

УДК 622.831

В.Д. Барышников, Л.Н. Гахова

ОЦЕНКА И УЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ НАПРЯЖЕНИЙ В МЕТОДЕ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ СКВАЖИН

Исследовано влияние изменений температурного поля на смещения контура измерительной скважины при экспериментальной оценке действующих в массиве напряжений методом параллельных скважин. Определен режим проведения эксперимента, обеспечивающий минимальную погрешность определения напряжений.
Ключевые слова: метод параллельных скважин, термоупругость, смещения, напряжения.

Семинар № 18

Экспериментальные исследования по определению величин напряжений, действующих в горных массивах и инженерно-технических сооружениях, позволяют обеспечить объективную и надежную оценку их безопасного состояния. Метод параллельных скважин, разработанный в ИГД СО РАН [1,2], предназначен для определения абсолютных напряжений в породном и бетонном массивах. Он прошел успешную проверку в условиях горных предприятий [3] и крупномасштабных инженерно-технических сооружений [4]. Суть его заключается в следующем. В предварительно пробуренную в массиве скважину (измерительную) устанавливается устройство для измерения радиальных перемещений ее контура (четырех – или восьмикомпонентный деформометр). Изменение напряженного состояния в окрестности измерительной скважины достигается путем выбуривания параллельной скважины (возмущающей). Происходящие при этом деформации контура скважины, регистрируемые многокомпонентным деформометром, отвечают

исходному напряженному состоянию. Упругие константы массива, необходимые для расчета напряжений, определяются по результатам измерений деформаций измерительной скважины при нагружении равномерным давлением контура возмущающей скважины после её выбуривания. Разработанные технические средства для реализации метода обеспечивают определение напряжений в массиве на глубинах до 10 м от контура выработки. По результатам одного замера определяются три компоненты напряжений в плоскости, перпендикулярной оси скважины [5].

Одним из этапов технологического процесса проведения эксперимента является бурение возмущающей скважины. При этом используется, как правило, колонковое бурение с промывкой водным раствором. В реальных условиях эксперимента температура воды может быть отлична от температуры исследуемого массива. Более того, в зависимости от режима бурения и типа горных пород, температура промывочной воды может изменяться в пределах 3-5°. Различие

Таблица 1
Физико-механические свойства массива

Физические параметры массива		Алевролиты
Модуль упругости, Е, МПа		$3 \cdot 10^4$
Плотность, ρ , кг/м ³		$2,6 \cdot 10^3$
Коэффициенты:		
Пуассона ν		0,23
линейного теплового расширения α , 1/град		$1,0 \cdot 10^{-5}$
теплопроводности k , Вт/(м·град)		1,74
температуропроводности λ , м ² /сек		$1,0 \cdot 10^{-6}$
теплоотдачи воздуха α_1 , Вт/(м ² ·град)		6
теплоотдачи воды α_2 , Вт/(м ² ·град)		600
теплообмена воздух-массив $h_1 = \alpha_1/k$, 1/м		3,45
теплообмена вода-массив $h_2 = \alpha_2/k$ 1/м.		345

Таблица 2
Температура контура измерительной скважины

Номер точки на контуре	Температура, град.	
	L=30 мм	L=50 мм
1	2,26	0,58
2 (8)	0,84	0,19
3 (7)	0,02	0,01
4 (6)	0,00	0,00
5	0,00	0,00

температур воды и массива приводит к деформациям измерительной скважины, не связанным с исходным напряженным состоянием массива.

Поставлена задача исследования влияния изменения температурного поля на результаты экспериментального определения напряжений в массиве. С помощью разработанного в ИГД СО РАН комплекса программ решалась квазистатическая задача термоупругости для двух круговых отверстий (скважин). Температура массива и воздуха в первой скважине (измерительной, Ш 76 мм) принималась $T_0 = 0^\circ$, во второй (возмущающей, Ш 112 мм) - температура промывочной воды $T = 7^\circ$. Система координат выбрана таким образом, что ось ОХ проходит через центр обеих скважин (рис. 1). Предполагалось, что граничные контуры свободны от напряжений. В нетронутом массиве принято $\sigma_x^\infty = \sigma_y^\infty = \tau_{xy}^\infty = 0$. Таким образом, деформации контура измерительной скважины опре-

деляются только влиянием температурных воздействий.

Исследовался породный массив (алевролиты), физические свойства которого приведены в табл. 1.

Для фиксированных расстояний между скважинами ($L = 30, 50$ мм) рассчитывалось изменение температурного поля во времени с шагом 1 мин. В табл. 2 приведены значения температуры контура измерительной скважины в точках 1 - 8 (рис. 1) при $L = 30$ мм и 50 мм через 32 минуты (средняя продолжительность бурения возмущающей скважины). Наибольшая температура зафиксирована в точках 1, 2 и 8, наименее удаленных от контура возмущающей скважины; в точках 3-7 значения температур меньше $0,1^\circ$. Поэтому для последующего анализа относительных смещений контура измерительной скважины рассматривались направления I (точки 2 – 5), совпадающее с осью ОХ, а

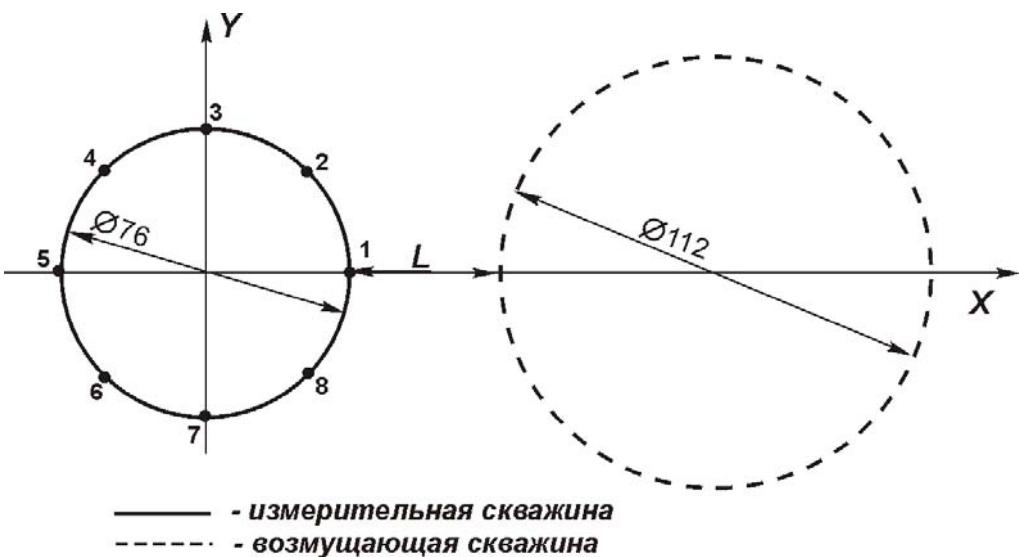


Рис. 1. Расчетная схема

Таблица 3

Смещения контура измерительной скважины по направлениям I и II (III) в зависимости от времени бурения возмущающей скважины

t, мин.	Смещения, мкм					
	L=30 мм		L=40 мм		L=50 мм	
	I	II (III)	I	II (III)	I	II (III)
6	-2,18*	-1,27	-0,57	-0,41	-0,18	-0,11
12	-2,49	-1,48	-1,09	-0,61	-0,39	-0,19
18	-2,62	-1,59	-1,17	-0,69	-0,43	-0,20
24	-2,70	-1,60	-1,19	-0,70	-0,45	-0,20
32	-2,70	-1,60	-1,19	-0,70	-0,45	-0,20

* Знак " - " - сжатие (уменьшение диаметра скважины)

также II (точки 2 – 6) и III (точки 4–8), расположенные под углом 45° к оси

OX (см. рис. 1). По условиям симметрии относительные смещения контура по направлениям II и III совпадают.

Температурные деформации контура (относительные смещения) были посчитаны по истечении 6, 12, 18, 24, 32 мин воздействия промывочной воды на изменения температурного поля в окрестности возмущающей скважины (табл. 3).

В качестве примера на рис. 2 представлены смещения контура из-

мерительной скважины по направлениям I и II для перемычки L = 30 мм. Анализ графика показывает, что относительные смещения контура измерительной скважины стабилизируются через 25–30 мин от начала бурения; при увеличении времени бурения $t > 30$ мин прирост температурных деформаций – в пределах точности их измерений скважинным деформометром (1 мкм).

Смещения контура по II направлению в соответствующие моменты времени на 30–40% меньше, чем по направлению I. Максимальные сме-

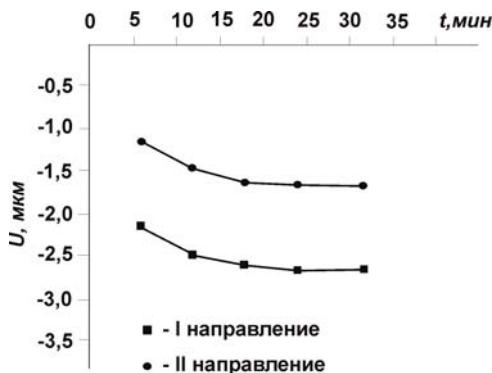


Рис. 2. Относительные смещения контура измерительной скважины в I и II направлениях в зависимости от времени бурения возмущающей скважины

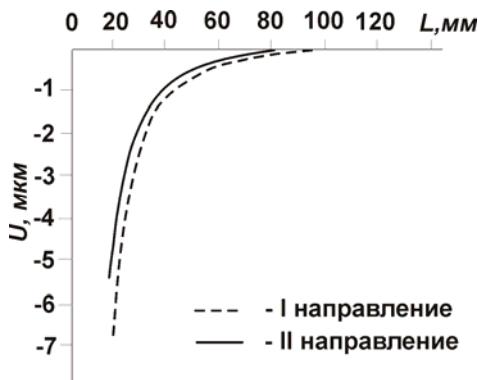


Рис. 3. Смещения контура измерительной скважины в I и II направлениях в зависимости от расстояния между скважинами

шения по первому направлению достигают 2,7 мкм. Для принятой геометрии эксперимента неучет температурных деформаций приводит не только к погрешностям определения величин главных напряжений (до $\pm 1,5 \text{ МПа}$), но и искажают направления их действия по сравнению с исходными в массиве. Исключение влияния температурных деформаций путем естественной стабилизации температурного поля в окрестности возмущающей скважины значительно

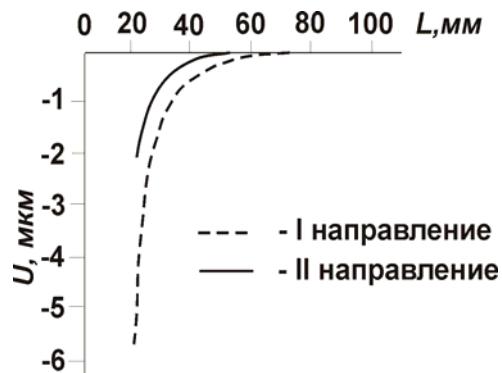


Рис. 4. Смещения контура измерительной скважины по направлениям I и II при равных диаметрах замерной и возмущающей скважины Ш76 мм

увеличивает продолжительность эксперимента, что технологически не оправдано.

На рис. 3 приведены изменения относительных смещений контура измерительной скважины Ш 76 мм в зависимости от расстояния между скважинами при заданном градиенте изменения температур ($\Delta T = 7^\circ$) и времени бурения возмущающей скважины Ш 112 мм ($t = 32 \text{ мин.}$). Анализ графика показывает, что при толщине перемычки, равной диаметру измерительной скважины, температурные деформации практически не влияют на результаты измерений.

Аналогичные расчеты были выполнены для измерительной и возмущающей скважин Ш 76 мм. На рис. 4 приведены графики зависимости смещений контура измерительной скважины Ш 76 мм от толщины перемычки L . Результаты расчетов показали, что при $L \geq 35 \text{ мм}$ смещения измерительной скважины, вызванные температурными воздействиями промывочной воды, не превышают погрешность их измерений.

Проведенные исследования позволили дать количественную оценку основных влияющих факторов (геомет-

рии и времени бурения возмущающей скважины) на результаты определения напряжений. В частности установлено, что при температуре воды, равной температуре массива, влияние температурного фактора при бурении возмущающей скважины не оказывает влияния на результаты определения напряжений при толщине перемычки, равной диаметру измерительной скважины.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 08-08-00113) и Интеграционного проекта СО РАН № 74.

В случае различия температуры массива и промывочной воды, следует предусматривать при планировании и реализации эксперимента контроль изменения температур контура измерительной скважины и промывочной воды, что позволит при заданных параметрах эксперимента (геометрии, времени бурения и температуры промывочной воды) вносить в измеренные деформации температурные поправки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Курленя М.В., Леонтьев А.В. Способ определения напряжений в массиве осадочных пород. А.с. 368402, - Б.И., - №9, - 1973.
2. Курленя М.В., Попов С.Н., Федоренко В.К., Барышников В.Д. Способ натурного определения упругих свойств горных пород в методе параллельных скважин. // ФТПРГИ.- 1982. - №1.
3. Курленя М.В., Барышников В.Д. и др. О напряженно-деформированном состоя-
нии Николаевского месторождения // ФТПРГИ.- 1982. - №2.
4. Курленя М.В., Барышников В.Д., Гахова Л.Н. Опыт применения метода параллельных скважин для оценки действующих в бетонном массиве напряжений // ГТС.- 1998. - 2 .
5. Курленя М.В., Попов С.Н. Теоретические основы определения напряжений в горных породах. - Новосибирск, - Наука,- 1993.ГИАБ

Коротко об авторах

Барышников В.Д. – кандидат технических наук, зав. лабораторией диагностики механического состояния массива горных пород ИГД СО РАН, E-mail: vbar@misd.nsc.ru
Гахова Л.Н. – кандидат физико-математических наук, ст. научный сотрудник, ИГД СО РАН, E-mail: vbar@misd.nsc.ru

