

УДК 622.276.652

АСЛАНОВ М.С., ДЖАЛИЛОВ К.Н., ДЖАФАРОВ Н.Д.,
КАЗЫМОВ Т.И.

О РАСПРЕДЕЛЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ В МНОГОПЛАСТОВОЙ НЕФТЯНОЙ ЗАЛЕЖИ ПРИ ЗАКАЧКЕ ГОРЯЧЕЙ ВОДЫ

Как известно, температурное поле в многопластовых месторождениях, при воздействии в них тепловыми методами, обычно определяют численными методами [1,7,8 и др.].

Для возможности проведения многовариантных расчетов, связанных с оценкой целесообразности применения тепловых методов в многопластовых неоднородных месторождениях, возникает необходимость иметь относительно простое приближенно-аналитическое решение рассматриваемой задачи.

В связи с этим рассматривается следующая задача: пусть многопластовая нефтяная залежь состоит из $(n-1)/2$ продуктивных и $(n+1)/2$ соседних непродуктивных горизонтов с разными теплофизическими и геолого-физическими свойствами (n - произвольное нечетное число, не меньше 3) и разрабатывается при термозаводнении.

Предполагается, что суммарный расход Q нагнетаемой в залежь горячей воды распределяется между продуктивными пластами пропорционально их проницаемости и мощности.

Задача об определении температурного поля сводится к решению следующей системы дифференциальных уравнений:

$$\partial^2 T_j / \partial r^2 + [(1 - 2\nu_j) / r] (\partial T_j / \partial r) + \partial^2 T_j / \partial z^2 = (c_j / \lambda_j) (\partial T_j / \partial t), \quad j = \overline{1, n} \quad (1)$$

$$\nu_j = \begin{cases} 0 & \text{для всех нечетных } j, \\ q_j c_{ж} \cdot (4\pi h_j \lambda_j) & \text{для всех четных } j, \end{cases}$$

с начальным условием $T_j = T_{пл}$ при $t = 0$. На границах продуктивных и непродуктивных горизонтов соблюдаются равенство температур и непрерывность теплового потока, а так же выполняются условия: $T_j = T_{заж}$ при

$r = r_c$ в продуктивных горизонтах (j -четное) $(\partial T_j / \partial r) = 0$ при $r = r_c$,

$\lim_{z \rightarrow -\infty} T_j = \lim_{z \rightarrow -\infty} T_n = T_{пл}$ в непродуктивных горизонтах (j -нечетное) и

$\lim_{z \rightarrow \infty} T_j = T_{пл}$ в обоих горизонтах.

Здесь T_j - температура в произвольной точке j -го горизонта в момент времени t ; λ_j - коэффициент теплопроводности данного горизонта; c_{∞} и c_j коэффициенты объемной теплоемкости закачанной в залежь горячей воды и пласта соответственно; q_j - расход жидкости в j -ом горизонте; $(h_{j-1} - h_j)$ мощность j -го горизонта; (r, z) - цилиндрические координаты произвольной точки; n - общее количество всех горизонтов.

Переходя к безразмерной температуре $T_{*j} = (T_j - T_{nl}) / (T_{zakj} - T_{nl})$ в (1) и последовательно применяя методы интегральных соотношений [2,9], преобразование Лапласа и используя приближенный переход от изображения к оригиналу [3,4] для распределения температуры получим:

$$T_{*j}(r, z, t) = [1 - r^2 t / (2(m+1)V_j(z, 1/t))]^m, \quad (2)$$

где

$$V_j(z, s) = \int_0^{\infty} u_j(z, t) \exp(-st) dt, \quad u_j(z, t) = \int_{r_c}^{R_j(z, t)} T_{*j}(r, z, t) r dr,$$

$R_j(z, t)$ - глубина прогрева j -го горизонта; r_c - радиус нагнетательной скважины; $2m$ - степень многочлена.

Это решение справедливо так же для случая, когда расход закачиваемой в пласты горячей воды изменяется во времени.

Отметим, что из полученных решений, в частности, вытекают решения задач о распределении температуры для следующих случаев:

- для однопластовой залежи, путем достаточного увеличения мощности соседних, относительно произвольного продуктивного горизонта, непродуктивных горизонтов или путем стремления к нулю мощности всех внутренних непродуктивных горизонтов с учетом равенства теплофизических, а также геологических свойств всех продуктивных горизонтов;

- для слоистого пласта, состоящего из $(n-2)$ слоев с различными теплофизическими и геологическими характеристиками, путем стремления к нулю мощности всех внутренних непродуктивных горизонтов;

- для многопластовой залежи, состоящей из слоистых и неслоистых пластов с различными теплофизическими и геологическими характеристиками, путем стремления к нулю мощности ряда внутренних непродуктивных горизонтов.

Для оценки предложенного решения проведены многочисленные расчеты для $n=7$ и различных значений t . При этом значения параметров были взяты из [5,6]:

$$h_{j-1} - h_j = 4\text{м}; \quad j = 2, 4, 6; \quad h_{j-1} - h_j = 1\text{м}, \quad j = 3, 5; \quad c_{\infty} = 1000 \text{ккал} / \text{м}^3 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$\lambda_j = 40 \text{ккал} / \text{м} \cdot \text{сут} \text{ } ^\circ\text{C}; \quad c_j = 700 \text{ккал} / \text{м}^3 \text{ } ^\circ\text{C}; \quad j = \overline{1, 7}; \quad Q = 75,500 \text{м}^3 / \text{сут};$$

$$q_2 = q_6; \quad q_2 / q_4 = \chi = 0,1; 10.$$

Сравнение полученных результатов с численным решением [1] для наглядности приведены в виде графиков (см. рис. 1, 2), где \bar{T}_* - осредненное значение температуры по мощности слоя.

Как видно из графиков предложенное решение хорошо согласуется с численным. Известно, что в большинстве случаев кривые распределения

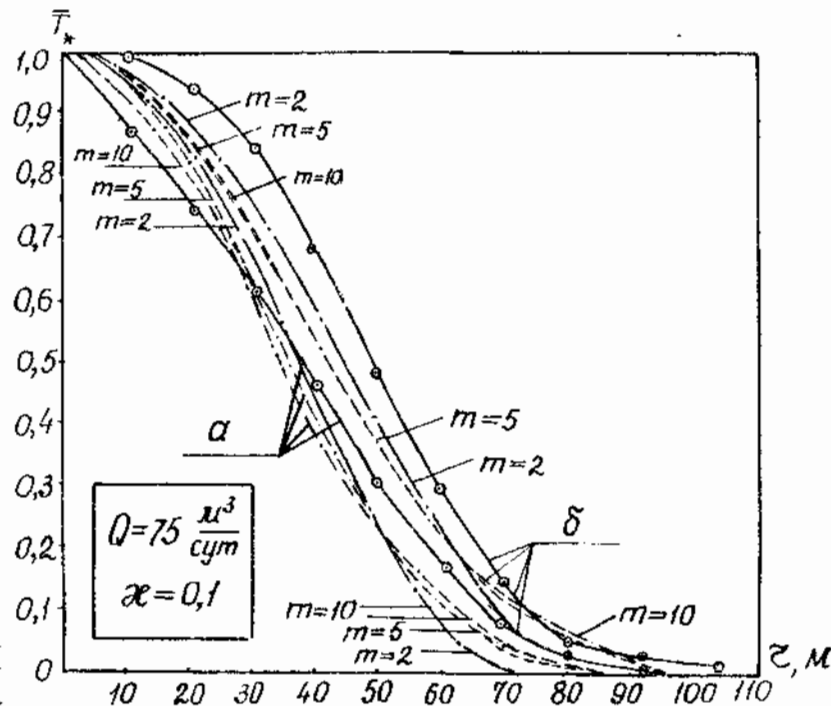


Рис1.

— I
- - - II

Расчетные кривые распределения температуры в трехпластовой залежи через 1500 сут. после начала нагнетания;

- а)- малопроницаемые плиты,
 б)- высокопроницаемый пласт;
 I-численное решение [1],
 II-метод интегральных соотношений.

температуры используется в осредненном виде (или заменяются ступенчатой функцией). Сравнение осредненных значений этих решений показало, что они почти совпадают.

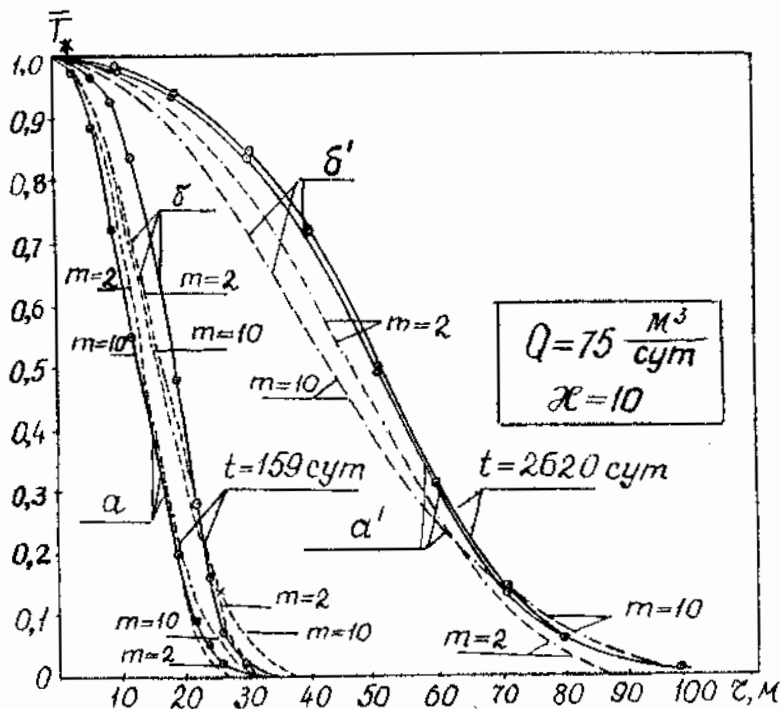


Рис 2.

— — — I
 - - - - II

Расчетные кривые распределения температуры в трехпластовой залежи через 159 и 2620 сут. после начала нагнетания; (а-а')-малопроницаемый пласт, (б-б')-высокопроницаемые пласты;

I- численное решение [1],

II- метод интегральных соотношений.

Расчеты показывают, что при низких значениях проницаемости среднего пласта результаты предложенного и численного решений близки.

Сравнения проводились только при $\chi = 0,1; 10$. С практической точки зрения представляют интерес значения χ расположенные между 0,1 и 10. Для этих значений полученные результаты оказались бы более близкими. Это объясняется тем, что в этом случае пласты работали бы в условиях близких к условиям однородной залежи, для которых результаты приближенного и точного решений мало отличаются [3].

Здесь уместно отметить, что если у среднего продуктивного пласта

проницаемость меньше проницаемости внешних продуктивных пластов, тогда в начале процесса теплового воздействия тепловой фронт в этом пласте значительно отстает от тепловых фронтов во внешних пластах. Но при больших значениях времени это отставание исчезает из-за передачи тепла из обеих внешних пластов малопроницаемому пласту.

Этот факт еще раз показывает, что термические методы более приемлемы для неоднородных многопластовых месторождений (с точки зрения вовлечения в разработку малопроницаемых пластов).

Отметим, что полученные формулы позволяют легко определить потери тепла в соседние горизонты и эпюру температуры по их разрезам.

Предложенные простые расчетные формулы распределения температуры существенно облегчают решения задач о вытеснении нефти горячей водой и паром в условиях многопластовых месторождений, а также в пластах, состоящих из пропластков с различными теплофизическими свойствами.

Литература

- [1]. Мартузан Б.Я. *О температурном поле трехслойного пласта при тепловой инжекции*. В сб. "Теоретические и экспериментальные исследования разработки нефтяных месторождений". Изд. КГУ, Казань, 1964, с. 126-127.
- [2]. Баренблатт Г.И. *О некоторых приближенных методах в теории однородной нестационарной фильтрации жидкости при упругом режиме*. Изв. АН СССР, ОТН, 1954, № 9, с.35-49
- [3]. Абасов М.Т., Асланов М.С., Джалилов К.Н., Джафаров Н.Д. *Температурное поле в многопластовых месторождениях*. Научно-технический отчет ИПГНГМ АН Азербайджана по теме: «Разработка научных основ новых комбинированных методов повышения нефтеотдачи пластов и создание их промышленной технологии», 1993, том. П. с. 45-55.
- [4]. Джалилов К.Н., Джафаров Н.Д., Асланов М.С. *Об определении температурного поля при термозаводнении залежи полосообразной формы*. Изв АН Азерб. Р., серия «Наука о земле», 1993, № 2, с.44-51.
- [5]. Рубинштейн Л.И. *Температурное поле в нефтяных пластах*. М., "Недра", 1972, 276 с.
- [6]. Антимиров М.Я., Панферова А.А. *О расчете температурного поля в трехслойном пласте при нагнетании в него горячей жидкости (обобщение формулы Ловерье)*. ВНИИ. Ежегодник. Теория и практика добычи нефти. Изд-во «Недра», 1968, с.271-280.
- [7]. Мехманов Р.К. *Разработка методов расчета процесса вытеснения нефти тепловыми методами*. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Баку, 1992, 120 с.
- [8]. Зазовский В.Ф., Степанов В.П. *Математическая модель вытеснения нефти методом внутрипластового горения*. В сб. научн. тр. ВНИИ, М., 1986, вып. 96, с.103-118.
- [9]. Золотухин А.Б. *К определению температурного поля многослойного пласта*. Нефтяное хозяйство. 1973, № 1, с.53-56.

Aslanov M.S., Cəlilov Q.N., Cəfərov H.C., Kazımov T.İ.

İSTİ SU VURULAN ÇOXLAYLI NEFT YATAĞINDA TEMPERATUR PAYLANMASI HAQQINDA

Məqalədə maye axınına görə bir-birindən təcrid olunmuş və istilik-fiziki xassələri ilə fərqlənən laylardan ibarət çoxlaylı neft yataqlarında isti su vurulan zaman temperatur paylanması haqqında məsələyə baxılmışdır. Laylarla onları əhatə edən qeyri-məhsuldar qatlar arasındakı istilik mübadiləsi nəzərə alınır.

Ardıcıl olaraq inteqral münasibətləri, Laplas çevirməsi üsulları tətbiq olunmuş və çevirmədən orijinala təqribi qaydılmaqla baxılan məsələnin təqribi-analitik həlli tapılmışdır.

Ədəbiyyatda olan məlum ədədi həllərlə müqayisələr aparılmış və tapılmış həllin dəqiqlik dərəcəsi qiymətləndirilmişdir.

Aslanov M.S., Djalilov K.N., Djafarov N.D., Kazymov T.I.

ON TEMPERATURE DISTRIBUTION IN A MULTIBEDDED DEPOSIT AT HOT WATER INJECTION

The article deals with temperature distribution in the process of hot water injection in multibedded oil deposits consisting of isolated beds with different thermal-physical properties. Heat exchange among beds and surrounding unproductive layers is taken into consideration.

An approximate-analytical solution of the problem set has been obtained by a successive application of methods of integral correlation, Laplace transformation and by an approximate method of transition form image to original.

Comparing the defined solution with the numerical known in periodicals the estimation of its degree of accuracy has been obtained.