

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БУРОВОЙ ПРОМЫВОЧНОЙ ЖИДКОСТИ НА СКОРОСТЬ ПРОТАИВАНИЯ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД

Соловьев А.Я.¹, Саитов Р.Р.², Курбанов Ф.Р.³

¹Соловьев Александр Янович – кандидат технических наук, доцент;

²Саитов Рифат Ринатович – магистрант;

³Курбанов Фирдаус Раисович – магистрант,
кафедра бурения нефтяных и газовых скважин,
горно-нефтяной факультет,

Уфимский государственный нефтяной технический университет,
г. Уфа

Причина многих осложнений, возникающих при бурении многолетнемерзлых пород – нарушения температурного режима скважины. Нормализация температурного режима скважины при бурении в мерзлых породах достигается изменением физических и теплофизических свойств промывочного раствора.

В работе [1] был проведен сравнительный анализ методик расчета теплового поля вокруг бурящейся скважины. Было выявлено, что многие алгоритмы решения задачи Стефана, просто и доступно решаются с помощью COMSOL Multiphysics. Модель на рисунке 1 показывает движение модель бурового раствора, температура которого равна $T_0(x)$ нисходящего потока, проходящегося через интервал залегания ММП (x до $x + \Delta x$) и $T_1(x)$ восходящего потока [2].

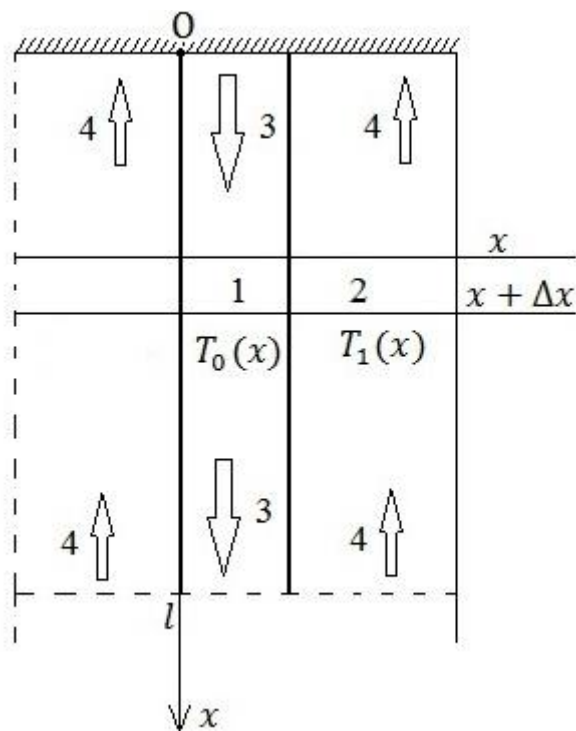


Рис. 1. Модель скважины при бурении ММП

В процессе бурения скважины по буровой колонне (1) вниз к долоту направляется буровой раствор (3), который затем выходит из отверстий долота и направляется обратно вверх (4), как схематически показано на рис. 1. Восходящий поток бурового раствора выносит на дневную поверхность шлам разбуренной породы и воду, получающуюся при таянии льда ММП. Буровой раствор, имея на входе начальную температуру $T_{вх}$ и двигаясь вниз по буровой колонне, доходит до долота и получает от него дополнительное количество тепла, выделяемого долотом при работе. Поэтому температура $T_0(x)$ в нисходящем потоке бурового раствора растет по пути к долоту.

Дополнительно нагретый работающим долотом буровой раствор выходит из отверстий долота и далее движется вверх, вынося шлам от разбуренной породы и подогревая его до своей температуры, а также растапливая лед в разбуренной ММП. Поэтому при обратном движении вверх температура бурового раствора в восходящем потоке падает, вследствие теплопотерь на подогрев шлама ММП и растопление льда. Кроме того, температура восходящего потока по пути вверх падает вследствие теплообмена через

стенку буровой трубы с холодным нисходящим потоком. Получается, что фактическая температура $T_{\text{вых}}$ бурового раствора на выходе бывает ниже температуры на входе $T_{\text{вх}}$ [3].

На рисунке 2 представлена двухмерная осесимметричная модель скважины и где показана начальное распределение температуры T_0 , которое находится по формуле:

$$T_0 = T_h - Rx/b \cdot (T_h - T_c) \quad (1)$$

где T_h – температура бурового раствора на входе;

T_c – температура ММП;

b – ширина данной модели.

Скорость движения раздела фаз u_{1-2} рассчитывается по формуле:

$$u_{1-2} = \frac{T_{1m}}{\Delta H_{1-2}} \quad (2)$$

где T_{1m} – плотность теплового потока;

ΔH_{1-2} – удельная теплота плавления.

Таблица 1. Основные теплофизические параметры

	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	Удельная теплоемкость, Дж/(кг·К)	Плотность, кг/м ³	Удельная теплота плавления, кДж/кг
ММП	2,25	2027	917,5	335
БПЖ	0,599	4183	998,2	-

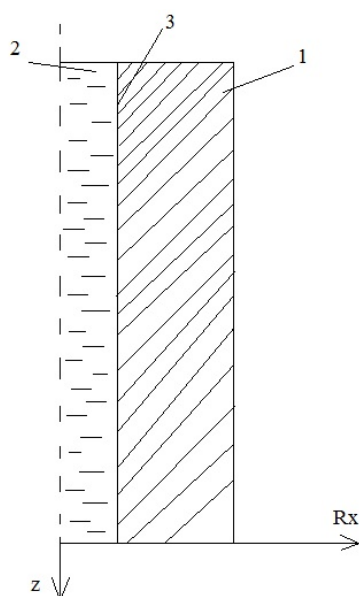


Рис. 2. Модель скважины при фазовом переходе
 1 – многолетнемерзлые породы; 2 – буровой раствор;
 3 – граница раздела фаз (ММП – скважина)

И согласно данным таблицы 1 благодаря COMSOL Multiphysics получаем движение границы раздела фаз, после начала прокачки бурового раствора (рисунок 3).

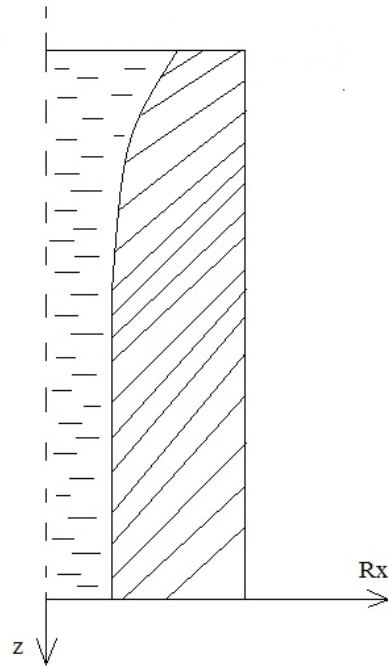


Рис. 3. Движения границы раздела фаз

Список литературы

1. *Быков И.Ю.* Термозащита конструкций скважин в мерзлых породах. [Текст]: учеб. пособие / И.Ю. Быков, Т.В. Бобылёва. Ухта: УГТУ, 2007. 131 с.: ил. Термические факторы.
2. *Сегерлинд Л.* Применение метода конечных элементов. М.: Мир, 1979. 392 с.
3. Введение в COMSOL Multiphysics. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.comsol.ru/shared/downloads/IntroductionToCOMSOLMultiphysics_RU52a.pdf/ (дата обращения 10.05.2017).