

УДК 531.8

## ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ

© 2011 г.

*В.В. Витушкин*

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

sovettm@bmstu.ru

*Поступила в редакцию 24.08.2011*

Приводятся результаты многолетней работы, проводимой на кафедре «Теоретическая механика» МГТУ им. Н.Э. Баумана по созданию и совершенствованию лабораторных исследовательских комплексов по отдельным разделам теоретической механики и теории колебаний, отвечающих современному уровню информационных технологий, методикам научных исследований и ведения учебного процесса. Информационные технологии, в частности, позволяют осуществлять математическое моделирование физических процессов. Направление более высокого уровня предполагает органичное соединение математического моделирования с физическим экспериментом. Это направление в течение ряда лет успешно развивается на кафедре как для создания научного комплекса, так и для развития учебного процесса. Исследовательский комплекс предполагает наличие физической (механической) установки, программного обеспечения управления работой установки, необходимых приборов измерений и контроля за ее работой, ЭВМ и необходимых технических устройств записи и обработки данных. Разработанные лабораторные комплексы позволяют не только математически анализировать физическое явление, но и проверять экспериментально реальность проведенного моделирования. Кроме того, в рамках данного направления разработан ряд оригинальных лабораторных приборов, позволяющих проводить исследования основных теорем и аксиом механики, законов трения и равновесия тел, что позволяет также повысить эффективность учебного процесса в высшей школе.

*Ключевые слова:* теоретическая механика, теория колебаний, лабораторные исследовательские комплексы, математическое моделирование, эксперимент.

Комплект лабораторных исследовательских комплексов по отдельным разделам теоретической механики (ТМ) и теории колебаний (ТК), разработанный и существенно модернизированный в последнее время, включает в себя лабораторные установки: «Наклонная плоскость», «Двухстепенной гироскоп», «Бегуны», «Динамические реакции подшипников», «Физический маятник», «Двойной маятник», «Вынужденные колебания механической системы с инерционным возмущением», «Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы». Каждая из указанных лабораторных установок отвечает современным высоким уровням информационных технологий и представляет собой программно-аппаратный комплекс, содержащий экспериментальную установку, воплощающую ту или иную теоретическую модельную задачу ТМ или ТК, и снабженную различного рода датчиками механических величин (сил, перемещений, скоростей и т.д.), аналого-цифровым преобразователем и ПЭВМ. Это позволяет автоматизировать проводимые эксперименты – вводить и обрабатывать реализации исследуемых процессов, задавать и поддерживать режимы работы установок. Модельные установки

создаются под основные процессы промышленных объектов, они недороги и могут быть дополнены простыми устройствами обратной связи, нелинейностями и т.д. В основу построения комплексов заложен принцип выявления и исследования взаимосвязи между теоретическим описанием процесса (явления), результатами его математического моделирования и экспериментальным исследованием физических процессов, реализуемых в лабораторных установках. Результаты экспериментов обрабатываются на ПЭВМ и отображаются в реальном масштабе времени.

Назначения, возможности и основные конструктивные особенности экспериментальных установок (стендов) в лабораторных комплексах заключаются в следующем. Установка «Наклонная плоскость» позволяет экспериментально изучать кинематические параметры плоскопараллельного движения по наклонной плоскости двух твердых тел с одинаковыми массой и радиусом, но с разными осевыми моментами инерции. В установке «Двухстепенной гироскоп» при изменении направления и величины скорости прецессионного движения гироскопа исследуются соответствующие изменения гироскопического мо-

мента и положения оси гироскопа в вертикальной плоскости. Установка «Бегуны» представляет собой модель мельничных бегунов, шарнирно закрепленных на вертикальной оси, связанной с приводом вращения, и позволяет производить измерения гироскопических давлений бегунов на горизонтальную поверхность при различных скоростях вращения. Лабораторный комплекс «Динамические реакции подшипников» предназначен для исследования реакций подшипников в динамически несбалансированной механической системе (установке), представляющей собой рамку, приводимую посредством электропривода во вращение вокруг ее продольной оси симметрии. На сторонах рамки, параллельных оси вращения, устанавливаются в различных положениях грузы, что обеспечивает получение динамической неуравновешенности. Один из подшипников рамки установлен с возможностью перемещения в горизонтальном, перпендикулярном оси вращения, направлении и снабжен центрирующими пружинами. При изменении угловой скорости вращения рамки регистрируются пропорциональные динамической реакции смещения подшипника и строится зависимость значений реакции от угловой скорости вращения. Установка «Физический маятник» содержит снабженный пружинами маятник, позволяет регистрировать его колебательное движение и определять характеристики последнего – частоту, коэффициент затухания, декремент и т.д. Установка «Двойной маятник» предназначена для экспериментального исследования парциальных систем и главных колебаний двойного маятника. Стенд лабораторного комплекса «Вынужденные колебания механической системы с инерционным возмущением» представляет собой систему, состоящую из тележки, перемещающейся по неподвижному основанию в горизонтальном направлении, и закрепленного на тележке маятника, вращающегося в том же направлении [1]. Маятник приводится в колебательное движение с помощью двигателя, закрепленного на тележке, и создает возмущающее воздействие на нее (рис. 1а). Установка позволяет получать амплитудно-частотную и фазочастотную характеристики вынужденных колебаний, а также наблюдать и анализировать особенности движения систем с одной степенью свободы. Стенд лабораторного комплекса «Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы» представляет собой систему, состоящую из установленного на горизонтальной оси диска, соединенного через спиральную пружину с рычагом кривошипно-шатунного механизма привода [2]. Установка позволяет

характеристики вынужденных колебаний, а также наблюдать и анализировать особенности движения систем с одной степенью свободы. Общий вид установки показан на рис. 1б.



а)



б)

Рис. 1

Программное обеспечение лабораторных комплексов реализует концепцию автоматизации экспериментов. В рамках единого цикла разработки аппаратно-программно-методического обеспечения лабораторного комплекса создается программно-методическая оболочка, реализующая все этапы проведения исследования. С целью унификации аппаратно-программных решений и более полного использования возможностей операционных систем современных персональных ЭВМ программное обеспечение лабораторных комплексов реализовано на основе аппаратно-программных средств фирмы National Instruments – модулей ввода-вывода сигналов и программной системы LabView версии 7.0.

Следует отметить, что в рамках данного направления разработан ряд оригинальных лабораторных приборов, позволяющих проводить исследования основных теорем и аксиом механики. Например, одна из таких установок предназначена для исследования коэффициентов трения скольжения для разных пар материалов и реше-

ния практических задач о равновесии тела при различных случаях нагружения [3].

*Список литературы*

1. Дубинин В.В., Витушкин В.В. Исследование колебаний механической системы с инерционным

возмущением. М., 2008. 19 с. Деп. в ВИНТИ.

2. Дубинин В.В., Витушкин В.В., Дубровина Г.И. Информационные технологии и физический эксперимент в механике. М., 2008. 45 с. Деп. в ВИНТИ.

3. Дубинин В.В., Витушкин В.В. Использование установки «Конус трения. Практические задачи». М., 2007. 16 с. Деп. в ВИНТИ.

**LABORATORY RESEARCH COMPLEXES FOR THEORETICAL MECHANICS**

*V.V. Vitushkin*

The report presents the results of several years' work carried out at the Department of Theoretical Mechanics of Moscow State Technical N.E.Bauman University on the development and improvement of laboratory research complexes for specific sections of theoretical mechanics and the theory of vibrations corresponding to the current level of information technology, methods of research and conducting of the educational process. Information technology, in particular, allows mathematical modeling of physical processes. This higher-level direction presupposes the organic connection of mathematical modeling with physical experiment. For several years this trend has been successfully developed at the Department as to create a scientific complex, and to develop the educational process. Research suggests the presence of complex physical (mechanical) stands, software control of the necessary equipment, measurement and control of their operation, the computer and the necessary technical devices recording and processing the data. The developed laboratory facilities make it possible not only to mathematically analyze the physical phenomenon, but also to experimentally assess the adequacy of the conducted simulation. Also, a series of original laboratory instruments have been developed that allow studying the main theorems and axioms of mechanics, laws of friction and balance of bodies, as well as providing a more effective teaching process in higher education.

*Keywords:* theoretical mechanics, vibrations theory, laboratory research facilities, mathematical modeling, experiment.