

ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ПРИ ДОБЫЧЕ НЕФТИ

**В.Г. МИНЕНКО, Н.Р. ГАСКАРОВ, С.С. КОВАЛЕВА, А.С. АВАНЕСОВ,
Г.Г. ДАНИЕЛЯН**

*Кубанский государственный технологический университет,
350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2
электронная почта: minenko170753@mail.ru, sofiyakovaleva@mail.ru*

Статья посвящена анализу физических методов контроля при добычи нефти. В современной нефтедобывающей индустрии на всех стадиях производственного процесса активно разрабатываются и применяются методы, основанные на физико-химических процессах. В статье представлены и проанализированы актуальные методы контроля за добычей.

Ключевые слова: дебитомеры и расходомеры; пьезокварцевые измерительные приборы; фольговый термочувствительный элемент; осциллограф низкочастотный запоминающий.

В современной нефтегазодобывающей индустрии на всех стадиях производственного процесса активно разрабатываются и применяются методы, основанные на физико-химических процессах. В статье представлены и проанализированы актуальные методы контроля за добычей.

Перед нами были поставленные следующие задачи:

1. Собрать и изучить имеющиеся физические методы контроля параметров при добыче.
2. Проанализировать их и сравнить между собой.

Была поставлена следующая цель - анализ существующих актуальных методов, и выбор наиболее оптимального и универсального.

Существует много методов которые применяют для изучения приток-состава в скважине и технических средств для их осуществления, они предназначены для получения информации об условиях и интенсивности притока нефти, воды и газа в скважину, об изменениях, происходящих в пласте в процессе его разработки. Это необходимо для мониторинга состояния добычи и предотвращения аварий.

Гамма-плотнометрия основана на изучении плотности флюидов в стволе скважины с помощью гамма-излучения. Определение плотности жидкости

базируется на зависимости интенсивности рассеянного гамма-излучения от атомного номера изучаемой среды, состоящей из различных химических элементов.

Плотнометрия применяется для определения состава (плотности) жидкости в стволе скважины; выявления интервалов и источников обводнения; выявления интервалов притоков в скважину нефти, газа и воды при оценке эксплуатационных характеристик; оценке качества цементирования обсадных колонн. [1]

Нейтронный активационный метод по кислороду

Метод основан на активации ядер кислорода в стволе скважины и окружающей среды быстрыми нейтронами (энергии порядка 14 МэВ) с помощью скважинного генератора нейтронов. Продуктом активации кислорода является радиоактивный изотоп азота N16. [1]

Целью расходомерии является измерение количества нагнетаемой в скважину жидкой или газообразной фазы, а дебитомерии – приток в скважину многофазной смеси нефти, газа и воды. С помощью них выделяют границы работающих интервалов, оценивают их дебиты, коэффициенты проницаемости и т.д. [2]

Дебитомеры и расходомеры по принципу работы можно разделить на механические и термоиндуктивные.

- В механических дебитомерах и расходомерах чувствительным элементом служит турбинка, вращающаяся набегающим потоком того или иного флюида. Скорость вращения турбинки пропорциональна величине измеряемого дебита жидкости или газа.

- Термоиндуктивные расходомеры и дебитомеры замеряют количество тепла, отдаваемого непрерывно нагреваемым телом, которое помещено в поток жидкости или газа. Главным элементом здесь служит спираль-термосопротивление, нагреваемая постоянным током до температуры, превышающей температуру окружающей ее среды. Набегающий поток

жидкости или газа охлаждает спираль и тем самым изменяет ее активное сопротивление, что регистрируется с помощью приборов.

Следует отметить, что технология дебитометрии и расходомерии постоянно развивается и совершенствуется, в распоряжение инженеров поступают новые приборы, более точные и актуальные, принцип действия которых также может быть основан на других физических явлениях. [2]

Целью барометрии является измерение такого физического параметра, как давление. Измерения выполняют глубинными манометрами, которые подразделяются на измеряющие абсолютное давление (давление в определенной точке ствола) и дифференциальные (разность давлений).[3] Следует выделить 3 главных способа измерения давлений :

- 1) Измерение давления в фиксированной точке ствола скважины как функцию от времени
- 2) Определение характера изменения давления по всему стволу скважины как функцию от глубины погружения манометра
- 3) Определение изменения давления по стволу скважины со временем, то есть как функцию от времени и глубины.

арометрия является одним из ключевых элементов контроля состояния скважины и параметров смеси флюидов, циркулирующей в ней. [4]

Термометрия

Объектом изучения термометрии являются естественные и искусственные тепловые поля в скважине.

Действие термометров традиционно основано на изменении активного сопротивления проводника с изменением температуры.

Термометрия - один из основных методов в комплексе геофизических методов, что обусловлено его высокой информативностью. Высокая информативность, в свою очередь, связана с высокой чувствительностью термометров к различного рода изменениям состояния скважины и пласта.[5]

В последнее время все большее распространение приобретает метод комбинированного контроля параметров технологических сред. Целью данного

метода является создание унифицированной измерительной системы, основанной на едином физическом механизме измерений. Такой подход реализован, к примеру, в приборах, основанных на методе пьезокварцевых измерений и позволяющих одновременно контролировать температуру, расход и состав магистральных газов. Помимо пьезокварцевого метода, универсальность свойственна также ультразвуковому, оптическому, емкостному и, в большей степени, резистивному методам измерений.

Резистивный метод основан на изменении активного сопротивления резисторов в зависимости от температуры, скорости, концентрации и давления, пьезокварцевый метод – на частоте колебаний пьезокварца, зависящей от тех же параметров. Параметры различных методов представлены в таблице (рис. 1)

Универсальные методы измерений					
Метод измерений	Измеряемый параметр	Диапазон измерений	Погрешность измерений	Постоянная времени	Литература
Пьезокварцевый	Температура	-200 + 250 ⁰ С	(0,02+0,5) ⁰ С	5 + 30 с	
	Скорость, расход нефти	10 ² +3.10 ³ л/час	2+3%	5 + 30 с	
	Состав нефти, влажность		4+5%	100+120 с	
	Давление, масса, деформация	до 10 ⁸ Па	2%	-	
Резистивный	Температура	-264++10 ³ °С	± 0,001 ⁰ С	0,8+240 с	
	Скорость, расход, направление нефти	20 + 200	± 0,5	0,001+10 с	
	Состав нефти		5+20 мВ/% об	50+200 с	
	Давление	(10 ⁻¹ + 10 ⁷)Па	0,2+5%		
Акустический	Температура	0 + 800 ⁰ С	1%	-	
	Скорость, расход нефти	8 + 10	± (1 + 3)%		
	Состав нефти		25 мВ/% об	0,6 + 0,4 с	
Оптический	Температура	-10 ² +6.10 ³ °С	± (1+1,5)%	(0,5+30) с	
	Состав нефти		(1+5)%		
	Скорость, расход нефти				
Емкостной	Температура	40+200 ⁰ С	± (0,1+0,2)%	60+120 с	
	Давление	до 10 ⁸ Па	(0,2+1)%		

Рисунок 1

По универсальности ведущими являются пьезокварцевые измерительные приборы, предоставляющие возможность одновременно контролировать температуру, скорость, состав, давление газов, вакуум, влажность газов и жидкостей, микромассу (до 10-12 кг), силу, деформации и множество других

физических величин. Но интегральный характер зависимости свойств пьезокварца от внешних воздействий является причиной ограниченной точности измерений ввиду того, что неизмеряемые воздействия становятся причиной погрешностей. Кроме того, свойства пьезокварца нестабильны, что приводит к погрешности $0,02 \div 0,5$ °С для термометров и $2 \div 5\%$ для измерений скорости и концентрации газовых смесей. Также существенным недостатком пьезокварцевых измерений является сравнительно высокая инерционность измерительных приборов, определяющаяся как размерами пьезокварцевой пластины, так и низкой коррозионной стойкостью и необходимостью защиты от пыли, влаги, агрессивных сред.

Резистивный метод измерений обладает меньшей зависимостью свойств от воздействий окружающей среды, но, тем не менее, позволяет решить задачу измерения основных параметров многих процессов. Кроме того, измерительные приборы резистивного метода (термометры сопротивления, термоанемометры, катарометры и т.д) превосходят по точности, инерционности и стабильности свойств другие методы измерений. Но в то же время нет ни одной конструкции прибора, обладающего всеми перечисленными свойствами, встречающимися в ограниченном сочетании лишь у конкретных конструкций. Отсутствует комплексный подход к построению измерительных приборов, удовлетворяющих задаче измерения физико-химических параметров различных процессов.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что для построения унифицированной измерительной системы наиболее перспективен резистивный метод измерений параметров систем. В качестве базового чувствительного элемента в нем предлагается использовать фольговую конструкцию прецизионного типа.

Использование нескольких типов измерительных приборов затрудняет получение результата, т.к. требует унификации. Одним из самых перспективных и универсальных приборов можно считать фольговый

термочувствительный элемент. (Рисунок 2)

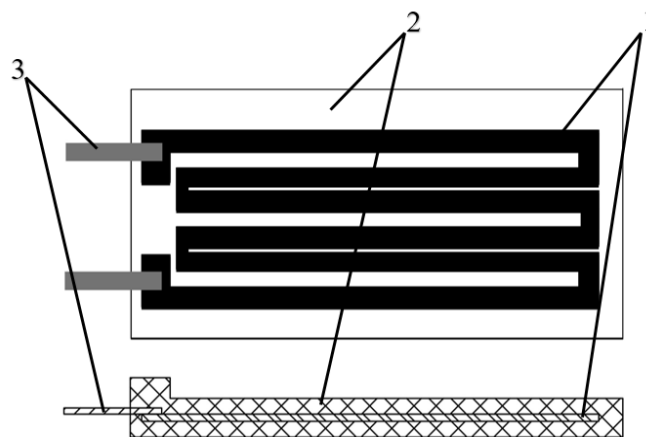


Рисунок 2

Разработана конструкция фольгового датчика температуры (рис. 2). Датчик температуры (ДТ) состоит из токоведущих фольговых дорожек 1, закрепленных на гибкой и тонкой диэлектрической пленке 2, и приваренных к фольговым дорожкам токопроводов 3;

Термочувствительный сплав, из которого выполнены токоведущие линии, после термической обработки в вакууме (10^{-5} мм рт. ст.) при 750°C - 850°C в течении 3-4 часов имеет следующие показатели:

Удельное сопротивление ρ , $0,25 \cdot 10^{-6}$ Ом·м

Температурный коэффициент сопротивления ТКС $3,8 \cdot 10^{-3}$ 1/К

Температурный коэффициент линейного расширения $12,7 \cdot 10^{-6}$ 1/К

Предел прочности 50 кгс/мм²

Токопроводящие дорожки выполнены в виде подгоночных секций, обеспечивающих подгонку сопротивления датчика к номиналу с точностью до 0,0001%. Применение гибкой диэлектрической пленки достаточно коррозионностойкой, в совокупности с фольговыми токоведущими дорожками позволяет добиться низкой инерционности, высокой надежности работы в агрессивных средах, дает возможность измерять температуру в труднодоступных местах.

Для измерения статистических и динамических характеристик использовались потенциометр постоянного тока Р363-1, осциллограф

низкочастотный запоминающий С8-13, быстродействующий записывающий прибор НЗ27-3, Образцовая катушка электрического сопротивления Р-331, нормальный элемент НЭ -65 и др.

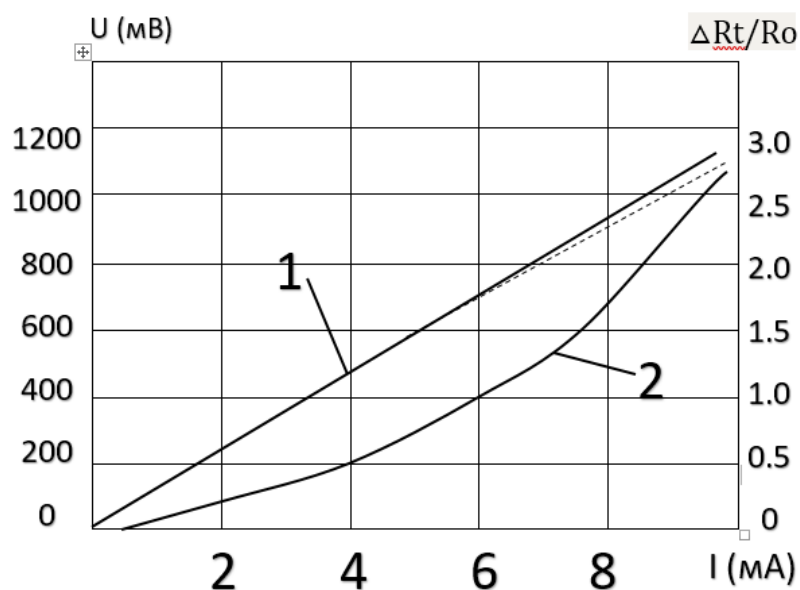


Рисунок 3.

Потенциометрическим методом измерена вольтамперная характеристика датчика (кривая 1, рис. 3), из которой получена кривая 2 (рис. 3) зависимости изменения сопротивления датчика при перегреве измерительным током. Кривая 2 (рис. 3) дает возможность выбирать измерительный ток при заданной точности измерения.

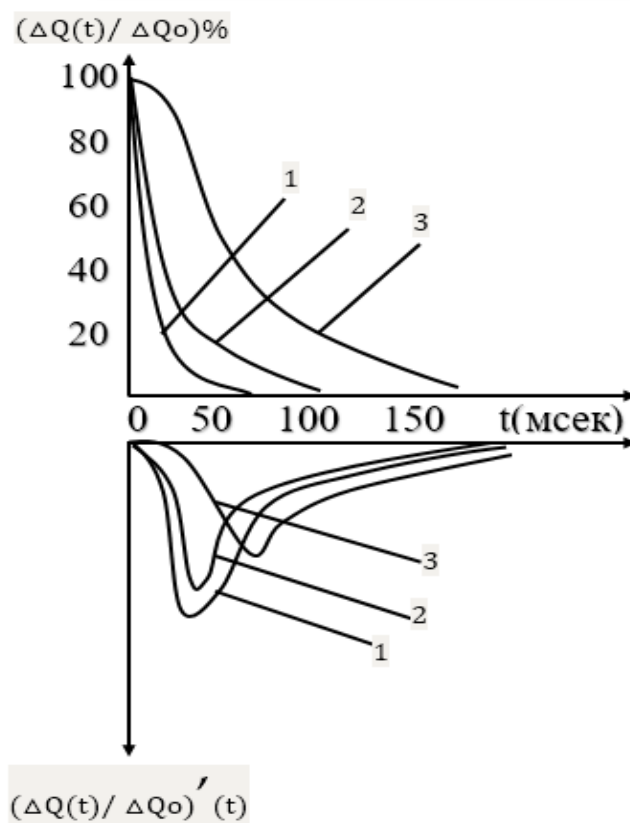


Рисунок 4.

Для описания руглярного режима удобно пользоваться методом электрических аналогий. По этой аналогии тепловые процессы в твердом теле протекают подобно электрическим процессам в цепи. На рис. 4, показана электрическая схема замещения теплового переходного процесса. Как показывает анализ, по своим статическим и динамическим характеристикам фольговые ДТ не уступают лучшим полупроводниковым малоинерционным, применяемым в настоящее время. Они обладают целым рядом преимуществ по сравнению с полупроводниковыми ДТ: возможностью изготовления большого количества датчиков с одинаковым номиналом, простой защиты от агрессивных сред, измерением температуры в труднодоступных местах благодаря гибкости конструкции, линейной зависимостью сопротивления от температуры и высокой стабильностью.

Вывод:

Фольговые ДТ могут быть изготовлены практически без отклонения от номинала, что значительно повышает их взаимозаменяемость. Электрические и эксплуатационные характеристики полученных фольговых ДТ позволяют

рекомендовать их для пользования в суровых условиях добычи углеводородного топлива. Также фольговый термочувствительный элемент, не требует отдельной унификации полученных данных. Таким образом, проанализировав известные методы измерения приток-состава в скважине, мы пришли к выводу, что наиболее универсальным прибором, для измерения статических и динамических характеристик является фольговый термочувствительный элемент.

ЛИТЕРАТУРА

1. Косарев В.Е. Контроль за разработкой нефтяных и газовых месторождений: учеб. пособие/ Казан. гос. ун-т – Казань: Изд. ФГБОУ ВПО «КГУ», 2009. 145с.
2. Коршак А.А. Шаммазов А.М. Основы нефтегазового дела: Уч. для вузов. – 3 изд. – Уфа, 2005. -528с.
3. Кузнецов Г.С., Леонтьев Е.И., Резванов Р.А. Геофизические методы контроля разработки нефтяных и газовых месторождений. Уч. Для вузов – М.: Недра, 1991, - 223с.
4. Булатов. А.И., Демихов В.И., Макаренко П.П. Контроль процессов бурения нефтяных и газовых скважин – М.: Изд. «Недра», 1998 – 345с.
5. Чоловский И.П., Тимофеев В.А. Методы геолого-промыслового контроля разработки нефтяных и газовых месторождений: учеб. пособие. – М.: Недра, 1992. – 176с.

REFERENCES

1. Kosarev V.E. Kontrol' za razrabotkoy neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy: ucheb. posobie/ Kazan. gos. un-t – Kazan': Izd. FGBOU VPO «KGU», 2009. 145с.
2. Korshak A.A. SHammazov A.M. Osnovy neftegazovogo dela: Uch. dlya vuzov. – 3 izd. – Ufa, 2005. -528s.
3. Kuznetsov G.S., Leont'ev E.I., Rezvanov R.A. Geofizicheskie metody kontrolya razrabotki neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy. Uch. Dlya vuzov – M.: Nedra, 1991, - 223s.

4. Bulatov. A.I., Demikhov V.I., Makarenko P.P. Kontrol' protsessov bureniya neftyanykh i gazovykh skvazhin – M.: Izd. «Nedra», 1998 – 345s.

5. CHolovskiy I.P., Timofeev V.A. Metody geologo-promyslovogo kontrolya razrabotki neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy: ucheb. posobie. – M.: Nedra, 1992. – 176s.

PHYSICAL METHODS OF CONTROL IN OIL PRODUCTION

**V.G. MINENKO, N.R. GASKAROV, S.S. KOVALEVA, A.S. AVANESOV,
G.G. DANIELYAN**

*Kuban State Technological University,
2, Moskovskaya st., Krasnodar, Russian Federation, 350072
e-mail: minenko170753@mail.ru , sofiyakovaleva@mail.ru*

The article is devoted to the analysis of physical methods of control during oil production. In the modern oil industry, methods based on physicochemical processes are actively developed and applied at all stages of the production process. The article presents and analyzes the actual methods of controlling the extraction.

Key words: flowmeters and flowmeters; Piezoquartz measuring instruments; Foil thermosensitive element; Oscilloscope low-frequency memory.