
**РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ
АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ВЫПУСКА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ
ПРОДУКЦИИ****К.А. Аксенов (Екатеринбург)****Введение**

Автоматизированная система выпуска металлургической продукции (АС ВМП) разрабатывается совместно с ЗАО "Ай-Теко" и Уральским федеральным университетом [1-3]. АС ВМП представляет собой web-ориентированную систему, предназначенную для слежения, контроля, моделирования, анализа и совершенствования процессов выпуска металлургической продукции.

Для конвертерного и прокатного производства характерны следующие особенности [1]:

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

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

3. В зависимости от переделов, время на ввод учетной информации колеблется от 2 до 6 часов. В ходе работы с ИС ошибки операторов по вводу и корректировке информации в среднем составляют 7...10 %.

4. Для автоматизации различных задач используются зачастую разнородные и не связанные между собой ИС (АСУ ТП, MES, ERP), что препятствует адекватному анализу текущего состояния ЕП, агрегатов и транспортных средств.

5. Дополнительной задачей является задача семантической связности и синхронизации данных поступающих из различных ИС в единое хранилище данных с целью построения полной генеалогии ЕП.

С точки зрения процесса разработки имитационных моделей процессов предприятия предоставление аналитику доступа к реальным производственным данным, которые хранятся в единой информационной системы предприятия (которой может выступить в данном случае АС ВМП), непосредственно из системы имитационного моделирования (СИМ) позволит снизить время на сбор и анализ данных предметной области, тем самым сократит время на построение, а также обеспечит достоверность исходных данных.

Согласно исследованию Robertson N., Pereira T. [4] представлены 4 типа интеграции СИМ и корпоративных информационных систем (КИС) предприятий:

А) Ручная настройка модели - исторически появилась первой и до настоящего времени преобладает при создании СИМ в различных моделях. СИМ функционирует обособлено от других ИС предприятия (если таковые имеются). Данные хранятся в «личной» для системы моделирования БД, не используемой другими ИС;

В) Настройка через приложение. При настройке СИМ через приложение чаще всего используется электронные таблицы (например, MS Excel, Quattro Pro, OpenOffice, Calc). Данные СИМ также хранятся в БД, но имеется возможность импорта из приложения;

С) Связь СИМ с КИС - в этом случае предприятие уже использует КИС, в которой формируются данные, используемые системой моделирования. Система моделирования должна обладать функционалом интеграции с распространенными БД. Данные переносятся из КИС в БД СИМ;

Д) Взаимодействие «напрямую» - наиболее перспективная схема, к которой следует стремиться. Особенностью является то, что не только СИМ использует данные КИС, но и параметры КИС меняются в зависимости от результатов моделирования..

Как будет показано далее в работе, АС ВМП относится к 4-му типу.

Архитектура автоматизированной системы выпуска металлургической продукции

В качестве средства разработки АС ВМП использовалась Java, хранилище данных построено на Oracle. АС ВМП включает следующие компоненты: 1) сервер, обрабатывающий и хранящий большие объемы данных реального времени; 2) Web-ориентированные клиентские приложения. 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). АС ВМП состоит из следующих модулей: 1) хранилища данных (ХД); 2) конструктора запросов (КЗ); 3) обмена данными с автоматизированными системами предприятия (ОДАСП); 4) подготовки данных (ПД); 5) создания моделей процессов предприятия (СМП); 6) оптимизации процессов предприятия (ОПП); 7) интеграции моделей (ИМ); 8) автоматизированного рабочего места персонала (АРМП).

Открытость АС ВМП как системы моделирования заключается в двустороннем взаимодействии с множеством ИС металлургического предприятия: ERP, MES, АСУ ТП, 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 [1].

Структура АС ВМП представлена на рис. 1.

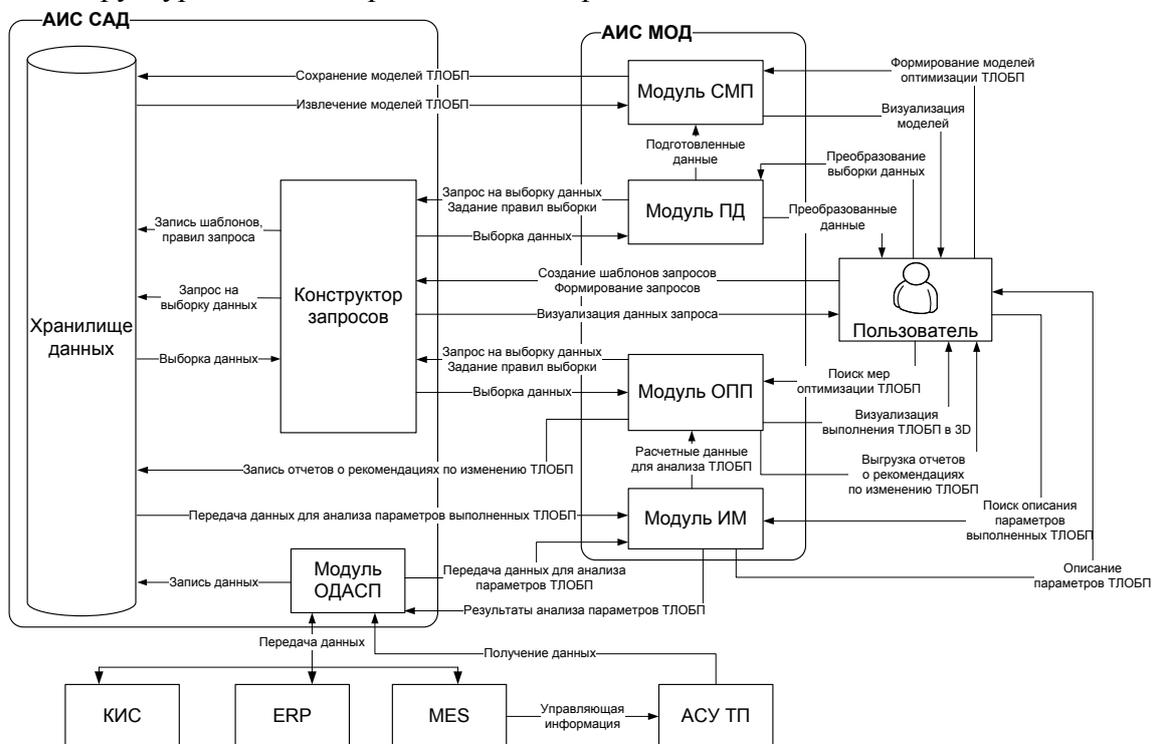


Рис. 1. Инфраструктура системы и взаимодействие модулей

Имитационное моделирование в АС ВМП непосредственно обеспечивают модули СМП, ОПП, ИМ. Далее рассмотрим данные модули.

Модуль создания моделей процессов

Основная задача модуля СМП - построение моделей процессов (технологических, логистических, организационных (бизнес)-процессов (ТЛОБП)) и их модификация. В основе имитационного моделирования используется мультиагентная модель процесса преобразования ресурсов [5], которая применяется для исследования технологических, логистических, организационных (бизнес)-процессов, организационно-технических систем и предлагает интеграцию следующих методов: имитационного, экспертного, ситуационного и мультиагентного моделирования.

Множество элементов модели МППР представляет собой набор: $MPPR = \{ Goal, Res, Mech, Order, Op, Agent \}$, где *Goal* – множество целей модели; *Res* – множество ресурсов; *Mech* – множество средств; *Order* – множество заявок; *Op* – множество операций модели; *Agent* – множество агентов модели, содержащих *AgentGoal* (множество целей агентов) и *AgentSolution* (база знаний). В АС ВМП база знаний агентов продукционно-сценарного типа.

К основным функциям модуля СМП относятся следующие:

1) создание, модифицирование и запись в ХД моделей ТЛОБП с помощью визуального конструктора моделей мультиагентных имитационных процессов, деревьев анализа параметров процесса, на основе web-интерфейса;

2) независимое от пользователя исполнение модели процесса в виде отдельного вычислительного процесса;

3) запуск и одновременное исполнение нескольких экземпляров моделей процессов, создаваемых с помощью модуля СМП;

4) согласование входных и выходных параметров модели процессов, создаваемой с помощью модуля СМП, с параметрами реальных технологических процессов для выполнения модели в модуле ИМ.

На рис. 2 представлен пример мультиагентной модели и детализация правила агента "Определение маршрута" в модуле СМП.

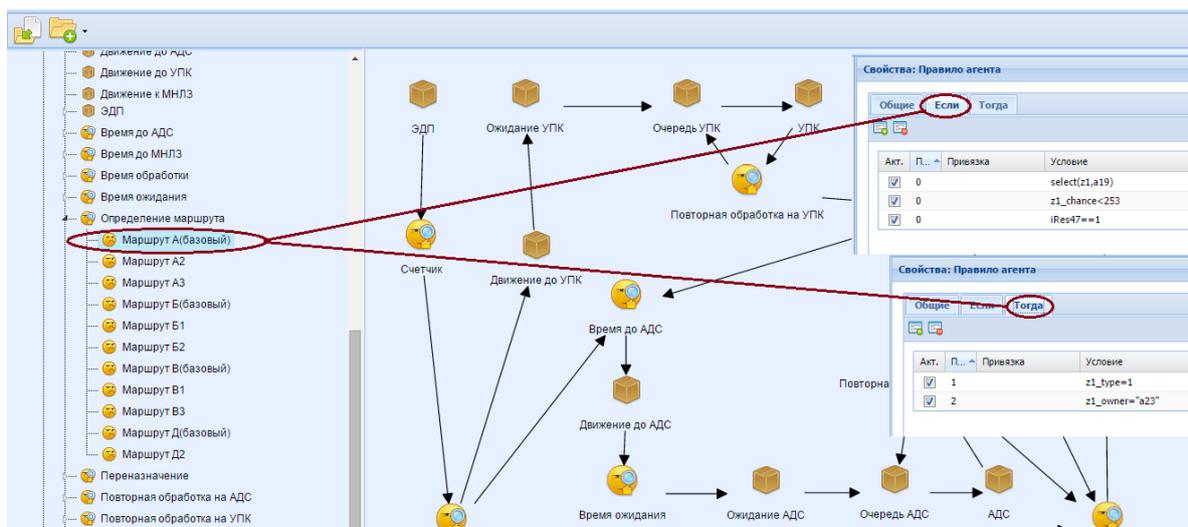


Рис. 2. Пример описания правила базы знаний агента «Определение маршрута»

Модуль оптимизации процессов предприятия

К основным функциям модуля ОПП относятся следующие:

- 1) получение расчетных данных из модуля ИМ;
- 2) получение выборки данных из модуля КЗ;
- 3) получение результатов выполнения настроек подготовки данных, созданных в модуле ПД;
- 4) получение значений параметров выполненных ТЛОБП при взаимодействии с модулем ОДАСП;
- 5) оптимизацию ТЛОБП на основе методов имитационного, мультиагентного, экспертного, ситуационного моделирования [5], метода анализа и устранения узких мест ТЛОБП [6]:
 - с использованием механизма планирования и проведения экспериментов на имитационной модели процесса предприятия;
 - на основе гибридного эволюционно-имитационного алгоритма [7];

Модуль обмена данными с автоматизированными системами предприятия

Функционально модуль ОДАСП [9] соответствует классу корпоративной шины данных (англ. Enterprise Services Bus). ОДАСП может собирать данные из разнородных внешних информационных систем и в свою очередь служить источником информации для них. Данная особенность реализована с помощью двунаправленного асинхронного механизма событий [9]. К основным функциям модуля ОДАСП относятся следующие:

- 1) получение данных от АС ТП;
- 2) получение данных от КИС, MES, ERP-систем;
- 3) выдачу данных в КИС, MES, ERP-системы;
- 4) запись данных в ХД.

Модуль интеграции моделей

Модуль интеграции моделей [8] взаимодействует с модулями ОДАСП, КЗ, ПД в режиме реального времени. Взаимодействие модуля ИМ с модулем ОДАСП позволяет решать задачи управления, планирования, переназначения и слежения за выполнением процессов, работой агрегатов и параметрами единиц продукции (ЕП). Таким образом, можно говорить об АС ВМП как открытой имитационной системе.

К основным функциям модуля ИМ относятся следующие:

- 1) получение данных из модулей ОДАСП, КЗ, ПД;
- 2) получение описания выполненных на производстве ТЛОБП из модуля ХД;
- 3) анализ параметров выполненных ТЛОБП (длительность – не более 30 минут).
- 4) выдачу результатов анализа в модуль ОДАСП;

Испытания АС ВМП проводились при решении задач для конвертерного и прокатного производства металлургического предприятия.

Выводы

В ходе разработки автоматизированной системы анализа, слежения, моделирования и принятия решений для металлургического предприятия были разработаны архитектурные и технические решения по реализации открытой системы моделирования технологических, логистических, организационных (бизнес)-процессов. Открытость заключается в двунаправленном обмене данными с информационными системами предприятия, а также возможности решения задач слежения, планирования, диспетчеризации и управления процессами. В основе имитационного моделирования АС ВМП используется гибридный подход интеграции мультиагентного имитационного

моделирования, метода анализа и устранения узких мест процесса, эволюционного моделирования.

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

Литература

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 № 7 2014. г. Москва. С. 49-53.
2. **Aksyonov K., Bykov E., Aksyonova O., Goncharova N., Nevolina A.** Perspectives of Modeling in Metallurgical Production (WIP) // Society for Modeling & Simulation International (SCS). 2015 Summer Simulation Multi-Conference (SummerSim'15). Chicago. USA. 26-29 июля, 2015. P. 341-344.
3. **Borodin A., Kiselev Y., Mirvoda S, and Porshnev S.** On design of domain-specific query language for the metallurgical industry // Proceedings of 11th Int. Conference BDAS 2015: Beyond Databases, Architectures and Structures: Communications in Computer and Information Science, 26-29 May 2015, Ustron, vol. 521, pp. 505-515.
4. **Robertson N., Perera T.** Automated Data Collection for Simulation // Simulation Practice and Theory 9, 2002. P. 349-363.
5. **Аксенов К.А.** Модель мультиагентного процесса преобразования ресурсов и системный анализ организационно-технических систем [Текст] // Журнал «Вестник компьютерных и информационных технологий», 2009. - № 6. С. 38-45.
6. **Аксенов К.А.** Метод анализа и устранения узких мест мультиагентного процесса преобразования ресурсов // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1; URL: www.science-education.ru/121-18538 .
7. **Aksyonov K.A., Antonova A.S.** Multiagent genetic optimisation to solve the project scheduling problem under uncertainty, International Journal on Advances in Software, vol. 7, no. 1&2, june, 2014, pp. 1-19.
8. **Aksyonov K., Bykov E., Aksyonova O.** Real time simulation models integrated into the corporate information systems // 33rd Chinese Control Conference, CCC 2014; Nanjing; China; 28 July 2014 through 30 July 2014, Pages 6810-6813.
9. **Сысолетин Е.Г., Аксенов К.А., Круглов А.В.** Интеграция гетерогенных информационных систем современного промышленного предприятия // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1; URL: www.science-education.ru/121-19030 (дата обращения: 25.05.2015).