

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДЕПРЕССИОННОЙ КРИВОЙ В ТЕЛЕ ГРУНТОВОЙ ПЛОТИНЫ ПРИ НАПОРНОМ РЕЖИМЕ ФИЛЬТРАЦИИ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ СЕЗОННЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ

Дмитриев С.В. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, Украина).

Отримано рівняння для визначення положення кривої депресії при напірному режимі фільтрації, яке враховує вплив сезонних температурних кліматичних коливань. Виконано співставлення теоретичних рішень з результатами експериментів.

В результате наблюдений за рядом грунтовых гидротехнических сооружений было установлено, что фильтрационный режим этих сооружений не всегда соответствует прогнозируемому [1,2,3]. Так, наблюдались изменения положения кривой депрессии в теле грунтовых сооружений, и эти изменения накладывались по времени на сезонные изменения температуры окружающей среды.

В проведенных автором исследованиях [4], было доказано влияние температуры фильтрующей воды на положение депрессионной кривой. Было получено решение уравнения конвективного теплообмена (1) применительно к решаемой задаче.

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = \alpha \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} - \frac{\partial T}{\partial x} u_x \quad (1)$$

Граничным условием являлось уравнение колебаний температуры воды в верхнем бьефе (2).

$$\bar{T}(\tau) = A \cos(\sigma \tau + \omega) + T_0 \quad (2)$$

где A – амплитуда колебаний, $^{\circ}\text{C}$; σ – циклическая частота; $\sigma = \frac{2\pi}{365}$, сут^{-1} ; ω – начальная фаза, $\omega = \frac{2\pi}{365} \tau_0$, где τ_0 – сдвиг по фазе от начала координат, сут .; T_0 – среднегодовая температура воды в верхнем бьефе, $^{\circ}\text{C}$.

Решение уравнения (1) было получено в виде:

$$T(x, \tau) = A e^{-Kx} \cos(\sigma \tau - cx) \quad (3)$$

где $K = \frac{1}{2a} \left[\sqrt{\frac{r + U_x^2}{2}} - U_x \right]$ – декремент затухания ($K > 0$), $c = \frac{1}{2a} \sqrt{\frac{r + U_x^2}{2}}$ – циклическая частота колебаний по x , $r = \sqrt{U_x^4 + 16 a^2 \sigma^2}$.

Полученная функция $T(x, \tau)$ описывает колебания температуры в двухфазной среде тела плотины (вода – твердая составляющая) как затухающие с декрементом K , и циклическими частотами: по времени $\tau - \sigma$ и по координате $x - c$, при любых положительных x , τ и не отрицательном U_x при колебаниях температуры воды в верхнем бьефе по зависимости:

$$\text{Re } T(0, \tau) = A \cos(\sigma \tau)$$

Полученные решения были подтверждены результатами экспериментальных лабораторных исследований на специально сконструированной лабораторной установке. Установка представляла собой несколько видоизмененную конструкцию прибора Дарси, в конструкцию которого были внесены некоторые дополнения. Дополнения включали в себя установку в рабочую камеру прибора микрокомпьютерных температурных датчиков, соединенных с ПК по I-WIRE сети. В рабочую камеру установки попеременно подавалась охлажденная и подогретая вода. В ходе эксперимента проводилась запись изменений расхода через рабочую камеру лабораторной установки, изменений температуры во всех сечениях рабочей камеры и изменений пьезометрических напоров в тех же сечениях.

Следующим этапом проводимого исследования являлся вывод уравнения (при напорном режиме фильтрации) для определения положения кривой депрессии в теле грунтового сооружения при фильтрации через него воды с переменной температурой. Уравнение (6) было получено на основании равенства мгновенных удельных расходов, как через все грунтовое сооружение, так и на отдельном его участке, принимая во внимание, что коэффициент фильтрации в каждом сечении сооружения принимался переменным и зависящем, в соответствии с формулой Хазена (5) от температуры фильтрующей воды.

$$K_{\Phi} = K_{\Phi_0} + K_{\Phi_1} T(x, \tau) \quad (5)$$

$$H = H_1 - \frac{\frac{1}{2T(x_0)} + \frac{1}{2T(x_n)} + \sum_{i=1}^{n-1} \frac{1}{\frac{x_i - \Delta x}{x_1 - \Delta x} T(x_i)}}{\frac{1}{2T(x_0)} + \frac{1}{2T(x_n)} + \sum_{i=1}^{n-1} \frac{1}{T(x_i)}} \cdot (H_1 - H_2) \quad (6)$$

где, H_1 и H_2 – напоры в верхнем и нижем бьефе соответственно; $T(x_i)$ – температура фильтрующей воды в i -том сечении, определяемой по формуле (3).

Вывод

Результаты сопоставления теоретических решений уравнения (6) с результатами экспериментальных исследований дает возможность утверждать о правильности полученных уравнений.

1. Шипилов А.В. Отчет о научно-исследовательской работе. “Исследование работы конструкции и элементов сухого дока и проведение комплексных наблюдений в соответствии с инструкцией”. Одесса 1990г.

2. Тишкин И. Б. Отчет о научно-исследовательской работе. “Исследование фильтрации в левобережном примыкании плотины Днестровской ГЭС”. Одесса 1990г.

3. Ермакова Н. Н. Гидротехническое строительство. “Температурные наблюдения за фильтрацией на Пироговском гидроузле”

4. Анисимов К. И., Дмитриев С. В. Вісник ОДАБА Випуск №14 “Аналитическое решение задачи о распространении температурной волны фильтрующимся потоком в теле земляной плотины и определение закономерности между температурой потока в данной точке и скоростью фильтрации”. Одесса 2004г.

5. Справочник по гидравлическим расчетам под ред. П.Г.Киселева, изд.4.М. Энергия, 1972г.