

Моделирование работы скважины и скважинного оборудования

С.С. Федотов^{1,2}

¹Московский физико-технический институт (государственный университет)

²Инжиниринговый центр МФТИ по трудноизвлекаемым полезным ископаемым

В настоящее время на Оренбургском нефтяном месторождении одним из основных способов добычи нефти является газлифтный способ. Для построения оптимальной газлифтной компоновки скважины необходимо рассчитывать распределение давления и температуры как в насосно-компрессорных трубах, так и в межтрубном пространстве. Основной целью данной работы является построение модели и создание расчётных модулей, основанных на этой модели, которые позволят уточнить расчёт температуры и давления по стволу скважины в условиях добычи на Оренбургском нефтяном месторождении.

В данной работе за основу взят метод расчёта температуры, основанный на рассмотрении уравнения сохранения энтальпии жидкости и газа в скважине, а также уравнения теплопроводности, описывающего передачу теплоты в окружающую среду. Данный метод подробно описали A.R. Hasan и C.S. Kabir [1].

Модель дополняется законами сохранения массы и импульса для стационарного потока [2]:

$$\frac{d}{dL}(\rho v) = 0,$$

$$\frac{d}{dL}(\rho v^2) = -\frac{dp}{dL} - \rho g \sin \alpha - \frac{\tau \pi d}{A_p},$$

здесь L - глубина скважины, ρ - плотность вещества, p - давление, τ - сдвиговое напряжение на стенке трубы, v - скорость потока, d - диаметр трубы, A_p - площадь поперечного сечения трубы.

Для учёта изменения температуры, связанного с эффектом Джоуля-Томпсона, применяется метод вычисления z - фактора, предложенный Дранчуком [3]:

$$z = 1 + \phi_1 \rho_r + \phi_2 \rho_r^2 - \phi_3 \rho_r^5 + \psi,$$

$$\phi_1 = A_1 + \frac{A_2}{T_r} + \frac{A_3}{T_r^3} + \frac{A_4}{T_r^4} + \frac{A_5}{T_r^5},$$

$$\phi_2 = A_6 + \frac{A_7}{T_r} + \frac{A_8}{T_r^2},$$

$$\phi_3 = A_9 \left(\frac{A_7}{T_r} + \frac{A_8}{T_r^2} \right),$$

$$\psi = A_{10} (1 + A_{11} \rho_r^2) \frac{\rho_r^2}{T_r^3} \exp(-A_{11} \rho_r^2),$$

здесь $A_1 - A_{11}$ - известные постоянные.

В данной работе получена модель, объединяющая упомянутые выше законы сохранения энтальпии, массы, импульса, а также учитывающая эффект Джоуля-Томпсона для случая

газлифтной скважины. На основании данной модели написан расчётный модуль, позволяющий рассчитывать температуру в газлифтной скважине. На рис. 1 изображён пример расчёта. Температура закачиваемого газа $T_{awh} = 50\text{ C}$, глубина инъекции газа $L_{inj} = 1519\text{ м}$.

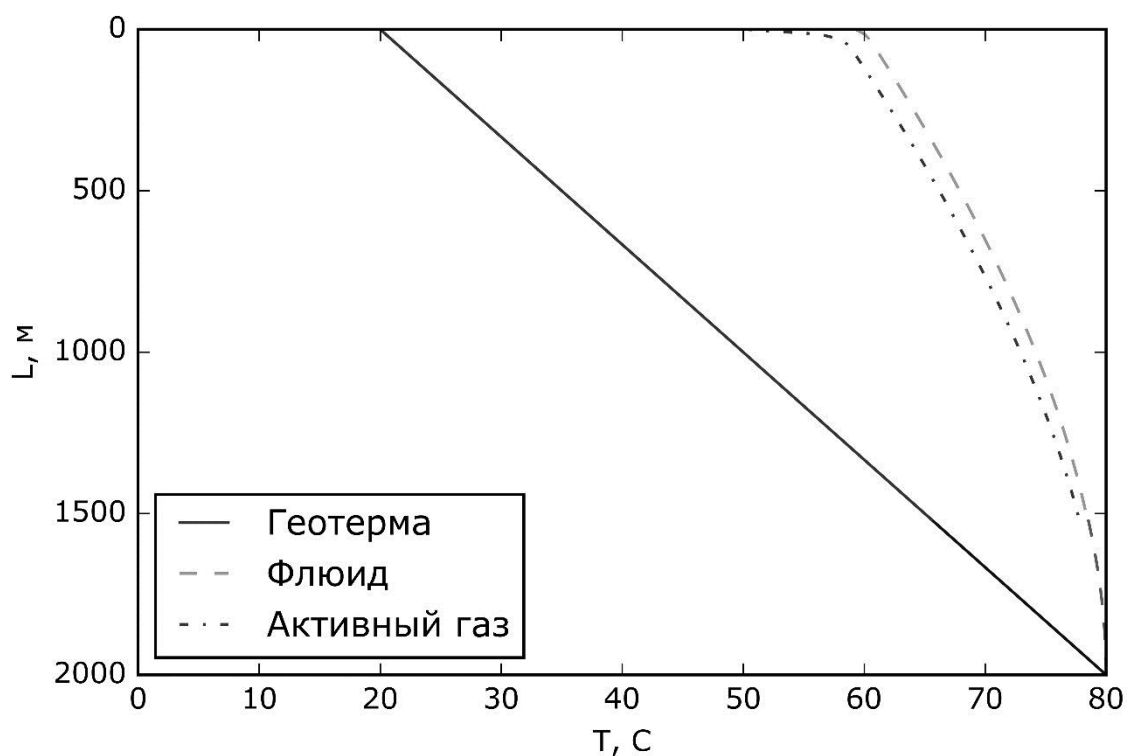


Рис. 1. Распределение температуры флюида и активного газа в скважине

Литература

1. *Hasan A.R., Kabir C.S.* Fluid flow and heat transfer in wellbores. Richardson, Texas: Society of Petroleum Engineers, 2002. 181 с.
2. *Alves I.N., Alhanati F.J.S., Ovadia Shoham* A Unified Model for Predicting Flowing Temperature Distribution in Wellbores and Pipelines // SPE Production Engineering. 1992. P. 363.
3. *Dranchuk P.M., Abou-Kassem J.H.* Calculation of Z Factors For Natural Gases Using Equation of State // The Journal of Canadian Petroleum Technology. 1975. P. 34–36.