

## К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ДИНАМИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ НАСЫЩЕНИЯ СМЕСИ ИЗООКТАНА И УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В ПРИСУТСТВИИ ПОРИСТОЙ СРЕДЫ

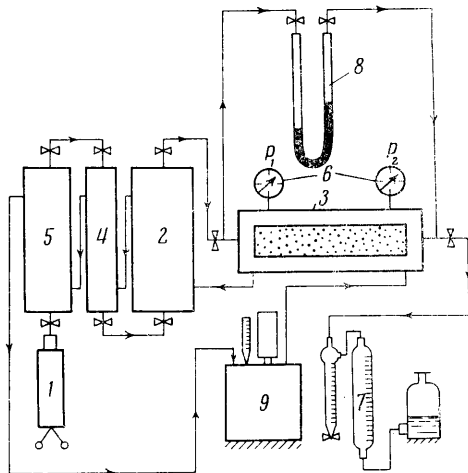
О. П. РАГИМОВ, Н. М. РАФИВЕЙЛИ (Баку)

Исследования по определению влияния пористой среды на величину давления насыщения рекомбинированных проб, составленных из нефтей и газов, были проведены авторами в 1958 г. [1]. Затем подобные исследования по другой методике проводились под руководством Ш. К. Гиматудинова [2]. Результаты экспериментов показали, что пористая среда изменяет давление насыщения в сторону увеличения на 5—6 бар. Эти опыты были проведены в статическом состоянии.

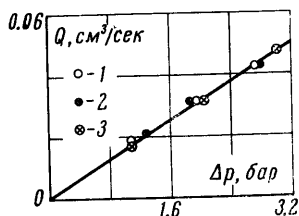
В 1963 г. было исследовано влияние пористой среды на давление начала конденсации как в статическом, так и в динамическом состояниях [3]. Проведенные исследования показывают, что пористая среда оказывает существенное влияние.\*

При исследовании влияния пористой среды на давление насыщения проб нефти и газа наблюдалось явление адсорбции нефти породами. Для того чтобы исключить это явление, было решено заменить нефть практически не адсорбирующей жидкостью. В качестве такой жидкости был выбран изооктан, в котором растворялся углекислый газ.

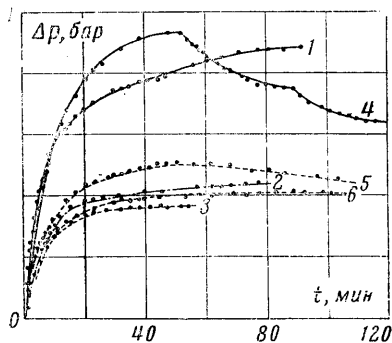
Для определения динамического давления насыщения в присутствии пористой среды сконструирована специаль-



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

ная установка, состоящая из измерительного ртутного пресса 1, бомбы РВТ 2, сосуда высокого давления с пористой средой 3, толстостенного сосуда для ртути 4, толстостенного сосуда для воздуха 5, образцовых манометров 6, установки для определения количества растворенного газа 7, магнитного дифференциального манометра высокого давления 8, термостата 9 (фиг. 1). Пористая среда представляет собой кварцевый песчаник, предварительно вымытый и высушенный. Опыты проводили с образцами, имеющими первоначальную проницаемость 0,1, 0,6 и 2,6 *дарси*.

Заполнение сосуда 3 песком производилось вертикальной вибрационной трамбовкой с дополнением каждый раз новой порции песка, после чего создавалось горное давление. Горное давление создавалось путем ввинчивания верхнего фланца сосуда 3. Это продолжалось до тех пор, пока вибрация и создание давления не переставали влиять на степень уплотнения песка.

Таким образом, получался образец с постоянной проницаемостью, не зависящей от давления. Температура во всей системе поддерживалась одинаковой. Для того чтобы исключить влияние изменения давления на проницаемость, в систему был подключен сосуд с воздухом 5, что позволило исключить колебание давления.

Таблица 1

$p_1$	$p_2$	$\Delta p$	$10^7 \mu_1$	$Q$	$k$
62.745	62.218	0.527	193	10.42	81.19
43.399	42.693	0.706	188	9.90	81.34

Здесь условимся в обозначениях и размерностях:  $Q$  — количество изооктана, прошедшего через образец,  $см^3/сек$ ;  $\mu_1, \mu_2, \mu_3$  — вязкости углекислого газа, изооктана и газированного изооктана,  $нсек/м^2$ ;  $F$  — сечение образца,  $см^2$  ( $F = 6.59 см^2$ );  $L$  — длина образца,  $см$  ( $L = 91 см$ );  $\beta$  — коэффициент объемного увеличения;  $p_1$  — давление на входе сосуда 3,  $бар$ ;  $p_2$  — давление на выходе сосуда 3,  $бар$ ;  $p_3$  — давление насыщения газированного изооктана.

Таблица 2

$p_1$	$\Delta p$	$Q$	$k$
$T = 307.65^\circ К, \beta = 1.3, p_3 = 38.26, \mu_3 = 0.27 \cdot 10^{-3}$			
79.46	0.9934	0.0233	0.111
68.96	0.6769	0.0158	0.111
63.77	1.0987	0.0258	0.112
53.27	0.8888	0.0242	0.129
50.13	0.7843	0.0217	0.131
48.07	0.1150	0.0337	0.139
43.85	0.1046	0.0317	0.144
40.22	0.8889	0.0258	0.138
$T = 308.30^\circ К, \beta = 1.4, p_3 = 42.67, \mu_3 = 0.22 \cdot 10^{-3}$			
79.46	0.4611	0.0129	0.117
53.76	0.7848	0.0233	0.124
48.56	0.3826	0.0123	0.134
45.42	0.3437	0.0267	0.138
$T = 307.15^\circ К, \beta = 1.47, p_3 = 48.07, \mu_3 = 0.19 \cdot 10^{-3}$			
95.16	0.2659	0.00677	0.096
79.46	0.2659	0.00677	0.096
66.35	0.5215	0.01420	0.102
61.12	0.3630	0.01080	0.111
58.50	0.3976	0.1167	0.111
55.89	0.3483	0.01080	0.117
53.27	0.3021	0.00917	0.114
$T = 307.15^\circ К, \beta = 1.34, p_3 = 39.93, \mu_3 = 0.23 \cdot 10^{-3}$			
97.12	0.1859	0.0275	0.617
85.69	0.1265	0.0186	0.617
67.90	0.1781	0.0263	0.617
54.84	0.2117	0.0325	0.641
42.03	0.1265	0.0200	0.660
$T = 309.15^\circ К, \beta = 1.6, p_3 = 51.01, \mu_3 = 0.20 \cdot 10^{-3}$			
89.87	0.1766	0.0258	0.633
79.41	0.2060	0.0300	0.631
66.87	0.3541	0.0533	0.652
61.12	0.2972	0.0442	0.656
54.84	0.3227	0.0490	0.659
$T = 308.15^\circ К, \beta = 1.278, p_3 = 35.32, \mu_3 = 0.27 \cdot 10^{-3}$			
78.89	0.7259	0.0800	2.63
63.21	0.8535	0.0483	2.57
50.66	0.1089	0.0450	2.61
46.44	0.4905	0.0330	3.145

Определялась проницаемость изооктана при различных давлениях, результаты измерений приведены на фиг. 2, где точки 1, 2, 3 соответствуют значениям  $p = 102.51, 67.07, 38.99 бар$ . Кроме того, определялись проницаемости образца при фильтрации углекислого газа. Результаты измерений при различных давлениях приведены в табл. 1, где  $\mu_1$  — вязкость  $CO_2$  в  $сек/м^2$ .

Опыты показали, что изооктан и  $CO_2$  практически не адсорбируются.

Первоначально были проведены опыты по фильтрации мертвого изооктана через пористую среду, строились кривые зависимости  $Q = f(\Delta p)$  и определялась проницаемость образца по формуле

$$k = \frac{981 Q \mu_2 L}{F (p_1 - p_2)}$$

Мертвый изооктан вытеснялся из сосуда 3 газированной жидкостью, составленной в бомбе РVT 2 и состоящей из изооктана и углекислого газа. Фильтрация газированной жидкости через сосуд 3 происходила при постоянном давлении выше давления насыщения примерно на 50 бар. После фильтрации через пористую среду определенного объема газированной жидкости, соответствующего 10-кратному объему пор, определялось количество растворенного газа, выходящего из сосуда 3. После полной промывки образца от мертвого изооктана количество растворенного газа в пробе, входящей и выходящей из сосуда 3, выравнивается. Затем определялась проницаемость образца при фильтрации газированного изооктана. Снижая давление до определенной величины, вновь определялась проницаемость пористой среды.

В табл. 2 приведены результаты экспериментов при фильтрации газированной жидкости, имеющей разные величины давления насыщения  $p_s$ , определенного в отсутствие пористой среды.

Результаты экспериментов показали, что при давлении  $p$ , большем  $p_s$  примерно на 10—15 бар, величина проницаемости образца изменяется по сравнению с первоначальным значением. Определение количества растворенного газа  $q$  см<sup>3</sup> / см<sup>3</sup> в этих опытах показало, что последнее изменяется по сравнению с первоначальным количеством растворенного газа при давлении, большем  $p_s$ , примерно на 10—15 бар (табл. 3). Это, по всей вероятности, связано с выделением газа из пробы в присутствии пористой среды.

Кривые восстановления давления по данным опытов (фиг. 3).

- |    |               |            |
|----|---------------|------------|
| 1. | $p = 107.7$ , | $Q = 1.4$  |
| 2. | $p = 86.82$ , | $Q = 0.65$ |
| 3. | $p = 73.2$ ,  | $Q = 0.55$ |
| 4. | $p = 62.74$ , | $Q = 0.5$  |
| 5. | $p = 57.52$ , | $Q = 0.75$ |
| 6. | $p = 54.94$ , | $Q = 0.65$ |

Из фиг. 3 следует, что в начале процесса при незначительном изменении времени перепад давления  $\Delta p$  резко возрастает, после определенного времени  $\Delta p$  практически не изменяется (фиг. 3, кривые 1, 2, 3). Однако не всегда наблюдается подобный характер изменения кривых  $\Delta p = \Delta p(t)$ . Для некоторых случаев после установления перепада давления происходило уменьшение  $\Delta p$  (фиг. 3, кривые 4, 5, 6). По

всей видимости, в этом случае происходит выделение газа из жидкости, несмотря на то, что  $p > p_s$ .

Проведенная работа позволила сделать следующие выводы.

1. Динамическое давление насыщения, определенное в присутствии пористой среды, на 10—15 бар больше давления насыщения, определенного в отсутствие пористой среды, и на 5—10 бар больше статического давления насыщения, определенного в присутствии пористой среды.

2. С увеличением первоначальной проницаемости влияние пористой среды на величину давления насыщения уменьшается.

Авторы благодарят А. Х. Мирзаджанзаде за постановку данной работы и руководство при ее выполнении.

Поступило 19 XII 1964

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Раф и бейли Н. М. О влиянии пористой среды на величину давления насыщения. Изв. АН СССР, ОТН, Металлургия и топливо, 1959, № 2.
2. Шедловский А. Н. Установка для исследования процесса выделения газа из нефтей в пористой среде. Нефть и газ, 1962, № 8.
3. Дурмишьян А. Г., Мамедов Ю. Г., Мирзаджанзаде А. Х., Раф и бейли Н. М., Садых-Заде Э. С. Экспериментальные исследования гидродинамических свойств газоконденсатных смесей при фильтрации в пористой среде. Изв. АН СССР, Механика и машиностроение, 1964, № 1