

И. Л. Хабибуллин, Л. А. Галиакберова, С. И. Коновалова (Уфа, БашГУ, УГАТУ). **Динамика температурного поля при нагреве движущихся слоисто-однородных сред электромагнитным излучением.**

Моделируется нагрев микроволновым электромагнитным излучением движущейся двухслойной среды с различными диэлектрическими свойствами на примере поршневого вытеснения одной жидкости другой в пористой среде. Распределение температуры в слоях описывается уравнениями

$$\lambda_i \frac{\partial^2 T_i}{\partial x^2} - c_{fi} \nu \frac{\partial T_i}{\partial x} + Q_i = c_i \frac{\partial T_i}{\partial t},$$

где T — температура, λ_i, c_i — усредненные по объему теплопроводности и теплоемкости насыщенной пористой среды, c_{fi} — объемные теплоемкости флюидов, ν — скорость фильтрации жидкости, индексы $i = 1, 2$ относятся к вытесняемой и нагнетаемой жидкостям. Интенсивность тепловых источников Q_i за счет поглощения плоских электромагнитных волн определяется выражением $Q_i = -\partial S_i / \partial x$, где $S_i = (1/2) \operatorname{Re}(E_i H_i^*)$, E_i и H_i^* — напряженности электрического и магнитного полей.

На границе слоев (фронт поршневого вытеснения жидкостей $l(t)$) диэлектрические свойства и тепловые источники терпят разрыв, температура и тепловой поток непрерывны. В области нагнетаемой жидкости за счет отражения от границы фронта вытеснения происходит интерференция падающих и отраженных волн. Величина вектора Пойнтинга S_i определяется из решения электродинамической задачи о распространении плоских электромагнитных волн в слоистых средах.

С целью выяснения особенностей температурного поля в первом (интерференционном) слое построены аналитические решения задачи Коши и смешанной задачи в адиабатическом приближении. В полной постановке для двухслойной среды задача решалась численно. В качестве движущихся флюидов рассмотрены газ и вода.

На основе аналитических и численных решений установлены следующие особенности изучаемого процесса.

Нагрев слоисто-неоднородных сред электромагнитным излучением приводит к возникновению осциллирующих температурных профилей, что является следствием интерференции электромагнитных волн. Частота осцилляций определяется величиной $n = \beta_1 l(t) / \pi$ (n — число осцилляций, β_1 — волновое число в первом слое), амплитуда осцилляций пропорциональна величине $F \approx 2\sqrt{H}$, где H — коэффициент отражения электромагнитной волны от поверхности $l(t)$.

Динамика изменения температуры определяется характеристиками излучения (интенсивность, частота, показатель поглощения, волновое число), электрофизическими и теплофизическими свойствами сред, гидродинамическими (скорости движения сред и границы их раздела) факторами.

Теплопроводность несколько сглаживает осцилляционные температурные профили и принципиального влияния на динамику температурных профилей не оказывает. Конвективный перенос тепла, определяемый скоростью движения среды, наоборот, существенно влияет на распределение температуры.

С увеличением частоты излучения осцилляционный характер температурных профилей проявляется менее заметно (число осцилляций увеличивается, их относительная амплитуда уменьшается).

Во втором слое ($x > l(t)$) тепловой источник по координате монотонно убывает. Здесь проявляется эффект «тепловой памяти», суть которого заключается в том, что в эту область за счет движения переносятся осцилляционные температурные профили, образованные в области $x < l(t)$.

Пространственно-временные изменения температуры приводят к аналогичной модуляции других, зависящих от температуры свойств среды. Это обстоятельство имеет значение с точки зрения интенсификации процессов тепломассопереноса и в

экспериментальных методах определения теплофизических и электрофизических параметров сред.