

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА, МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ МУЛЬТИАГЕНТНОГО ПОДХОДА

К.А. Аксенов, А.С. Антонова, И.А. Спицина, Е.Г. Сысолетин,
О.П. Аксенова (ФГАОУ ВПО "Уральский федеральный университет")

Описана автоматизированная система анализа, моделирования и принятия решений для металлургического производства. При эксплуатации информационных систем на различных уровнях автоматизации существует проблема интеграции систем для поддержки своевременного принятия обоснованных решений. Решения направлены на реализацию типового бизнес-процесса по изменению (совершенствованию) технологических, логистических и организационных процессов предприятия. В работе описана схема интеграции процессов совершенствования металлургического производства и производственных процессов предприятия на основе применения мультиагентного подхода при разработке модулей автоматизированной системы. Применение мультиагентного подхода позволяет решать задачи автоматизации процессов согласования и принятия решений за счет коммуникации гибридных агентов, реализующих функциональность отдельных модулей системы.

Ключевые слова: автоматизация, металлургическое предприятие, бизнес-процесс, мультиагентная система, гибридный агент, совершенствование производства.

Введение

При автоматизации предприятий можно выделить следующие функциональные уровни: 1) АСУТП, на котором осуществляется автоматизация процессов и агрегатов; 2) АРМ технологов; 3) автоматизированных систем управления производством (АСУП) или MES, которые выполняют учет единиц продукции (ЕП) и планирование производства; 4) управления и планирования ресурсов предприятия (ERP-систем). Каждый из уровней обслуживается собственным классом информационных систем (ИС).

Анализ информационных потоков металлургического производства позволяет выделить следующие особенности конвертерного и прокатного производства. В зависимости от предприятий учет ЕП ведут или учетчицы, или операторы уровня АСУТП. При завершении обработки ЕП на агрегате маркировщик в течение смены вводит информацию в систему. Так, в среднем на ввод информации о ЕП (вышедшей с определенного передела или агрегата) в автоматизированную систему в прокатных цехах отводится 2 ч, а в конвертерном цехе — 6 ч. На складах с MES работают отделы технического контроля (ОТК), которые решают задачи оценки качества ЕП и определения брака. После ОТК мастер цеха делает переназначение продукции, устанавливая для ЕП, параметры которых принимают допустимые значения, признак отправления «в заказ». Отдел планирования связывает ЕП с заказами в ERP-системе и устанавливает задания. В маршрутной карте фиксируются наборы допустимых значений параметров. Система класса MES выдает АСУТП задания в цех согласно маршрутной карте. В ходе работы с ИС ошибки операторов по вводу и корректировке информации в среднем составляют 7...10%. При решении задач диагностики отклонений параметров и анализе качества ЕП технологами используются деревья решений и диаграммы Исикавы.

Для металлургической продукции характерны явления «расщепления» ЕП на несколько новых (например, из сляба может быть прокатан 1 или 2 рулона) и «слияния» нескольких ЕП в одну (например, после сварки из двух рулонов получается один). Подобные процессы в случае ошибочного ввода информации оператором ИС затрудняют восстановление технологического маршрута, пройденного ЕП и, следовательно, сводят на нет усилия, направленные на поиск причин возникшего при выпуске продукции брака. Кроме того, поскольку каждый из уровней автоматизации обслуживается собственной ИС, возникает задержка при обмене информацией между ИС, которая препятствует адекватному анализу текущего состояния ЕП, агрегатов и транспортных средств. Использование на предприятии множества различных ИС формирует дополнительную задачу — связывания идентификаторов ЕП, относящихся к различным ИС, с целью установления соответствия и определения полной генеалогии данной (ых) единиц (ы) продукции. Наличие в хранилище данных полной генеалогии ЕП с полным перечнем ее параметров на всех этапах производственного цикла дает возможность проведения достоверного анализа качества ЕП, а также позволит выявлять места отклонения от заданных параметров и выявлять причины возникновения брака. Таким образом, с точки зрения задач анализа и своевременного принятия решения для металлургического производства характерны задержки ввода информации о ЕП как со стороны персонала, так и со стороны отдельных ИС; дополнительной задачей также является задача синхронизации данных, поступающих из различных ИС в единое хранилище данных с целью построения полной генеалогии ЕП.

Актуальной задачей является разработка единой автоматизированной системы анализа, моделирования и принятия решений для металлургического предприятия, обеспечивающей устранение задержек при обмене информацией между отдельными ИС.

¹ Работа выполнена в рамках договора № 02.G25.31.0055 (проект 2012-218-03-167).

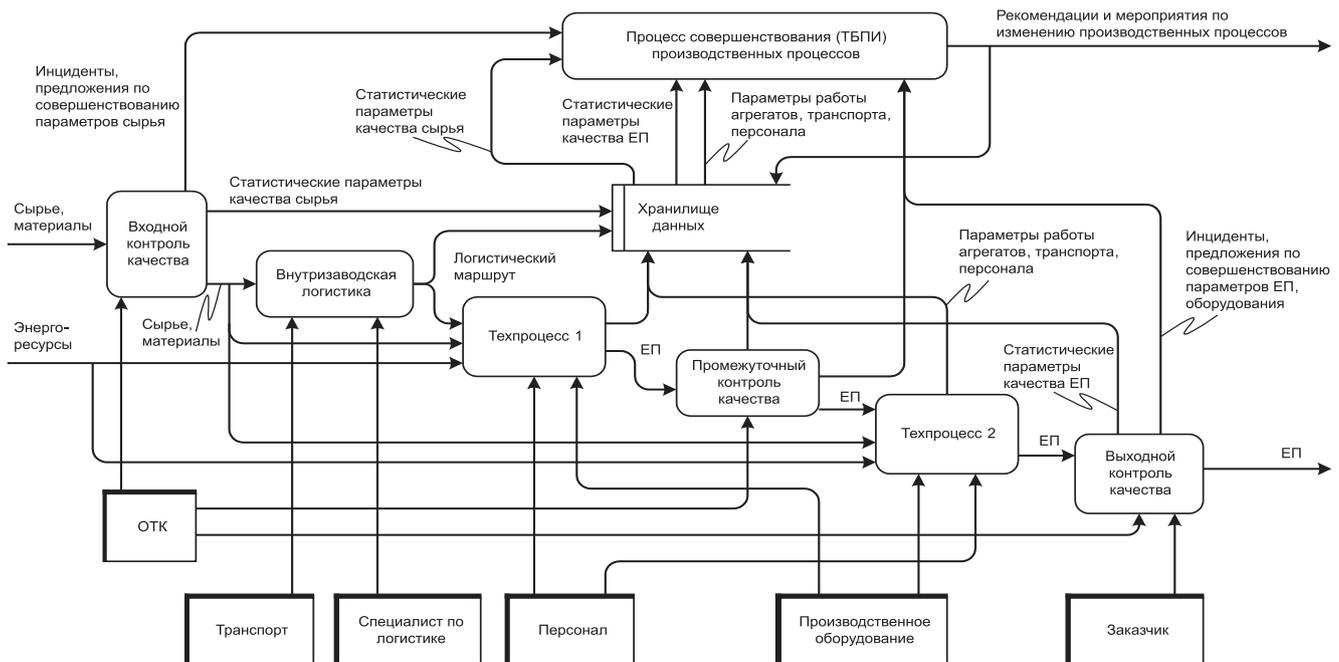


Рис. 1. Внешние связи процесса изменения производства в нотации DFD

Типовой бизнес-процесс изменения производства

На любом крупном металлургическом предприятии с той или другой степенью успешности в соответствии с международным стандартом ИСО 9001:2008 организован процесс изменения (совершенствования) производства. Разрабатываемая автоматизированная система слежения, контроля, моделирования, анализа и совершенствования выпуска металлургической продукции (АС ВМП) предназначена для повышения эффективности типового постоянно действующего бизнес-процесса предприятия по изменению производственных процессов (ТБПИ). Повышения эффективности ТБПИ предполагается достигнуть путем разработки типовых регламентов работы персонала предприятия, задействованного в данном процессе, и применения

перспективных ИС поддержки принятия решений, основанных на методах интеллектуального анализа данных и имитационного моделирования. Объектом автоматизации в данном случае является ТБПИ.

Входами ТБПИ являются: 1) статистические характеристики (параметры) качества ЕП; 2) диагностируемые инциденты и предложения по изменению и совершенствованию процессов; 3) параметры работы производственных агрегатов, транспорта и персонала, задействованных в производственном процессе. Выходом ТБПИ являются мероприятия и рекомендации по изменению производственного процесса.

В рамках ТБПИ выделяют обычно три наиболее сложных процесса совершенствования, разработка типовых решений для которых является одной из задач создания АС ВМП:

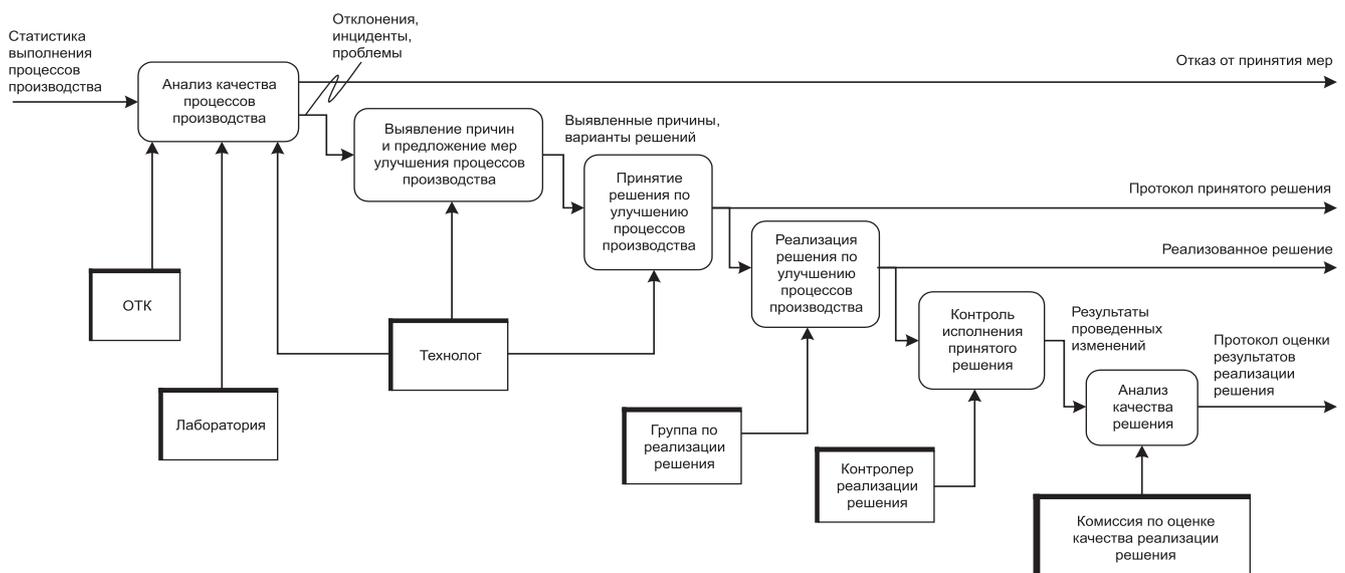


Рис. 2. Диаграмма процесса совершенствования производства

а) процесс совершенствования технологии с целью повышения качества ЕП;

б) процесс совершенствования логистики с целью обеспечения своевременности выпуска ЕП, повышения гибкости работы транспортных систем и снижения затрат;

в) процесс ускорения реализации решений.

Рассмотрим особенности перечисленных процессов управления качеством, связанные со спецификой металлургического производства.

1. Число параметров жизненного цикла единицы продукции (при прохождении по всему ТП) достигает 6...7 тыс. ед.

2. Информация по параметрам ЕП распределена по различным цехам, что делает работу по выявлению причин инцидентов чрезвычайно трудоемкой.

3. Отсутствуют адекватные математические модели, позволяющие на основе знания неудовлетворительных значений конкретных показателей качества определить источник проблемы и, наоборот, по заданным значениям показателей качества сырья или заготовок определить качество будущего продукта.

Указанные обстоятельства в значительном числе случаев не позволяют в ручном режиме провести анализ и определить возможные меры по совершенствованию ТП. Актуальной является разработка автоматизированной системы, реализующей типовые решения для процессов совершенствования металлургического производства. Научной основой создаваемой системы являются методы интеллектуального анализа больших объемов данных (извлечения знаний из данных) [1], методы имитационного моделирования [2], а также их комплексное использование. Схема взаимодействия ТБПИ с производственным процессом представлена на рис. 1.

Диаграмма ТБПИ в соответствии со стандартом ИСО 9001:2008 приведена на рис. 2.

Согласно [2], задачи имитационного моделирования логистических, технологических и бизнес-процессов чаще всего решаются программными средствами GPSS World, AnyLogic, PlantSimulation. Сравнительный анализ систем AnyLogic, PlantSimulation и Simio применительно к описанию процессов технологической логистики в металлургии приведен в [3].

Структура (архитектура) системы автоматизации и мультиагентный подход

АС ВМП в силу специфических требований объекта автоматизации состоит из большого числа модулей, выполняющих определенные функции. Их совместное взаимодействие позволяет решать задачи наблюдения за состоянием производственных объектов, проверки корректности параметров ЕП, моделирования, анализа и выдачи рекомендаций по совершенствованию полного цикла выпуска металлургической продукции. АС ВМП состоит из модулей: 1) обмена данными с автоматизированными системами предприятия (ОДАСП); функционально модуль ОДАСП

соответствует классу корпоративной шины данных (англ. Enterprise Services Bus); 2) подготовки данных (ПД); 3) оптимизации процессов предприятия (ОПП); 4) интеграции моделей (ИМ), который решает задачу использования моделей в процессах принятия решений в реальном масштабе времени. Для решения задач предметной области в состав АС ВМП также входят модули хранения данных (ХД), конструктора запросов (КЗ), создания моделей процессов (СМП).

АС ВМП включает следующие компоненты: 1) сервер, обрабатывающий и хранящий большие объемы данных реального времени; 2) Web-ориентированные клиентские приложения.

Архитектура АС ВМП описывается схемой (рис. 3) с четырьмя слоями: 1) извлечение, преобразование и загрузка данных; 2) хранение данных; 3) анализ данных (рабочие места пользователей); 4) моделирование и принятие решений (рабочие места пользователей).

Первый слой архитектуры АС ВМП предназначен для получения данных от различных источников. В качестве источников данных могут выступать: 1) серверы реляционных БД; 2) файловые серверы, на которых установлена какая-либо система обработки данных или сетевая версия систем управления базами данных класса персональных (например,

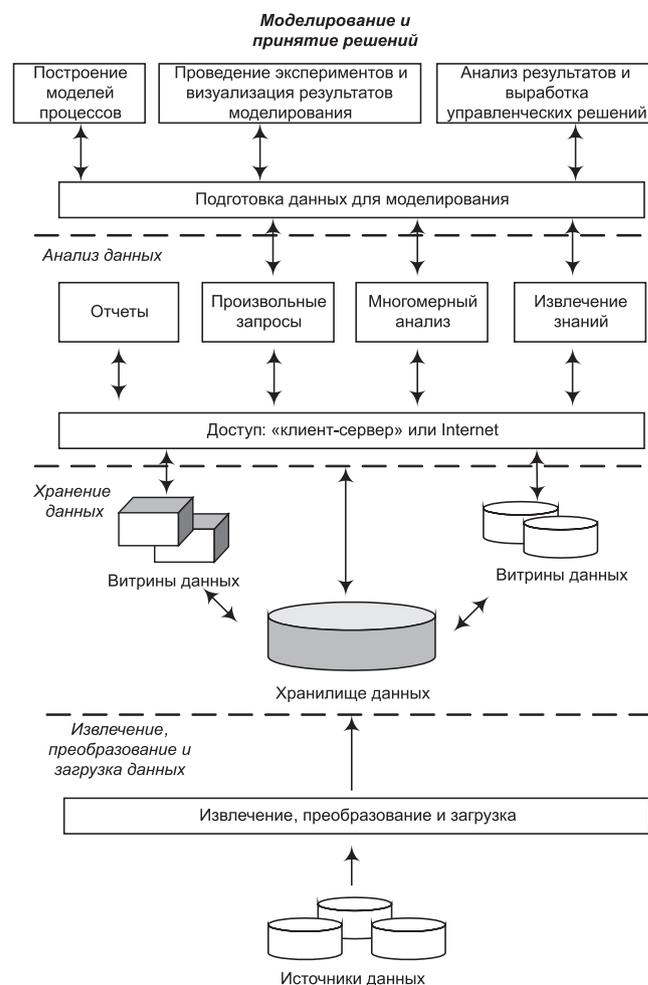


Рис. 3. Архитектура АС ВМП

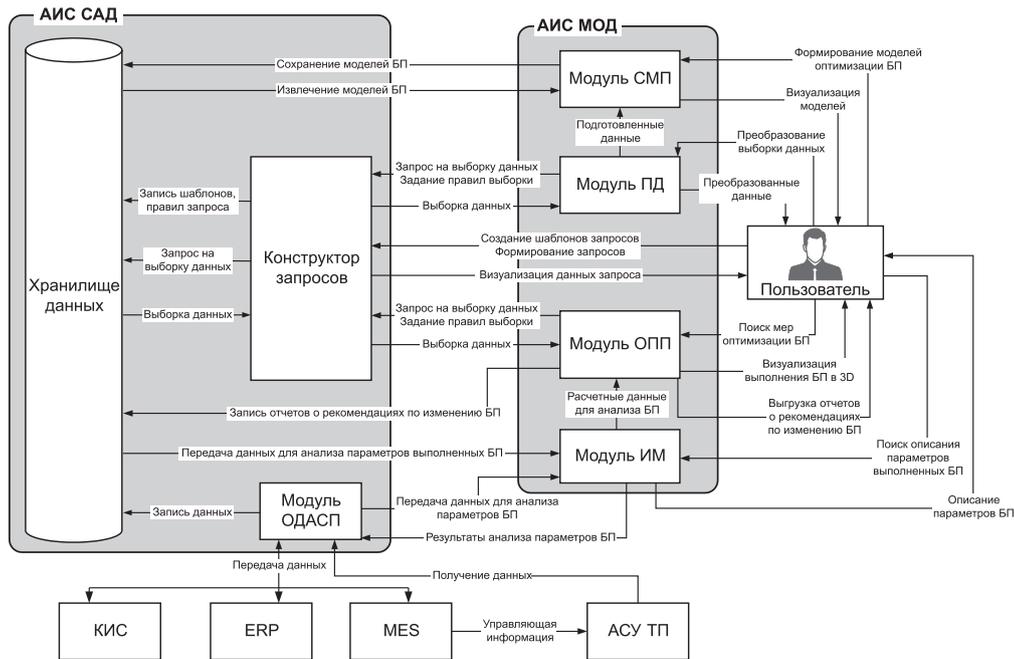


Рис. 4. Инфраструктура системы и взаимодействие модулей

Paradox, FoxPRO и т. д.); 3) ПК с локальными персональными БД; 4) ПЛК уровня АСУТП.

Сбор данных от источников осуществляется с помощью коллекторов — специальных программных модулей, работающих на одной машине с источником данных. Коллекторы обеспечивают локальное хранение данных в случае потери связи с сервером, а также функцию автоматического восстановления связи.

Второй слой архитектуры АС ВМП предназначен для хранения информации. Цель ХД — обеспечение целостности и поддержка хронологии появления/изменения всевозможных корпоративных данных; с этой точки зрения хранилище нейтрально по отношению к приложениям. Для выполнения аналитических задач (диагностика отклонений параметров и анализ качества ЕП) рационально создавать витрины данных, в основе которых может быть как многомерная, так и реляционная модель данных.

Третий слой архитектуры АС ВМП предназначен для проведения анализа данных. Конструктор запросов (КЗ) представляет собой программный модуль, предоставляющий возможность формирования произвольных выборок среди хранимых данных и являющийся инструментом создания нерегламентированных отчетов.

Четвертый слой архитектуры АС ВМП предназначен для проведения имитационного моделирования с целью обоснования принятия технологических, логистических или организационных решений. Проведение моде-

лирования предполагает: 1) подготовку данных моделирования путем извлечения и систематизации данных из хранилища; 2) построение диагностических и прогностических имитационных моделей; 3) интеграцию моделей с корпоративными информационными системами; 4) проведение экспериментов; 5) визуализацию, анализ результатов моделирования и выработку решений. В основе ядра имитационного моделирования находится мультиагентная модель процесса преобразования ресурсов [4–5]. Данная модель получена в результате интеграции мультиагентного подхода и следующих математических схем процессов: сетей Петри, систем массового обслуживания, моделей системной динамики.

Модули АС ВМП объединены в следующие подсистемы: 1) автоматизированную информационную систему сбора и анализа данных производства (АИС САД); 2) автоматизированную информационную систему моделирования технологических, логистических и организационных (бизнес) процессов предприятия (АИС МОД). Инфраструктура АС ВМП представлена на рис. 4.

Модульное представление АС ВМП позволяет рассматривать систему в качестве распределенной мультиагентной системы (МАС) [6]. Понятие агента соответствует аппаратно или программно реализованной сущности, которая способна действовать в интересах достижения целей, поставленных перед ней владельцем и/или пользователем и которая обладает определенными интеллектуальными способностями [7].

Отдельные модули АС ВМП представляют собой программных агентов со сложными алгоритмами функционирования и возможностью коммуникаций друг с другом. Для агентов АС ВМП, непосредственно задействованных в задачах управления и принятия решений, указаны цели, которые представлены на рис. 5. Пересечение целей агентов АС ВМП говорит о взаимодействии агентов. Для реализации общих целей агенты используют сообщения.

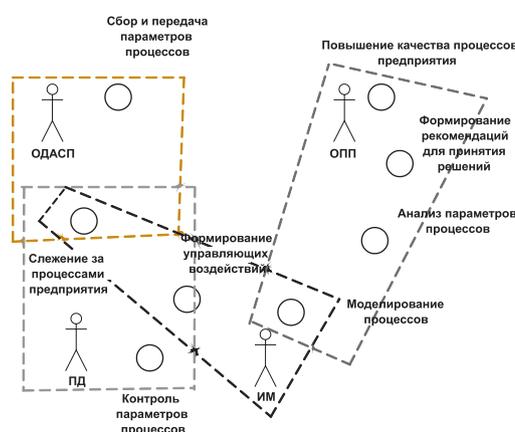


Рис. 5. Цели агентов АС ВМП

Таблица. Характеристики гибридного агента ОДАСП

	()
	.
	40
	.

Открытость АС ВМП заключается в двустороннем взаимодействии с множеством ИС металлургического предприятия: ERP, MES, АСУТП, АРМ персонала. Архитектура АС ВМП реализована таким образом, чтобы в зависимости от загрузки отдельных агентов существовала возможность создания копии их инстанций для решения задач распределения и балансировки загрузки.

Агенты в МАС могут быть отнесены к следующим типам: реактивный, интеллектуальный и гибридный. Реактивный агент принимает решения на основе знаний «ситуация-действие». Интеллектуальный агент решает поставленные перед ним задачи, исходя из своих целей, используя общие ограниченные ресурсы и знания о внешнем мире. Гибридный агент сочетает возможности первых двух типов агентов. Все агенты АС ВМП как открытой МАС являются гибридными агентами.

Рассмотрим в качестве примера агента модуль ОДАСП, при разработке которого использовался подход, представляющий функции агента в виде сервиса, доступного другим агентам посредством вызовов API (Application Programming Interface). В таблице приведены характеристики гибридного агента ОДАСП.

При взаимодействии агентов корпоративной системы металлургического предприятия возникают проблемы, связанные с различием различных идентификаторов одних и тех же объектов и параметров ЕП в разных источниках данных, а также рассинхронизацией во времени процессов, относящихся к одному и тому же объекту (ЕП). Для решения подобных проблем агент ОДАСП обладает возможностью преобразования своих внутренних идентификаторов в идентификаторы других систем и обратно. Кроме того, агентом ОДАСП посылаются сообщения, позволяющие агентам других ИС решать вопросы, связанные с упорядочением производственных данных по времени.

Аксенов Константин Александрович – канд. техн. наук, доцент, **Антонова Анна Сергеевна** – аспирант, **Спицина Ирина Александровна** – аспирант, **Сысолетин Евгений Геннадьевич** – старший преподаватель, **Аксенова Ольга Петровна** – программист ФГАОУ ВПО "Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина".
Контактный телефон (343) 375-41-45.
E-mail: wiper99@mail.ru

Заключение

В ходе разработки автоматизированной системы анализа, моделирования и принятия решений для металлургического предприятия проведено исследование предметной области ТБПИ и определены взаимодействия процессов совершенствования производства с ТП и процессами внутризаводской логистики. Для АС ВМП разработана четырехслойная архитектура, поддерживающая работу серверных и Web-ориентированных клиентских приложений. Модульность АС ВМП позволяет представить систему в виде МАС, гибридные агенты которой обмениваются информацией в рамках принятия решений и достижения поставленных целей. Применение мультиагентного подхода при разработке корпоративных систем позволяет не только решать задачи автоматизации технологических, логистических и бизнес-процессов, но и процессов согласования и принятия решений за счет коммуникации агентов.

Список литературы

1. *Finley Klint*. Steve Ballmer on Microsoft's Big Data Future and More in This Week's Business Intelligence Roundup (англ.). ReadWriteWeb (17 July 2011). URL: <http://readwrite.com/2011/06/17/this-week-in-business-intellig>.
2. *Юсупов Р.М.* Национальное общество имитационного моделирования России - начало пути // CAD/CAM/CAE. 2012. №70.
3. *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.
4. *Aksyonov K., Bykov E., Dorosinskiy L. and other.* Decision Support Systems Application to Business Processes at Enterprises in Russia, Efficient Decision Support Systems // Practice and Challenges in Multidisciplinary Domains, Chiang Jao (Ed.), InTech, 2011. pp.83-108. <http://www.intechopen.com/articles/show/title/decision-support-systems-application-to-business-processes-at-enterprises-in-russia>.
5. *Аксенов К.А.* Теория и практика средств поддержки принятия решений: монография / Germany, Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG. 2011. 341 с.
6. *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.
7. *Jennings N.R.* On agent-based software engineering // Artificial Intelligence. 2000. V. 117. pp. 277-296.