

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Ростунцева А.Г.¹, Антонова А.С.¹, Аксенов К.А.¹, Ростунцев С.Д.¹, Аксенова О.П.¹

¹ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина», Екатеринбург, Россия (620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19), e-mail: bpsim.dss@gmail.com

В статье рассматриваются вопросы оптимизации организационных процессов по реализации мер, направленных на совершенствование металлургического производства и повышение качества производимой продукции. Организационные процессы совершенствования производства связаны с разрешением и дальнейшим недопущением технологических, логистических и организационных инцидентов. Разработаны имитационные модели процесса реализации принятых мер по недопущению инцидентов с использованием системы имитационного моделирования RDO-studio и подсистемы моделирования автоматизированной системы выпуска металлургической продукции. Имитационное моделирование применяется для оптимизации численности персонала, задействованного в разрешении инцидентов, при условии снижения затрат на простой сотрудников отделов. В результате проведения экспериментов с моделями было найдено эффективное решение, позволяющее снизить затраты на простой сотрудников отделов и повысить процент закрытых инцидентов. Сделаны выводы об удобстве применения исследуемых инструментов моделирования в ходе оптимизации организационных процессов.

Ключевые слова: имитационное моделирование, металлургическое производство, организационные процессы совершенствования производства, система моделирования RDO-studio; автоматизированная информационная система.

MODELING OF THE ORGANIZATIONAL PROCESSES OF METALLURGICAL PRODUCTION DEVELOPMENT

Rostuntceva A.G.¹, Antonova A.S.¹, Aksyonov K.A.¹, Rostuntcev S.D.¹, Aksyonova O.P.¹

¹Ural Federal University n.a. the first president of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia (620002, Yekaterinburg, street Mira, 19), e-mail: bpsim.dss@gmail.com

This article discusses how to optimize the organizational processes for the implementation of measures aimed at development the metallurgical production and improving the product quality. The organizational processes of production development are related to the finding of incidents causes and prevention the further emergence of the technological, logistical, and organizational incidents. Simulation models of the process of implementation of the measures taken to prevent incidents have been developed using simulation system RDO-studio and modeling subsystem of the metallurgical enterprise information system. Simulation modeling is used to optimize the number of personnel involved in the work with incidents in order to reduce the cost of the employee downtime. As a result of experiments with models the effective solution has been found. This solution allows reducing the cost of the employee downtime and increasing the percentage of the closed incidents. The conclusions about the usability of the modeling tools in the optimization of organizational processes have been made.

Keywords: simulation; metallurgical production; organizational processes of the production development; simulation system RDO-studio; automated information system.

Имитационное моделирование представляет собой мощный инструмент исследования поведения реальных систем, поскольку построение имитационной модели дает возможность учесть различные аспекты функционирования моделируемого объекта. Разработка имитационных моделей особенно актуальна в процессе принятия управленческих решений на крупномасштабных предприятиях, в частности на предприятиях металлургического профиля. Имитационное моделирование является средством, позволяющим без больших капитальных затрат решать организационные вопросы функционирования различных цехов предприятия. Основным требованием, предъявляемым к среде имитационного

моделирования при анализе крупномасштабного производства, является следующее: имитационная модель должна отражать большое число параметров, а также логику и закономерности поведения моделируемого объекта во времени и в пространстве.

Рассмотрим разработку модели организационных процессов по реализации мер, направленных на совершенствование металлургического производства и повышение качества производимой продукции. Имитационная модель организационных процессов по реализации мер была разработана в среде имитационного моделирования (СИМ) RDO-studio [4; 5] и модуле создания моделей процессов (СМП) автоматизированной системы выпуска металлургической продукции (АС ВМП) [1-3; 6; 9].

Постановка задачи моделирования

Процессы совершенствования металлургического производства и повышения качества производимой продукции включают в себя следующие группы процессов: процессы выявления инцидентов (технологических – ТИ, логистических – ЛИ или организационных – ОИ), процессы поиска причин инцидентов и мер по недопущению инцидентов, а также процессы реализации мер по недопущению инцидентов. Рассмотрим последнюю группу процессов совершенствования производства.

Целью оптимизации процессов реализации мер по недопущению инцидентов является выделение оптимального количества человек в отделах, при котором процент закрытых инцидентов на момент окончания моделирования будет максимальным, а стоимость оплаты суммарного простоя сотрудников отделов предприятия будет минимальной. В рамках исследования выделяются следующие отделы: отдел технологов; отдел специалистов по логистике, отдел разрешения организационных инцидентов и комитет по изменениям.

При моделировании работы отделов необходимо учитывать порядок выполнения операций по реализации мер и их продолжительности, а также наличие соответствующих возобновляемых ресурсов. В данной задаче возобновляемыми ресурсами являются люди.

Процесс реализации мер состоит из восьми этапов. На первом этапе происходит распределение инцидентов по отделам при участии комитета по изменениям. Со второго по четвертый этап разрешаются различные типы инцидентов в соответствующих отделах. При этом технологические и логистические инциденты с превышенным сроком разрешения порождают организационные инциденты, для которых устанавливаются причины и осуществляется поиск мер с пятого по седьмой этап. На восьмом этапе реализованные меры по всем типам инцидентов принимаются комитетом по изменениям и инциденты закрываются.

Разработка и применение имитационной модели реализации мер в RDO-studio

Модель реализации мер по недопущению инцидентов на металлургическом производстве была разработана в среде RDO-Studio v1.0. Среда RDO-Studio относится к дискретной событийноориентированной и действиеориентированной системе имитационного моделирования [4]. При решении поставленной задачи был применен событийноориентированный способ представления модельного времени. Среда RDO-studio предназначена для разработки и отладки имитационных моделей на языке РДО [5]. Все логические блоки в среде разделены на отдельные вкладки – описатели кода.

Любое имитационное моделирование начинается с выявления и описания потенциальных объектов моделирования. Объект в языке РДО представляется как модель существенных сторон предметной области и идентифицируется в соответствии с анализируемой проблемой или задачей. Моделируемый объект задается набором свойств, каждому из которых назначаются свои переменные [4]. В модели реализации мер объектами являются типы ресурсов, а наборами свойств объектов – ресурсы, для которых задаются переменные. Типы ресурсов в языке РДО могут быть двух видов: переменные и постоянные. Пример описания типов ресурсов на языке РДО приведен на рис. 1.

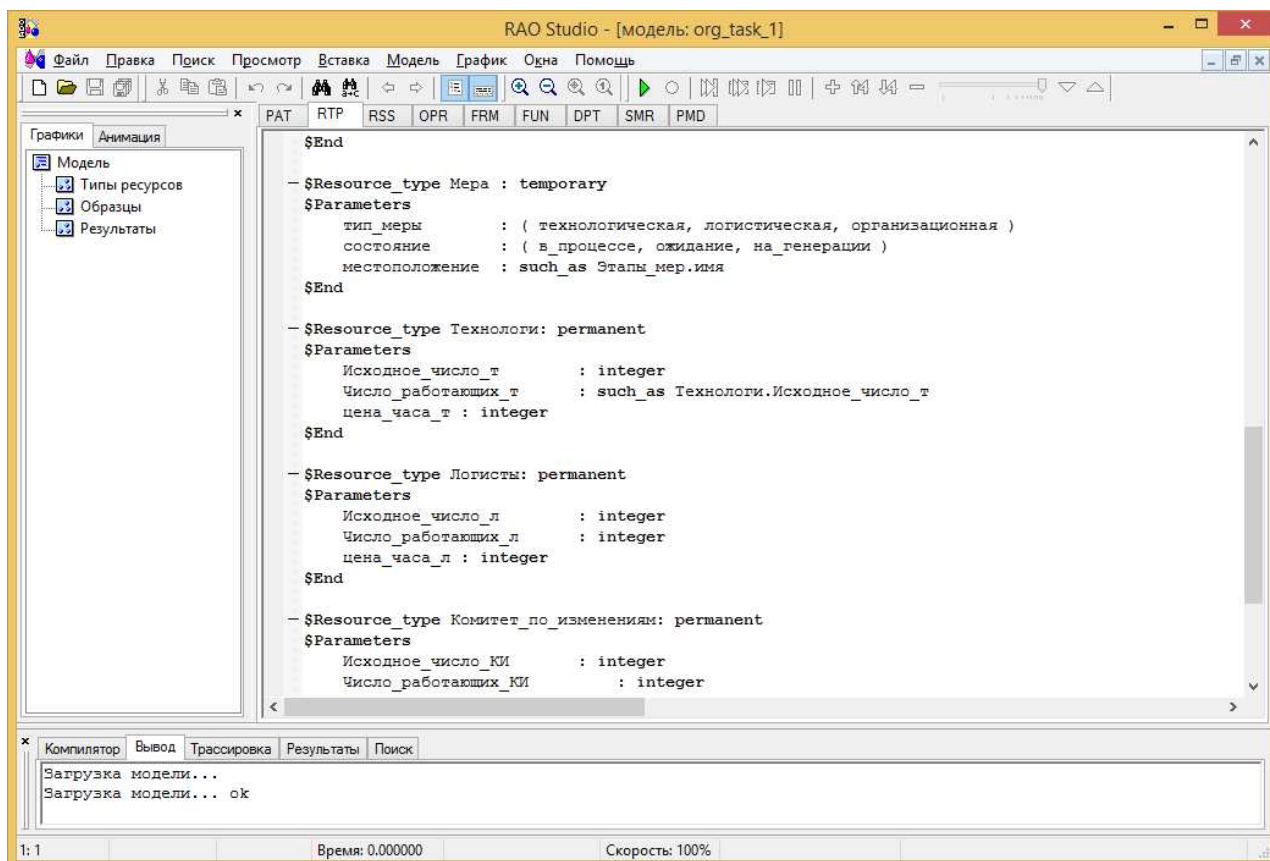


Рис. 1. Описание в среде RDO-studio типов ресурсов на языке РДО.

При разработке модели процесса реализации мер были использованы 4 постоянных и 1 временный типы ресурсов: экземпляр типа ресурса «Этапы_мер» описывает каждый из 8 этапов процесса реализации мер; экземпляр типа ресурса «Технологи» описывает работу

одного специалиста-технолога; экземпляр типа ресурса «Логисты» описывает работу одного специалиста-логиста; экземпляр типа ресурса «Комитет_по_изменениям» описывает работу одного специалиста комитета по изменениям; экземпляр типа ресурса «Специалисты_ОИ» описывает работу одного специалиста по разрешению организационных инцидентов; временный тип ресурса «Мера» описывает поток мер.

Данные типы ресурсов были выбраны исходя из следующих соображений. В RDO-studio проверка модели осуществляется либо с помощью функции «трассировка», либо с помощью вывода данных, менее ограниченного для постоянного типа ресурсов. Для постоянных типов ресурсов существенными являются параметры, идентифицирующие их по работоспособности и налаженности на выполнение определенных действий. Для временных типов ресурсов существенными является параметры, описывающие местоположение, частоту появления и степень изменения ресурса.

Знания о функционировании моделируемой системы (знания о предметной области) в языке РДО описываются в виде модифицированных продукционных правил в соответствии с синтаксисом языка и представлены в «Образцах» среды RDO-studio, которые находятся во вкладке «Pat» - «Pattern». На основании одного образца в системе может быть заведено несколько событий, но самостоятельного значения образцы не имеют. Имитатор в процессе моделирования обрабатывает события, которые описываются отдельно во вкладке «OPR» - «Operations».

Синтаксис РДО-языка обеспечивает универсальность описания различных процессов и событий на подуровнях этапов, однако данное обстоятельство приводит к отсутствию компактности отображения информации и возрастанию сложности модели с возрастанием числа ее элементов. Исходя из вышесказанного следует, что среда RDO-studio является сложной, с большим числом действий; в среде часто возникает необходимость в выполнении одного и того же действия различными ресурсами, и это существенно увеличивает размерность задачи. Достоинствами среды являются строго определенные синтаксические правила, позволяющие избегать синтаксических ошибок при написании кода на языке РДО.

Оптимизация исследуемых организационных процессов в среде RDO-studio осуществлялась за счет выбора количества участников пользователем при проведении экспериментов с разработанной имитационной моделью. По завершении прогона имитационной модели на выходе формировались данные по оплате всего рабочего времени сотрудников, отдельно по оплате простоя сотрудников и по количеству закрытых инцидентов в каждом из отделов. Была проведена серия экспериментов по оптимизации целевой функции расходов на выплату заработной платы сотрудникам различных отделов. В ходе экспериментов было выявлено оптимальное решение при заданных ограничениях,

представленное на рис. 2. Оптимальным является эксперимент с участием в реализации мер по недопущению инцидентов 4 технологов, 5 логистов, 2 человек из комитета по изменениям и 2 специалистов по решению организационных инцидентов.

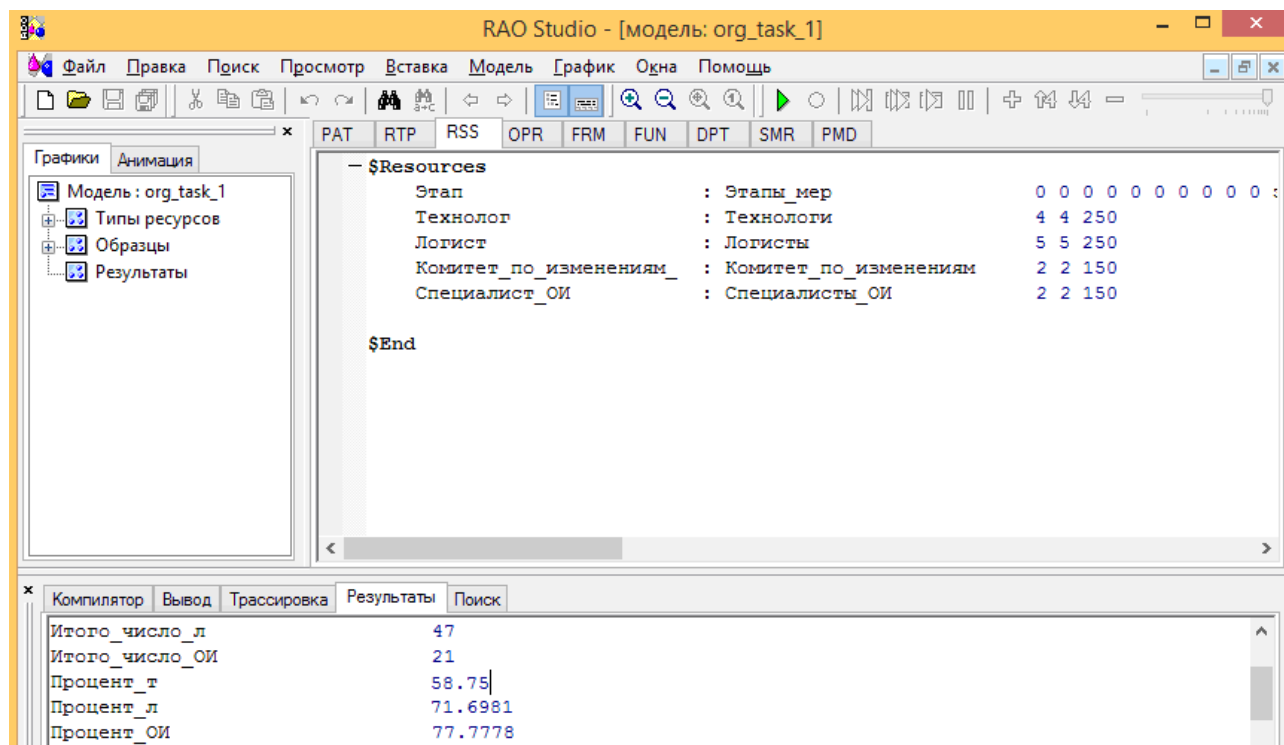


Рис. 2. Вывод выходных данных эксперимента с оптимальным решением в RDO-studio.

Разработка и применение имитационной модели реализации мер в АС ВМП

На рис. 3 представлена структура модели реализации принятых мер в модуле СМП АС ВМП. Модель реализована на ресурсах, представляющих собой очереди на выполнение соответствующих операций, а также операциях и агентах мультиагентного процесса преобразования ресурсов [7; 8].

При описании процессов реализации принятых мер по недопущению инцидентов применялась декомпозиция узлов модели. Для распределения операций реализации мер по отделам-исполнителям и определения вероятности превышения расчетного времени исполнения мер над фактическим временем исполнения был применен агент «Распределение по исполнителям». Исполнение мер по недопущению ТИ и ЛИ описано с декомпозицией на два процесса: исполнение мер с нормальным временем выполнения и исполнение мер с превышенным временем выполнения. Для выполнения данных процессов в агенте распределения по исполнителям формируются разные очереди мер на исполнение.

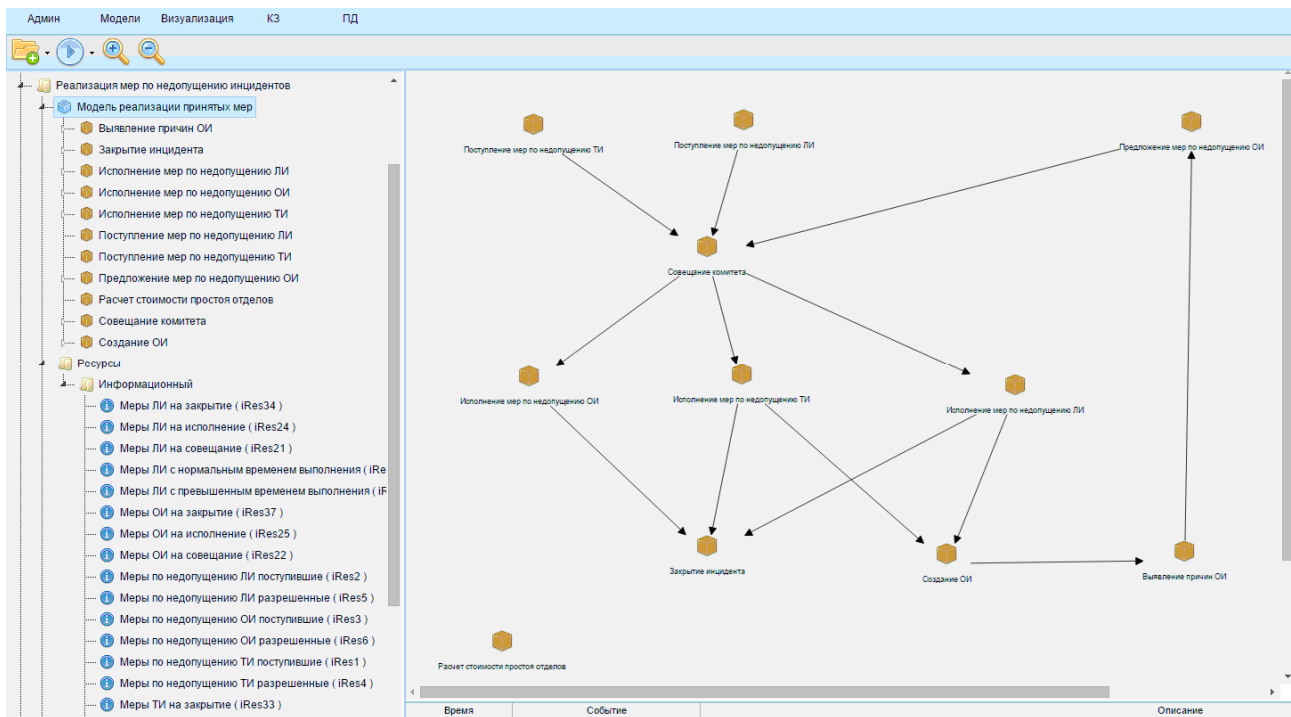


Рис. 3. Структура модели реализации принятых мер в модуле СМП АС ВМП.

Процессы, в выполнении которых участвуют несколько исполнителей одного отдела, описываются при помощи декомпозиции и имеют на нижнем уровне декомпозиции количество операций, равное числу сотрудников отдела.

С разработанной моделью реализации принятых мер в модуле оптимизации процессов предприятия (ОПП) АС ВМП были проведены эксперименты по установлению наилучшего количественного состава отделов предприятия с точки зрения минимизации суммарной оплаты простоя сотрудников. Управляемые параметры экспериментов менялись следующим образом: комитет по изменениям – от 1 до 2 человек, отдел логистов – от 4 до 5 человек, отдел технологов – от 4 до 5 человек, отдел разрешения ОИ – от 2 до 3 человек.

В результате проведения серии экспериментов был выбран эксперимент (рис. 4) с лучшим результатом, для которого сумма оплаты простоя сотрудников четырех отделов за 2 месяца составила на 11% меньше стоимости простоя для базового эксперимента. Для данного эксперимента был получен следующий процент закрытых инцидентов по типам инцидентов (рис. 4): ТИ – 48,76%, ЛИ – 97,95%, ОИ – 100%.

Найденный эксперимент с лучшим результатом характеризуется следующими значениями управляемых параметров: 4 технолога, 5 логистов, 2 человека из комитета по изменениям и 2 специалиста по решению организационных инцидентов.

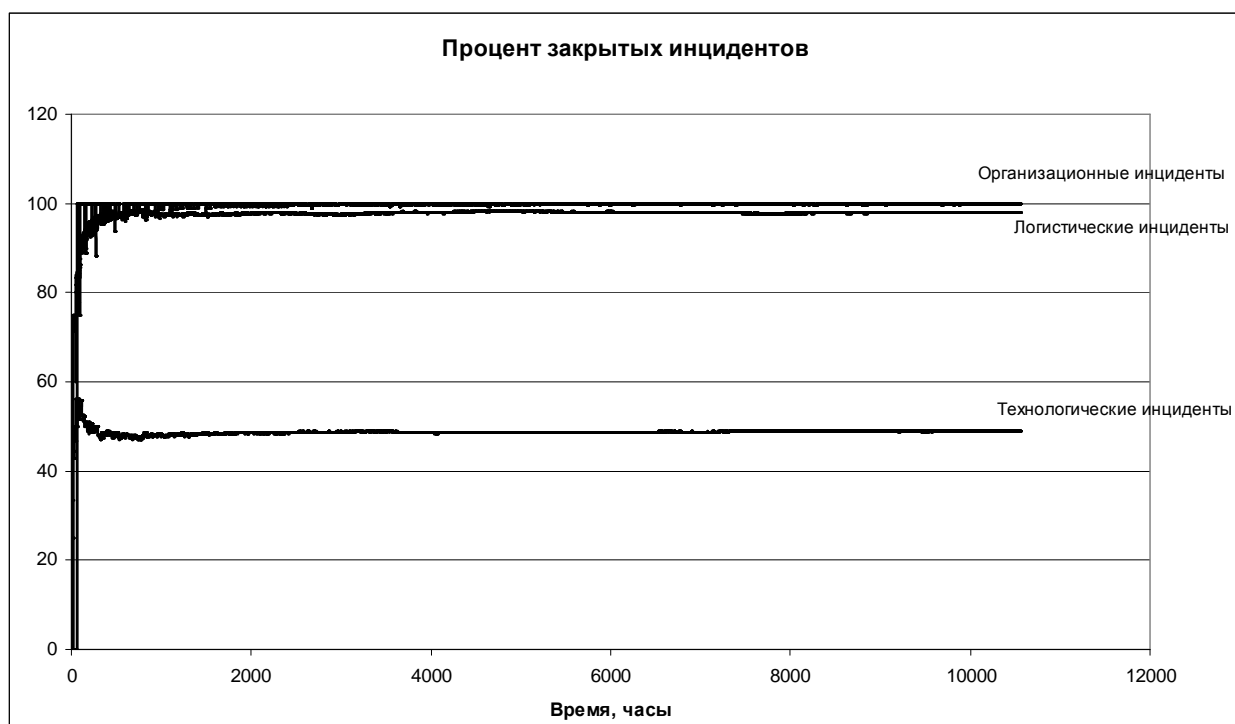


Рис. 4. Процент закрытых инцидентов для эксперимента с лучшим результатом в АС ВМП.

Заключение

В ходе оптимизации организационных процессов реализации мер по совершенствованию металлургического производства были разработаны имитационные модели реализации принятых мер в СИМ RDO-studio и подсистеме моделирования АС ВМП.

Средства анализа результатов эксперимента с моделью процессов предприятия в СИМ RDO-studio представлены логом выполнения модели в текстовом формате. Анализ лога не позволяет пользователю оценить динамику изменения значений параметров модели в течение времени моделирования, выделить пиковые загрузки ресурсов и средств, а также моменты времени, связанные с наличием максимальных очередей заявок на обработку. Средства анализа результатов эксперимента с моделью процессов предприятия в модуле ОПП представлены детальным отчетом по результатам проведения эксперимента с моделью в формате *xlsx*, содержащим значения параметров модели на каждом шаге модельного времени. Данный отчет предоставляет пользователю исходные данные для построения пользовательских графиков и диаграмм.

Результаты проведения экспериментов с разработанными моделями в RDO-studio и модуле ОПП АС ВМП согласуются между собой и позволяют сделать следующий вывод об исследуемых процессах. Оптимальным количеством сотрудников, реализующих меры по недопущению инцидентов на металлургическом производстве, являются 4 технолога, 5 логистов, 2 человека из комитета по изменениям и 2 специалиста по решению организационных инцидентов.

Список литературы

1. Аксенов К.А., Антонова А.С., Спицина И.А., Сысолетин Е.Г., Аксенова О.П. Разработка автоматизированной системы анализа, моделирования и принятия решений для металлургического предприятия на основе мультиагентного подхода // Автоматизация в промышленности. – 2014. – № 7. – С. 49-53.
2. Бородин А.М., Мирвода С.Г., Поршневу С.В. Анализ современных средств прототипирования языков программирования // Программная инженерия. – 2014. – № 12. – С. 3-10.
3. Бородин А.М., Мирвода С.Г., Поршневу С.В. Особенности тестирования устойчивости к сбоям корпоративных информационных систем методом генерирования отказов // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 5. – URL: www.science-education.ru/119-14997 (дата обращения: 20.02.2015).
4. Емельянов В.В., Ясиновский С.И. Введение в интеллектуальное имитационное моделирование сложных дискретных систем и процессов. Язык РДО. – М. : Анвик, 1998. - 427 с.
5. Описание языка РДО [Электронный ресурс]. - URL: <http://rdo.rk9.bmstu.ru/help/> (дата обращения: 25.03.2015).
6. 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. - P. 45-50.
7. Aksyonov K.A., Bykov E.A., Smoliy E.F., Aksyonova O.P., Wang Kai Planning and bottleneck analysis of construction enterprise project portfolio // 7th IFAC Conference on Manufacturing Modelling, Management, and Control, MIM 2013; Saint Petersburg; Russian Federation; 19-21 June 2013. - P. 659-663.
8. Aksyonov K.A., Bykov E.A., Smoliy E.F., Khrenov A.A. Industrial Enterprises Business Processes Simulation with BPsim.MAS // Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference (WSC 2008), December 07-10, 2008, Miami, USA. - P. 1669- 1677.
9. Aksyonov K.A., Spitsina I.A., Sysoletin E.G., Aksyonova O.P., Smoliy E.F. Multi-agent approach for the metallurgical enterprise information system development // 24th Int. Crimean Conference “Microwave & Telecommunication Technology” (CriMiCo’2014), 7—13 September 2014, Sevastopol, vol. 1. - P. 437-438.

Рецензенты:

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;

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