

2.3.3. АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ

Научная статья

Вестник МГТУ «Станкин». 2025. № 1 (72). С. 102–108.

УДК 004.942

Vestnik MSUT “Stankin”. 2025. No. 1 (72). P. 102–108.

A.A. Акимов [✉], С.Н. Григорьев

ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»

[✉] Автор для корреспонденции

ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ ИНТЕГРАЦИОННОЙ ПЛАТФОРМЫ АГРЕГАЦИИ ДАННЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Аннотация

В статье рассмотрены практические аспекты разработки интеграционной платформы агрегации данных производственно-логистической системы (ПЛС) машиностроительных предприятий для проведения анализа их производительности. Предложена структурная модель решения для сбора данных из разнородных информационных систем, отличающаяся гибкостью и масштабируемостью. Разработана модель процессов сбора и объединения данных, которая позволяет автоматизировать процесс агрегации данных для анализа производительности ПЛС.

Ключевые слова: производственно-логистическая система, интеграционная платформа данных, интеграционные модули, структурная модель, агрегация данных, информационные системы.

Для цитирования: Акимов А.А., Григорьев С.Н. Практические аспекты разработки интеграционной платформы агрегации данных производственно-логистической системы машиностроительных предприятий // Вестник МГТУ «Станкин». – 2025. – № 1 (72). – С. 102–108.

A.A. Akimov [✉], S.N. Grigoriev

MSUT “STANKIN”

[✉] Corresponding author

PRACTICAL ASPECTS OF DEVELOPING AN INTEGRATION PLATFORM FOR AGGREGATING DATA OF THE PRODUCTION AND LOGISTICS SYSTEM OF MECHANICAL ENGINEERING ENTERPRISES

Abstract

The article considers practical aspects of developing an integration platform for aggregating data from various information management systems of production and logistics systems (PLS) of mechanical engineering enterprises to analyze their performance. A structural model of a solution for collecting data from heterogeneous information systems is proposed, which is flexible and scalable. A model of data collection and consolidation processes has been developed, which allows automating the data aggregation process for analyzing PLS performance.

Keywords: production and logistics system, data integration platform, integration modules, structural model, data aggregation, information systems.

For citation: Akimov A.A., Grigoriev S.N. Practical aspects of developing an integration platform for aggregating data of the production and logistics system of mechanical engineering enterprises. *Vestnik MSUT “Stankin”*. 2025. No 1 (72). P. 102–108. (In Russian)

Введение

Современные машиностроительные предприятия работают в условиях растущей конкуренции. Внедрение передовых технологий, автоматизация производственных процессов и цифровизация управления становятся ключевыми факторами, необходимыми для повышения качества продукции, сокращения издержек производства и оперативного реагирования на изменения условий рынка [1-3]. Повышение производительности современных машиностроительных предприятий невозможно без проведения комплексного анализа функционирования их производственно-логистических систем (ПЛС), по результатам которого формируются организационно-технологические решения [4]. При этом для выполнения адекватного анализа работы ПЛС необходимо сформировать корректные и не противоречивые наборы данных, описывающие компоненты рассматриваемой системы, и представленные в формате, необходимом для используемого инструмента анализа [5-7].

Ключевыми элементами управления производственными процессами, обеспечивающими их автоматизацию и контроль, являются информационные системы, внедряемые на различных уровнях управления предприятием. При этом сбор и агрегация данных из различных информационных систем в набор данных, необходимый для проведения ее анализа, становится все более сложной задачей из-за разнообразия форматов, технологий и методов обработки информации [8-9]. Выполнение данно-

го процесса вручную может быть слишком трудоемким процессом, поскольку для анализа могут требоваться большие объемы данных, они могут иметь различный формат, ошибки и противоречивые сведения из различных источников. Поэтому автоматизация процессов агрегации данных ПЛС является актуальной задачей и ее решение позволит сократить временные затраты на сбор и обработку наборов данных, необходимых для проведения анализа ПЛС [10-11].

Для решения описанных задач предлагается разработка интеграционной платформы данных, позволяющей автоматизировать процессы сбора данных ПЛС, сформировать централизованное хранилище данных, обеспечить согласованность данных между различными системами ПЛС, обеспечить контроль и валидацию исходных данных, а также реализовать возможность их экспорта в необходимый формат для проведения дальнейшего анализа.

Разработка структурной модели решения для сбора данных из разнородных информационных систем

Автоматизация процесса сбора данных из различных информационных систем управления ПЛС в предлагаемой интеграционной платформе реализуется за счет создания унифицированного подхода, основанном на использовании гибко настраиваемых интеграционных модулей и загрузки собранных данных в централизованное хранилище. На *рис. 1* показана структурная модель решения

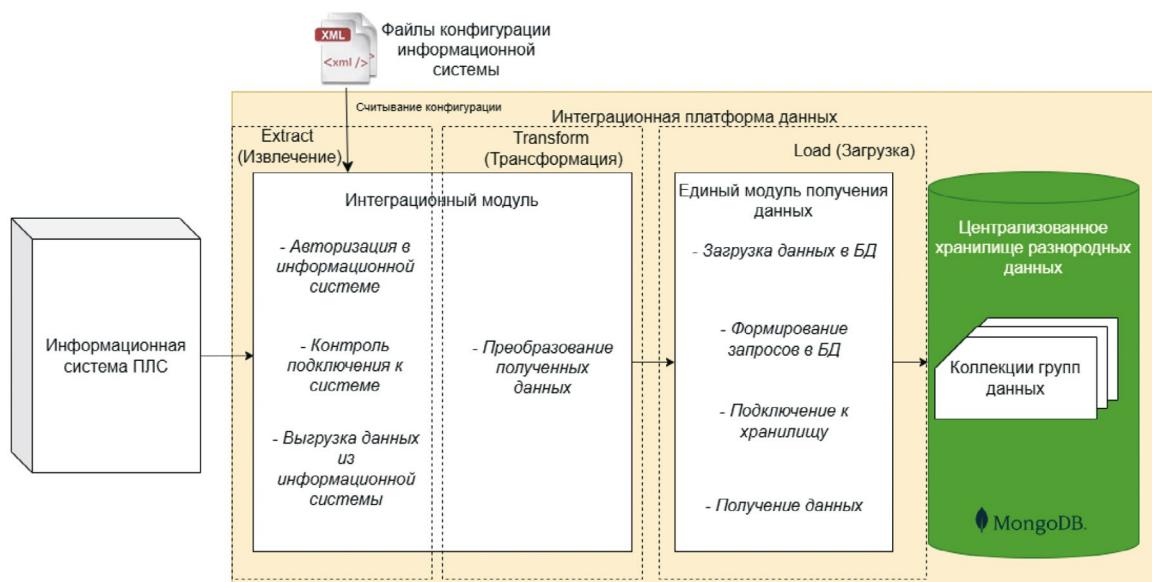


Рис. 1. Структурная модель решения для сбора данных в интеграционной платформе

для сбора данных, реализуемая в интеграционной платформе.

Сбор данных из различных информационных систем реализован с помощью последовательно выполняемых процессов: извлечения, трансформации и загрузки данных.

Взаимодействие с внешними информационными системами реализуется с помощью интеграционных модулей, обеспечивающих поддержку широкого спектра протоколов связи и форматов данных и конфигурируемых под каждый выбранный источник данных. Основным требованием к интеграционным модулям является необходимость поддержки общих протоколов и стандартов передачи данных, таких как: REST, SOAP, OPC UA, MQTT, HTTP, FTP. Помимо этого, интеграционные модули должны поддерживать работу с различными форматами представления данных: CSV, JSON, XML, SQL и др.

Масштабируемость интеграционной платформы заключается в возможности расширения набора интеграционных модулей, реализуемых для взаимодействия с определенной системой. Гибкость интеграционных модулей реализуется за счет их модульной структуры, которая позволяет настраивать процессы и правила сбора данных без необходимости изменения их программной реализации [6]. При изменении структуры данных в одной из информационных систем, используемых в качестве источника данных, в интеграционной платформе реализуется возможность быстрого изменения конфигурации для ее адаптации к новой структуре данных. Файлы конфигурации, разрабатываемые для каждой информационной системы, содержат следующий набор данных:

- данные для подключения к системе;
- данные авторизации;
- формат отправки запросов;
- список настроенных запросов.

Интеграционные модули взаимодействия с внешними информационными системами реализуются в соответствии с типовым интерфейсом и обладают следующим набором функций:

- функция авторизации, предназначенная для установления соединения с информационной системой (данная функция не является обязательной, однако в некоторых случаях выполнение запроса на авторизацию требуется для доступа к системе);
- функция контроля подключения, обеспечивающая проверку доступности соединения

с информационной системой и возможность отправки запросов для извлечения данных;

- выгрузка данных, включая отправку запросов на получение информации из системы и обработку соответствующих ответов.

На следующем этапе полученные из внешних информационных систем данные загружаются в централизованное хранилище, используя единый модуль получения данных, реализующий следующий набор функций:

- функции загрузки данных в базу данных (БД), реализующие выполнение запросов для наполнения единого централизованного хранилища необработанных данных;
- функции формирования запросов в БД, которые на основе полученных данных из информационной системы выполняют создание команд для загрузки данных в единое централизованное хранилище необработанных данных;
- функции для подключения хранилища, которые устанавливают контроль связи с хранилищем необработанных данных;
- функции получения данных, которые используются для формирования единой структуры, предназначеннной для последующей загрузки информации в базу данных.

Таким образом реализуется процесс извлечения данных из внешних информационных систем, их трансформация и загрузка в централизованное хранилище разнородных данных, являющееся базовым источником для дальнейшего формирования наборов агрегированных данных, необходимых для анализа ПЛС.

Разработка модели процесса объединения данных в интеграционной платформе

Формирование агрегированных наборов данных, необходимых для выполнения дальнейшего анализа ПЛС, требует предварительной обработки и объединения данных, полученных из различных источников. Данный процесс в интеграционной платформе реализован за счет использования механизмов автоматической проверки данных и настройки правил их объединения.

На рис. 2 представлена модель процесса объединения данных в интеграционной платформе.

Данные, полученные из различных информационных систем, хранятся в централизованном хранилище в виде коллекций групп данных и имеют первоначальные формат и структуру.

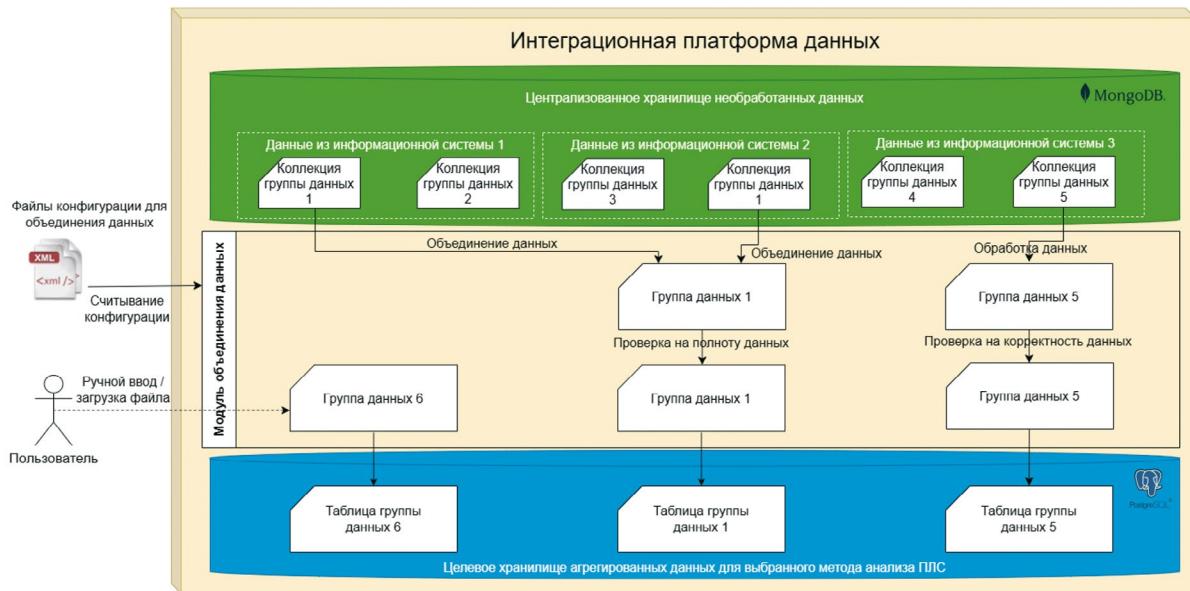


Рис. 2. Модель процесса объединения данных в интеграционной платформе

Группы данных, хранящиеся в виде коллекций в нереляционной базе данных, выгружаются в соответствии с выбором пользователя. Пользователь через интерфейс интеграционной платформы задает набор данных, необходимых для выгрузки. Также, данный процесс может быть автоматизирован путем создания конфигурации с описанием правил обработки данных.

В модуле объединения данных производится обработка и валидация данных. Процесс объединения данных направлен на формирование набора данных, необходимых для проведения анализа ПЛС. При необходимости, на первом этапе выполняется обработка данных, заключающаяся в вычислении средних значений, медиан, минимальных и максимальных параметров за определенные временные интервалы. После выполнения этих действий формируется предварительно обработанный набор данных в заданном формате. Однако, на данном этапе возможны ошибки или неполнота данных, что может затруднить их последующий анализ. Проверки на полноту данных выполняются с целью выявить, что во временных рядах данных нет пропущенных интервалов или недостатка обязательных данных. Проверка на корректность данных выполняется для валидации форматов и структур данных, проверка на соответствие необходимым форматам и соответствие диапазонов значений. Проверка на консистентность данных выполняется с целью выявления недостатков при совмещении данных между системами. В результате выполнения данных процессов фор-

мируется агрегированный набор данных, который сохраняется в целевом хранилище.

Для использования полученных агрегированных данных для анализа ПЛС в платформе имеется возможность их преобразования в формат, необходимый для выбранного инструмента анализа. Процесс передачи данных может быть построен несколькими способами: посредством формирования файла исходных данных, с помощью отправки запросов через REST API, наполнения базы данных инструмента анализа ПЛС [12].

В качестве инструментов анализа могут выступать различные системы, реализующие различные методы: аналитический метод расчета, системы производственного планирования, системы имитационного моделирования и др. [13].

Выводы

Для проведения анализа производительности ПЛС машиностроительных предприятий необходимо реализовать сбор и обработку данных, описывающих рассматриваемую систему. Данные, необходимые для анализа, могут храниться в различных информационных системах: системы управления производством (MES), системы управления предприятием (ERP), системы конструктивско-технологической подготовки производства (САПР) и других источниках. Эффективный анализ этих данных может позволить оптимизировать рабочие процессы и повысить производительность ПЛС.

Представленная в статье интеграционная платформа данных реализует функции агрегации данных, что позволяет: автоматизировать процессы сбора данных ПЛС для ее последующего анализа, создать централизованное хранилище данных, обеспечить согласованность данных между различными системами ПЛС, а также обеспечить контроль и валидацию исходных данных.

Разработанная структурная модель решения для сбора данных из разнородных информационных систем реализует свойства гибкости и масштабируемости за счет использования интеграционных модулей, настраиваемых под конкретные источники данных. Представленная модель процессов объединения данных позволяет агрегировать данные из различных систем, выполнять проверку корректности агрегированных данных и сформировать единый набор агрегированных данных, необходимых для использования во внешних инструментах анализа ПЛС.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-79-10254, <http://rscf.ru/project/22-79-10254/>. Работа была выполнена с использованием оборудования центра коллективного пользования ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН».

Библиографический список

1. Долгов В.А., Рахмилевич Е.Г., Пятнов Ю.В., Подкидышев А.А. Отработка изделий на производственную технологичность при диверсификации машиностроительных предприятий ОПК в условиях развития цифрового производства // Вестник МГТУ «Станкин». – 2018. – № 4 (47). – С. 8–12. – EDN: VRVJKB.
2. Григорьев С.Н., Долгов В.А., Никишечкин П.А., Долгов Н.В. Разработка структурной модели цифрового двойника производственно-логистической системы машиностроительных предприятий // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия Машиностроение. – 2021. – № 2(137). – С. 43–58. – DOI 10.18698/0236-3941-2021-2-43-58. – EDN TRCNAW.
3. Ягопольский А.Г., Андрюхин Н.Д., Тутукин Д.Г. Имитационное моделирование производственных систем машиностроительных производств // Инновации и инвестиции. – 2020. – № 11. – С. 254–256. – EDN THNAAH.
4. Долгов В.А., Никишечкин П.А., Архангельский В.Е. и др. Модели управления производственными системами машиностроительных предприятий на основе разработки и использования их цифровых двойников // Моделирование нелинейных процессов и систем: Материалы пятой международной конференции, Москва, 16–20 ноября 2020 года. – М.: ООО «Изд-во «Янус-К», 2021. – С. 171–176. – EDN FJQQNX.
5. Долгов В.А., Никишечкин П.А., Ивашин С.С. и др. Современные подходы к построению цифровых двойников продуктов, процессов и систем, включая производственно-логистические системы машиностроительных предприятий // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2023. – № 2. – С. 88–96. – DOI 10.52261/02346206_2023_2_88. – EDN LKUKDS.
6. Nikishechkin P., Akimov A., Nikich A. Practical aspects of building interactive environment for user interfaces development and visualization for monitoring and control of heterogeneous technological processes // AIP Conference Proceedings: International conference on modern trends in manufacturing technologies and equipment 2021, Sevastopol, 06–10 сентября 2021 года. Vol. 2503. – Sevastopol: American Institute of Physics Inc., 2022. – Р. 050087. – DOI 10.1063/5.0101237. – EDN CPLHMZ.
7. Долгов Н. В., Акимов А. А. Применение методов имитационного моделирования для оценки эффективности использования аддитивных технологий печати воском для получения восковых моделей для литья по выплавляемым моделям // Мехатроника, автоматика и робототехника. – 2023. – № 11. – С. 113–119. – DOI 10.26160/2541-8637-2023-11-113-119. – EDN XARPFI.
8. Никишечкин П.А., Григорьев А.С. Практические аспекты разработки модуля диагностики и контроля режущего инструмента в системе ЧПУ // Вестник МГТУ «Станкин». – 2013. – № 4 (27). – С. 65–70. – EDN: RZBLHD.
9. Никишечкин П.А., Червоннова Н.Ю., Никич А.Н. Подход к построению специализированных портативных терминалов для контроля и управления технологическим оборудованием // Автоматизация в промышленности. – 2018. – № 6. – С. 63–67. – EDN UVIQAX.
10. Dolgov N. V., Akimov A. A., Nikishechkin P. A. Evaluation of the effectiveness of the use of additive wax printing technologies for obtaining wax models for lost-wax casting in custom production based on simulation modeling // E3S Web of Conferences: Ural Environmental Science Forum “Sustainable Development of Industrial Region” (UESF-2023), Chelyabinsk, 25–28 апреля 2023 года. Vol. 389. – Chelyabinsk: EDP Sciences, 2023. –

- P. 01065. – DOI 10.1051/e3sconf/202338901065. – EDN MZMYJQ.
11. Долгов В.А., Долгов Н.В., Акимов А.А., Прошкина О.С. Особенности расчета технологического цикла сборки изделия с нестабильной длительностью операций в многономенклатурном производстве методами имитационного моделирования и математической статистики // Вестник МГТУ «Станкин». – 2023. – № 1 (64). – С. 34–41. – DOI: 10.47617/2072-3172_2023_1_34. – EDN: ZULTXU.
12. Григорьев С.Н., Долгов В.А., Никишечкин П.А., Иванин С.С., Долгов Н.В. Имитационное моделирование производственных процессов различных типов машиностроительных производств. // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение. – 2022. – № 3. – С. 84–99. – DOI: 10.18698/0236-3941-2022-3-84-99
13. Долгов Н.В., Акимов А.А. Применение методов имитационного моделирования для оценки эффективности использования аддитивных технологий печати воском для получения восковых моделей для литья по выплавляемым моделям // Мехатроника, автоматика и робототехника. – 2023. – № 11. – С. 113–119. – DOI 10.26160/2541-8637-2023-11-113-119. – EDN XARPFI.
- 16-20, 2020. – Moscow: Publishing House “Janus-K”, 2021. P. 171–176. EDN FJQQNX.
5. Dolgov V.A., Nikishechkin P.A., Ivashin S.S. et al. Modern approaches to building digital twins of products, processes and systems, including production and logistics systems of machine-building enterprises. *Problems of mechanical engineering and automation*. 2023. No. 2. P. 88–96. DOI 10.52261/02346206_2023_2_88. EDN LKUKDS.
6. Nikishechkin P., Akimov A., Nikich A. Practical aspects of building interactive environment for user interfaces development and visualization for monitoring and control of heterogeneous technological processes. AIP Conference Proceedings: International conference on modern trends in manufacturing technologies and equipment 2021, Sevastopol, September 06-10, 2021. Vol. 2503. Sevastopol: American Institute of Physics Inc., 2022. P. 050087. DOI 10.1063/5.0101237. EDN CPLHMZ.
7. Dolgov N.V., Akimov A.A. Application of simulation modeling methods to evaluate the effectiveness of using additive wax printing technologies to produce wax models for casting. *Mechatronics, automation and robotics*. 2023. No. 11. P. 113–119. DOI 10.26160/2541-8637-2023-11-113-119. EDN XARPFI.
8. Nikishechkin P.A., Grigoriev A.S. Practical aspects of developing a module for diagnostics and control of cutting tools in a CNC system. *Vestnik MSUT “Stankin”*. 2013. No. 4 (27). P. 65–70. EDN: RZBLHD.
9. Nikishechkin P.A., Chervonnova N.Yu., Nikich A.N. An approach to the construction of specialized portable terminals for monitoring and controlling technological equipment. *Automation in industry*. 2018. No. 6. P. 63–67. EDN UVIQAX.
10. Dolgov N.V., Akimov A.A., Nikishechkin P.A. Evaluation of the effectiveness of the use of additive wax printing technologies for acquiring wax models for lost-wax casting in custom production based on simulation modeling. E3S Web of Conferences: Ural Environmental Science Forum “Sustainable Development of Industrial Region” (UESF-2023), Chelyabinsk, April 25–28, 2023. Vol. 389. Chelyabinsk: EDP Sciences, 2023. P. 01065. DOI 10.1051/e3sconf/202338901065. EDN MZMYJQ.
11. Dolgov V.A., Dolgov N.V., Akimov A.A., Proshkina O.S. Features of calculating the technological cycle of assembling a product with an unstable duration of operations in a multi-nomenclature production by methods of simulation modeling and mathematical statistics. *Vestnik MSUT “Stankin”*. 2023. No. 1 (64). P. 34–41. DOI: 10.47617/2072-3172_2023_1_34. EDN: ZULTXU.

References

1. Dolgov V.A., Rakhmilevich E.G., Pyatnov Yu.V., Podkidyshhev A.A. Testing products for industrial adaptability in the diversification of defense industry machine-building enterprises in the context of the development of digital production. *Vestnik MSUT “Stankin”*. 2018. No. 4 (47). P. 8–12. EDN: VRYJKB.
2. Grigoriev S. N., Dolgov V. A., Nikishechkin P. A., Dolgov N. V. Development of a structural model of the digital twin of the production and logistics system of machine-building enterprises. *Bulletin of the Bauman Moscow State Technical University. The Mechanical Engineering series*. 2021. No. 2(137). P. 43–58. DOI 10.18698/0236-3941-2021-2-43-58. EDN TRCNAW.
3. Yagopolsky A.G., Andriukhin N.D., Tutukin D.G. Simulation modeling of production systems of machine-building industries. *Innovations and investments*. 2020. No. 11. P. 254–256. EDN THAAH.
4. Dolgov V.A., Nikishechkin P.A., Arkhangelsky V.E. et al. Management models of production systems of machine-building enterprises based on the development and use of their digital counterparts. Modeling of nonlinear processes and systems: Proceedings of the Fifth International Conference, Moscow, November
- 16-20, 2020. – Moscow: Publishing House “Janus-K”, 2021. P. 171–176. EDN FJQQNX.
5. Dolgov V.A., Nikishechkin P.A., Ivashin S.S. et al. Modern approaches to building digital twins of products, processes and systems, including production and logistics systems of machine-building enterprises. *Problems of mechanical engineering and automation*. 2023. No. 2. P. 88–96. DOI 10.52261/02346206_2023_2_88. EDN LKUKDS.
6. Nikishechkin P., Akimov A., Nikich A. Practical aspects of building interactive environment for user interfaces development and visualization for monitoring and control of heterogeneous technological processes. AIP Conference Proceedings: International conference on modern trends in manufacturing technologies and equipment 2021, Sevastopol, September 06-10, 2021. Vol. 2503. Sevastopol: American Institute of Physics Inc., 2022. P. 050087. DOI 10.1063/5.0101237. EDN CPLHMZ.
7. Dolgov N.V., Akimov A.A. Application of simulation modeling methods to evaluate the effectiveness of using additive wax printing technologies to produce wax models for casting. *Mechatronics, automation and robotics*. 2023. No. 11. P. 113–119. DOI 10.26160/2541-8637-2023-11-113-119. EDN XARPFI.
8. Nikishechkin P.A., Grigoriev A.S. Practical aspects of developing a module for diagnostics and control of cutting tools in a CNC system. *Vestnik MSUT “Stankin”*. 2013. No. 4 (27). P. 65–70. EDN: RZBLHD.
9. Nikishechkin P.A., Chervonnova N.Yu., Nikich A.N. An approach to the construction of specialized portable terminals for monitoring and controlling technological equipment. *Automation in industry*. 2018. No. 6. P. 63–67. EDN UVIQAX.
10. Dolgov N.V., Akimov A.A., Nikishechkin P.A. Evaluation of the effectiveness of the use of additive wax printing technologies for acquiring wax models for lost-wax casting in custom production based on simulation modeling. E3S Web of Conferences: Ural Environmental Science Forum “Sustainable Development of Industrial Region” (UESF-2023), Chelyabinsk, April 25–28, 2023. Vol. 389. Chelyabinsk: EDP Sciences, 2023. P. 01065. DOI 10.1051/e3sconf/202338901065. EDN MZMYJQ.
11. Dolgov V.A., Dolgov N.V., Akimov A.A., Proshkina O.S. Features of calculating the technological cycle of assembling a product with an unstable duration of operations in a multi-nomenclature production by methods of simulation modeling and mathematical statistics. *Vestnik MSUT “Stankin”*. 2023. No. 1 (64). P. 34–41. DOI: 10.47617/2072-3172_2023_1_34. EDN: ZULTXU.

12. Grigoriev S.N., Dolgov V.A., Nikishechkin P.A., Ivashin S.S., Dolgov N.V. Simulation modeling of production processes of various types of machine-building industries. *Bulletin of the Bauman Moscow State Technical University. Ser. Mechanical Engineering.* 2022. No. 3. P. 84-99. DOI: 10.18698/0236-3941-2022-3-84-99
13. Dolgov N. V., Akimov A. A. Application of simulation modeling methods to evaluate the effectiveness of using additive wax printing technologies to produce wax models for casting. *Mechatronics, automation and robotics.* 2023. No. 11. P. 113–119. DOI 10.26160/2541-8637-2023-11-113-119. EDN XARPFI.

Информация об авторах

Акимов Артём Александрович – аспирант кафедры высокоеффективных технологий обработки, ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»
akimov2804@gmail.com

Григорьев Сергей Николаевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой высокоеффективных технологий обработки, ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»
s.grigoriev@stankin.ru

Information about the authors

Akimov Artyom Aleksandrovich – postgraduate student at the sub-department of “High-Efficiency Processing Technologies”, MSUT “STANKIN”
akimov2804@gmail.com

Grigoriev Sergei Nikolaevich – D.Sc. of Engineering, Full Professor, Head of the sub-department of “High-Efficiency Processing Technologies”, MSUT “STANKIN”
s.grigoriev@stankin.ru

Авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации и заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors made equivalent contributions to the publication and declare no conflict of interest.