

Среднее значение коэффициента температуропроводности по глубине $\bar{a}_0$ определяется из выражения

$$\bar{a} = \sqrt{a_\tau^2 + a_k^2 + a_n^2} \quad (2.19)$$

Здесь a_τ — коэффициент турбулентной температуропроводности, $a_\tau = 0,00032q$, где q — удельный расход воды, $\text{м}^2/\text{с}$; a_k — коэффициент конвективной температуропроводности, $a_k = C\sqrt{g/h^3}$, где безразмерный коэффициент $C = 6 \cdot 10^{-8}$, g — ускорение свободного падения; a_n — коэффициент температуропроводности за счет действия ветра, $a_n = 3,5 \cdot 10^{-5} u h$, где u — скорость ветра, $\text{м}/\text{с}$.

Для периода осеннего остывания расчет распределения температуры воды по глубине производится по формуле

$$t(y, \tau) \cong t_n - \frac{\bar{S}_{0, \tau} \tau}{\rho c h} + \frac{S_{0, i}}{\rho c \bar{a}_{0, i}} \left(h y - \frac{y^2}{2} - \frac{h^2}{3} \right), \quad (2.20)$$

где t_n — начальная температура воды, равная температуре последнего дня осенней гомотермии; $\bar{S}_{0, \tau}$ и $S_{0, i}$ — теплообмен через единицу поверхности водоема соответственно за время остывания τ и за i -й интервал времени, определяемый по формуле (1.6), $\text{Вт}/\text{м}^2$; $\bar{a}_{0, i}$ — коэффициент температуропроводности за i -й интервал времени, определяемый по формуле (2.19); τ — время от начала остывания водоема до конца расчетного интервала, с.

Расчетный интервал времени в начале периода рекомендуется назначать равным 5—10 сут, а далее снижать до 5—3 и 1 сут.

Оценка средней по глубине температуры воды при осеннем остывании в i -й интервал времени производится следующим образом. Вначале рассчитывается температура воды на поверхности по формуле

$$t(0, \tau)_i \cong t_n - \frac{\bar{S}_{0, \tau} \tau}{\rho c h} - \frac{S_{0, i} h}{3 \rho c \bar{a}_{0, i}} \quad (2.21)$$

По полученному значению $t(0, \tau)_i$ определяется новое значение $S_{0, i}$ (по формуле 1.4). Средняя по глубине температура воды в i -й интервал времени

$$\bar{t}_i = \bar{t}_{0, i} - \frac{S_{0, i} \tau}{\rho c h} \quad (2.22)$$

2.4.2. Расчет температуры воды неглубоких водоемов под ледяным покровом.

Изменение температуры в течение зимнего периода оценивается рядом последовательных расчетов, относящихся к различным периодам. Количество расчетных циклов зависит от степени подробности, с которой необходимо осветить ход температуры в расчетном створе.

Средняя по живому сечению температура воды в расчетном створе $t(\bar{y}, x)$ за интервал времени τ определяется по формуле

$$t(\bar{y}, x) = t(\bar{y}, 0) - t(\bar{y}) \left\{ \frac{32}{\pi^3} \exp \left[-\frac{\lambda}{\rho c} \left(\frac{\pi}{2h} \right)^2 \tau \right] - \frac{32}{27\pi^3} \exp \left[-\frac{\lambda}{\rho c} \left(\frac{3\pi}{2h} \right)^2 \tau \right] \right\}, \quad (2.23)$$

где $t(\bar{y})$ — средняя по живому сечению температура воды, отвечающая стационарному тепловому потоку, оценивается по формуле (2.18); $t(\bar{y}, 0)$ — начальная температура воды в расчетном створе, равная конечной расчетной температуре за предыдущий период или принимаемая по водоему-аналогу; λ — коэффициент теплопроводности воды, осредненный по всему сечению, рассчитывается по формуле (2.24).

Коэффициент теплопроводности воды определяется по формуле К. И. Россинского, полученной на основании эмпирического анализа материалов наблюдений на Ивановском и других водохранилищах:

$$\lambda = 1,16 \sqrt{0,1q^2 + 0,521h^3} + 0,5, \quad (2.24)$$

где λ — коэффициент теплопроводности, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; q — удельный расход воды, $\text{м}^2/\text{сут}$.

По уравнению (2.23) строится кривая нарастания температуры воды в заданном створе во времени. При достижении равенства $t(\bar{y}, x) = t(\bar{y})$ расчет средней температуры в створе продолжается по выражению

$$t = h S_{\text{дн}} / (2\lambda). \quad (2.25)$$

Температура воды t_y в точке y на вертикали может быть получена из уравнения

$$t_y = S_{\text{дн}} (1/\alpha + (h - y)/\lambda), \quad (2.26)$$

где α — коэффициент теплообмена, определяемый в $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ по формуле

$$\alpha = 0,92 \rho c v_{\text{ср}} + 4,19 \cdot 10^{-3}; \quad (2.27)$$

$v_{\text{ср}}$ — средняя скорость течения воды в водоеме, находится как частное от деления расхода стокового течения Q $\text{м}^3/\text{с}$ на площадь поперечного сечения в средней части водоема F м^2 .

2.4.3. Расчет температуры воды при открытой водной поверхности для глубоких водоемов.

Для расчета термического режима рекомендуется выделить восемь периодов:

— от момента вскрытия до установления весенней гомотермии, т. е. до достижения температурой поверхности воды устойчивых значений $\approx 3,5^\circ\text{C}$;