

---

УДК 536.242

**В.Н. Стасенко**, канд. техн. наук  
Национальная акционерная компания «Нафтогаз України»  
(Украина, 00101, Киев, ул. Б. Хмельницкого, 6,  
тел. (+38 044) 5863745, e-mail: VStasenko@naftogaz.net)

### **Экспресс-метод определения тепловых потоков в глубоких скважинах**

Рассмотрен экспресс-метод определения мощности и плотности теплового потока от геологической среды к пространству глубокой скважины, где циркулирует буровой раствор. Метод позволяет по данным термограммы, конструкции скважины, теплофизических параметров и технологических режимов циркуляции промывочной жидкости и энергетических затрат на механическое бурение прогнозировать температуру нагрева промывочной и тампонажной жидкостей в забое скважины, определять теплофизические параметры горного массива.

Розглянуто експрес-метод визначення потужності та густини теплового потоку від геологічного середовища до простору глибокої свердловини, де циркулює буровий розчин. Метод дозволяє по даним термограми, конструкції свердловини, теплофізичних параметрів і технологічних режимів циркуляції промивної рідини та енергетичних витрат на механічне буріння прогнозувати температуру нагрівання промивної та тампонажної рідини у забої свердловини, визначити теплофізичні параметри гірничого масиву.

*К л ю ч е в ы е с л о в а:* экспресс-метод, геотермальный тепловой поток, плотность теплового потока.

Бурение глубоких и сверхглубоких поисково-разведочных и эксплуатационных скважин на нефть и газ сопровождается геофизическими исследованиями геологической среды (ГС). К таким исследованиям относится метод термометрии, позволяющий изучать геотермальный фактор (ГФ) — повышение температуры ГС при увеличении глубины скважины, — для которого температурный градиент находится в пределах от 0,02 до 0,05 °С/м. Термометрия осуществляется посредством опускания термометра в скважину после длительной остановки, необходимой для уравнивания температур между неподвижной промывочной жидкостью и ГС.

Проблема заключается в том, что в термометрических геофизических исследованиях ГС мощность и плотность теплового потока от ГС не определяются. Необходимость определения данных параметров обусловлена

© В.Н. Стасенко, 2013

современным направлением использования геотермальной энергии, которое развивается в 70 странах мира и начинает развиваться в Украине [1, 2]. В работе [3] поставлены научно-технические задачи, которые необходимо решить для освоения геотермальных ресурсов в Украине.

В работе [4] предложено использование ГФ пробуренных нефтяных и газовых скважин, но приведенная модель не позволяет определить реальное количество тепловой энергии, которую можно поднять на поверхность из одной скважины.

Результаты моделирования теплофизических процессов в скважинах, представленные в работе [5], основаны на уравнении теплопроводности Фурье без теплового источника. При этом предполагается знание теплофизических параметров ГС, сведения о которых не приведены. Кроме того, известные малые значения теплопроводности горных пород [6—8] также не позволяют объяснить значительные тепловые потоки, которые образуются во время циркуляции бурового раствора (БР) в скважине.

**Постановка задачи и ее решение.** Рассмотрим экспресс-метод оценки мощности и плотности потока геотермальной энергии по данным термометрии, теплофизических и технологических параметров промывочной жидкости, конструкции скважины, контролируемых на земной поверхности при бурении глубоких и сверхглубоких скважин на нефть и газ без использования сведений о теплофизических параметрах ГС.

На основании анализа работ [4—9] и опыта строительства глубоких скважин на нефть и газ разработан экспресс-метод определения ГФ по данным термометрии, теплофизических и технологических параметров промывочной жидкости, конструкции скважины, геотермальной энергии, генерируемой ГС в пространство скважины в процессе ее бурения. После выполнения геологического задания глубокую скважину, расположенную в геотермальной активной зоне на территории Украины, можно использовать для генерации тепловой и электрической энергии.

Структурно-параметрическая схема происходящего на практике физического процесса приведена на рис. 1, а параметры данного процесса и их значения — в табл. 1.

Для определения реальной мощности и плотности теплового потока в глубоких скважинах (рис. 2), который нагревает БР массой  $m$ , и всю массу БР  $M_p$ , заполняющую скважину, предлагается использовать следующую систему уравнений:

$$U_B(L) = U_{ВХ} + \Delta U_2(L), \quad (1)$$

$$U_{ВЫХ} = \tilde{U}_B(L) + \Delta U_1(L), \quad (2)$$

$$U_{g0}(L) = (U_{ВЫХ} - U_{ВХ}) + \Delta U'_2(L) + \Delta U'_1(L), \quad (3)$$

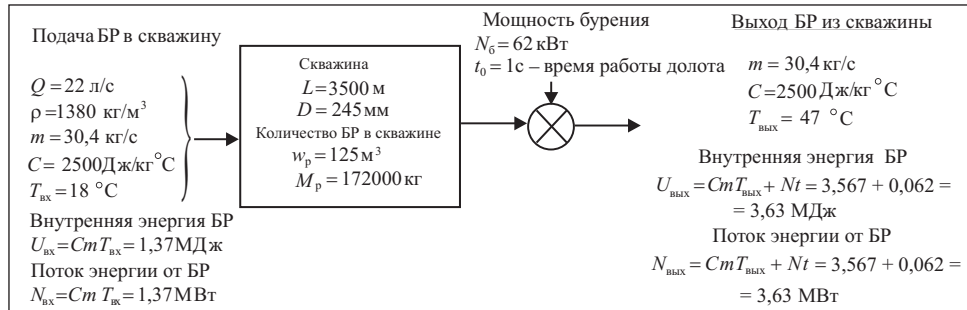


Рис. 1. Структурно-параметрическая схема постоянного воздействия ГФ на БР во время промывки (бурения) скважины Сентянивская № 10 на глубине 3500 м: мощность нагревания БР за 1с  $N_{\text{ГС}} = 3,57 - 1,37 = 2,2 \text{ МВт}$

$$N_0(L) = n_g(L)s_1 = \eta_1(L)s_1 = \eta_2(L)s_2, \quad (4)$$

$$N_g(L) = n_g(L)S_{\text{ОТ}}. \quad (5)$$

Здесь

$U_{\text{вх}}$  и  $U_{\text{вых}}$  — начальная и конечная внутренняя тепловая энергия БР массой  $m$  в устье скважины (кг/с);

$U_{\text{в}}(L)$  — внутренняя тепловая энергия БР массой  $m$  в забое при промывке скважины,  $U_{\text{в}}(L) = CmT_m$  (Дж);

$\tilde{U}_{\text{в}}(L)$  — внутренняя тепловая энергия БР массой  $m$  в забое при бурении скважины,  $\tilde{U}_{\text{в}}(L) = CmT_m + \xi_6$ , где  $\xi_6$  — энергетические затраты на механическое бурение (Дж);

$T_m$  — температура БР массой  $m$  в забое (Дж);

$U_{g0}(L)$  — тепловая энергия, отданная ГС в пространство скважины для нагрева БР массой  $m$  в пространствах обсадных (ОТ) и бурительных (БТ) труб,  $U_{g0}(L) = \eta_g(L)[t_1(L) + t_2(L)]s_1$  (Дж), где  $\eta_g(L) = \eta_g = \eta_1 \equiv \eta_2 = \text{const}$  — стабильные во времени средние значения плотности тепловых потоков, изменяющиеся на каждом метре глубины скважины ( $(L)$  опущено);

$N_g(L) = U_{g0}(L) / t_0$  — общая мощность передачи тепловой энергии от ГС ко всему пространству скважины через всю поверхность ОТ за одну секунду (Вт);

$N_0(L) = U_{g0}(L) / t_0$  — мощность тепловой энергии, поступающей от ГС к пространству скважины и поглощаемой БР массой  $m$  в процессе контакта его с поверхностью ОТ  $s_1$  за одну секунду (Вт);

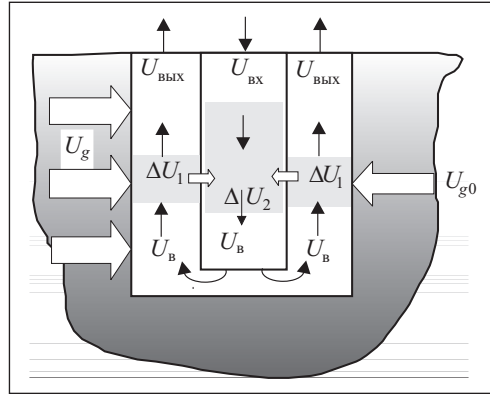
$\Delta U_2(L)$  — энергия нагрева БР массой  $m$  в пространстве БТ,  $\Delta U_2(L) = \eta_2 t_2(L) s_2$  (Дж);

$\Delta U_1(L)$  — общая энергия нагрева БР массой  $m$  в пространстве ОТ, состоящая из энергии  $\Delta U_1'(L)$  нагрева БР и тепловой энергии  $\Delta U_2'(L)$ ,

Таблица 1. Параметры промывки (бурения) скважины Сентянивская № 10

Параметр	Значение и размерность
Подача БР буровым насосом	$Q = 22$ л/с
Плотность БР	$\rho = 1380$ кг/м <sup>3</sup>
Подача массы БР за 1 с	$m = 30,4$ кг/с
Теплоемкость БР	$C = 2500$ Дж/кг °С
Температура БР на входе в скважину	$T_{вх} = 18$ °С
Объем БР в скважине	$w_p = 125$ м <sup>3</sup>
Масса БР в скважине	$M_p = 172000$ кг
Температура БР на выходе из скважины (промывка)	$T_{вых} = 47$ °С
Температура БР на выходе из скважины (бурение)	$T'_{вых} = 49$ °С
Мощность роторного бурения	$N_6 = 62$ кВт
Диаметр труб обсадной колонны (ОК) (внешний)	$D_{ОК} = 0,245$ мм
Диаметр труб ОК (внутренний)	$d_{ОК} = 0,225$ мм
Диаметр труб бурильной колонны (БК) (внешний)	$D_{БК} = 0,140$ мм
Диаметр труб (БК) (внутренний)	$d_{БК} = 0,120$ мм
Скорость движения БР в пространстве БК	$V_{БК} = 1,945$ м/с
Скорость движения БР в межтрубном пространстве ОК и БК	$V_{ОТ} = 0,903$ м/с
Длина БТ, заполненных БР массой 30,4 кг	$l_{БТ} = 1,945$ м
Длина ОТ, заполненных БР массой 30,4 кг	$l_{ОТ} = 0,903$ м
Площадь теплообмена в БТ для БР массой 30,4 кг	$s_2 = 0,733$ м <sup>2</sup>
Площадь теплообмена в ОТ для БР массой 30,4 кг	$s_1 = 0,695$ м <sup>2</sup>
Глубина скважины	$L = 3500$ м
Время движения БР в пространстве БТ ( $L = 3500$ м)	$t_2 = 1799$ с
Время движения БР в пространстве ОТ ( $L = 3500$ м)	$t_1 = 3876$ с
Средний температурный градиент (ГС)	$a_g = \text{grad}(T_g) = 0,04$ °С/м
Мощность бурового насоса	$N_n = 180$ кВт
Давление на манифольде насоса при бурении	$P_n = 9$ МПа
Время взаимодействия БР массой 30,4 кг с долотом	$t_0 = 1$ с
Общая площадь внутренних стенок БТ	$S_{БТ} = 1320$ м <sup>2</sup>
Общая площадь внутренних стенок ОТ	$S_{ОТ} = 2474$ м <sup>2</sup>
Внутренняя энергия БР массой 30,4 кг на входе в скважину	$U_{вх} = 1,37$ МДж
Внутренняя энергия БР массой 30,4 кг на выходе из скважины	$U_{вых} = 3,57$ МДж

Рис. 2. Энергоинформационная модель ГФ в скважине



переданной к БТ (толщины стенок БТ и ОТ приняты равными нулю),  $\Delta U_1(L) = \Delta U'_1(L) + \Delta U'_2(L) = \eta_1 t_1(L) s_1 + \eta_2 t_1(L) s_2$  (Дж);  $\eta_g = \eta_1, \eta_2$  — плотность тепловых потоков от поверхностей ГС, ОТ, БТ ( $\text{Вт}/\text{м}^2$ ).

Уравнение (1) описывает нагревание БР массой  $m$ , движущегося от устья к забою в БТ, уравнение (2) — нагревание БР массой  $m$ , движущегося от забоя к устью в ОТ, уравнение (3) — тепловую энергию ГС, состоящую из энергии, подаваемой на поверхность, тепловой энергии в пространствах ОТ и БТ скважины заданной конструкции, уравнение (4) — мощность доли общего теплового потока, генерируемого ГС в скважину и нагревающего БР массой  $m$  в пространстве ОТ и БТ, уравнение (5) — общую мощность теплового потока, генерируемого ГС в скважину заданной конструкции.

Из системы уравнений (1) — (5) определяем максимальные параметры  $n_g, N_g = n_g S_{\text{ОТ}}$ , исходя из следующих начальных и граничных условий:

температура БР на входе БТ —  $T(0, 0) = T_0$ ;

температура БР на выходе ОТ —  $T(0, \infty) = T_m$ ;

плотность и удельная теплоемкость БР —  $\rho \equiv c_v = \text{const}$ ;

множество геометрических параметров скважины —  $M_g \in [D_{\text{ОК}}, d_{\text{ОК}}, D_{\text{БК}}, d_{\text{БК}}, L]$ ;

множество теплофизических параметров БР и ГС —  $M_l \in [\rho, c_v, \text{grad}(T)]$ ;

технологические параметры производительности насосов —  $M_Q \in [q]$ .

Введем следующие обозначения:

$$U_B(L) = y, \quad U_{\text{ВХ}} = a, \quad U_{\text{ВЫХ}} = b,$$

$$U_{g0} = \{ \eta_g = x_1, [t_1(L) + t_2(L)] s_1 = C_0 \} = x_1 C_0,$$

$$\Delta U_2 = \{ \eta_2 = x_2, t_2(L) s_2 = C_2 \} = x_2 C_2,$$

$$\Delta U_1 = \{ \eta_1 = x_1, t_1(L) s_1 = C_1, t_1(L) s_2 = C_3 \} = x_1 C_1 + x_2 C_3,$$

где  $a, b$  — заданные параметры начальных и граничных условий энергетического состояния энергоносителя (в данном случае — БР);  $C_0, C_1, C_2$ ,

$C_3$  — заданные константы, определяемые по  $t_1, t_2, s_1, s_2$  из табл. 1, учитывающие глубину и конструкцию скважины, производительность бурового насоса.

Систему уравнений (1) — (5) в новых параметрах с неизвестными  $y, x_1, x_2$  запишем в виде

$$\left\{ \begin{array}{l} y = a + x_2 C_2 + \xi_6, \\ b = y + x_1 C_1 + x_2 C_3, \\ x_1 C_0 = (b - a) + x_1 C_1 + x_2 C_3 \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} x_2 (C_2 + C_3) = (b - a) - x_1 C_1, \\ x_1 = \frac{(b - a)}{C_0 - C_1} + x_2 \frac{C_3}{C_0 - C_1}. \end{array} \right. \quad (6)$$

Из системы (6) определим искомые параметры:

$$x_1 = (b - a - \xi_6) \frac{(C_2 + 2C_3)}{C_2 C_0 + C_3 C_0 - C_2 C_1},$$

$$N_g = (b - a - \xi_6) \frac{(C_2 + 2C_3)}{C_2 C_0 + C_3 C_0 - C_2 C_1} S_{OT},$$

или для режима промывки скважины,

$$n_g = (U_{\text{ВЫХ}} - U_{\text{ВХ}}) \frac{(2t_1 + t_2)}{s_1(t_1^2 - t_2 t_1 + t_2^2)},$$

$$N_g = (U_{\text{ВЫХ}} - U_{\text{ВХ}}) \frac{(2t_1 + t_2)}{s_1(t_1^2 - t_2 t_1 + t_2^2)} S_{OT}. \quad (7)$$

В соответствии с табл. 1 находим значения искомых параметров:

$$n_g = (3,57 - 1,37) \frac{(2 \cdot 3876 + 1799)}{0,695(3876^2 - 3768 \cdot 1799 + 1799^2)} 10^6 = 2680 \text{ Вт/м}^2,$$

$$N_g = 2680 \cdot 2474 = 6,63 \text{ МВт}.$$

Часть теплового потока  $n_g = 3,57$  МВт выходит из устья скважины при температуре  $T = 49$  °С, а часть  $n_g = 3,06$  МВт, поступающая сквозь стенки БТ, циркулирует в скважине между вниз и вверх текущими потоками БР.

Разработанная модель ГФ (1) — (5) с помощью (7) позволяет получить информацию о мощности и плотности теплового потока геотермальной энергии в скважину со стороны ГС в процессе ее промывки и бурения. Следует, однако, заметить, что с помощью экспресс-метода ГФ определяются только энергетические и временные параметры, но не опреде-

ляются такие теплофизические параметры как температура, теплоемкость, теплопроводность, теплоотдача стенок ОТ, БТ и горных пород.

Все энергетические характеристики теплообмена между пространством БТ и межколонным пространством, скорости передачи тепла горными породами и его аккумуляции энергоносителем (БР) учтены в теплофизических параметрах БР, контролируемых станцией геолого-технологических исследований скважин на земной поверхности. Контроль энергетических состояний БР на входе и выходе из скважины позволяет определять его энергетические состояния в пространствах ОТ и БТ в зависимости от времени движения и массы  $m$ .

Проверка экспресс-метода проведена с использованием метода классической термодинамики и результатов специальных исследований в скважине Карадаг №189 [5], которые приведены в табл. 2 и 3.

Максимальная плотность теплового потока от горных пород к БР массой  $m$ , нагреваемого БР до максимальной температуры, возникает в забое скважины и определяется по формуле

$$n_p = \frac{\Delta U_{\text{БК}}}{t_{\text{БК}} S_{\text{БК}}} = c_p \rho_p \frac{d_{\text{БК}}}{4} \Delta T_{\text{БК}} \frac{V_{\text{БК}}}{L_m}, \quad (8)$$

Таблица 2. Результаты экспериментальных исследований скважины Карадаг № 189

БР		ГС		Скважина	
Параметр	Значение	Параметр	Значение	Параметр	Значение
$m / t_0$ , кг / с	30	$\alpha_g = \text{grad}(T_g)$ , °С/м	0,01992	$L_m$ , м	3765
$T_{\text{вх}}$ , °С	18	$\rho_g$ , кг / м <sup>3</sup>	2760	Диаметр ОТ, мм внешний $D_{\text{ОК}}$	299
$T_{\text{вых}}$ , °С	33	$c_g$ , Дж/кг/°С	1180	внутренний $d_{\text{ОК}}$	279
$c_p$ , Дж/кг/°С	2190	$T_{g0}$ , °С	18	Диаметр БТ, мм внешний $D_{\text{БК}}$	140
$V_{\text{БТ}}$ , м/с	1,769	$T_{gL}$ , °С	93	внутренний $d_{\text{БК}}$	120
$V_{\text{ОТ}}$ , м/с	0,437			Удельная теплоемкость железа $c_{\text{ж}}$ , Дж/кг/°С	465
$\rho_p$ , кг / м <sup>3</sup>	1,5				
$T_{\text{ОТ}}$ , °С	85				
$T_{\text{БК}}$ , °С	85				

где  $\Delta U_{\text{БК}} = mc_p \Delta T_{\text{БК}}$  — полученная тепловая энергия БР массой  $m$  в буровой колонне (БК), Дж;  $\Delta T_{\text{БК}} = T_{\text{БК}} - T_{\text{вх}}$  — температура нагревания БР массой  $m = \rho_p w = \rho_p \frac{\pi d^2}{4} V t_0$ , движущегося от устья к забою во время промывки скважины в БТ, °С;  $w = 0,02$  — продуктивность бурового насоса, м<sup>3</sup>/с;  $t_{\text{БК}}$  — время движения (нагревания) БР в БК (с),  $t_{\text{БК}} = L_m / V_{\text{БК}} = 3765 / 1,77 = 2127$ ;  $S_{\text{БК}} = \pi d_{\text{БК}} V_{\text{БК}} t_0$  — площадь внутренних стенок БК, контактирующих с БР массой  $m$  (м<sup>2</sup>). Таким образом, находим

$$n_p = 2190 \cdot 1500 \frac{0,12 \cdot [70-18]}{4 \cdot 3765} \cdot 1,77 = 2410 \text{ Вт/м}^2.$$

Полученное значение близко к значению плотности теплового потока в скважине Сентянивской № 10, найденному по формуле (7).

Тепловая энергия БР, выходящего из БТ в забое, каждую секунду составляет  $\Delta U_p = 2190 \cdot 30 [70-18] = 3,4$  МДж. Поэтому общая мощность теплового потока от ГС к БР, находящегося в пространстве БТ в количестве 40 м<sup>3</sup> (массой 60000 кг), составляет 3,4 МВт, что почти совпадает со значением 3,56 МВт в Сентянивской скважине № 10.

Следовательно, модель (1)—(5) теплообмена в скважине позволяет вычислить температуру БР в забое по формуле

$$T_{\text{БК}} = T_{\text{вх}} + \frac{n_g S_{\text{ОК}} (t_{\text{БК}} + t_{\text{ОК}})}{M_p C} \text{ (}^\circ\text{C)},$$

где  $S_{\text{ОК}}$  — площадь внутренних стенок ОК. Таким образом, во время промывки Сентянивской скважины № 10 БР в забое нагревается до температуры

$$T_{\text{БК}} = 18 + \frac{2680 \cdot 2474 (1799 + 3876)}{172000 \cdot 2500} = 105,35 \text{ }^\circ\text{C}$$

Таблица 3 Распределение температуры БР в скважине Карадаг № 189

Глубина забоя, м	Температура БР, °С				
	В скважине стационарная	После промывки скважины в забое 3765 мм	После промывки с поправкой	После промывки скважины в забое 1800 мм	После промывки с поправкой
0	18	33	33	36	36
1100	51	—	—	—	—
1800	59	—	—	47,5	39
2800	70	—	—	—	—
3765	85	70	60	—	—



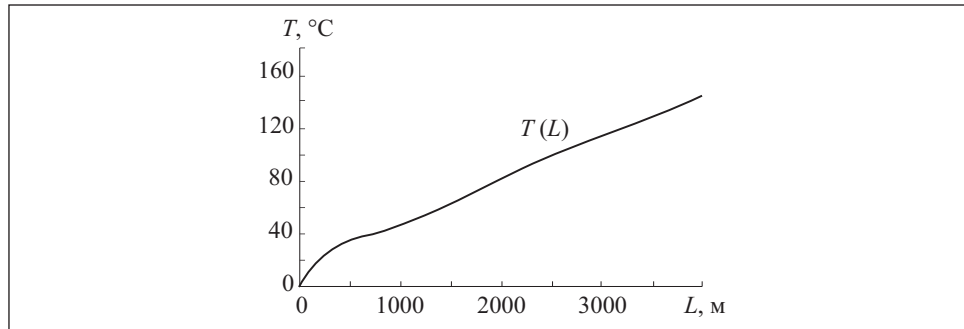


Рис. 3. Термограмма горных пород в Сентынивской скважине № 10

при температуре ГС на глубине 3500 м  $T_g = L\alpha_g = 3500 \cdot 0,04 = 140^\circ\text{C}$ , а при промывке скважины Карадаг № 189 температура нагревания БР в забое составляет  $59,42^\circ\text{C}$  (экспериментальная температура —  $60^\circ\text{C}$  (см. табл. 3)).

В результате оценки основных параметров ГФ — плотности теплового потока и тепловой мощности ГС — по уравнениям (1)—(5) и (7) установлено, что максимальная плотность теплового потока в скважине № 10 составляет  $2680 \text{ Вт/м}^2$  в соответствии с термограммой, приведенной на рис. 3. Значение  $\Delta T_{\text{БК}}$  в уравнении (8) зависит от значения геотермального температурного градиента  $\alpha_g$ . Поэтому его увеличение при увеличении конструктивных параметров скважины, а также времени нагрева энергоносителя в скважине вследствие реверса его циркуляции, позволяет оценить реальное количество извлекаемой тепловой энергии с помощью геотермальной энергетической установки (ГТЭУ) типа «труба в трубе».

Для наиболее активных геотермальных зон восточной части Украины БР массой  $m$  аккумулирует тепловую энергию в забое, которую необходимо сохранить и поднять на поверхность Земли, в количестве

$$U_p = C \rho_p w [\alpha_g L - T_{\text{вх}}],$$

$$U_p = 2500 \cdot 1380 \cdot 0,022 [0,04 \cdot 3500 - 18] \approx 8,0 \text{ МДж.}$$

Максимальное количество тепловой энергии, которое может аккумулировать вода плотностью  $\rho_B = 1000 \text{ кг/м}^3$ , теплоемкостью  $c_B = 4190 \text{ Дж/кг/}^\circ\text{C}$  в количестве 22 л/с составляет

$$U_B = c_B \rho_B w [\alpha_g L - T_{\text{вх}}],$$

$$U_B = 4190 \cdot 1000 \cdot 0,022 [0,04 \cdot 3500 - 18] \approx 11,2 \text{ МДж.}$$

За время движения БР в БТ получаем  $t_{\text{БТ.В}} = t_{\text{БТ.Р}} \cdot U_B / U_p = 1799 \cdot 1,386 = 2494 \text{ с}$ , поскольку тепловое воздействие ГС на энергоноситель постоян-

но. Это эквивалентно производительности насоса 16 л/с (уменьшение в 1,4 раза). Однако при увеличении диаметра от 245 мм до 377 мм увеличивается площадь теплообмена в скважине в 1,54 раза, что компенсирует потерю продуктивности насоса до 22 л/с, т.е. с помощью ГТЭУ при одинаковой плотности теплового потока за одинаковое время будет аккумулироваться тепловая энергия в количестве:  $U_{В\max} = 11,2 \cdot 1,54/1,4 = 12,32$  МДж (энергоноситель — вода),  $U_{БР\max} = 8,0 \cdot 1,54 = 12,32$  МДж (энергоноситель — БР). С учетом теплового эквивалента  $q = 32500$  кДж/м<sup>3</sup> от сжигания 1 м<sup>3</sup>/с газа мощность ГТЭУ равна газовой скважине производительностью

$$Q = \frac{U_{В\max} T_{сут}}{q} = \frac{12,5 \cdot 10^6 \cdot 24 \cdot 3600}{32,5 \cdot 10^6} = 33,2 \text{ тыс. м}^3/\text{сут.}$$

Следует заметить, что средний дебит газовой скважины в Украине составляет приблизительно 20 тыс. м<sup>3</sup>/сут.

## Выводы

Разработанный экспресс-метод, в котором использованы контролируемые на земной поверхности параметры промывочной жидкости и конструкции скважины, позволяет определять мощность и плотность геотермального потока в скважине во время ее бурения и промывки.

A proximate method for determining thickness and density of the heat flux from the subsurface to the space of a deep well with circulating drilling fluid has been considered. The method allows one to predict the heating temperature of flushing and plugging fluid on the well face, to determine thermal parameters of the rock mass by the data on the thermogram, well design, thermal parameters and process conditions of drilling fluid circulation and energy expenditure for mechanical drilling.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Білодід В.Д. Аналіз можливостей розвитку геотермальної енергетики України // Відновлюв. енергетика. — 2006. — № 1. — С. 71—76.
2. Білодід В.Д., Павлюченко Т.В. Аналіз ефективності створення Тарханкутської геотермальної електростанції в АР Крим // Там же. — 2006. — № 4. — С. 82—88.
3. Стародуб Ю.П., Карпенко В.М., Стасенко В.М., Нікорюк М.С. та ін. Аспекти оцінки та освоєння геотермальних ресурсів України // Геодинаміка. — 2012. — № 2 (13). — С. 95—105.
4. Ценципер А.І., Костіков А.О., Голощанов В.М. Одержання теплової енергії з ліквідованих нафтових свердловин // Нафтова і газова промисловість. — 2009. — № 3. — С. 41—43.
5. Кулиев С.М., Есьман Б.И., Габузов Г.Г. Температурный режим бурящихся скважин. — Надра, 1968. — 186 с.

6. *Національний атлас України*. — Київ: ДНВП «Картографія», 2007. — 440 с.
7. *Петрунин Г.И., Попов В.Г.* Теплофизические свойства вещества Земли. Ч. 1. — М.: МГУ. — 2011. — 60 с.
8. *Гордиенко В.В., Гордиенко И.В., Завгородняя О.В., Усенко О.В.* Тепловое поле территории Украины. — Киев: Знание Украины, 2002. — 170 с.
9. *Стан та перспективи реформування системи теплозабезпечення в Україні / А.І. Шевцов, В.О. Бараннік, М.Г. Земляний та ін.* Аналітична доповідь. Регіональний філіал Національного ін-ту стратегічних досліджень. — Дніпропетровськ, 2010. — 66 с.

Поступила 13.05.13

*СТАСЕНКО Владимир Николаевич, канд. техн. наук, гл. специалист департамента газа и нефти отдела геологоразведочных работ Национальной акционерной компании «Нафтогаз України». В 1975 г. окончил Ивано-Франковский ин-т нефти и газа. Область научных исследований — технология и комплексная механизация разработки нефтяных и газовых месторождений.*

