

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ PLANT SIMULATION ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Клебанов Б.И., Аксенов К.А., Антонова А.С., Пантелеева Ю.С., Крымов Е.А.

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 применения системы имитационного моделирования Plant Simulation фирмы Siemens для повышения эффективности логистических процессов на основе встроенного оптимизатора, использующего механизм генетических алгоритмов. Поставлена и решена задача разработки экспериментальной имитационной модели, включающей технологические, логистические процессы и организационные (бизнес-процессы, процессы управления персоналом). С помощью разработанной имитационной модели и оптимизатора найдены оптимальные решения по длине подаваемого на погрузку железнодорожного состава и интервалу подачи объектов продукции на обработку в условия заданных критериев оптимальности: минимизации среднего и максимального времени простоя вагонов. В обоих случаях получено существенное улучшение показателей качества процессов по сравнению с первоначальными значениями.

Ключевые слова: оптимизация процессов, логистика, имитационное моделирование, Plant Simulation.

USE OF PLANT SIMULATION FOR SIMULATION MODELING AND OPTIMIZATION LOGISTIC PROCESSES

Klebanov B.I., Aksyonov K.A., Antonova A.S., Panteleeva Y.S., Krymov Z.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 the simulation system Plant Simulation from Siemens to improve the efficiency of logistics processes based on the built-in optimizer that uses genetic algorithms. The problem, which has been posed and solved, is to develop a pilot simulation model, which includes the technological, logistic and business process (HR processes). With the using of the developed simulation model and optimizer has been found the best solutions for the length of the applied train for loading and feeding interval of vans in terms of the given optimality criteria: minimization of the mean and maximum van downtime. In both cases, has been obtained a significant improvement in the quality of the processes in comparison with the original values.

Keywords: process optimization, logistics, simulation, Plant Simulation.

Известно, что имитационное моделирование (ИМ) – это 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]. Особенно эффективно данный метод может быть применен на крупных производствах, например, металлургических комбинатах, где для обеспечения сбалансированного развития предприятия необходимо своевременно выявлять и ликвидировать логистические проблемы, прогнозировать их появление и оптимизировать процессы производства. Практика показывает, что оптимизация логистических процессов позволяет существенно сократить издержки на всех стадиях производственного цикла [6].

В Уральском федеральном университете (г. Екатеринбург, РФ) ведутся работы по исследованию эффективности различных инструментов имитационного моделирования [7-9] для прогнозирования показателей логистических процессов металлургического производства

и их оптимизации [1-2]. В данной работе рассмотрен пример решения задачи оптимизации перевозок с помощью инструмента Plant Simulation фирмы Siemens [5].

В качестве средства получения эффективных решений используется встроенный в Plant Simulation оптимизатор, который работает на основе генетических алгоритмов [3].

Постановка задачи

Для анализа возможностей системы Plant Simulation в части моделирования и оптимизации логистических процессов была разработана экспериментальная имитационная модель обработки и транспортировки продукции металлургического предприятия.

Процесс выпуска металлургической продукции конвертерного и прокатного производства (ВМПКПП) представлен на рис. 1. Процесс ВМПКПП включает три подпроцесса: 1) технологический процесс обработки единиц продукции (ЕП); 2) логистический процесс погрузки ЕП в вагоны; 3) организационный процесс загрузки персонала при выполнении погрузки. Для каждой операции указано среднее время выполнения (вверху прямоугольника, в часах: минутах) и количество одновременно обслуживаемых объектов (внизу прямоугольника). В качестве параметра блока «Генерация объектов» указано количество объектов, поступающих в систему через заданный временной интервал. Объекты генерируются трех типов: *A* (с вероятностью 15 %), *B* (с вероятностью 10 %) и *C* (с вероятностью 75 %). В модели требуется описать следующие роли: Крановщик и Стропальщик, которые следует связать с операцией «Погрузка ЕП в вагон». К соответствующим операциям необходимо задать используемые средства: агрегаты, кран, железнодорожный состав. В модели необходимо отразить работу «Технолога» (этапы А1-А7). Целью технолога является выполнение следующих задач: 1) направление различных типов заявок по различным маршрутам для определенных операций; 2) контроль параметров ЕП после выполнения определенных операций и направление ЕП с неудовлетворительными показателями на повторную обработку.

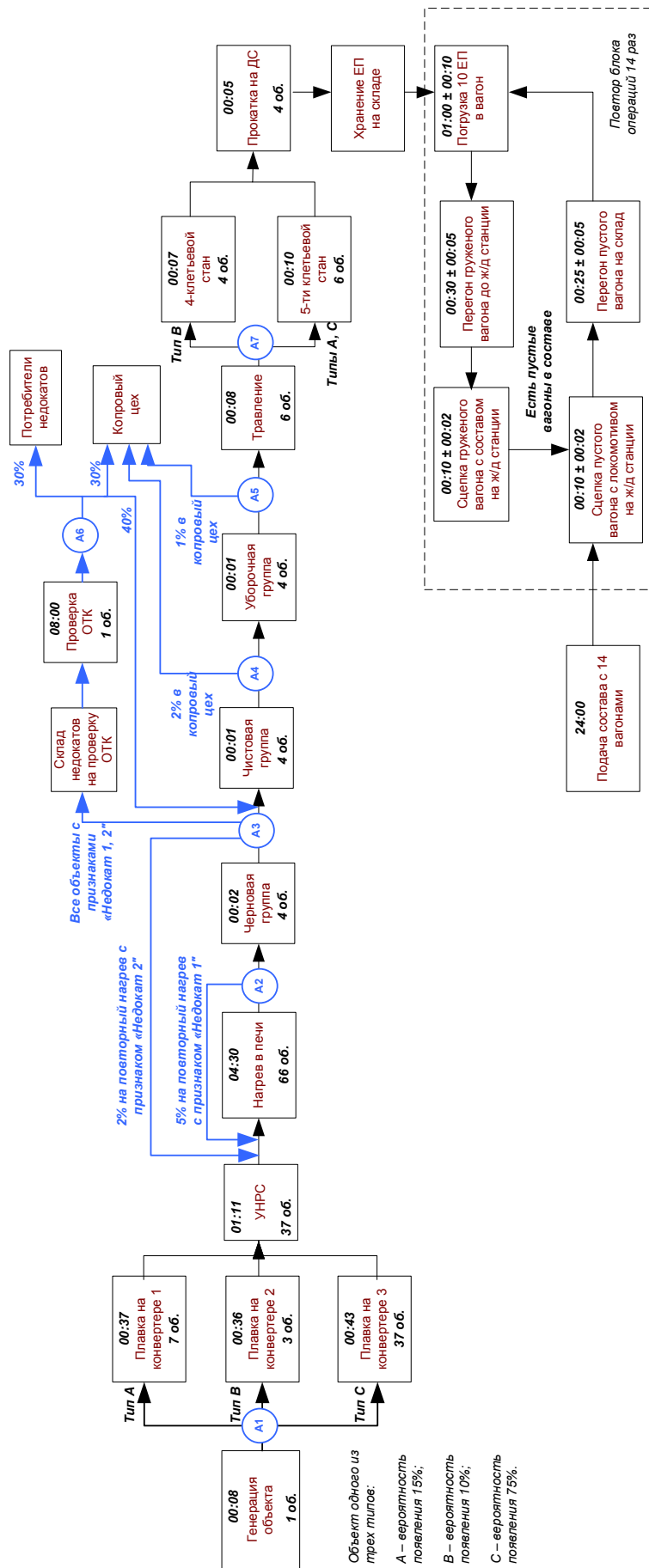


Рис. 1. Структура модели ВМКПП

Необходимо найти лучшее соотношение количества вагонов состава и интенсивности генерации объектов при: минимизации Среднего времени простоя поданных вагонов и минимизации Максимального времени простоя поданных вагонов. Количество вагонов может изменяться от 4 до 20, а время генерации продукции от 1 минуты до 15 минут с шагом 1 мин.

Структура модели

Экспериментальная модель на базе инструментария Plant Simulation представлена на рис. 2. Верхняя часть модели описывает технологический процесс обработки единиц продукции, который построен с использованием стандартных элементов библиотеки Buffer (буфер) и Parallel Proc (параллельная обработка нескольких объектов), объединенных в новые объекты. Модель построена по иерархическому принципу. Технологический процесс состоит из следующих этапов: плавка на конвертере, обработка на устройстве непрерывной разливки стали (УНРС), нагрев в печи, проверка качества, прокатка.

Логистический процесс погрузки ЕП в вагоны, выделенный на рисунке 2 прямоугольником, реализован с помощью объектов SingleProc (одиночная операция).

Организационный процесс загрузки персонала при выполнении погрузки реализован с помощью объектов Worker (Рабочий), WorkPool (Комната сотрудников), Broker (Распределитель работников по рабочим местам).

При заданных начальных условиях с помощью модели получены следующие оценки среднего (AverageWaitingTime) и максимального (WaitingTime) времени простоя вагонов, поданных под погрузку продукции:

AverageWaitingTime = 4 часа 19 минут,

WaitingTime = 7 дней 14 часов 18 минут.

Оптимизация логистического процесса

Первый критерий оптимальности: минимизация среднего времени простоя поданных вагонов.

Математическая модель:

$$\text{AveregeWaitingTime} \rightarrow \min,$$

$$4 \leq \text{Sostav2} \leq 20,$$

$$1 \leq \text{TimeGen} \leq 15,$$

где Sostav2 – количество вагонов в составе (таблица, которую использует генератор продукции),

TimeGen – интенсивность поступление единиц продукции в систему (свойство генератора продукции).

$\text{AveregeWaitingTime}$ – среднее времени простоя поданных вагонов (свойство W_Mean у объекта контейнер, имитирующего вагон).

Данные математической модели являются исходными данными для оптимизатора и заносятся в соответствующие таблицы `GAWizard.Fitness` и `GAWizard.ProblemDefinition`.

В результате применения встроенного алгоритма оптимизации, основанного на генетических алгоритмах, при генерации 1000 входных объектов (единиц продукции) получено следующее оптимальное решение:

$$\text{AveregeWaitingTime} = 1 \text{ час } 49 \text{ минут},$$

$$\text{Sostav2} = 4 \text{ вагона},$$

$$\text{TimeGen} = 4 \text{ минуты}.$$

При этом время, затраченное на оптимизацию, составило 1.38 секунды. Как видно, в результате оптимизации среднее время простоя вагонов уменьшилось более чем в 2 раза.

Второй критерий оптимальности: минимизация максимального времени простоя поданных вагонов.

Математическая модель:

$$\text{WaitingTime} \rightarrow \min,$$

$$4 \leq \text{Sostav2} \leq 20,$$

$$1 \leq \text{TimeGen} \leq 15,$$

где WaitingTime – максимальное время простоя поданных вагонов (свойство W_Max у объекта контейнер, имитирующего вагон).

В результате применения встроенного алгоритма оптимизации получено следующее оптимальное решение при генерации 1000 входных объектов:

$$\text{WaitingTime} = 8 \text{ часов } 26 \text{ минут } 49 \text{ секунд},$$

$$\text{Sostav2} = 5 \text{ вагонов},$$

$TimeGen = 1$ минута.

Время, затраченное на оптимизацию, составило 0.8 секунды.

Выводы

Проведенные исследования показали высокую эффективность работы оптимизатора при решении рассмотренных логистических задач. В результате экспериментов были найдены оптимальные значения искомым показателей: лучшего соотношения количества вагонов состава и интенсивности генерации объектов при минимизации среднего времени простоя поданных вагонов и при минимизации максимального времени простоя поданных вагонов, что позволит предприятию сократить издержки, затраченные на логистику. Первый критерий может быть использован, если потери предприятия за счет простоев линейно зависят от их длительности, а второй – когда потери нелинейно зависят от времени простоя вагонов, например, резко возрастают, начиная с определенного уровня.

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. Аксенов К.А., Антонова А.С., Киселева М.В. Моделирование процесса выпуска металлургической продукции в системах AnyLogic и VPSim.MAS // Материалы шестой Всероссийской научн.-практ. конф. «Имитационное моделирование. Теория и практика» (ИММОД 2013): сборник докладов. Казань: Академия наук РТ, 2013. Т.2. С.13-18.
2. 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: <http://www.science-education.ru/113-11342> (дата обращения 13.10.14).
3. Васильев Ф.П. Численные методы решения экстремальных задач. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. – 552 с.
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 Plant Simulation. URL: http://www.plm.automation.siemens.com/ru_ru/products/tecnomatix/plant_design/plant_simulation.shtml (дата обращения 14.06.14).

6. Портнов А. С. Проблемы логистики на металлургическом предприятии. URL: http://www.adandzo.com/upload/information_system_23/1/5/4/item_154/information_items_property_168.pdf (дата обращения 02.06.14).
7. Aksyonov K.A., Bykov E.A., Aksyonova O.P., Antonova A.S., Development of real-time simulation models: integration with enterprise information systems, Proceedings of ICCGI 2014: The Ninth International Multi-Conference on Computing in the Global Information Technology, 22-26 June 2014, Sevilla, pp. 45-50.
8. Aksyonov K., Bykov E., Aksyonova O., Nevolina A., Solving the Problem of Efficient Gas Delivery with Aid of Decision Support System BPsim.DSS based on Simulation Modeling, Proceedings of the 2014 SCS Summer Simulation Multi-Conference (SummerSim'14), July 6 - 10, 2014, Monterey, CA, USA, pp. 107-111.
9. Aksyonov K.A., Bykov E.A., Wang Kai, Aksyonova O.P. Application of simulation-based decision support systems to optimization of construction corporation processes // Proceedings of the 2012 Winter Simulation Conference (WSC 2012) December 9-12, Berlin, Germany. URL: <http://informs-sim.org/wsc12papers/includes/files/pos172.pdf> (дата обращения: 12.02.2013).

Рецензенты:

Поршнеv С.В., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой радиоэлектроники 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 теоретических основ радиотехники, ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург.