

Нарбаев Т.И.¹, Нарбаев М.Т.², Исмаилова Г.К.¹, Нарбаев М.Т.³, Нарбаева К.Т.⁴

¹Казахский национальный аграрный университет, ²Международный фонд спасения Арал, ³Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева, ⁴Казахский 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 α , многолетняя составляющая емкость β , 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 α 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_α 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.

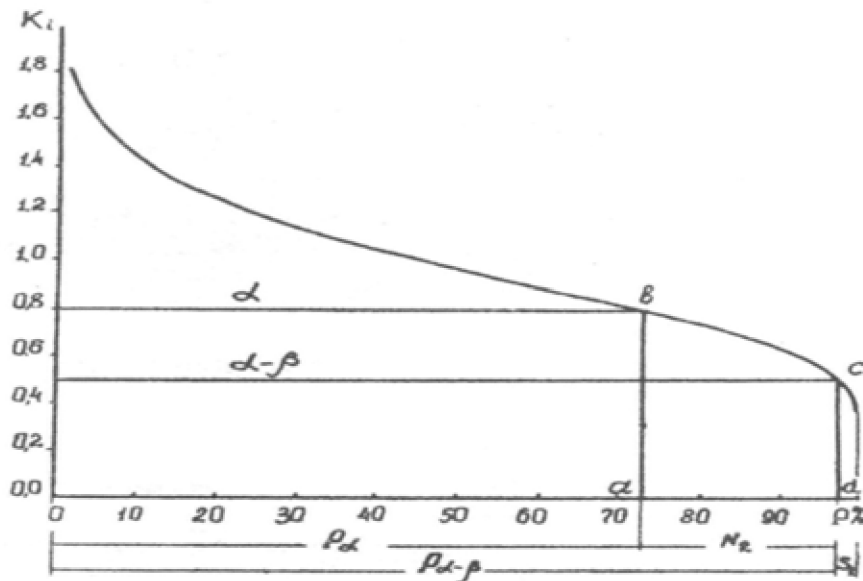


Рис. Выделение на кривой обеспеченности бесперебойных и перебойных лет. (P_α - число бесперебойных лет, S - число перебойных лет)

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_α 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 α 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 Крещого 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 расчета так и по конечным результатам показывает малое расхождение 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.