

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ,  
МЕТРОЛОГИЯ  
И ИНФОРМАЦИОННО–  
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ  
ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

INSTRUMENT MAKING,  
METROLOGY  
AND INFORMATION–  
MEASUREMENT  
DEVICES AND SYSTEMS

УДК 62-529, 681.2.084

DOI: 10.17212/1814-1196-2018-3-135-144

## Модернизация ртутного поромера AutoPore III\*

**А.Д. ЗАЙКИН**

630073, РФ, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, Новосибирский государственный технический университет

[zaikin@pitf.fif.nstu.ru](mailto:zaikin@pitf.fif.nstu.ru)

Описан опыт модернизации специализированного прибора – ртутного интрузионного поромера AutoPore III 9420. Сохранившаяся после длительной эксплуатации в рабочем состоянии механическая и гидравлическая часть поромера и устаревший физически и морально блок управления определили направление и способ такой модернизации. Плата контроллера прибора, разработанная под устаревшую системную шину ISA, не позволяла решить проблему простой заменой компьютера на современный. Самым узким местом в штатном управляющем блоке оказались магнитные носители как HDD, так и FDD. Использование специального IDE адаптера позволило заменить оба носителя на CF-карту, совместившую их функции. Управляющая программа, работающая под DOS, использует недокументированные возможности операционной системы, что налагает определенные ограничения на конфигурацию. Реализованное техническое решение позволило накапливать результаты измерений на CF-карте и в то же время использовать ее для переноса данных.

Наличие резервной платы контроллера позволило применить также другой вариант модернизации. Дублирующий управляющий блок был собран на основе материнской платы, содержащей ISA и PCI слоты. В этом варианте CF-карта используется как несъемный диск. Контроллер USB для PCI слота был использован для переноса данных посредством флеш-накопителя. Последовательное использование режимов «управление–перенос» достигается в режиме мультизагрузки.

Написана программа, позволяющая преобразовать протокол работы поромера AutoPore III, содержащий кривую интрузии ртути и расчет параметров порового пространства на основе модели цилиндрических пор, в файл формата, приемлемого для импорта в современную специализированную программу обработки результатов измерений поромера AutoPore V. Последняя, позволяя по кривой интрузии рассчитать проницаемость образца и извилистость пор, гранулометрический состав и отношение диаметров полости и устья поры, фрактальную размерность поровой поверхности, существенно расширяет информационную ценность анализа.

**Ключевые слова:** ртутный поромер, AutoPore III, модернизация, контроллер, CF-карта, управляющая программа, интерфейсная шина, импорт данных

---

\* Статья получена 05 мая 2018 г.

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время многие российские исследовательские лаборатории, независимо от ведомственной принадлежности, используют устаревшее научное оборудование. Средний возраст научного оборудования в России составляет 15 лет, при том что предельный срок эксплуатации научного оборудования во всем мире составляет 11 лет [1]. Ряд причин, и прежде всего экономических, не позволяет своевременно провести полноценное обновление приборного парка. Устаревая морально и физически, часто прибор остается вполне работоспособным, поскольку в конструкцию 10–20 лет назад был заложен высокий потенциал, а качество изготовления продолжает обеспечивать надежные эксплуатационные характеристики.

Процесс устаревания сложного приборного комплекса идет неравномерно: какие-то узлы (например, точная механика и оптика) могут не уступать современным аналогам, что, в принципе, позволяет использовать его в исследовательских целях и в настоящее время. Часто такой прибор не имеет сопряжения с компьютером, и регистрация измерений происходит в аналоговой форме. Возможен вариант, когда такое сопряжение присутствует, но в современных условиях выглядит архаично, что несомненно является обратной стороной опережающего развития компьютерных технологий.

Модернизация таких приборов вполне оправданна. Примеры модернизации, заключающейся в оснащении прибора цифровым регистратором, изначально не предусмотренным конструкцией, приведены в [2–7]. В [8] описан способ модернизации цифрового регистрирующего блока спектрометра. В настоящей работе излагается опыт модернизации цифрового блока управления ртутного интрузионного поромера AutoPore III 9420.

## 1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В петрофизической лаборатории ОАО «Сибнефтегеофизика» научно-исследовательская лаборатория «Сиб-Меркурий» с 1995 года по настоящее время для исследования структуры порового пространства горных и осадочных пород, а также других материалов, таких как катализаторы, адсорбенты, фильтры, наполнители, композитные материалы, использует ртутный интрузионный поромер AutoPore III 9420 производства Micromeritics Instrument Corporation, USA.

Данное высокотехнологичное оборудование в свое время активно закупалось и внедрялось в исследовательских подразделениях различной научной направленности. Отметим, что аналогичные приборы в РФ не производятся. Результаты научных исследований, полученные с использованием ртутной порометрии, широко представлены в научной литературе, примеры можно найти в работах [9–11].

Метод ртутной порометрии [12–13] основан на контролируемой интрузии ртути в пористую структуру исследуемого образца. Ртуть, не смачивающая поверхность твердого тела (редкие исключения можно не брать в расчет), проникает в его поры лишь под воздействием приложенного внешнего давления. Измеряя объем ртути, внедренной в поры, и определяя его как функцию внешнего давления, можно получить информацию о распределении пор по разме-

рам. Ступенчато увеличивая давление по заданному алгоритму, интрузионный поромер AutoPore III 9420 может достигать давления в 400 МПа. Такое высокое давление дает возможность исследовать поры радиусом до 1,5 нм.

Управление прибором осуществляется компьютером, который обеспечивает работу вакуумной системы, систем генерации низкого и высокого давления. Подавая команды на насосы и сервоклапаны, снимая показания с датчиков, программа управления проводит регистрацию давления и объема вдавленной ртути, автоматическую коррекцию сжимаемости ртути и объема образца. Также управляющая программа сохраняет полученную информацию, формирует базу данных измерений, генерирует отчет о проделанной работе, обеспечивает печать отчета по стандартизированным формам.

Ртуть, являясь токсичным веществом, отнесена к I классу опасности, поэтому в соответствии с требованиями техники безопасности компоненты прибора, непосредственно осуществляющие контакт с открытой ртутью, размещаются в специализированном помещении. Управляющий комплекс находится в помещении, к которому не предъявляются столь высокие требования по безопасности. Панорамное окно между помещениями позволяет оператору контролировать работу поромера визуально.

Несмотря на длительный срок эксплуатации ртутного поромера, механическая составляющая прибора находится в рабочем состоянии и пригодна для дальнейшей эксплуатации. Управляющий же комплекс, не продемонстрировав такой надежности, неоднократно подвергался текущему ремонту.

Сбой работы управляющего комплекса приводит к тому, что анализ, стоимость которого высока, становится испорченным. Неработоспособность прибора из-за выхода из строя устаревших комплектующих приводит к нарушению программы исследований. Метод ртутной порометрии относится к методам разрушающего контроля, и сбой в работе прибора – это не только потеря времени персонала и финансовая потеря, но и потеря нередко уникального объекта исследования.

Частые выходы из строя управляющего комплекса, длительные простои оборудования, устаревшего как морально, так и физически, поставили вопрос о его комплексной модернизации.

## 2. ОПИСАНИЕ БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ ПОРОМЕРА

Блок управления ртутного поромера AutoPore III 9420 включает в себя IBM PC-совместимый компьютер, плату специализированного контроллера и управляющую программу. Характеристики компьютера следующие: системный блок производства 1993 года, AST Bravo LC 4/66d; на материнской плате 202688-101X5 расположен процессор 80486DX2, две планки оперативной памяти – суммарно 8 Мб, четыре слота ISA шины, контроллер первичного (Primary) канала IDE, контроллер FDD; базовая система ввода-вывода – AST, жесткий IDE диск емкостью 270 Мб, флоппи-дискковод 3.5".

Плата контроллера поромера разработана под системную шину ISA в своей первой 8-разрядной реализации. Информационная шина, обеспечивающая коммутацию прибора и компьютера, реализована плоским 50-жильным кабелем FRC-50. Контроллер и система управляющих команд являются оригинальной разработкой Micromeritics Instrument Corp и не документированы.

Управляющая программа функционирует под MS-DOS 6.22. Разработчики прибора в полной мере использовали возможности, предоставляемые операционной системой для взаимодействия с аппаратными средствами напрямую. Как известно, такие решения, повышая эффективность, таят в себе подводные камни, которые приводят к коллизиям при изменении оборудования. Так, работа управляющей программы невозможна при загрузке сторонних резидентных программ и драйверов. Критичным является даже присутствие драйвера русификации клавиатуры. Система, программа и данные измерений хранятся на жестком диске с IDE интерфейсом, и этот диск обязательно должен быть определен как Primary IDE Master.

Процесс загрузки операционной системы заканчивается загрузкой управляющей программы поромера. Разработчик положил, что эксплуатация компьютера осуществляется только в специализированном режиме управления поромером.

По результатам анализа управляющая программа формирует файл отчета, так называемую порограмму, которая представляет собой простой текстовый файл, в формате ASCII. На жестком диске формируется локальная база данных, содержащая порограммы. Также порограмму можно либо напечатать на принтере, опционно подключаемом к компьютеру, либо, сохранив на 3.5" флоппи-диске, передать для дальнейшей обработки и использования.

Невозможность использования драйвера русификации клавиатуры заставляет применять методы транслитерации для описания характеристик исследуемого образца, создания паспорта измерения.

Использование дискет для хранения и передачи информации, конечно, выглядит анахронизмом. Массовое производство дискет практически прекращено еще 2010 году. В настоящее время абсолютное большинство выпускающихся материнских плат для персональных компьютеров вообще не содержит разъема для подключения дисководов. И флоппи-диски, и дисководы для них быстро утрачивали работоспособность.

Контроллер IDE, используемый для подключения HDD, является устаревшим и не используется на современных материнских платах. Жесткий диск в процессе эксплуатации ртутного поромера неоднократно выходил из строя и требовал замены.

Созданная в конце 1980-х операционная система MS-DOS для работы с жестким диском использует функцию BIOS Int 13h. Принятые принципы адресации блоков приводят к ограничению на допустимое число: цилиндров – 1024, головок – 16, секторов – 63. При установленном размере сектора в 512 байт это приводит к общему ограничению на размер диска в 504 Мб [14, 15].

Потому современные жесткие диски, даже имеющие нужный IDE интерфейс, но обладающие большой емкостью, не подходят в качестве замены. Устаревший AST BIOS материнской платы их просто не определяет. Приходилось использовать бывшие в употреблении жесткие диски, уже имеющие длительные сроки эксплуатации, которые, в свою очередь, ненадежны и дефицитны.

### 3. МОДЕРНИЗАЦИИ БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ. ВАРИАНТ 1

Для решения рассматриваемой задачи было решено модернизировать существующий системный блок, отказавшись от использования HDD и FDD как наиболее узких и проблемных мест комплекса.

В качестве экономичного варианта твердотельного накопителя было решено использовать карту высокоскоростной памяти Transcend 133X CF емкостью 2 Гб; 40-контактный IDE-адаптер позволяет использовать CompactFlash (CF) карты как обычный IDE жесткий диск. Данному носителю присущи определенные достоинства: быстрый доступ и низкое энергопотребление, отсутствие акустического шума, ударопрочность.

Форм-фактор позволяет закрепить IDE-адаптер в корпусе компьютера так, что карту в его слот можно вставлять со стороны фронтальной плоскости системного блока. Работа с IDE-адаптером становится похожей на работу со встроенным карт-ридером. Легкий доступ к карте позволяет использовать ее не только в качестве жесткого диска, но и в качестве сменного носителя информации. Сохранив ртутную порограмму на CF-карте, можно перенести ее для дальнейшей обработки и хранения на другой компьютер. Требуется только, чтобы принимающий компьютер был оснащен карт-ридером, поддерживающим формат CF-карт. Таким образом, потребность в использовании в процессе работы ненадежных и устаревших FDD отпадает.

Известные ограничения BIOS, IDE и ОС на объем винчестеров не позволяют использовать «большие» диски на старых платах. AST BIOS компьютера опознает CF-карту со следующими атрибутами: цилиндров 1024, головок 16, секторов 63. На карте системными средствами создавался основной раздел DOS объемом 504 Мб. Важно отметить, что CF-карта становится загрузочной, только если переопределить основную загрузочную запись с помощью системной утилиты FDISK с параметром MBR.

Основной раздел форматировался под файловую систему FAT16. На него устанавливались операционная система MS-DOS 6.22, конфигурационные файлы и управляющая программа поромера.

В оставшейся части карты формировался расширенный раздел DOS, в котором располагалось три логических диска. Однако эти действия носили факультативный характер, поскольку не влияли на работоспособность управляющего блока.

#### 4. МОДЕРНИЗАЦИИ БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ. ВАРИАНТ 2

Несмотря на то что материнская плата, поставленная с ртутным поромером, продолжает работать без сбоев, нельзя исключить выход ее из строя. Поэтому было принято решение не ограничиваться описанным выше вариантом модернизации, а дополнительно собрать дублирующий системный блок. Плата контроллера, оставшаяся после списания и демонтажа аналогичного ртутного поромера и попавшая в разряд резервных, позволяла надеяться на реализацию и такого варианта.

Материнская плата J-656HXA используемого для этих целей системного блока имеет сокет под процессор Pentium, но главная ее особенность – наличие на плате трех 32-bit PCI-слотов и двух ISA-слотов.

Такой набор позволил реализовать иную схему работы управляющего блока. Как отмечалось выше, для контроллера поромера необходим ISA-слот. Наличие же на материнской плате PCI-слота позволило, применив контроллер USB Orient NC-612, 4xUSB 2.0, USB 2.0, PCI, добавить в систему USB-порты. Правда, операционная система MS-DOS не поддерживает это оборудование, однако драйвер `usbasp.sys` от компании Panasonic позволяет операционной системе

видеть подключенный к USB-порту USB-накопитель как устройство SCSI. Данный драйвер корректно сканирует USB-контроллеры на материнской плате, находит все устройства, к ним подключенные, поддерживает интерфейс USB 2.0. Использование драйвера di1000dd.sys от компании Novac позволяет включить поддержку файловой системы FAT32 для USB-накопителя.

Традиционно материнская плата имеет два канала IDE-контроллера – первичный (primary) и вторичный (secondary), каждый из которых представляет собой, по сути, отдельный контроллер. Каждый канал имеет собственный разъем на материнской плате и отдельный шлейф. Использование материнских плат с двумя IDE-контроллерами показало, что работоспособность управляющей программы поромера сохраняется лишь при условии, что загрузочный HDD-диск подключен как Primary IDE Master, а вторичный (Secondary) канал свободен. Видимо, это связано с использованием при написании программы недокументированных возможностей. В этом варианте модернизации в качестве системного диска можно использовать как HDD-, так и CF-карту, главное, чтобы устройство распознавал BIOS материнской платы.

Операционная система MS-DOS 6.22 позволяет реализовать многовариантный режим загрузки. Для этого в конфигурационном файле CONFIG.SYS используется секция [MENU]. Были прописаны два варианта загрузки.

Первый, используемый по умолчанию, загружает чистый DOS и управляющую программу прибора. В этом режиме компьютер служит управляющим устройством ртутного поромера.

Второй вариант, а он может быть выбран оператором в процессе загрузки, включает в себя загрузку драйверов USB-контроллера, русификатора клавиатуры и т. п. В этом режиме компьютер используется как общесистемный, прежде всего для копирования результатов измерений ртутного поромера на USB-накопитель с последующей обработкой их в специализированных программах.

Оба варианта модернизации были реализованы практически, проверены в работе и запущены в эксплуатацию.

## 5. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Отчет (порограмма), формируемый управляющей программой ртутного поромера AutoPore III, представляет собой ASCII-файл, содержащий заголовок с описанием характеристик исследуемого образца и таблицу с данными. Таблица кроме кривой интрузии содержит диаметр, объем и площадь поверхности пор, рассчитанные исходя из предложенной Уошбурном [16] модели цилиндрических пор. Вместе с тем в настоящее время существуют иные, более сложные модели порового пространства и описания процессов интрузии несмачивающей жидкости в него.

Используя теорию перколяции, Кац и Томпсон [19] рассчитывают по кривой интрузии проницаемость образца и извилистость пор. Метод Майера–Стоу [21], основанный на модели проникновения жидкостей в пустотные пространства набора однородных сплошных сфер, упакованных регулярно, позволяет рассчитать гранулометрический состав и отношение диаметров полости и устья поры. Ангуло и соавторы [20] показали, что фрактальная размерность поровой поверхности может быть определена методом ртутной интрузионной порометрии. Для получения истинного распределения пор с учетом чередования крупных и мелких пор можно успешно использовать метод Ревербери [18].

В управляющей программе ртутного поромера последнего поколения AutoPore V [21] реализованы перечисленные выше методики. Программа имеет не только расширенные возможности для анализа кривой интрузии ртути, но и широкие возможности представления результатов. Это разнообразные табличные и графические отчеты, средства наложения графиков для нескольких образцов и создания комбинированных графиков. Программа может работать автономно в режиме обработки данных и функционирует под операционной системой Windows. При этом, что важно, она включает в себя функционал импорта кривой интрузии. Данная программа была любезно предоставлена разработчиками ртутного поромера AutoPore V для эксплуатации.

В рамках модернизации управляющего комплекса поромера AutoPore III 9420 было принято решение: реализовав импорт получаемых данных, использовать расширенные возможности для анализа, представленные в обрабатывающей программе поромера AutoPore V.

Для этих целей на языке C++ в среде разработки MS Visual C++ была разработана программа ConvertPor, работающая под операционной средой Windows. Считывая кривую интрузии из ASCII-файла программы, программа ConvertPor переформатирует ее в файл, удовлетворяющий требованиям операции импорта обрабатывающей программы ртутного поромера AutoPore V.

Невозможность использования драйвера русификации в управляющем блоке поромера AutoPore III 9420 не позволяет заполнить паспорт образца надлежащим образом в процессе измерения. Приходится применять методы транслитерации. Обходя это досадное ограничение, одновременно с переформатированием кривой интрузии оператор может изменить паспорт исследуемого образца, содержащий его важнейшие характеристики, такие как номер в коллекции, название месторождения, минеральный состав, глубина залегания, описание, плотность и пр. Изменение, а точнее, создание полноценного паспорта образца осуществляется в диалоговом окне.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложена и реализована методика модернизации управляющего блока ртутного интрузионного поромера AutoPore III 9420. Высокотехнологичный научный прибор, эксплуатирующийся с 1995 года, сохранив механические и гидравлические компоненты в удовлетворительном состоянии, оказался неспособным вследствие деградации управляющего блока.

Предложенный комплекс решений, основанный на замене проблемных электронных компонент на CF-карту, позволил не только восстановить работоспособность управляющего комплекса, но и собрать резервный управляющий блок, страхующий исследовательскую программу от неожиданных аварийных остановок.

С учетом высокой стоимости такого оборудования задача модернизации выглядит оправданной и востребованной. Данная частная задача отражает общую тенденцию, связанную со старением приборного парка страны. Нахождение путей модернизацией устаревающего оборудования – актуальная проблема.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Тодосийчук А.В.* Наука как фактор социального прогресса и экономического роста. – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: НИИ экономики науки и образования, 2005. – 500 с.
2. *Евдокимов И.Н., Лосев А.П.* Реабилитация спектрофотометров Specord UV VIS в практике лабораторных исследований // Бурение и нефть. – 2006. – № 12. – С. 38–39.
3. *Левин А.* Модернизация электронных микроскопов // Наноиндустрия. – 2010. – № 2. – С. 36–37.
4. *Мохов Д.О., Ляшков В.И.* Модернизация рео-вискозиметра Гепплера // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2009. – № 1 (15). – С. 129–133.
5. *Бавыкин О.Б., Вячеславова О.Ф.* Модернизация микроинтерферометра МИИ-4 // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. – 2013. – Т. 2, № 2. – С. 290–293.
6. *Алехин А.Г.* Модернизация рычажно-механического прибора // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2013. – Т. 9, № 7 (110). – С. 72–74.
7. *Кирилловский В.К., Голубев А.М.* Модернизация рефрактометра Аббе и теоретическое обоснование повышения его точности // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2014. – Т. 57, № 1. – С. 56–60.
8. *Одиванов В.Л., Идиятуллин Б.З.* Модернизация ЯМР-спектрометров высокого разрешения TESLA BS 587A и TESLA BS 567A // Приборы. – 2008. – № 5. – С. 3–7.
9. *Куликов Н.В., Канашина В.Ф.* Остаточная нефтенасыщенность газовых пластов // Геология нефти и газа. – 1991. – № 1. – С. 23–25.
10. Макропористые катализаторы для жидкофазного окисления на основе оксидов марганца и вольфрама / В.А. Авраменко, С.Ю. Братская, Е.К. Папынов, В.Ю. Майоров, М.С. Паламарчук // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. – 2011. – № 5 (159). – С. 76–87.
11. Количественная оценка добывных характеристик коллекторов нефти и газа по петрофизическим данным и материалам ГИС / Л.М. Дорогиницкая, Т.Н. Дергачева, А.Р. Анашкин, А.И. Кольванов, С.В. Кушнарев, Л.Д. Худякова, Е.А. Романова. – Томск: STT, 2007. – 277 с.
12. *Плаченов Т.Г., Колосенцев С.Д.* Порометрия. – Л.: Химия, 1988. – 175 с.
13. *Klobes P., Meyer K., Munro R.G.* Porosity and specific surface area measurements for solid materials / National Institute of Standards and Technology. – Gaithersburg, Md., 2006. – 98 p. – (NIST recommended practice guide; NIST special publication, 960-17).
14. Объем жесткого диска [Электронный ресурс] // Википедия. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Объем\\_жесткого\\_диска](https://ru.wikipedia.org/wiki/Объем_жесткого_диска) (дата обращения: 14.09.2018).
15. Hard Disk Size Barriers [Electronic resource]. – URL: <http://www.pcguides.com/ref/hdd/bios/size.htm> (accessed: 14.09.2018).
16. *Washburn E.W.* Note on a method of determining the distribution of pore sizes in a porous material // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 1921. – Vol. 7, N 4. – P. 115–116.
17. AutoPore V – Mercury Intrusion Porosimeter [Electronic resource]. – URL: <http://www.micromeritics.com/Product-Showcase/AutoPore-V.aspx> (accessed: 14.09.2018).
18. *Reverberi A., Ferraiolo G., Peloso A.* Determination by experiment of the distribution function of the cylindrical macropores and ink bottles in porous systems // Annali di Chimica. – 1966. – Vol. 56, N 12. – P. 1552–1561.
19. *Katz A.J., Thompson A.H.* Quantitative prediction of permeability in porous rock // Physical Review, Series B. – 1986. – Vol. 34. – P. 8179–8191. – doi: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.34.8179>.
20. *Angulo R.F., Alvarado V., Gonzalez H.* Fractal dimensions from mercury intrusion capillary tests // SPE Latin America Petroleum Engineering Conference, 8–11 March 1992. – Caracas, Venezuela, 1992. – doi: <https://doi.org/10.2118/23695-MS>.
21. *Mayer R.P., Stowe R.A.* Mercury porosimetry – breakthrough pressure for penetration between packed spheres // Journal of Colloid Science. – 1965. – Vol. 20, N 8. – P. 893–911. – doi: [https://doi.org/10.1016/0095-8522\(65\)90061-9](https://doi.org/10.1016/0095-8522(65)90061-9).

*Зайкин Андрей Дмитриевич*, кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной и теоретической физики Новосибирского государственного технического университета. Основное направление научных исследований – механики деформируемого твердого тела. Имеет более 20 научных публикаций. E-mail: [zaikin@pitf.ftf.nstu.ru](mailto:zaikin@pitf.ftf.nstu.ru)

DOI: 10.17212/1814-1196-2018-3-135-144

***AutoPore III mercury porosimeter upgrading\****

A.D. ZAIKIN

*Novosibirsk State Technical University, 20 K. Marx Prospekt, Novosibirsk, 630073, Russian Federation**zaikin@pitf.ftf.nstu.ru***Abstract**

The experience of modernization of a specialized device, namely the mercury intrusion porosimeter AutoPore III 9420, is described.

The method of modernization was chosen based on the condition of the device parts: mechanical and hydraulic control functioned well after a long operation, but the control unit outlived its service life. A controller board was developed for the outdated ISA system bus and therefore the problem couldn't be solved by simply replacing the computer with a modern one. Magnetic storage devices, both HDD and FDD, were a bottleneck in the regular control unit. A special IDE adapter was used to replace both storage devices with a CF card that combined their functions. The control software running under DOS uses undocumented features of the operating system, which imposes a certain limitation on the configuration. The implemented technical solution allowed us to accumulate measurement results on a CF card and at the same time to use it for data transfer.

The availability of a backup controller board made it possible to apply another upgrade option. A duplicate control unit was assembled on the motherboard containing ISA and PCI slots. In this case, a CF card is used as a non-removable disk. The USB controller for the PCI slot was used to transfer data via a flash drive. Sequential use of control-transfer modes is achieved in a multi-boot mode.

A program was written that allows us to convert the AutoPore III metering protocol containing the mercury intrusion curve and the calculation of pore space parameters based on the cylindrical pore model, into a file that can be imported into a modern specialized program for processing the results of the AutoPore V measurements. The latter program allows us to calculate the permeability of a sample and tortuosity of pores, the granulometric composition and the ratio of the cavity diameter and mouth opening, as well as fractal dimensions of a pore surface. Therefore it enhances the value of the analysis.

**Keywords:** mercury porosimeter, Autopore III, upgrading, controller, CF card, control program, interface bus, data import

**REFERENCES**

1. Todosiichuk A.V. *Nauka kak faktor sotsial'nogo progressa i ekonomicheskogo rosta* [Science as a factor of social progress and economic growth]. 2<sup>nd</sup> ed. Moscow, NII ekonomiki nauki i obrazovaniya Publ., 2005. 500 p.
2. Evdokimov I.N., Losev A.P. Reabilitatsiya spektrofotometrov Specord UV VIS v praktike laboratornykh issledovaniy [Rehabilitation of spectrophotometers Specord UV VIS in laboratory practice]. *Burenie i nef't' – Drilling and Oil*, 2006, no. 12, pp. 38–39.
3. Levin A. Modernizatsiya elektronnykh mikroskopov [Modernization of electron microscopes]. *Nanoindustriya – Nanoindustry*, 2010, no. 2, pp. 36–37.
4. Mokhov D.O., Lyashkov V.I. Modernizatsiya reo-viskozimetra Gepplera [Modernization of Hepppler rheometer]. *Voprosy sovremennoi nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo – Problems of Contemporary Science and Practice. Vernadsky University*, 2009, no. 1 (15), pp. 129–133.
5. Bavykin O.B., Vyacheslavova O.F. Modernizatsiya mikrointerferometra MII-4 [Modernization of microinterferometer MII-4]. *Izvestiya Moskovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta MAMI – Izvestiya MGTU "MAMI"*, 2013, vol. 2, no. 2, pp. 290–293. (In Russian).
6. Alekhin A.G. Modernizatsiya rychazhno-mekhanicheskogo pribora [Modernization of the lever-mechanical device]. *Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta – Izvestia of Volgograd State Technical University*, 2013, vol. 9, no. 7 (110), pp. 72–74.

---

\* Received 05 May 2018.

7. Kirillovskii V.K., Golubev A.M. Modernizatsiya refraktometra Abbe i teoreticheskoe obosnovanie povysheniya ego tochnosti [Modernization of Abbe refractometer and theoretical justification of increase in its accuracy]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Priborostroenie – Journal of Instrument Engineering*, 2014, vol. 57, no. 1, pp. 56–60.

8. Odivanov V.L., Idiyatullin B.Z. Modernizatsiya YaMR-spektrometrov vysokogo razresheniya TESLA BS 587A i TESLA BS 567A [Modernization of high-resolution NMR spectrometers TESLA BS 587A and TESLA BS 567A]. *Pribory – Instruments*, 2008, no. 5, pp. 3–7.

9. Kulikov N.V., Kanashina V.F. Ostatochnaya nefenasyszhennost' gazovykh plastov [Residual oil saturation of gas layers]. *Geologiya nefi i gaza – Oil and Gas Geology*, 1991, no. 1, pp. 23–25.

10. Avramenko V.A., Bratskaya S.Yu., Papynov E.K., Maiorov V.Yu., Palamarchuk M.S. Makroporistye katalizatory dlya zhidkofaznogo okisleniya na osnove oksidov margantsa i vol'frama [Macroporous catalysts for liquid-phase oxidation on the basis manganese and tungsten oxides]. *Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya Rossiiskoi akademii nauk – Vestnik of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences*, 2011, no. 5 (159), pp. 76–87.

11. Doroginskaya L.M., Dergacheva T.N., Anashkin A.R., Kolyvanov A.I., Kushnarev S.V., Khudyakova L.D., Romanov E.A., Golikov N.A., Melkozerova S.N. *Kolichestvennaya otsenka dobyvnykh kharakteristik kollektorov nefi i gaza po petrofizicheskim dannym i materialam GIS* [Quantitative estimation of oil and gas reservoirs production characteristics on petrophysical data and GIS materials]. Tomsk, STT Publ., 2007. 277 p.

12. Plachenov T.G., Kolosentsev S.D. *Porometriya* [Porosimetry]. Leningrad, Khimiya Publ., 1988. 175 p.

13. Klobes P., Meyer K., Munro R.G. *Porosity and specific surface area measurements for solid materials*. National Institute of Standards and Technology. *NIST recommended practice guide*. Gaithersburg, Md., 2006. 98 p.

14. Ob'em zhestkogo diska [Hard disk space]. *Vikipediya* [Wikipedia]. Available at: <https://ru.wikipedia.org/?oldid=91816196> (accessed 14.09.2018).

15. *Hard Disk Size Barriers*. Available at: <http://www.pcguide.com/ref/hdd/bios/size.htm> (accessed 14.09.2018).

16. Washburn E.W. Note on a method of determining the distribution of pore sizes in a porous material. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1921, vol. 7, no. 4, pp. 115–116.

17. *AutoPore V – Mercury Intrusion Porosimeter*. Available at: <http://www.micromeritics.com/Product-Showcase/AutoPore-V.aspx> (accessed 14.09.2018).

18. Reverberi A., Ferraiolo G., Peloso A. Determination by experiment of the distribution function of the cylindrical macropores and ink bottles in porous systems. *Annali di Chimica*, 1966, vol. 56, no. 12, pp. 1552–1561.

19. Katz A.J., Thompson A.H. Quantitative prediction of permeability in porous rock. *Physical Review, Series B*, 1986, vol. 34, pp. 8179–8191. doi: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.34.8179>.

20. Angulo R.F., Alvarado V., Gonzalez H. Fractal dimensions from mercury intrusion capillary tests. *SPE Latin America Petroleum Engineering Conference*, Caracas, Venezuela, 8–11 March 1992. doi: <https://doi.org/10.2118/23695-MS>.

21. Mayer R.P., Stowe R.A. Mercury porosimetry – breakthrough pressure for penetration between packed spheres. *Journal of Colloid Science*, 1965, vol. 20, no 8, pp. 893–911. doi: [https://doi.org/10.1016/0095-8522\(65\)90061-9](https://doi.org/10.1016/0095-8522(65)90061-9).

Для цитирования:

Заикин А.Д. Модернизация ртутного поромера AutoPore III // Научный вестник НГТУ. – 2018. – № 3 (72). – С. 135–144. – doi: 10.17212/1814-1196-2018-3-135-144.

For citation:

Zaikin A.D. Modernizatsiya rtutnogo poromera AutoPore III [AutoPore III Mercury porosimeter upgrading]. *Nauchnyi vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta – Science bulletin of the Novosibirsk state technical university*, 2018, no. 3 (72), pp. 135–144. doi: 10.17212/1814-1196-2018-3-135-144.