

4. Transmission electron microscopy, electron diffraction and hardness studies of high-pressure and high-temperature treated C₆₀ / R. A. Wood, M. H. Lewis, G. West, et al // J. Phys.: Condens. Matter. – 2000. – N 12. – P. 10411–10421.
5. Структура и свойства сверхупругих и твердых углеродных частиц, армирующих износостойкие композиционные материалы, полученные из смеси порошков железа и фуллеренов под давлением / О. П. Черногорова, Е. И. Дроздова, В. М. Блинов, Н. А. Бульенков // Российские нанотехнологии. – 2008. – 3. – № 5–6. – С. 150–157.
6. Износостойкость металлических композиционных материалов, содержащих в объеме частицы алмазоподобного углерода / О. П. Черногорова, Е. И. Дроздова, О. А. Банных и др. // Металлы. – 2003. – № 3. – С. 97–104.
7. Трибологические свойства металлических композиционных материалов, армированных частицами сверхупругого твердого углерода / О. П. Черногорова, Е. И. Дроздова, И. Н. Овчинникова, Е. Е. Ашкинази // Изв. вузов. Сер. «Химия и химическая технология». – 2010. – 53. – № 10. – С. 118–121.

Поступила 22.06.12

УДК 539.89

С. А. Ивахненко, член-корр. НАН Украины, **С. А. Виноградов**, канд. техн. наук,
Я. А. Подоба, **В. И. Винник**

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА РЕГИСТРАЦИИ ДАННЫХ ТАРИРОВКИ АППАРАТА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Приведена система для тарировки аппарата высокого давления (АВД) на основе автономного мобильного устройства с использованием современных компьютерных технологий и программных средств обработки данных эксперимента. Такая система мониторинга в режиме реального времени позволяет получить информацию о зависимости снижения напряжения на датчике от усилия, действующего на АВД.

Ключевые слова: аппарат высокого давления, тарировка, система мониторинга.

Введение

Знание технологических характеристик АВД является актуальной и необходимой частью его эксплуатации. Одним из параметров, который необходимо знать, является зависимость давления в реакционном объеме АВД от действующего на него усилия. Давление в реакционном объеме АВД определяют экспериментально. Процедуру определения зависимости давления в реакционном объеме от усилия, действующего на АВД, называют градуировкой, или тарировкой. В настоящее время для этой цели широко используют методику реперных точек. Суть этой методики заключается том, что в характерное место реакционного объема помещают датчик давления с чувствительным элементом, структура которого претерпевает фазовые превращения при высоком давлении – так называемый реперный материал. Давление фазовых переходов (реперных точек) постоянное и характерно для этого материала. Фазовый переход сопровождается резким изменением электрического сопротивления реперного материала. Процедура тарировки состоит в определении усилия пресса, при котором происходит фазовый переход в реперном материале. Для построения тарировочной зависимости в необходимом для исследования диапазоне значений давления обычно используют несколько реперных материалов, фазовые переходы в которых происходят при различном давлении в интересующем исследователей диапазоне. При давлении до 100 ГПа обычно применяют следующие материалы: висмут

(фазовые переходы при 2,5 и 7,7 ГПа), таллий (36,7 ГПа), барий (55 ГПа) и олово (100 ГПа) [1]. В ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины разработан также материал в промежуточном диапазоне значений давления – селенид свинца (43 ГПа) [2; 3]. Для тарировки по описанной методике разработаны различные датчики, конструкция которых зависит от типа реперного материала и места его установления.

На подготовительном этапе тарировки датчик давления устанавливается в место реакционного объема АД, где требуется определить давление. Затем датчик в качестве нагрузочного сопротивления вводится в электрическую цепь, включающую устройство питания датчика постоянным или переменным электрическим током и прибор, непрерывно измеряющий снижение напряжения на датчике. В процессе нагружения АД изменяется сопротивление датчика, а следовательно, снижается напряжение, что и фиксирует прибор. В момент фазового перехода в материале датчика скачкообразное изменение сопротивления реперного материала, что отражается в виде характерного резкого изгиба на кривой зависимости снижения напряжения на датчике от усилия, действующего на АД. Построение такой зависимости снижения напряжения на датчике от действующего усилия является конечной целью процедуры тарировки. На ней отражаются все характерные изменения сопротивления реперного материала датчика от усилия, которым ставится в соответствие давление в месте установки датчика.

Ранее были предложены различные схемы тарировки с использованием описанных датчиков давления, одинаковых по сути, но различающихся способами питания датчика электрическим током и снятия зависимости снижения напряжения на нем от давления. Были разработаны методики тарировки с применением схем постоянного или переменного тока [4–6]. Недостаток этих схем при калибровке АД на установках синтеза заключается в необходимости отключения шин трансформатора нагрева от опорных плит пресса. В развитие были разработаны схемы без отключения шин трансформатора. В одной из таких схем [7] датчик питается током высокой частоты, и в этом случае трансформатор тока нагрева имеет большое индуктивное сопротивление, которое в несколько порядков выше электрического сопротивления датчика, что исключает его электрическое шунтирование в процессе измерения. В другой схеме калибровки без отключения шин в качестве источника тока питания датчика используется трансформатор тока нагрева [8]. Ток в измерительной цепи определяют при помощи высокоомного самописца, подключенного к трансформатору тока.

Описанные методики калибровки используют электрическую схему пресса и, следовательно, должны разрабатываться с учетом специфических особенностей этой схемы, т. е. являются ее составляющей. Однако часто возникает необходимость осуществлять калибровку на прессах, не оснащенных устройствами калибровки. В этой связи возникала целесообразность создания мобильной системы тарировки, не зависящей от электро-технических особенностей установки, используемой для создания давления в АД.

Цель настоящей работы – разработать систему на основе автономного мобильного устройства тарировки АД с использованием современных компьютерных технологий и программных средств обработки данных эксперимента. В задачу входило создание системы, удовлетворяющую следующим требованиям, а именно:

компактность;

- небольшая масса;
- автономное питание электрической схемы датчика;
- автоматизация процесса снятия требуемых параметров – снижение напряжения на датчике и усилие пресса (давление в гидросистеме);
- отсутствие необходимости отключения шин пресса.

Конструктивное решение

Была разработана автоматизированная система тарировки, включающая устройство тарировки и пакет программ, обеспечивающих его функционирование. Внешний вид устройства тарировки показан на рис. 1.



Рис. 1. Внешний вид автоматизированной системы регистрации данных тарировки

Функциональная блок-схема системы тарировки АД показана на рис. 2.

Система состоит из двух блоков: задающего 2 и управляющего 3 на базе Notebook «emachines eM350». Блок 2 служит для питания датчика давления 1 рабочим током и фиксации изменения снижения напряжения на датчике, блок 3 – для управления процессом тарировки, визуализации результатов измерения и их записи в целях дальнейшего анализа и архивации.

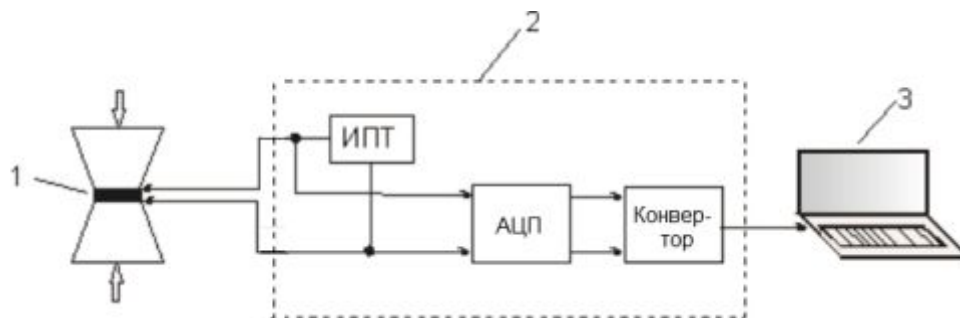


Рис. 2. Блок-схема системы тарировки АД: 1 – АД с контейнером, содержащим датчик давления; 2 – задающий блок; 3 – управляющий блок; ИПТ – источник постоянного питания. АЦП i-7017 – аналого-цифровой преобразователь

Принцип действия системы тарировки следующий. С источника постоянного тока (ИПТ) стабилизированное напряжение 5 В подается через нагрузочный резистор на датчик давления. В зависимости от сопротивления датчика сила тока изменяется в пределах 1,5–2 А. Измеряемое напряжение на датчике давления и давление в гидросистеме пресса (при наличии электрического манометра) через усилитель постоянного тока (диапазон усиления 0–10 В) подаются на 16-ти битный аналого-цифровой преобразователь (АЦП L-7017), который с частотой выборки 10 раз в секунду по порту RS-232 передает сигнал, преобразованный в цифровой вид, на конвертор I7561. Конвертор преобразует и согласует сигнал, поступающий с АЦП, с входом компьютера (управляющим блоком). Программное обеспечение считывает данные и обеспечивает их отображение на экране монитора.

Программная часть разработана в объектно-ориентированной среде разработки, и позволяет осуществлять регистрацию, визуализацию, обработку и сохранение экспериментальных данных процесса тарировки АД. Такая система мониторинга в режиме реального времени позволяет получать информацию о зависимости снижения напряжения на датчике от усилия, действующего на АД, а также временную развертку величины снижения напряжения.

Системой предусмотрены два режима работы: автоматический и ручной. Автоматический режим предусматривает наличие датчика давления, включенного в гидросистему пресса (электрический манометр). В этом режиме устройство регистрирует как снижение напряжения на датчике давления в АД, так и выходное напряжение с

электрического манометра с последующим отображением этих величин на дисплее управляющего и регистрирующего устройства (компьютера).

На случай отсутствия электрического манометра предусмотрен ручной режим. В этом режиме значения давления в гидросистеме пресса оператор вводит вручную с заданным шагом, который устанавливается предварительно в соответствующем окне интерфейса программы. В остальном работа устройства аналогична работе в автоматическом режиме. Такая система мониторинга в режиме реального времени обеспечивает оператора информацией о зависимости снижения напряжения на датчике давления от давления в гидросистеме пресса. Также на экране компьютера отображается временная развертка снижения напряжения на датчике давления, которая имеет такой же вид, как при использовании высокоомного самописца для измерения снижения напряжения на датчике давления в методиках, описанных во введении.

Рабочее окно монитора поделено на три функциональные части (рис. 3).

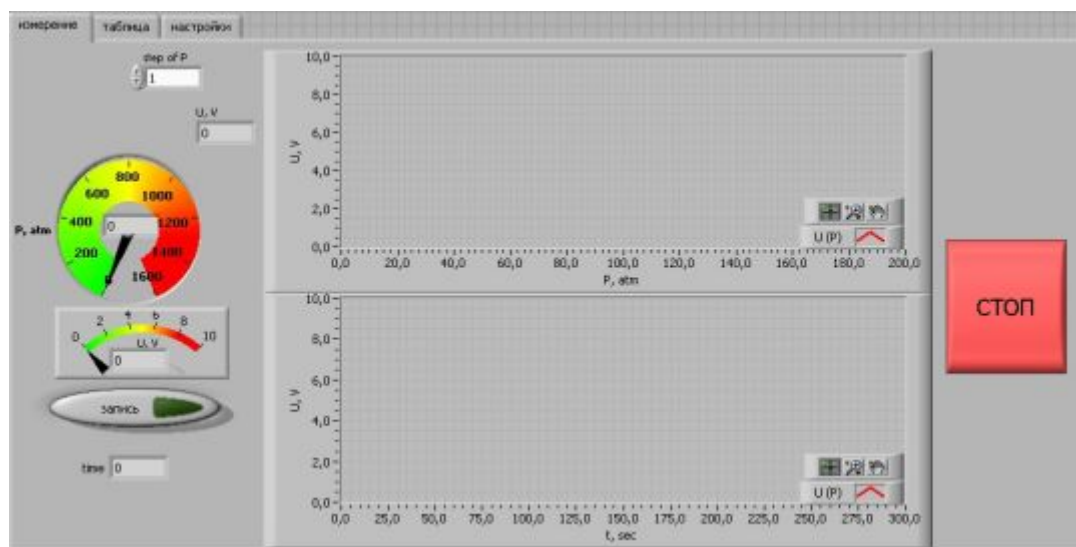



Рис. 3. Интерфейс программного обеспечения системы регистрации

В левой части рабочего окна расположены кнопки управления и окна задания параметров опыта. Кнопка  предназначена для запуска программы тарировки. В окне «step of P» оператор задает шаг снятия показаний давления в гидросистеме пресса (например, 20 атм.) В окне «KP» при автоматическом режиме оператор задает коэффициент пропорциональности между давлением в гидросистеме пресса и соответствующим напряжением на выходе электрического манометра. В окне «U, V» отображается текущее снижение напряжения на реперном датчике. Текущее значение давления в гидросистеме пресса показывается стрелкой на имитации шкалы манометра, а также отображается во внутреннем окне в цифровом виде. Текущее снижение напряжения на реперном датчике также отображается стрелкой на шкале «U, V» и в цифровом виде в окне внутри шкалы в файл данных и отображения соответствующих значений в верхнем координатном поле в центральной части рабочего окна. В окне «time» отображается текущее время после начала эксперимента.

В центральной части расположены два координатных поля. В нижнем поле выводятся непрерывно значения напряжения на реперном датчике в функции от времени нагружения АД, в верхнем поле – значения напряжения на реперном датчике (Автоматический режим) или дискретно в момент нажатия кнопки «Запись» в левой части рабочего окна (Ручной режим).

В правой части рабочего окна находится кнопка «Стоп», после нажатия на которую прекращается снятие показаний с реперного датчика и электрического манометра (Автоматический режим).

Проведение тарировки

На рис. 4 показан пример использования описанной системы для тарировки АД типа «тороид» на прессе «ДАО-043» усилием до 20 МН. В качестве реперного материала датчика давления использовали висмут. Тарировку проводили в ручном режиме. Контейнер с датчиком давления устанавливали между блок-матрицами и собранный блок помещали между опорными плитами пресса. Если опыт проводили без отключения токовых шин пресса, то между верхней блок-матрицей и верхней опорной плитой пресса помещали лист ватмана для электроизоляции блока от опорных плит. Между блок-матрицами помещали токоподводящие лепестки.

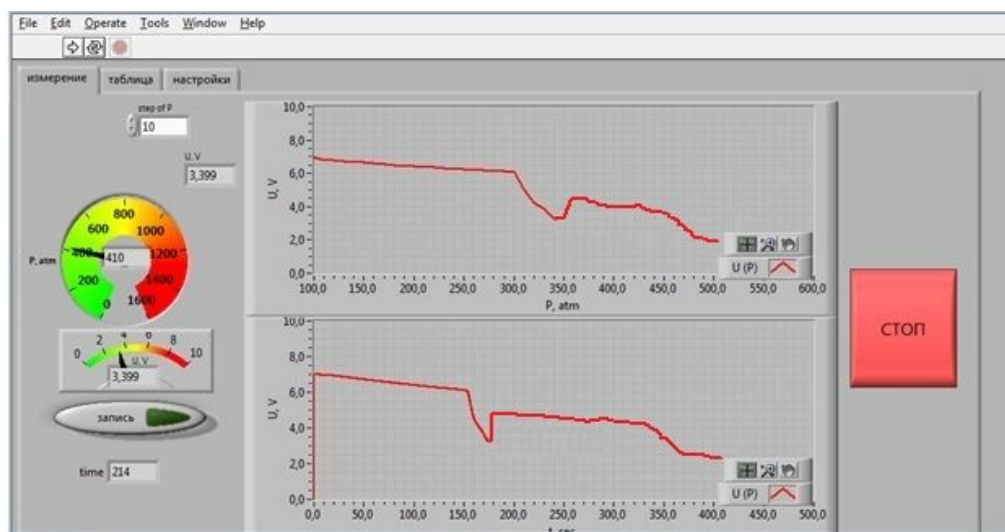


Рис. 4. Пример использования системы тарировки АД

В нижней части центрального координатного поля на рис. 4 отображена зависимость снижения напряжения на датчике давления от времени эксперимента, в верхней части построена зависимость снижения напряжения на датчике давления от давления в гидросистеме пресса. Значения давления оператор вводил вручную нажатием кнопки «Запись» с шагом 10 атм. На графиках четко видны характерные изменения напряжения, соответствующие фазовым переходам в висмуте соответственно при 2,5 и 7,7 ГПа.

Выводы

1. Разработана полностью автономная система тарировки АД, которую можно использовать для тарировки на любых прессах высокого давления.
2. Разработанная система позволяет проводить тарировку в двух режимах: соответственно при автоматической (при наличии электрического манометра) и ручной записи значений давления в гидросистеме пресса.
3. Результаты тарировки приведены в цифровом виде и их можно использовать для численной обработки данных эксперимента.

Наведено систему для тарування апарату високого тиску АДТ на основі автономного мобільного пристрою з використанням сучасних комп'ютерних технологій і програмних засобів обробки даних експерименту. Така система моніторингу в режимі реального часу уможливує отримання інформації про залежність напруги на датчику від зусилля, що діє на АДТ.

Ключові слова: автомат високого тиску, тарування, система моніторингу.

The paper presents a system for calibration of pressure washers on the basis of the autonomous mobile device with use of modern computer technology and software for processing the experimental data. This monitoring system in real time provides information about the dependence of the voltage drop on the sensor of the force acting on the HPA.

Key words: *high-pressure automatic, calibration, monitoring system.*

Литература

1. Верещагин Л. Ф., Семерчан А. А., Кузин Н. И., Садков В. А. К вопросу о шкале высоких давлений // ДАН СССР. – 1970. – **191**. – № 3. – С. 557–660.
2. Прихна А. И., Герасимович А. В., Вишневский Э. Б., Масленко Ю. С., Бовсуновская В. А. Некоторые вопросы измерения давления в камерах с последующим нагревом. – В кн.: Влияние высоких давлений на вещество: матер. I-го укр. респул. семинара (Киев, 1975 г.). – К.: ИСМ АН УССР, 1975. – С. 140–143.
3. Герасимович А. В., Вишневский Э. Б., Ляшенко А. Ф. Ячейка для измерения сверхвысоких давлений // Синтетические алмазы. – 1973. – Вып. 3. – С. 4–7.
4. Ступаков Е. П. Автоматическая регистрация калибровочных точек при высоких давлениях // Геохимия. – 1968. – № 9. – С. 62–65.
5. Ряпосов А. П., Киркинский В. А. Регистрация калибровочных точек в камерах высокого давления методом записи производной изменения сопротивления датчика / Экспериментальные исследования по минералогии 1969–1970 гг. – Новосибирск, 1971. – С. 171–174.
6. Воронов Ф. Ф., Григорьев С. Б., Стальгорова О. В. Автоматическая запись исследуемых параметров при высоких давлениях / Измерительная техника, 1968. – № 3. – С. 23–26.
7. Герасимович А. В., Белоусов И. С. Измерение электросопротивления реперных металлов в установках синтеза с помощью тензометрической схемы / Синтетические алмазы. – 1974. – Вып. 2. – С. 10–11.
8. Герасимович А. В. Измерение электросопротивления реперных металлов в установках синтеза без отключения шин от трансформатора нагрева / Синтетические алмазы. – 1973. – Вып. 4. – С. 17–19.

Поступила 17.05.12

УДК 621.921.34–492.2:539.215

Г. А. Петасюк, канд. техн. наук, **О. У. Петасюк**, **А. Н. Черненко**,
В. В. Смоквина, **Т. А. Косенчук**

Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев

КУБИЧЕСКИЕ СПЛАЙНЫ В ИССЛЕДОВАНИЯХ СВОЙСТВ ПОРОШКОВ СВЕРХТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПРОЦЕССОВ АЛМАЗНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ

Проанализировано использование кубических сплайнов в исследованиях свойств порошков сверхтвердых материалов и их применении в инструменте. Приведены цели исследований и полученные при этом результаты. Обсуждаются специфика и методика использования математического аппарата кубических сплайнов в этой сфере, тематика решаемых задач.

Ключевые слова: *порошки сверхтвердых материалов, кубические сплайны, свойства, характеристики, диагностика, эмпирические математические модели, алмазно-абразивная обработка.*