УДК 531.3/004.946

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ УЧЕБНЫХ ПОСОБИЙ В ИЗУЧЕНИИ КУРСА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ СТУДЕНТАМИ НЕПРОФИЛЬНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

Косачев С. Л.

К. ф.-м. н., доцент

Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана, Москва, Россия

Калини С. Н.

ассистент

Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана, Москва, Россия

Аннотация

Статья посвящена применению электронных учебных пособий для изучения теоретической механики студентами непрофильных специальностей. В условиях ограниченного учебного времени, данная дисциплина остается важной для формирования инженерного мышления. Разработанное компьютерное учебное пособие по разделу «Кинематика точки» позволяет автоматизировать рутинные вычисления, визуализировать результаты расчетов, а также сосредоточить внимание студентов на физическом содержании задачи. Рассмотрен пример использования пособия для выполнения домашнего задания студентами факультета «Инженерный бизнес и менеджмент».

Ключевые слова: информационные технологии в образовании, теоретическая механика, кинематика точки, электронные учебные пособия, визуализация

FEATURES OF USING ELECTRONIC TEXTBOOKS IN THE STUDY OF THEORETICAL MECHANICS COURSE BY STUDENTS OF NON-SPECIALIZED MAJORS

Kosachev S. L.
Ph.D. in Physics and Mathematics, Associate Professor
Bauman Moscow State Technical University,
Moscow, Russia

Kalinin S. N.
Assistant
Bauman Moscow State Technical University,
Moscow, Russia

Abstract

The article is devoted to the application of electronic textbooks for studying theoretical mechanics by students of non-specialized majors. Given the limited study time, this discipline remains important for the development of engineering thinking. The developed computer textbook allows for the automation of routine calculations, visualization of calculation results, and focusing students' attention on the physical content of the problem. An example of using the textbook for homework assignments by students of the "Engineering Business and Management" faculty is considered.

Keywords: information technologies in education, theoretical mechanics, kinematics of a point, electronic textbooks, visualization.

Теоретическая механика является одной из базовых дисциплин, входящих в образовательные программы подготовки специалистов инженерного про-

филя. Ее изучение формирует у студентов представления об основных закономерностях механического движения, развивает навыки построения математических моделей и способствует формированию инженерного мышления. Наряду с машиностроительными и приборостроительными направлениями подготовки, теоретическая механика включается в учебные планы специальностей, для которых она не является профильной, в частности направлений, связанных с информационными технологиями, инженерным бизнесом и маркетингом.

Вместе с тем, объем учебного времени, отводимый на изучение теоретической механики студентами непрофильных специальностей, в два-три раза меньше по сравнению с профильными инженерными направлениями. Это существенно ограничивает возможности для подробного рассмотрения теоретического материала, выполнения практических и домашних заданий, а также формирования у студентов устойчивых навыков решения задач. При этом сокращение времени обучения не должно приводить к снижению качества усвоения основных понятий дисциплины.

Одним из способов решения данной проблемы является применение электронных средств обучения, позволяющих рационально организовать учебный процесс. Использование компьютерных учебных пособий дает возможность сократить объем рутинных вычислений, повысить наглядность представления результатов и сосредоточить внимание обучающихся на содержательной, физической стороне рассматриваемых задач [5].

На кафедре теоретической механики МГТУ им. Н.Э. Баумана разработан ряд электронных учебных средств, ориентированных на облегчение усвоения материала студентами и на проведение контроля знаний в условиях ограниченного объема аудиторных занятий [1-3,6]. В настоящей работе рассматриваются возможности применения компьютерного учебного пособия по разделу «Кинематика точки» при выполнении домашнего задания студентами факультета «Инженерный бизнес и менеджмент».

Обычно, при выполнении домашнего задания, студенты должны провести анализ движения точки, по заданным уравнениям движения построить траекторию, определить кинематические характеристики движения в различных системах координат и нанести все полученные значения на чертеж траектории для заданного момента времени [4]. Решение задачи сопровождается значительным объемом математических вычислений, которые приобретают для обучающихся самостоятельное значение и отвлекают их от понимания физического содержания задачи. Применение электронного учебного пособия позволяет освободить студентов от расчетов и сосредоточиться на механической стороне задачи.

Программа содержит 30 вариантов заданий. Для каждого варианта заданы уравнения движения точки, диапазон времени на котором рассматривается движение точки. Программное обеспечение позволяет вычислять первую и вторую производные от заданных законов движения материальной точки, а также строить графики траектории движения точки, зависимости координат точки от времени, зависимости проекций скорости и ускорения точки на оси декартовой системы координат от времени, а также графики зависимостей модуля скорости и модуля ускорения точки от времени.

Рассмотрим применение компьютерного учебного пособия на конкретном примере.

Движение точки задано уравнениями:

$$\begin{cases} x(t) = t(2-t) \ \text{м}, \\ y(t) = t^2(2-t) \ \text{м}. \end{cases}$$

Построить траекторию на промежутке времени $0 \le t \le 2$ с, в момент времени $t_р = 1{,}5$ с указать положение точки на траектории, найти и изобразить векторы скорости и ускорения, а также нормальное и касательное ускорения точки, вычислить радиус кривизны траектории.

Движение точки задано координатным способом в декартовых координатах. Уравнения движения точки являются параметрическими уравнениями траектории. С помощью программы «Кинематика материальной точки» строим траекторию на заданном промежутке времени. Для этого пользователю необходимо задать законы движения x(t) и y(t) в соответствующих полях ввода, диапазон построения графика траектории и расчетный момент времени. После ввода уравнений движения, координаты точки в данный момент времени, а также проекции вектора скорости и ускорения на оси декартовой системы координат, полученные в результате дифференцирования уравнений движения, вычисляются автоматически.

Результат расчета в численном виде и в виде графиков сохраняются в pdf файле. Пример файла с результатами представлен на рис.1.

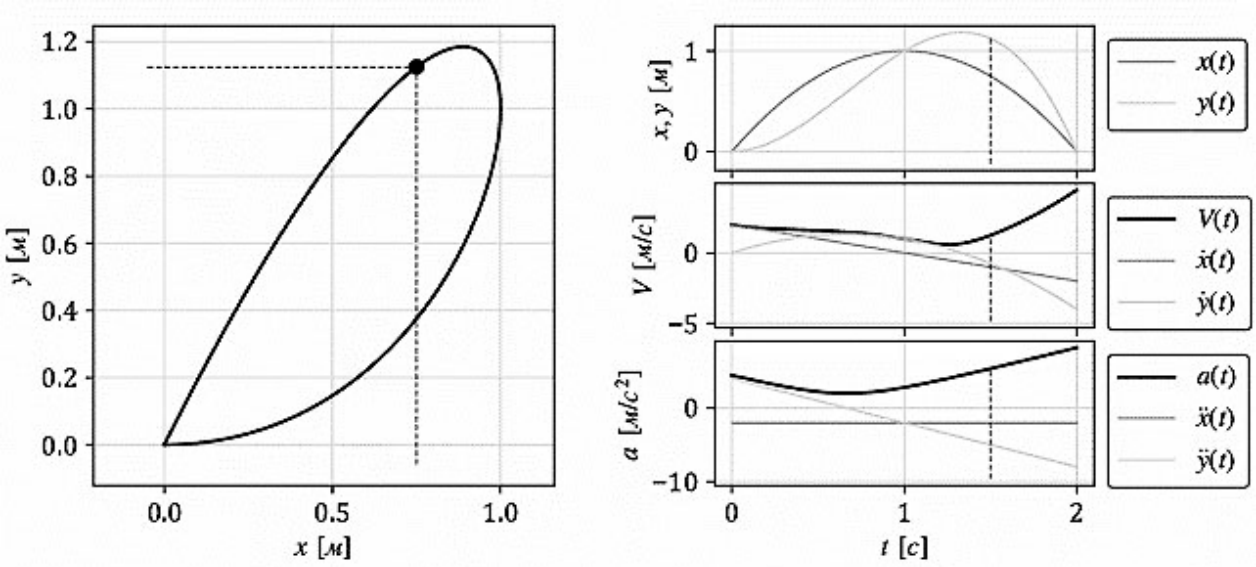


Рис. 1. Траектория движения точки и графики основных кинематических характеристик

Масштаб

____ см = ____ м/с | ____ см = ____ м/с²

Диапазон времени: $0.0 \le t \le 2.0$; Расчетный момент времени: $t_p = 1.5$ с;

$x(t) = t(2-t)$; $y(t) = t^2(2-t)$;

$\dot{x}(t) = 2-2t$; $\dot{y}(t) = t(4-3t)$;

$\ddot{x}(t) = -2$; $\ddot{y}(t) = 4-6t$;

$x(t=1.5\text{ с}) = 0.75$ м; $y(t=1.5\text{ с}) = 1.125$ м;

$\dot{x}(t=1.5\text{ с}) = -1.0$ м/с; $\dot{y}(t=1.5\text{ с}) = -0.75$ м/с;

$\ddot{x}(t=1.5\text{ с}) = -2$ м/с²; $\ddot{y}(t=1.5\text{ с}) = -5.0$ м/с²;

Рис. 1 – Пример файла с результатами расчета.

Далее пользователь проводит анализ полученных результатов, вычисляет недостающие кинематические характеристики движения точки и наносит полученные результаты на график траектории.

Проекции скорости на оси отрицательные, следовательно, вектора $\bar{v}_x$ и $\bar{v}_y$ направлены в противоположную сторону с направлением осей x и y соответственно.

Модуль скорости точки:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{(-1)^2 + (-0{,}75)^2} = 1{,}25 \text{ м/с}.$$

Проекции ускорения на оси отрицательные, следовательно, вектора $\bar{a}_x$ и $\bar{a}_y$ направлены в противоположную сторону с направлением осей x и y соответственно.

Модуль ускорения точки:

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \sqrt{(-2)^2 + (-5)^2} = 5{,}385 \text{ м/с}^2.$$

Касательное ускорение точки для данного момента времени:

$$a_\tau = \frac{\dot{x}\ddot{x} + \dot{y}\ddot{y}}{\sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2}} = \frac{(-1)\cdot(-2) + (-0{,}75)\cdot(-5)}{1{,}25} = 4{,}6 \text{ м/с}^2.$$

Касательное ускорение получилось положительным, значит, его вектор сонаправлен с вектором скорости и точка движется ускоренно.

Нормальное ускорение:

$$a_n = \sqrt{a^2 - a_\tau^2} = \sqrt{5{,}385^2 - 4{,}6^2} = 2{,}8 \text{ м/с}^2.$$

Вычислим радиус кривизны траектории в заданной точке. Нормальное ускорение точки

$$a_n = \frac{v^2}{\rho},$$

тогда радиус кривизны траектории:

$$\rho = \frac{v^2}{a_n} = \frac{1{,}25^2}{2{,}8} = 0{,}558 \text{ м}.$$

Все полученные величины наносим на график траектории (рис.2).

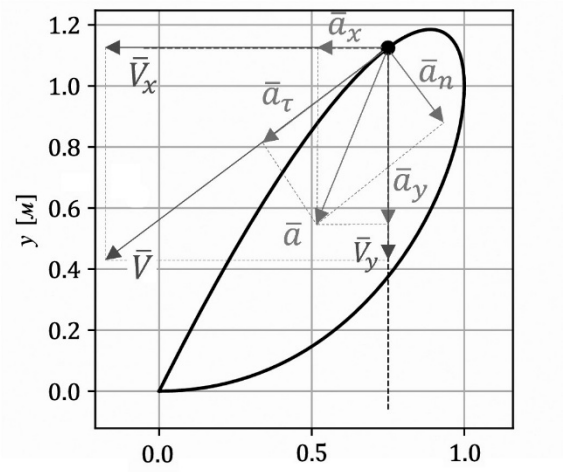


Рис. 2 – Траектория движения точки и векторы ее скорости и ускорения.

Таким образом, с использование данной программы студент получает возможность достаточно быстро получить основные кинематические характеристики движения точки и визуализировать полученные значения. Отсутствие необходимости проводить громоздкие вычисления позволяет провести анализ изменения данных величин для различных моментов времени.

Применение электронных средств обучения при изучении теоретической механики студентами непрофильных специальностей способствует повышению наглядности, информативности и доступности учебного материала, а также создает условия для более эффективной самостоятельной работы студентов. Визуализация траектории и кинематических характеристик облегчает понимание изучаемых закономерностей и позволяет связать формальные математические зависимости с конкретными особенностями движения точки.

Дополнительным преимуществом такого подхода является сокращение времени, затрачиваемого на выполнение и защиту домашних заданий. При этом использование компьютерных средств не исключает необходимость изучения теоретического материала и выполнения содержательного анализа, а, напротив, позволяет перенести акцент с механического проведения расчетов на осмысление полученных результатов.

Таким образом, электронные учебные пособия могут рассматриваться как эффективный инструмент повышения качества преподавания теоретической механики. Их использование позволяет рационально распределить учебное время и обеспечить более глубокое понимание физического содержания изучаемых механических процессов.

Библиографический список:

1. Барышников Ю.Н., Косачев С.Л., Паншина А.В. Внедрение цифровых технологий в изучение курса теоретической механики. // Международный форум– 2019 «Цифровые технологии в инженерном образовании: новые тренды и опыт внедрения»: сб. трудов. Ю.И. Димитриенко, ред. Москва, Изд-во МГТУим. Н.Э. Баумана, 2020, с. 60–62.

2. Бондаренко Н.И., Косачев С.Л., Обносов К.Б., Стихно К.А. Актуальность компьютерного тестирования и его особенности при изучении темы «Сложное движение точки» в теоретической механике. // Тенденции развития науки и образования 2021.- № 72-1.- С. 33 – 35 DOI: 10.18411/lj-04-2021-05

3. Бондаренко Н.И., Обносов К.Б., Паншина А.В. Компьютерное тестирование в курсе теоретической механики // Инженерный журнал: наука и инновации. Электронное научно-техническое издание, 2014, № 12(36). — Режим доступа — URL: http://engjournal.ru/catalog/pedagogika/hidden/1340.html

4. Витушкин В.В., Орлянская Т.И., Шкапов П.М. Кинематика точки. Простейшие движения твердого тела: учебно-методическое пособие под ред. Шкапова П.М. – Москва: Издательство МГТУ им. Баумана, 2024. – 53с.

5. Дубинин В. В., Пашков А. В. Опыт создания и использования виртуальных моделей механизмов в курсе теоретической механики // Инженерный журнал: наука и инновации. - 2013. - № 12. [Электронный ресурс] — Режим доступа — URL: https://engjournal.bmstu.ru/catalog/pedagogika/hidden/1132.html

6. Стихно К.А., Худорожко М.В. Разработка и внедрение программного обеспечения для очного модульного тестирования знаний студентов. Международный форум–2019 «Цифровые технологии в инженерном образовании: новые тренды и опыт внедрения»: сб. трудов. Ю.И. Димитриенко, ред. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2020, с. 106–108.