

В.И. СЕРИКОВ, канд. техн. наук, НТУ “ХПИ”, **Ю.Б. ГУСЕВ**,
“Головной специализированный конструкторско-технологический институт”, г. Мариуполь

ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

У роботі розглянута методика обробки експериментальних даних, що зафіксовані на фотопапері, за допомогою спеціальних приладів та сучасного програмного забезпечення. Проаналізовані переваги та недоліки цих методик, що дає змогу вибрати найкращий спосіб оцифровки осцилограм.

The method of processing of experimental data which are fixed on photographic paper is considered by the special devices and modern software. Advantages and lacks of these methods are analysed, that enables to choose the best method of digitizing of oscillograms.

Постановка проблемы. В процессе работы над усовершенствованием конструкции [1] был проведен ряд экспериментов для испытания и исследования механизмов, входящих в ее состав. Результаты указанных экспериментов использовались для верификации программно-методического комплекса [2, 3] в целом и тестирования отдельных модулей, входящих в этот комплекс, путем сравнения с расчетными данными. Происходящие процессы фиксировались на фотобумаге, то есть в виде графического образа, что не дает возможности непосредственного сравнения с расчетными данными. В статье рассмотрены варианты оцифровки таких графических образов процессов, описаны преимущества и недостатки различных способов.

Анализ последних исследований и публикаций. Под обработкой экспериментальных данных достаточно часто подразумевают использование математического аппарата, который позволяет найти закономерности в самом исследуемом процессе или серии экспериментов [4, 5]. Однако при фиксировании результатов экспериментов на фотобумагу в виде кривых, существенную роль играет перевод полученного графического образа в набор координат точек, принадлежащих исследуемой кривой процесса. Именно на этапе оцифровки возможна добавочная погрешность, которая может носить случайный характер [6]. В настоящее время публикаций, в которых уделяется достаточное внимание указанной проблеме практически нет, а опубликованные работы описывают процесс оцифровки без учета современного программного обеспечения или при идеальных условиях [7, 8].

Формулирование цели. Целью данной работы является описание проверенных авторами методик оцифровки осциллограмм на фотобумаге и выбор наиболее эффективной из них.

Описание проведения эксперимента и обработки опытных данных.

Во время проведения эксперимента измерялись частота вращения вала электродвигателя, напряжение и сила тока, потребляемого электродвигателем. Указанные параметры фиксировались с помощью шлейфового осциллографа К-12-22. При измерении напряжения и силы тока использовались соответственно дополнительное сопротивление и шунт. Частота вращения определялась по сигналу индукционного датчика, установленного на валу электродвигателя. Сигнал датчика подавался непосредственно на осциллограф.

Перечисленные параметры измерялись во время работы механизма при различных начальных углах возвышения. Исследовались как рабочий ход механизма (с грузом вниз), так и подготовительный (без груза вверх). Для количественной оценки соответствия расчетных и экспериментальных данных проводилась компьютерная обработка осциллограмм рабочих процессов.

В связи с этим были проверены различные варианты оцифровки осциллограмм (представления графического изображения в виде двумерного массива данных с целью их дальнейшей обработки).

Для получения численных значений фиксируемых величин была проведена тарировка датчиков и получены масштабные коэффициенты для расшифровки осциллограмм. Для анализа изменения указанных параметров в течение всего цикла работы необходимо было получить численные значения с достаточно маленьким шагом, величина которого выбиралась из условия возможности сравнения с расчетным процессом, по возможности, без интерполяции между соседними точками.

На начальном этапе анализа осциллограмм оцифровка проводилась при помощи полуавтоматического цифрового преобразователя Ф-018 (рис.1). Он позволяет записывать в файл на ПЭВМ ординаты кривых осциллограммы с заданным шагом изменения абсциссы. Недостаток такого способа – существенная зависимость результатов оцифровки от действий оператора, проводящего слежение за кривой при помощи указателя на приборе Ф-018. В случае очевидной ошибки оператора необходимо либо повторять весь процесс оцифровки заново, либо при дальнейшей обработке файла четко локализовать место ошибки. Оба варианта ликвидации последствий ошибочных действий оператора ведут к значительным потерям времен. Кроме этого еще два фактора значительно снижают точность оцифровки:

- ширина указателя прибора Ф-018 составляет 10^{-3} м (1 мм), что при малом масштабе кривой, которая подлежит оцифровке, может привести к значительной погрешности в случае позиционирования указателя по разные стороны линии осциллограммы (рис.2);
- в силу естественного коробления фотобумаги расстояние от нее до указателя резко меняется, что также приводит к изменению угла наблюдения оператора и, как следствие, к ошибке при оцифровке (рис.3).

Второй способ оцифровки лишен большинства указанных для первого способа недостатков, поэтому именно он использовался для обработки осциллограмм. Этот способ заключается в использовании программы Graph Digitizer [<ftp://desse.phys.spbu.ru/pub/incoming/GD18M.ZIP>], распространяемой свободно (“freeware”).

Опишем последовательность действий вторым способом на примере оцифровки осциллограммы с записью процесса движения механизма вниз. Эта осциллограмма выбрана как одна из наиболее сложных для обработки в связи со значительными короблениями фотобумаги и явными следами случайной засветки.



Рис.1. Общий вид устройства Ф-018



Рис.2. Вид иглы указателя устройства Ф-018 сбоку



Рис.3. Вид иглы указателя при разных углах зрения оператора. Коробление фотобумаги на краях



Первым шагом для оцифровки указанным способом является сканирование осциллограммы с целью получения файла графического образа. Сканирование проводилось при помощи планшетного сканера Epson GT-5000 в режиме 256 оттенков серого цвета с разрешением 300 точек на дюйм. Такой режим был выбран исходя из оптимального сочетания времени сканирования, размеров конечного файла и различимости значимой информации. Результат сканирования показан на рис.4.

Программа Graph Digitizer позволяет оцифровывать графические файлы,

представленные в градациях серого цвета путем указания цвета линии. Однако, как видно на рис.4 графики всех процессов имеют одинаковую глубину черного цвета. Кроме этого, такую же глубину имеют вертикальные линии, соответствующие временным отсечкам, нулевые линии не меняющихся в данный момент времени параметров и пятно засветки фотобумаги. Следовательно, использование полученного изображения в программе Graph Digitizer без изменений невозможно или приведет к полной потере значимой информации. В связи с этим вторым шагом подготовки графического материала к оцифровке является выделение значимой информации. Это выделение можно провести двумя способами: очисткой изображения от всех других изображений кроме подлежащего оцифровке; изменением цвета линии процесса.

Первый вариант неприемлем ввиду его значительной трудоемкости, так как несмотря на наличие нескольких записанных процессов на одной осциллограмме, приходится готовить файл изображения для каждого процесса в отдельности.

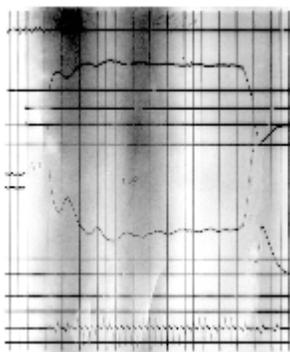


Рис.4. Сканированное изображение осциллограммы движения механизма



Рис.5. Подготовленное к автоматической оцифровке изображение осциллограммы

Второй вариант достаточно прост в реализации с учетом возможностей современных графических редакторов, которые позволяют в отдельном слое нанести на изображение линию необходимого цвета. Несмотря на то, что на этом этапе действия оператора ПК аналогичны действиям оператора устройства Ф-018, такой подход имеет значительные преимущества, связанные с простотой отмены ошибочных действий и возможностью детального рассмотрения процесса с целью его более точного отображения.

Таким образом, на втором шаге выделяется значимая информация путем изменения цвета линий осциллограммы и ограничивается область оцифровки.

Очевидно, что после указанной подготовительной работы оригинальное изображение осциллограммы является избыточной информацией. Поэтому на третьем шаге необходимые для оцифровки кривые выделяются в отдельное изображение (рис.5).

Четвертым шагом является передача графического образа в программу Graph Digitizer и выбор настроек для оцифровки в автоматическом режиме (рис.6).

Результатом работы программы является таблица координат точек, расположенных на кривой с заданным шагом.

В автоматическом режиме программа самостоятельно выбирает в пределах графического образа линии место для указания точки на кривой, расстояние до которой измеряется от нулевой линии. В течение всего процесса оцифровки положение таких точек в вертикальном направлении относительно краев линии, отображающей процесс, не меняется. Поэтому в процессе оцифровки различных осциллограмм имеет место систематическая ошибка, которая легко ликвидируется повторной коррекцией полученных численных значений. Указанная коррекция проводилась путем вычисления нового масштабного коэффициента процессов с учетом их истинных замеренных значений.

Полученные численные значения легко преобразуются в график и поддаются дальнейшей обработке (рис.7).

Выводы. В результате проведенных исследований были сделаны следующие выводы.

1. Предложенный вариант оцифровки осциллограмм при помощи современного программного обеспечения показал достаточно высокую эффективность и простоту при его использовании. При этом сводится к минимуму вероятность внесения погрешностей оператором.

2. Трудозатраты при оцифровке предложенным способом достаточно низки, что обусловлено дружелюбностью интерфейса использованных программ, его стандартностью и простотой ликвидации возможных ошибочных действий оператора.

3. Использованное программное обеспечение не влечет за собой материальных затрат, так как является свободно распространяемым и, кроме этого, имеет невысокие требования к аппаратному обеспечению.

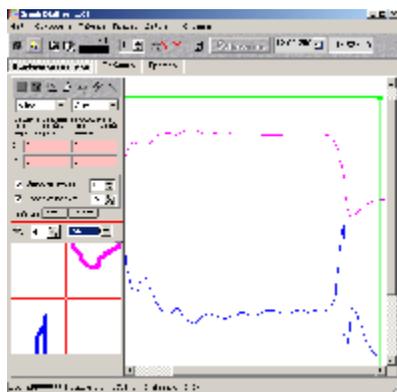
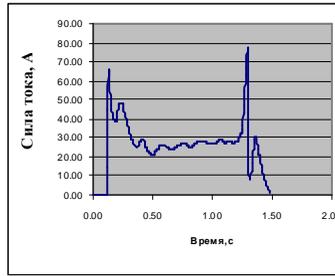


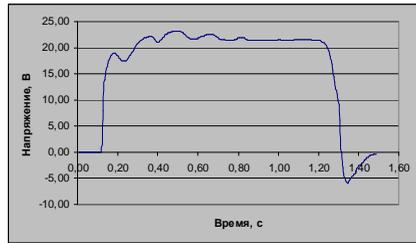
Рис.6. Общий вид программы Graph Digitizer с изображением, подлежащим оцифровке



а



б



в

Рис.7. Результаты оцифровки осциллограммы:
 а – подготовленная к оцифровке осциллограмма;
 б, в – результаты оцифровки силы тока и напряжения соответственно

Список литературы: 1. *Медведев Н.Г., Абляскин О.И., Сериков В.И.* Повышение быстродействия механизмов для перемещения стандартных грузов // *Материалы междунар. науч.-техн. конф. "MicroCAD'97"*. - Ч.3. - Харьков: ХГПУ. - 1996. - С.344-346. 2. *Медведев Н.Г., Сериков В.И.* Возможности автоматизации проектирования и исследования технологических механизмов для перемещения стандартных грузов // *Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье: сб. научн. трудов ХГПУ*. - Вып.7. - Ч.2. - Харьков. - 1999. - С.315-318. 3. *Сериков В.И.* Разработка интерфейса программного обеспечения для анализа кинематики и динамики плоских механизмов // *Вісник Харківського державного політехнічного університету. Збірка наукових праць. Випуск 101*. - Харків: ХДПУ. - 2000. - С.246-248. 4. *Белашев Б.З.* Развитие методов интегральных преобразований в обратных задачах обработки экспериментальных данных: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.13.18/Петрозаводск, 2004. -24 с. 5. *Грановский В.А., Сирая Т.Н.* Методы обработки экспериментальных данных при измерениях. – Л.: Энергоатомиздат, 1990. – 287 с. 6. *Ярмак Н.С.* Обработка осциллографической информации результатов испытаний транспортных машин // *Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье*.- Харьков: Харьк. гос. политехн. ун-т. Сб. науч. тр. В четырех частях. - Ч.2. – Вып. 6. – 1998. – С.186-189. 7. *Лукьянов С.И., Панов А.Н.* Обработка экспериментальных данных: Учебн. пособ. – Магнитогорск, 1992. –75 с. 8. *Пециляк И.И.* Разработка диалого-графической среды вычислительных пакетов прикладных программ для обработки экспериментальных данных: Автореф. дис. канд. физ.- мат. наук: 05.13.11 / МГУ им. М.В. Ломоносова. – М., 1997. – 20 с.

Поступила в редколлегию 15.12.2005