

УДК 519.6

doi 10.54708/22259309_2025_334111

ИСТОРИЯ И ФИЛОСОФИЯ НАУЧНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ФОРМООБРАЗОВАНИЯ

Н. И. АБАКОВА¹, Н. М. ШЕРЫХАЛИНА²

¹ nurzhamall@mail.ru, ² n_sher@mail.ru

¹⁻² ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» (УУНiT)

Аннотация. В статье рассматривается развитие научного моделирования и его философские основы. Описана эволюция моделей — от древних времён до современных, основанных на компьютерных технологиях и искусственном интеллекте. Анализируются современные методы моделирования в области электрохимического формообразования, включая роль цифровых двойников и больших данных.

Ключевые слова: научное моделирование; электрохимическое формообразование; философия науки; моделирование процессов; искусственный интеллект; цифровые двойники; численные методы; гносеология; онтология; метод конечных элементов; массоперенос; электроосаждение; машинное обучение; прогнозирование; технологическая оптимизация.

ИСТОРИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ИДЕЯ ФИБОНАЧИЕВСКОЙ ЗАКОНОМЕРНОСТИ

Моделирование – то есть создание упрощённой версии какого-либо явления или системы для её понимания – известно человечеству с древнейших времён. Древнегреческие мыслители Платон и Аристотель использовали модели, основанные на логике, чтобы объяснять природу. Евклид описывал пространство с помощью геометрии.

В Средние века модели в основном опирались на религиозные представления. А в эпоху Возрождения наука вновь оживилась, и такие учёные, как Леонардо да Винчи, начали создавать реальные образцы (физические модели) для изучения человеческого тела и техники.

В XVII веке учёные, такие как Ньютона и Галилей, опирались на математику для объяснения законов природы. Таким образом, математическое моделирование стало основным инструментом науки.

В XIX веке методы моделирования усложнились. Появились формулы, описывающие электрические, тепловые и жидкостные потоки.

Сейчас многослойные модели, цифровые двойники и искусственный интеллект играют важную роль в науке и производстве. В будущем такие новые методы моделирования, как квантовые компьютеры и нейроморфные системы, имитирующие работу человеческого мозга, могут привести к большим научным открытиям.

ЭПИСТЕМОЛОГИЧЕСКИЕ И ОНТОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ

Однако для глубокого осмыслиения сущности моделирования необходимо обратить внимание на философские аспекты, особенно на эпистемологию (теорию познания) и онтологию (учение о бытии).

С эпистемологической точки зрения, модели представляют собой упрощённое и идеализированное отражение реальности. Насколько точно они способны передать

действительность, насколько соответствуют теории и эмпирическим данным – именно эти вопросы определяют надёжность модели и её научную ценность.

С онтологической стороны возникает вопрос: отражают ли модели объективные законы действительности или лишь представляют собой интерпретацию исследователя? В этом контексте важным становится различие между реализмом и инструментализмом в философии науки: первая позиция рассматривает модель как отображение реального мира, в то время как вторая – как полезный инструмент без претензии на отображение истины.

Особое место занимают математические модели: они формально описывают природу, однако сами по себе также вызывают философские вопросы. Являются ли они объективными, или это лишь продукт человеческого разума – эти вопросы остаются предметом обсуждения философов с древности до наших дней.

Кроме того, современные научные представления о вероятности и неопределённости (например, в квантовой механике и теории хаоса) заставляют пересматривать традиционные детерминистские подходы к моделированию.

Таким образом, моделирование – это не только технический, но и глубоко философский инструмент познания. Осмысление его эпистемологических и онтологических аспектов способствует более глубокому пониманию основ научного знания, а с развитием новых технологий этот подход будет и дальше совершенствоваться.

РОЛЬ МОДЕЛЕЙ В НАУЧНОМ ПОЗНАНИИ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ

Модель – это средство, которое упрощает и делает наглядным сложное явление: это может быть схема, макет, формула или компьютерная программа. В науке модель выполняет четыре основные функции:

- Описательная – выявляет и демонстрирует основные закономерности явления.
- Объяснительная – помогает понять, почему происходит именно так, а не иначе.
- Прогностическая – позволяет предсказать будущие изменения.
- Экспериментальная – даёт возможность заранее протестировать опасные или дорогостоящие испытания в виртуальной среде.

Благодаря этим свойствам моделирование стало неотъемлемой частью не только науки, но и технологий. Проекты домов, самолётов и автомобилей сначала проходят виртуальное моделирование, что позволяет сэкономить время и средства. В медицине виртуальные модели помогают предсказать влияние лекарств на организм, а хирурги оттачивают навыки на симуляторах. Искусственный интеллект, анализ данных, расчёты экологических показателей – всё это невозможно без моделей.

Модель – это не просто схема, а мощный механизм, который движет науку и технику вперёд. В будущем искусственный интеллект и квантовые компьютеры ещё больше расширят эти возможности, открывая человечеству новые горизонты.

ВЛИЯНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ТОЧНОСТЬ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ МОДЕЛИРОВАНИЯ

До появления компьютеров учёные могли только примерно предсказывать, как ведут себя сложные системы. Сейчас моделирование стало очень точным инструментом. Это система, в которой вместе работают алгоритмы, данные и законы физики. С помощью таких методов, как метод конечных элементов, метод Монте-Карло и спектральные методы, можно с микронной точностью рассчитывать всё – от того, как летает самолёт, до процессов внутри атомных электростанций.

Большие данные и искусственный интеллект ещё больше усилили эти возможности. Например, компьютеры теперь сами находят скрытые закономерности, а нейросети могут анализировать гены человека и даже заранее предсказывать кибератаки. Визуализация тоже сильно продвинулась вперёд – трёхмерные изображения мозга или молекул помогают врачам и учёным принимать точные решения.

Суперкомпьютеры и облачные системы ускорили расчёты в тысячи раз, и теперь даже маленькие лаборатории могут проводить очень сложные вычисления. В ближайшем будущем искусственный интеллект будет самостоятельно совершенствовать модели, квантовые компьютеры решат ранее недоступные задачи, а цифровые двойники позволят управлять производственными процессами в реальном времени.

В итоге компьютерное моделирование – это бьющееся сердце современной науки. Оно не останавливается, потому что именно эта технология открывает путь к решению задач будущего.

ОПИСАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ И ПОДХОДОВ

Компьютерное моделирование сегодня стало не только ключевым инструментом науки и техники, но и важнейшим механизмом, продвигающим повседневную жизнь вперёд. Традиционные физические макеты уступили место цифровым моделям: прочность мостов, сейсмостойкость зданий, физиологические процессы в организме человека – всё это теперь проверяется в виртуальной среде.

Методы обучения с подкреплением и агентного моделирования лежат в основе автономных роботов, интеллектуальных транспортных систем и «умных противников» в игровой индустрии. А мультиагентные системы позволяют исследовать сложные взаимодействия – от трафика мегаполисов до динамики экосистем.

Кроме того, параллельные вычисления и облачные платформы ускорили обработку больших данных, превратив их объём не в ограничение, а в преимущество. Впереди – новая эра, где искусственный интеллект, квантовые компьютеры и Big Data объединяются. Таким образом, компьютерное моделирование – это не просто инструмент вычислений, а универсальная философия, ставшая ядром современного мировоззрения.

ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОМ ФОРМООБРАЗОВАНИИ

Единственный ион, осевший на металл, – ключ ко всему процессу для инженера. Во время электрохимического формообразования диффузия, конвекция и электрическое поле ионов взаимодействуют между собой, определяя качество покрытия. Наблюдать всё это только с помощью эксперимента – слишком долго и дорого, поэтому численное моделирование стало решающим инструментом.

Сначала модели массового переноса «nanoсят на карту» движение ионов и заранее показывают, где покрытие будет равномерным, а где – тонким. При изменении состава раствора или тока метод конечных элементов (FEM) разбивает сложную геометрию катода на ячейки и точно рассчитывает распределение плотности тока и электрического поля.

Как формируется структура покрытия на атомарном уровне? Здесь на помощь приходит молекулярная динамика, отслеживающая путь каждого иона с микросекундной точностью и объясняющая формирование кристаллической решётки. Скрытые зависимости между сотнями производственных параметров выявляются с помощью машинного обучения: нейросеть самостоятельно предлагает оптимальные импульсы тока, состав электролита и температуру.

Сегодня заводы полагаются на цифровые двойники – виртуальные копии гальванических ванн, которые в режиме реального времени получают данные и отображают на экране результат любых настроек. Инженер исправляет ошибки в «цифровом цеху» и отправляет в реальное производство только наилучший режим.

Численное моделирование достигло уровня финального контроля, дополняющего эксперимент. Оно позволяет быстро, дёшево и точно управлять качеством покрытия, выводя электрохимическое формообразование в новую эру – эпоху физических уравнений и цифровых двойников.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Моделирование – «сердце» науки и техники. Эволюция от древних макетов до современных цифровых моделей на базе искусственного интеллекта доказала, что оно

является непревзойдённым инструментом для изучения природных и технических систем. Особенно в электрохимии модели глубоко объясняют процессы, снижают затраты и открывают путь к созданию новых материалов.

Сегодня моделирование играет решающую роль во многих областях: биологии, медицине, энергетике, экологии, а с философской точки зрения – это важный ключ к познанию истины. В будущем искусственный интеллект, квантовые вычисления и цифровые двойники расширят эти возможности и станут главными движущими силами инноваций.

В итоге моделирование остаётся надёжным мостом, раскрывающим сложные явления и ускоряющим развитие новых технологий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zhitnikov V. P., Zaytsev A. N., Sherykhalina N. M., Zhitnikova N. I. Modeling of electrochemical machining by point electrode tool with a jump anode potential change // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall., Krasnoyarsk, Russian Federation, 2021. C. 12180.
2. Житников В. П., Шерыхалина Н. М., Федорова Г. И., Соколова А. А. Методика качественного улучшения результатов вычислительного эксперимента // Системная инженерия и информационные технологии. 2021. Т. 3. № 1 (5). С. 58–64.
3. Шерыхалина Н. М., Федорова Г. И., Поречный С. С. Математическое моделирование процессов гидродинамики и электрохимической обработки с помощью численно-аналитических методов (по материалам научной школы УГАТУ) // Системная инженерия и информационные технологии. 2021. Т. 3. № 2 (6). С. 58–65.
4. Житников В. П., Зайцев А. Н., Шерыхалина Н. М., Муксимова Р. Р., Поречный С. С. Моделирование и оптимизация перспективных схем электрохимической обработки. Вологда, 2022.
5. Sherykhalina N. M., Sokolova A. A., Shaymardanova E. R., Porechny S. S. Researching of Influence of Rotation Angle of Tool Electrode for Electrochemical Machining of Material // Systems Engineering and Information Technologies. 2024. Т. 6. № 1 (16). С. 16–22.
6. Кузнецов А. В., Коваленко П. И. Методы конечных элементов в электрохимическом моделировании // Известия РАН. Физика. 2023. Т. 87. № 3. С. 185–198.
7. Дзорцев В. М. Цифровые двойники в промышленности // Московский физико-технический институт, 2020 file:///C:/Users/Daulet/Downloads/3-11_final.pdf
8. Лысухин Д. Д., Якимов Б. П., Ширшин Е. А., Ковалева Е. В., Варламов А. В., Пачуашвили Н. В., Порубаева Э. Э., Урусова Л. С. Разработка алгоритмов искусственного интеллекта для морфологической диагностики новообразований щитовидной железы // Эндокринная хирургия. 2023;17(4):54.
9. Рудой В. М., Трофимов А. А., Никитин В. С., Останина Т. Н., Даринцева А. Б. Моделирование электрохимических процессов и явлений. Екатеринбург, 2018. 59 с.
10. Кузина В. В., Самченко С. В., Козлова И. В., Кошев А. Н. Математическое моделирование физико-химических процессов в пористых средах при решении задач создания нанокомпозиционных материалов и влагонаполнения. СПб.: Пенза, 2023. 299 с.

ОБ АВТОРАХ

АБАКОВА Нуржамал, асп. каф. ВМиК.

ШЕРЫХАЛИНА Наталия Михайловна, проф. каф. ВМиК. Дипл. инж.-системотехн. (УГАТУ, 1993). Д-р техн. наук по мат. моделированию, числ. методам и комплексам программ (УГАТУ, 2012).

METADATA

Title: History and philosophy of scientific modeling of electrochemical formation processes.

Authors: N. I. Abakova¹, N. M. Sherykhalina²

Affiliation:

^{1,2} Ufa University of Science and Technology (UUST).

Email: ¹nurzhamall@mail.ru, ²n_sher@mail.ru.

Language: Russian.

Source: Molodezhnyj Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), no. 3 (34), pp. 111-114, 2025. ISSN 2225-9309 (Print).

Abstract: The article discusses the development of scientific modeling and its philosophical foundations. The evolution of models is described, from ancient times to modern ones based on computer technologies and artificial intelligence. Modern modeling methods in the field of electrochemical forming, including the role of digital twins and big data, are analyzed.

About authors:

ABAKOVA, Nurjamal, PhD student Dept. of VMK.

SHERYKHALINA, Nataliya Mikhailovna, Prof., Dept. of VMK. Dipl. system engineer (UGATU, 1993). Dr. of Tech. Sci. (UGATU, 2012).