

Решение задачи интеграции информационных систем на примере автоматизированной системы выпуска металлургической продукции

К.А. Аксенов, И.А. Спицина

*Уральский федеральный университет им. первого Президента Б.Н. Ельцина,
Екатеринбург*

Аннотация: В работе рассмотрена задача построения единой системы металлургического предприятия, обеспечивающей интеграцию разнородных информационных систем предприятия, различного назначения. Обмен данными с различными автоматизированными системами предприятия осуществляет специальный модуль, разработанный как web-сервис. Он позволяет обеспечить гарантированный обмен информацией между информационными системами и сохранение информации в единое хранилище данных.

Ключевые слова: информационная система, технологический процесс, металлургическое предприятие, интеграция, web-сервис.

Введение

При развитии ИТ-инфраструктуры предприятия очень часто возникают вопросы интеграции информационных систем. Необходимо обмениваться данными между существующими и вновь разрабатываемыми информационными системами. На типовом предприятии для автоматизации производственных и технологических процессов используют автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП), которые с помощью сотрудников воздействуют на параметры процессов. На следующем этапе автоматизации внедряют систему планирования ресурсов предприятия (Enterprise Resource Planning System - ERP-систему), которая позволяет контролировать все ресурсы предприятия: финансовые, производственные и трудовые. Накопленная о производственных процессах и ресурсах информация позволяет решать еще более сложные задачи: анализ и оптимизация выпуска продукции, то есть управление всеми производственными процессами [1]. Для этого используются MES-системы [2-4]. Побочным эффектом такой последовательной автоматизации является дублирование информации. Также

возникает задача управления процессами предприятия с одного автоматизированного рабочего места.

Описание задачи интеграции

Примером такой интеграционной системы может служить Автоматизированная система выпуска металлургической продукции (АС ВМП), разработанная для крупных и средних предприятий металлургической отрасли. В роли объекта автоматизации выступает металлургическое предприятие. Для выполнения всех требований, предъявляемых к системе, АС ВМП состоит из большого числа модулей, выполняющих определенные функции [5]:

- модуль обмена данными с автоматизированными системами предприятия (ОДАСП) предназначен для взаимодействия с внешними ИС;
- модуль подготовки данных (ПД) – предназначен для преобразования разнородных данных перед хранением [6];
- хранилище данных (ХД) – хранит данные и модели технологических, логистических и организационных (бизнес) процессов [7-9];
- конструктор запросов (КЗ) предназначен для конструирования запросов на выдачу данных о продукции, о технологических, логистических и организационных (бизнес) процессах без привлечения ИТ-специалистов;
- модуль создания моделей процессов предприятия (СМП);
- модуль оптимизации процессов предприятия (ОПП);
- модуль имитационного моделирования (ИМ) предназначен для анализа параметров выполненных технологических, логистических и организационных (бизнес) процессов [10, 11].

Благодаря их взаимодействию, решены задачи наблюдения и контроля [12, 13] за состоянием производственных объектов, параметров единиц продукции, моделирования, анализа и выдачи рекомендаций по улучшению всех технических процессов, отвечающих за выпуск металлургической продукции. На рисунке 1 показана логическая схема взаимодействия АС ВМП с внешними системами.

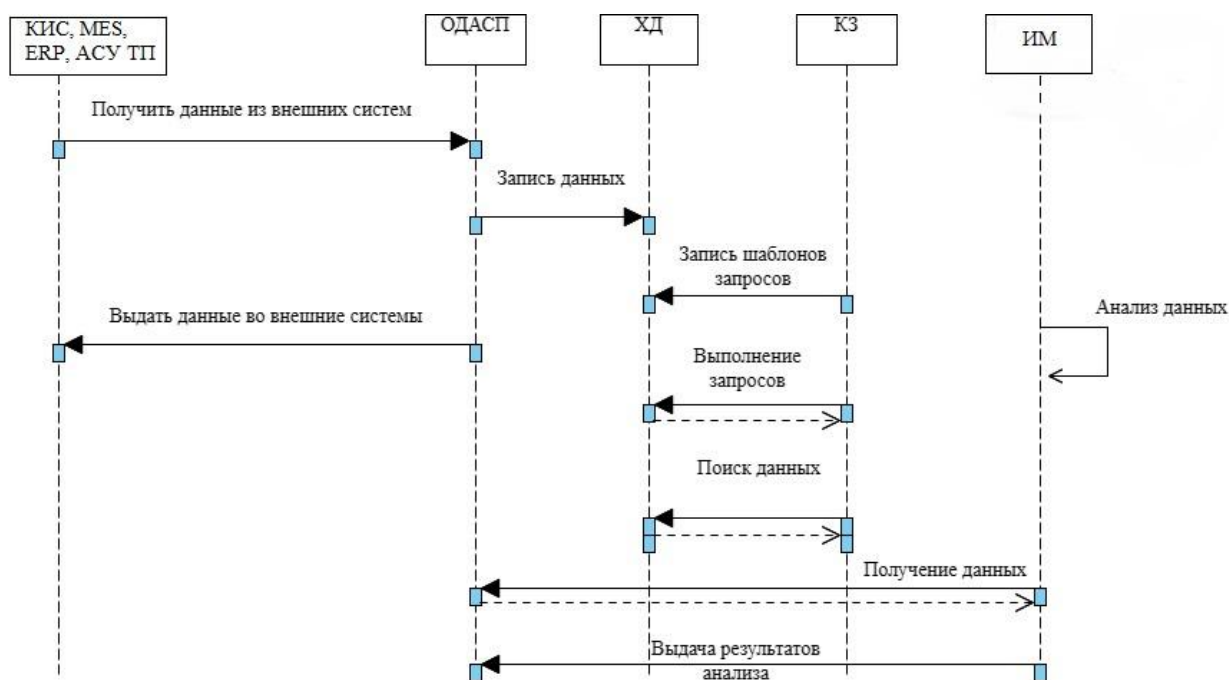


Рис. 1. – Взаимодействие модулей АС ВМП с внешними ИС

Для взаимодействия пользователя со всеми модулями АС ВМП была разработано автоматизированное рабочее место персонала (АРМ Персонала). АРМ Персонала позволяет:

- формировать запросы, выполняемые модулем КЗ в интерактивном режиме;
- запускать запрос на выполнение модулем КЗ в интерактивном режиме на стороне веб-сервера;
- визуализировать данные по запросу, выполненному модулем КЗ;

- обеспечивает прием и обработку запросов пользователя, и формирование соответствующих вызываемой функции ответов и передачу их для визуализации браузеру;
- обеспечивает запуск модуля СМП на стороне веб-сервера для формирования моделей;
- визуализировать результаты функционирования модуля СМП;
- обеспечивает запуск модуля ОПП на стороне веб-сервера для формирования отчетов.
- визуализировать и печать отчеты, сформированные модулем ОПП.

Таким образом, АРМ Персонала предоставляет единую точку входа в АС ВМП путем объединения всех входящих в эти системы модулей в единое информационное пространство. Это осуществляется посредством предоставления набора базовых компонентов пользовательского интерфейса и набора программных интерфейсов для подключения модулей к АРМ.

При интеграции информационных систем (ИС) предприятия требуется решить следующие задачи:

- сопоставление идентификаторов в разных системах. В разных ИС могут использоваться разные коды для кодирования справочной информации и способы присвоения уникальных идентификаторов для сущностей предметной области;
- преобразование форматов передаваемой информации (текстовые файлы, json, xml и другое);
- взаимодействие с различными протоколами передачи информации;
- асинхронность информации, передаваемой от различных ИС.

В разработанной Автоматизированной системы выпуска металлургической продукции за интеграцию отвечает модуль обмена

данными с автоматизированными системами предприятия. Для взаимодействия с внешними ИС были разработаны два адаптера: адаптер связи с внешними информационными системами, функционирующими на основе системы управления базами данных (СУБД) Microsoft SQL Server, и адаптер для внешних информационных систем на базе СУБД Oracle. Первый обеспечивает интеграцию на основе асинхронного, двунаправленного, событийно-ориентированного механизма обмена данными по протоколу SocketIO. Второй адаптер при работе использует внутренний JDBC-драйвер СУБД Oracle, поскольку объекты, участвующие в обмене, функционируют в рамках одной и той же СУБД. В ответ на пришедшие из ОДАСП события вызываются callback-процедуры, написанные на языке Procedural Language extensions to the Structured Query Language (PL/SQL) (рис. 2).

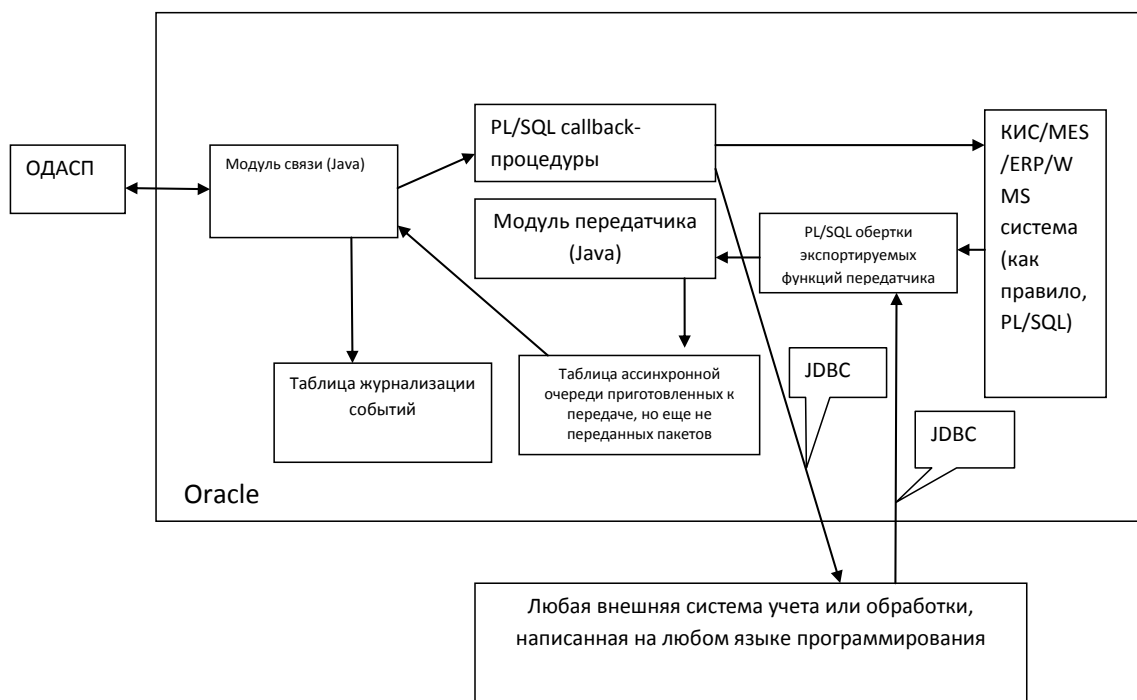


Рис. 2. – Структура модуля связи с ОДАСП из смежных КИС/MES/ERP систем

Использование архитектурного стиля взаимодействия компонентов распределённого приложения в сети (Representational State Transfer

Application Programming Interface – REST API) позволяет разработать единый web-сервис для взаимодействия с внешними ИС.

Для этого необходимо разработать методы, которые позволят внешним системам:

- по своим идентификаторам получать глобальные идентификаторы разнородных данных ОДАСП, что позволяет сопоставлять одни и те же сущности в разных внешних системах;
- получать данные о событиях, произошедших в других ИС, с целью создания во внешних системах необходимых индикаторов для сущностей, возникших в этих ИС.

Следует отметить, что все поступающие от внешних систем данные проходят проверку семантической связности (каждый класс события реализует эту задачу самостоятельно). Данные, не прошедшие проверку, ОДАСП не принимаются.

При проектировании методов REST API необходимо определить, какие данные необходимо предоставлять другим приложениям. Для АС ВМП можно выделить следующие ресурсы:

- фирма;
- подразделение (цех);
- агрегат подразделения;
- процесс;
- параметр на процесс;
- единица продукции.

Приведем описание метода Создание параметра на процесс:

```
{  
  "openapi": "3.0.3",  
  "info": {  
    "title": "ODASP",  
    "version": "1.0.0"  
  },  
}
```

```
"paths": {
  "/paramcreate": {
    "post": {
      "description": "Create parameter",
      "requestBody": {
        "description": "Create parameter",
        "content": {
          "application/json": {
            "schema": {
              "type": "object",
              "properties": {
                "uuid": {
                  "type": "string"
                },
                "sid": {
                  "type": "string"
                },
                "param_name": {
                  "type": "string"
                },
                "param_type": {
                  "type": "string"
                },
                "vector_time": {
                  "type": "string",
                  "format": "string"
                },
                "entity_uuid": {
                  "type": "string"
                },
                "entity_sid": {
                  "type": "string"
                },
                "source_uuid": {
                  "type": "string"
                },
                "source_sid": {
                  "type": "string"
                },
                "measure_uuid": {
                  "type": "string"
                }
              }
            }
          }
        }
      }
    }
  }
}
```

```
        "measure_sid": {
            "type": "string"
        },
        "measure_name": {
            "type": "string"
        }
    }
}
},
"responses": {
    "200": {
        "description": "Success",
        "content": {
            "type": "object",
            "properties": {
                "uuid": {
                    "type": "string"
                }
            }
        }
    },
    "405": {
        "description": "Invalid input"
    }
}
}
```

Для проверки факта записи данных из ОДАСП в ХД был подготовлен запрос, позволяющий выбрать идентификатор «сущности» (в данном случае – единицы продукции) в ХД, то есть SID, соответствующий ему уникальный идентификатор в рамках всех, работающих с ОДАСП, информационных систем – UUID, а также – для информативности – наименование ЕП, ее тип и время создания в хранилище. На рисунке 3 приведен расширенный запрос и

результат выборки, который показывает, что ОДАСП успешно принял данные из внешней системы и создал глобальный идентификатор.

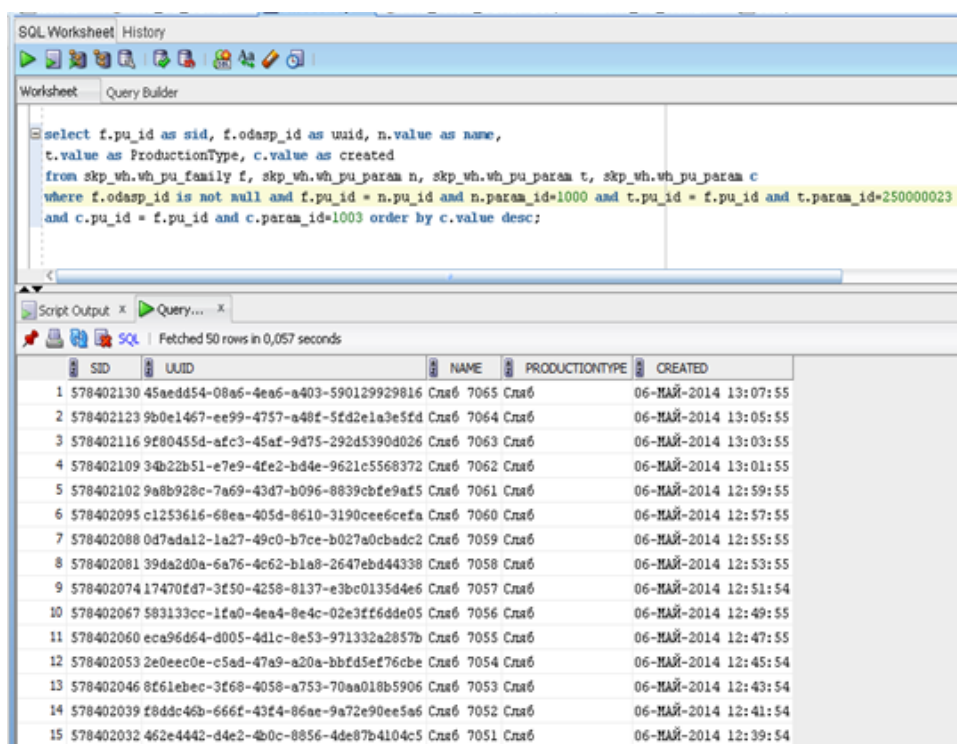


Рис. 3. – Форма, отображающая текст запроса и результат его выполнения

Заключение

В работе решена задача интеграции разнородных информационных систем производственного предприятия в качестве связующего звена между ИС выступает модуль обмена данными с автоматизированными системами предприятия. Модуль ОДАСП позволяет решать следующие задачи: получение и передача данных из/в автоматизированных систем управления технологическими процессами предприятия, КИС, MES, ERP-систем; постобработка данных, запись данных в хранилище данных. Все поступающие от внешних систем данные проходят проверку семантической связности. Использование в ОДАСП REST API позволило разработать единый web-сервис для взаимодействия с внешними разнородными ИС крупного металлургического предприятия.

Литература

1. Щербаков, В.С., Петухов, Е.А., Щербаков, И.С., Чумакова, Е.В., Климов, А.С. Автоматизированная информационно-измерительная система коммерческого учета электроэнергии с использованием WEB технологий // Инженерный вестник Дона, 2022. №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2022/7500.
2. Pavlov, A. V., Spirin, N. A., Beginyuk, V. A., Lavrov, V. V., & Gurin, I. A. Analysis of the Slag Mode of Blast Furnace Melting Using Model Decision Support Systems. *Steel in Translation* 2022, 52(6), pp. 574-580. URL: doi.org/10.3103/S0967091222060110.
3. Gurin, I., Spirin, N., & Lavrov, V. Automated Information System for Control and Diagnostics of the Blast Furnace Slag Mode. В А. А. Radionov, & V. R. Gasiyarov (Ред.), *Advances in Automation III - Proceedings of the International Russian Automation Conference, RusAutoCon 2021* (стр. 256-264). (Lecture Notes in Electrical Engineering; Том 857 LNEE). Springer. URL: doi.org/10.1007/978-3-030-94202-1_25.
4. Spirin, N. A., Gurin, I. A., Lavrov, V. V., Rybolovlev, V. Y., Schnaider, D. A., & Krasnobaev, A. V. Digital Transformation of Pyrometallurgical Technologies. State, Scientific Problems, and Prospects of Development. *Steel in Translation* 2021, 51(8), 522-530. URL: doi.org/10.3103/S0967091221080143.
5. Aksyonov K., Antonova A. Development of an Automated System for Analysis, Modeling, and Decision-Making for Metallurgical Enterprise. *International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment 2021, ICMTMTE 2021 [050028]* (AIP Conference Proceedings; Том 2503). American Institute of Physics Inc. URL: doi.org/10.1063/5.0100034.
6. Ponomareva, O., Porshnev, S., Borodin, A., & Mirvoda, S. Date preparation module of automated metallurgical products production system. IOP Conference

Series: Materials Science and Engineering 2021, 1047(1), [012003].

URL: doi.org/10.1088/1757-899X/1047/1/012003.

7. Бородин, А. М., Мирвода, С. Г., & Поршневу, С. В. Метод управления нормативно справочной информацией (НСИ) в автономных информационных системах // Инженерный вестник Дона, 2013, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2036.

8. Porshnev, S., Borodin, A., Ponomareva, O., Mirvoda, S., & Chernova, O. The development of a heterogeneous MP data model based on the ontological approach. *Symmetry* 2021, 13(5), [813]. URL: doi.org/10.3390/sym13050813.

9. Porshnev, S., Ponomareva, O., Trofimov, S., & Anchugova, O. (2020). A Mathematical Model for the Description of Metallurgical Production on the Basis of Heterogeneous Data. В Proceedings - 2020 Ural Symposium on Biomedical Engineering, Radioelectronics and Information Technology, USBEREIT 2020 (стр. 496-498). [9117711] (Proceedings - 2020 Ural Symposium on Biomedical Engineering, Radioelectronics and Information Technology, USBEREIT 2020). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. URL: doi.org/10.1109/USBEREIT48449.2020.9117711.

10. Stepanova I. V., Aksyonov K. A., Aksyonova O. P. (2022). Hybrid Simulation-Agent Modeling of Ore Mining and Transportation Process. В T. E. Simos, T. E. Simos, T. E. Simos, T. E. Simos, & C. Tsitouras (Ред.), International Conference on Numerical Analysis and Applied Mathematics, ICNAAM 2020 [130004] (AIP Conference Proceedings; Том 2425). American Institute of Physics Inc.. P.130004-1 – 130004-4. URL: doi.org/10.1063/5.0081473

11. Antonova A.S., Aksyonov K.A., Aksyonova O.P. An imitation and heuristic method for scheduling with subcontracted resources. *Mathematics* 2021, 9(17), 2098; URL: doi.org/10.3390/math9172098.

12. Shorikov, A.F., & Butsenko, E.V. Optimal adaptive control of business planning processes based on network economic and mathematical

modeling // Application of Mathematics in Technical and Natural Sciences: 12th International On-line Conference for Promoting the Application of Mathematics in Technical and Natural Sciences, AMiTaNS 2020 (Vol. 2302). [060013] (AIP Conference Proceedings; Vol. 2302). 2020. - URL: doi.org/10.1063/5.0033584

13. Skobelev, P., Zhilyaev, A., Larukhin, V., Grachev, S., Simonova, E. Ontology-based open multi-agent systems for adaptive resource management // In Proceedings of the 12th International Conference on Agents and Artificial Intelligence, Valletta, Malta, 2020; pp. 127–135, URL: [doi:10.5220/0008896301270135](https://doi.org/10.5220/0008896301270135).

References

1. Shherbakov V.S., Petukhov, E.A., Shherbakov I.S., Chumakova E.V., Klimov, A.S. Inzhenernyj vestnik Dona, 2022. №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2022/7500.

2. Pavlov, A. V., Spirin, N. A., Beginyuk, V. A., Lavrov, V. V., & Gurin, I. A. Analysis of the Slag Mode of Blast Furnace Melting Using Model Decision Support Systems. Steel in Translation 2022, 52(6), pp. 574-580. URL: doi.org/10.3103/S0967091222060110.

3. Gurin, I., Spirin, N., & Lavrov, V. Automated Information System for Control and Diagnostics of the Blast Furnace Slag Mode. B A. A. Radionov, & V. R. Gasiyarov (Ред.), Advances in Automation III Proceedings of the International Russian Automation Conference, RusAutoCon 2021 (pp. 256-264). (Lecture Notes in Electrical Engineering; Том 857 LNEE). Springer. URL: doi.org/10.1007/978-3-030-94202-1_25.

4. Spirin, N. A., Gurin, I. A., Lavrov, V. V., Rybolovlev, V. Y., Schnaider, D. A., & Krasnobaev, A. V. Digital Transformation of Pyrometallurgical Technologies. State, Scientific Problems, and Prospects of Development. Steel in Translation 2021, 51(8), 522-530. URL: doi.org/10.3103/S0967091221080143.

5. Aksyonov K., Antonova A. Development of an Automated System for Analysis, Modeling, and Decision-Making for Metallurgical Enterprise. International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment 2021, ICMTMTE 2021 [050028] (AIP Conference Proceedings; Том 2503). American Institute of Physics Inc. URL: doi.org/10.1063/5.0100034.

6. Ponomareva, O., Porshnev, S., Borodin, A., & Mirvoda, S. Data preparation module of automated metallurgical products production system. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 2021, 1047(1), [012003]. URL: doi.org/10.1088/1757-899X/1047/1/012003.

7. Borodin, A. M., Mirvoda, S. G., & Porshnev, S. V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2013, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2036.

8. Porshnev, S., Borodin, A., Ponomareva, O., Mirvoda, S., & Chernova, O. The development of a heterogeneous MP data model based on the ontological approach. Symmetry 2021, 13(5), [813]. URL: doi.org/10.3390/sym13050813.

9. Porshnev, S., Ponomareva, O., Trofimov, S., & Anchugova, O. A Mathematical Model for the Description of Metallurgical Production on the Basis of Heterogeneous Data. В Proceedings - 2020 Ural Symposium on Biomedical Engineering, Radioelectronics and Information Technology, USBEREIT 2020 (стр. 496-498). [9117711] (Proceedings 2020 Ural Symposium on Biomedical Engineering, Radioelectronics and Information Technology, USBEREIT 2020). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. URL: doi.org/10.1109/USBEREIT48449.2020.9117711.

10. Stepanova I. V., Aksyonov K. A., Aksyonova O. P. Hybrid Simulation-Agent Modeling of Ore Mining and Transportation Process. В T. E. Simos, T. E. Simos, T. E. Simos, T. E. Simos, & C. Tsitouras (Ред.), International Conference on Numerical Analysis and Applied Mathematics, ICNAAM 2020 [130004] (AIP Conference Proceedings; Том 2425). American Institute of Physics Inc. P.130004-1 – 130004-4. URL: doi.org/10.1063/5.0081473.

11. Antonova A.S., Aksyonov K.A., Aksyonova O.P. An imitation and heuristic method for scheduling with subcontracted resources. *Mathematics* 2021, 9(17), 2098; URL: doi.org/10.3390/math9172098.

12. Shorikov, A.F., & Butsenko, E.V. Optimal adaptive control of business planning processes based on network economic and mathematical modeling Application of Mathematics in Technical and Natural Sciences: 12th International On-line Conference for Promoting the Application of Mathematics in Technical and Natural Sciences, AMiTaNS 2020 (Vol. 2302). [060013] (AIP Conference Proceedings; Vol. 2302). 2020. URL: doi.org/10.1063/5.0033584.

13. Skobelev, P., Zhilyaev, A., Larukhin, V., Grachev, S., Simonova, E. Ontology-based open multi-agent systems for adaptive resource management In Proceedings of the 12th International Conference on Agents and Artificial Intelligence, Valletta, Malta, 2020; pp. 127–135, URL: [doi:10.5220/0008896301270135](https://doi.org/10.5220/0008896301270135).