

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Ухтинский государственный технический университет»
(УГТУ)

Определение проницаемости горных пород

Методические указания

Ухта, УГТУ, 2014

УДК 552:539.217 (076.5)

ББК 26.31 я7

П 31

Печерин, В. Н.

П 31 Определение проницаемости горных пород [Текст] : метод. указания / В. Н. Печерин, Н. П. Демченко. – Ухта : УГТУ, 2014. – 11 с.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторных работ по дисциплинам «Петрофизика», «Физика горных пород», «Моделирование в петрофизике» для студентов специальностей 130201 «Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых», 130202 «Геофизические методы исследования скважин», 130101 «Прикладная геология», 130102 «Технологии геологической разведки».

Методические указания рассматривают основные методы исследования проницаемости горных пород в лабораторных условиях с применением современной аппаратуры и оборудования.

УДК 552:539.217 (076.5)

ББК 26.31 я7

Методические указания рассмотрены и одобрены заседанием кафедры ГМИС 28.01.2014, протокол №05.

Рецензент: О. М. Вельтистова, зав. кафедрой ГМИС Ухтинского государственного технического университета, к. г.-м. н.

Редактор: О. В. Демьяненко, инженер кафедры ГМИС Ухтинского государственного технического университета.

Корректор и технический редактор: К. В. Коптяева.

В методических указаниях учтены замечания рецензента и редактора.

План 2014 г., позиция 152.

Подписано в печать 28.02.2014. Компьютерный набор.

Объем 11 с. Тираж 70 экз. Заказ №282.

© Ухтинский государственный технический университет, 2014
169300, Республика Коми, г. Ухта, ул. Первомайская, д. 13.

Типография УГТУ.

169300, Республика Коми, г. Ухта, ул. Октябрьская, д. 13.

Введение

Петрофизические знания являются фундаментальными для специалистов в области геофизики, разработки и эксплуатации месторождений полезных ископаемых, геотехнологического моделирования, геоэкологии и многих других областей знаний, связанных с науками о Земле.

В результате проведения лабораторных работ, описанных в данных методических указаниях, студенты геологоразведочных специальностей смогут:

- овладеть современными методиками изучения кернового материала нефтегазоносных отложений; навыками разработки комплексных исследований керна нефтегазовых скважин; навыками сравнительного анализа геологического строения и нефтегазоносности разрезов различных площадей;

- определять проницаемость горных пород;

- свободно пользоваться компьютером и программным обеспечением для решения петрофизических задач;

- использовать достижения мировой петрофизической науки для постоянного самообучения и повышения своей конкурентоспособности на рынке услуг нефтегазовой сферы;

- систематизировать, обобщать и самостоятельно анализировать полученную информацию по комплексу методов исследования пород и флюидов;

- изучать особенности залегания углеводородов в недрах и влияние различных геолого-физических и геолого-промысловых факторов на условия извлечения промышленных запасов нефти и газа из продуктивных пластов.

Определение проницаемости горных пород с применением прибора для определения газопроницаемости «Дарсиметр»

Цель работы:

Целью настоящей лабораторной работы является закрепление студентами теоретических сведений и получение практических навыков определения проницаемости горных пород в лабораторных условиях с помощью прибора для определения газопроницаемости «Дарсиметр».

1. Физические основы метода

Проницаемость – это свойство горных пород пропускать сквозь себя флюиды, т. е. жидкости, газы и их смеси. Различают абсолютную (физическую) и эффективную (фазовую) проницаемости.

Абсолютная проницаемость – это проницаемость породы в случае фильтрации через неё однородной жидкости или газа, инертных по отношению к поверхности твёрдой фазы. Фазовая проницаемость – это способность пород, насыщенных смесью нефти, газа и воды или любой другой неоднородной жидкостью, пропускать отдельные её фазы.

Численно величины проницаемости породы характеризуются коэффициентом проницаемости, k_{np} , из уравнения Дарси, которое позволяет рассчитать количество жидкости, Q , в m^3 , прошедшее расстояние, Δl (м), в образце породы с поперечным сечением, S (m^2), при перепаде давлений, ΔP (Па), за время фильтрации t (с):

$$Q = k_{np} \cdot \Delta P \cdot S \cdot t / \Delta l \mu, \quad (1)$$

где μ – вязкость жидкости, Па·с.

По значениям коэффициента проницаемости породы подразделяют на проницаемые (гравий, пески, слабосцементированные песчано-глинистые осадки, кавернозные карбонатные), полупроницаемые (глинистые пески, мелкотрещиноватые меловидные известняки и доломиты) и практически непроницаемые (глины, аргиллиты, глинистые сланцы, мергели, плотносцементированные песчаники и алевролиты, плотные мел и известняк).

Отношение эффективной проницаемости к абсолютной называется относительной проницаемостью. Она зависит от объёмного соотношения соответствующих компонентов в фильтрующихся смесях и выражается безразмерным числом, которое всегда меньше единицы. Сопоставление коэффициентов относительной проницаемости позволяет выделить главные и подчинённые фазы многофазового движения флюидов в пласте.

В данной лабораторной работе определяется абсолютная проницаемость горных пород.

2. Аппаратура, оборудование и материалы

Прибор для измерения газопроницаемости «Дарсиметр» предназначен для определения коэффициента абсолютной газопроницаемости на экстрагированных образцах керна при стационарной и нестационарной фильтрации с линейным направлением потока газа для получения информации о фильтрационных свойствах изучаемых пород и соответствует ГОСТ 26450.2–85 «Породы горные. Метод определения коэффициента абсолютной газопроницаемости при стационарной и нестационарной фильтрации».

Нормальными значениями факторов внешней среды при испытаниях и работе в лаборатории прибора являются:

температура окружающего воздуха $(25 \pm 5)^\circ\text{C}$;

относительная влажность воздуха 45-80%;

атмосферное давление 84-106,7 кПа (630-800 мм рт. ст.).

Принцип действия прибора основан на измерении объёма газа, пройденного через исследуемый образец при стационарной и нестационарной фильтрации в соответствии с ГОСТ 26450.2–85.

Прибор изображён на рисунке 1 и состоит из следующих основных составных частей: 1– кернодержатель; 2– электронный измерительный блок; 3– компьютер с ПО.

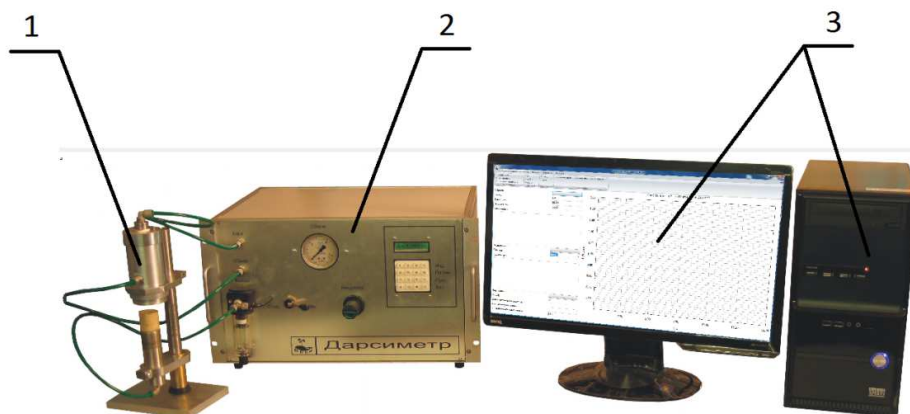


Рисунок 1 – Устройство прибора

Кернодержатель предназначен для ручной загрузки керна, прост в использовании, в конструкции используются качественные материалы и надёжные соединительные фитинги.

К кернодержателю подключаются три трубки:

1. Трубка «Керн» – подключается к фитингу на верхнем поршне. Трубка является измерительной, её длина должна быть равна 0,6 м.

2. Трубка «Обжим» – подключается к фитингу на корпусе. Длина трубки на измерения не влияет.

3. Трубка «Выход» – подключается к фитингу на нижнем поршне. Трубка является измерительной, её длина должна быть равна 0,6 м.

Электронный измерительный блок (рис. 2) производит измерение газопроницаемости керна. В состав прибора входят надёжные и высокоточные средства измерения и контроля.

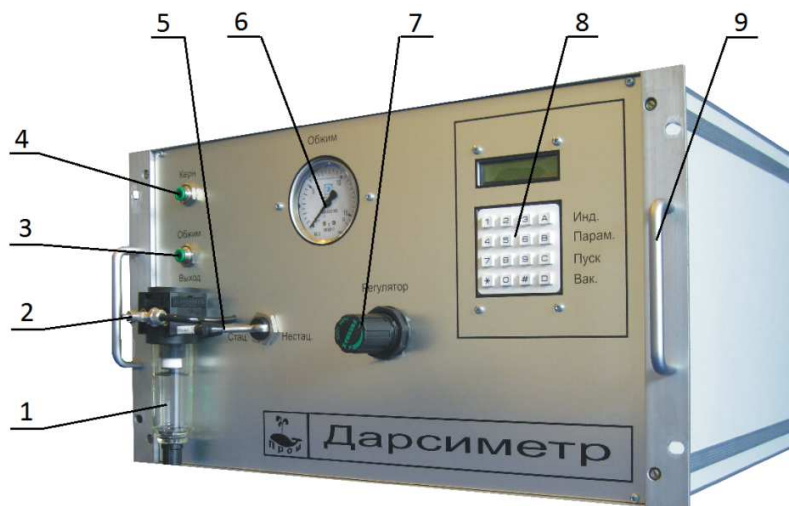


Рисунок 2 – Электронный измерительный блок (лицевая панель)

На лицевой панели находятся:

- 1 – фильтр;
- 2 – фитинг для подключения трубки нижнего поршня кернодержателя;
- 3 – фитинг для подключения трубки обжима кернодержателя;
- 4 – фитинг для подключения трубки верхнего поршня кернодержателя;
- 5 – тумблер переключения между режимами работы;
- 6 – манометр;
- 7 – регулятор давления;
- 8 – пульт управления;
- 9 – ручки для транспортировки.

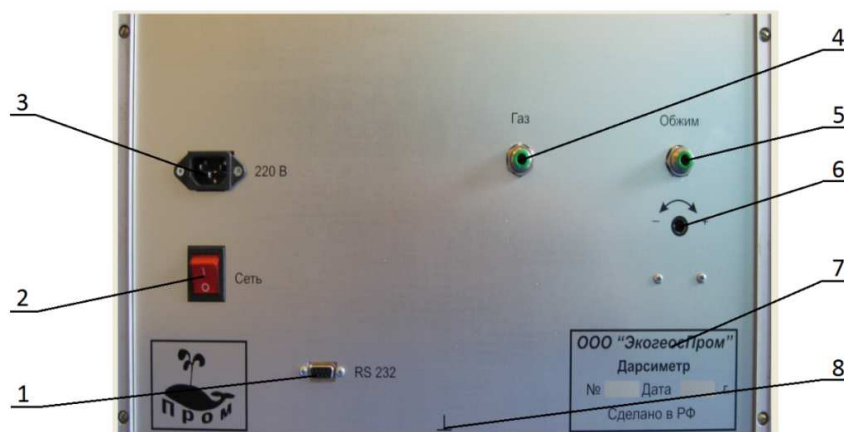


Рисунок 3 – Электронный измерительный блок (задняя панель)

На задней панели электронного измерительного блока (рис. 3) находятся:

- 1 – разъём для подключения прибора к компьютеру;
- 2 – выключатель электрической сети 220 В;
- 3 – разъём для подключения питания 220 В;
- 4 – фитинг для подключения рабочего газа (воздух, азот, гелий);
- 5 – фитинг для подключения к источнику сжатого воздуха;
- 6 – регулировка обжима кернодержателя;
- 7 – табличка с порядковым номером и датой изготовления прибора;
- 8 – место заземления прибора.

3. Порядок проведения работы

1. Включить питание.
2. Ослабить зажимной винт, извлечь из кернодержателя нижний поршень.
3. Установить исследуемый керн на нижний поршень.
4. Поднять нижний поршень до соприкосновения керна с верхним поршнем и зафиксировать его зажимным винтом.
5. Запустить на компьютере программу «Дарсиметр». Откроется основное окно программы (рис. 4).

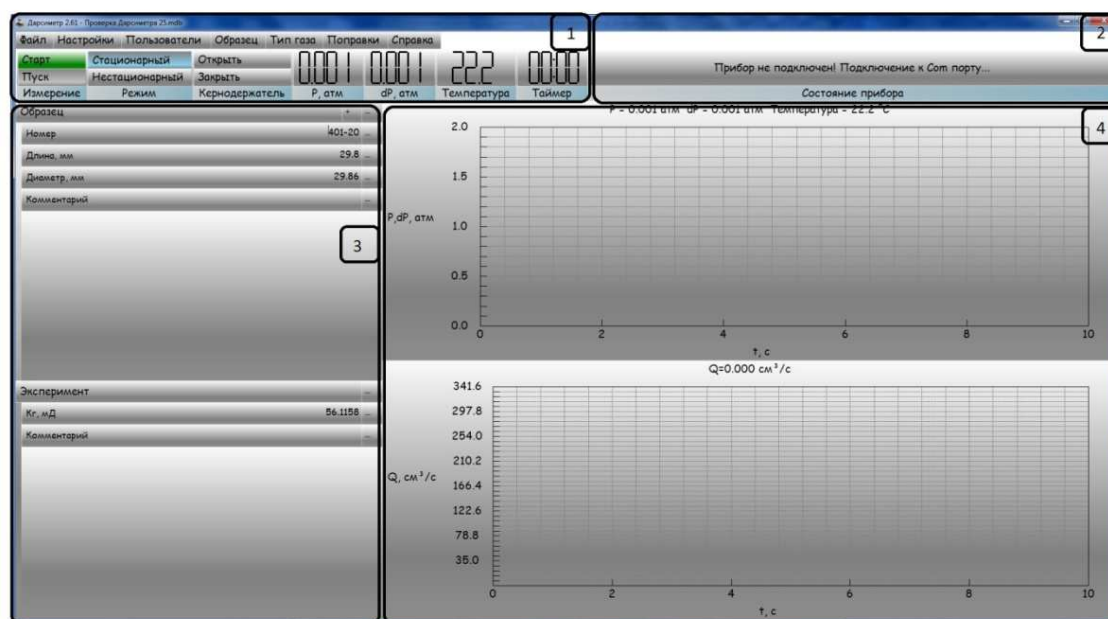


Рисунок 4 – Основное окно программы

Основное окно программы (рис. 4) состоит из нескольких частей:

- 1 – панель управления;
- 2 – строка состояния;
- 3 – область ввода данных;
- 4 – область графиков.

Панель управления (рис. 5) состоит из командной строки.

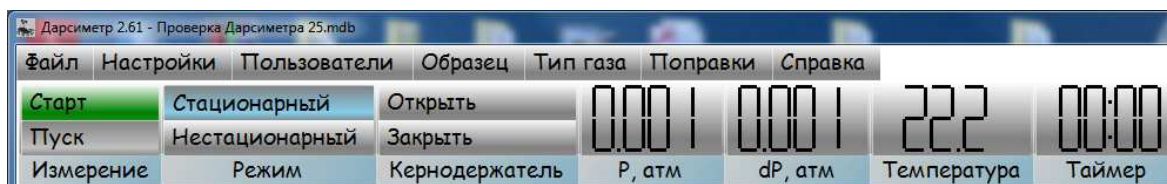


Рисунок 5 – Панель управления

Командная строка состоит из кнопок:

Кнопка «Файл» позволяет создать, открыть и сохранить файл.

Кнопка «Настройка» позволяет изменить внешний вид программы, сделать установку нуля на датчиках, включить автозапуск измерения в стационарном режиме, установить нужное количество циклов вакуумирования.

Кнопка «Пользователи» позволяет сменить пользователя.

Кнопка «Образец» предназначена для изменения вида образца на цилиндр, куб и параллелепипед.

Кнопка «Тип газа» предназначена для выбора типа газа – азот или воздух.

Кнопка «Поправки» предназначена для расчёта поправок Клинкенберга и Форхгеймера.

Кнопка «Справка» предоставляет информацию о версии программы.

Панель управления состоит также из следующих полей:

- поле «Измерение» позволяет запустить эксперимент или остановить его;
- поле «Режим» позволяет переключать стационарный и нестационарный режим измерения;
- поле «Кернодержатель» позволяет открыть и закрыть кернодержатель;
- поле « P , атм.» индицирует значение абсолютного датчика давления;
- поле « dP , атм.» индицирует значение дифференциального датчика давления;
- поле «Температура» индицирует температуру, при которой происходит эксперимент;
- поле «Таймер» индицирует время с начала эксперимента.

В стационарном режиме мы рекомендуем работать на входном давлении « P », равном 1 атм.

В нестационарном режиме вы самостоятельно можете устанавливать предельное давление закачки.

В строке состояния (рис. 6) отображается описание всех происходящих стадий эксперимента либо указание действий, которые нужно произвести.

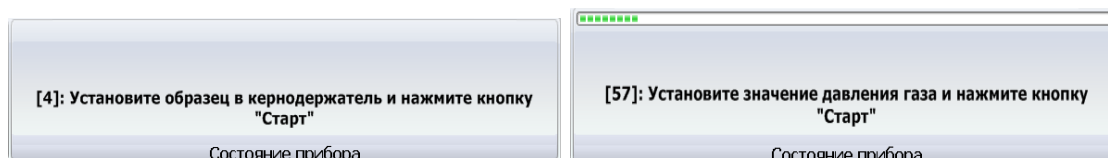


Рисунок 6 – Строка состояния

В области ввода данных мы можем выбрать ранее замеренный образец либо создать новый. Также в условиях эксперимента мы можем выбрать вид газа, на котором производится эксперимент. В поле «результаты» мы видим последний результат замера, который был проведён. После замера результаты автоматически сохраняются в базе данных.

6. Выполнить измерение образца на стационарном режиме.
7. Ослабить фиксирующий винт кернодержателя.
8. Опустить нижний поршень и снять с него керн.

4. Порядок проведения расчётов

Поправка Клинкенберга

При измерении газопроницаемости возникают отклонения от закона Дарси. Основными источниками этих отклонений являются скольжение газа, особенно заметное в области низких давлений и малых проницаемостей, и потери давления, пропорциональные квадрату фильтрации, несущественные лишь в области малых перепадов давления.

С целью исключения влияния отклонений от закона Дарси за счёт потери давления необходимо измерение проницаемости выполнять в режимах, обеспечивающих линейность связи «расход – перепад давления», т. е. режим измерения выбирается в области прямолинейного участка зависимости $Q = f(\Delta P)$.

Эффект скольжения газа проявляется в наличии зависимости измеренной и вычисленной по закону Дарси величины проницаемости от среднего давления в образце. Величина проницаемости, измеренная при среднем давлении, приближающемся к пластовому – $P_{cp} \rightarrow P_{пл}$, является абсолютной ($K_{абс}$) и близка к величине проницаемости по жидкости, не реагирующей с породой.

Величина абсолютной газопроницаемости, $K_{абс}$, связана с величиной проницаемости, измеренной при заданном давлении, соотношением:

$$K_{абс} = \frac{K_2}{1 - b / P_{cp}}, \quad (2)$$

где $K_{абс}$ – абсолютная проницаемость;

K_2 – значение газопроницаемости, определённое при данном среднем давлении (P_{cp});

b – коэффициент скольжения (Клинкенберга), зависящий от типа породы и фильтруемого газа.

Значение $K_{абс}$ может быть получено непосредственными измерениями при различных средних давлениях или путём введения поправки на скольжение на величину K_2 .

Непосредственное измерение $K_{абс}$ выполняется путём определения проницаемости при трёх-четырёх различных P_{cp} и построения зависимости $K_2 = f(1/P_{cp})$; величину $K_{абс}$ находят экстраполяцией зависимости на $(1/P_{cp}) = 0$.

Максимально допустимые величины перепада давления в процессе определения следует устанавливать из условий сохранения линейного закона фильтрации.

Введение поправки на скольжение в величину K_2 выполняется следующим образом.

На коллекции образцов, являющейся представительной по отношению к исследуемому массиву, определяют K_2 при различных средних давлениях и строят зависимости $K_2 = f(1/P_{cp})$.

Для каждого образца вычисляют величину коэффициента скольжения и строят зависимость $b = f(K_{абс})$.

5. Форма записи исходных данных и результатов расчётов

Исходные данные и результаты исследования записываем в журнал наблюдений по форме, приведённой в таблице ниже.

Строим график зависимости проницаемости горных пород от коэффициента пористости, определённого на приборе «Поромер».

Таблица – Результаты измерений и вычислений

№ обр.	Длина, мм	Диаметр образца, мм	Литология	Коэф. абс. газо- проницаемости, $k_{абс}$, мД	Коэф. пористости, k_n , %
1	2	3	4	5	6

Выполнил _____

Библиографический список

1. ГОСТ 26450.2–85 «Породы горные. Метод определения коэффициента абсолютной газопроницаемости при стационарной и нестационарной фильтрации».
2. Добрынин, В. М. Петрофизика : учеб. для вузов / В. М. Добрынин, Б. Ю. Вендельштейн, Д. А. Кожевников. – М. : Недра, 1991. – 368 с.; ил.
3. Физика горных пород : учеб. для вузов / Л. Я. Ерофеев, Г. С. Вахромеев, В. С. Зинченко, Г. Г. Номоконова. – Томск : ТПУ, 2006. – 520 с.
4. Зинченко, В. С. Петрофизические основы гидрогеологической и инженерно-геологической интерпретации геофизических данных : учеб. пособие для студентов вузов / В. С. Зинченко. – М. ; Тверь : АИС, 2005. – 392 с.
5. Кобранова, В. Н. Петрофизика : Учеб. для вузов / В. Н. Кобранова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Недра, 1986. – 392 с.
6. Корюгин, П. Ф. Определение петрофизических характеристик по образцам. Часть 1 : метод. указания / П. Ф. Корюгин, Л. П. Шилов, С. В. Лапшина. – Ухта : УГТУ, 2002. – 47 с.
7. Корюгин, П. Ф. Определение петрофизических характеристик по образцам. Часть 2 : метод. указания / П. Ф. Корюгин, Л. П. Шилов. – Ухта : УГТУ, 2003. – 38 с.
8. Прибор для определения газопроницаемости «Дарсиметр»: Инструкция по эксплуатации. – Тверь, 2012.
9. Руководство к лабораторным работам по курсу «Петрофизика» . учеб. пособие для вузов / В. Н. Кобранова, С. Л. Пацевич, А. В. Дахнов, Б. И. Извеков. – М. : Недра, 1982. – 216 с.