

Изд. 2-ое. 4. Андреев В.Г., Руденко С.И. Об учете влияния ледяного и снегового покрова на водный баланс естественных и искусственных водоемов. - Метеорология и гидрология, 1939, №1. 5. Браславский А.П. Потери воды из-за оседания снежоледяного покрова на берегах водохранилища при понижении его уровня. - Тр. координац. совещ. по гидротехнике, "Ледотермический режим свободных рек и подпертых бьефов и его регулирование." - Л., 1968, вып. 42. 6. Ресурсы поверхностных рек СССР. Белоруссия и Верхнее Приднепровье. - Л., 1966, т. 5, ч. I и II. 7. Рождественский А.В., Чеботарев А.И. Статистические методы в гидрологии. - Л., 1974. 8. Руководство по определению расчетных гидрологических характеристик. - Л., 1973. 9. Шебеко В.Ф. Внутригодовое распределение и обеспеченность осадков на территории Белорусской ССР. - Минск, 1962. 10. Григорьев С.В. Потенциальные энергоресурсы малых рек СССР. - Л., 1946.

УДК 556.166

В.А.Хавич, ст. науч. сотр.,
Н.А.Ногина, мл. науч. сотр. (ЦНИИКИВР)

МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ РАСЧЕТНЫХ СХЕМ ФОРМИРОВАНИЯ МАКСИМУМОВ ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ В БАССЕЙНАХ РЕК ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ ОТ НАВОДНЕНИЙ

Проектирование систем защиты территорий от речных наводнений вызывает необходимость учета влияния мероприятий, связанных с ним, на изменение расчетных характеристик максимального стока в речном бассейне. С этой целью выполняются расчеты трансформации гидрографов максимального стока в естественных и проектных условиях. Для их выполнения необходимо располагать системой гидрографов, задаваемых во входных створах основной реки и ее притоков. При этом изменение расчетных характеристик возможно оценить двумя путями:

1) расчета трансформации в проектных условиях реальных паводков, наблюдавшихся в прошлом, с последующим определением расчетных характеристик;

2) построения во входных створах расчетных гидрографов и последующих расчетов их трансформации в проектных условиях.

В первом случае используются непосредственные результаты реальных наблюдений. При этом определение расчетных характеристик максимального стока связано с необходимостью выполнения большого объема трудоемких расчетов трансформации стока в речном бассейне для накопления необходимой информации, а также требует многочисленных вычислений по построению кривых распределения исследуемых характеристик для расчетных створов проектируемой системы в проектных условиях. Особенно возрастает трудоемкость исследования при необходимости рассмотрения ряда проектных вариантов.

Во втором случае используются не реальные, а расчетные гидрографы заданной обеспеченности, поэтому для каждого проектного варианта достаточно выполнить всего один расчет трансформации стока. Тогда отпадает необходимость в построении кривых распределения характеристик в расчетных створах, так как их значения для проектных условий определяются непосредственно из результатов расчета трансформации гидрографов. Возникает задача определения расчетного сочетания входных гидрографов, которое обеспечивало бы прохождение по главной реке бассейна максимального расхода, имеющего заданную обеспеченность. Решение такой задачи может быть найдено на основе анализа возможных сочетаний расходов в створах основной реки и боковой приточности. На необходимость подобного анализа указывается и в действующих нормах проектирования СН 435-72 [1]. Однако методика его выполнения не разработана. Упомянутые в литературе [2, 3] приемы также не решают вопроса.

Наиболее рациональным методом решения его представляется использование регрессионного анализа.

Применительно к анализу сочетания гидрографов основной реки и боковой приточности могут быть построены регрессионные модели различных характеристик максимального стока: максимальных расходов, дат их наступления, объемов половодья, продолжительности и др. Располагая ими, можно известными в гидрологии методами построить искомую систему расчетных гидрографов в створах боковой приточности. При этом общая схема построения моделей характеристик включает ряд этапов:

- 1) речной бассейн разбивается по основной реке на расчетные участки, границами которых служат створы с имеющимися рядами наблюдений;
- 2) в пределах расчетных участков выделяются периоды одновременных наблюдений за стоком;
- 3) методом парного корреляционного анализа устанавливается теснота связей между исследуемыми параметрами паводков;

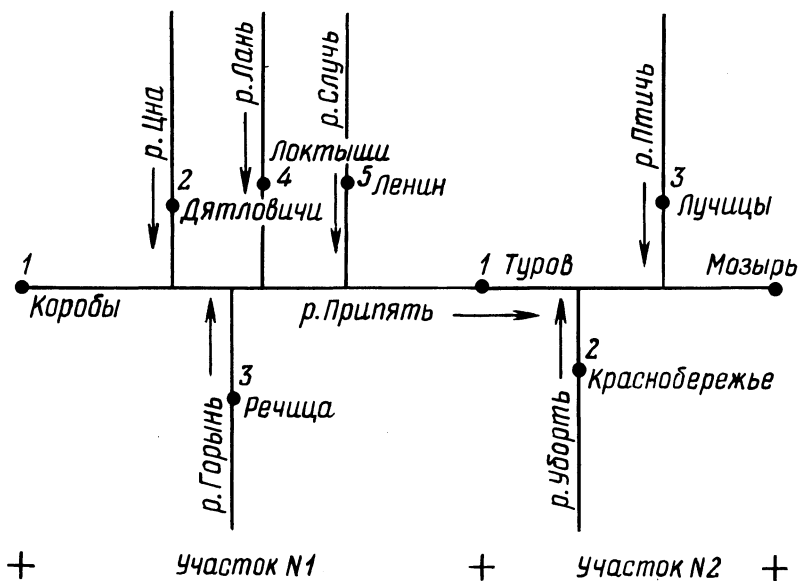


Рис. 1. Схема расчетной части бассейна р. Припять.

4) методом множественного регрессионного анализа строится математическая модель, устанавливающая зависимость между изучаемой характеристикой в замыкающем створе (створ-функция) и в других расчетных створах участка (створы-аргументы),

5) полученные для расчетных участков регрессионные модели используются затем для анализа характеристик максимального стока в соответствии с поставленной задачей.

Использование методики показано на примере бассейна р. Припять. На рис. 1 приводится схема разбивки расчетной части бассейна на участки. Задача исследования заключалась в установлении сочетания максимальных расходов боковой приточности, соответствующего весеннему паводку 1%-ной обеспеченности в створах основной реки. При этом даты наступления максимальных расходов на притоках должны были соответствовать средней дате наступления максимума в замыкающем створе (в/п Мозырь). Таким образом, моделировались две характеристики паводков: максимальный расход и дата его наступления.

Для построения моделей множественной регрессии использовались совместные наблюдения за стоком: в пределах 1-го участка - 22 года (1955-1976), 2-го - 43 года (1931-1940 и 1945-1976). Из указанного количества лет наблюдений 4 года

Табл. 1. Расчетные уравнения множественной регрессии

Номер расчетного участка	Номер уравнения	Свободный член a_0	Коэффициенты регрессии					Коэффициент множественной корреляции R	Средняя относительная погрешность δ , %
			a_1	a_2	a_3	a_4	a_5		
Максимальные расходы									
1	(1)	0,033	0,815	6,376	0,154	0,107	1,004	$0,98 \pm 0,01$	$\pm 9,5$
2	(2)	-0,027	1,05	1,084	1,924	-	-	$0,97 \pm 0,01$	$\pm 12,7$
Даты максимальных расходов									
1	(3)	0,109	0,673	0,392	0,186	0,158	0,645	$0,90 \pm 0,03$	$\pm 4,5$
2	(4)	0,07	0,751	0,124	0,097	-	-	$0,87 \pm 0,03$	$\pm 4,4$

Табл. 2. Результаты контрольных расчетов

Номер расчет- ного участка	Номер урав- нения	Конт- роль- ные годы	Максимальные расходы и даты в расчетных створах					Расходы и даты в замыкающем створе		Погрешности расчетов	
			1	2	3	4	5	факти- ческие	рас- четные	абсо- лютные	относи- тельные, %
Максимальные расходы (м ³ /с)											
1	(1)	1976	583	28	1410	42	180	1270	1190	80	6,9
2	(2)	1934	1560	514	300	-	-	3100	2610	490	15,8
		1941	1360	306	394	-	-	2420	2350	70	2,9
		1950	424	100	88	-	-	586	568	18	3,1
		1976	1270	463	265	-	-	2240	2180	60	2,7
Даты максимальных расходов											
1	(3)	1976	30.IY	8.IY	7.IY	4.IY	11.IY	15.IY	16.IY	1 сут	
2	(4)	1934	25.III	19.III	25.III	-	-	28.III	29.III	1	
		1941	13.IY	6.IY	10.IY	-	-	16.IY	16.IY	0	"
		1950	14.III	28.II	6.III	-	-	27.III	17.III	10	"
		1976	15.IY	6.IY	10.IY	-	-	18.IY	16.IY	2	"

Табл. 3. Корреляционные уравнения дат
максимальных расходов ($y = a_0 + ax$)

Номер участка, створ - функция	Створы - аргументы (река - пункт)	Номер уравнения	Свободный член a_0	Коэффициент регрессии a	Коэффициент корреляции
1. Припять - Туров	Цна - Дятловичи	(5)	0,556	0,491	$0,62 \pm \pm 0,09$
	Лань - Локтыши	(6)	0,520	0,568	$0,66 \pm \pm 0,08$
	Горынь - Речица	(7)	0,443	0,658	$0,81 \pm \pm 0,05$
	Случь - Ленин	(8)	0,118	0,935	$0,88 \pm \pm 0,03$
2. Припять - Мозырь	Уборть - Краснобережье	(9)	0,460	0,602	$0,71 \pm \pm 0,05$
	Птичь - Лучицы	(10)	0,323	0,726	$0,68 \pm \pm 0,06$

Табл. 4. Расчетная схема формирования максимумов весеннего половодья

Расчетные створы (река - пункт)	Дата максимального расхода	Максимальный расход, m^3/c	Обеспеченность, %
Припять - Коробы	5.IY	2210	1,0
Цна - Дятловичи	29.III	115	1,3
Горынь - Речица	23.III	3140	2,0
Лань - Локтыши	23.III	285	1,0
Случь - Ленин	2.IY	792	1,3
Припять - Туров	8.IY	3960	1,0
Уборть - Краснобережье	1.IY	707	3,5
Птичь - Лучицы	4.IY	664	4,0
Припять - Мозырь	11.IY	6040	1,0

(1934, 1941, 1950, 1976) были отобраны для контрольных расчетов и не учитывались при построении уравнений регрессии.

В качестве расчетных моделей использовались линейные уравнения вида

$$y = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i x_i.$$

Коэффициенты регрессии, определенные методом наименьших квадратов при помощи ЭВМ ЕС-1020, даны в табл. 1.

В табл. 2 показаны результаты контрольных расчетов по полученным уравнениям. Из приведенных данных можно заключить что расчетные модели обеспечивают приемлемую точность вычислений и могут использоваться для определения расчетного сочетания величин максимальных расходов и их дат.

Полученные уравнения множественной регрессии допускают значительное количество решений, поэтому для выделения из них единственного приходится вводить дополнительные гипотезы. Для определения расчетного сочетания максимальных расходов в качестве такой дополнительной гипотезы введено предположение что величины расходов боковой приточности распределяются пропорционально вкладу содержащих их членов регрессионного уравнения в результат. Тогда решение находится с использованием весовых коэффициентов, характеризующих вклады (веса) отдельных притоков. Используя найденные значения максимальных расходов, по соответствующим кривым устанавливаются значения их обеспеченностей.

Расчетное сочетание дат максимальных расходов определяется путем решения уравнения множественной регрессии совместно с парными корреляционными уравнениями, характеризующими связи между датами в замыкающем створе участка и створах боковой приточности (табл. 3).

В табл. 4 приводятся расчетные сочетания максимальных расходов и их дат, определенные по изложенной методике.

Изложенное свидетельствует об эффективности применения регрессионного анализа для определения расчетных сочетаний характеристик максимального стока в речном бассейне при проектировании инженерных систем защиты от наводнений. Разработанная методика может найти применение и для решения других вопросов водохозяйственного проектирования.

Л и т е р а т у р а

1. Указания по определению расчетных гидрологических характеристик (СН 435-72). - Л., 1972. 2. Водноэнергетиче-

кие расчеты методом Монте-Карло / Под ред. А.Ш.Резникова. - М., 1969. 3. Гидрологические расчеты при проектировании водохранилищ СССР / И.В.Боголюбова, В.С.Вугинский, Р.В.Донченко, Б.С.Цейтлин. - Мат-лы Международн. симп. по специфическ. аспектам гидролог. расчетов для водхоз. проект. Л., 1979.

УДК 628.221

Е.А.Казанли, инж. (БПИ)

К РАСЧЕТУ ИНТЕНСИВНОСТИ ДОЖДЕЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ КАНАЛИЗАЦИИ

Количественную оценку интенсивности ливней при расчете канализационных сетей рекомендуется осуществлять путем специальной обработки записей самопишущих дождемеров за многолетний период. В случае отсутствия таких наблюдений или их краткосрочности строительные нормы и правила (СНиП-П-32-74) рекомендуют пользоваться картами и формулами. Так, для определения интенсивности в таких условиях применяется формула

$$q = \frac{20^n q_{20} (1 + c \lg p)}{t^n}, \quad (1)$$

где q - средняя максимальная интенсивность дождя, л/с на 1 га; t - продолжительность дождя, мин; n - параметр, характеризующий уменьшение средней интенсивности с увеличением продолжительности при заданном периоде однократного превышения расчетной интенсивности дождя p ; q_{20} - интенсивность дождя, соответствующая продолжительности 20 мин при $p=1$ год; c - параметр, характеризующий вероятность интенсивности.

Из формулы (1) следует, что степень точности определения интенсивности будет зависеть от надежности данных о величинах параметров c , q_{20} , n , которые рекомендуется определять по мелкомасштабным картам-схемам. На картах приведена средняя величина параметра n для p в пределах $0,33 \pm 10$. Однако в ходе определения этой величины замечено, что в ряде пунктов и регионов она устойчиво меняется в зависимости от изменения p , и особенно при $p < 1$. Но пока имеются рекомендации по учету изменения n только для Средней Азии и Азербайджана по формуле

$$n = n_1 p^k, \quad (2)$$

где n_1 - величина параметра при p , равном одному году; k -