УДК 681.3:621.01

Н.П. Курышкин

РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ РЕГИСТРАЦИИ ДАННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ КИНЕМАТИКИ

Выполнение лабораторных работ по экспериментальной кинематике является одним из важных этапов изучения курса теории механизмов и машин. Их проведение связано с использованием большого количества первичных преобразователей (датчиков), установленных на звенья машины и фиксирующих различные кинематические параметры. Для регистрации быстроменяющихся во времени сигналов с датчиков традиционно использовались многоканальные шлейфовые осциллографы. Получение результатов эксперимента была связано с трудоёмкой обработкой светочувствительной фотобумаги. Дальнейшая работа с осциллограммами заключалась в не менее трудоёмких вычислениях масштабных коэффициентов. Эти вычисления и последующий расчёт кинематических параметров в фиксированных точках были связаны с измерением координат с помощью обыкновенной линейки. Поэтому полученные результаты имели большую погрешность (Δ = 10…20%), а это искажало информацию о реальных процессах, происходящих в машине.

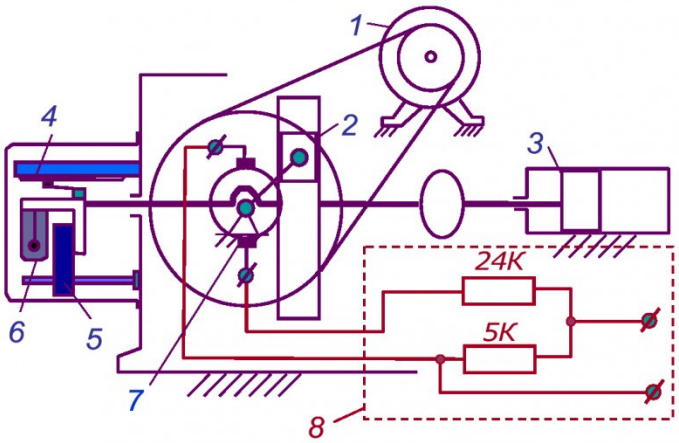

Рис. .1. Принципиальная схема лабораторной установки

Экспериментальная установка, используемая для проведения лабораторных работ, представляет собой поршневую компрессорную машину (рис. 1) и состоит из электродвигателя *1*, вращающего через ремённую передачу кривошип синусного механизма *2* с поступательно двигающейся кулисой, которая, в свою очередь, приводит в движение поршень воздушного компрессора *3*. Аналоговые сигналы кинематических параметров фиксируются датчиками: *4* – реостатный датчик перемещения кулисы, *5* – электромагнитный датчик скорости кулисы, *6* – тензометрический датчик ускорения кулисы, *7* – датчик угловой скорости кривошипа (тахогенератор).

В связи с развитием компьютерных технологий появилась возможность проводить лабораторные работы на более высоком научном и методическом уровне. В настоящее время на рынке измерительной техники имеется достаточно большое количество предложений, касающихся как аппаратной части, так и программного обеспечения по обработке цифровой информации. При выборе аппаратной части принципиальное значение имеет определение частоты дискретизации измеряемых переменных величин, т.к. частота, в свою очередь, определяет относительную погрешность измерения $\gamma=\Delta/A$, где Δ – абсолютная погрешность измерения, A – амплитуда восстанавливаемой функции $y(t)$. В нашем случае она имеет форму синусоиды (рис. 2).

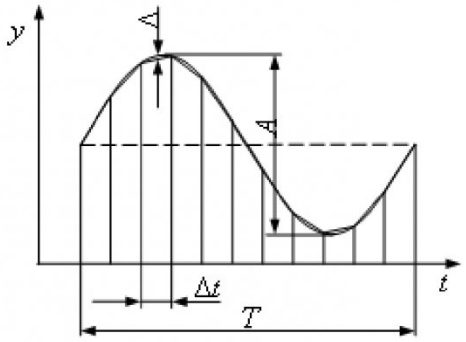

Рис.2. К определению погрешности измерения

Для определения Δ дискретные отсчёты $y(t)$ соединялись отрезками прямых линий. Погрешность зависит от кривизны $y(t)$. Если кривизну описать параболой [1], то

$$\Delta = \frac{\ddot{y}(\Delta t^2)}{8}.$$

Учитывая, что $\Delta = \gamma A$, получим

$$\Delta t = \sqrt{\frac{8A\gamma}{\ddot{y}}}.$$

Для синусоидального сигнала $\ddot{y}_{max} = \omega^2 A$, откуда

$$\Delta t = \sqrt{\frac{8A\gamma}{\omega^2 A}} = \frac{\sqrt{8\gamma}}{\omega} = \frac{T}{2\pi}\sqrt{8\gamma} = \frac{T}{\pi}\sqrt{2\gamma}.$$

Тогда число отсчётов

$$n = \frac{T}{\Delta t} = \frac{\pi}{\sqrt{2\gamma}} \quad (1)$$

Учитывая, что частота исследуемого процесса $f = T^{-1}$, из (1) окончательно получим

$$\gamma = \frac{\pi^2 \cdot \Delta t^2}{2} f^2 . \quad (2)$$

Период дискретизации Δt является паспортной характеристикой системы компьютерной регистрации. Следовательно, зная частоту исследуемого процесса, по формуле (2) можно рассчитать её относительную погрешность.

Проведённый анализ серийно выпускаемых систем компьютерной регистрации позволил подобрать оптимальный по выходным параметрам и стоимости восьмиканальный аналого-цифровой преобразователь (АЦП) *E–270USB* фирмы *L-*

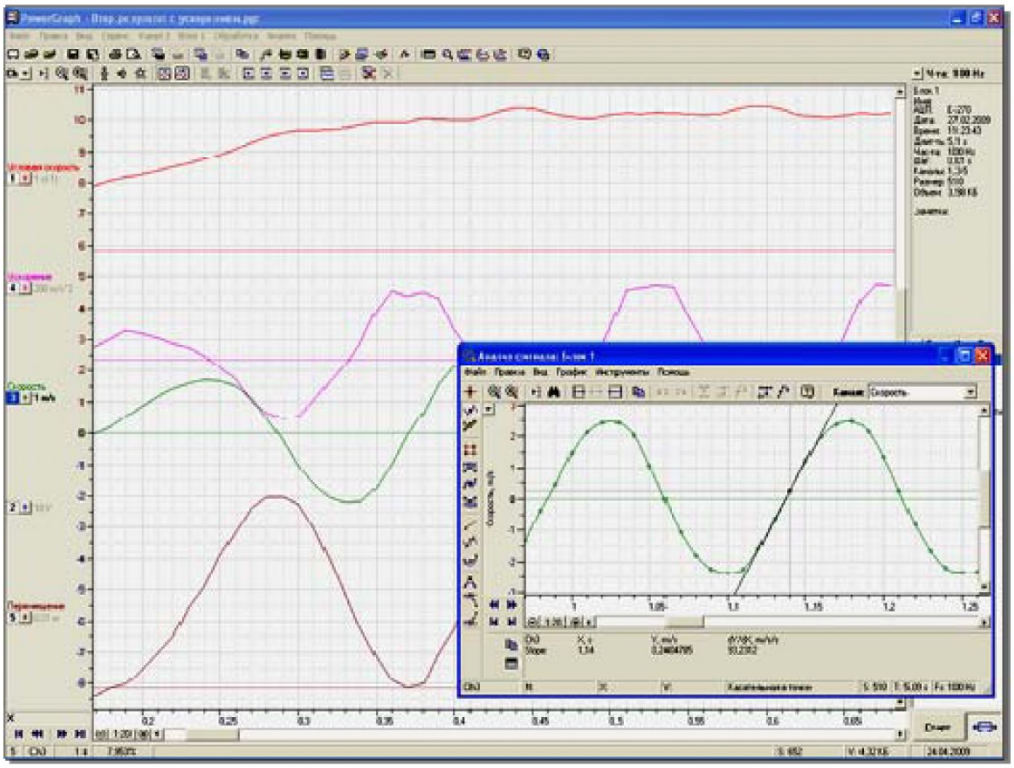

Рис. 3. Интерфейс программы PowerGraph с результатами измерения

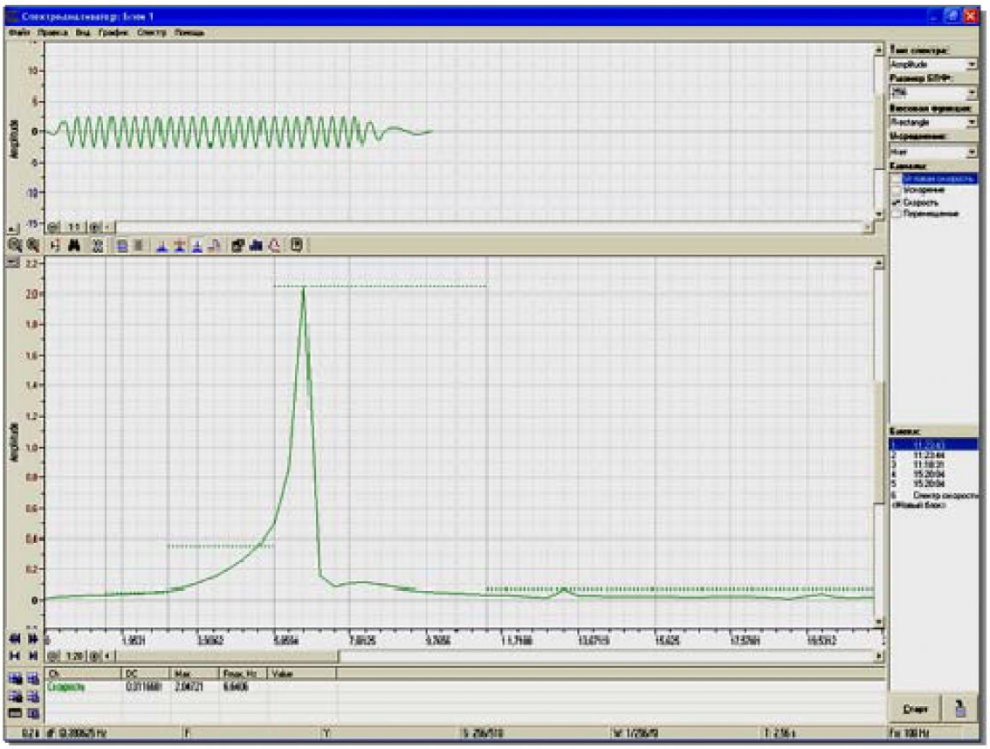

Рис. 4 .Спектроанализатор программы PowerGraph

CARD с периодом дискретизации Δt = 0,01 с. Кривошип синусного механизма экспериментальной установки вращается с угловой скоростью $\omega \approx 40$ $с^{-1}$, следовательно, частота исследуемого процесса $f=\omega / (2\pi)=6.4$ Гц. Подстановка полученных значений в (2), даёт относительную погрешность: γ = 2%., Такая погрешность при выполнении лабораторных работ вполне допустима.

Аналого-цифровой преобразователь *E–270USB* является базой, в которой размещаются субмодули. Каждый субмодуль обеспечивает работу своего канала. Датчики экспериментальной установки имеют различные принципы преобразования кинематических параметров в электрический аналоговый сигнал. Поэтому и уровни этих сигналов, такие как выходное сопротивление, выходной ток и напряжение, тоже различны. В связи с этим, на каждый канал индивидуально подбирался соответствующий субмодуль. На каналы перемещения и линейной скорости устанавливались субмодули *H-27U-01*, на канал ускорения – *H-27I-10*. Ввиду того, что выходное напряжение тахогенератора (30В) не подходило под входные параметры ни одного серийно выпускаемого субмодуля АЦП, был изготовлен переходной делитель напряжения *8* (рис. 1), сигнал с которого подавался на субмодуль *H-27U-10*. Все субмодули с гальваноразвязкой и имеют приведённую погрешность измерения γ = 0,05%. Выходной кабель АЦП подсоединялся к *USB*-порту компьютера. Принцип работы АЦП заключался в считывании входного аналогового сигнала и его преобразовании в набор импульсов. Частота набора пропорциональна уровню аналогового сигнала. Компьютер через каждые 0,01 секунды посылал запрос в АЦП и считывал частоту импульсов.

Результаты регистрации кинематических параметров обрабатывались в программной среде *PowerGraph* версии *3.3*. На рис. 3 показан интерфейс программы с результатами измерения в конце разбега и начале установившегося движения.

Горизонтальная ось сигналов отградуирована в долях секунды. Градуировка осей ординат выполнялась путём предварительной калибровки каждого из каналов. Исходная информация для калибровки снималась с использованием команды основного меню «Анализ сигнала». В качестве примера на рис.3 в малом окне «Анализ сигнала» показана процедура определения максимального ускорения кулисы (производной её скорости) в выделенной точке. Численное значение производной приведено в нижней части окна. Кроме этого, меню команды «Анализ сигнала» позволило быстро и с высокой точностью определить максимальное, минимальное и среднее значения сигнала, выполнить его статистическую обработку.

В состав программы *PowerGraph* входит спектроанализатор, интерфейс которого с результатами измерения показан на рис. 4. В верхнем окне спектроанализатора приведён весь интервал измерения скорости кулисы, включая режимы разбега, установившегося движения и выбега машины. В среднем окне – амплитудно-частотная характеристика этого сигнала. Анализ спектра позволил рассчитать среднюю угловую скорость кривошипа и период, т.к. частота сигнала с максимальной амплитудой определяет эти характеристики. Частота приведена в нижней строке окна.

Таким образом, компьютерная обработка значительно расширила возможности анализа и увеличила объём и наглядность полученных экспериментальных данных. Не которые результаты обработки приведены в таблице.

Таблица. Результаты обработки экспериментальных данных

Средняя скорость кривошипа, $с^{-1}$	41,34
Период, с	0,152
Максимальная скорость кулисы, м/с	2,02
Максимальное ускорение кулисы, $м/с^2$	80,08
Коэффициент неравномерности вращения кривошипа	0,0853

По результатам работы можно сделать следующие выводы.

Внедрение в учебный процесс компьютерной регистрации и обработки экспериментальных данных позволило:

- значительно сократить трудоёмкость получения результатов;
- увеличить точность расчётов за счёт обработки результатов всего установившегося движения и применения современного математического аппарата;
- расширить возможности математической обработки результатов;
- реализовать возможность дистанционного получения и обработки экспериментальных данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Славутский Л. А. Основы регистрации данных и планирование эксперимента. Учеб. пособие: Изд-во ЧГУ, Чебоксары, 2006. – 200 с.

Автор статьи:

Курышкин
Николай Петрович
– доц. каф. прикладной механики КузГТУ
Тел. 8-923-600-0831.
Email: kemnik@mail.ru.