УДК 517.95 + 532.5

Расчёт гидродинамических процессов водохранилища ГЭС

И.В. Каракулова
АлтГТУ (АГУ), г. Барнаул

Рассматривается задача расчёта динамических и температурных режимов водохранилища.

Предполагается, что жидкость в водоёме несжимаема, давление распеределено по гидростатическому закону, а изменением плотности жидкости, вследствие неоднородности температур в уравнениях гидродинамики, можно пренебречь всюду, за исключением члена, учитывающего действие силы плавучести. Модель ограничивается описанием медленно изменяющихся течений, учитывая, что характерный продольный масштаб много больше вертикального ***L>>h***. Используется осреднение трёхмерных уравнений Рейнольдса по ширине русла

$$\overline{\varphi}(x,z)=\frac{1}{b}\int_{-b_1}^{b}\varphi(x,y,z)dy, \quad b(x,z)=b_1(x,z)+b_2(x,z).$$

Исключается давление из уравнения движения и используется гипотеза Буссинеска для представления турбулентного касательного напряжения. Уравнения неустановившегося турбулентного стратифицированного течения:

$$\frac{\partial bu}{\partial t}+\frac{\partial bu^2}{\partial x}+\frac{\partial buw}{\partial z}=-qb\frac{\partial}{\partial x}\left(\int_z^{z_s}\frac{\rho}{\rho_0}dz\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(BK\frac{\partial u}{\partial z}\right), \quad (1)$$

$$\frac{\partial bu}{\partial x}+\frac{\partial bw}{\partial z}=0, \quad (2)$$

$$\frac{\partial bT}{\partial t}+\frac{\partial buT}{\partial x}+\frac{\partial bwT}{\partial z}=\frac{\partial}{\partial z}\left(BK_T\frac{\partial T}{\partial t}\right), \quad (3)$$

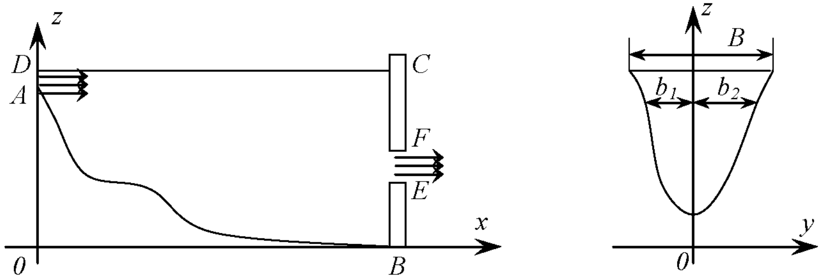
$$\rho=\rho_0\left(1-\alpha(T-4)^2\right). \quad (4)$$

$$K=\left[\frac{\chi(z-z_b)(z_s-z)}{h^2}\right]^2\cdot\left|\frac{\partial u}{\partial z}\right|\sqrt{1-\sigma R},$$

$$R=2\alpha g(T-4)\frac{\dfrac{\partial T}{\partial z}}{\left(\dfrac{\partial u}{\partial z}\right)^2},\quad (z_b<z<z_s) \tag{5}$$

$$K_T=K\left(1+R\right), \tag{6}$$

здесь $\alpha=6,8\cdot 10^{-6}$, $\chi=0,42$, $\sigma=0,1$.



Формулы (5), (6) справедливы при $0<R<R_c=\sigma^{-1}$, при $R\geq R_c$ K и K_T соответственно полагаются равными ν и λ (коэффициентам кинематической вязкости и температуропроводности).

Начальные условия при $t=0$:

$$z_s(0,x)=z^0(x),\quad u(0,x,z)=u_0(x,z),\quad w(0,x,z)=w_0(x,z),$$
$$T(0,x,z)=T^0(x,z). \tag{7}$$

Граничные условия:

$$u(t,0,z)\big|_{AD}=u_1(t,z),\quad T(t,0,z)\big|_{AD}=T_1(t,z), \tag{8}$$

$$u\big|_{AB}=w\big|_{AB}=0,\quad \left.\frac{\partial T}{\partial z}\right|_{AB}=0, \tag{9}$$

$$u\big|_{BC}=u_2(t,z), \tag{10}$$

$$K\left.\frac{\partial u}{\partial z}\right|_{CD}=\tau_w,\quad K_T\left.\frac{\partial T}{\partial z}\right|_{CD}=q_s. \tag{11}$$

Кинематическое условие на свободной границе

$$\frac{\partial z_s}{\partial t} + u\frac{\partial z_s}{\partial x} - W = 0, \qquad (12)$$

где $z_s = z_s(t,x)$ – уравнение поверхности CD.

Обозначения:

$b(x,z)$ – ширина водохранилища;

$B(x)$ – ширина по свободной поверхности;

L – длина водохранилища;

$h(x)$ – глубина водохранилища;

q_s – тепловой поток через границу вода воздух;

τ_w – ветровое касательное напряжение.

Исходные данные: $L=70000$ *м*, $h_{max}=150$ *м*, $T_0=10°C$, внешняя температура $T_{вн}=15°C$. Период 2,5 месяца. $u_0=w_0=0$. Режим расходов на входе 0,01 ед. на выходе 0,0216 ед. На входе задавался линейный профиль сходимости на выходе параболический.

Краевая задача (1)–(3), (7)–(12) решается численно с использованием среды CD-Adapco *Star CCM+ 9.02*.007.

Библиографический список

1. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа: учеб. для вузов / 7-е изд., испр. – М.: Дрофа, 2003. – 840 с.

2. Неверов А.С., Саженков А.Н., Кузиков С.С., Папин А.А. Расчёт гидродинамических процессов водохранилища ГЭС. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 1986. – 80 с.

УДК 551.345 + 539.3

Численное моделирование процесса суффозионного выноса грунта

С.С. Кузиков, А.А. Папин, А.Н. Сибин

АлтГУ, г. Барнаул

В работе рассматривается численное решение профильной задачи-суффозионного выноса грунта. При достижении скоростью фильтрации определенной величины происходит вынос частиц грунта из области течения. В качестве математической модели используются уравнения сохранения массы для воды, подвижных твердых частиц и неподвижного пористого скелета, а также закон Дарси для воды и подвижных твердых частиц и соотношение для интенсивности суффозионного потока. Описан алгоритм численного решения