

УДК 004.942

## ПРИНЦИПЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

**Марина Владимировна Астафьева**

старший преподаватель

**Андрей Алексеевич Хохлов**

студент

garlic142@gmail.com

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

**Аннотация.** Нередко на практике не представляется возможным представить поведение того или иного объекта, как он будет взаимодействовать с другими системами и элементами. Для полноценного понимания сущности исследуемого объекта применяют метод имитационного моделирования, который позволяет построить графическую модель и определить причинно-следственные связи взаимодействия и схемы управления объектом. В статье рассматриваются основы имитационного моделирования, его сущность и 2 подраздела: системный подход и многоагентные модели. Имитационное моделирование объектов может применяться в различных сферах промышленности: от гидродинамических процессов до изучения поведения деталей в механике и не только.

**Ключевые слова:** имитационное моделирование, системный подход, многоагентные модели, математическая зависимость, результат, объект, явление, система, динамика процесса, исследование.

Особенности подхода математического моделирования заключаются в рассмотрении сущности конкретного объекта, который представляется в виде математической зависимости. Эта математическая зависимость объясняет причинно-следственные связи объекта. Данные связи обуславливаются взаимодействием различных закономерностей или физических и химических процессов и законов, которые были выведены учеными ранее. В большинстве случаев данные законы, как правило, подкрепляются каким-то аналитическим описанием, которое достаточно прикрепить к рассматриваемому объекту. К примеру, в том случае, когда нужно определить начальные и конечные границы условия теплопереноса [1].

Метод математического моделирования можно применять не во всех случаях, в некоторых ситуациях данный подход не имеет смысла и по своей сути просто не реализуем. В первую очередь под данное описание попадают объекты или системы с безграничным числом элементов. Они находятся скорее в возможных, сложно запутанных связях, чем, в привычных математическому моделированию, линейных, имеющих строго однозначное описание и предсказание. Для описания взаимосвязей и поведения системы или моделируемого объекта применяется метод имитационного моделирования [1].

Имитационное моделирование представляет собой проектирование и реализацию программной системы на персональном компьютере, которая позволяет построить структуру и функционирование объекта моделирования или рассматриваемого явления, изменяющегося во времени. Иными словами, выстраиваются его взаимосвязи и поведение, которые невозможно представить в математическом моделировании [2].

При имитационном моделировании реализуется подход, основанный на поведении объекта, при реализации программы которого выявляются отдельные (интегральные) показатели, на основе которых можно отследить динамику поведения явления или объекта в целом. По своей сути, имитационная модель строит объекты, явления и сущность, которая в полной

мере является объектом, явлением или сущностью в реальном мире. То же самое происходит в случае со структурными единицами объекта.

Моделирование - это создание моделей и их исследовательский анализ. В свою очередь, модель – это исследуемый объект любой системы, который моделируется для его симуляции. Симуляция – это совокупность имитационного моделирования и наглядного цифрового эксперимента над моделью, для изучения его взаимосвязи и поведения [8-9].

Нередко имитационное моделирование сравнивают с методом Монте-Карло. В методе Монте-Карло включается показатель случайности, для проведения и получения случайных результатов и опытов [2-3].

Преимущества имитационного моделирования перед математическим особенно выделяются в ситуации, когда:

1. Линейность переменных моделей нарушается. Это происходит в тех случаях, когда появляются случайные элементы системы.
2. Рассматриваемая модель имеет большое количество перекрещивающихся и взаимодействующих между собой элементов системы.
3. Требуется полное раскрытие модели и ее поведения для понимания динамики процесса.

Нередко имитационное моделирование помогает получить полное представление о динамике процесса, изучить поведение сложной системы и дать ее описание. Являясь по своей сути единственным методом получения объективной информации поведения реальной модели объекта.

Перейдем к подробному рассмотрению основных этапов компьютерного моделирования, которые представлены на рисунке 1 [3-4].

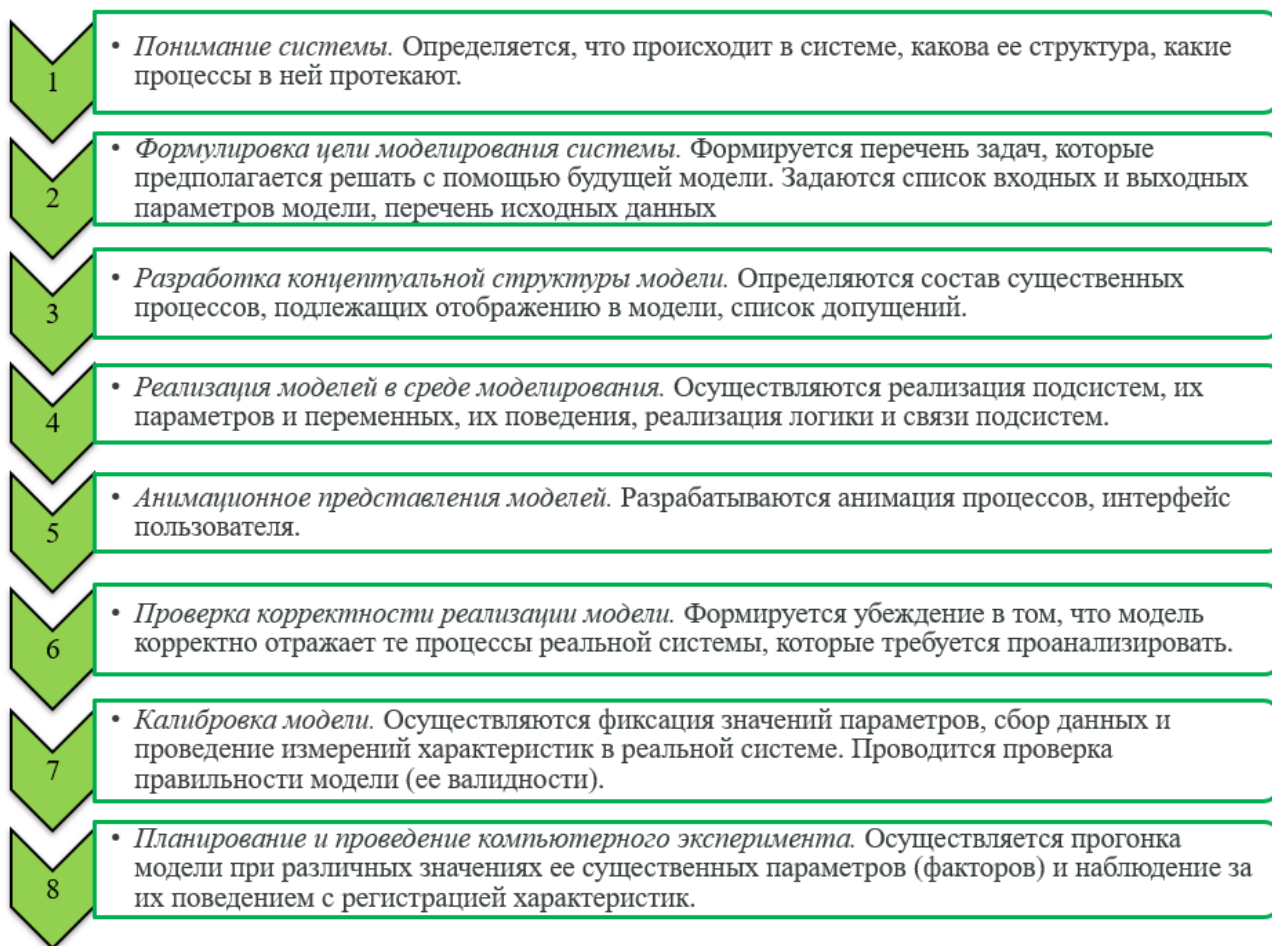


Рисунок 1 - Основные этапы компьютерного моделирования.

Описанный выше тип модели относится к разряду прогнозируемых или может носить название «что будет если...» с экспериментальной частью. Имитационное моделирование на персональном компьютере позволяет получить не только прогнозируемые данные, но и выявить управляющие действия и функции, которые будут направлены на благоприятный исход событий [2, 6].

Усложнение этапов проведения эксперимента с внесением дополнительных исследований даст более объективную оценку рисков и расширит круг управляющих действий, что позволит повысить эффективность рационального функционирования рассматриваемого объекта, явления, модели.

Одной из важных особенностей моделирования является предоставление визуализированных данных и результатов в виде различных графических, табулированных данных и диаграмм. Это позволяет полноценно интерпретировать результаты исследовательского моделирования объекта. Для

достижения максимального результата возможно представление поведения системы в виде анимированного объекта.

Сегодня принято выделять 4 раздела имитационного моделирования:

1. Системная динамика.
2. Агентное моделирование.
3. Моделирование динамических систем.
4. Событийное моделирование.

В данной статье мы остановимся на первых двух разделах и рассмотрим их подробнее.

Системная динамика представляет собой образец имитационного компьютерного моделирования. В системной динамике исследуются системы, для понимания процесса которых требуется построение графических диаграмм связей и рассмотрение процесса влияния одних параметров системы на другие с изменением во времени. После этого, на базе построенных графических диаграмм проектируется цифровая модель имитации [3, 5].

Набор символов и правил их взаимодействия, которые используются для визуального представления процесса или явления называется графической нотацией. Она нужна для полноценного построения модели и всех ее компонентов для целостности системы и, как следствие, выступает многофункциональным инструментом для наглядного представления системы [4, 8].

Сегодня на рынке представлены следующие программы для моделирования системно-динамических моделей:

1. iThink.
2. Stella.
3. Powersim.
4. Vensim.

Раздел системной динамики имитационного моделирования базируется на исследовании и создании модели ёмкости и её содержимого, в том числе

динамическое изменение ее объёмов во времени. Содержимое так называемых «накопителей» представляет собой различные варианты объекта исследования.

Так, например, Джейм Форрестером была предложена «Гидродинамическая» аналогия баков, включая моделирование потоков жидкостей и вентиляей, управляющих потоками. Джей являлся основателем подхода системной динамики. Он создал единое представление о модели сложной системы, которая позволяла описать динамически перекрещивающиеся и циркулирующие потоки различных элементов [5, 7].

Потоковые диаграммы системной динамики базируются на 4 основных графических деталях, которые представлены на рисунке 2 [6, 8-9].



Рисунок 2 – Основные графические объекты потоковой диаграммы системной динамики.

Под понятием накопителя подразумевается какой-то определенный параметр. Поток представляет собой перенос данных от накопителя к накопителю.

Для корректного понимания процессов функционирования системы и ее развития должна выполняться основная идея системного мышления. Она заключается в совокупном изучении взаимодействующих между собой процессов. Каким образом взаимодействуют процессы и как один процесс

влияет на другой и обратно. Раздельное изучение процессов невозможно, так как будет нарушаться основная идея системного мышления. Только при комплексном изучении динамики всей системы возможно воссоздать полную картину развития системы [6].

Получить представление о взаимодействии тех или иных процессов или поведения модели в сложных системах возможно только при применении компьютерного моделирования и наглядного проведения цифрового эксперимента.

Главная задача, стоящая перед моделированием, заключается в поиске реальных причин зависимости в сложных системах для нахождения подхода управления системой, который позволит исключить негативное развитие событий.

Вторым подразделом имитационного моделирования являются многоагентные модели [3].

Под понятием агента подразумевается неопределенный объект (сущность), в полномочия которой входит самостоятельное принятие решений и изменение своего поведения на основе представленного набора правил. На основе этого набора агент может взаимодействовать с другими объектами системы, в том числе агентами, а также изменяться в процессе исследования.

Данный метод используется для проведения опытов над децентрализованными системами, где основные правила и законы не создают эту системы, а являются ее вытекающими в результате активности элементов группы (продукты реакции в потоке несущего газа) [3].

Многоагентные модели применяются для получения основных правил и понимания того, как ведет себя система, на основе действия отдельных элементов и их совместной работе. Метод многоагентной модели применим в тех случаях, когда требуется сделать акцент на индивидуальное поведение объекта системы, а не всей системы в целом. Агентные модели наиболее часто применяют условиях, где индивидуальными свойствами частиц или элементов нельзя пренебречь [8-9].

Если речь идет о физических процессах, то одним из главных аналогов является модель на основе «первых принципов», или на основе моделей, которые были до агентных моделей, после опубликования идеи метода Монте-Карло, которую мы упоминали в начале данной статьи.

### **Список литературы:**

1. Александров А. В. Математическое моделирование: учеб. пособие. М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана. 2021. С. 240.
2. Боев В. Д. Имитационное моделирование систем: учебник. СПб.: Политехника. 2022. С. 312.
3. Карпов Ю. Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование: учеб. пособие. СПб.: БХВ Петербург. 2021. С. 400.
4. Тенденции развития инженерного обеспечения в сельском хозяйстве / Завражнов А.И., Бобрович Л.В., Ведищев С.М., Гордеев А.С., Завражнов А.А., Ланцев В.Ю., Манаенков К. А., Михеев Н.В., Соловьев С.В., Федоренко В.Ф., Щербаков С.Ю. // Санкт-Петербург: Лань. 2021. С. 213.
5. Колдин М.С., Алехин А.В., А.А. Земляной, А.В. Аксеновский. Гидравлика. Мичуринск. Изд-во «Инфра-Инженерия». 2025. С. 45-48.
6. Советов Б. Я., Яковлев С. А. Моделирование систем: учеб. для вузов. 8-е изд., стер. М.: Юрайт. 2023. С. 343.
7. Форрестер Дж. Основы кибернетики предприятия (индустриальная динамика) пер. с англ. М.: Прогресс, 2020. С. 340.
8. Banks J., Carson J. S., Nelson B. L., Nicol D. M. Discrete-Event System Simulation. 6th ed. Pearson. 2022. 640 p.
9. Law A. M. Simulation Modeling and Analysis. 5th ed. McGraw-Hill. 2023. 784 p.

UDC 004.942

## PRINCIPLES OF SIMULATION MODELING

**Marina V. Astafieva**

senior lecturer

**Andrey Al. Khokhlov**

student

garlic142@gmail.com

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

**Annotation.** In practice, it is often not possible to imagine the behavior of an object or how it will interact with other systems and elements. To fully understand the essence of the object under study, the method of simulation modeling is used, which allows you to build a graphical model and determine the cause-and-effect relationships of interaction and control schemes of the object. The article discusses the basics of simulation modeling, its essence and 2 subsections: a systematic approach and multi-agent models. Simulation modeling of objects can be used in various fields of industry: from hydrodynamic processes to studying the behavior of parts in mechanics and beyond.

**Keywords:** simulation modeling, system approach, multi-agent models, mathematical dependence, result, object, phenomenon, system, process dynamics, research.

Статья поступила в редакцию 25.02.2026; одобрена после рецензирования 20.03.2026; принята к публикации 31.03.2026.

The article was submitted 25.02.2026; approved after reviewing 20.03.2026; accepted for publication 31.03.2026.