

ISSN 3060-544X

2026-yil 5-son

ZAMONAVIY JAMIYAT VA INNOVATSIYALAR

ilmiy-nazariy jurnal

BUXORO 2026





Р.М. Абдуллаев , М. А. Захидова , З.Р. Гиясова,
Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека,
*E-mail: *zuxra_08@list.ru*

ИННОВАЦИОННЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ С ПРИМЕНЕНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ (НА ПРИМЕРЕ ЗАТУХАЮЩИХ КОЛЕБАНИЙ)

Аннотация. В статье представлены инновационные подходы к решению графических задач по физике на основе интеграции современных цифровых технологий. Основное внимание уделено методике использования графических калькуляторов, в частности платформы «Desmos», как эффективного инструмента визуализации сложных динамических процессов. На примере темы «Затухающие колебания» демонстрируются возможности цифрового моделирования для углубленного анализа таких характеристик, как амплитуда, частота и декремент затухания.

Ключевые слова: Цифровые технологии, образовательный процесс, графические калькуляторы, «Desmos», затухающие колебания, амплитуда, частота, декремент затухания, визуализация, физика, лабораторные работы, лекции, самоконтроль, компьютерные технологии, графические методы.

Annotation. This article presents innovative approaches to solving graphical problems in physics through the integration of modern digital technologies. The primary focus is placed on the methodology of using graphing calculators, specifically the "Desmos" platform, as an effective tool for visualizing complex dynamic processes. Using the topic of "Damped Oscillations" as a case study, the paper demonstrates the capabilities of digital modeling for an in-depth analysis of key parameters such as amplitude, frequency, and the damping decrement.

Key words: digital technologies, educational process, graphic calculators, Desmos, fading oscillations, amplitude, frequency, fading decree, visualization, physics, laboratory work, lectures, self-control, computer technology, graphic methods.

Введение. Современная образовательная парадигма диктует необходимость системной интеграции цифровых инструментов для глубокой дешифровки сложных физических концепций. В рамках учебного курса графические задачи, связанные с динамикой затухающих колебаний, представляют собой многоаспектную область, требующую от обучающихся высокого уровня аналитического мышления и понимания междисциплинарных связей.

Актуальность исследования затухающих процессов обусловлена их фундаментальной ролью в современной науке и инженерной практике. Значимость данной темы раскрывается в нескольких ключевых направлениях.

Затухающие колебания являются критическим фактором при проектировании широкого спектра механических и электрических систем, включая архитектурные сооружения, мостовые переходы, узлы автомобильной амортизации и прецизионные электронные схемы. Адекватная интерпретация данных процессов позволяет минимизировать риски возникновения нежелательных вибраций, обеспечивая стабильность и эксплуатационную надежность технических объектов.

Кроме того, детальный анализ диссипативных процессов способствует предотвращению преждевременного износа и катастрофического разрушения конструкций под воздействием динамических нагрузок. Таким образом, применение современных методов визуализации и моделирования в изучении затухающих колебаний становится необходимым условием для формирования профессиональных компетенций в области инженерного проектирования и прикладных научных исследований.

Анализ устойчивости систем: Изучение затухающих колебаний позволяет оценить временные интервалы, в течение которых система возвращается в состояние термодинамического или механического равновесия после внешнего возмущения. Данный



аспект является определяющим при верификации устойчивости динамических структур, независимо от их природы - будь то механические узлы, электрические цепи или сложные биологические системы.

Таким образом, исследование процессов затухания сохраняет свою фундаментальную актуальность в современной науке и технике, обеспечивая теоретическую базу для прогнозирования поведения систем в нестабильных условиях.

Применение графических калькуляторов, в частности платформы Desmos, представляет собой высокоэффективный метод исследования динамики таких систем. Использование данной среды в образовательном и исследовательском процессах обладает рядом неоспоримых преимуществ:

Во-первых, кроссплатформенность и отсутствие необходимости в установке программного обеспечения обеспечивают беспрепятственный доступ к инструментам моделирования в режиме реального времени. Это делает платформу универсальным средством как для индивидуальной когнитивной деятельности, так и для интеграции в академические занятия.

Во-вторых, интуитивно понятный интерфейс в сочетании с мощным вычислительным ядром позволяет оперативно визуализировать математические зависимости, отражающие физическую сущность процессов. Возможность облачного сохранения и оперативной ретрансляции полученных результатов способствует оптимизации совместной научной работы и интенсификации дискуссионного обмена данными.

Результаты исследования

Хорошо известно, что на любую реальную колебательную систему действуют противодействующие силы, вызывающие уменьшение энергии колебательной системы. Если приведенная энергия системы не будет пополняться извне, то со временем колебания начнут затухать и в конечном итоге система придет к равновесию [3].

При выводе уравнения кинематического движения затухающих колебаний учитываем, что при приведении системы в состояние покоя под действием внешних сил на неё действуют только квазиупругая сила и сила сопротивления среды. Здесь мы ограничиваемся рассмотрением малых колебаний. В этом случае скорость системы также будет мала, а значит, сила сопротивления будет пропорциональна скорости.

$$f = -hv = -h\dot{x} \quad (1)$$

где h - называется коэффициентом сопротивления. Отрицательный знак означает, что сила сопротивления (f) и скорость (v) направлены в противоположные стороны.

С учетом вышеизложенного динамическое уравнение системы имеет следующий вид:

$$m\ddot{x} = -kx - h\dot{x} \text{ ёки } \ddot{x} + \frac{h}{m}\dot{x} + \frac{k}{m}x = 0 \quad (2)$$

Используя следующие обозначения:

$$\frac{h}{2m} = \delta; \quad (3)$$

$$\frac{k}{m} = \omega_0^2 \quad (4)$$

уравнение (2) принимает следующий вид:

$$\ddot{x} + 2\delta\dot{x} + \omega_0^2x = 0 \quad (5)$$

В этом уравнении ω_0 - циклическая частота колебательной системы при отсутствии сопротивления среды, т. е. при $h=0$, и эта частота называется собственной частотой колебаний системы. Если бы не было сопротивления среды, то амплитуда колебаний (A) системы оставалась бы неизменной во времени.



С течением времени из-за сопротивления среды амплитуда колебаний системы уменьшается по экспоненциальному закону. Следовательно, решение уравнения (5) будет иметь следующий вид:

$$X = Ae^{-\delta t} \cos(\omega t + \varphi) \quad (6)$$

Где A и φ - постоянные величины, зависящие от начальных условий, а δ - коэффициент затухания и величина ω , называется циклической частотой затухающих колебаний.

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2} \quad (7)$$

Из (7) выражения период колебаний определяется выражением

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}} \quad (8)$$

Если сопротивление среды ($\omega_0 \gg \delta$) мало, период колебаний равен $T = 2\pi/\omega_0$. По мере увеличения сопротивления среды увеличивается и период колебаний. График этой зависимости представлен на рисунке -1 ($\omega_0 = 2\pi \text{ с}^{-1}$).

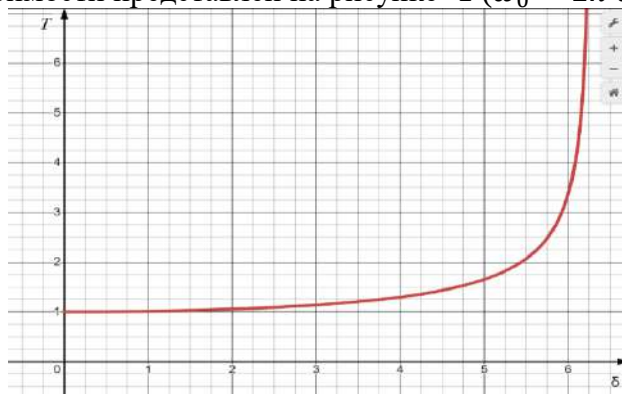


Рисунок 1. График зависимости $T = f(\delta)$

Эту зависимость также ($T = f(\delta)$) можно представить в табличной форме.

$\delta, \text{с}^{-1}$			
$T, \text{с}$			

На рисунке-2 показан график затухающих колебаний описываемым уравнением (6), построенный используя калькулятор «Desmos» ($\omega_0 = 2\pi \text{ с}^{-1}$, $\delta = 0,3 \text{ с}^{-1}$, $A = 4 \text{ см}$, $\varphi = 0$)

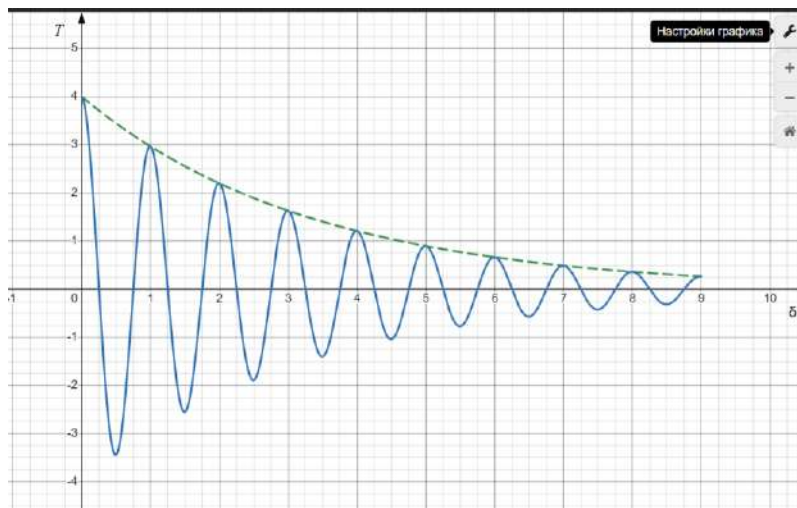


Рисунок 2. График зависимости $X(t)$



Из уравнения(6) следует, что движение системы можно рассматривать как гармонические колебания с циклической частотой ω и с амплитудой изменяющийся экспоненциально $A(t) = A_0 \exp(-\delta t)$ [3]. Пунктирные линии на рисунке 2 показывают график функции $A(t)$, где величина A_0 соответствует амплитудному значений колебаний в начальный момент времени. Скорость затухания колебаний зависит от величины (δ), которая называется коэффициентом затухания.

$$A(t) = A_0 e^{-\delta t} \quad (9)$$

Из уравнения (9), определим время τ , за которое $A(t)$ уменьшится в e раз.

$$A_0 e^{-\delta \tau} = A_0 / e \text{ или } \delta \tau = 1$$

Таким образом, коэффициент затухания равен величине, обратной величине времени, за которое амплитуда уменьшится в e раз. График зависимости δ (τ) представлен на рисунке- 3, ($1 \leq \tau \leq 20$).

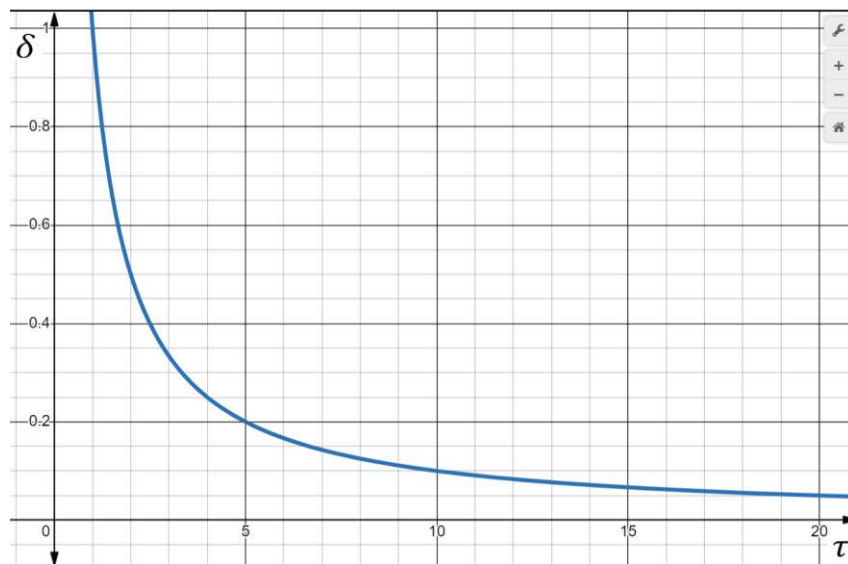


Рисунок 3. График зависимости $\delta(\tau)$

При оценке скорости затухания по числу колебаний вместо коэффициента затухания используется величина, называемая декрементом затухания (или логарифмическим декрементом затухания). Используя численное значение декремента, можно получить информацию о том, за сколько колебаний амплитуда колебаний уменьшится в e раз.

Если в какой-то момент времени t максимальное отклонение равно $A_1(t)$, то через время T , равное одному периоду, отклонение будет равно:

$$A_2(t + T) = A_1(t) e^{-\delta T} \quad (10)$$

В общем случае отношение амплитуд, соответствующих моментам времени, отличающимся на один период, является постоянной величиной:

$$\frac{A(t)}{A(t+T)} = e^{\delta T} \quad (11)$$

Эта величина называется декрементом затухания, а ее логарифм – декрементом логарифмического затухания

$$\theta = \ln e^{\delta T} = \delta T \quad (12)$$



Если отклонение, соответствующее моменту времени t_0 , равно A_0 , а отклонение после времени NT , равно A_N , то справедливо следующее соотношение:

$$\ln \frac{A_0}{A_N} = N\theta \quad (13)$$

Если отношение $\frac{A_0}{A_N}$ равно e , то $N\theta = 1$ или $N = 1/\theta$.

Таким образом, обратная величина логарифмическому декременту затухания численно равна числу колебаний за время, необходимое для уменьшения амплитуды в e раз. Например, если декремент затухания равен $1/15$, то после 15 колебаний амплитуда колебаний уменьшится почти в 2,7 раза.

На рисунке 4 представлен график зависимости $N=1/\theta$, по которому можно найти количество колебаний за время, необходимое для уменьшения амплитуды колебаний в e раз, для значений θ в определенном интервале.

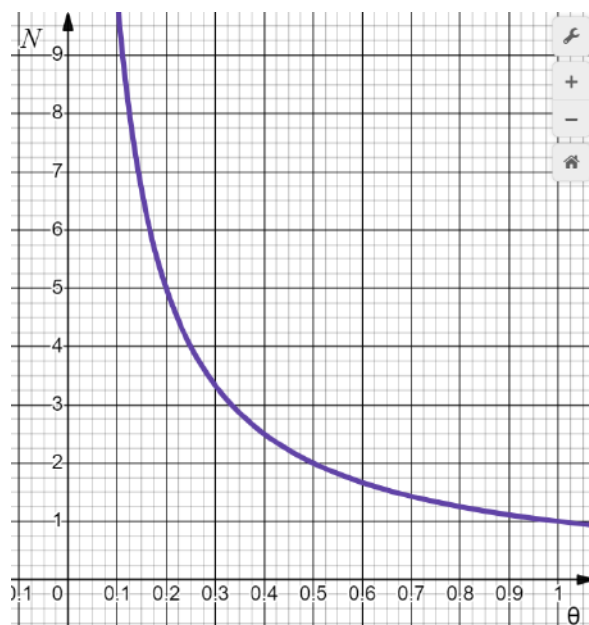


Рисунок 4. График зависимости $N(\theta)$

Как уже говорилось выше, скорость затухания колебаний зависит от коэффициента затухания (см. выражение 9), что отражается на графиках, представляющих зависимость амплитуды от времени (рис. 3).

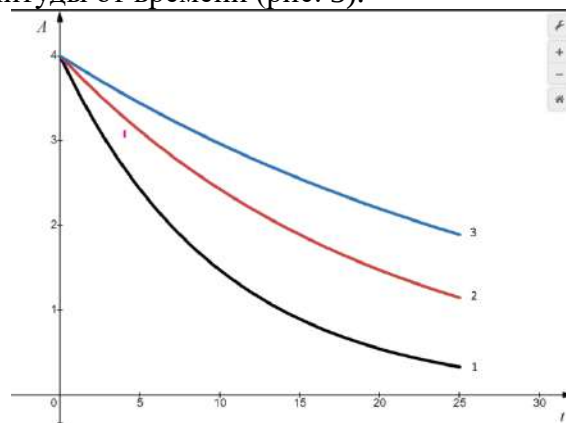


Рисунок 5. График зависимости $A(t)$



Реализация предложенного подхода позволяет трансформировать контроль знаний в интерактивный процесс: преподаватель получает возможность оперативно верифицировать графические построения учащихся, выполненные в цифровой среде. Интеграция графических калькуляторов в учебный цикл не только облегчает процесс проверки, но и стимулирует навыки самоконтроля, позволяя обучающимся самостоятельно выявлять отклонения в своих результатах.

Применение компьютерных инструментов на лекционных занятиях способствует рациональному распределению учебного времени и обеспечивает глубокую визуализацию корреляций между физическими величинами. В рамках лабораторного практикума графический метод становится мощным средством верификации данных, наглядно демонстрируя погрешности и аномалии в полученных измерениях.

Внедрение графического калькулятора в исследование затухающих колебаний обеспечивает высокую прецизионность и наглядность анализа динамических систем. Это подтверждает статус цифровых инструментов как фундаментального компонента современной образовательной и научно-исследовательской среды.

Список литературы.

1. Резников Графический метод в преподавании физики. Москва-1960. 348 с. URL: https://fiz-muz-spb.ucoz.net/load/biblioteka/metodika_fiziki/reznikov_1_i_graficheskij_metod_v_prepodavanii_fiziki/12-1-0-218 (дата обращения: 23.02.2021)
2. Л Абдуллаев Р.М., Захидова М. А., Гиясова З.Р. Новые эффективные методы для решения графических задач по физике // “Касб-хунар таълими”илмий -услугий амалий, маърифий журналъ 2024 йил № 11, ISSN 2010-7498, С. 182-187
3. Исмаилова, Р. Н. Решение графических задач в школьном курсе физики / Р. Н. Исмаилова, Д. Г. Джаббаров, Л. З. Шакарова // Вестник науки и образования. – 2021. – № 9-1(112). – С. 5-11. – EDN: