

П. Н. Михайлов, А. И. Филиппов, О. В. Ахметова
(Стерлитамак, СФ АН РБ). Температурное поле в скважине с учетом профиля скорости течения флюида.

В работах А. Ю. Намиота [1], Ю. М. Проселков [2], М. А. Пудовкина, А. Н. Саламатина [3] и их учеников к настоящему времени разработана теория, позволяющая рассчитывать средние по сечению трубы значения температуры. Однако, для большинства практических приложений необходима информация о детальном распределении температуры по скважине при течении в ней жидкости или газа. До настоящего времени такая задача не решена. Основная трудность при этом заключается в необходимости учета реального профиля скорости, который существенно различается для ламинарного и турбулентного течений. Решение задачи имело бы как научное, так и практическое значение.

В работе, представленной данным сообщением, предлагается модификация асимптотического метода, позволяющая построить приближенное асимптотическое решение задачи о радиальном распространении температурного поля в скважине. Задача представляется в виде последовательности краевых задач для коэффициентов асимптотического разложения по формальному параметру, присутствующему как в самих уравнениях, так и в условиях сопряжения, а также в уравнениях для остаточного члена и пограничных функций. Показано, что разработанный алгоритм позволяет построить решение, для которого нулевое приближение совпадает с решением усредненной исходной задачи по сечению трубы, что важно для физических и практических приложений. Представление о радиальном распределении температуры в скважине можно получить из первого асимптотического приближения задачи. Для его описания решается задача для первого коэффициента разложения температуры. В связи с тем, что удовлетворить начальному условию для любых расстояний от оси скважины не представляется возможным, это условие заменено нелокальным, среднеинтегральным условием. Такая замена граничного условия обладает преимуществом, заключающимся в отличие от [4] в том, что она обеспечивает построение в «среднем точного» асимптотического решения, означающего, что решение усредненной задачи для остаточного члена обращается в нуль при любых значениях параметра разложения. Обоснование этого факта важно, поскольку оно дает концептуальную оценку близости искомого точного решения и асимптотического.

Полученные решения позволяют построить зависимость температуры в скважине от радиальной координаты. Установление радиального профиля температуры нефтяного потока в скважине в предположении ламинарного течения происходит при безразмерном времени $t < 1$, изменения температуры в интервале времени от 1 до 10 не превосходят 20 процентов от полного значения достигаемого эффекта. На границе $t = 0$ выделяется погранслой. Учет погранслойной функции при $t \rightarrow 0$ приводит к тому, что относительная температура в начальный момент времени обращается в нуль, т. е., построенное решение становится пригодным при любом t .

Заметим, что рассмотренная модификация асимптотического метода является достаточно общей и обеспечивает построение «в среднем точного» аналитического решения и других задач скважинной теплофизики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Намиот А. Ю. Измерение температуры по стволу эксплуатирующихся скважин. — Нефтяное хозяйство, 1955, № 5, с. 45–48.
2. Проселков Ю. М. Теплопередача в скважинах. М.: Недра, 1975, 224 с.
3. Пудовкин М. А., Саламатина А. Н., Чугунов В. А. Температурные процессы в действующих скважинах. Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1977, 166 с.
4. Филиппов А. И., Михайлов П. Н., Ахметова О. В. Температурное поле в действующей скважине. — Сибирский журнал промышленной математики, 2004, т. 4, VII, № 1 (17), с. 135–144.