

#### 4.1 Определение расчетного расхода и расчетного уровня воды в реке

Расчетный расход  $Q_p$  и соответствующий ему расчетный уровень высоких вод (РУВВ) определяют графоаналитическим способом в следующем порядке.

1. По табл. 4.1 назначают вероятность превышения  $P^*$  расчетного максимального расхода воды, зависящую от категории дороги.

2. На миллиметровой бумаге формата А3 (297×420 мм) в левом верхнем углу вычерчивают поперечное сечение водотока по оси мостового перехода (*морфоствор*). Горизонтальный масштаб чертежа – 1:2000, вертикальный – 1:200. Наносят свободную поверхность воды, соответствующую уровню меженных вод (УМВ), отметку дна водотока по оси мостового перехода. Морфоствор делят на части пунктирными линиями по границе разлива при УМВ: левую пойму (ЛП), главное русло (ГР) и правую пойму (ПП).

3. В табл. 4.3 (см. стр. 3), в убывающем порядке заносят значения максимальных глубин воды, зарегистрированные в течение 20 лет наблюдений. Затем вычисляют среднеарифметическое значение максимальных глубин  $\bar{h}$ :

$$\bar{h} = \frac{\sum_{j=1}^{20} h_j}{20}, \quad (4.1)$$

где  $h_j$  – данные водомерного поста.

4. На чертеж морфоствора наносят уровни свободной поверхности воды, соответствующие характерным глубинам воды: максимальной  $h_{max}$ , минимальной  $h_{min}$  и двум средним, наиболее близким к среднеарифметическому значению ( $h_1 \leq \bar{h} \leq h_2$ ).

5. Для каждой характерной глубины воды и части морфоствора (ЛП, ГР, ПП) определяют ширину зеркала воды  $B$ ; площадь живого сечения  $\omega$ ; среднюю глубину воды  $h_{cp} = \frac{\omega}{B}$ ; скорость

протекания воды  $v = m \cdot h_{cp}^{2/3} \cdot \sqrt{i}$ , где  $m$  – коэффициент ровности в частях морфоствора,  $i$  – уклон свободной поверхности; расход воды  $Q = \omega \cdot v$ . Результаты расчетов сводят в табл. 4.2, помещаемую под чертежом морфоствора, (см. стр. 3).

6. Вычисляют суммарный расход воды в сечении водотока

$$Q = Q_{лп} + Q_{гр} + Q_{пп}, \quad (4.2)$$

где  $Q_{лп}$ ,  $Q_{гр}$ ,  $Q_{пп}$  – расходы, проходящие по частям морфоствора (левую пойму, главное русло и правую пойму соответственно).

7. Используя полученные значения 4-х характерных глубин и соответствующих им расходов, в правом верхнем углу схемы строят кривую связи между расходами и уровнями воды  $Q = f(h)$ . С его помощью далее определяют расходы воды в реке для оставшихся 16-ти глубин.

8. Вычисляют среднее значение расхода

$$\bar{Q} = \frac{\sum_{j=1}^{20} Q_j}{20}, \quad (4.3)$$

*коэффициенты расхода*

$$K_j = \frac{Q_j}{\bar{Q}}, \quad (4.4)$$

эмпирические значения вероятности

$$P_{эj} = \frac{j}{n+1} \cdot 100\%, \quad (4.5)$$

где  $Q_j$  – расход воды, соответствующий глубине  $h_j$ ;  $j$  – порядковый номер члена ранжированного (убывающего) ряда;  $n=20$  лет. Результаты вычислений заносят в табл. 4.3.

9. Определяют коэффициент вариации:

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{20} (K_j - 1)^2}{19}}. \quad (4.6)$$

10. Для вычисленного значения  $C_v$  из таблицы 4.4 выбирают 3 теоретических кривых трехпараметрического закона распределения вероятности при соотношениях  $C_s/C_v=2$ ;  $C_s/C_v=3$ ;  $C_s/C_v=4$ , где  $C_s$  – коэффициент асимметрии.

11. На специальной полулогарифмической сетке (клетчатке вероятностей) строят графики выбранных теоретических кривых вероятности. Туда же наносят значения коэффициентов расхода  $K_j$  и соответствующие им вероятности  $P_{эj}$  (т.е. строят эмпирическую кривую вероятности), рис. 4.1.

12. Анализируя построенные графики, устанавливают ближайшую к эмпирической теоретическую кривую и принимают ее в качестве расчетной.

13. С помощью расчетной кривой или табл. 4.4 для вероятности превышения  $P^*$  находят значение коэффициента расхода  $K_p$  и вычисляют расчетный расход воды (расчетный максимальный расход воды по клетчатке вероятности).

$$Q'_p = K_p \cdot \bar{Q}. \quad (4.7)$$

14. С помощью графика  $h=f(Q)$  по значению  $Q'_p$  находят расчетную максимальную глубину воды в русле  $h_{рб\ max}$  и расчетный уровень высоких вод

$$PUBB = H_{дн} + h_{рб\ max}, \quad (4.8)$$

где  $H_{дн}$  – отметка дна русла, определяемая по продольному профилю дороги.

15. Глубину, соответствующую  $h_{рб\ max}$ , наносят на схему морфоствора и находят параметры  $B$ ,  $\omega$ ,  $h_{ср}$ ,  $v$  и  $Q$  в частях морфоствора. Полученные данные заносят в табл. 4.2.

16. По формуле (4.9) определяют суммарный расход  $Q''_p$  при  $h_{рб\ max}$ , т.е. расчетный максимальный расход воды, полученный по морфометрическим расчетам (на морфометрической основе):

$$Q''_p = Q''_{лп} + Q''_{гр} + Q''_{мп}. \quad (4.9)$$

17. Окончательно в качестве расчетного максимального расхода принимают максимальное значение из двух величин:  $Q'_p$  и  $Q''_p$ , т.е.

$$Q_p = \max(Q'_p, Q''_p). \quad (4.10)$$

18. Значение  $Q_p$  распределяют по частям морфоствора в той же пропорции, что и в (4.9), т.е.

$$Q_{п.лп} = Q_p \cdot \frac{Q''_{лп}}{Q''_p}; \quad Q_{п.гр} = Q_p \cdot \frac{Q''_{гр}}{Q''_p}; \quad Q_{п.мп} = Q_p \cdot \frac{Q''_{мп}}{Q''_p}. \quad (4.11)$$

Таблица 4.1 – Вероятности превышения расчетного максимального расхода воды для мостовых переходов

Категория дороги	Вероятность превышения расчетного максимального расхода воды, %
I-III	1
IV-V	2

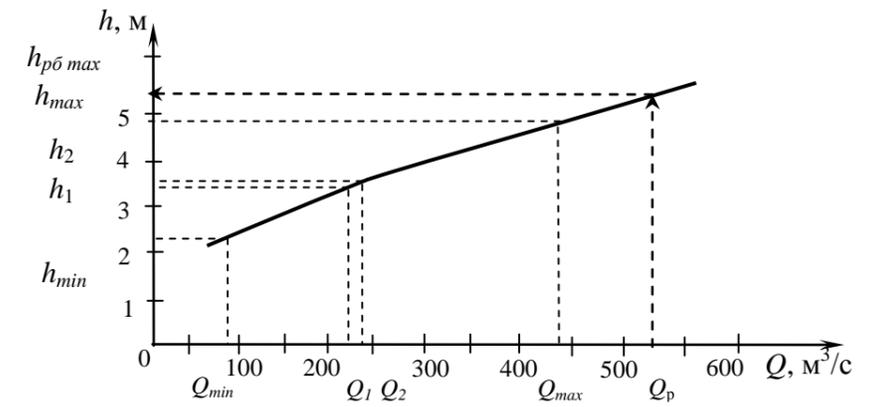
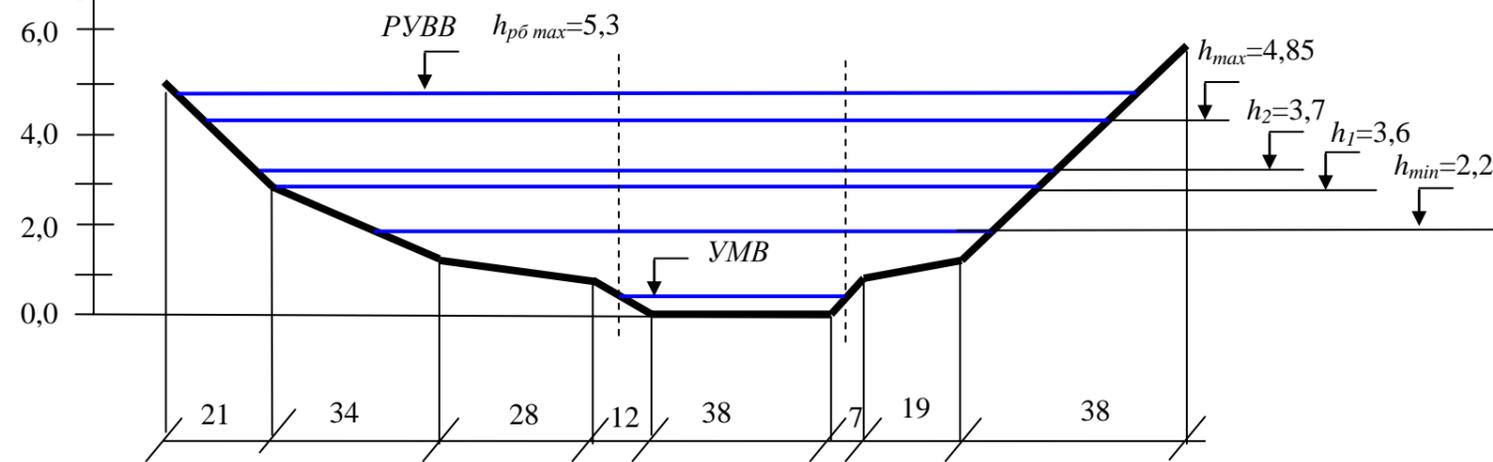


Таблица 4.2 – Морфометрические расчеты

Параметр	Левая пойма			Главное русло			Правая пойма			
	$h_{min}$	$h_1$	$h_2$	$h_{max}$	$h_{pб max}$	$h_{min}$	$h_1$	$h_2$	$h_{max}$	$h_{pб max}$
$B, M$	$h_{min}$	36,0	47,0	28,0						
	$h_1$	68	47,0	35,0						
	$h_2$	72	47,0	39,0						
	$h_{max}$	80	47,0	47,5						
	$h_{pб max}$	86	47,0	55,5						
$\omega, M^2$	$h_{min}$	34,0	100,25	21,0						
	$h_1$	56,4	166,05	65,1						
	$h_2$	63,4	170,75	68,8						
	$h_{max}$	150,8	224,8	118,5						
	$h_{pб max}$	188,15	245,95	141,7						
$h_{cp}, M$	$h_{min}$	0,94	2,13	0,75						
	$h_1$	0,83	3,53	1,86						
	$h_2$	0,88	3,63	1,76						
	$h_{max}$	1,89	4,77	2,49						
	$h_{pб max}$	2,19	5,23	2,55						
$v, M/c$	$h_{min}$	0,32	0,71	0,33						
	$h_1$	0,29	1,0	0,6						
	$h_2$	0,31	1,02	0,58						
	$h_{max}$	0,51	1,22	0,73						
	$h_{pб max}$	0,56	1,3	0,75						
$Q, M^3/c$	$h_{min}$	11	70	7,0						
	$h_1$	16	166	39						
	$h_2$	20	169	40						
	$h_{max}$	77	274	87						
	$h_{pб max}$	105	320	106						
$Q_{min} = 88 M^3/c$										
$Q_1 = 221 M^3/c$										
$Q_2 = 229 M^3/c$										
$Q_{max} = 438 M^3/c$										
$Q_p = 531 M^3/c$										

Таблица 4.3 – Эмпирический закон распределения коэффициентов расхода

№	Год наблюдения	Характеристики		$K_j$	$K_j - 1$		$(K_j - 1)^2$	$P_{j\%}$
		$h_j, M$	$Q_j, M^3/c$		+	-		
1	1988	4,85	534	1,81	0,81	-	0,65	4,8
2	1997	4,50	460	1,55	0,55	-	0,30	9,5
3	1994	4,45	450	1,52	0,52	-	0,27	14,3
4	1983	4,40	440	1,49	0,49	-	0,24	19,0
5	1991	4,30	420	1,42	0,42	-	0,19	23,8
6	1998	4,20	400	1,35	0,35	-	0,12	28,6
7	1981	4,05	365	1,23	0,23	-	0,05	33,3
8	1987	3,85	330	1,11	0,11	-	0,01	38,1
9	1982	3,70	299	1,01	0,0	-	0,0	42,9
10	1986	3,60	283	0,95	-	-0,05	0,003	47,6
11	1995	3,60	283	0,95	-	-0,05	0,003	52,4
12	1990	3,40	250	250	-	-0,16	0,03	57,1
13	1999	3,25	235	0,79	-	-0,21	0,04	61,9
14	1996	3,10	210	0,71	-	-0,29	0,08	66,7
15	1989	3,10	210	0,71	-	-0,29	0,08	71,4
16	1984	2,95	190	0,64	-	-0,36	0,13	76,2
17	2000	2,95	190	0,64	-	-0,36	0,13	81,0
18	1992	2,70	160	0,54	-	-0,46	0,21	85,7
19	1993	2,40	120	0,40	-	-0,6	0,36	90,5
20	1985	2,20	90	0,30	-	-0,7	0,49	95,2

Таблица 4.4 – Закон трехпараметрического распределения

P, %	Коэффициенты вариации $C_v$						
	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2
$C_v/C_v = 2$							
1	1,25	1,52	2,16	2,89	3,71	4,61	5,50
3	1,20	1,41	1,88	2,39	2,94	3,51	4,05
5	1,17	1,35	1,74	2,15	2,57	3,0	3,45
10	1,13	1,26	1,53	1,81	2,06	2,30	2,50
20	1,08	1,16	1,31	1,44	1,54	1,61	1,62
30	1,05	1,09	1,17	1,21	1,22	1,20	1,13
40	1,02	1,04	1,05	1,03	0,99	0,92	0,81
50	1,00	0,99	0,95	0,88	0,80	0,69	0,58
60	0,97	0,94	0,85	0,75	0,63	0,51	0,40
70	0,95	0,89	0,76	0,62	0,49	0,36	0,26
80	0,92	0,83	0,66	0,49	0,35	0,22	0,13
90	0,87	0,75	0,53	0,35	0,21	0,11	0,05
95	0,84	0,70	0,45	0,25	0,13	0,05	0,02
97	0,82	0,66	0,39	0,20	0,09	0,03	0,01
99	0,78	0,59	0,31	0,13	0,04	0,01	0
$C_v/C_v = 3$							
1	1,25	1,55	2,25	3,07	3,92	4,80	5,85
3	1,21	1,42	1,91	2,42	2,94	3,47	3,99
5	1,17	1,36	1,75	2,14	2,51	2,89	3,23
10	1,14	1,26	1,52	1,76	1,97	2,15	2,31
20	1,09	1,16	1,29	1,38	1,45	1,49	1,50
30	1,05	1,09	1,14	1,15	1,15	1,13	1,08
40	1,02	1,05	1,03	1,00	0,95	0,88	0,81
50	0,99	1,03	0,93	0,86	0,78	0,70	0,61
60	0,97	0,98	0,84	0,74	0,65	0,55	0,46
70	0,94	0,93	0,76	0,64	0,53	0,42	0,33
80	0,91	0,88	0,67	0,53	0,41	0,31	0,22
90	0,87	0,83	0,57	0,41	0,29	0,19	0,12
95	0,84	0,76	0,49	0,33	0,21	0,13	0,07
97	0,81	0,71	0,45	0,28	0,17	0,10	0,05
99	0,79	0,62	0,37	0,21	0,12	0,06	0,03
$C_v/C_v = 4$							
1	1,23	1,58	2,34	3,17	4,01	4,90	5,82
3	1,19	1,43	1,92	2,44	2,90	3,35	3,84
5	1,17	1,36	1,75	2,11	2,45	2,77	3,07
10	1,11	1,26	1,51	1,72	1,90	2,05	2,18
20	1,08	1,15	1,26	1,34	1,40	1,42	1,43
30	1,05	1,08	1,12	1,13	1,12	1,09	1,06
40	1,02	1,03	1,01	0,97	0,93	0,87	0,81
50	0,99	0,98	0,92	0,85	0,78	0,71	0,63
60	0,97	0,93	0,84	0,75	0,66	0,57	0,49
70	0,94	0,88	0,76	0,65	0,55	0,46	0,38
80	0,91	0,83	0,68	0,55	0,45	0,36	0,27
90	0,88	0,77	0,59	0,44	0,33	0,25	0,18
95	0,85	0,72	0,52	0,37	0,26	0,18	0,12
97	0,83	0,69	0,48	0,33	0,23	0,15	0,10
99		0,64	0,42	0,27	0,17	0,11	0,06

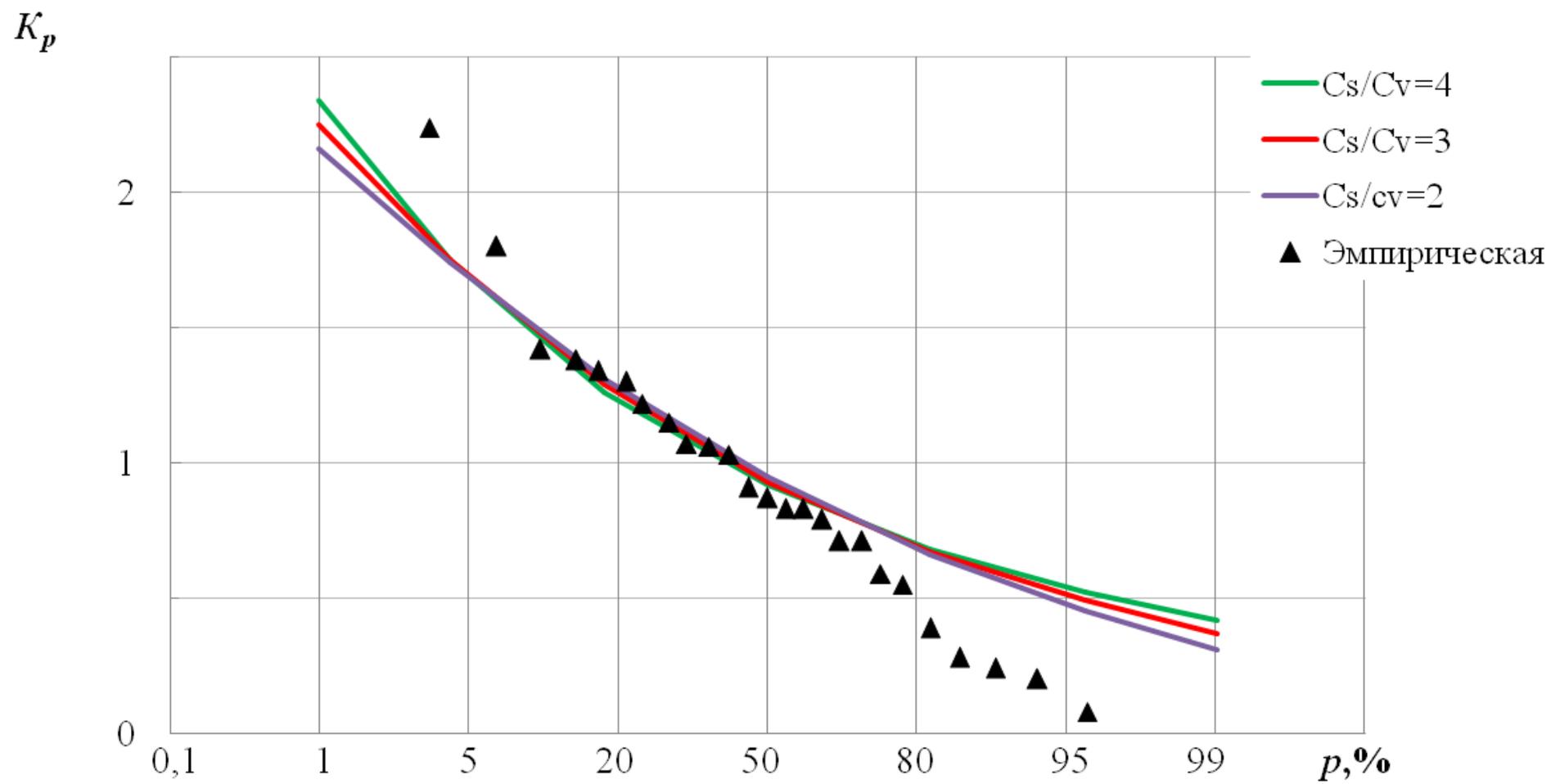


Рисунок 4.1 – Кривые вероятностей распределения расходов воды