

Рис. 7. Функціональна схема електронного термометра: 1. Перетворювач температура – частота. 2. Генератор прямокутних імпульсів. 3. Лічильник імпульсів з дешифратором. 4. Блок живлення. 5. Індикатор.

нтними індикаторами. Під час підрахунку імпульсів індикатори не горять, вони замкнені сигналом, що приходить із генератора, який також виробляє сигнал скидання показань наприкінці циклу індикації. Блок живлення 4 виробляє всі необхідні напруги для живлення блоків термометра.

Датчик приладу – точковий діод Д-9. Контакти зігнуті в одну сторону, припаяні до кабеля із фторопластовою ізоляцією. Половина корпусу діоду захищена трубкою з поліхлорвінілу. Коли датчик опускається в струмопровідне середовище, потрібно стежити за тим, щоб він не поринав більше ніж на половину довжини корпусу. Для роботи в агресивних середовищах (кислоти, луги) датчик захищений епоксидною смолою, що забезпечує його електричну ізоляцію та гарну теплопровідність. Якщо виникає необхідність використання декількох датчиків, розташованих у різних місцях при точності виміру не більше 0,3...0,5 °С, можна використовувати датчики на основі діодів КД518А, попередньо відібравши їх за однаковими падіннями напруги при струмі через діод 1 мА.

Нові досягнення фізики все більш глибоко проникають в усі області сучасної науки та техніки. Одним із напрямків практичного застосування досягнень фізики є розробка систем управління технологічними процесами. Основним елементом такої системи виступає сенсор. Проблема розробки високоєфективних сенсорів набуває особливої гостроти в умовах технічного розвитку суспільства. Застосування сенсорів в системі цифрової обробки сигналів значно розширює можливості використання комп'ютерів в управлінні технологічними процесами та системами збору даних.

УДК 378

Б.М. Валиев, В.Д. Егоренков

Харьковский национальный университет им. В.Н.Каразина

## О ЦЕПИ, СОСКАЛЬЗЫВАЮЩЕЙ СО СТОЛА И ПАДАЮЩЕЙ С НЕГО

Численно и экспериментально изучается поведение тяжелой цепи, которая соскальзывает с горизонтального стола и затем падает.

**Ключевые слова:** тяжелая цепь, скольжение, свободное падение, экспериментальное наблюдение, числовое решение.

Классическая задача о цепи, соскальзывающей со стола под действием собственного веса, была и остается одной из часто используемых для иллюстрации движения тела переменной массы [1]. Интерес к этой задаче возник у нас в ходе подготовки соответствующего лекционного демонстрационного эксперимента [2]. На рис. 1 из работы [2] изображена цепь, скользящая по гладкому столу. Изображение размыто ввиду большой скорости движения. Цепь состоит из 40 цветных скрепок. Она скользит по столу, покрытому листом обычного стекла. Край стеклянного листа закруглен с помощью стеклянной трубки диаметром 8 мм, прикрепленной к столу с помощью клейкой ленты. В исходном состоянии большая часть цепи лежала на столе, а меньшая ее часть свешивалась со стола. Форма цепи в исходном состоянии повторяла форму стола. Видно, что в ходе движения цепь утрачивает контакт со стеклянной трубкой и не повторяет форму края стола.



Рис. 1. Одна из фаз движения цепи из скрепок

Это сложное движение цепи в целом и ее частей, конечно, не может полностью описываться упрощенными моделями, которые мы рассматривали в работе [2]. К сча-

Використання розроблених датчиків для виміру швидкості тіла та температури, на відміну від інших, дозволяє підвищити точність вимірів, зручність, забезпечити високу відтворюваність результатів. Датчики при необхідності підключаються до LPT порту комп'ютера. Використовуючи відповідне програмне забезпечення, можна автоматизувати і систематизувати процес вимірів. На екрані монітора можливо візуально спостерігати характеристики фізичних величин у різному масштабі, часі, будувати графіки залежностей,

діаграми рівнів, що дозволяє в цілому проводити фізичний експеримент відповідно до вимог сучасних навчальних досліджень.

Запропонований комплект приладів може бути виготовлений в умовах вищого навчального закладу. Його використання у навчальному процесі розширює можливості демонстраційного та лабораторного експерименту.

### Список використаних джерел:

1. Гольцман Ф.М. Физический эксперимент и статистические выводы. – Л., 1982.
2. Гордов А.Н., Жагулло О.М., Иванова А.Г. Основы температурных измерений. – М.: Энергоатомиздат, 1992.
3. Зи С. Физика полупроводниковых приборов. Кн.1. – М.: Мир, 1984.
4. Олссон Густав, Пиани Джангуидо. Цифровые системы автоматизации и управления. – СПб.: Невский Диалект, 2001.
5. Петренко Е.С. Некоторые технические особенности использования оборудования для измерения скорости пули.
6. Федотов Я.А. Основы физики полупроводниковых приборов. – М.: Сов. радио, 1969.

In the article the description of the complete set of devices developed by authors with sensor controls of movement and temperatures are considered uses of the complete set for studying mechanics and thermodynamics.

**Key words:** a sensor control, the gauge, physical experiment, experimental researches, the complete set of devices, mechanics, thermodynamics.

Отримано: 14.10.2007

стью для нас, в роботі [3] ее автор дал детальное математическое описание поведения такого сложного объекта и создал алгоритм численного решения задачи о цепи. Это – дискретизированная версия задачи. Дискретизация осуществляется путем представления цепи в виде набора  $n+1$  точечных частиц (каждая массы  $m$ ), которые удерживаются вместе невесомой, бесконечно гибкой и все же бесконечно прочной струной, разделенной на  $n$  сегментов длины  $q$ , которые соединяют индивидуальные точечные массы.

Преобразование координат  $x \rightarrow qx$ .

$y \rightarrow qy$  и  $g \rightarrow qg$  дает возможность разделить функцию Лагранжа задачи на  $q^2$  и массу отдельной частицы и свести задачу к одному параметру, новому значению ускорения силы тяжести. Но даже этот параметр может быть исключен перенормировкой времени  $t \rightarrow t/\sqrt{g}$ . Таким образом, фактическая форма скользящей цепи не зависит от ее длины и веса. Далее автор полагает, что  $m = q = g = 1$ . Мы обратились к нему за содействием, и он любезно предоставил нам свою программу численного решения задачи соскальзывания тяжелой цепи со стола под действием собственного веса без учета трения. На рис. 2 представлены результаты нашего численного расчета для случая 40 звеньев. Время расчета составило 1378,2 с.

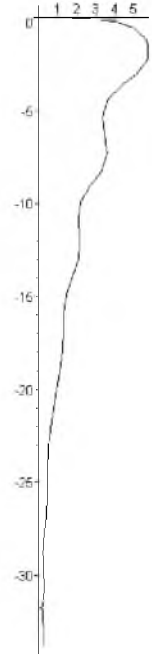


Рис. 2. Пример численного решения задачи о цепи

Рис. 2 показывает сложное движение цепи в процессе ее соскальзывания со значительным отклонением от вертикали, особенно для хвостового участка цепи. Начало координат отвечает краю стола. Вдоль горизонтальной оси отложено удаление элементов цепи от стола в переменных задачи. Стол ограничен осью ординат и находится слева от нее. Расчет производился до момента времени, когда конец цепи совпал с краем стола.

Конечно, в наших экспериментах мы также наблюдали последующее свободное падение цепи, когда она теряла контакт со столом. Еще в работе [2] мы приводили снимок одной из фаз движения цепи (см. рис. 3), когда в процессе свободного падения хвост цепи догнал голову. Здесь для удобства мы взяли цепь из 20 скрепок, причем голова была из красных скрепок, а хвост из зеленых.

На рис. 3 цепь падает на белую простыню, которая накрывает плотную ткань, лежащую на паркетном полу аудитории и служащую в качестве амортизатора. Изображение цепи также размыто вследствие еще большей скорости падения цепи вблизи пола аудитории.



Рис. 3. Свободное падение цепи после отрыва от стола

Оказалось, что автор работы [3] составил свою программу таким образом, что она может применяться и для расчета движения цепи после ее отрыва от стола. На последующих рисунках для удобства представления результатов

расчетов начало координат соединено с концом цепи, который последним потерял контакт со столом, и показано расчетное поведение цепи после ее отрыва от стола.

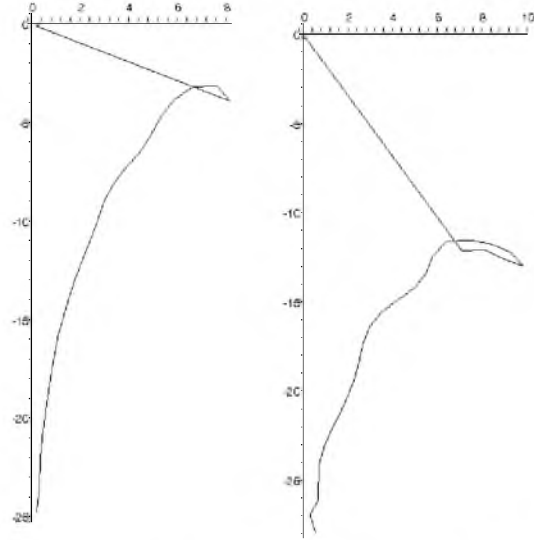


Рис. 4. (100 шагов)

Рис. 5. (200 шагов)

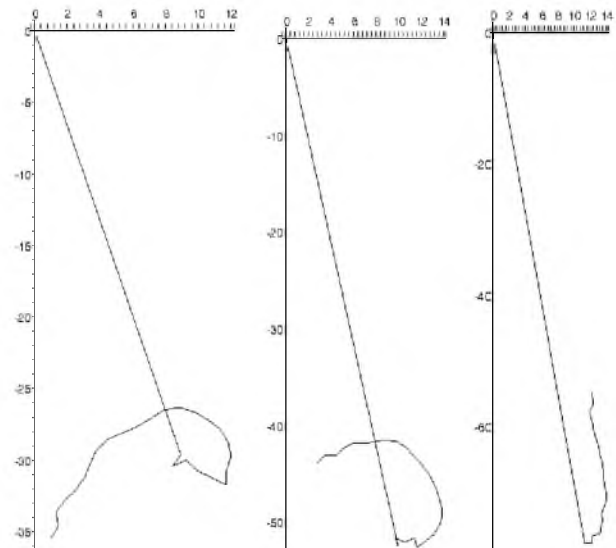


Рис. 6. (400 шагов)

Рис. 7. (600 шагов)

Рис. 8. (800 шагов)

В подписях к рисункам 4-8 указано число шагов счета по времени с момента отрыва хвоста цепи от начала координат. Рассмотрение рис. 4-8 показывает, что численный расчет не только предсказывает, что хвост догонит голову (рис. 6), но также демонстрирует, что он ее обгонит (рис. 7, 8).

Мы благодарны проф. Яну Врбику (Канада) за предоставленные программы расчета движения цепи как в отсутствие трения цепи о стол, так и при его наличии.

#### Список использованной литературы:

1. Зоммерфельд А. Механика. – М.: Гос. изд-во иностр. лит., 1947. – С.352.
2. Валийов Б.М., Гельфгат И.М., Єгоренков В.В., Єгоренков В.Д. Взаємопов'язані рухи в експериментах із механіки. Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики // Збірник наукових праць. Випуск 6. Т.2. – Кривий Ріг: Видавничий відділ НМетАУ, 2006. – С.226-237.
3. Vrbik J. Chain sliding off a table // Am. J. Physics. – №61 (3), March 1993. – P.258-261.

Numeral and the conduct of heavy chain which slides off from a horizontal table and then falls is experimentally studied.

**Key words:** heavy chain, sliding, free falling, experimental supervision, numerical decision.

Отримано: 7.10.2007