URL:  
[http://www.plm.automation.siemens.com/ru\\_ru/products/tecnomatix/plant\\_design/plant\\_simulation.shtml](http://www.plm.automation.siemens.com/ru_ru/products/tecnomatix/plant_design/plant_simulation.shtml) (дата обращения 14.06.14).

**Рецензенты:**

Поршнеv С.В., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой Автоматики и информационных технологий, ФГАОУ ВПО “Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина”, г. Екатеринбург;

Доросинский Л.Г., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой Информационных технологий, ФГАОУ ВПО “Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина”, г. Екатеринбург.