

Я. Г. Грода, канд. физ.-мат. наук; Д. В. Гапанюк, ассистент;
В. С. Вихренко, профессор

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В КУРСЕ «ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА»

The laboratory training on the basis of PC simulation of mechanical systems is proposed. This training consists of 8 tasks on dynamics of mechanical systems: one- and two-dimensional motion of a particle under non-linear damping force, free and forced oscillators, plane motion of a solid, and self-oscillations. Algorithms and programs for numerical solving all the tasks with the help of Pascal and MathCAD are developed.

Как известно, в общем случае решение задач теоретической механики сводится к решению системы дифференциальных уравнений второго порядка. Аналитическое решение такой системы уравнений существует лишь для ограниченного класса задач. Это значительно сужает класс задач, которые могут использоваться при изложении курса, и оставляет практически за его пределами изучение весьма интересных явлений, связанных с нелинейными процессами. Прекращение же решения задачи на этапе составления уравнения движения не позволяет рассмотреть, как именно имеющиеся в системе нелинейности влияют на движение механической системы, т. е. не позволяют провести анализ полученных результатов, что является неотъемлемой составной частью решения задачи по теоретической механике.

Для преодоления этих ограничений при подготовке задач на кафедре теоретической механики был разработан лабораторный практикум и соответствующее пособие по решению задач динамики с применением ЭВМ [1]. Учитывая, что студенты сильно отличаются по уровню владения вычислительной техникой, в сопровождающем практикум пособии излагается все, что необходимо для выполнения лабораторных работ.

Собственно описанию лабораторных работ предшествуют три раздела, поясняющих используемые численные методы и технику взаимодействия с компьютером.

В первом из них дается краткое введение в язык программирования Pascal. На примере задачи об интегрировании одномерного уравнения движения материальной точки подробно рассматривается на языке Pascal структура программы численного интегрирования дифференциального уравнения с помощью алгоритма Эйлера. Программа снабжена подробными комментариями. Дополнительно приведены пояснения по типу используемых переменных и констант, по операторам, по операциям ввода-вывода и т. д.

Во втором разделе описывается пакет Origin, предназначенный для визуализации (графического представления) результатов вычислений. Рассматриваются вопросы импорта числовых данных и построения графиков.

MathCAD является одним из профессиональных пакетов общего назначения и предназначен для решения математических задач. Его отличительной чертой является простота использования. При этом он обладает широкими возможностями решения разнообразных задач. Его описанию – в части, необходимой для выполнения предлагаемых лабораторных работ, – посвящен третий раздел пособия.

Используя программирование на языке Pascal и решение задач в среде MathCAD, студенты смогут сопоставить трудоемкость и удобство пользования этими двумя подходами, приобретут навыки работы с программами, анализа полученных результатов и познакомятся с особенностями движения сильно нелинейных систем.

Лабораторные работы посвящены исследованию движения материальных тел и их систем в условиях, когда уравнения движения не могут быть проинтегрированы аналитически. Для составления уравнений движения используются различные методы механики – от уравнения второго закона механики до уравнений Лагранжа.

Полный цикл лабораторных работ состоит из восьми заданий, охватывающих основные темы лекционного курса «Теоретическая механика», читаемого студентам специальности «Машины и оборудование лесного комплекса». Для их выполнения студентам необходимо, во-первых, используя, как правило, уравнения Лагранжа второго рода, составить дифференциальные уравнения движения и, во-вторых, численно решить эти уравнения с помощью либо алгоритма Эйлера, составив программу на языке Pascal, либо с помощью встроенных в пакет MathCAD средств численного решения дифференциальных уравнений. В последнем случае студент также может реализовать алгоритм Эйлера, используя внутренний язык программирования пакета MathCAD. Визуализация результатов вычислений производится либо с помощью графического пакета Origin при использовании языка программирования Pascal, либо с помощью графических возможностей пакета MathCAD.

По результатам каждой лабораторной работы оформляется письменный отчет, который должен содержать титульный лист, постановку

задачи, описание полученных результатов с представлением графиков и их анализ.

Учебное пособие по лабораторному практикуму имеется в достаточном количестве в библиотеке университета. К сожалению, ко времени прохождения лабораторного практикума (IV семестр) многие студенты по различным причинам не имеют возможности воспользоваться услугами библиотеки. Поэтому электронный вариант пособия в pdf-формате, снабженный дополнительно системой гиперссылок, установлен на каждой машине компьютерного класса, в котором проводятся лабораторные занятия. Дополнительно электронный вариант доступен для скачивания со страницы кафедры теоретической механики официального сайта университета и может быть записан по просьбе студента на любой удобный для него носитель информации. К достоинствам электронной версии учебного пособия можно также отнести наличие в нем цветных иллюстраций, что существенно облегчает студентам знакомство с элементами интерфейса рассматриваемых программных пакетов.

В целом можно отметить, что структура лабораторного практикума является достаточно гибкой и допускает включение в него новых работ и изменение порядка их выполнения. Как было отмечено, для решения дифференциальных уравнений используется метод Эйлера. К числу основных достоинств этого метода относится его простота и наглядность. В то же время он является методом лишь первого порядка точности и в ряде задач его использование может приводить к потере устойчивости процесса интегрирования дифференциальных уравнений. Поэтому при необходимости он может быть заменен более совершенными алгоритмами, например, схемой второго порядка с перешагиванием или методом Рунге – Кутты четвертого порядка.

Рассматриваемый лабораторный практикум служит хорошей основой для организации научно-исследовательской работы студентов. Ежегодно в течение последних лет во время прохождения лабораторного практикума студенты проводят самостоятельные научные исследования, тематика которых связана с рассматриваемыми в практикуме вопросами. Полученные результаты представляются на ежегодных студенческих научно-технических конференциях БГТУ. Например, в 2006 г. студентом II курса факультета ТТЛП (специальность «Машины и оборудование лесного комплекса») С. А. Голякевичем был подготовлен доклад «Компьютерное моделирование движения кольца по шероховатой поверхности», который был отмечен как один из лучших на 57-й научно-технической конференции студентов БГТУ и рекомендован для представления на Республиканский конкурс студенческих научных ра-

бот. По материалам проведенных исследований им были подготовлены три публикации, а представленная на конкурс работа «Влияние соотношения начальных угловой и линейной скоростей на движение кольца по горизонтальной шероховатой поверхности» отнесена ко второй категории. На рисунке представлены результаты исследований, показывающие, что вращательное и поступательное движения прекращаются одновременно [2].

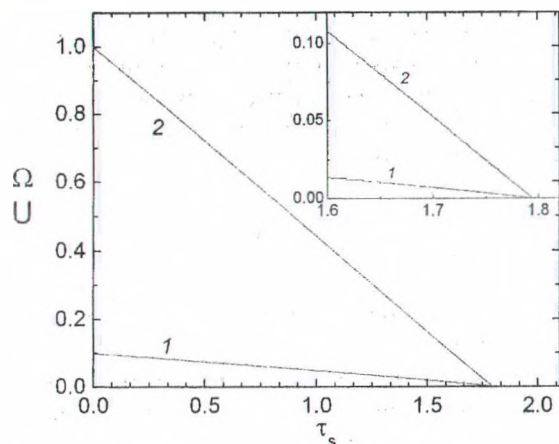


Рисунок. Зависимость безразмерных угловой 1 и линейной 2 скоростей от безразмерного времени

Таким образом, данный лабораторный практикум позволяет не только рассмотреть новые классы задач, решение которых практически невозможно без применения ЭВМ, но и является полезным с точки зрения стимулирования научно-исследовательской работы студентов. Подобного рода лабораторные работы могут оказаться полезными при изучении курса «Теоретическая механика» и для студентов иных специальностей, например «Машины и аппараты химических производств и предприятий строительных материалов», «Полиграфическое оборудование и средства обработки информации» и др.

Литература

1. Вихренко, В. С. Теоретическая механика: лаб. практикум для студентов специальности 1-36 05 01 «Машины и оборудование лесного комплекса» / В. С. Вихренко, Д. В. Гапанюк, Я. Г. Грода. – Минск: БГТУ, 2004. – 58 с.
2. Голякевич, С. В. Влияние соотношения начальных угловой и линейной скоростей на движение кольца по горизонтальной шероховатой поверхности / С. В. Голякевич, Д. В. Гапанюк, В. С. Вихренко // Механика. Теория, задачи, учебно-методические разработки: сб. науч. тр. / Белорусский государственный университет транспорта. – Гомель: БГУТ, 2007. – С. 15–22.