

Нарбаев Т.И.<sup>1</sup>, Нарбаев М.Т.<sup>2</sup>, Исмаилова Г.К.<sup>1</sup>, Нарбаев М.Т.<sup>3</sup>, Нарбаева К.Т.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Казахский национальный аграрный университет, <sup>2</sup>Международный фонд спасения Арал, <sup>3</sup>Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева, <sup>4</sup>Казахский национальный университет имени Аль-Фараби

## Совершенствование метода расчета обеспеченности гарантированной отдачи водохранилища многолетнего регулирования стока

Предложен аналитический способ, где без расчета и построения кривых обеспеченности  $n$ -летия позволяет определить обеспеченность гарантированной отдачи водохранилищ многолетнего регулирования стока.

Ключевые слова: гарантированная обеспеченность, гидрологические характеристики, многолетнее регулирование

Применение обобщенных приемов на основе теории вероятностей в водохозяйственных расчетах в бывшем СССР начато с появлением в 1930 году первого способа расчета многолетнего регулирования стока С.Н. Крицкого и М.Ф. Менкеля. В дальнейшем этой теме посвящено большое число исследований. Широкое распространение получил второй метод тех же авторов [1], основанный на принципе сложения кривых обеспеченности. Развитие этого метода получило в работе [2].

Расчет по методу сложения кривых обеспеченности можно выполнять как по данным непосредственного календарного ряда наблюдений, так и по обобщенным параметрам стока с использованием кривой обеспеченности. Задача ставится следующим образом. Задана отдача  $\alpha$ , многолетняя составляющая емкость  $\beta$ , кривая обеспеченности годовых объемов стока, характеризуемая изменчивостью годового стока  $C_v$  и коэффициентом асимметрии  $C_s$ . Связь между смежных лет принимается равной нулю, т.е.  $r=0$ . Требуется определить обеспеченность гарантированной отдачи  $P$  %. Решение поставленной задачи указанным методом является громоздким. Пути частичного устранения этих трудностей рассматриваются в предлагаемой работе.

Кривая обеспеченности стока для первого года ординатами  $\alpha$  и  $\alpha-\beta$  делится на три характерные группы (см. рис.). К первой группе относятся годы с модульными коэффициентами  $K_i \geq \alpha$ , обеспечивающие отдачу даже при пустом водохранилище в начале года. Обеспеченность этой группы лет равна  $P_\alpha$  и определяется при  $K_i = \alpha$ .

Вторую крайнюю группу лет составляют годы  $K_i \leq \alpha-\beta$ , т.е. дефицит стока  $\alpha - K_i \geq \beta$  не покрывается полными запасами воды в водохранилище. Вероятность таких лет вычисляется  $S_i = 100 - F_{\alpha-\beta}$ . Значение  $P_{\alpha-\beta}$  определяется из условий  $K = \alpha-\beta$ .

Следующая промежуточная группа  $\alpha > K_i > \alpha-\beta$  включает условно перебойные годы, так как они могут дать безусловные перебои в сочетании с предшествующими маловодными годами.

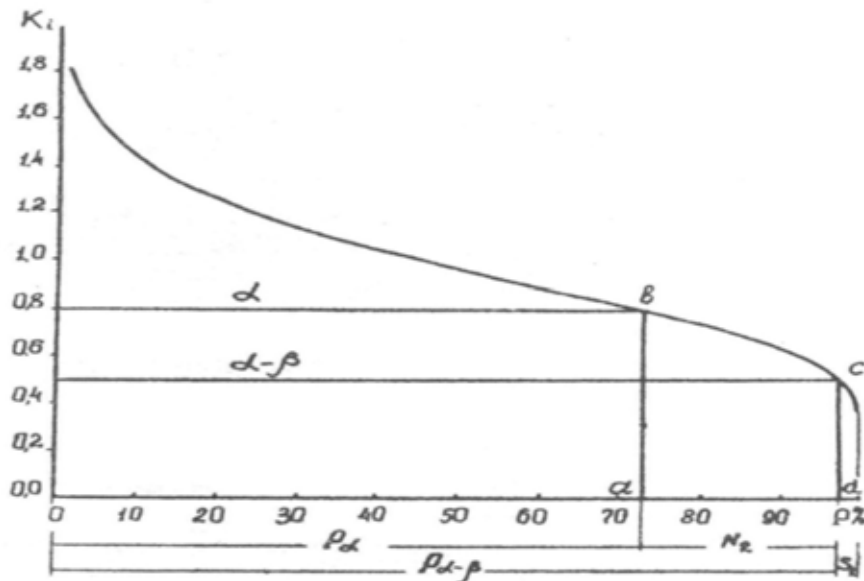


Рис. Выделение на кривой обеспеченности бесперебойных и перебойных лет. ( $P_\alpha$  - число бесперебойных лет,  $S$  - число перебойных лет)

Вероятность этой группы сомнительных лет находится  $N_2 = P_{\alpha-\beta} - P_\alpha$ . Они подлежат дальнейшему анализу.

Далее необходимо установить, какие из числа лет  $N_2$  дадут перебои совместно с одним предшествующим годом. Для этого не требуется описывать полностью все кривые обеспеченности. Достаточно определить обеспеченности ординат  $2_\alpha$  и  $2_{\alpha-\beta}$ . Причем можно обойтись без расчета и построения кривой обеспеченности за два года, а обеспеченность  $P_{2\alpha}$  и соответствующую ей ординату следует определить из исходной кривой обеспеченности по разности:

$$K_{2\alpha} = Y_2 - Y_0,$$

где  $K_{2\alpha}$  - приведенная ордината верхней границы сомнительного интервала

$Y_2$  - ордината верхней границы сомнительного интервала

$Y_2 = 2_\alpha$ ;

$Y_0$  - средняя линия параболической трапеции  $abcd$  определяется по формуле

Симпсона

$$Y_0 = 1/6[\alpha + 4y + (\alpha - \beta)];$$

$Y$  - условная средняя линия соответствующая  $Y = f(P_{cp})$ ;

$$P_{cp} = ;$$

$P_\alpha, P_{\alpha-\beta}$  - обеспеченности соответствующие ординатам  $\alpha$  и  $\alpha - \beta$ .

Для определения значения обеспеченности  $P_{\alpha-\beta}$  требуется найти приведенную ординату, соответствующую нижней границе сомнительного интервала по формуле:

$$K_{2\alpha-\beta} = Y_2 - \beta - Y_0 = K_{2\alpha} - \beta$$

По найденному  $K_{2\alpha-\beta}$  из основной кривой обеспеченности устанавливается значение  $P_{2\alpha-\beta}$ .

Вероятность  $S_2$ , дающая перебой совместно с предшествующим годом, вычисляется  $S_2 = (1 - P_{2\alpha-\beta})N_2$ .

Вероятность сомнительных лет для последующего анализа подсчитывают:

$$N_3 = (P_{2\alpha-\beta} - P_{2\alpha}) N_2$$

Из этих лет, согласно выше рассмотренному, перебои дадут годы  $S_3$ , а сомнительные годы будут  $N_4$ . Таким же образом находятся  $S_4$ ,  $N_5$ ,  $S_5$ ,  $N_6$  и т.д.

Основываясь на изложенном, можно перейти к более общим формулам рассортировки условно перебойных лет. Приведенная ордината от кривой обеспеченности  $n$ -летие к однолетию (к исходной кривой обеспеченности) определяется:

$$K_{n\alpha} = Y_n - Y_0(n-1), \quad (1)$$

Откуда ордината верхней границы сомнительного интервала кривой обеспеченности  $n$ -летие устанавливается:

$$Y_n = n \cdot \alpha \quad (2)$$

где  $n$  - число сочетаний кривых обеспеченности условно перебойных лет с абсолютной кривой обеспеченности стока.

Средняя линия параболической трапеции, заключенная между верхней и нижней границей сомнительного интервала кривой обеспеченности  $(n-1)$ -летия, подсчитывается по формуле :

$$Y(n-1) = \frac{1}{6} \{ (n-1)\alpha + 4 \cdot Y(n-1) + [(n-1)\alpha - \beta] \} \quad , \quad (3)$$

Отсюда условная средняя ордината

$$Y(n-1) = f(P_{cp}) = \frac{P(n-1)\alpha + P(n-1)\alpha - \beta}{2}$$

$$Y(n-1) = \frac{((n-1)\alpha + [(n-1)\alpha - \beta])}{2} \quad \text{при } n \geq 3, \quad (4)$$

Когда  $(n-1)\alpha - \beta \leq 0$  и в случае , то значение  $(n-1)\alpha - \beta$  заменяется при  $n \geq 3$  и  $K_p$  при  $n=2$ ,  $K_p$  - модульный коэффициент при  $P=99,9\%$ . По вычисленному  $K_{n\alpha}$  из кривой обеспеченности однолетия снимается значение обеспеченности  $P_{n\alpha}$

Для нахождения значения  $P_{n\alpha-\beta}$  необходимо получить нижнюю приведенную ординату по разности:

$$K_{n\alpha-\beta} = Y_{n-\beta} - Y_0(n-1) = K_{n\alpha} - \beta \quad (5)$$

По  $K_{n\alpha-\beta}$  из первоначальной кривой обеспеченности определяется  $P_{n\alpha-\beta}$

Далее вероятности перебойных лет находятся:

$$S_n = (1 - P_{n\alpha-\beta}) N_n \quad (6)$$

Вероятности сомнительных лет вычисляются:

$$N_{n+1} = (P_{n\alpha-\beta} - P_{n\alpha}) N_n \quad (7)$$

Таким образом, все годы  $N_2$  сортируются до конца на перебойные и бесперебойные годы полная вероятность  $S$  наступления перебойных лет составляется как сумма

$$S = S_1 + S_2 + \dots + S_n = \sum_{i=1}^{i=n} \delta n \quad (8)$$

Обеспеченность гарантированной отдачи  $P\%$  по числу бесперебойных лет:

$$P = (I - S) 100\% \quad (9)$$

В качестве примера списанного в табл. 1 сведены результаты расчетов при следующих исходных данных:

Здесь же для сопоставления приводится тот же пример заимствованный из работ [1,2]

Таблица 1

Вычисление безусловно перебойных и условно перебойных лет.

| Примеры расчеты                        | n | $n\alpha$ | $Pn\alpha$ | $n\alpha - \beta$ | $P_{n\alpha - \beta}$ | $S_n$ | $N_{n+1}$ |
|----------------------------------------|---|-----------|------------|-------------------|-----------------------|-------|-----------|
| По методу С.Н. Крицкого и М.Ф. Менкеля | 1 | 0,8       | 73,0       | 0,5               | 97,5                  | 2,50  | 24,5      |
|                                        | 2 | 1,6       | 57,0       | 1,3               | 90,5                  | 2,30  | 8,20      |
|                                        | 3 | 2,4       | 57,5       | 2,1               | 88,5                  | 0,90  | 2,60      |
|                                        | 4 | 3,2       | 55,1       | 2,9               | 88,1                  | 0,30  | 0,80      |
| $S = 6,00$                             |   |           |            |                   |                       |       |           |
| По методу С.И.Рыбкина                  | 1 | 0,8       | 73,10      | 0,5               | 97,5                  | 2,50  | 24,40     |
|                                        | 2 | 1,6       | 56,80      | 1,3               | 90,0                  | 2,44  | 8,10      |
|                                        | 3 | 2,4       | 54,60      | 2,1               | 88,6                  | 0,92  | 2,75      |
|                                        | 4 | 3,2       | 54,50      | 2,9               | 88,6                  | 0,31  | 0,94      |
| $S = 6,17$                             |   |           |            |                   |                       |       |           |
| По предлагаемому методу                | 1 | 0,8       | 73,0       | 0,5               | 97,5                  | 2,50  | 24,50     |
|                                        | 2 | 1,6       | 57,0       | 1,3               | 91,0                  | 2,20  | 8,34      |
|                                        | 3 | 2,4       | 53,0       | 2,1               | 89,0                  | 0,92  | 3,00      |
|                                        | 4 | 3,2       | 53,0       | 2,9               | 89,0                  | 0,33  | 1,08      |
| $S = 5,95$                             |   |           |            |                   |                       |       |           |

Из табл. 1 видно, что вычисление заканчивается по мере стабилизации кривой обеспеченности. Однако для полной рассортировки условно перебойной группы расчеты следует продолжать по стабилизированной кривой обеспеченности. Подсчеты, в частности, по предлагаемому приему, могут быть прекращены без ущерба для точности расчетов при  $N_{n+1} \leq 0,30$ . В связи с этим рассматриваемый пример следовало бы продолжить. в целомб сравнение как по ходу расчетаб так и по конечным результатам показывает малое расхождениеб поэтому указанные приемы можно считать равноценными.

## ВЫВОДЫ

- 1 Предлагаемый прием позволяет вести расчеты при любом соотношении  $C_s$  к  $C_v$  в пределах  $C_s=(1+6) C_v$
- 2 Исключение расчета и построения кривой обеспеченности  $n$ -летия упрощает и ускоряет вычислительные операции.

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Крицкий С.Н., Менкель М.Ф., Многолетнее регулирование стока. «Гидротехническое строительство», 1935, С.10-12.
- 2 Нарбаев Т.И., Метод сложения кривых обеспеченности. Труды ТИИИМСХ, выпуск 102. Вопросы мелиорации и гидротехнического строительства в условия Казахстана.ташкент,1979, С.111-116.