

ГИДРОЛОГИЯ.

Тема 4. ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ПРИ НАЛИЧИИ ДАННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Построение эмпирической кривой обеспеченности. Работа № 4.1

Естественное распределение речного стока на протяжении годового периода крайне неравномерно.

Большая часть стока проходит в период весеннего половодья и паводков. Неравномерно и многолетнее распределение стока. В инженерной гидрологической практике применяются различные методы анализа. Это связано со сложностью гидрологических процессов, а также недостаточностью развития экспериментальных исследований и полевых наблюдений.

При производстве гидрологических расчетов приходится оперировать большим количеством исходных данных. Эти данные образуют *статистические ряды*, которые должны обрабатываться методами теории вероятности.

Число лет наблюдений за рекой называется *рядом*.

Если число лет наблюдений **менее 25 лет**- то ряд считается **недостаточным (коротким)**, если **число лет наблюдений N=25-30 лет**, то ряд считается **длинным (достаточным)**.

Имеющиеся ряды наблюдений за гидрологическими характеристиками рассматриваются как совокупность случайных величин, и вероятность их появления имеет важное практическое значение.

Последовательное суммирование частоты статистического ряда от наибольшего значения к наименьшему, выраженное в процентах или долях от общего числа случаев, дает кривую обеспеченности.

Для построения эмпирической кривой обеспеченности необходимо произвести расчеты и оформить их в таблице 3. Исходные данные принять по таблице 2 по **варианту (СПИСОК В ЖУРНАЛЕ ГРУППЫ)**.

У студентов у которых вариант больше 10 принимают вариант по последней цифре (пример: номер по списку 11- вариант 1)

Таблица 2- Исходные данные для определения параметров эмпирической кривой обеспеченности

Года	Средние годовые расходы м ³ /с по вариантам									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1986	39,1	45,5	100,6	121,3	63,2	45,5	55,1	33,2	33,3	107,0
1987	45,2	97,8	96,6	95,4	56,2	97,8	31,1	47,8	28,9	81,7
1988	24,1	53,2	89,5	65,6	28,9	53,2	32,8	31,8	27,3	106,2
1989	30,0	47,7	62,2	95,4	66,4	47,7	42,5	28,2	20,8	95,4
1990	20,7	63,5	78,5	98,6	77,2	63,5	18,4	55,4	26,2	85,6

1991	29,3	111,3	85,4	88,6	141,2	111,3	28,9	64,3	31,1	118,1
1992	31,9	85,3	118,0	67,5	120,9	85,3	30,0	48,9	35,8	110,3
1993	27,8	57,9	141,0	76,2	110,4	57,9	18,2	38,6	30,7	98,6
1994	25,4	65,0	107,0	61,1	87,5	87,5	22,5	27,3	31,4	68,4
1995	33,3	49,9	88,3	95,5	92,4	92,4	36,4	18,0	27,2	56,2
1996	28,9	48,3	92,2	96,2	88,7	88,7	42,5	28,9	35,8	58,4
1997	27,3	76,8	84,2	81,3	71,1	65,8	58,8	27,3	30,7	76,5
1998	20,8	66,7	59,05	72,1	59,05	59,4	55,9	20,8	31,4	84,1
1999	26,2	79,7	97,2	63,2	97,2	87,2	52,6	36,6	62,8	89,2
2000	31,1	56,6	68,9	56,2	68,9	68,9	45,6	31,1	56,1	56,5
2001	28,4	45,5	55,4	60,0	101,00	96,4	33,2	35,8	70,2	54,2
2002	30,7	65,8	95,4	66,4	95,4	95,4	47,8	30,7	78,8	68,7
2003	31,4	37,4	85,5	77,2	85,5	121,3	31,8	31,4	84,4	78,6
2004	27,2	42,2	83,0	141,2	83,0	95,4	28,2	27,2	66,3	79,4
2005	19,8	56,1	95,6	120,9	95,6	141,0	55,4	56,1	68,5	100,2
2006	25,5	70,2	76,6	110,4	76,6	95,4	64,3	70,2	33,2	99,6
2007	20,0	78,8	50,2	87,5	50,2	98,6	48,9	78,8	47,8	121,3
2008	18,9	84,4	53,7	92,4	53,7	88,6	38,6	84,4	31,8	92,1
2009	26,8	66,3	59,5	88,7	59,5	67,5	27,3	66,3	28,2	85,7
2010	42	45	55	72	45	45	36	32	32	65

НЕОБХОДИМО ЗАПОЛНИТЬ ЭТУ ТАБЛИЦУ

Таблица 3- Вычисление ординат эмпирической кривой обеспеченности.

Среднегодовые расходы Q_i ($\frac{m^3}{c}$) из таблицы 2 в хронологическом порядке	Расходы Q_i ($\frac{m^3}{c}$) в убывающем порядке	Модульные коэф- фициенты $k_i = \frac{Q_i}{Q_0}$	$(k_i - 1)$	$(k_i - 1)^2$	Расчетная обеспеченность $P = \frac{m}{n + 1} 100\%$
1	2	3	4	5	6
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					

14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
Итого:	$\sum Q_i$				

Из таблицы 2 в таблицу 3 в графу 1 заносятся данные расходов за 25 лет наблюдений.

Расходы выстраиваются в убывающем порядке и переписываются в графу 2 (самый большой расход стоит первым, за ним следующий по убыванию и т.д.

Самый маленький расход записывается последним.

Если расходы повторяются, то они записываются друг за другом).

Для ряда наблюдений вычисляются значения стока, коэффициентов вариации и асимметрии среднегодовых расходов и эмпирической обеспеченности, данные величины являются параметрами кривой.

Норма стока- среднее значение величины стока за N лет наблюдений, определяется:

$$Q_0 = \frac{\sum Q_i}{n} \quad (8)$$

Где $\sum Q_i$ -сумма расходов в убывающем ряду (по графе 2)

n- число лет наблюдений (n =25).

Модульный коэффициент определяется:

$$k_i = \frac{Q_i}{Q_0} \quad (9)$$

Для математической обработки ряда наблюдений рассчитывается **коэффициент вариации**, который характеризует изменчивость ряда и равен отношению среднеквадратичного отклонения ряда к среднеарифметическому.

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum (k-1)^2}{n-1}} \quad (10)$$

Так же необходимо определить **коэффициент асимметрии**, который характеризует степень асимметричности ряда.

Показывает отклонение среднеарифметического значения ряда от ординаты соответствующей обеспеченности 50%. Кривая симметрична, если $C_s=0$. Коэффициент асимметрии определяется:

$$C_s = \frac{\sum (k-1)^3}{(n-1)C_v^3} \quad (11)$$

Для обработки статистического ряда определяем средние квадратичные ошибки методом моментов. Ошибка для нормы стока:

$$\sigma_{Q_0} = 100 \frac{C_v}{\sqrt{n}}, \% \quad (12)$$

Квадратичные ошибки для коэффициентов вариации и асимметрии:

$$\sigma_{C_v} = 100 C_v \frac{\sqrt{1+2C_v^2}}{\sqrt{n}}, \% \quad (13)$$

$$\sigma_{C_s} = 100 \sqrt{\frac{6(1+6C_v^2+5C_v^4)}{n}}, \% \quad (14)$$

Средние квадратичные ошибки не должны превышать 20%. Часто средняя квадратичная ошибка коэффициента асимметрии превышает 20%, поэтому к расчету принимается коэффициент асимметрии $C_s=2C_v$.

Последняя графа таблицы 3- расчет обеспеченности, она определяется в процентах каждого члена статистического ряда по формуле Крицкого-Менкеля:

$$P_{\%} = 100 \frac{m}{n+1}, \%$$

Где **m- порядковый номер расхода в убывающем ряду** (пример: самый большой расход стоит под номером 1, значит для него m=1; следующий расход стоит под номером 2, значит для него m=2 и т.д.)

По графам 2 и 6 таблицы 3 строится график эмпирической обеспеченности.

$\Phi * C_v$												
$\Phi * C_v + 1 = K_p$												
$Q = K_p * Q_0$												

Вычисление ординат аналитической кривой обеспеченности производится по методу моментов для полученных ранее значений Q_0, C_s, C_v . Для этого используют таблицы отклонений ординат кривой обеспеченности от середины $K_{p\%}=1,0$ для различных значений C_s и $P\%$, из которых находят численные значения $\Phi_{p\%}$ (по приложению Б).

По найденному значению Φ_p вычисляют значения модульных коэффициентов

$$K_{p\%} = C_v * \Phi_{p\%} + 1 \quad (15)$$

и величины соответствующих расходов:

$$Q_{p\%} = K_p * Q_0 \quad (16)$$

Результаты расчетов выносятся на график обеспеченности (рисунок 3). Обеспеченность принимается от значений 0,01 % до 99,9%.

Приложение В

Значения относительных отклонений

Таблица В.1-Таблица Фостера-Рыбкина

Cs	Относительные отклонения Φ модульных коэффициентов от единицы при различных $P\%$										
	0,01	0,1	1,0	3	5	10	20	25	30	40	50
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0,0	3,72	3,09	2,33	1,88	1,64	1,28	0,84	0,68	0,52	0,25	0,00
0,2	4,16	3,38	2,48	1,93	1,69	1,30	0,83	0,67	0,51	0,22	-0,03
0,4	4,61	3,67	2,62	2,00	1,74	1,32	0,82	0,65	0,48	0,19	-0,06
0,6	5,05	3,96	2,77	2,06	1,79	1,33	0,80	0,3	0,45	0,15	-0,09
0,8	5,50	4,25	2,90	2,12	1,83	1,34	0,78	0,60	0,42	0,12	-0,13
1,0	6,96	4,54	3,03	2,19	1,87	1,34	0,76	0,57	0,38	0,08	-0,16
1,2	6,41	4,82	3,15	2,25	1,90	1,34	0,74	0,54	0,35	0,05	-0,19
1,4	6,87	5,11	3,28	2,31	1,93	1,34	0,71	0,51	0,32	0,02	-0,22
1,6	7,31	5,39	3,40	2,36	1,96	1,33	0,68	0,40	0,28	-0,01	-0,25
1,8	7,76	5,66	3,50	2,41	1,98	1,32	0,64	0,44	0,24	-0,05	-0,28
2,0	8,21	5,91	3,60	2,46	2,00	1,30	0,61	0,41	0,20	-0,08	-0,30
2,2	-	6,14	3,68	2,54	2,02	1,27	0,57	0,35	0,16	-0,12	-0,33
2,4	-	6,37	3,78	2,60	2,00	1,25	0,52	0,29	0,12	-0,14	-0,35
2,6	-	6,54	3,86	2,83	2,00	1,21	0,48	0,25	0,085	-0,17	-0,37
2,8	-	6,86	3,96	2,65	2,00	1,18	0,44	0,22	0,057	-0,20	-0,39
3,0	-	7,10	4,05	2,66	1,97	1,13	0,39	0,19	0,027	-0,22	-0,40
3,2	-	7,35	4,11	2,66	1,96	1,09	0,35	0,15	-0,06	-0,25	-0,41
3,4	-	7,54	4,18	2,66	1,94	1,06	0,31	0,11	-0,036	-0,27	-0,41
3,6	-	7,72	4,24	2,56	1,93	1,03	0,28	0,064	-0,072	-0,28	-0,42
3,8	-	7,97	4,29	2,65	1,90	1,00	0,24	0,032	-0,095	-0,30	-0,42
4,0	-	8,17	4,34	2,65	1,90	0,96	0,21	0,010	-0,12	-0,31	-0,41

