

Кутуев М.Д., Мамбетов Э.М.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ИА
ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ**

M.D. Kutuev, E.M. Mambetov

**MODELING OF CLIMATIC INFLUENCES ON HYDRAULIC ENGINEERING
CONSTRUCTIONS**

УДК: 624.012: 626/627

В работе приведены аналитические приемы описания климатических воздействий и конкретные данные по республике.

Analitical receptions of description of climatic influences and concrete data on republic are resulted in this work

Согласно вероятностного подхода проведение проектных, экспертных и прогнозных работ строительных, гидротехнических и других сооружений осуществляется путем описания законов Климатогеографических факторов [4].

Исходя, из этого в работе сделана попытка сформулировать принципы моделирования климатических воздействий на вышеуказанные сооружения, и в частности в условиях Кыргызской Республики.

Конструкции зданий и открытых гидросооружений подвергаются во времени температуре воздуха и солнечной радиации, которая вызывают изменение температуры элементов конструкций, их деформации и перемещения. В статически неопределимых системах, как известно, изменение температуры приводит к возникновению температурных напряжений.

Основным видом температурных климатических воздействий на несущие конструктивные элементы гидросооружения является неблагоприятное приращение $\theta_+(t), \theta_-(t)$ средней по сечению элемента температуры $\theta_{k+}^0(t), \theta_{k-}^0(t)$, в теплое время (+) в холодное (-) полугодия по отношению к начальной температуре конструкций θ_+^0, θ_-^0 при возможном их замыкании противоположном полугодии

$$\theta_+^0(t) = \theta_{k+}^0(t) - \theta_-^0, \quad \theta_-^0(t) = \theta_{k-}^0(t) - \theta_+^0;$$

Далее введем в рассмотрение только те приращения, которые обусловлены изменением во времени среднесуточной температуры наружного воздуха $\theta_{1+}^0(t), \theta_{1-}^0(t)$. . Иными словами, имеем

$$\tilde{\theta}_+(t) = \tilde{\theta}_{k+}(t) - \tilde{\theta}_-^0; \quad \tilde{\theta}_-(t) = \tilde{\theta}_{k-}(t) - \tilde{\theta}_+^0; \quad (1)$$

Наиболее существенной особенностью случайного процесса среднесуточной температуры является периодическая нестационарность, проявляющаяся в годовом ходе температуры, ее функции распределения, плотности и параметров. При этом изменчивость среднесуточной температуры воздуха в зимние месяцы значительно больше, чем в летние и отношение $S_{0,-} / S_{0,+}$ может достигать 3...4.

Результаты первичной статистической обработки данных о температуре воздуха. Сведения из указанного источника о повторяемости среднесуточной температуры воздуха в отдельные месяцы года дают возможность приближению оценить функцию распределения $F_{\theta_1}(\theta/t)$ плотность $f_{\theta_1}(\theta/t), \theta_1(t), S_{\theta_1}(t)$.

Анализ приведенных данных, что распределение $\bar{\theta}_1(t)$ близко к нормальному с плотностью

$$f_{\theta_1} = \frac{1}{\sqrt{2\pi S_{\theta_1}(t)}} \exp\left\{-\frac{[\theta - \theta_1(t)]^2}{2S_{\theta_1}^2(t)}\right\} \quad (2)$$

Данные о межсуточной изменчивости позволяет оценить производную $\bar{V}_{\theta_1}(t)$ процесс среднесуточной температуры и привести исходные реализации к условно дифференцируемым (рис 1).

Функция распределения $\bar{V}_{\tau_1}(t)$ в отдельные месяцы года близка к нормальной с нулевым математическим ожиданием, а значения средней междусуточной изменчивости является оценкой условного математического ожидания $\bar{V}_{\theta_1}^+(t)$ положительных или $\bar{V}_{\theta_1}^-(t)$ отрицательных значений производной в отдельные месяцы года.

Поскольку $\bar{V}_{\theta_1}^\pm(t) = \bar{u} \pm S_{V_{\theta_1}}(t)$, то оценка среднего квадратичного отклонения производной в отдельные месяцы года будет равняться

$$S_{V_{\theta_1}}(t) = \frac{\bar{V}_{\theta_1}^\pm}{\bar{u}^\pm} \quad (3)$$

где нормального распределения $\bar{u}^+ = \frac{2}{\sqrt{2p}} \gg 0,80$

Получение оценки дают возможность вычислить для нестационарного процесса среднесуточной температуры воздуха среднюю частоту положительных выбросов $\bar{q}_{1+}^0(t)$ и q теплого полугодия $\bar{V}_{q_1}^+(t)$ среднюю частоту отрицательных выбросов $\bar{q}_{1-}^0(t)$ и q в холодного полугодия $\bar{V}_{q_1}^-(t)$. Конкретные наблюдения показывают, что в основной вклад в число выборов в теплое (холодное) полугодия составляют выбросы в трехмесячном летнем (зимнем) сезоне. Учитывая, что на интервале указанных сезонов изменений величин $q_1(t), \frac{S_{V_{01}}(t)}{S_{q_1}(t)}$, незначительно, то допустимо рассматривать процесс среднесуточных температур $\bar{q}_1^0(t)$ на этих интервалах как стационарный при определении частоты выбросов осредненными значениями статических характеристик. Для стационарных взаимно независимых процессов имеем

$$\bar{n}_x^+ = \frac{1}{2}\bar{u} + \frac{S_V}{S_x} f_z(z_x) \quad (4)$$

Здесь $F_z(z_x)$ - значение плотности стандартной формулы распределения x для нормированного уровня

$$z_x = \frac{x - \bar{x}}{S_x}; \quad \bar{u}^+ = \frac{\int_0^\Gamma u f(u) du}{Gu(0)} - \text{условное математическое ожидание (координата тяжести центра)}$$

положительных значений нормированной производной $\bar{u}^+ = 0.80$, для равномерного и $\bar{u}^+ = \frac{\sqrt{3}}{2} = 0.86$, Gu - вероятность превышения уровня. На рисунке 1 показано определение среднего число выбросов нестационарного процесса выше уровня t .

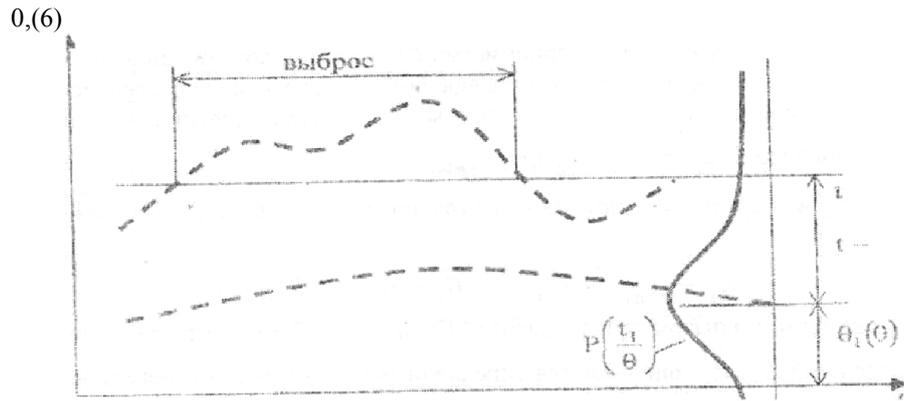


Рис 1. Определение среднего число выбросов нестационарного процесса выше уровня t .

Произведение $\bar{u} S_V$ в формуле (4) следует заменить осредненными за три летних (зимних) месяца ниями $V_{q_1}^+$ ($V_{q_1}^-$) и тогда

$$V_{q_1}^+ = \frac{1}{2} \frac{V_{q_1}^+}{S} \quad (5)$$

причем $Z_{q_1} = \frac{q - \bar{q}_{1+}}{S_{q_{1+}}}$, $\bar{V}_{q_1}^+$, \bar{q}_{1+}^0 , $S_{q_{1+}}$, относятся к летнему сезону.

Аналогично вычисляется $\bar{n}_{q_1}^-$ для зимнего сезона.

Для определения квантиля среднесуточной температуры заданной обеспеченности следует исходить из условия

$$\frac{1}{T_{\theta_1}^*} = \frac{1}{2} \cdot \frac{V_{\theta_1}^+}{S_{\theta_{1+}}} f_z(z_{\theta_1}) \text{ или } f_z(z_{\theta_1}) = \frac{2S_{\theta_{1+}}}{V_{\theta_1}^+ T_{\theta_1}^*}.$$

Для нормального $F_z(z_{\theta_1}) \setminus \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}}$ распределения квантиль нормированной переменной для летнего сезона определится так

$$z_{\theta_{1+}}^* = \left[2 \ln \frac{V_{\theta_1}^+ T_{\theta_1}^*}{2\sqrt{2\pi} S_{\theta_{1+}}} \right] \quad (6)$$

$$\theta_{i+1}^* = \bar{\theta}_{1+} + z_{\theta_{1+}}^* S_{\theta_{1+}}.$$

Аналогично для зимнего периода

$$\theta_{i-1}^* = \bar{\theta}_{1-} + z_{\theta_{1-}}^* S_{\theta_{1-}}.$$

На основании предложенной модели выбросов можно определить такой интервал Δ_S в исходной реализации не дифференцируемого процесса среднесуточной температуры, при которой обеспечивается такой же квантиль, как и в (6), а именно

$$\Delta_S = T_{\theta_1}^* [1 - F_z(z_{\theta_1}^*)] \quad (7)$$

где $F_z(z_{\theta_1}^*)$ значение функции распределения нормированной переменной, соответствующее квантилю по (6).

Пользуясь значениями Δ_S – можно в модели недифференцируемого процесса вычислить обеспеченность среднесуточной температуры

$$\omega_\Delta = 1 - \frac{\Delta_S}{T_{\theta_1}^+} \quad (8)$$

Повышая точность оценки квантилей в более простой модели.

Для нормирования температурных воздействий, принимаемых в расчетах конструкций на однократное загрузку высокой интенсивности, целесообразно привлекать еще более простую модель среднесуточной температуры воздуха в виде стационарной последовательности годовых экстремумов (летних и зимних), интенсивность которых описывается случайной величиной $\tilde{\theta}_{1\max}$ или $\tilde{\theta}_{1\min}$.

На основе годовых экстремумов среднесуточной температуры приращения $\theta_+(t), \theta_-(t)$ можно представить в виде случайных величин

$$\tilde{\theta}_+ = \tilde{\theta}_{1\max} - \tilde{\theta}_-^0, \quad \tilde{\theta}_- = \tilde{\theta}_{1\min} - \tilde{\theta}_-^0,$$

В соответствии с подходом, принятом при разработке СНиП 2.01.07-85 «нагрузки и воздействия» начальные температуры конструкций $\tilde{\theta}_-^0, \tilde{\theta}_+^0$ оцениваются осреднением по времени соответствующих полугодовых гармоник среднесуточной температуры воздуха со случайной амплитудой

$$\tilde{\theta}_\pm^0 = \bar{\theta} \pm \frac{2}{T_k} \int_0^{T_k/2} \tilde{A} \sin \frac{2\pi t}{\theta_k} dt = \bar{\theta} \pm \frac{2}{\pi} \tilde{A}$$

где T_k – период, равный году $\bar{\theta}$ – среднесуточная температура воздуха.

Принимая следующие оценки

$$\bar{\theta} = \frac{\bar{\theta}_{VII} + \bar{\theta}_I}{2}; \quad A = \frac{\bar{\theta}_{VII} - \bar{\theta}_I}{2};$$

где $\bar{\theta}_{VII}, \bar{\theta}_I$ – среднесуточные температуры июля и января.

Величины $S_{\theta_0} = \frac{2}{\pi} S_A$, причем

$$S_A = \frac{1}{2} (S_{\theta_1}^2 + S_{\theta_{VII}}^2)^{1/2} \approx \frac{1}{2} (S_{\theta_{1\min}}^2 + S_{\theta_{1\max}}^2)^{1/2}$$

Теперь очевидно, что

$$\bar{\theta}_+^0 = \frac{\pi + 2}{2\pi} \bar{\theta}_{VII} + \frac{\pi - 2}{2\pi} \bar{\theta}_I \approx 0.8 \bar{\theta}_{VII} + 0.2 \bar{\theta}_I;$$

$$\bar{\theta}_-^0 = 0.8 \bar{\theta}_I + 0.2 \bar{\theta}_{VII};$$

$$S_{\theta_0} = \frac{1}{\pi} (S_{\theta_{1\max}}^2 + S_{\theta_{1\min}}^2)^{1/2}.$$

В предположении независимости $\tilde{\theta}_{\min ax}$ и $\tilde{\theta}_{\pm}^0$ имеем

$$\begin{aligned} \bar{\theta}_{+} &= \bar{\theta}_{\min ax} - (0.8\bar{\theta}_I + 0.2\bar{\theta}_{VII}); \\ S_{\theta_{+}} &= \left[\left(1 + \frac{1}{\pi^2} \right) S_{\theta_{\max}}^2 + \frac{1}{\pi^2} S_{\theta_{\min}}^2 \right]^{1/2} 4 \\ \bar{\theta}_{-} &= \bar{\theta}_{\min} - (0.8\bar{\theta}_{VII} + 0.2\bar{\theta}_I); \\ S_{\theta_{-}} &= \left[\left(1 + \frac{1}{\pi^2} \right) S_{\theta_{\min}}^2 + \frac{1}{\pi^2} S_{\theta_{\max}}^2 \right]^{1/2} / \end{aligned} \quad (9)$$

Рассмотрим прикладную сторону проблемы согласно данным из [7].

Анализ трендов среднемесячной температуры воздуха по метеорологическим станциям различных регионов и высотных зон Кыргызской Республики показал, что изменения температуры в течение года за весь период наблюдений и за сравниваемые периоды неоднозначны как по отдельным станциям, так и на каждой конкретной. Однако отмечены и некоторые общие закономерности – практически на всех станциях отмечается повышение температуры воздуха в зимние месяцы – декабрь-февраль, а также в конце лета – август и начале осени – сентябрь. На высокогорных станциях несколько теплее стали июнь и июль. Понижение температуры отмечается весной – апрель, май.

Анализ метеорологических данных показывает, что расчет тренда необходимо производить с 1972 года по следующим соображениям:

1) из определения «климатом называется ансамбль погоды за 30 лет и более», ряд с 1972 года по 2001 годы имеет именно такую продолжительность:

2) на некоторых станциях (пример, Каракол) положительный тренд среднегодовой температуры отмечается с 1934 и 1957 годах., но самая большая скорость изменения температуры наблюдается за последние 30 лет., т.е. с 1972 года.

Для прогноза климата необходимо знать и рассчитать тенденцию изменений за последний 30-летний период.

Многие метеорологические станции в Кыргызстане переносились на новые места, в результате чего нарушалась однородность рядов наблюдений, сокращалась их продолжительность из-за несравнимости данных наблюдений. Так, МС Чолпон-Ата была перенесена в 1971 году из с. Курское, где она находилась в 2 км от озера Иссык-Куль, в прибрежную зону, где она располагается и сейчас в 100 м от озера. МС Балыкчы (Рыбачье) была перенесена в 1957 году на 2 км от озера к горам. МС Каракол переносилась дважды.

Исходя из изложенного, был проведен анализ трендов среднемесячной температуры и осадков, начиная с 1972 года, и получены следующие выводы для инженерно-технических сообществ:

- в течение последних 30 лет по данным всех станций апрель месяц стал холоднее, а теплый период удлинился за счет значительного потепления в сентябре (таблица 1, рис. 1);

- на всех станциях, за исключением некоторых высокогорных, произошло значительное зимнее потепление с максимумом некоторых высокогорных, произошло значительное зимнее потепление с максимумом в феврале. По станциям Казалинск, Алма-Ата и Бишкек величина тренда этого месяца положительная и наиболее значительная;

- по мере увеличения высоты зимние тренды температуры уменьшаются и на высокогорных метеостанциях (Тянь-Шань, Тюя-Ашу, Ак-Сай, ледник Кара-Баткак) они становятся отрицательными;

- за счет отрицательных зимних и весенних трендов годовые тренды в зоне высокогорья приближаются к нулю. Но при этом продолжительность теплого периода за счет значительного потепления сентября увеличивается, что способствует повышению суммы положительных температур и распаду оледенения.

Потепление климата зимой, вероятно, связано с ослаблением действия Сибирского антициклона. Похолодание в апреле и мае, вероятно, обусловлено увеличением повторяемости вторжений холодных фронтов северных и северо-западных румбов, что, как следствие, сопровождается увеличением повторяемости заморозков.

МС Тянь-Шань, Суусамыр

МС Шабдан (Новороссийка). Байтик

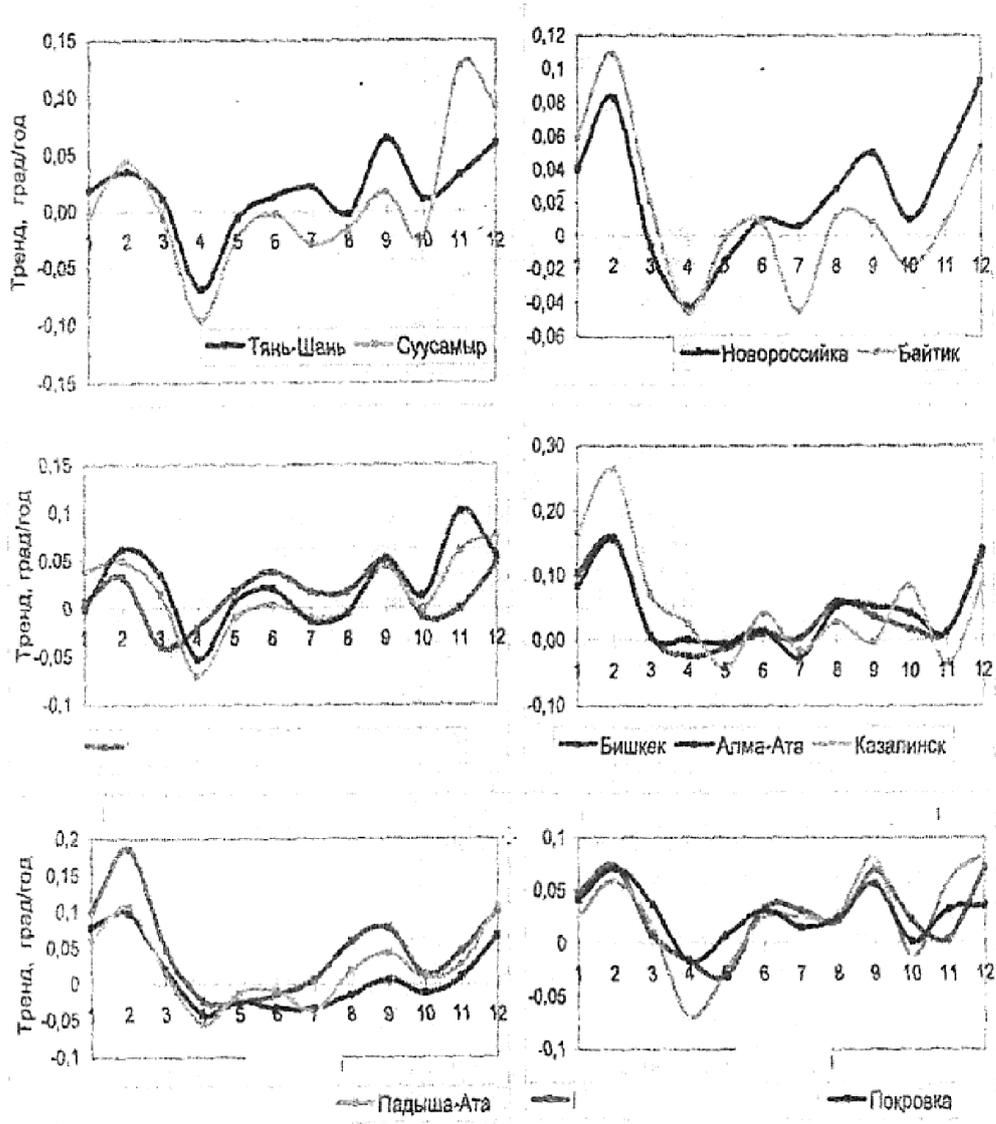


Рис.2. Тренды среднемесячной температуры воды по метеостанциям.

Литература:

1. Ржаницын А.Р. Теория расчета на надежность М.: Стройиздат, 1978. с 235.
2. Болотин В.В. Статистические методы в строительной механике.-М.; Стройиздат, 1986x213.
3. Лужин О.В. Обследование и испытание сооружений. М., Стройиздат, 1985. с 261.
4. Кутуев М.Д. Теоретические основы надежности строительных конструкций. Б.,1997. с 197.
5. Кутуев М.Д., Укуев Б.Т. Моделирование недетерминированных факторов. Б., Авангард, 2005. с. 75.
6. Рассказов Л.Н и др. Гидротехнические сооружения. Изд-во Ассоциации строительных вузов. М., 2008, с. 360.
7. Маматканов Д.М., Бажанова Л.В. Водные ресурсы Кыргызстана на современном этапе. Б., Илим, 2006. с. 160.

Рецензент: д.т.н., профессор Свиденко В.Н.