

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

**Галиханов И.И.**, студент,

**Русинов А.А.**, к.ф.-м.н., доцент,

Бирский филиал, УУНиТ, г. Бирск, Россия

**Порозова Э.В.**, учитель математики и информатики

[galihanovilnar6@gmail.com](mailto:galihanovilnar6@gmail.com)

**Аннотация:** В данной статье представлен обзор современных технологий и методов моделирования физических процессов, включая численные и аналитические подходы. Рассматриваются различные подходы к созданию математических моделей, анализируется их применимость в широком спектре физических явлений. Также рассмотрены перспективы развития данной области и ее влияние на современные научные и инженерные исследования.

**Ключевые слова:** моделирование, физические процессы, математические модели, численное моделирование.

Математическое моделирование играет важную роль в современной науке. Благодаря ему большой скачок в развитии получило изучение физических процессов, исследования которых до повсеместного использования компьютерной техники велись лишь экспериментальным способом [1].

Изначально термин "моделирование" использовался для изучения проблем, которые не могли быть решены с помощью теоретических или экспериментальных методов [2,3].

Математические модели позволяют свести исследование реального «нематематического» объекта к решению математической задачи, открывая тем самым возможность использования для его изучения хорошо разработанного математического аппарата в сочетании с вычислительной техникой.

Для успешного моделирования следует последовательно пройти через несколько этапов. Начнем со сбора данных и факторов, основанных на научных наблюдениях, что послужит основой для формализации объекта и создания математической модели.

В ходе формализации применяются математические уравнения и формулы, описывающие характеристики и свойства моделируемого объекта. Получив готовую математическую модель, можно использовать известные методы для ее анализа или разрабатывать новые при необходимости, что обеспечивает более глубокое понимание исследуемого явления [1].

Исходной точкой для построения модели часто служит эмпирическая реальная картина явления, представляющая задачу, на которую исследователь стремится найти ответ. Перед построением модели важно четко определить суть задачи.

Основные этапы построения моделей визуализированы на рисунке 1, что предоставляет наглядное руководство, указывая ключевые шаги в создании и изучении модели [1,2].

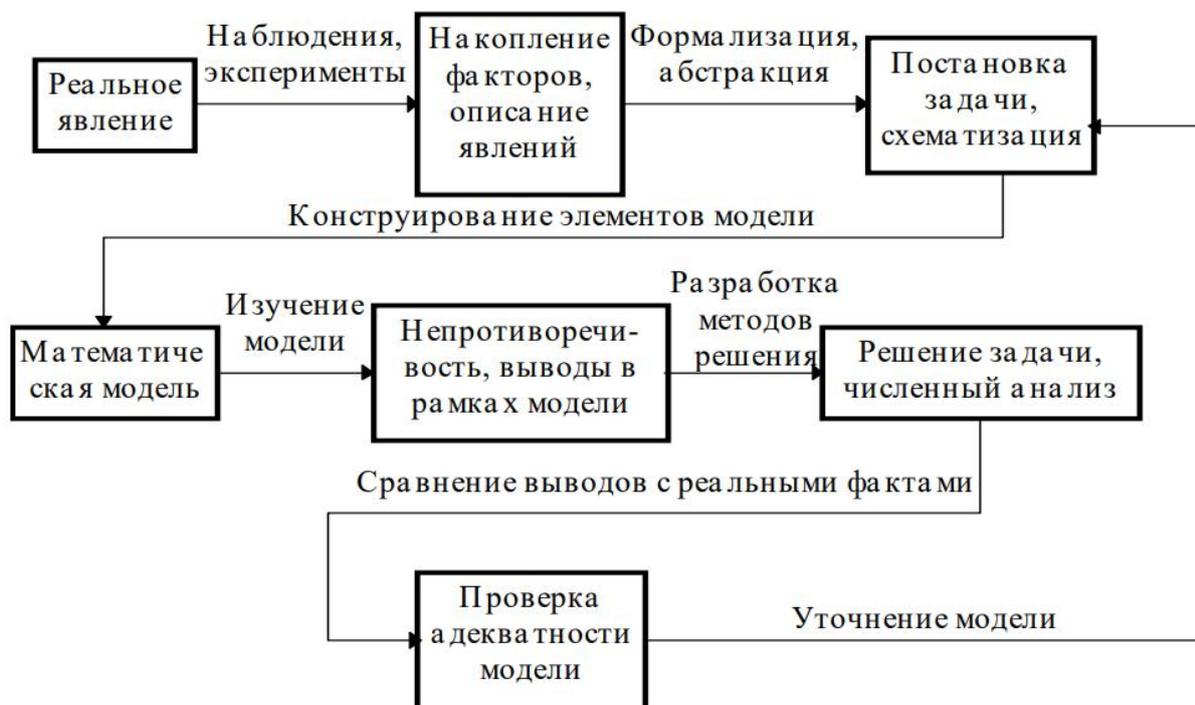


Рис 1. Основные этапы построения математической модели

1 Этап. На первом этапе процесса моделирования происходит упрощение и идеализация физического явления, где выделяются ключевые характеристики. Некоторые аспекты явления могут быть важными, в то время как другие - несущественными

2 Этап. Перевод данных на математический язык, требующий применения фундаментальных законов физики, электромагнетизма и теории вероятностей и т. д

3 Этап. После построения модели проверяется ее логическая согласованность, например, проверкой физической размерности уравнений.

4 Этап. На четвертом этапе в математическую формулировку задачи включаются все существенные данные. Достоверность модели подтверждается решением теоретической задачи и сопоставлением результатов с реальным объектом.

В ходе моделирования применяются два основных подхода: а) аналитическое решение и б) численные методы. Первый эффективен для простых математических моделей, но при сложных системах уравнений необходимо прибегнуть к численным методам, обеспечивая заданную точность. Перед выбором конкретного численного метода важно внимательно проанализировать его ограничения. В процессе решения задачи модель может потребовать уточнения.

Моделирование всегда взаимодействует с другими методами, особенно с экспериментом. Эксперимент направлен на научное познание и выявление закономерностей, включая воздействие на объект исследования с использованием специальных инструментов и приборов [1].

Модельный эксперимент — это особый вид эксперимента, при котором используются реальные материальные модели в качестве специальных инструментов для проведения исследований.

В данном эксперименте, в отличие от традиционного, где происходит физическое взаимодействие между средствами эксперимента и объектом исследования, используется взаимодействие с его заместителем. Особенность

заключается в том, что экспериментальная установка объединяется с объектом-заместителем в рамках действующей модели. Таким образом, модель в данном случае выполняет двойную роль, одновременно являясь объектом изучения и инструментом для проведения эксперимента.

Основные этапы модельного эксперимента включают следующие операции:

- создание модели путем перехода от реального объекта к его абстрактному представлению (построение модели)
- проведение экспериментального исследования модели
- возвращение от модели к реальному объекту, включающее перенос результатов исследования на сам объект.

Модель может не только заменять объект исследования, но также может заменять и условия, в которых проводится обычный эксперимент.

Моделирование включает в себя абстрагирование и идеализацию. Путем отображения существенных свойств и отбрасывания несущественных, модель является конкретной формой абстракции, представляющей собой идеализированный объект.

Рассмотрим процесс колебаний маятника следуя этапам построения модели.

Этап 1. Схематизация и идеализация. Существенные особенности включают длину маятника, ускорение свободного падения, и начальные условия, такие как начальный угол отклонения и начальная угловая скорость.

Этап 2. Перевод данных в математические термины. Используем уравнение маятника, учитывая второй закон Ньютона для вращательного движения:

$$\theta''(t) + \frac{g}{L} \sin(\theta(t)) = 0$$

где  $\theta(t)$  – угол отклонения маятника от вертикали в момент времени  $t$

Это уравнение описывает динамику маятника и включает силу тяжести и влияние длины маятника на колебания.

Этап 3. Проверка логической непротиворечивости и адекватности. На этом этапе мы проводим анализ построенной математической модели, чтобы удостовериться в ее согласованности с физической реальностью. В случае уравнения маятника мы можем применить несколько методов проверки:

3.1. Сохранение энергии: Мы знаем, что маятник обладает кинетической и потенциальной энергией. Мы можем проверить, сохраняются ли эти энергии в рамках нашей модели в течение всего процесса колебаний. Если сохранение энергии нарушается, это может указывать на ошибку в модели.

3.2. Пределы и граничные условия: рассмотрим пределы нашей модели. Например, при малых углах отклонения  $\theta$ , уравнение маятника должно сводиться к уравнению гармонических колебаний. При  $\theta \approx 0$ ,  $\sin(\theta)$  должно быть приблизительно равно  $\theta$ . Таким образом, мы ожидаем, что модель будет согласована с известными результатами для малых углов.

3.3. Физическая размерность и размерность переменных: Убедимся, что уравнения соответствуют физическим размерностям. Например, левая часть уравнения (вторая производная угла по времени) должна иметь размерность угловой ускорения.

3.4. Сравнение с экспериментальными данными: если у нас есть доступ к экспериментальным данным по маятнику, мы можем сравнить результаты моделирования с реальными измерениями. Если модель хорошо описывает наблюдаемые явления, это подтверждает ее адекватность.

Этап 4. Включение существенных данных в математическую формулировку. Добавим начальные условия:

$$\theta''(t) + \frac{g}{L} \sin(\theta(t)) = 0, \quad \theta(0) = \theta_0, \quad \theta'(0) = \omega_0$$

где  $\theta(0)$  – начальный угол отклонения,

$\theta'(0)$  – начальная угловая скорость.

Эти уравнения описывают движение маятника и позволяют провести анализ динамики системы.

Моделирование физических процессов является неотъемлемой частью современной науки и инженерии. Этот процесс включает в себя преобразование реальных явлений в математические модели, обеспечивая более глубокое понимание и предсказание поведения объектов и систем. Ключевые этапы моделирования, начиная от упрощения физических явлений до верификации модели с использованием реальных данных, стремятся к созданию точных и пригодных для применения инструментов.

### Литература

1. Математическое и экспериментальное моделирование физических процессов : сборник материалов Международной заочной научно-практической конференции, Биробиджан, 15 декабря 2015 г. В двух частях. Ч. 1. / под науч. ред. В. Л. Земляка ; Приамур. гос. ун-т. им. ШоломАлейхема. — Биробиджан: ИЦ ПГУ им. Шолом-Алейхема, 2016. — 190 с.
2. Математическое моделирование. Методические рекомендации к лабораторным работам для студентов – А.В. Кушнер, 2018. – 32 с.
3. Шагапов В.Ш., Чиглинцева А.С., Русинов А.А. О механизмах роста гидратной оболочки на поверхности всплывающих газовых пузырьков // Вестник Томского государственного университета. Экономика. 2015. № 3. С. 73.