

УДК 65.01 JEL: O12, O21, M3  
DOI: 10.18384/2949-5024-2024-3-61-68

## ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

*Джамай Е. В.<sup>1,2</sup>, Зинченко А. С.<sup>2</sup>, Михайлова Л. В.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Центральный институт авиационного моторостроения имени П. И. Баранова  
111116, г. Москва, ул. Авиамоторная, д. 2, Российская Федерация*

<sup>2</sup> *Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)  
125080, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4, Российская Федерация*

### **Аннотация**

**Цель.** Работа посвящена исследованию инструментов имитационного моделирования в управлении развитием промышленного предприятия как механизму оптимизации производственных процессов и повышения экономической эффективности.

**Процедура и методы.** В ходе исследования изучены инструменты имитационного моделирования в процессе принятия решений при управлении развитием предприятия. Методической основой стали методы моделирования экономических систем, теория управления и теория принятия решений.

**Результаты.** В данной работе авторами проведено теоретическое исследование, в результате которого имитационное моделирование рассмотрено в качестве реального инструмента управления развитием предприятия. Имитационное моделирование представлено как действенный инструмент исследования систем, позволяющий создать цифровую модель, воспроизводящую процессы функционирования структурного состава реальной системы, а также предоставляющий возможность проводить вычислительные эксперименты, изменяя значимые параметры модели.

**Теоретическая и практическая значимость.** Полученные в ходе исследования выводы и рекомендации позволяют повысить оперативность и качество принятия управленческих решений, а также конкурентоспособность промышленного предприятия вследствие преимуществ, возникающих при использовании информационных технологий.

**Ключевые слова:** имитационное моделирование, инструменты управления развитием промышленного предприятия, использование имитационного моделирования

## SIMULATION MODELING AS A TOOL FOR MANAGING THE DEVELOPMENT OF AN INDUSTRIAL ENTERPRISE

*E. Dzhamay<sup>1,2</sup>, A. Zinchenko<sup>2</sup>, L. Mikhailova<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Central Institute of Aviation Motors  
ul. Aviamotornaya 2, Moscow 111116, Moscow, Russian Federation*

<sup>2</sup> *Moscow Aviation Institute (National Research University)  
sh. Volokolamskoe 4, Moscow 125080, Russian Federation*

### **Abstract**

**Aim.** The article is devoted to the study of simulation tools in the management of the development of an industrial enterprise as a mechanism for optimizing production processes and increasing economic efficiency.

**Methodology.** In the course of the study, the tools of simulation modeling in the decision-making process in the management of enterprise development were studied. The methodological basis was the methods of modeling economic systems, management theory and decision theory.

**Results.** In this article, the authors conducted a theoretical study, as a result of which simulation modeling is considered as a real tool for managing the development of an enterprise. Simulation modeling is presented as an effective system research tool that allows you to create a digital model that reproduces the functioning processes of the structural composition of a real system, and also allows you to conduct computational experiments by changing significant parameters of the model.

**Research implications.** The conclusions and recommendations obtained in the course of the study make it possible to improve the efficiency and quality of managerial decision-making, as well as the competitiveness of an industrial enterprise due to the advantages arising from the use of information technology.

**Keywords:** simulation modeling, tools for managing the development of an industrial enterprise, the use of simulation modeling

## Введение

В современном мире трудно представить успешное конкурентоспособное предприятие, игнорирующее преимущества, возникающие вследствие использования информационных технологий в качестве основы при принятии решений. Особенно важно использовать инструменты моделирования именно при принятии решений при управлении развитием предприятия. Современные цифровые инструменты, такие как системы имитационного моделирования, способны решить проблемы реального производства любого уровня сложности безопасно, эффективно и быстро [2, с. 85]. Это удобный инструмент для анализа любых гипотез и проектирования, его отличают наглядность, вариативность, комплексность и простота для понимания и проверки полученных результатов.

## Цель и задачи исследования имитационного моделирования

Целью настоящего исследования является изучение инструментов имитационного моделирования в управлении развитием промышленного предприятия. Задачи исследования заключаются в обосновании целесообразности внедрения данных инструментов в качестве механизма оптимизации производственных процессов и повышения экономической эффективности. Внедрение инструментов имитационного моделирования на предприятии позволяет создать цифровую модель, воспроизводящую процессы функционирования структурного состава реальной системы. Внедрение обозначенных инструментов предоставляет возможность проводить вычислительные эксперименты, изменяя значимые параметры модели.

## Применение механизмов имитационного моделирования на предприятии

В разных сферах экономической деятельности – например, в организации промышленного производства, бизнеса или науки – имитационное моделирование не только даёт чёткое представление о технически сложных системах, но и помогает

найти обоснованные и оптимальные решения для управления развитием промышленного предприятия<sup>1</sup>.

Управление развитием является важным элементом конкурентоспособности предприятий; современный рынок характеризуется высокой динамикой и неопределённостью, поэтому предприятия должны постоянно развиваться и адаптироваться к новым условиям, чтобы сохранять свою конкурентоспособность<sup>2</sup>.

Управление развитием предприятия включает в себя такие элементы, как: анализ внешней и внутренней среды предприятия для определения возможностей и угроз [7, с. 305], а также сильных и слабых сторон; разработка стратегии развития, которая определяет цели, задачи и меры по достижению этих целей; реализация стратегии развития, включающая в себя планирование и координацию действий всех подразделений предприятия; оценка результатов реализации стратегии развития и корректировка действий в соответствии с изменениями во внешней и внутренней среде. Управление развитием основывается на обосновании выбора модели управления предприятием, помогает обеспечить его конкурентоспособность, укрепить позиции на рынке и повысить прибыльность.

Имитационное моделирование – это инструмент, позволяющий создавать виртуальную модель процессов и систем, которые происходят на промышленном предприятии [8, с. 47]. Эта модель может быть использована для анализа и оптимизации различных аспектов деятельности предприятия, таких как производственные процессы, управление запасами, расписание производства и т. д.

Проектирование и технологическая трансформация производственных процессов на основе использования механизмов имитационного моделирования и цифрового производства незаменимы, когда на предприятии внедряются новые производственные процессы, а также в условиях модернизации, реконструкции или обоснования эффективности инвестиций [1, с. 50].

Применение имитационного моделирования в управлении развитием промышленного предприятия может помочь оптимизировать производственные процессы, определить наилучшие методы производства и оптимизировать текущие процессы, чтобы улучшить экономическую эффективность [4, с. 26].

Применение в производственной деятельности методов имитационного моделирования способствует улучшению управления запасами, помогает определить наилучшие стратегии управления запасами, чтобы уменьшить издержки и повысить эффективность. С помощью данных методов происходит оптимизация расписания производства: определение наилучших стратегий расписания производства, уменьшение времени цикла и повышение его эффективности. Кроме того, имитационное моделирование позволяет предотвратить возможные проблемы и риски, связанные с изменениями в производственных процессах или в управлении запасами. На основе имитационного моделирования руководство предприятия может принимать более обоснованные решения, основанные на точных данных и анализе, что, в свою очередь, приводит к более успешному развитию предприятия [5, с. 79].

Таким образом, имитационное моделирование является мощным инструментом для управления развитием промышленного предприятия, который способствует повышению эффективности, экономической эффективности и уменьше-

<sup>1</sup> Лычкина Н. Н. Имитационное моделирование экономических процессов: учебное пособие. М.: ИНФРА-М, 2012. С. 103.

<sup>2</sup> Повышение конкурентоспособности промышленных предприятий на основе развития инновационной деятельности: учебное пособие / Т. В. Матвеева, В. В. Криворотов, Н. В. Машкова, П. П. Корсунов. Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2018. С. 154.

нию рисков. Современные отечественные промышленные предприятия обладают разным уровнем цифровой активности и готовности к цифровизации [6, с. 1075], но для каждого из них возможно выделить области деятельности, эффективность которых может зависеть от использования цифровых инструментов, таких как имитационное моделирование.

### **Технологии имитационного моделирования**

Использование технологий имитационного моделирования при управлении развитием предприятий имеет ряд преимуществ. К ним можно отнести следующие:

- 1) увеличение эффективности принятия решений (с помощью имитационного моделирования можно проводить эксперименты и анализировать результаты, что позволяет принимать более обоснованные и эффективные решения);
- 2) сокращение времени на разработку и внедрение новых стратегий (имитационное моделирование позволяет быстро проверять различные варианты стратегий и выбирать наиболее оптимальный);
- 3) улучшение планирования и контроля (с помощью имитационного моделирования можно предвидеть возможные проблемы и риски, что позволяет более точно планировать и контролировать процессы на предприятии);
- 4) снижение затрат (использование имитационного моделирования позволяет экономить на затратах на проведение реальных экспериментов и тестирований);
- 5) улучшение коммуникации и совместной работы (имитационное моделирование даёт возможность участникам проекта лучше понимать друг друга и работать вместе над достижением общей цели);
- 6) увеличение прозрачности (имитационное моделирование позволяет более ясно и понятно представлять процессы на предприятии и их взаимодействие, что способствует улучшению прозрачности управления).

### **Задачи управления развитием предприятия, которые могут быть решены при помощи имитационного моделирования**

Имитационное моделирование может быть использовано для решения следующих задач управления развитием предприятия:

1. Оптимизация производственных процессов – в данном случае имитационное моделирование позволяет определить оптимальные параметры производства и оценить эффективность изменений в производственном процессе.

2. Прогнозирование спроса на продукцию предприятия. Здесь имитационное моделирование направлено на возможность оценки будущего спроса и принятие мер по увеличению или уменьшению объёмов производства. Оптимизация инвестиций основана на возможности оценить эффективность инвестиционных проектов и выбрать наиболее выгодные варианты. Оценка рисков – это эффективный расчёт вероятностей возникновения рисков и разработка математически обоснованной стратегии по их снижению или управлению. Оптимизация логистики на основе имитационного моделирования способна помочь предприятию усовершенствовать логистические процессы и снизить затраты на транспортировку и складирование.

Разработка стратегии развития – это, в первую очередь, возможность определить наиболее эффективные стратегии развития и оценить их результаты.

Основными компонентами систем имитационного моделирования являются: модель системы, генератор случайных чисел, механизмы управления, средства

анализа [3, с. 1078]. Модель системы представляет собой описание процессов и взаимодействий, которые происходят в системе. Модель может быть создана с помощью математических уравнений, графов, блок-схем и других методов. Генератор случайных чисел – это инструмент, использующийся для создания случайных событий и переменных в модели, таких как время обработки заказа или количество продукции, произведённой за день. Механизмом управления является программное обеспечение, которое управляет выполнением модели и позволяет изменять её параметры и настройки:

- инструменты, применяемые для анализа результатов моделирования: графики, таблицы и отчёты;
- интерфейс пользователя, т. е. компонент, который обеспечивает взаимодействие пользователя с системой имитационного моделирования, позволяя ему изменять параметры модели и просматривать результаты;
- база данных или хранилище данных, которые используются для сохранения результатов моделирования и других важных данных.

Все названные компоненты работают вместе для создания и выполнения имитационной модели системы и анализа её результатов.

Среди технологий, входящих в состав программ имитационного моделирования, возможно выделить языки программирования, используемые для создания имитационных моделей, такие как Java, C++, Python.

Программы имитационного моделирования имеют графические интерфейсы, позволяющие создавать и изменять модели с помощью мыши и клавиатуры. Для упрощения создания моделей многие программы имеют библиотеки компонентов, которые содержат готовые элементы, такие как транспортные средства, здания, люди. Для решения задач оптимизации могут использоваться различные алгоритмы, например генетические алгоритмы, методы оптимизации на основе симуляции отжига и др. Для хранения и обработки данных также могут привлекаться различные системы баз данных: MySQL, Oracle. Для анализа результатов моделирования возможно применение различных инструментов: графики, диаграммы, статистические методы и др.

В настоящее время на отечественном рынке существует множество готовых программных решений для использования технологий имитационного моделирования при управлении развитием промышленного предприятия, среди которых можно выделить такие решения, как:

1) AnyLogic: мощная платформа для создания имитационных моделей, которая поддерживает различные методы моделирования, включая системную динамику, агентное моделирование и дискретно-событийное моделирование;

2) Simul8: программа для создания имитационных моделей, имеющая простой и интуитивно понятный интерфейс, а также множество готовых шаблонов для создания моделей;

3) Arena Simulation Software: программа для создания имитационных моделей, поддерживающая дискретно-событийное моделирование и имеющая множество инструментов для анализа результатов моделирования;

4) ExtendSim: программа для создания имитационных моделей, которая поддерживает дискретно-событийное моделирование и системную динамику, а также имеет множество готовых компонентов для создания моделей;

5) NetLogo: программа для создания агентных моделей, использующая язык программирования Logo и содержащая простой интерфейс для создания моделей;

6) GAMA: бесплатная программа для создания агентных моделей, которая поддерживает множество методов моделирования и имеет открытый исходный код;

7) Repast: программа для создания агентных моделей с открытым исходным кодом, и поддерживающая множество языков программирования.

Выбор конкретной программы зависит от требований к моделированию и индивидуальных предпочтений пользователя.

### Заключение

В современных условиях использование технологий имитационного моделирования является одним из наиболее эффективных способов управления развитием предприятия, т. к. они позволяют получить более точные и надёжные прогнозы и оценки. Однако возможно осуществлять процессы управления развитием и без использования имитационного моделирования, но это может привести к менее точным прогнозам и оценкам, что способно повлиять на эффективность принятых решений. Например, возможно использовать аналитические методы, такие как методы статистического анализа данных, экспертные оценки и т. д. Тем не менее эти методы могут быть менее точными и не учитывать сложности взаимодействия различных факторов в системе управления развитием предприятия.

Таким образом, использование технологий имитационного моделирования является наиболее эффективным способом управления развитием предприятия в современных условиях, однако возможно осуществлять процессы управления развитием и без них.

*Статья поступила в редакцию 15.01.2024.*

### ЛИТЕРАТУРА

1. Алиев А. Т., Желтенков А. В., Балдин К. В. Проблемы и потенциал развития экономики, промышленного производства и инноваций в современном мире // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Экономика. 2023. № 2. С. 48–58.
2. Джамай Е. В., Фокина Д. А., Михайлова Л. В. Комплексный анализ основных тенденций цифровой трансформации промышленных предприятий // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Экономика. 2023. № 2. С. 85–92.
3. Зинченко А. С. Теоретические аспекты технологической трансформации промышленных предприятий // Экономика и предпринимательство. 2023. № 11 (160). С. 1077–1079.
4. Инновационный механизм развития управления промышленной организацией / Е. В. Скубрий, И. И. Мельничук, А. В. Желтенков, М. Л. Плешаков. М.: Инфра-М, 2024. 168 с.
5. Фокина Д. А., Джамай Е. В., Михайлова Л. В. Классификация факторов, влияющих на длительность операционного цикла промышленного предприятия // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Экономика. 2022. № 4. С. 76–84.
6. Формирование показателей оценки готовности машиностроительных предприятий к цифровой трансформации / В. В. Куимов, Н. В. Полежаева, Е. В. Кашина, Д. А. Фокина // Экономика и предпринимательство. 2022. № 6 (143). С. 1074–1079.
7. Фортунова У. В., Елисеев Е. В. Элементы организационно-экономического механизма управления устойчивым развитием промышленного предприятия // Устойчивое развитие цифровой экономики, промышленности и инновационных систем: сборник трудов научно-практической конференции с зарубежным участием, Санкт-Петербург, 20–21 ноября 2020 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2020. С. 303–306.
8. Law A. M., McComas M. G. Simulation-based optimization // Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference. Orlando, FL, 2000. P. 46–49.

## REFERENCES

1. Aliev A. T., Zheltenkov A. V., Baldin K. V. [Problems and Potential of Economic Development, Industrial Production and Innovation in The Modern World]. In: *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblasnogo universiteta. Seriya: Ekonomika* [Bulletin of the Moscow Regional State University. Series: Economics], 2023, no. 2, pp. 48–58.
2. Dzhamay E. V., Fokina D. A., Mikhailova L. V. [Comprehensive Analysis of The Main Trends in The Digital Transformation of Industrial Enterprises]. In: *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblasnogo universiteta. Seriya: Ekonomika* [Bulletin of the Moscow Regional State University. Series: Economics], 2023, no. 2, pp. 85–92.
3. Zinchenko A. S. [Theoretical Aspects of Technological Transformation of Industrial Enterprises]. In: *Ekonomika i predprinimatelstvo* [Economics and Entrepreneurship], 2023, no. 11 (160), pp. 1077–1079.
4. Skubri E. V., Melnichuk I. I., Zheltenkov A. V., Pleshakov M. L. *Innovacionnyj mekhanizm razvitiya upravleniya promyshlennoj organizaciej* [An Innovative Mechanism for The Development of Management of an Industrial Organization]. Moscow, Infra-M Publ., 2024. 168 p.
5. Fokina D. A., Dzhamay E. V., Mikhailova L. V. [Classification of Factors Affecting The Duration of The Operating Cycle of an Industrial Enterprise]. In: *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblasnogo universiteta. Seriya: Ekonomika* [Bulletin of the Moscow Regional State University. Series: Economics], 2022, no. 4, pp. 76–84.
6. Kuimov V. V., Polezhaeva N. V., Kashina E. V., Fokina D. A. [Formation of Indicators for Assessing the Readiness of Machine-Building Enterprises for Digital Transformation]. In: *Ekonomika i predprinimatelstvo* [Economics and Entrepreneurship], 2022, no. 6 (143), pp. 1074–1079.
7. Fortunova U. V., Eliseev E. V. [Elements of The Organizational and Economic Mechanism for Managing the Sustainable Development of an Industrial Enterprise]. In: *Ustojchivoe razvitiye cifrovoj ekonomiki, promyshlennosti i innovacionnyh system: sbornik trudov nauchno-prakticheskoy konferencii s zarubezhnym uchastiem, Sankt-Peterburg, 20–21 noyabrya 2020 g.* [Proceedings of The Scientific and Practical Conference with Foreign Participation “Sustainable Development of The Digital Economy, Industry and Innovative Systems”, St. Petersburg, November 20-21, 2020]. St. Petersburg, POLYTECHNIC PRESS Publ., 2020. pp. 303–306.
8. Law A. M., McComas M. G. Simulation-based optimization. In: *Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference*. Orlando, FL, 2000, pp. 46–49.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Джамай Екатерина Викторовна – доктор экономических наук, доцент, ученый секретарь института Центрального института авиационного моторостроения имени П. И. Баранова, профессор кафедры управления высокотехнологичными предприятиями Московского авиационного института (национального исследовательского университета); e-mail: [secretar@ciam.ru](mailto:secretar@ciam.ru).

Зинченко Александр Сергеевич – кандидат экономических наук, доцент кафедры математики Московского авиационного института (национального исследовательского университета); e-mail: [a.zinchenko80@gmail.com](mailto:a.zinchenko80@gmail.com)

Михайлова Любовь Викторовна – кандидат экономических наук, доцент кафедры менеджмента и маркетинга высокотехнологичных отраслей промышленности Московского авиационного института (национального исследовательского университета); e-mail: [lubov999999@mail.ru](mailto:lubov999999@mail.ru)

**INFORMATION ABOUT THE AUTHORS**

*Ekaterina V. Dzhamay* – Dr. Sci. (Economics), Assoc. Prof., Scientific Secretary, Central Institute of Aviation Motors; Prof., Management of High-tech Enterprises Department, Moscow Aviation Institute (National Research University);  
e-mail: secretar@ciam.ru.

*Alexander S. Zinchenko* – Cand. Sci. (Economics), Assoc. Prof., Mathematics Department, Moscow Aviation Institute (National Research University);  
e-mail: a.zinchenko80@gmail.com

*Lubov V. Mikhailova* – Cand. Sci. (Economics), Assoc. Prof., Management and Marketing of High-Tech Industries of The Industry Department, Moscow Aviation Institute (National Research University);  
e-mail: lubov999999@mail.ru

---

**ПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА НА СТАТЬЮ**

Джамай Е. В., Зинченко А. С., Михайлова Л. В. Имитационное моделирование как инструмент управления развитием промышленного предприятия // Вестник Государственного университета просвещения. Серия: Экономика. 2024. № 3. С. 61–68.  
DOI: 10.18384/2949-5024-2024-3-61-68

**FOR CITATION**

Dzhamay E. V., Zinchenko A. S., Mikhailova L. V. Simulation modeling as a tool for managing the development of an industrial enterprise. In: *Bulletin of Federal State University of Education. Series: Economics*, 2024, no. 3, pp. 61–68.  
DOI: 10.18384/2949-5024-2024-3-61-68