

Конвективное течение воды в пористой среде вблизи вертикального охлаждающего устройства

Симонов О.А., Филимонова Л.Н.

Тюменский Научный Центр СО РАН, Тюмень

Тюменский филиал Института теоретической и прикладной механики им. С.А.Христионовича СО РАН, Тюмень

В районах, постоянно находящихся в условиях отрицательных температур, при проектировании и сооружении зданий, скважин, трубопроводов, дорог, а также других объектов необходимо учитывать промерзание и протаивание грунтов. В тёплый период поверхностный слой грунта, подстилаемый многолетнемерзлыми породами, чаще всего высокопористый песок, образует переувлажненный слой породы. Для стабилизации грунта используются термостабилизаторы — охлаждающие устройства необходимые для повышения несущей способности грунта путём охлаждения и замораживания [1]. При охлаждении протаившего слоя термостабилизатором в пористой среде возникают градиенты температуры и, следовательно, возникает конвективное течение. Это конвективное течение имеет ряд особенностей, обусловленных наличием максимума плотности воды (максимальная плотность воды достигается в окрестности 4° С). При охлаждении до 0°С, в высоко проницаемых грунтах возникают восходящие потоки, изменяются градиенты температуры и скорость охлаждения.

Для оценки влияния конвективного теплопереноса на процесс охлаждения насыщенной водой пористой среды при учете явления инверсии плотности используем параметр α как отношение изменения температуры за счёт молекулярной теплопроводности к изменению температуры за счёт конвекции:

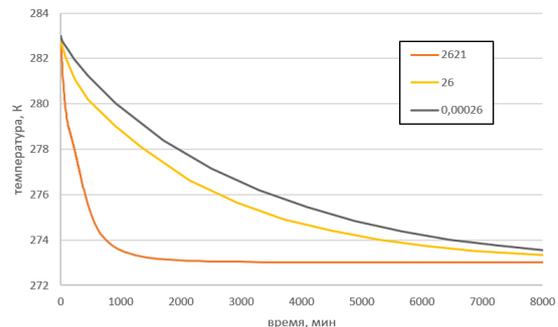
$$\alpha = \frac{\rho_w \cdot C_w \cdot u \cdot H}{(\rho \cdot C)_{ef} \cdot \chi} \quad (1)$$

где $u = \frac{kg \Delta \rho}{\nu \rho}$ — скорость движения воды (м/с); $(\rho \cdot C)_{ef} = m \cdot \rho_w \cdot C_w + (1 - m) \cdot \rho_s \cdot C_s$ — эффективный коэффициент теплосодержания насыщенной пористой среды (Дж/(м³·°К)); $\rho_{w,s}$ — плотность воды и скелета (кг/м³); $C_{w,s}$ —

теплоёмкость воды и пористой среды (Дж/(кг·°К)); χ — коэффициент температуропроводности (м²/с)

Если значение параметра α меньше единицы, то конвективный перенос тепла медленнее переноса тепла посредством молекулярной теплопроводности, если $\alpha \approx 1$ то перенос тепла посредством конвекции сопоставим с переносом тепла посредством молекулярной теплопроводности и если $\alpha > 1$, то конвекция играет определяющую роль в изменении температуры пористой среды.

На рисунке приведена зависимость средней температуры охлаждаемого грунта от времени для трех различных значений α .



Рассматривая задачи конвективного движением воды в пористых средах в окрестностях нулевых температур, необходимо учитывать максимум плотности воды. Наличие максимума плотности воды в высокопроницаемых коллекторах приводит к задержке конвективного переноса, перестройке течения, что обуславливает более медленное охлаждение системы.

Список литературы:

- [1] Реховская Е. О. Применение термостабилизаторов грунта на магистральных трубопроводах /Реховская Е. О., Макарова А. С.// Молодой ученый, 2016. №19. с.207-210.