



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Белорусский национальный  
технический университет

---

---

Кафедра «Кораблестроение и гидравлика»

# ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ

*Методические указания по выполнению курсовой работы  
по дисциплине «Гидрология, гидрометрия,  
динамика русловых процессов»*

Минск  
БНТУ  
2015

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Белорусский национальный технический университет

---

Кафедра «Кораблестроение и гидравлика»

## ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ

Методические указания по выполнению курсовой работы  
по дисциплине «Гидрология, гидрометрия,  
динамика русловых процессов»  
для студентов специальности  
1-37 03 02 «Кораблестроение и техническая эксплуатация  
водного транспорта»

Минск  
БНТУ  
2015

УДК 556.5.048(075.8)

ББК 26.22 я 7

Г46

С о с т а в и т е л ь

*В. Н. Юхновец*

Р е ц е н з е н т ы:

*Г. Г. Круглов, И. С. Бракович*

В настоящем издании приведены методики решения задач по определению значений расчетных расходов воды при наличии и отсутствии данных гидрометрических наблюдений в створах водотоков, построению и обоснованию кривой расходов воды и расчету ветровых волн в акваториях в соответствии с действующими нормативными источниками.

В основу гидрологических расчетов положены реальные физические характеристики рек, взятые из справочников Государственного водного кадастра и справочников по климату.

Методические указания помогут студенту приобрести надлежащие практические навыки в производстве гидрологических расчетов и более глубоко усвоить материал изучаемого курса.

© Белорусский национальный  
технический университет, 2015

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Общие сведения.....	4
Задание по курсовой работе.....	6
Исходные данные.....	6
Содержание курсовой работы.....	7
Введение.....	7
1. Определение расчетных гидрологических характеристик... ..	7
1.1. Годовой сток разной обеспеченности.....	7
1.2. Расчет внутригодового распределения.....	21
1.3. Расчет максимального стока воды.....	23
1.4. Расчет и построение гидрографа максимального стока..	31
1.5. Расчет минимальных расходов воды.....	34
2. Расчет ветровых волн на водоемах.....	36
2.1. Определение значений волнообразующих факторов.....	36
2.2. Определение элементов ветровых волн.....	41
3. Построение и экстраполяция кривой расходов воды в створе реки.....	45
4. Заключение и выводы.....	52
Литература.....	53
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	54

## Общие сведения

В курсовой работе решаются задачи определения характеристик годового стока воды, стока половодья и дождевого паводка, минимального стока за летне-осенний и зимний сезоны, расчета и построения гидрографа максимального стока, построения и обоснования кривой расходов воды, расчета элементов ветровых волн в водоемах.

Гидрологическим параметрам присущ вероятностный характер, так как их значения зависят от многих одновременно действующих факторов, переменных во времени. Поэтому в гидрологических расчетах и исследованиях широкое применение нашли статистические методы, основанные на теории вероятностей и позволяющие количественно оценивать интегральное действие многих факторов в многофакторных явлениях и связях. В этих целях используют кривые распределения вероятностей, по которым удобно судить об изменчивости изучаемой величины во времени и устанавливать ее значения, соответствующие определенной, например, нормативной вероятности, если использовать дифференциальную кривую распределения, или соответствующие определенной вероятности превышения, если использовать интегральную кривую распределения (кривую обеспеченности).

Нормативную продолжительность расчетного периода или расчетную обеспеченность ( $p$ , %) гидрологических характеристик устанавливают в зависимости от решаемой задачи или комплекса задач по действующим нормативным источникам. Например, нормативная обеспеченность низкого стока для разных отраслей экономики находится в пределах 80–97 %.

Гидрологические расчеты выполняются в основном для условий отсутствия гидрометрических наблюдений в проектном створе реки, что наиболее часто встречается в проектной практике. Однако в целях получения достаточно полного представления по использованию в гидрологических расчетах кривых распределения вероятностей одна задача, а именно, расчет годового стока разной обеспеченности, решается для условий наличия данных гидрометрических наблюдений в проектном створе.

Необходимая для выполнения работы литература указывается в квадратных скобках цифрами, соответствующими номерам списка литературных источников.

Студент получает исходные данные к выполнению всех предусмотренных курсовой работой расчетов в конкретном створе реки. Эти данные заимствованы из справочников Государственного водного кадастра и климатических справочников.

Местоположение расчетного створа определяется географическими координатами – долготой и широтой. Для этого на схеме расположения пунктов гидрологических наблюдений по кадастровому номеру (прил. 1) сначала устанавливают место нахождения створа, а затем, с учетом конфигурации реки на схеме, этот же створ отыскивается на реальной карте рек с географической координатной сеткой (прил. 2). Таким образом координаты проектного створа становятся известными, т. е. местоположение створа известно.

После определения координат створа становится возможным устанавливать значения всех необходимых в расчетах гидрологических характеристик с использованием карт действующих нормативных источников [1, 2, 3]. На картах значения гидрологических характеристик представлены в изолиниях, а в некоторых случаях приведены на картах по районам, ограниченным контурными линиями.

Требуемые значения гидрологических характеристик снимают с карт нормативных источников с использованием линейной интерполяции между смежными изолиниями. Пользование материалом таблиц также предполагает линейную интерполяцию.

Необходимые для выполнения курсовой работы карты, таблицы, номограммы, графики приведены в приложениях настоящей работы. Они заимствованы из нормативных источников и специальной литературы [2, 3, 4, 5, 6].

## ЗАДАНИЕ ПО КУРСОВОЙ РАБОТЕ

1. Определить расчетные гидрологические характеристики стока воды:

1.1. Вычислить расходы годового стока разной обеспеченности  $p = 0,1-99\%$ .

1.2. Рассчитать внутригодовое распределение стока:  
в многоводный год обеспеченностью  $p = 5\%$ ;  
средний по водности год;  
маловодный год обеспеченностью  $p = 95\%$ .

1.3. Определить расчетный расход талых вод расчетной обеспеченности.

1.4. Определить максимальный расход дождевого паводка расчетной обеспеченности.

1.5. Рассчитать и построить гидрограф половодья.

1.6. Определить расходы минимального стока среднемесячные и среднесуточные за летне-осенний и зимний сезоны обеспеченностью  $p = 95\%$ .

2. Построить и обосновать кривую расходов воды в створе с получением уравнения кривой и привлечением кривых зависимости средних скоростей и площадей водного сечения от уровней воды.

3. Выполнить расчет ветровых волн в водоёме:

3.1. Определить значение расчетной скорости ветра ежегодной вероятности превышения  $p = 4\%$ ;

3.2. Определить значения элементов ветровых волн – средних в группе волн периода и длины волны и высоту волны обеспеченностью  $p = 1\%$ .

4. Сделать заключение и выводы.

## ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Река ....., створ (наименование).

Площадь водосбора  $F$ , км<sup>2</sup>.

Расстояние от истока реки  $L$ , км.

Средневзвешенный уклон реки до створа, ‰.

Озерность водосбора  $f_0$ , %.

Заболоченность водосбора  $f_\delta$ , %.

Лесистость водосбора  $f_л$ , %.

Густота речной сети  $D$ , км/км<sup>2</sup>.

Распаханность водосбора  $f_{\text{расп}}$ , %.

Удельные среднегодовые расходы воды в виде статистического ряда  $q$ , л/с·км<sup>2</sup>.

Повторяемость в процентах скоростей ветра по градациям по волноопасному направлению.

Характеристики водоема:

глубина водоема  $H$ , м;

длина разгона волны  $D$ , км.

## СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

### Введение

Во введении излагаются поставленные задачи, цели и методы их решения в соответствии с заданием к курсовой работе.

## 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

### 1.1. Годовой сток разной обеспеченности

Исходные данные берутся из Государственного водного кадастра в виде статистического ряда модулей расходов среднегодового стока  $q$ , л/с·км<sup>2</sup> (приведены в задании), и определяются значения стока в диапазоне обеспеченностей  $p = 0,1-99$  %, которые нужны для решения разных народнохозяйственных задач, связанных с использованием водных ресурсов.

Искомые значения суммарного годового стока  $Q_p$  определяются для условий наличия данных гидрометрических наблюдений в проектном створе.

Основная цель решения этой задачи – усвоить материал и приобрести навыки по расчету и построению интегральных кривых распределения (кривых обеспеченностей) гидрологических характеристик.

После того как построена кривая обеспеченности, вычисляется значение  $Q_p$ :



$$Q_p = \bar{Q}K_p, \text{ м}^3/\text{с},$$

$$\bar{Q} = \frac{\bar{q}F}{1000}, \text{ м}^3/\text{с},$$

$$\bar{q} = \frac{\sum_{i=1}^n q_i}{n}, \text{ л/с} \cdot \text{км}^2, \quad (1.1)$$

где  $\bar{Q}$  – средний суммарный расход со всей площади водосбора  $F$ ;

$K_p$  – модульный (переходный) коэффициент требуемой обеспеченности  $p$  согласно действующим нормативным источникам, т. е.

$$K_p = \bar{Q}_p / \bar{Q};$$

$F$  – площадь водосбора, км<sup>2</sup> (значение  $F$  – в задании);

$n$  – количество членов статистического ряда.

Поскольку расчетные периоды времени в большинстве случаев выходят за рамки периода наблюдений, то в расчетах приходится пользоваться теоретическими кривыми распределения, подобранными на основе данных наблюдений и позволяющими осуществлять экстраполяцию пределов колебаний стока при ограниченном количестве наблюдений на более продолжительные периоды времени (включая нормативные).

Теоретическая кривая распределения вероятностей считается подобранной, если при ее построении на клетчатке вероятностей обнаруживается ее совпадение в пределах данных наблюдений с построенной на этой же клетчатке эмпирической кривой обеспеченности. Отсюда следует, что, решая указанную задачу, сначала надо рассчитать и построить эмпирическую кривую обеспеченности.

Из теоретических кривых распределения в гидрологических расчетах наиболее широкое распространение получили кривые трехпараметрического гамма-распределения Крицкого и Менкеля и биномиальная кривая Пирсона III типа.

В целях построения теоретических кривых распределения на клетчатках вероятностей требуется определить их ординаты  $K_p$  в широком диапазоне обеспеченностей  $p$ .

Определение ординат  $K_p$ , т. е. подбор теоретической кривой распределения, осуществляется по несмещенным значениям трех основных параметров кривой распределения – среднеарифметическому значению  $\bar{Q}$ , коэффициенту вариации  $C_v$  и коэффициенту асимметрии  $C_s$ , свойственных генеральной совокупности, когда  $n \rightarrow \infty$ .

При ограниченном же объеме выборки, в особенности когда  $n < 20$ , значения  $C_v$  и  $C_s$ , вычисляемые по формулам

$$\tilde{C}_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (K_i - 1)^2}{n-1}}; \quad (1.2)$$

$$\tilde{C}_s = \frac{\sum_{i=1}^n (K_i - 1)^3 n}{\tilde{C}_v^3 (n-1)(n-2)}, \quad (1.3)$$

являются смещенными, т. е. из-за систематических и случайных погрешностей отклоняющимися от истинных значений, свойственных генеральной совокупности. К тому же в этих формулах не учитывается внутрирядная связь, которая присуща гидрологическим характеристикам. В связи с этим в гидрологических расчетах по ограниченным выборкам полученные смещенные значения  $\tilde{C}_s$  и  $\tilde{C}_v$  требуется корректировать. Добиться полного отсутствия смещенности оценки параметров можно с использованием специальных функций или таблиц и графиков, разработанных на их основе и приводимых в специальной литературе [7].

После подбора теоретической кривой распределения значение расчетного расхода вычисляется по формуле

$$Q_{p_{\text{сн}}} = \bar{Q} K_{p_{\text{сн}}}, \quad (1.4)$$

где  $K_{p_{\text{сн}}}$  – значение модульного коэффициента нормативной обеспеченности  $p_{\text{сн}}$ , определяемое по подобранной теоретической кривой распределения.

Перед началом статистической обработки гидрологической информации исходные материалы (ряды) анализируются с точки зре-

ния полноты и качества всех наблюдений. При этом производится оценка генетической и статистической однородности рассматриваемых рядов гидрометрических наблюдений. В настоящем издании выполнение такого специального анализа опущено, а обрабатываемые статистические ряды гидрологических характеристик, выбираемые из справочников Государственного водного кадастра [4, 5], рассматриваются как однородные. Также опущен учет выдающихся значений характеристик стока из-за объективных затруднений по установлению на занятиях продолжительности периода, к которому следует отнести эти выдающиеся значения.

Представительными статистическими рядами можно считать такие, у которых относительная средняя квадратическая ошибка среднеарифметического значения  $\varepsilon_{\bar{Q}}$  не превышает 10 %, а относительная средняя квадратическая ошибка коэффициента вариации  $\varepsilon_{C_v} = 15$  %. Относительная квадратическая ошибка коэффициента асимметрии  $\varepsilon_{C_s}$  не нормируется в связи с тем, что при длине рядов менее 100 лет она получается большой, хотя коэффициент асимметрии  $C_s$  при этом может являться расчетным.

Относительная средняя квадратическая ошибка выборочного среднего  $\varepsilon_{\bar{Q}}$  определяется по приближенной зависимости, которая применима при значении коэффициента автокорреляции между смежными членами ряда  $r' < 0,5$ :

$$\varepsilon_{\bar{Q}} = \frac{100C_v}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{1+r'}{1-r'}}, \%$$

где  $n$  – количество членов в ряду.

Значение коэффициента  $r'$  определяется по формуле

$$r' = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} (Q_i - \bar{Q}_1)(Q_{i+1} - \bar{Q}_2)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n-1} (Q_i - \bar{Q}_1)^2 \sum_{i=2}^n (Q_i - \bar{Q}_2)^2}},$$

где

$$\bar{Q}_1 = \sum_{i=1}^{n-1} Q_i / (n-1);$$

$$\bar{Q}_2 = \sum_{i=2}^n Q_i / (n-1).$$

Относительную среднюю квадратическую ошибку  $\varepsilon_{C_v}$  можно вычислить по выражению

$$\varepsilon_{C_v} = \frac{E_{C_v}}{\sqrt{n}} \cdot 100, \%,$$

где  $E_{C_v}$  – параметр, значение которого определяется по прил. 3, заимствованному из [7].

Настоящие вычисления можно выполнять и без использования ЭВМ, поэтому приведены соответствующие алгоритмы решения задач обычным способом.

### ***Подбор теоретической кривой распределения расходов воды***

Подбор теоретических кривых распределения осуществляют по методам моментов, приближенно наибольшего правдоподобия или квантилей (графоаналитическому).

**Метод моментов.** Значения параметров  $\bar{Q}$ ,  $\tilde{C}_v$ ,  $\tilde{C}_s$  подбираемой теоретической кривой распределения определяются по данным гидрометрических наблюдений с использованием формул (1.1), (1.2), (1.3). Если производство расчетов выполняется без использования ЭВМ, то вычисления удобно производить в табличной форме (табл. 1.1).

Таблица 1.1

№	Год	$\frac{Q_i}{m^3/c}$	В порядке убывания $Q$			$K-1$	$(K-1)^2$	$(K-1)^3$	$P = m/(n+1)$
			Год	$Q_i$	$K_i$				
...	...	...	...	...	...	...	...	...	
				$\sum^n$			$\sum^n$	$\sum^n$	

Поскольку полученные по этим формулам оценки  $\tilde{C}_v$  и  $\tilde{C}_s$  являются смещенными и не учитывают внутрирядную связь, их надо корректировать по формулам

$$C_v = \left(a_1 + \frac{a_2}{n}\right) + \left(a_3 + \frac{a_4}{n}\right) \tilde{C}_v + \left(a_5 + \frac{a_6}{n}\right) \tilde{C}_v^2, \quad (1.5)$$

$$C_s = \left(b_1 + \frac{b_2}{n}\right) + \left(b_3 + \frac{b_4}{n}\right) \tilde{C}_s + \left(b_5 + \frac{b_6}{n}\right) \tilde{C}_s^2, \quad (1.6)$$

где  $a_1, \dots, a_6, b_1, \dots, b_6$  – коэффициенты, определяемые по табл. 1.2 и 1.3.

Таблица 1.2

Коэффициенты  $a$  в формуле (1.5)

$\tilde{C}_s/\tilde{C}_v$	$r'$	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$	$a_6$
2	0	0	0,19	0,99	-0,88	0,01	1,54
	0,3	0	0,22	0,99	-0,41	0,01	1,51
	0,5	0	0,18	0,98	0,41	0,02	1,47
3	0	0	0,69	0,98	-4,34	0,01	6,78
	0,3	0	1,15	1,02	-7,53	-0,04	12,38
	0,5	0	1,75	1,00	-11,79	-0,05	21,13
4	0	0	1,36	1,02	-9,68	-0,05	15,55
	0,03	-0,02	2,61	1,13	-19,85	-0,22	31,15
	0,5	-0,02	3,47	1,18	-29,71	-0,41	58,08

Таблица 1.3

Коэффициенты  $b$  в формуле (1.6)

$r'$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$	$b_5$	$b_6$
0	0,03	2,00	0,92	-5,09	0,03	8,10
0,3	0,03	1,77	0,93	-3,45	0,03	8,03
0,5	0,03	1,63	0,92	-0,97	0,03	7,94

Полученные по формулам (1.5) и (1.6) значения параметров  $C_0$  и  $C_s$  в равной мере распространяются на биномиальную кривую распределения Пирсона III типа и на кривую трехпараметрического гамма-распределения Крицкого и Менкеля.

В связи с тем, что значение  $\tilde{C}_s$ , вычисленное по формуле (1.3) при  $n < 100$  лет, получается с большой ошибкой, окончательное значение  $C_s$  определяют из соотношения  $C_s/C_0$ , при котором теоретическая кривая обеспеченности, построенная на клетчатке вероятностей, совпадает в пределах наблюдений с построенной эмпирической кривой обеспеченности, как показано на рис. 1.1. Поэтому обязательным элементом гидрологических расчетов, связанных с подбором теоретических кривых распределения, является построение эмпирической кривой обеспеченности расходов в координатах  $K_p$  (вертикальная ось) и  $p$  (горизонтальная ось). Для этого исходный ряд надо перестроить в убывающем порядке и эмпирическую обеспеченность  $p_i$  каждого модульного коэффициента  $K_i$  заносить в табл. 1.1, вычислив по формуле

$$p_i = \frac{m_i}{n+1} \cdot 100, \%,$$

где  $m_i$  – порядковый номер члена ряда, перестроенного в убывающем порядке;

$n$  – количество членов в ряду.

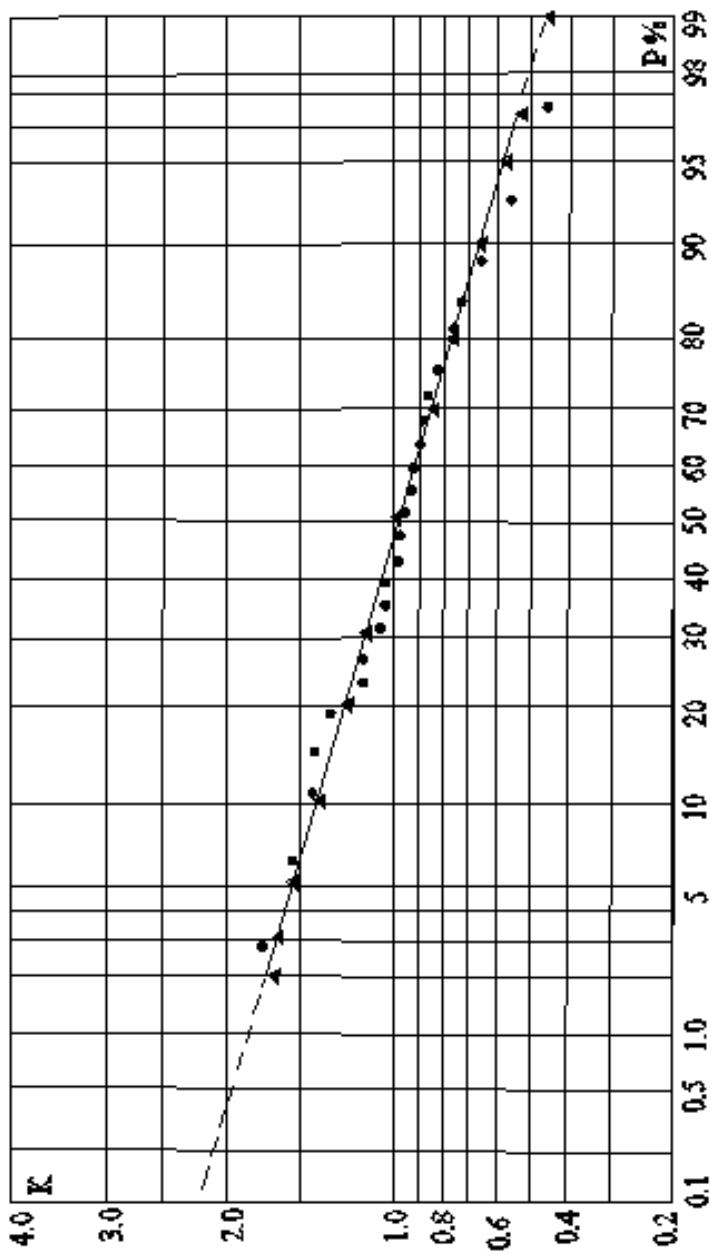


Рис. 1.1. Кривая обеспеченности:  
 • — эмпирические точки; \* — теоретические точки

При подборе биномиальной кривой распределения Пирсона III типа ее ординаты  $K_p$  вычисляют по формуле

$$K_p = \Phi_{(C_s, p)} C_v + 1, \quad (1.7)$$

где  $\Phi_{C_s, p} = \frac{K_p - 1}{C_v}$  – отклонение ординаты кривой обеспеченности

от середины, равной единице ( $\bar{K} = 1$ ) при  $C_v = 1$ , выписывается из специальной таблицы Фостера–Рыбкина в зависимости от обеспеченности  $p$  и коэффициента асимметрии  $C_s$ , вычисленного по формуле (1.6);

$C_v$  – коэффициент вариации, вычисленный по формуле (1.5).

Таблица Фостера–Рыбкина приведена в прил. 4.

Расчет координат кривой обеспеченности рекомендуется выполнять табличным способом согласно табл. 1.4.

Таблица 1.4

Координаты теоретической кривой обеспеченности

$p, \%$		0,1	0,5	1	3	5	10	20	25	30	40	50	60	70	75	80	90	95	97	99	99,9	
$C_s =$	$\Phi$																					
	$\Phi C_v$																					
	$K_p = \Phi C_v + 1$																					
$Q_p = \bar{Q} K_p$																						

Полученные в табл. 1.4 значения  $K_p$  надо нанести на ту же клетчатку вероятностей (см. рис. 1.1). Если проведенная по теоретическим точкам кривая совпадает с эмпирической кривой обеспеченности, то она является подобранной и по формуле (1.4), используя эти значения  $K_p$ , вычисляют расходы воды разной обеспеченности, включая и нормативную  $p_{сн}$ . Если кривые не согласуются, то надо взять другое значение коэффициента асимметрии  $C_s$  и, аналогично продолжая расчеты, добиться совпадения обеих кривых, т. е. подбором установить искомое значение  $C_s$ .



При подборе теоретической кривой трехпараметрического гамма-распределения ординаты кривой обеспеченности  $K_p$  выписывают из специальных таблиц по установленным значениям отношения  $C_s/C_v$ ,  $C_v$  и  $p$ . При этом табличные значения  $K_p$  допускаются интерполировать линейно в соответствии с конкретными значениями  $C_s$  и  $C_v$ .

Таблицы трехпараметрического гамма-распределения приведены в прил. 5.

Выписанные из прил. 5 значения  $K_p$  заносят в табл. 1.5, и по ним с использованием формулы (1.4) вычисляют значения расходов.

Таблица 1.5

Ординаты кривой трехпараметрического гамма-распределения  
Крицкого–Менкеля по методу моментов

$p$	0,1	0,3	0,5	1	3	5	10	20	25	30	40	50	60	70	75	80	90	95	97	99	99,5	99,7	
$K_p$																							
$Q_p = \bar{Q}K_p$																							

Чтобы убедиться в соответствии подбираемой теоретической кривой распределения Крицкого–Менкеля эмпирической кривой обеспеченности, данные табл. 1.5 также наносят на клетчатку вероятностей (см. рис. 1.1).

**Метод наибольшего правдоподобия.** Метод разработан применительно к трехпараметрическому гамма-распределению. Для подбора теоретической кривой распределения сначала по имеющимся данным гидрометрических наблюдений определяют вспомогательные параметры, называемые статистиками  $\lambda_2$  и  $\lambda_3$ . Их значения вычисляют по формулам

$$\lambda_2 = \frac{\sum_{i=1}^n \lg K_i}{n-1},$$

$$\lambda_3 = \frac{\sum_{i=1}^n K_i \lg K_i}{n-1}.$$

Затем по полученным значениям  $\lambda_2$  и  $\lambda_3$  входят в специальные номограммы (прил. 6), с которых снимают искомые значения коэффициента вариации  $C_v$  и отношения коэффициента асимметрии кривой  $C_s$  к коэффициенту вариации  $C_v$ , т. е.  $C_s/C_v$ . При этом линейную интерполяцию допускается выполнять по номограммам.

Полученные с помощью номограмм (прил. 6) значения  $C_v$  и  $C_s$  являются практически несмещенными, поэтому их корректировать не требуется.

По этим несмещенным значениям  $C_v$ ,  $C_s/C_v$  и обеспеченности  $p$  из таблиц прил. 5 выписывают ординаты  $K_p$  подбираемой кривой, выполняя при этом необходимую интерполяцию табличных данных, и заносят их в табл. 1.6, аналогичную табл. 1.5, в которой приводятся значения расходов  $Q_p$ , вычисленные по формуле (1.4).

Таблица 1.6

Ординаты кривой трехпараметрического гамма-распределения по методу наибольшего правдоподобия

$p$	0,1	0,3	0,5	1	3	5	10	20	25	30	40	50	60	70	75	80	90	95	97	99	99,5	99,7	
$K_p$																							
$Q_p = \bar{Q}K_p$																							

Данные табл. 1.6 также наносят на клетчатку вероятностей (см. рис. 1.1) для наглядности соответствия подобранной теоретической кривой распределения построенной эмпирической кривой обеспеченности.

**Графоаналитический метод (квантилей).** Этот метод разработан Алексеевым применительно к биномиальной кривой распределения Пирсона III типа и является наиболее простым из имеющихся методов подбора теоретических кривых распределения.

В основе метода лежит предпосылка, что подбираемая теоретическая кривая обеспеченности соответствует эмпирической кривой, если она проходит через три опорные точки на эмпирической кривой, которые характеризуются обеспеченностями  $p = 5; 50; 95 \%$ .

На клетчатке вероятностей эмпирическая кривая обеспеченности расходов  $Q$  (можно модульных коэффициентов  $K$ ) строится так же, как и по методу моментов (см. рис. 1.1). С этой кривой снимают расходы обеспеченностью 5, 50, 95 % для вычисления коэффициента скошенности  $s$  кривой, функционально связанного с коэффициентом асимметрии  $C_s$  (см. прил. 4, таблица Фостера–Рыбкина):

$$s = \frac{Q_5 + Q_{95} - 2Q_{50}}{Q_5 - Q_{95}}.$$

Зная  $s$ , по прил. 4 выбирают значение коэффициента асимметрии  $C_s$ , т. е. один из искомых параметров теоретической кривой распределения. Затем вычисляют среднеквадратическое отклонение статистического ряда

$$\sigma_Q = \frac{Q_5 - Q_{95}}{\Phi_{(C_s, p=5)} - \Phi_{(C_s, p=95)}}.$$

Определяется средний расход выборки

$$\bar{Q} = Q_{50} - \Phi_{(C_s, p=50)} \sigma_Q$$

и, наконец, значение третьего параметра кривой – коэффициента вариации  $C_v$ :

$$C_v = \frac{\sigma_Q}{\bar{Q}}.$$

Определением  $\bar{Q}$ ,  $C_v$ ,  $C_s$  заканчивается подбор теоретической кривой по графоаналитическому методу. Значения модульных коэффициентов  $K_p$  вычисляют по формуле (1.7), а расходов  $Q_p$  – по формуле (1.4).

Получаемые по теоретическим кривым обеспеченности значения ординат  $K_p$  при ограниченных выборках имеют смещенность. Однако при  $n > 20$  лет,  $\tilde{C}_v < 1$ ,  $r' < 0,3-0,5$  эта смещенность незначительна, а при введении в расчет несмещенных значений коэффициента вариации  $C_v$  и коэффициента асимметрии  $C_s$  смещенность ординат  $K_p$  практически устраняется. Так как в данной курсовой работе в расчетах предусматривается использовать практически незначительно смещенные  $C_v$  и  $C_s$ , то получаемые значения выборочных ординат кривой обеспеченности по методам моментов и наибольшего правдоподобия не нуждаются в корректировке. К тому же для всех видов стока воды Республики Беларусь практически коэффициенты вариации  $C_v < 1$  и коэффициенты автокорреляции  $r < 0,5$ .

При выполнении инженерных гидрологических расчетов значения выборочных ординат кривой обеспеченности должны характеризоваться относительными средними квадратическими ошибками, укладывающимися в 10 %. В связи с этим в курсовой работе значения средних квадратических ошибок выборочных ординат любой обеспеченности ( $K_p$ ) предлагается определять по формуле

$$\sigma_{K_p} = \frac{E'}{n^a}.$$

Значения параметра  $E'$  и показателя степени  $a$  для распределения Пирсона III типа приведены в [7]. В частности, для ординат  $K_p$  обеспеченностью  $p = 1\%$  значения параметров  $E'$  и  $a$ , заимствованные из [7], приведены в табл. 1.7 и 1.8.

Таблица 1.7

Значения  $E' = \sigma_{K_p} n^a$  при  $p = 1\%$

$\frac{C_s}{C_v}$	$C_v$									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$r' = 0$										
1	0,26	0,50	0,74	1,02	1,30	1,60	1,90	2,27	2,66	3,10
2	0,25	0,48	0,80	1,15	1,55	2,02	2,50	2,98	3,48	4,00
3	0,25	0,53	0,90	1,33	1,80	2,38	2,99	3,62	4,40	5,00
4	0,26	0,58	0,99	1,47	2,00	2,62	3,30	4,02	4,80	5,60

$\frac{C_s}{C_v}$	$C_v$									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$r' = 0,3$										
1	0,24	0,48	0,75	1,04	1,35	1,73	2,10	2,46	2,83	3,20
2	0,25	0,55	0,90	1,25	1,60	2,03	2,50	3,00	3,50	4,00
3	0,26	0,53	0,90	1,32	1,80	2,32	2,86	3,45	4,08	4,70
4	0,26	0,58	1,00	1,46	1,50	2,60	3,24	3,90	4,54	5,30
$r' = 0,5$										
1	0,24	0,46	0,72	1,00	1,28	1,60	1,90	2,26	2,60	3,00
2	0,25	0,50	0,75	1,10	1,50	1,85	2,30	2,75	3,20	3,70
3	0,25	0,55	0,87	1,25	1,70	2,12	2,62	3,45	3,75	4,35
4	0,25	0,55	0,90	1,35	1,85	2,35	2,90	3,55	4,20	4,95

Таблица 1.8

Значения  $a$  в зависимости  $E'_p = \sigma_{K_p} n^a$  при  $p = 1\%$

$\frac{C_s}{C_v}$	$C_v$									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$r' = 0$										
1	0,50	0,48	0,46	0,45	0,44	0,43	0,42	0,42	0,42	0,42
2	0,48	0,45	0,44	0,42	0,42	0,40	0,40	0,40	0,38	0,38
3	0,46	0,44	0,42	0,40	0,40	0,39	0,38	0,37	0,36	0,36
4	0,46	0,42	0,40	0,39	0,38	0,37	0,36	0,36	0,34	0,34
$r' = 0,3$										
1	0,46	0,45	0,44	0,43	0,42	0,42	0,41	0,40	0,40	0,39
2	0,48	0,46	0,43	0,41	0,40	0,38	0,37	0,36	0,35	0,34
3	0,44	0,46	0,39	0,38	0,36	0,36	0,34	0,33	0,32	0,31
4	0,44	0,41	0,38	0,36	0,34	0,33	0,32	0,30	0,29	0,28
$r' = 0,5$										
1	0,42	0,40	0,38	0,38	0,37	0,36	0,36	0,35	0,34	0,34
2	0,40	0,37	0,36	0,34	0,34	0,32	0,32	0,30	0,30	0,29
3	0,39	0,36	0,34	0,33	0,31	0,30	0,28	0,27	0,26	0,25
4	0,38	0,35	0,32	0,30	0,29	0,27	0,26	0,24	0,24	0,23

## 1.2. Расчет внутригодового распределения

Необходимость выполнения расчета внутригодового распределения стока обусловлена многообразием решаемых инженерных гидрологических задач в привязке к отраслям народного хозяйства.

Внутригодовое распределение стока зависит от водности реки. Выделяют многоводные, средневодные и маловодные годы. В работе предусматривается расчет внутригодового распределения стока по месяцам для очень многоводного года, характеризующегося обеспеченностью  $p = 5\%$ , среднего по водности и очень маловодного с обеспеченностью  $p = 95\%$ . Расходы воды  $Q_p$  для каждого указанного года берут из материалов предыдущего расчета, и далее задача решается для условий отсутствия данных гидрометрических наблюдений в створе. Рекомендуется использовать типовые районные распределения месячного и сезонного стока рек (в процентах от годового) по гидрологическим районам, приведенные в прил. 7 и заимствованные из пособия [3]. В этих распределениях дана месячная доля стока  $v_m$  в процентах от годового в зависимости от гидрологического района и водности года.

При выполнении расчетов за 100 % приняты среднегодовые расходы соответствующей обеспеченности, умноженные на 12 (12 месяцев).

Тогда расход за конкретный месяц в каждой группе водности

$$Q_m = \frac{12Q_p v_m}{100}, \text{ м}^3/\text{с}.$$

Гидрологический район и подрайон устанавливают, как отмечалось выше, по прил. 8;  $Q_p$  – значения расходов очень многоводного, среднего по водности и очень маловодного года, вычисленные ранее.

Результаты расчета помещают в табл. 1.9.

Таблица 1.9

Внутригодовое распределение стока

Характеристика стока	Месяцы												Год
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	
Очень многоводный год, $p = 5\%$													
$v, \%$													
$Q, \text{м}^3/\text{с}$													
Средний по водности год													
$v, \%$													
$Q, \text{м}^3/\text{с}$													
Очень маловодный год, $p = 95\%$													
$v, \%$													
$Q, \text{м}^3/\text{с}$													

По результатам расчета строят ступенчатые гидрографы стока для каждого по водности года, рис. 1.2, совместив их на одном рисунке и используя разные условные обозначения.

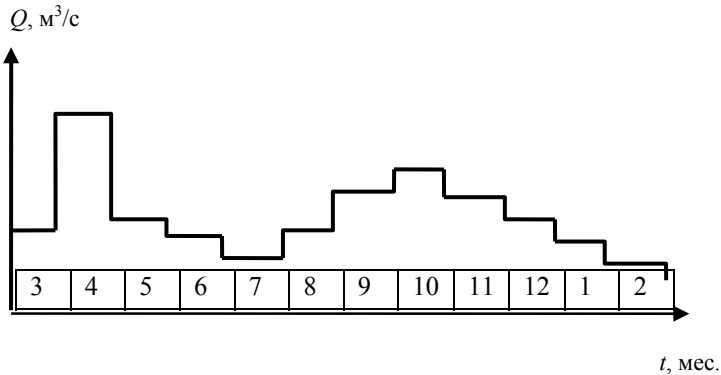


Рис. 1.2. Гидрографы годового стока по месяцам

### 1.3. Расчет максимального стока воды

Расчет производится для случая отсутствия данных гидрометрических наблюдений в проектном створе реки, поэтому используются соответствующие формулы.

#### 1.3.1. Расход талых вод (половодья)

Значение расчетного мгновенного расхода половодья для равнинных рек с площадью водосбора  $F < 50\,000$  км<sup>2</sup>, согласно действующим СН [1, 2, 3], можно определять по формуле

$$Q_p = \frac{K_0 h_p \mu}{(F + 1)^n} \delta \delta_1 \delta_2 \delta_3 F, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (1.8)$$

где  $p$  – индекс расчетной обеспеченности, устанавливаемой по действующим нормативным документам для гидротехнического и водохозяйственного строительства в зависимости от класса капитальности сооружений и их народнохозяйственного значения;

$K_0$  – параметр, характеризующий дружность половодья, зависящий главным образом от природной зоны (климат) и рельефа водосбора (его значение рекомендуется определять по формуле (1.8) обратным ходом, используя данные наблюдений на реках-аналогах);

$h_p$  – расчетный слой суммарного (с учетом грунтового питания) стока обеспеченностью  $p$ , подлежит определению, мм;

$\mu$  – коэффициент, учитывающий неравенство статистических параметров слоя стока и максимальных расходов воды, определяемый по табл. 1.10;

$\delta$  – коэффициент, учитывающий влияние водохранилищ, прудов и проточных озер;

$\delta_1, \delta_2, \delta_3$  – коэффициенты, учитывающие снижение максимального расхода воды под влиянием залесенности, заболоченности и распаханности водосбора;

$n$  – показатель степени редукции модуля максимального стока по площади водосбора:  $n = 0,20$  для бассейнов рек Республики Беларусь.



Таблица 1.10

Значения параметра  $\mu$ 

Водосбор	Обеспеченность $p$ , %							
	1	2	3	5	10	25	50	75
Правобережные притоки р. Припять	1,0	0,95	0,94	0,93	0,87	0,81	0,74	0,66
Остальные реки Республики Беларусь	1,0	0,96	0,93	0,90	0,84	0,75	0,65	0,55

Приближенно значение  $K_0$  для водосборов лесной зоны (территория Беларуси относится к лесной зоне) можно определять по табл. 1.11 в зависимости от параметра  $\alpha$ , косвенно характеризующего рельеф водосбора и определяемого по формуле

$$\alpha = \frac{J_{\text{ср.взв.реки}} \sqrt{F}}{25},$$

где  $J_{\text{ср.взв.реки}}$  – средневзвешенный уклон реки, ‰.

Таблица 1.11

Параметры  $\alpha$ ,  $K_0$  и категория рельефа

Значение $\alpha$	$\alpha > 1$	$0,5 < \alpha < 1$	$\alpha < 0,5$
Категория рельефа водосбора	1	2	3
Значение $K_0$	0,010	0,008	0,006

Значение расчетного слоя стока половодья  $h_p$  вычисляется по формуле

$$h_p = h_0 K_p,$$

где  $h_0$  – средний многолетний слой половодья, устанавливаемый по рекам-аналогам или по карте, прил. 9, заимствованной из [3], мм;

$K_p$  – модульный коэффициент, значение которого определяют по установленным значениям коэффициентов вариации  $C_v$  и асимметрии  $C_s$  подбираемой теоретической кривой распределения (кривой Пирсона III типа или кривой трехпараметрического гамма-распределения).

Значение коэффициента вариации  $C_v$  рекомендуется определять по карте – прил. 10 (карта заимствована из [3]). Параллельно надо вычислить значение коэффициента  $C_v$  по региональной формуле

$$C_v = \frac{14 - 1,3 \lg(F + 100)}{(h_0 + 10)^{2/3}},$$

чтобы убедиться в близкой сходимости обоих значений  $C_v$ .

Значение коэффициента асимметрии  $C_s$  принимается по нормативному соотношению  $C_s/C_v = \alpha$ . Для водосборов рек территории Беларуси  $\alpha = 2-2,5$  [2].

После получения коэффициентов  $C_v$  и  $C_s$  требуемое значение модульного коэффициента  $K_p$  определяется также, как ранее, т. е. значение  $K_p$  вычисляется по выражению

$$K_p = C_v \Phi_{p, C_s} + 1$$

при использовании кривой распределения Пирсона III типа или значение  $K_p$  выписывается из таблиц прил. 5 при использовании кривой трехпараметрического гамма-распределения.

Значение коэффициента  $\delta$ , учитывающего снижение максимального стока рек, зарегулированного проточными озерами, определяется по формуле

$$\delta = \frac{1}{1 + Cf'_0}, \quad (1.9)$$

где  $C$  – коэффициент, принимаемый в зависимости от среднего многолетнего слоя половодья  $h_0$  по табл. 1.12;

$f'_0$  – средневзвешенная озерность водосбора, %; значение  $f'_0$  можно вычислить по относительной озерности  $f_0$ , используя формулу

$$f'_0 = \frac{f_0 - 2}{2,8}.$$

Таблица 1.12

Коэффициент  $C$  в формуле (1.9)

$h_0$ , мм	Более 100	99–50	49–20	Менее 20
$C$	0,2	0,2–0,3	0,3–0,4	0,4

Если река и ее притоки вытекают из озер, водосборы которых занимают более половины водосбора реки, то значение  $f'_0$  вычисляется по формуле

$$f'_0 = \frac{f_0 - 2}{0,92}.$$

Когда озера расположены на водосборе вне главного русла и основных притоков, значение  $\delta$  надо принимать равным 0,8 независимо от степени озерности.

При незначительной озерности ( $f_0 < 1$  %) значение  $\delta$  можно принимать равным единице ( $\delta = 1$ ).

Значение коэффициента  $\delta_1$ , учитывающего влияние леса, вычисляют по формуле

$$\delta_1 = \frac{\alpha_1}{(f_{л} + 1)^{0,22}},$$

где  $f_{л}$  – относительная залесенность водосбора, %;

$\alpha_1$  – параметр, учитывающий расположение леса на водосборе, принимается по табл. 1.13.

Значения параметра  $\alpha_1$ 

Расположение леса на водосборе	Параметр $\alpha_1$ при $f_d$ в %		
	3–9	10–19	20–30
Равномерное	1,00	1,00	1,00
В верхней части водосбора	0,85	0,80	0,75
В нижней и прирусловой части водосбора	1,20	1,25	1,30

Значение коэффициента  $\delta_2$ , учитывающего влияние заболоченности водосбора, вычисляют по формуле

$$\delta_2 = 1 - \beta \lg(0,1f_\delta + 1),$$

где  $\beta$  – коэффициент, учитывающий тип болот и преобладающий механический состав почв (грунтов) вокруг болота и заболоченных земель, принимается по табл. 1.14;

$f_\delta$  – относительная заболоченность водосбора, %.

Таблицы 14

Значение коэффициента  $\beta$ 

Типы болот и почв (грунтов) на водосборах	$\beta$
Низинные болота и заболоченные леса и луга на водосборах с супесчаными и легкосуглинистыми почвами (грунтами)	0,8
Болота разных типов на водосборе	0,7
Верховые болота на водосборах с супесчаными и легкосуглинистыми почвами (грунтами)	0,5
Верховые болота на водосборах с среднесуглинистыми и глинистыми почвами (грунтами)	0,3

К заболоченным территориям относятся земли (леса, луга) избыточно увлажненные со слоем торфа не менее 30 см.

Коэффициент  $\delta_3$  учитывает снижение максимального расхода воды за счет распаханности водосбора. Его значение равно единице ( $\delta_3 = 1$ ), если  $F > 200 \text{ км}^2$ ,  $p < 5 \%$ , относительная распаханность  $f_{\text{расп}} < 50 \%$ .

При невозможности подобрать реку-аналог расчетный мгновенный расход половодья на реках Беларуси допускается определять по формуле [3]

$$Q_p = \frac{K'_0 h_p \mu \delta}{1000(F+1)^{0,20}} F,$$

где обозначения  $h_p$ ,  $\mu$ ,  $\delta$ ,  $F$  – те же, что и в формуле (1.8), а параметр  $K'_0$  определяется по формуле

$$K'_0 = \frac{9,15}{e^{0,02 f_{\text{л}}(1+0,07 f_{\delta})}} + \frac{1,18}{10^i} + 0,77,$$

где  $e$  – основание натурального логарифма;

$f_{\text{л}}$  – относительная залесенность водосбора, %, вычисленная с учетом площадей, занимаемых лесом заболоченным и лесом по суходолу;

$f_{\delta}$  – относительная заболоченность водосбора в процентах, включающая болота, заболоченные и мелиорируемые земли на осушенных болотах;

$i$  – уклон водотока, ‰ (его значение в исходных данных).

### **1.3.2. Расход дождевых паводков**

В курсовой работе расходы дождевых паводков определяются по двум методикам, рекомендуемым к использованию [1, 2, 3], если невозможно подобрать реку-аналог, при площади водосбора  $F > 50 \text{ км}^2$ .

Согласно методике [1, 2] расчетный мгновенный расход вычисляют по редуccionной формуле

$$Q_p \% = q_{200, 1\%} \left( \frac{200}{F} \right)^n \delta \delta_2 \delta_3 \lambda_p F, \text{ м}^3/\text{с},$$

где  $q_{200, 1\%}$  – модуль максимального мгновенного расхода воды обеспеченностью  $p = 1\%$  при  $\delta = \delta_2 = \delta_3 = 1$ , приведенный к площади водосбора  $200 \text{ км}^2$  и определяемый интерполяцией по карте, прил. 11;

$\delta, \delta_2, \delta_3$  – те же коэффициенты, что и в п. 1.3.1;

$\lambda_p$  – переходный коэффициент от максимальных мгновенных расходов воды обеспеченностью  $p = 1\%$  к максимальным расходам воды другой обеспеченности; значение  $\lambda_p$  принимается по табл. 1.15;

$n$  – коэффициент редукции модуля максимального мгновенного расхода воды с увеличением площади водосбора;  $n = 0,30$  для р. Днепр с притоками Сож, Березина и соответственно с их водосборами,  $n = 0,22$  для рек остальной территории Республики Беларусь.

Таблица 1.15

Значения  $\lambda_p$  при  $F > 0,1 \text{ км}^2$  для района 2 по [2]  
(территория Республики Беларусь относится к району 2)

$p, \%$	0,1	1	2	3	5	10	25
$\lambda_p$	1,5	1	0,85	0,77	0,67	0,55	0,36

Согласно методике [3] расчетный мгновенный расход паводка определяется по формуле

$$Q_p = \frac{\alpha_{10\%} \delta \lambda_p}{\Phi^{0,8}} F, \text{ м}^3/\text{с},$$

где  $\alpha_{10\%}$  – параметр, характеризующий модуль мгновенного расхода воды обеспеченностью  $10\%$  и определяемый по карте, прил. 12;

$\delta$  – коэффициент, учитывающий снижение максимальных расходов воды проточными озерами, определяемый по формуле (1.9) при  $C = 0,11$  при наличии сведений только об относительной озерности  $f_0$ ;

$\lambda_p$  – переходный коэффициент от максимального расхода дождевого паводка обеспеченностью 10 % к расходу другой обеспеченности, принимаемый по табл. 1.16;

$\Phi$  – морфологическая характеристика русла, определяемая по формуле

$$\Phi = \frac{1000L}{\chi i^{1/3} F^{1/4}},$$

где  $L$  – длина реки до проектного створа, км;

$\chi$  – гидравлический параметр реки, принимаемый по табл. 1.17;

$i$  – средневзвешенный уклон реки, ‰;

$F$  – площадь водосбора, км<sup>2</sup>.

Таблица 1.16

Переходный коэффициент  $\lambda_p$

Обеспеченность, %	1	2	3	5	10	25
Переходный коэффициент $\lambda_p$	1,96	1,65	1,47	1,29	1,0	0,64

Таблица 1.17

Параметр  $\chi$

Характеристики русел и пойм	$\chi$
Чистые русла постоянных равнинных рек; русла периодически пересыхающих водотоков	11
Извилистые, частично заросшие русла больших и средних рек, периодически пересыхающие водотоки, во время паводка несущие большое количество наносов	9
Сильно засоренные и извилистые русла периодически пересыхающих водотоков	7

## 1.4. Расчет и построение гидрографа максимального стока

В данной курсовой работе гидрограф строится для больших расходов, каковыми являются расходы половодья. Мгновенный расход половодья вычислен в п. 1.3.1.

Расчетные гидрографы половодья строятся по средним суточным расходам воды. Переход от мгновенного максимального расхода  $Q_p$  к среднему суточному той же обеспеченности  $\tilde{Q}_p$  осуществляется по зависимости

$$\tilde{Q}_p = Q_p / K_\tau, \text{ м}^3/\text{с},$$

где  $K_\tau$  – переходный коэффициент от  $Q_p$  к  $\tilde{Q}_p$ , его значение можно принимать по табл. 1.18, взятой из [3].

Таблица 1.18

Переходные коэффициенты  $K_\tau$

Бассейны рек	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>							
	1	5	10	50	100	500	1000	1500
Реки бассейна Западной Двины	1,6	1,4	1,3	1,2	1,15	1,00	1,00	1,00
Реки других бассейнов	2,6	2,1	1,9	1,6	1,40	1,15	1,08	1,00

На равнинных реках территории Республики Беларусь чаще всего бывают одновершинные гидрографы половодий, и их можно рассчитывать по уравнению

$$y = 10^{-a \frac{(1-x)^2}{x}}, \quad (1.10)$$

где  $y = Q_i / \tilde{Q}_p$  – ординаты расчетного гидрографа, выраженные в долях среднесуточного максимального расхода воды заданной обеспеченности;



$a$  – параметр, зависящий от коэффициента формы гидрографа  $\lambda^*$ , функционально связанного с коэффициентом несимметричности гидрографа  $K_s$ ;

$x = t_i/t_{\text{п}}$  – абсциссы расчетного гидрографа, выраженные в долях продолжительности подъема половодья  $t_{\text{п}}$ .

Коэффициент  $K_s$  есть отношение

$$K_s = \frac{h_{\text{п}}}{h},$$

где  $h_{\text{п}}$  – слой стока за период подъема половодья, мм;

$h$  – суммарный слой стока всего половодья, мм.

Значение  $K_s$  устанавливают по данным рек-аналогов, содержащимся в Государственном водном кадастре, например [8, табл. 75, с. 174].

Уравнение (1.10) решено относительно конкретных значений  $K_s$ ,  $\lambda^*$ ,  $a$ , и это решение представлено в таблице прил. 13 (таблица заимствована из [3]). Пользуясь этой таблицей по установленному значению  $K_s$  определяют необходимое значение коэффициента  $\lambda^*$ .

Для расчета координат гидрографа половодья надо из таблицы прил. 13 следует выписать соответствующие установленному  $K_s$  значения координат безразмерного гидрографа  $x$  и  $y$ . Переход к размерному гидрографу осуществляют перерасчетом безразмерных координат в размерные по формулам

$$Q_i = \tilde{Q}_p y_i, \text{ м}^3/\text{с},$$

$$t_i = t_{\text{п}} x_i, \text{ сут.}$$

Эти расчеты удобнее выполнять в табличной форме, табл. 1.19.

Координаты гидрографа половодья

$x$														
$y$														
$Q_i = \tilde{Q}_p y_i$														
$t_i = t_n x_i$														

Однако предварительно надо определить время подъема половодья  $t_n$  по формуле

$$t_n = \frac{0,0116 h_p \lambda^*}{\tilde{q}_p}, \text{ сут.},$$

где  $h_p$  – слой суммарного стока половодья, мм, его значение определено в п. 1.3.1;

$\tilde{q}_p$  – среднесуточный модуль максимального расхода половодья, определяемый по формуле

$$\tilde{q}_p = \frac{\tilde{Q}_p}{FK_\tau}, \text{ м}^3/\text{с}\cdot\text{км}^2.$$

Значение коэффициента  $K_\tau$  принимают по табл. 1.18.

По результатам расчета на миллиметровой бумаге в принятом масштабе строится гидрограф половодья, рис. 1.3.

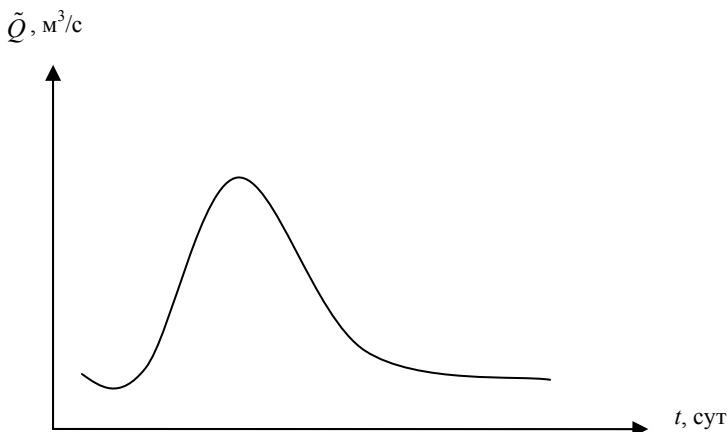


Рис. 1.3. Гидрограф весеннего половодья

## 1.5. Расчет минимальных расходов воды

Минимальный сток формируется в период, когда река переходит на грунтовое питание и поверхностный сток имеет наименьшее значение. Такими периодами в году являются летне-осенний и зимний. Под расходами минимального стока понимают 30-суточные (средние месячные) расходы воды расчетной обеспеченностью  $p$ , %, устанавливаемой для разных отраслей экономики по действующим нормативным документам.

В курсовой работе надо определить минимальные среднемесячные и среднесуточные расходы воды за летне-осенний и зимний сезоны обеспеченностью  $p$ , равной 80 и 95 %, для условий отсутствия данных гидрометрических наблюдений в створе.

Расходы воды обеспеченностью  $p = 80$  % получают по формулам согласно методике [1, 2]:

$$Q_{80, \text{л-о}} = \frac{q_{80, \text{л-о}} F}{1000}, \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q_{80,3} = \frac{q_{80,3} F}{1000}, \text{ м}^3/\text{с},$$

где  $q_{80, \text{л-ос}}$ ,  $q_{80, \text{з}}$  – модули минимального стока обеспеченностью 80 % соответственно летне-осеннего и зимнего сезонов, значения которых устанавливают по картам минимального стока для центра тяжести водосбора, когда  $F > F_{\text{пр}}$ , л/с·км<sup>2</sup>. Эти карты представлены в прил. 14 и 15.

Термин «предельная площадь»  $F_{\text{пр}}$  следует понимать так, что если  $F < F_{\text{пр}}$ , происходит неполное дренирование подземных вод руслом реки.

Значение  $F_{\text{пр}}$  зависит от природного района и расчетного периода. Для водосборов рек территории Республики Беларусь согласно [2]  $F_{\text{пр}} = 1200 \text{ км}^2$  для зимнего периода и  $F_{\text{пр}} = 1500 \text{ км}^2$  – для летнего периода.

Переход от расхода обеспеченностью  $p = 80 \%$  к расходу другой обеспеченности  $Q_p$  выполняют по формуле

$$Q_p = Q_{80\%} \lambda_p, \text{ м}^3/\text{с},$$

где  $\lambda_p$  – переходный коэффициент, зависящий от географического района и обеспеченности  $p$ , определяемый по [2] согласно табл. 1.20.

Таблица 1.20

Переходные коэффициенты  $\lambda_p$  для определения минимальных 30-суточных расходов воды различной обеспеченности

Водосборы рек	Обеспеченность $p$ , %				
	75	80	90	95	97
Водосборы рек бассейнов Припяти и Немана	1,06	1,00	0,86	0,78	0,70
Водосборы рек остальной территории Республики Беларусь	1,09	1,00	0,80	0,63	0,54

Минимальные суточные расходы обеспеченностью  $p = 80 \%$  для обоих сезонов вычисляют по формуле

$$Q_{c,80} = Q_{80}K, \text{ м}^3/\text{с},$$

где  $K$  – коэффициент:  $K = 0,74$  для водосборов рек на территории Республики Беларусь в зимний сезон и  $K = 0,64$  – для летне-осеннего сезона.

Минимальный суточный расход другой обеспеченности вычисляют умножением  $Q_{c,80}$  на переходный коэффициент  $\lambda_p$ , принимаемый по табл. 1.20, т. е.

$$Q_p = Q_{c,80}\lambda_p, \text{ м}^3/\text{с}.$$

## 2. РАСЧЕТ ВЕТРОВЫХ ВОЛН НА ВОДОЕМАХ

Ветровые волны, возникающие при больших скоростях ветра над акваторией водоемов, воздействуют на гидротехнические сооружения и другие объекты, включая суда. От таких воздействий зависят параметры и габариты сооружений и судов, что в значительной мере сказывается на стоимости объектов.

Основными элементами ветровых волн являются высота, период, длина расчетной волны, которые привязываются к расчетной обеспеченности  $p$ , %, в группе волн. Группа волн представляет собой отрезок волнограммы длиной более 100 волн. Считается, что такое количество волн в группе отражает весь волновой спектр, соответствующий конкретному волнообразующему процессу. В свою очередь, этот процесс зависит от волнообразующих факторов, основными из которых являются расчетная скорость ветра, длина разгона волн (длина разгона воздушного потока над акваторией водоема от наветренного берега до рассматриваемой точки), глубина водоема и время действия ветра.

### 2.1. Определение значений волнообразующих факторов

**Длина разгона волны  $D$ , м, км.**

Длина разгона  $D$  определяется по формуле

$$D = 0,27 \left[ D_0 + 0,85(D_{+1} + D_{-1}) + 0,50(D_{+2} + D_{-2}) \right], \quad (2.1)$$

где  $D_0$  – длина разгона по направлению главного луча, совпадающего с направлением ветра по волноопасному румбу;

$(D_{+1} + D_{-1})$  – длины разгонов по направлениям лучей, проведенных под углом  $22,5^\circ$  справа и слева от главного луча;

$(D_{+2} + D_{-2})$  – длины разгонов по направлениям лучей, проведенных под углом  $45^\circ$  справа и слева от главного луча.

Посредством введения в формулу (2.1) боковых лучей учитывается одновременно передаваемая волнам энергия ветра с боковых направлений.

**Время действия ветра  $t$ , ч.** Время действия ветра на водохранилищах с длиной разгона до 100 км можно не учитывать. В Беларуси больших водоемов нет. Решение задачи по определению времени действия расчетного шторма в морских и океанических акваториях в данном издании не рассматривается.

**Расчетная скорость ветра  $U$ , м/с.** Расчетное значение скорости ветра над водной поверхностью характеризуется нормативной обеспеченностью  $p$ . Например, при оценке волновых воздействий на гидротехнические сооружения действующими строительными нормами принимается обеспеченность расчетного шторма для сооружений I, II классов капитальности – 2 % (его повторяемость один раз в 50 лет); III, IV классов – 4 % (повторяемость один раз в 25 лет).

Так как для мест расположения водохранилищ обычно нет наблюдений за ветровым режимом, то значения скоростей расчетных обеспеченностей надо определять по имеющимся данным наблюдений ближайших материковых гидрометеостанций.

Для определения расчетной скорости наиболее научно обоснованным методом является метод, разработанный в Главной геофизической обсерватории СССР (метод ГГО), использующий всю совокупность наблюдений и опирающийся на режимную функцию в виде кривой распределения

$$p_{(u)} = e^{-(U/\beta)^\gamma},$$

где  $p_{(u)}$  – обеспеченность скорости ветра  $U$ ;

$\beta, \gamma$  – параметры, зависящие от ветрового режима данного района.

Если это выражение прологарифмировать дважды:

$$\lg(-\lg p_{(u)}) = \gamma \lg U + \lg \lg e - \gamma \lg \beta,$$

то связь между  $p_{(u)}$  и  $U$  будет линейной. Последнее обстоятельство позволяет эмпирические точки с координатами  $p_{(u)}$  и  $U$  осреднить прямой линией на графике, ось обеспеченности у которого билогарифмическая, а ось скоростей – логарифмическая, рис. 2.1.

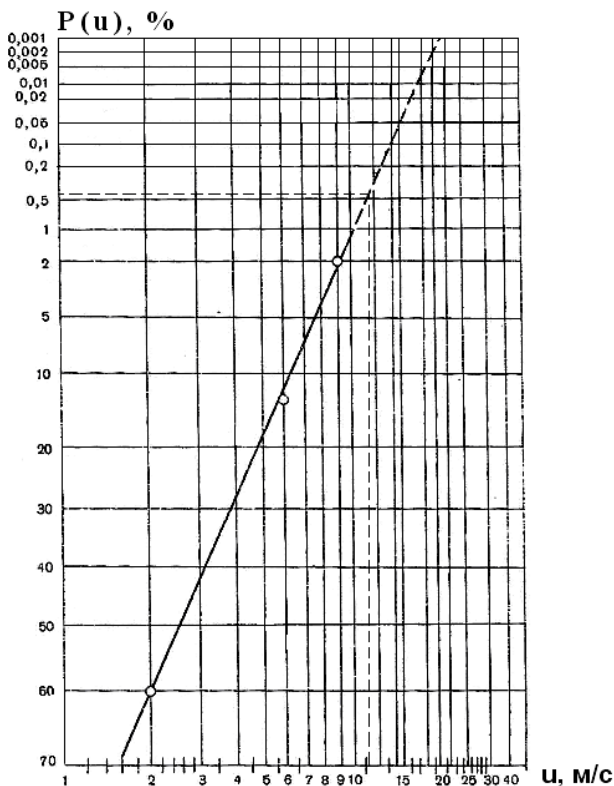


Рис. 2.1. График определения расчетной скорости ветра

Тогда искомое значение расчетной скорости ветра снимается с этого графика, если прямую связи проэкстраполировать вверх до

значения расчетной обеспеченности  $p_{(u)}$ . А значение расчетной  $p_{(u)}$  надо вычислить с учетом четырехсрочных наблюдений за скоростью ветра в сутки по формуле

$$p_{(u)} = \frac{6}{24Nnf} 100 = 4,17 \frac{6}{Nnf}, \%$$

где  $N$  – число дней наблюдений в году за безледный период;

$n$  – заданное число лет;

$f$  – повторяемость волноопасного направления ветра в долях единицы от суммы повторяемости всех направлений, равной единице.

Для получения возможно больших искомым элементов волн режимная функция строится по всем волноопасным направлениям.

В качестве примера расчета по методике ГГО приведены материалы, заимствованные из [6].

Пусть требуется вычислить значение расчетной скорости ветра для сооружения III класса (повторяемость один раз в 25 лет) по данным наблюдений, представленным в табл. 2.1, льда на водохранилище не бывает.

Таблица 2.1

Данные наблюдений по скоростям ветра

Градации скорости $U$ , м/с	Повторяемость по направлениям, %		
	СЗ	ССЗ	С
0–5	88	82	75
5,1–10	11,4	14,5	19
10,1–15	0,6	2,8	4,6
15,1–20	0,03	0,6	1,1
20,1–25	–	0,1	0,23
25,1 и более	–	0,03	0,08
Повторяемость направлений $f$	0,1	0,43	0,25

Чтобы нанести на график, см. рис. 2.1, эмпирические данные наблюдений, надо предварительно установить обеспеченности каж-



дой градации скорости. Их получают путем суммирования повторяемостей от больших значений ветра к меньшим, т. е. составляется таблица (табл. 2.2).

Таблица 2.2

Обеспеченность скорости ветра по градациям, %

Градация скорости $U$ , м/с	Волноопасные направления		
	СЗ	ССЗ	С
0–5	100	100	100
5,1–10	12,03	18,03	25,1
10,1–15	0,63	3,53	6,01
15,1–20	0,03	0,73	1,41
20,1–25	–	0,13	0,31
25 и более	–	0,03	0,08

Данные табл. 2.2 наносятся на рис. 2.1, причем обеспеченность присваивается нижнему пределу градации.

Вычисляют значение расчетной обеспеченности  $p_{(u)}$ , здесь взято направление ССЗ:

$$p_{(u)} = \frac{6}{365 \cdot 25 \cdot 0,43} \cdot 4,17 = 0,006 \text{ \%}.$$

Продлив эмпирическую линию до обеспеченности  $p_{(u)} = 0,006$  на графике, см. рис. 2.1, по горизонтальной оси снимают значение искомой скорости, равное 31 м/с.

В расчетах ветрового волнения скорость ветра принято брать на высоте 10 м над поверхностью воды, при этом значения должны соответствовать показанию анемометра. То есть если используют данные измерений, полученные с помощью флюгеров, то такие данные корректируют умножением на коэффициент  $K_a$  ( $K_a = 1$  при  $U = 20$  м/с;  $K_a = 0,95$  при  $U = 25$  м/с;  $K_a = 0,89$  при  $U = 35$  м/с).

Переход от высоты размещения измерительного прибора  $z$  к высоте  $z = 10$  м выполняют умножением  $K_z$  ( $K_z = 1,1$  при  $z = 5$  м/с;  $K_z = 1$  при  $z = 10$  м/с;  $K_z = 0,9$  при  $z = 20$  м/с и более).

Пересчет скорости ветра (при  $U \geq 20$  м/с) при переходе воздушного потока с суши на водоем и вдоль разгона над водной поверхностью не требуется, если материковая метеостанция является открытой, т. е. не защищенной по волноопасному направлению. Незащищенной считается метеостанция, если в радиусе до 200 м на местности нет элементов защищенности, а значения скоростей ветра к определению расчетных элементов волн в водохранилищах, как правило, превышают 20 м/с.

**Глубина водоема  $H$ , м.** Значения глубин водоема определяют по плану водохранилища, на котором имеются горизонталы, описывающие рельеф дна, представляющего собой земную поверхность до наполнения водохранилища. В других водоемах глубины также определяют по их планам с построенными изобатами (линиями равных глубин).

## 2.2. Определение элементов ветровых волн

В настоящее время элементы волн рассчитывают по эмпирико-статистическим связям между значениями элементов волн и волнообразующими факторами, вошедшим в строительные нормы [6]. Эти связи безразмерные, сложные, и поэтому для практических целей их решение представлено номограммой, рис. 2.2.

Номограмма составлена для определения наиболее устойчивых статистических характеристик волн, а именно, среднеарифметических значений высоты волны  $\bar{h}$  и периода  $\bar{\tau}$ .

В расчетах ветровых волн на водоемах с длиной разгона до 100 км пользование номограммой таково: значение безразмерного разгона  $gD/U^2$  откладывается на горизонтальной оси  $gD/U^2$ , из этой точки до соответствующей кривой безразмерных глубин  $gH/U^2$  ( $g$  – ускорение свободного) падения проводится вертикаль. Из точки пересечения вертикали с этой кривой проводят горизонталь до пересечения с вертикальными осями номограммы  $g\bar{h}/U^2$  и  $g\bar{\tau}/U$ , по которым устанавливают безразмерные значения средней высоты  $g\bar{h}/U^2 = A$  и среднего периода  $g\bar{\tau}/U = B$ .

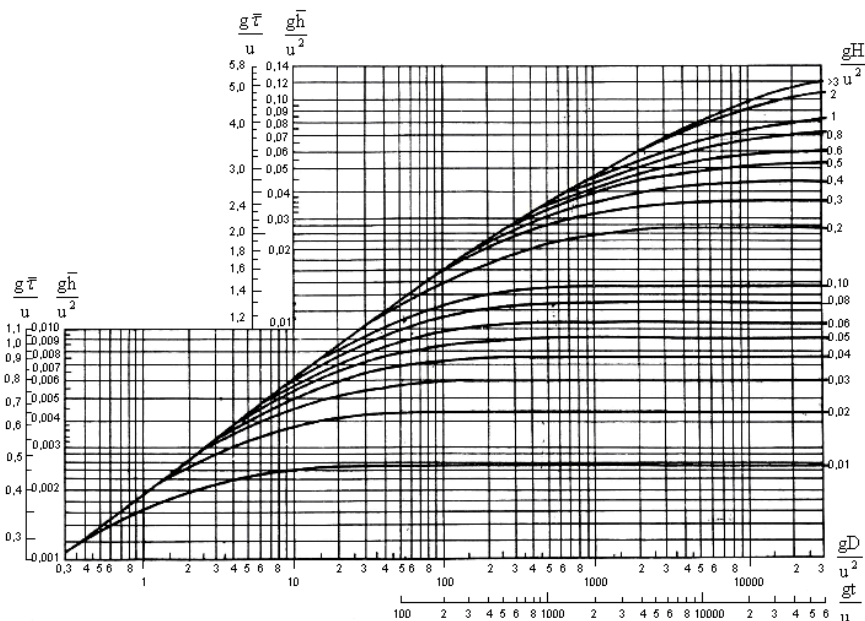


Рис. 2.2. График для определения элементов ветровых волн на глубоководных и мелководных акваториях

Затем переходят к абсолютным значениям искомых параметров волн

$$\bar{h} = \frac{AU^2}{g}, \text{ м;}$$

$$\bar{\tau} = \frac{BU}{g}, \text{ с.}$$

Длина разгона  $D$ , глубина водоема  $H$  исчисляются в метрах, скорость  $U$  – в метрах за секунду.

При решении инженерных задач в качестве расчетной высоты волны используют значение такой высоты волны, которая характеризуется расчетной нормативной обеспеченностью  $p$ , %. Во многих

случаях  $p = 1\%$ . Переход от средней высоты волны  $\bar{h}$  к высоте нормативной обеспеченности  $p$  осуществляют по функции распределения высот волн (кривая распределения Вейбулла). В целях практического использования это распределение представлено графически, рис. 2.3.

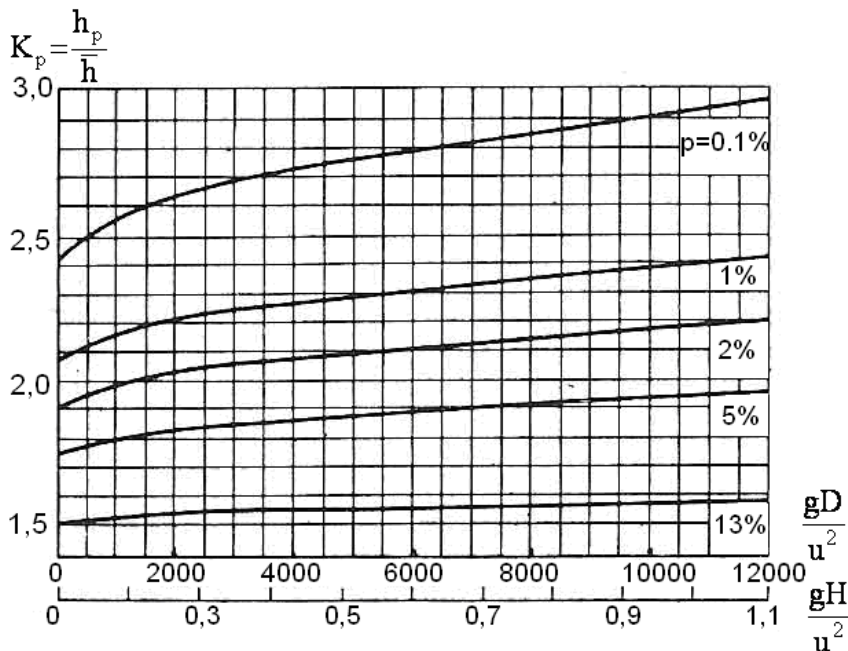


Рис. 2.3. Графики значений коэффициента  $K_p$

Пользование графиком таково: на горизонтальных осях откладывают безразмерные значения длины  $gD/U^2$  и глубины  $gH/U^2$ ; из этих точек проводят вертикали до кривой расчетной обеспеченности  $p$ , %, далее из полученных точек пересечения проводят горизонтальные линии до пересечения с вертикальной осью графика  $K_p = h_p/\bar{h}$ . Из полученных двух значений  $K_p$  принимают меньшее, так как один из волнообразующих факторов является ограничителем волнообразования.

В итоге расчетная высота волны вычисляется по формуле

$$h_p = \bar{h}K_p, \text{ м.}$$

На малых водоемах с длиной разгона  $D$  до 40 км значение  $K_p$  можно определять по формуле В.Н. Юхновца:

$$K_h = \sqrt[4]{2,93(-\lg p_n)},$$

где  $p_n$  – обеспеченность высоты волны в долях единицы;

$\varphi$  – параметр, значение которого зависит в основном от длины разгона; определять значение параметра рекомендуется по формуле

$$\varphi = \frac{3,17}{D^{0,14}},$$

где  $D$  – длина разгона волны, км.

Длину волны  $\lambda$  определяют по установленному в результате расчетов периоду  $\tau$  с использованием теоретической связи между длиной волны и ее периодом:

$$\lambda = \frac{g\tau^2}{2\pi} \operatorname{th} \frac{2\pi H}{\lambda}, \text{ м.} \quad (2.2)$$

В инженерных расчетах в качестве расчетной длины волны чаще всего принимают среднюю длину в группе волн, вычисляемую по формуле (2.2) по среднему периоду  $\bar{\tau}$ . Если возникает необходимость выходить на длину волны определенной обеспеченности, надо перейти от среднего периода  $\bar{\tau}$  к периоду расчетной обеспеченности  $\tau_p$  с использованием функции распределения периодов. Функция распределения периодов в данной курсовой работе не приводится.

Для условий предельного развития волн мелководного водоема период волны не зависит от скорости ветра и определяется только

его глубиной  $H$ , и тогда значение множителя  $\text{th} \frac{2\pi H}{\lambda}$  можно принять равным единице. Мелководным водоемом считается такой, глубина которого не превышает половины длины волны, т. е.  $H < \lambda/2$ .

### 3. ПОСТРОЕНИЕ И ЭКСТРАПОЛЯЦИЯ КРИВОЙ РАСХОДОВ ВОДЫ В СТВОРЕ РЕКИ

Связь между расходом и уровнем воды, выраженная графически, называется кривой расходов  $Q = f(H)$ . Кривая расходов является важнейшей гидравлической характеристикой речного потока. В гидрометрии определяют зависимость расхода  $Q$  от уровня  $H$ , хотя независимым переменным фактически является расход воды, а уровень – функцией. На практике так поступают потому, что на гидрологических постах расход определяют по измеренному уровню, если связь  $Q = f(H)$  заранее установлена. Это обусловлено еще и тем, что измерение уровней производят ежедневно в стандартные сроки, а измерение расходов вследствие большой трудоемкости делают значительно реже. Уместно обратить внимание, что уровень  $H$  – не глубина воды в створе, а возвышение водной поверхности над нулем графика в этом створе. Отметка плоскости нуля графика назначается примерно на 0,5 м ниже отметки водной поверхности при самой низкой зарегистрированной межени.

Кривая расходов широко применяется в различных гидравлических, гидрологических, водохозяйственных расчетах, а также в гидрологических прогнозах.

Кривая расходов является однозначной, когда каждому значению расхода воды соответствует одно значение уровня воды. В действительности же бывает только приближенно однозначная зависимость, так как всегда имеются погрешности в измерениях расходов и уровней и влияние ряда причин, нарушающих связь расходов с уровнями.

Для большинства равнинных рек, не подверженных значительным деформациям и зарастанию в период открытого русла, характерна приближенно однозначная связь между расходом и уровнем.

Если вода выливается на пойму, то кривая расходов будет представлена двумя частями: нижний участок – русловый, а верхний – пойменный.

В настоящей курсовой работе рассматривается построение, обоснование и экстраполяция однозначной кривой расходов  $Q = f_1(H)$  для беспойменных русл. Кривая строится в прямоугольной системе координат, рис. 3.1, совместно с кривой площадью поперечных сечений реки  $\omega = f_2(H)$  и средних скоростей в этих сечениях  $v = f_3(H)$ , так как расход равен произведению площади поперечного сечения потока на среднюю скорость. Кривые площадей и средних скоростей нужны не только для анализа надежности измеренных расходов, но и для экстраполяции кривой расходов, т. е. продления ее за пределы наблюдений.

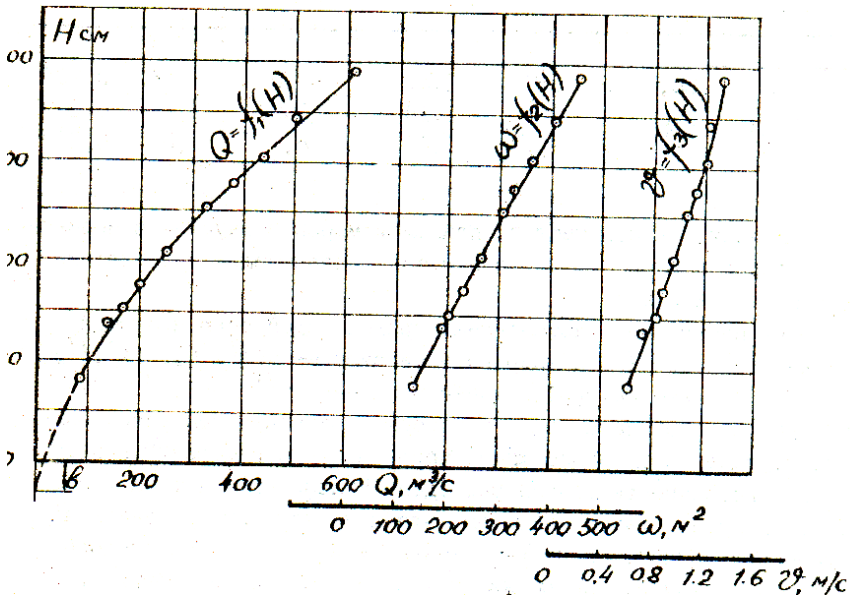


Рис. 3.1. Кривые зависимости  $Q = f_1(H)$ ,  $\omega = f_2(H)$ ,  $v = f_3(H)$  р. Волги у г. Ржева

Масштаб для построения кривых выбирается таким образом, чтобы хорда, соединяющая концы кривой  $Q = f_1(H)$ , была расположена примерно под углом  $45^\circ$  к оси абсцисс, а для кривых  $\omega = f_2(H)$  и  $\upsilon = f_3(H)$  – под углом  $60^\circ$ . При выборе масштаба учитывают точность графического определения расходов воды, снимаемых с кривой для составления расчетной таблицы, используя которую по измеренным уровням определяют расходы воды. А чтобы кривые не пересекались и не совмещались, нули шкал  $\omega$  и  $\upsilon$  сдвигают вправо относительно нуля  $Q$ . Вертикальная ось уровней  $H$  общая для всех трех кривых.

Кривые  $Q = f_1(H)$ ,  $\omega = f_2(H)$  и  $\upsilon = f_3(H)$  называют также элементарными кривыми. Пример их построения показан на рис. 3.1 в створе г. Ржева, р. Волга, и заимствован из [9]. При их построении в координатной сетке  $(Q, H)$ ,  $(\omega, H)$ ,  $(\upsilon, H)$  по исходным данным, приводимым в задании, на график наносят точки. Эти точки обычно располагаются узкой полосой с некоторым рассеиванием. Кривые же проводят на глаз с таким расчетом, чтобы каждая кривая занимала среднее положение относительно точек, т. е. посередине полосы рассеивания точек. Если на графике (см. рис. 3.1) видно, что точки тесно группируются около своих кривых или лежат на них, кривая  $Q = f_1(H)$  выпуклая к оси  $H$ ,  $\omega = f_2(H)$  – почти прямая, а кривая  $\upsilon = f_3(H)$  – слабовогнутая к оси  $H$ , то это свидетельствует о правильности произведенных измерений и об отсутствии условий, нарушающих однозначность кривой расходов. После построения всех трех кривых производят их увязку между собой, что является обоснованием кривой расходов.

**Взаимоувязка элементарных кривых.** Взаимоувязка элементарных кривых состоит в том, что при однозначной связи каждому значению уровня должно соответствовать только одно значение расхода  $Q$ , равное произведению  $\omega \upsilon$ . Расхождение между расходом, вычисленным по произведению  $\omega \upsilon$  и снятым с кривой  $Q = f_1(H)$ , должно быть не более 1,5 %, а если оно оказывается большим, то в соответствующем интервале производят исправление кривых, имея при этом в виду, что кривая площадей является наиболее точной из всех кривых. Значит, исправлять надо кривые



$Q = f_1(H)$  и  $v = f_3(H)$ . Для выполнения данной проверки и увязки кривых амплитуду уровней разбивают на интервалы примерно через 20 см и при каждом значении уровня указанные расходы сравнивают в табличном виде, см. табл. 3.1.

Таблица 3.1

Сравнение параметров кривых

H, см	Значения параметров, снятые с кривых			Q = ωv, м <sup>3</sup> /с	Расхождение, %
	Q, м <sup>3</sup> /с	ω, м <sup>2</sup>	v, м/с		
100	100	155	0,65	100,8	0,80
120	123	175	0,71	124	0,81
...	...	...	...	...	...

Данные табл. 3.1 свидетельствуют о правильности построения кривых.

Построение кривой расходов заканчивают проверкой найденной зависимости, заключающейся в определении отклонений в процентах измеренных расходов от расходов, полученных по кривой  $Q = f_1(H)$  при одних и тех же уровнях воды. Вычисление отклонений производится согласно табл. 3.2.

Таблица 3.2

Отклонения между расходами, измеренными и полученными по кривой расходов

№ расхода	Измерение		Q <sub>2</sub> по кривой расходов, м <sup>3</sup> /с	ΔQ = Q <sub>1</sub> - Q <sub>2</sub> , м <sup>3</sup> /с	Δσ = (ΔQ/Q <sub>1</sub> )100, %	Δσ <sup>2</sup>
	H, см	Q <sub>1</sub> , м <sup>3</sup> /с				

Полученную зависимость  $Q = f_1(H)$  считают хорошей, если средняя вероятная ошибка, вычисленная по формуле

$$\sigma = 0,674 \sqrt{\frac{\sum(\Delta\sigma)^2}{n}}, \quad (3.1)$$

где  $n$  – число измеренных расходов;

$\sum(\Delta\sigma)^2$  – сумма квадратов отклонений в процентах, находится в пределах 2–4 %.

Такая кривая расходов используется для подсчета ежедневных расходов воды по наблюдаемым уровням. В этих целях составляют расчетную таблицу связи расходов с уровнями.

Однозначную кривую расходов  $Q = f_1(H)$  можно выразить аналитически. Например, по В.Г. Глушкову, уравнение кривой расходов имеет вид

$$Q = a(H + H_0)^m, \quad (3.2)$$

где  $a$ ,  $m$  – параметры уравнения;

$H_0$  – уровень воды при расходе  $Q = 0$ ; может быть положительным и отрицательным в зависимости от отметки нуля графика.

Чтобы пользоваться уравнением (3.2), надо определить значения входящих в формулу параметров  $a$ ,  $m$ ,  $H_0$ . Эти значения можно определить различными способами, опираясь на ряд данных измерений расходов и уровней. Наиболее простым из них является использование линейной анаморфозы функции (3.2), т. е. обращения кривой (3.2) в прямую линию. Для этого необходимо прологарифмировать выражение (3.2), записав его в виде

$$\lg Q = \lg a + m \lg(H + H_0). \quad (3.3)$$

Тогда на логарифмической клетчатке функция (3.3) будет прямой линией, рис. 3.2, по которой очень легко определяются значения параметров  $a$  и  $m$ .

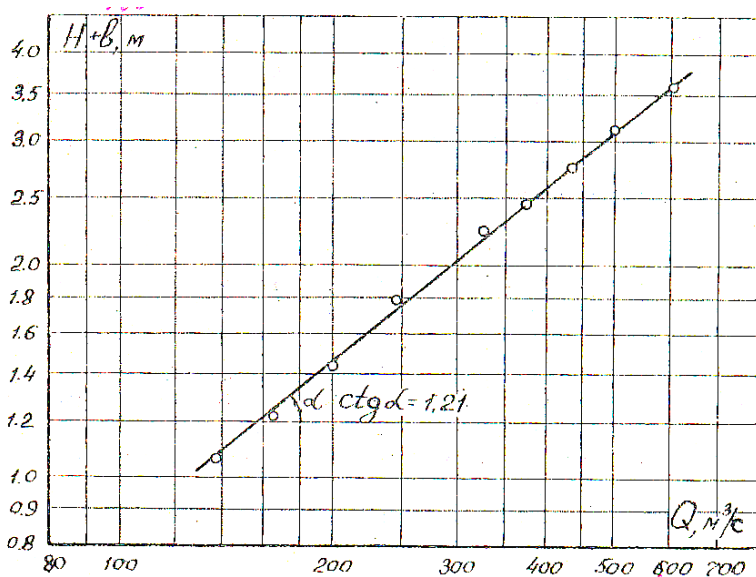


Рис. 3.2. Линейная анаморфоза кривой  $Q = a(H + H_0)^m$

Значение  $m = \text{ctg } \alpha$ . Значение  $a = Q$  при  $H + H_0 = 1$ . Но предварительно надо найти значение  $H_0$ , что можно сделать графически или аналитически.

При графическом определении искомое значение  $H_0$  численно равно отрезку на вертикальной оси  $H$  (см. рис. 3.1) при ее экстраполяции вниз до значения  $Q = 0$ .

Аналитическое решение выполняется по формуле

$$H_0 = \frac{H_3^2 - H_1 H_2}{H_1 + H_2 - 2H_3},$$

где  $H_1, H_2$  – уровни в нижней и верхней частях кривой расходов  $Q = f_1(H)$ , обе точки, соответствующие расходам  $Q_1$  и  $Q_2$ , лежат на кривой);

$H_3$  – уровень, соответствующий расходу  $Q_3$  на кривой расходов, см. рис. 3.1.

Значение расхода  $Q_3$  вычисляют по формуле

$$Q_3 = \sqrt{Q_1 Q_2}.$$

Более точно значения параметров  $a$  и  $m$  можно получить решив систему уравнений, но потребуется посчитать суммы логарифмов  $Q$  и  $(H + H_0)$  по всему массиву имеющихся измерений:

$$\begin{cases} \sum^n \lg Q = n \lg a + m \sum^n \lg(H + H_0); \\ \sum^n [\lg Q \lg(H + H_0)] = \lg a \sum^n \lg(H + H_0) + m \sum^n [\lg(H + H_0)]^2. \end{cases} \quad (3.4)$$

Записанное в числах уравнение (3.2) можно использовать в расчетах, если средняя вероятностная ошибка, вычисленная по (3.1) при подстановке установленных значений расходов по (3.2), по-прежнему будет находиться в пределах 2–4 %.

**Экстраполяция кривой расходов.** Экстраполяцию кривой  $Q = f_1(H)$  выполняют в расчетах максимальных расходов при высоких проектных уровнях. Имеется много методик по экстраполяции кривой расходов. Выбор наиболее подходящей из них зависит от полноты исходных данных измерений и наблюдений. Из-за сложности движения воды в реках универсального способа экстраполяции не существует. В данной курсовой работе при наличии данных наблюдений рекомендуется решать задачу по экстраполяции кривой расходов с использованием уравнения (3.2). Значения параметров уравнения (3.2) следует определять одним из вышеописанных способов – графическим, обращая кривую (3.2) в прямую линию (3.3), или аналитическим, решая систему уравнений (3.4).

Способы экстраполяции кривой расходов широко представлены в «Пособии по экстраполяции кривых расходов воды до наивысших уровней» [10].

#### 4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

В результате выполненной курсовой работы изучены современные методики определения гидрологических характеристик и получены значения основных из них:

– среднегодовой расход воды  $\bar{Q} = \quad \text{м}^3/\text{с};$

– расходы половодья обеспеченностью  $p = 1 \%$ ;

а) по методике [1]  $Q_{1\%} = \quad \text{м}^3/\text{с};$

б) по методике [3]  $Q_{1\%} = \quad \text{м}^3/\text{с};$

– расходы дождевого паводка обеспеченностью  $p = 1 \%$ ;

а) по методике [1]  $Q_{1\%} = \quad \text{м}^3/\text{с};$

б) по методике [3]  $Q_{1\%} = \quad \text{м}^3/\text{с};$

– расходы минимального стока за летне-осенний и зимний сезоны обеспеченностью  $p = 95 \%$  по методике [1]

$Q_{95\% \text{ л-о}} = \quad \text{м}^3/\text{с};$

$Q_{95\% \text{ з}} = \quad \text{м}^3/\text{с}.$

Полученные значения расходов сопоставляются со значениями, содержащимися в Государственном водном кадастре, для суждения о достоверности полученных результатов гидрологических расчетов. Кадастровые данные принимаются за достоверные.

Также приводятся полученные значения:

– расчетной скорости ветра (повторяемостью один раз в 25 лет)

$U = \quad \text{м}/\text{с};$

– высоты ветровой волны обеспеченностью  $p = 1 \%$

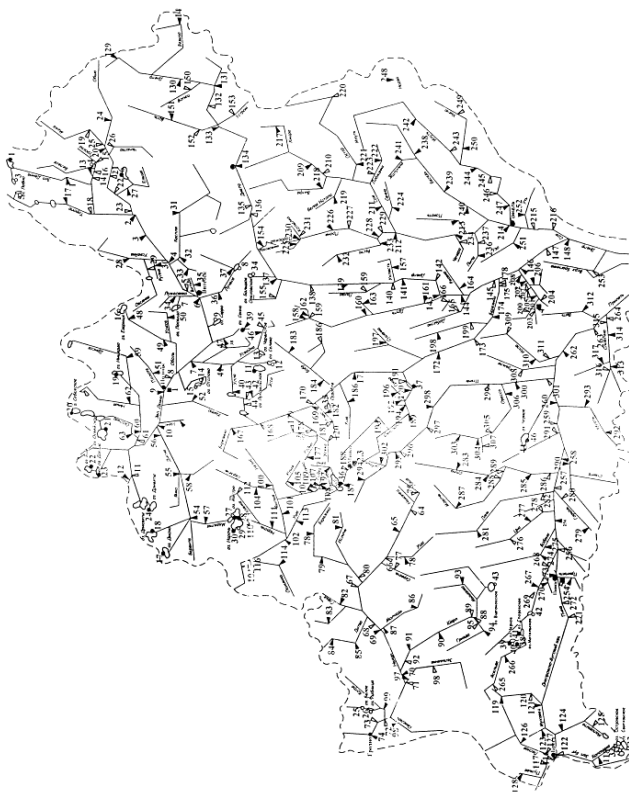
$h = \quad \text{м};$

– длины средней ветровой волны

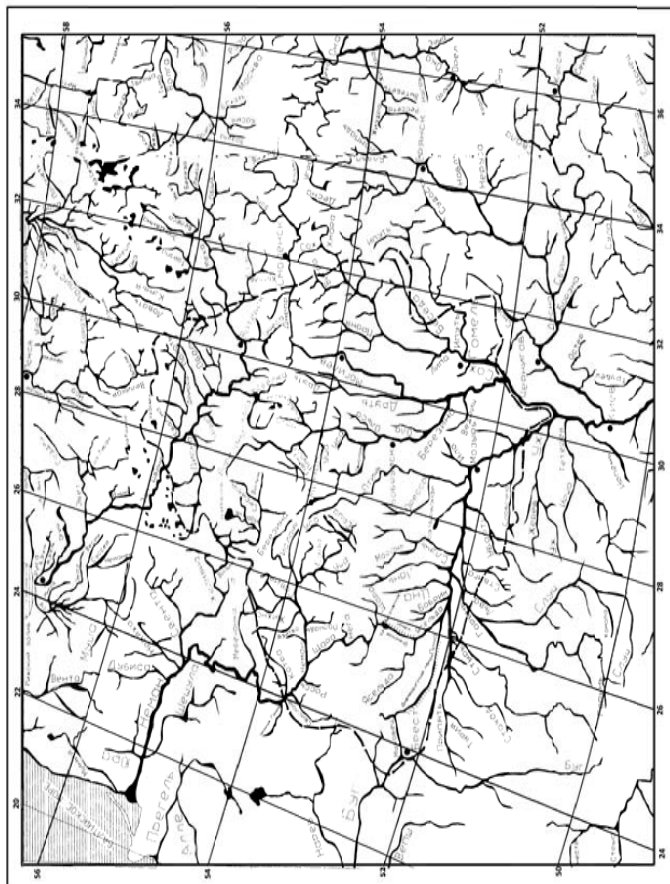
$\bar{\lambda} = \quad \text{м}.$

## Литература

1. Определение расчетных гидрологических характеристик. СНиП 2.01.14–83. – М., 1983. – 36 с.
2. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – Л., 1984. – 448 с.
3. Определение расчетных гидрологических характеристик П1-98 к СНиП 2.01.14–83. – Минск, 2000. – 174 с.
4. Ресурсы поверхностных вод СССР : в 20 т. – Л. : Гидрометеоздат, 1966. – Т. 5 ; Ч.1 : Основные гидрологические характеристики. – 622 с.
5. Ресурсы поверхностных вод СССР : в 20 т. – Л. : Гидрометеоздат, 1974. – Т. 5 : Белоруссия и Верхнее Поднепровье. – 432 с.
6. Руководство по определению нагрузок и воздействий на гидротехнические сооружения : П-58–76. – Л. : ВНИИГ, 1977. – 316 с.
7. Рождественский, А. В. Оценка точности кривых распределения гидрологических характеристик / А. В. Рождественский. – Л. : Гидрометеоздат, 1977. – 270 с.
8. Ресурсы поверхностных вод СССР : в 20 т. – Л. : Гидрометеоздат, – Т. 5 ; Ч.1 1966. – 721 с.
9. Большаков, В. В. Сборник задач по гидрометрии, инженерной гидрологии и регулированию стока / В. В. Большаков, А. Н. Иванов. – М. : Высш. школа, 1975. – 184 с.
10. Пособие по экстраполяции кривых расходов воды до наивысших уровней. – Л. : Гидрометеоздат, 1966. – 198 с.
11. Гидротехнические сооружения. Правила определения нагрузок и воздействий (волновых, ледовых и от судов) : ТКП 45-3.01-170–2009. – Введ. 30.12.2009. – Минск : М-во архитектуры и строительства Респ. Беларусь, 2010. – 77 с.

**ПРИЛОЖЕНИЯ  
ПРИЛОЖЕНИЕ 1****Схема расположения пунктов гидрологических наблюдений с кадастровыми номерами**

Карта рек Республики Беларусь





ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Значение параметра  $E_{C_v}$  из [7]

$r'$	$\frac{C_s}{C_v}$	$C_v$												
	$C_v$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3
Распределение Пирсона III типа														
0	0	0,71	0,75	0,80	0,84	0,91	0,98	1,06	1,14	1,24	1,34			
	1	0,71	0,71	0,73	0,75	0,77	0,79	0,81	0,84	0,87	0,91			
	2	0,71	0,71	0,72	0,73	0,75	0,77	0,79	0,81	0,83	0,86			
	3	0,71	0,72	0,75	0,78	0,82	0,87	0,92	0,98	1,04	1,11			
	4	0,71	0,75	0,81	0,88	0,96	1,06	1,26	1,36	1,46				
0,3	0	0,79	0,84	0,91	0,99	1,08	1,18	1,28	1,42	1,55	1,70			
	1	0,76	0,77	0,80	0,83	0,87	0,91	0,96	1,01	1,07	1,13	1,20	1,29	1,38
	2	0,76	0,76	0,78	0,80	0,82	0,84	0,86	0,89	0,92	0,95	0,97	1,01	1,04
	3	0,76	0,78	0,81	0,84	0,88	0,93	0,98	1,04	1,10	1,16	1,23	1,30	1,37
	4	0,76	0,81	0,87	0,95	1,04	1,14	1,25	1,37	1,49	1,62	1,73	1,84	1,96
0,5	0	0,91	0,96	1,03	1,13	1,23	1,37	1,52	1,69	1,89	2,10			
	1	0,87	0,88	0,91	0,94	0,99	1,04	1,11	1,19	1,27	1,37	1,49	1,61	1,74
	2	0,87	0,87	0,88	0,89	0,91	0,93	0,96	0,99	1,02	1,05	1,08	1,12	1,15
	3	0,87	0,89	0,91	0,94	0,98	1,02	1,07	1,13	1,18	1,25	1,32	1,40	1,47
	4	0,89	0,93	0,99	1,07	1,17	1,28	1,41	1,55	1,68	1,83	1,98	2,12	2,25
Распределение Крицкого–Менкеля														
0,3	3	0,77	0,80	0,83	0,86	0,91	0,96	1,02	1,08	1,14	1,19	1,23	1,28	1,31
	4	0,79	0,85	0,92	1,00	1,09	1,18	1,27	1,33	1,38	1,44	1,49	1,53	1,56
0,5	3	0,87	0,89	0,92	0,97	1,02	1,07	1,12	1,17	1,21	1,25	1,28	1,32	1,34
	4	0,91	0,96	1,03	1,12	1,20	1,27	1,33	1,37	1,42	1,46	1,50	1,55	1,58

**Нормированные отклонения от среднего значения  
ординат распределения Пирсона III типа**

$$\Phi_{(C_v, p)} = \frac{K_p - 1}{C_v} \text{ (биномиальная кривая распределения)}$$

C <sub>s</sub>	p, %										
	0,1	1	3	5	10	20	25	30	40	50	60
-4,0	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,49	0,49	0,46	0,41	0,31
-3,8	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,52	0,52	0,51	0,48	0,42	0,30
-3,6	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,55	0,54	0,54	0,49	0,42	0,28
-3,4	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,58	0,57	0,55	0,50	0,41	0,27
-3,2	0,63	0,63	0,63	0,63	0,62	0,61	0,59	0,57	0,51	0,41	0,25
-3,0	0,67	0,67	0,67	0,67	0,66	0,64	0,62	0,59	0,51	0,40	0,22
-2,8	0,72	0,72	0,71	0,71	0,70	0,67	0,64	0,69	0,51	0,39	0,20
-2,6	0,77	0,77	0,77	0,76	0,75	0,70	0,66	0,61	0,51	0,37	0,17
-2,4	0,83	0,83	0,83	0,82	0,79	0,72	0,67	0,62	0,51	0,35	0,17
-2,2	0,91	0,91	0,90	0,88	0,84	0,75	0,69	0,64	0,50	0,33	0,12
-2,0	1,00	0,99	0,97	0,95	0,90	0,78	0,71	0,64	0,49	0,31	0,09
-1,8	1,11	1,09	1,06	1,02	0,94	0,80	0,72	0,64	0,48	0,28	0,05
-1,6	1,24	1,20	1,14	1,10	0,99	0,81	0,73	0,64	0,46	0,25	0,02
-1,4	1,39	1,32	1,23	1,17	1,04	0,83	0,73	0,64	0,44	0,22	-0,02
-1,2	1,58	1,45	1,33	1,24	1,08	0,84	0,74	0,63	0,42	0,19	-0,05
-1,0	1,79	1,59	1,42	1,32	1,13	0,85	0,73	0,62	0,39	0,16	-0,09
-0,8	2,02	1,74	1,52	1,38	1,17	0,86	0,73	0,60	0,37	0,13	-0,12
-0,6	2,27	1,88	1,61	1,45	1,20	0,85	0,72	0,59	0,34	0,10	-0,16
-0,4	2,54	2,03	1,70	1,52	1,23	0,85	0,71	0,57	0,31	0,07	-0,19
-0,2	2,81	2,18	1,79	1,58	1,26	0,85	0,69	0,55	0,28	0,03	-0,22
0	3,09	2,33	1,88	1,64	1,28	0,84	0,67	0,52	0,25	0,00	-0,25
0,2	3,38	2,47	1,96	1,70	1,30	0,83	0,65	0,50	0,22	-0,03	-0,28
0,4	3,66	2,61	2,04	1,75	1,32	0,82	0,63	0,47	0,19	-0,07	-0,31
0,6	3,96	2,75	2,12	1,80	1,33	0,80	0,61	0,44	0,16	-0,10	-0,34
0,8	4,24	2,89	2,18	1,84	1,34	0,78	0,58	0,41	0,12	-0,13	-0,37
1,0	4,53	3,02	2,25	1,88	1,34	0,76	0,55	0,38	0,09	-0,16	-0,39
1,2	4,81	3,15	2,31	1,92	1,34	0,73	0,52	0,35	0,05	-0,19	-0,42
1,4	5,09	3,27	2,37	1,95	1,34	0,71	0,49	0,31	0,02	-0,22	-0,44
1,6	5,37	3,39	2,42	1,97	1,33	0,68	0,46	0,28	-0,02	-0,25	-0,46
1,8	5,64	3,50	2,46	1,99	1,32	0,64	0,42	0,24	-0,05	-0,28	-0,48
2,0	5,91	3,60	2,51	2,00	1,30	0,61	0,39	0,20	-0,08	-0,31	-0,49
2,2	6,14	3,68	2,54	2,02	1,27	0,57	0,35	0,16	-0,12	-0,33	-0,50
2,4	6,37	3,78	2,60	2,00	1,25	0,52	0,29	0,12	-0,14	-0,35	-0,51
2,6	6,54	3,86	2,63	2,00	1,21	0,48	0,25	0,085	-0,17	-0,37	-0,51
2,8	6,86	3,96	2,65	2,00	1,18	0,44	0,22	0,057	-0,20	-0,39	-0,51
3,0	7,10	4,05	2,66	1,97	1,13	0,39	0,19	0,027	-0,22	-0,40	-0,51

$C_s$	$p, \%$										
	0,1	1	3	5	10	20	25	30	40	50	60
3,2	7,35	4,11	2,66	1,96	1,09	0,35	0,15	-0,006	-0,25	-0,41	-0,51
3,4	7,54	4,18	2,66	1,94	1,06	0,31	0,11	-0,036	-0,27	-0,41	-0,50
3,6	7,72	4,24	2,66	1,93	1,03	0,28	0,064	-0,072	-0,28	-0,42	-0,49
3,8	7,97	4,29	2,65	1,90	1,00	0,24	0,032	-0,095	-0,30	-0,42	-0,48
4,0	8,17	4,34	2,65	1,90	0,96	0,21	0,010	-0,120	-0,31	-0,41	-0,46
4,2	8,38	4,39	2,64	1,88	0,93	0,19	-0,010	-0,13	-0,31	-0,41	-0,45
4,4	8,60	4,42	2,63	1,86	0,91	0,15	-0,032	-0,15	-0,32	-0,40	-0,44
4,6	8,79	4,46	2,62	1,84	0,87	0,13	-0,052	-0,17	-0,32	-0,40	-0,42
4,8	8,96	4,50	2,60	1,81	0,82	0,10	-0,075	-0,19	-0,32	-0,39	-0,41
5,0	9,12	4,54	2,60	1,78	0,78	0,068	-0,099	-0,20	-0,33	-0,38	-0,40
5,2	9,27	4,59	2,60	1,74	0,73	0,035	-0,120	-0,21	-0,33	-0,37	-0,38
5,4	9,42	4,62	2,60	1,70	0,67	0,02	-0,100	-0,21	-0,33	-0,37	-0,37
5,6	9,59	4,65	2,60	1,67	0,62	0,00	-0,120	-0,21	-0,30	-0,36	-0,36
5,8	9,70	4,70	2,60	1,61	0,57	-0,02	-0,140	-0,21	-0,30	-0,35	-0,35
6,0	9,84	4,70	2,60	1,60	0,51	-0,05	-0,150	-0,21	-0,30	-0,34	-0,34
6,2	9,95	4,71	2,60	1,56	0,47	-0,05	-0,150	-0,21	-0,30	-0,34	-0,34
6,4	10,05	4,71	2,60	1,52	0,42	-0,05	-0,150	-0,21	-0,30	-0,33	-0,39

$C_s$	$p, \%$								$\Phi 5 \%$ $\Phi 95 \%$	$S = \frac{X_{5\%} - X_{95\%} - X_{50\%}}{X_{5\%} - X_{95\%}}$
	70	75	80	90	95	97	99	99,9		
-4,0	-0,120	-0,010	-0,21	-0,96	-1,90	-2,65	-4,34	-8,17	2,40	-0,93
-3,8	-0,095	-0,032	-0,24	-1,00	-1,90	-2,65	-4,29	-7,97	2,426	-0,91
-3,6	-0,072	-0,064	-0,28	-1,03	-1,93	-2,66	-4,24	-7,72	2,486	-0,89
-3,4	-0,036	-0,11	-0,31	-1,06	-1,94	-2,66	-4,18	-7,54	2,527	-0,86
-3,2	-0,006	-0,15	-0,35	-1,09	-1,96	-2,66	-4,11	-7,35	2,58	-0,83
-3,0	-0,027	-0,19	-0,39	-1,13	-1,97	-2,66	-4,05	-7,10	2,64	-0,80
-2,8	-0,057	-0,22	-0,44	-1,18	-2,00	-2,65	-3,86	-6,86	2,71	-0,76
-2,6	-0,085	-0,25	-0,48	-1,21	-2,00	-2,63	-3,86	-6,54	2,76	-0,71
-2,4	-0,12	-0,29	-0,52	-1,25	-2,00	-2,60	-3,78	-6,37	2,82	-0,67
-2,2	-0,16	-0,35	-0,57	-1,27	-2,02	-2,54	-3,68	-6,14	2,90	-0,62
-2,0	-0,20	-0,39	-0,61	-1,30	-2,00	-2,51	-3,60	-5,91	2,95	-0,57
-1,8	-0,24	-0,42	-0,64	-1,32	-1,99	-2,46	-3,50	-5,64	3,01	-0,51
-1,6	-0,28	-0,46	-0,68	-1,33	-1,97	-2,42	-3,39	-5,37	3,07	-0,45
-1,4	-0,31	-0,49	-0,71	-1,34	-1,95	-2,37	-3,27	-5,09	3,12	-0,39
-1,2	-0,35	-0,52	-0,73	1,34	-1,92	-2,31	-3,15	-4,81	3,16	-0,34
-1,0	-0,38	-0,55	-0,76	-1,34	-1,88	-2,25	-3,02	-4,53	3,20	-0,27
-0,8	-0,41	-0,58	-0,79	-1,34	-1,84	-2,18	-2,89	-4,24	3,22	-0,22
-0,6	-0,44	-0,61	-0,80	-1,33	-1,80	-2,12	-2,75	-3,96	3,25	-0,17
-0,4	-0,47	-0,63	-0,82	-1,32	-1,75	-2,04	-2,61	-3,66	3,27	-0,11
-0,2	-0,50	-0,65	-0,83	-1,30	-1,70	-1,96	-2,47	-3,38	3,28	-0,05
0	-0,52	-0,67	-0,84	-1,28	-1,64	-1,88	-2,33	-3,09	3,28	0,00
0,2	-0,55	-0,69	-0,85	-1,26	-1,58	-1,79	-2,81	-2,81	3,28	0,06
0,4	-0,57	-0,71	-0,85	-1,23	-1,52	-1,70	-2,03	-2,54	3,27	0,11
0,6	-0,59	-0,72	-0,85	-1,20	-1,45	-1,61	-1,88	-2,27	3,25	0,17

$C_s$	$P, \%$								$\Phi 5 \%$ - $\Phi 95 \%$	$S = \frac{X_{5\%} - X_{95\%} - X_{50\%}}{X_{5\%} - X_{95\%}}$
	70	75	80	90	95	97	99	99,9		
0,8	-0,60	-0,73	-0,86	-1,17	-1,38	-1,52	-1,74	-2,02	3,22	0,22
1,0	-0,62	-0,73	-0,85	-1,13	-1,32	-1,42	-1,59	-1,79	3,20	0,28
1,2	-0,63	-0,74	-0,84	-1,08	-1,24	-1,33	-1,45	-1,58	3,16	0,34
1,4	-0,64	-0,73	-0,83	-1,04	-1,17	-1,23	-1,32	-1,39	3,12	0,39
1,6	-0,64	-0,73	-0,81	-0,99	-1,10	-1,14	-1,20	-1,24	3,07	0,45
1,8	-0,64	-0,72	-0,80	-0,94	-1,02	-1,06	-1,09	-1,11	3,01	0,51
2,0	-0,64	-0,71	-0,78	-0,90	-0,95	-0,97	-0,99	-1,00	2,95	0,57
2,2	-0,64	-0,69	-0,75	-0,842	-0,882	-0,895	-0,905	-0,910	2,89	0,62
2,4	-0,62	-0,67	-0,72	-0,792	-0,820	-0,826	-0,830	-0,833	2,82	0,67
2,6	-0,61	-0,66	-0,70	-0,746	-0,764	-0,766	-0,770	-0,770	2,76	0,72
2,8	-0,60	-0,64	-0,67	-0,703	-0,711	-0,714	-0,715	-0,715	2,71	0,76
3,0	-0,59	-0,62	-0,64	-0,661	-0,665	-0,666	0,666	-0,667	2,64	0,80
3,2	-0,57	-0,59	-0,61	-0,621	0,625	0,625	0,625	-0,625	2,59	0,83
3,4	-0,55	-0,57	-0,58	-0,586	-0,587	-0,588	-0,588	-0,588	2,53	0,86
3,6	-0,54	-0,54	-0,55	-0,555	-0,556	-0,556	-0,556	-0,556	2,48	0,89
3,8	-0,51	-0,52	-0,52	-0,526	-0,526	-0,526	0,526	-0,527	2,43	0,91
4,0	-0,49	-0,49	-0,50	-0,500	-0,500	0,500	-0,500	-0,500	2,40	0,92
4,2	-0,47	-0,473	-0,475	-0,476	-0,476	-0,476	-0,477	-0,477	2,36	0,94
4,4	-0,451	-0,454	-0,455	-0,455	-0,455	-0,455	-0,455	-0,455	2,32	0,95
4,6	-0,432	-0,454	-0,435	-0,435	-0,435	-0,435	-0,435	-0,435	2,28	0,97
4,8	-0,416	-0,416	-0,416	-0,416	-0,416	-0,416	-0,417	-0,417	2,23	0,98
5,0	-0,399	-0,400	-0,400	-0,400	-0,400	-0,400	-0,400	-0,400	2,18	0,98
5,2	-0,384	-0,385	-0,385	-0,385	-0,385	-0,385	-0,385	-0,385	2,12	0,98
5,4	-0,37	-0,37	-0,37	-0,37	-0,37	-0,37	-0,37	-0,37	2,07	1,00
5,6	-0,36	-0,36	-0,36	-0,36	-0,36	-0,36	-0,36	-0,36	2,03	1,00
5,8	-0,35	-0,35	-0,35	-0,35	-0,35	-0,35	-0,35	-0,35	1,99	1,00
6,0	-0,34	-0,34	-0,34	-0,34	-0,34	-0,34	-0,34	-0,34	1,94	1,00
6,2	-0,34	-0,34	-0,34	-0,34	-0,34	-0,34	-0,34	-0,34	1,90	1,00
6,4	-0,33	-0,33	-0,33	-0,33	-0,33	-0,33	-0,33	-0,33	1,85	1,00

# ПРИЛОЖЕНИЕ 5

## Ординаты кривых обеспеченности трехпараметрического гамма-распределения

P, %	Коэффициент изменчивости $C_V$				
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
$C_V = -2C_V$					
0,1	1,28	1,49	1,55		
0,3	1,25	1,45	1,53		
0,5	1,24	1,43	1,51		
1	1,22	1,40	1,49		
3	1,18	1,34	1,44		
5	1,16	1,30	1,41		
10	1,13	1,25	1,35		
20	1,09	1,17	1,27		
25	1,07	1,14	1,24		
30	1,05	1,12	1,20		
40	1,03	1,07	1,13		
50	1,00	1,02	1,05		
60	0,976	0,964	0,962		
70	0,950	0,906	0,861		
75	0,934	0,872	0,803		
80	0,917	0,834	0,737		
90	0,870	0,731	0,564		
95	0,890	0,644	0,432		
97	0,808	0,587	0,355		
99	0,753	0,481	0,233		
99,5	0,724	0,452	0,178		
99,7	0,704	0,388	0,146		
99,9	0,664	0,319	0,096		
$C_V = -1,5 C_V$					
0,1	1,29	1,52	1,65		
0,3	1,26	1,47	1,60		
0,5	1,24	1,45	1,58		
1	1,22	1,41	1,51		
3	1,18	1,35	1,48		
5	1,16	1,31	1,43		
10	1,13	1,25	1,36		
20	1,10	1,17	1,27		
25	1,07	1,14	1,23		
30	1,05	1,11	1,19		
40	1,03	1,06	1,11		
50	1,00	1,01	1,04		
60	0,977	0,960	0,951		
70	0,949	0,902	0,856		
$C_V = -0,5 C_V$					
0,1	1,30	1,58	1,80		1,96
0,3	1,27	1,52	1,73		1,86
0,5	1,25	1,49	1,69		1,83
1	1,23	1,45	1,64		1,77

P, %	Коэффициент изменчивости $C_V$				
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
3	1,19	1,37	1,53	1,67	
5	1,16	1,32	1,47	1,61	
10	1,13	1,25	1,38	1,51	
20	1,08	1,17	1,26	1,37	
25	1,07	1,14	1,21	1,31	
30	1,00	1,11	1,17	1,25	
40	1,03	1,06	1,09	1,14	
50	1,00	1,00	1,01	1,03	
60	0,975	0,952	0,932	0,910	
70	0,948	0,897	0,844	0,780	
75	0,933	0,866	0,795	0,708	
80	0,916	0,831	0,740	0,629	
90	0,871	0,739	0,597	0,435	
95	0,834	0,663	0,484	0,301	
97	0,810	0,615	0,415	0,230	
99	0,764	0,525	0,299	0,128	
99,5	0,739	0,476	0,243	0,089	
99,7	0,721	0,444	0,208	0,068	
99,9	0,686	0,381	0,150	0,038	
$C_V = 0$					
0,1	1,31	1,60	1,88	2,09	2,20
0,3	1,27	1,54	1,79	2,00	2,12
0,5	1,26	1,51	1,74	1,95	2,08
1	1,23	1,46	1,68	1,87	2,01
3	1,19	1,37	1,56	1,73	1,88
5	1,16	1,33	1,49	1,65	1,80
10	1,13	1,26	1,39	1,52	1,66
20	1,08	1,17	1,26	1,36	1,47
25	1,07	1,14	1,21	1,29	1,39
30	1,05	1,11	1,16	1,23	1,31
40	1,03	1,05	1,08	1,12	1,16
50	1,00	1,00	1,00	1,01	1,01
60	0,975	0,949	0,923	0,895	0,855
70	0,947	0,894	0,838	0,775	0,690
75	0,932	0,864	0,792	0,709	0,603
80	0,916	0,830	0,740	0,637	0,511
90	0,870	0,742	0,606	0,459	0,305
95	0,835	0,670	0,501	0,331	0,182
97	0,812	0,624	0,436	0,261	0,125
99	0,768	0,540	0,326	0,156	0,055
99,5	0,743	0,494	0,271	0,112	0,033
99,7	0,726	0,464	0,237	0,088	0,023
99,9	0,693	0,405	0,178	0,053	0,010

$p, \%$	$C_v$						
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
	$C_s = 0,5C_v$						
0,1	1,31	1,63	1,95	2,25	2,5	2,69	2,74
0,3	1,28	1,56	1,85	2,12	2,36	2,55	2,64
0,5	1,26	1,53	1,79	2,05	2,28	2,48	2,59
1	1,24	1,48	1,72	1,95	2,17	2,37	2,5
3	1,19	1,38	1,58	1,78	1,97	2,16	2,33
5	1,17	1,33	1,51	1,68	1,86	2,03	2,22
10	1,13	1,26	1,39	1,53	1,67	1,83	2,01
0	1,08	1,17	1,25	1,35	1,44	1,56	1,7
25	1,07	1,13	1,2	1,27	1,35	1,45	1,56
30	1,05	1,1	1,16	1,21	1,27	1,34	1,42
40	1,02	1,05	1,07	1,1	1,12	1,15	1,16
50	0,999	0,997	0,993	0,988	0,98	0,962	0,92
60	0,974	0,946	0,915	0,881	0,839	0,78	0,69
70	0,947	0,882	0,834	0,769	0,693	0,596	0,476
75	0,932	0,862	0,789	0,709	0,615	0,503	0,376
80	0,915	0,829	0,74	0,643	0,533	0,409	0,282
90	0,872	0,744	0,615	0,48	0,343	0,215	0,115
95	0,837	0,676	0,517	0,362	0,221	0,113	0,047
97	0,814	0,633	0,458	0,295	0,16	0,07	0,024
99	0,772	0,554	0,354	0,189	0,08	0,025	0,006
99,5	0,748	0,511	0,302	0,144	0,051	0,013	0,002
99,7	0,732	0,482	0,269	0,117	0,037	0,008	0,001
99,9	0,7	0,428	0,21	0,076	0,019	0,003	0

$p, \%$	$C_v$									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
	$C_s = C_v$									
0,1	1,32	1,67	2,03	2,4	2,77	3,13	3,48	3,82	4,13	4,42
0,3	1,28	1,59	1,91	2,23	2,56	2,89	3,21	3,53	3,84	4,14
0,5	1,27	1,55	1,84	2,15	2,46	2,77	3,08	3,38	3,69	3,99
1	1,24	1,49	1,76	2,03	2,3	2,59	2,88	3,16	3,46	3,75
3	1,19	1,39	1,6	1,82	2,04	2,27	2,5	2,75	3,01	3,29
5	1,17	1,34	1,52	1,7	1,9	2,1	2,3	2,53	2,76	3,02
10	1,13	1,26	1,4	1,54	1,68	1,83	1,99	2,16	2,35	2,55
20	1,08	1,17	1,25	1,34	1,42	1,51	1,6	1,7	1,8	1,9
25	1,07	1,13	1,2	1,26	1,33	1,39	1,46	1,52	1,59	1,64
30	1,05	1,1	1,15	1,2	1,24	1,29	1,33	1,37	1,39	1,4
40	1,02	1,04	1,06	1,08	1,09	1,1	1,1	1,08	1,05	0,995
50	0,998	0,993	0,985	0,972	0,954	0,928	0,891	0,836	0,76	0,665
60	0,973	0,943	0,909	0,87	0,824	0,768	0,698	0,613	0,512	0,406
70	0,946	0,89	0,83	0,764	0,692	0,609	0,515	0,413	0,309	0,215
75	0,932	0,861	0,787	0,708	0,622	0,528	0,426	0,321	0,224	0,144
80	0,915	0,829	0,74	0,648	0,549	0,445	0,338	0,237	0,151	0,088
90	0,873	0,748	0,623	0,5	0,378	0,264	0,165	0,092	0,045	0,019
95	0,838	0,683	0,533	0,392	0,263	0,157	0,081	0,036	0,013	0,004
97	0,816	0,642	0,478	0,329	0,202	0,107	0,048	0,018	0,005	0,001
99	0,775	0,568	0,383	0,229	0,115	0,047	0,015	0,004	0,001	0,0001
99,5	0,752	0,528	0,335	0,182	0,081	0,028	0,008	0,002	0,0002	0,00003
99,7	0,737	0,502	0,303	0,154	0,062	0,019	0,004	0,001	0,00009	0,00001
99,9	0,707	0,451	0,247	0,108	0,036	0,008	0,001	0,0002	0,00001	0,000002

P, %	$C_0$														
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
	$C_3 = 1,5 C_0$														
0,1	1,33	1,70	2,11	2,54	3,02	3,52	4,06	4,62	5,22	5,84	6,5	7,18	7,88	8,61	9,38
0,3	1,29	1,61	1,97	2,34	2,74	3,17	3,62	4,10	4,61	5,14	5,72	6,32	6,95	7,6	8,25
0,5	1,27	1,57	1,90	2,24	2,61	3,00	3,41	3,85	4,31	4,80	5,32	5,87	6,44	7,04	7,66
1	1,24	1,51	1,79	2,09	2,42	2,76	3,11	3,49	3,89	4,30	4,74	5,21	5,7	6,24	6,78
3	1,19	1,40	1,62	1,85	2,09	2,34	2,60	2,88	3,16	3,46	3,78	4,12	4,48	4,86	5,27
5	1,17	1,35	1,53	1,72	1,92	2,13	2,34	2,57	2,80	3,03	3,28	3,55	3,83	4,12	4,44
10	1,13	1,26	1,40	1,54	1,68	1,82	1,97	2,11	2,26	2,41	2,56	2,71	2,86	3	3,13
20	1,08	1,16	1,25	1,32	1,40	1,47	1,54	1,61	1,67	1,72	1,76	1,80	1,82	1,83	1,83
25	1,07	1,13	1,19	1,25	1,30	1,35	1,39	1,43	1,46	1,48	1,49	1,49	1,48	1,46	1,43
30	1,05	1,10	1,14	1,18	1,21	1,24	1,27	1,28	1,28	1,28	1,26	1,24	1,2	1,16	1,1
40	1,02	1,04	1,06	1,06	1,06	1,06	1,05	1,03	0,994	0,952	0,901	0,84	0,766	0,692	0,622
50	0,998	0,990	0,977	0,958	0,934	0,902	0,862	0,814	0,756	0,69	0,618	0,541	0,463	0,388	0,32
60	0,972	0,940	0,903	0,860	0,812	0,757	0,695	0,627	0,553	0,475	0,398	0,324	0,253	0,193	0,142
70	0,946	0,888	0,826	0,760	0,690	0,616	0,538	0,457	0,376	0,298	0,228	0,168	0,118	0,079	0,051
75	0,931	0,860	0,785	0,708	0,630	0,545	0,46	0,377	0,297	0,223	0,161	0,111	0,072	0,045	0,027
80	0,915	0,829	0,741	0,652	0,562	0,472	0,384	0,299	0,223	0,156	0,105	0,067	0,039	0,022	0,012
90	0,874	0,751	0,632	0,518	0,409	0,31	0,222	0,148	0,092	0,053	0,028	0,014	0,006	0,003	0,001
95	0,840	0,689	0,548	0,419	0,305	0,207	0,13	0,074	0,038	0,018	0,008	0,003	0,001	0,0003	0,0002
97	0,819	0,651	0,498	0,363	0,247	0,155	0,088	0,045	0,02	0,008	0,003	0,001	0,0003	0,0008	0,00003
99	0,780	0,581	0,410	0,268	0,160	0,084	0,038	0,015	0,005	0,001	0,0004	0,0001	0,00004	0,000008	0,000002

P, %	C <sub>0</sub>									
	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2
	$C_3 = 2C_0$									
0,1	7,75	8,65	9,60	10,60	11,60	12,50	13,50	14,60	15,80	17,00
0,3	6,47	7,10	7,98	8,70	9,50	10,50	11,00	11,90	12,70	13,60
0,5	5,90	6,50	7,13	7,80	8,42	9,00	9,50	10,10	10,80	11,40
1	5,05	5,53	6,02	6,55	7,08	7,50	8,00	8,60	9,20	9,80
3	3,80	4,12	4,42	4,71	4,98	5,20	5,50	5,80	6,20	6,50
5	3,22	3,40	3,60	3,80	3,96	4,00	4,30	4,50	4,70	5,00
10	2,40	2,50	2,57	2,64	2,70	2,70	2,60	2,60	2,60	2,60
20	1,62	1,63	1,62	1,61	1,59	1,60	1,60	1,56	1,50	2,50
25	1,39	1,35	1,33	1,31	1,28	1,26	1,24	1,22	1,20	1,18
30	1,18	1,14	1,11	1,08	1,04	1,015	0,98	0,95	0,92	0,89
40	0,87	0,83	0,77	0,725	0,67	0,625	0,58	0,53	0,48	0,44
50	0,64	0,58	0,52	0,46	0,405	0,355	0,31	0,265	0,23	0,2
60	0,45	0,39	0,334	0,283	0,234	0,19	0,16	0,13	0,105	0,085
70	0,3	0,25	0,203	0,155	0,12	0,09	0,07	0,06	0,05	0,045
75	0,241	0,193	0,146	0,106	0,077	0,06	0,05	0,04	0,03	0,025
80	0,175	0,13	0,094	0,065	0,046	0,035	0,027	0,02	0,015	0,01
90	0,074	0,049	0,03	0,016	0,009	0,005	0,004	0,003	0,002	0,001
95	0,03	0,016	0,009	0,004	0,002	0,001	0,0002	0,00008	0,00005	0,00002
97	0,016	0,008	0,004	0,002	0,001	0,0002	0,00008	0,00005	0,00002	0,000005
99	0,005	0,002	0,001	0,0002	0,00008	0,00005	0,00002	0,00001	0,000005	0,000001
99,5	0,002	0,001	0,0002	0,00005	0,00002	0,000005	0,000001	0	0	0
99,7	0,001	0,0003	0,00008	0,00002	0,00001	0,000001	0	0	0	0
99,9	0,2 10-3	0,00004	0,00001	0,000005	0,000001	0	0	0	0	0



p, %	C <sub>0</sub>									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
	C <sub>3</sub> = 2,5 C <sub>0</sub>									
0,1	1,35	1,77	2,27	2,85	3,51	4,24	5,04	5,9	6,8	7,76
0,3	1,3	1,66	2,08	2,55	3,07	3,64	4,26	4,91	5,58	6,28
0,5	1,28	1,61	1,99	2,41	2,87	3,36	3,9	4,45	5,03	5,63
1	1,25	1,54	1,86	2,21	2,59	3	3,42	3,87	4,32	4,78
3	1,2	1,42	1,65	1,9	2,15	2,42	2,69	2,96	3,23	3,5
5	1,17	1,35	1,55	1,74	1,95	2,15	2,35	2,55	2,75	2,94
10	1,13	1,26	1,4	1,53	1,66	1,78	1,9	2,01	2,12	2,22
20	1,08	1,16	1,23	1,3	1,36	1,41	1,45	1,49	1,52	1,54
25	1,07	1,12	1,18	1,22	1,26	1,28	1,31	1,32	1,33	1,33
30	1,05	1,09	1,13	1,15	1,17	1,18	1,18	1,18	1,17	1,16
40	1,02	1,04	1,04	1,04	1,03	1,01	0,989	0,962	0,93	0,895
50	0,997	0,984	0,964	0,938	0,905	0,87	0,83	0,787	0,742	0,695
60	0,972	0,935	0,893	0,847	0,797	0,745	0,692	0,639	0,586	0,533
70	0,945	0,885	0,822	0,758	0,693	0,629	0,567	0,506	0,449	0,395
75	0,931	0,858	0,785	0,712	0,64	0,571	0,505	0,443	0,385	0,332
80	0,915	0,83	0,745	0,663	0,585	0,512	0,441	0,381	0,324	0,272
90	0,875	0,757	0,648	0,549	0,459	0,381	0,31	0,25	0,198	0,155
95	0,843	0,702	0,576	0,467	0,373	0,293	0,227	0,172	0,128	0,093
97	0,823	0,667	0,533	0,42	0,325	0,247	0,184	0,134	0,095	0,065
99	0,784	0,606	0,459	0,341	0,248	0,175	0,12	0,08	0,052	0,032

P, %	C <sub>0</sub>									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
	$C_s = 3C_0$									
0,001	1,54	2,29	3,32	4,63	6,24	8,14	10,3	12,7	15,4	18,2
0,01	1,46	2,05	2,83	3,80	4,94	6,26	7,70	9,30	11,0	12,8
0,03	1,41	1,93	2,59	3,42	4,35	5,39	6,58	7,85	9,19	10,6
0,05	1,39	1,88	2,49	3,24	4,09	5,04	6,08	7,21	8,40	9,65
0,1	1,36	1,81	2,35	3,01	3,74	4,56	5,44	6,38	7,37	8,41
0,3	1,31	1,69	2,12	2,65	3,21	3,82	4,48	5,17	5,88	6,61
0,5	1,28	1,63	2,03	2,48	2,97	3,50	4,06	4,64	5,24	5,84
1	1,25	1,55	1,90	2,26	2,66	3,07	3,50	3,96	4,41	4,87
3	1,20	1,42	1,66	1,91	2,17	2,43	2,69	2,95	3,21	3,47
5	1,17	1,36	1,55	1,75	1,95	2,14	2,34	2,52	2,70	2,88
10	1,13	1,26	1,40	1,52	1,65	1,76	1,87	1,97	2,06	2,15
20	1,08	1,16	1,23	1,29	1,34	1,38	1,42	1,45	1,47	1,49
25	1,07	1,12	1,17	1,21	1,24	1,26	1,28	1,28	1,29	1,29
30	1,05	1,09	1,12	1,14	1,15	1,16	1,16	1,15	1,14	1,13
40	1,02	1,03	1,03	1,03	1,01	0,995	0,972	0,946	0,915	0,883
50	0,997	0,981	0,959	0,930	0,898	0,862	0,823	0,783	0,741	0,699
60	0,972	0,933	0,890	0,843	0,794	0,745	0,695	0,646	0,597	0,549
70	0,945	0,884	0,822	0,758	0,696	0,636	0,578	0,523	0,471	0,422
75	0,931	0,858	0,786	0,715	0,647	0,583	0,522	0,465	0,412	0,363
80	0,915	0,830	0,748	0,669	0,596	0,528	0,465	0,407	0,354	0,306
90	0,876	0,761	0,656	0,563	0,479	0,406	0,341	0,284	0,235	0,193
95	0,844	0,708	0,588	0,487	0,400	0,326	0,263	0,210	0,166	0,129
97	0,825	0,675	0,548	0,443	0,355	0,282	0,221	0,171	0,131	0,009
99	0,786	0,618	0,484	0,369	0,283	0,213	0,158	0,116	0,083	0,058
99,5	0,769	0,588	0,446	0,334	0,249	0,182	0,131	0,092	0,064	0,043
99,7	0,756	0,568	0,422	0,312	0,228	0,163	0,114	0,079	0,053	0,034
99,9	0,732	0,531	0,381	0,273	0,192	0,131	0,088	0,057	0,036	0,022

P, %	C <sub>b</sub>									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
	$C_s = 3,5 C_0$									
0,1	1,37	1,84	2,43	3,14	3,93	4,79	5,75	6,77	7,82	8,90
0,3	1,31	1,71	2,16	2,75	3,36	4,00	4,67	5,36	6,08	6,83
0,5	1,29	1,65	2,07	2,55	3,06	3,62	4,18	4,76	5,35	5,97
1	1,25	1,57	1,93	2,31	2,71	3,13	3,56	4,00	4,45	4,90
3	1,20	1,43	1,68	1,93	2,18	2,43	2,68	2,94	3,19	3,43
5	1,17	1,36	1,56	1,75	1,94	2,13	2,31	2,49	2,66	2,83
10	1,13	1,26	1,39	1,52	1,63	1,74	1,84	1,93	2,02	2,10
20	1,08	1,16	1,22	1,28	1,32	1,36	1,39	1,42	1,44	1,45
25	1,07	1,12	1,16	1,20	1,22	1,24	1,25	1,26	1,26	1,26
30	1,05	1,08	1,11	1,13	1,14	1,14	1,14	1,13	1,12	1,11
40	1,02	1,03	1,03	1,02	1,00	0,984	0,96	0,935	0,907	0,877
50	0,997	0,978	0,954	0,925	0,892	0,856	0,819	0,781	0,742	0,703
60	0,972	0,931	0,887	0,841	0,793	0,745	0,698	0,652	0,606	0,562
70	0,945	0,883	0,821	0,760	0,700	0,643	0,588	0,537	0,488	0,442
75	0,931	0,858	0,787	0,719	0,654	0,593	0,536	0,482	0,432	0,386
80	0,915	0,831	0,751	0,676	0,606	0,541	0,482	0,427	0,377	0,332
90	0,877	0,764	0,664	0,576	0,496	0,427	0,366	0,311	0,263	0,221
95	0,840	0,713	0,600	0,504	0,422	0,351	0,290	0,239	0,195	0,158
97	0,827	0,683	0,563	0,463	0,380	0,309	0,249	0,201	0,160	0,126
99	0,788	0,629	0,499	0,396	0,312	0,244	0,186	0,145	0,110	0,082

p, %	C <sub>0</sub>									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
	$C_s = 4C_0$									
0,1	1,38	1,88	2,53	3,29	4,15	5,07	6,05	7,08	8,15	9,26
0,3	1,32	1,74	2,24	2,82	3,44	4,09	4,79	5,50	6,22	6,96
0,5	1,29	1,67	2,12	2,61	3,13	3,68	4,26	4,85	5,43	6,03
1	1,25	1,58	1,94	2,31	2,75	3,17	3,59	4,03	4,47	4,91
3	1,20	1,44	1,68	1,93	2,18	2,43	2,68	2,92	3,16	3,39
5	1,17	1,36	1,56	1,75	1,94	2,12	2,29	2,46	2,62	2,78
10	1,13	1,26	1,39	1,51	1,62	1,72	1,81	1,90	1,98	2,05
20	1,08	1,15	1,22	1,27	1,31	1,34	1,37	1,40	1,41	1,42
25	1,07	1,12	1,16	1,19	1,21	1,23	1,24	1,24	1,24	1,24
30	1,05	1,08	1,11	1,12	1,13	1,13	1,13	1,12	1,11	1,10
40	1,02	1,02	1,02	1,01	0,996	0,976	0,954	0,929	0,902	0,873
50	0,997	0,976	0,950	0,920	0,888	0,853	0,818	0,781	0,744	0,707
60	0,972	0,929	0,885	0,839	0,793	0,747	0,702	0,658	0,614	0,572
70	0,945	0,883	0,821	0,761	0,704	0,649	0,597	0,548	0,501	0,457
75	0,931	0,858	0,788	0,722	0,660	0,601	0,546	0,495	0,448	0,403
80	0,915	0,832	0,754	0,681	0,614	0,553	0,496	0,443	0,395	0,351
90	0,877	0,767	0,671	0,586	0,511	0,444	0,384	0,331	0,284	0,243
95	0,846	0,719	0,611	0,519	0,440	0,372	0,312	0,261	0,217	0,180
97	0,829	0,690	0,576	0,481	0,400	0,332	0,274	0,224	0,182	0,147
99	0,790	0,638	0,516	0,417	0,336	0,269	0,214	0,168	0,132	0,102
99,5	0,776	0,612	0,485	0,386	0,305	0,239	0,186	0,144	0,110	0,083
99,7	0,762	0,594	0,466	0,366	0,286	0,221	0,170	0,129	0,097	0,072
99,9	0,742	0,561	0,430	0,331	0,252	0,189	0,141	0,104	0,075	0,054

p, %	C <sub>0</sub>									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
	$C_3 = 4,5 C_0$									
0,1	1,38	1,92	2,61	3,41	4,30	5,25	6,26	7,31	8,40	9,53
0,3	1,33	1,76	2,29	2,88	3,52	4,18	4,87	5,58	6,31	7,06
0,5	1,30	1,69	2,15	2,66	3,19	3,74	4,31	4,89	5,48	6,08
1	1,27	1,59	1,97	2,36	2,77	3,19	3,61	4,04	4,47	4,90
3	1,21	1,44	1,69	1,93	2,18	2,42	2,66	2,90	3,12	3,35
5	1,18	1,37	1,56	1,75	1,93	2,10	2,27	2,44	2,59	2,74
10	1,13	1,26	1,39	1,50	1,60	1,70	1,79	1,88	1,95	2,02
20	1,08	1,15	1,21	1,26	1,30	1,33	1,36	1,38	1,40	1,41
25	1,06	1,11	1,15	1,18	1,20	1,21	1,22	1,23	1,23	1,23
30	1,05	1,08	1,10	1,11	1,12	1,12	1,12	1,11	1,10	1,09
40	1,02	1,02	1,02	1,01	0,989	0,970	0,949	0,925	0,899	0,871
50	0,993	0,974	0,947	0,917	0,885	0,851	0,817	0,782	0,746	0,711
60	0,968	0,928	0,883	0,838	0,793	0,749	0,705	0,663	0,621	0,581
70	0,943	0,882	0,822	0,763	0,708	0,655	0,605	0,557	0,512	0,469
75	0,930	0,858	0,790	0,726	0,666	0,609	0,556	0,506	0,460	0,417
80	0,915	0,833	0,757	0,687	0,622	0,562	0,507	0,456	0,409	0,366
90	0,878	0,771	0,677	0,596	0,523	0,458	0,399	0,347	0,301	0,260
95	0,849	0,724	0,620	0,532	0,455	0,388	0,330	0,279	0,235	0,197
97	0,831	0,696	0,587	0,495	0,417	0,350	0,292	0,242	0,200	0,165
99	0,798	0,648	0,530	0,435	0,355	0,289	0,233	0,187	0,149	0,118
99,5	0,781	0,622	0,502	0,405	0,326	0,260	0,206	0,162	0,127	0,098
99,7	0,769	0,606	0,483	0,386	0,307	0,242	0,190	0,147	0,113	0,086
99,9	0,746	0,575	0,449	0,352	0,274	0,211	0,161	0,122	0,091	0,067

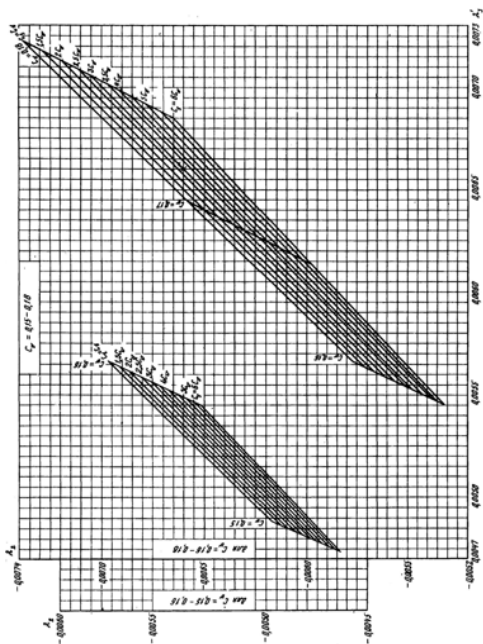
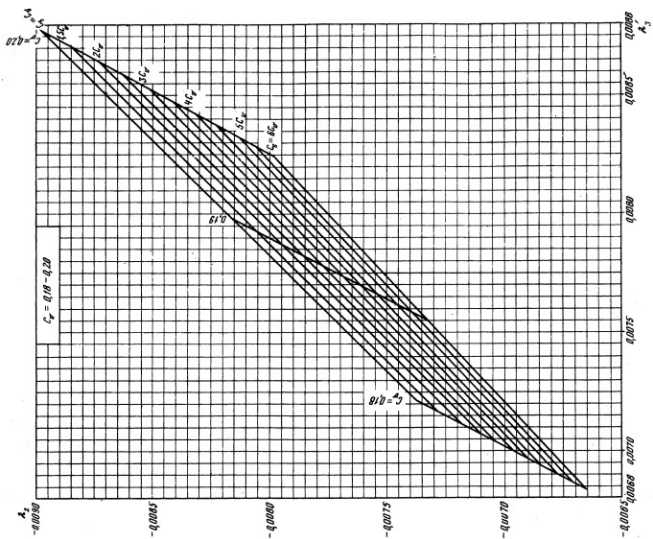
P, %	C <sub>0</sub>								
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
	C <sub>3</sub> = 5C <sub>0</sub>								
0,1	1,40	1,95	2,66	3,51	4,44	5,40	6,43	7,54	8,64
0,3	1,34	1,78	2,31	2,92	3,52	4,22	4,91	5,69	6,41
0,5	1,31	1,70	2,16	2,69	3,21	3,77	4,34	4,93	5,52
1	1,27	1,61	1,98	2,38	2,79	3,21	3,65	4,06	4,50
3	1,20	1,44	1,67	1,93	2,17	2,42	2,62	2,88	3,10
5	1,17	1,36	1,55	1,74	1,90	2,08	2,22	2,41	2,54
10	1,13	1,26	1,37	1,49	1,60	1,70	1,79	1,86	1,94
20	1,08	1,15	1,21	1,25	1,30	1,32	1,34	1,36	1,36
25	1,06	1,11	1,15	1,17	1,20	1,20	1,20	1,22	1,22
30	1,05	1,08	1,09	1,10	1,10	1,11	1,10	1,10	1,09
40	1,02	1,02	1,01	1,00	0,98	0,97	0,94	0,92	0,90
50	0,99	0,97	0,94	0,92	0,88	0,85	0,82	0,78	0,75
60	0,97	0,93	0,88	0,84	0,79	0,75	0,71	0,67	0,63
70	0,94	0,88	0,82	0,77	0,71	0,66	0,61	0,56	0,52
75	0,93	0,86	0,79	0,73	0,67	0,62	0,56	0,51	0,47
80	0,91	0,83	0,75	0,69	0,63	0,57	0,52	0,47	0,42
90	0,88	0,77	0,68	0,61	0,53	0,47	0,41	0,36	0,32
95	0,84	0,73	0,63	0,55	0,47	0,40	0,34	0,29	0,25
97	0,82	0,70	0,60	0,51	0,43	0,36	0,31	0,26	0,22
99	0,78	0,66	0,55	0,45	0,37	0,31	0,25	0,20	0,16
99,5	0,76	0,63	0,52	0,42	0,34	0,28	0,23	0,18	0,14
99,7	0,75	0,62	0,51	0,41	0,32	0,26	0,21	0,16	0,12
99,9	0,73	0,59	0,47	0,37	0,29	0,23	0,18	0,14	0,10

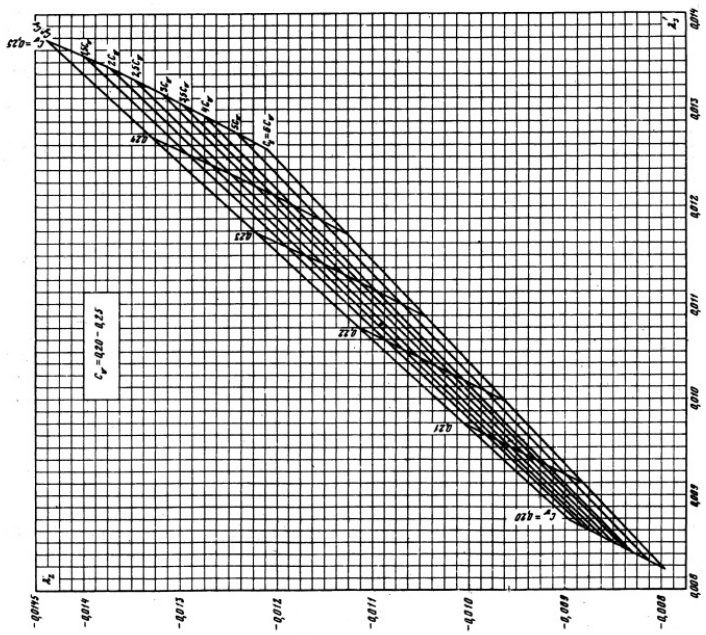
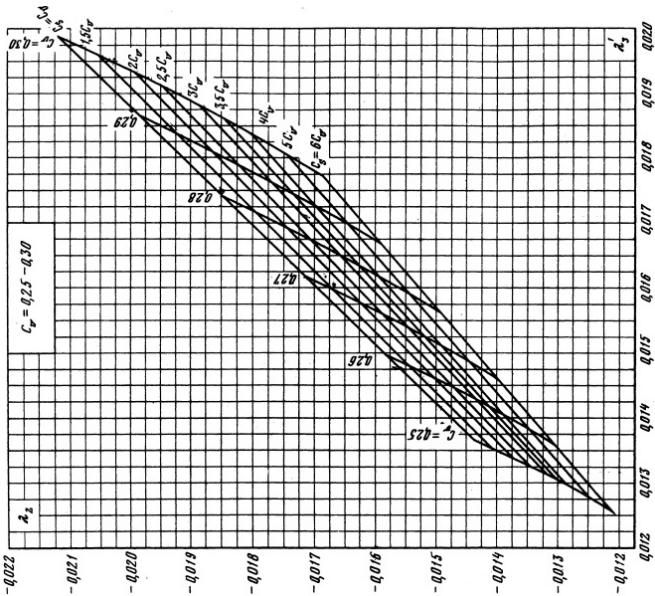
P, %	C <sub>0</sub>									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
	$C_s = 5,5 C_0$									
0,1	1,4	1,99	2,75	3,62	4,55	5,54	6,56	7,63	8,73	9,87
0,3	1,34	1,81	2,37	2,99	3,64	4,31	4,99	5,70	6,42	7,15
0,5	1,31	1,73	2,21	2,73	3,26	3,81	4,37	4,94	5,52	6,11
1	1,27	1,62	2,00	2,40	2,81	3,21	3,63	4,04	4,46	4,87
3	1,21	1,45	1,69	1,93	2,17	2,40	2,63	2,86	3,08	3,29
5	1,18	1,37	1,56	1,74	1,91	2,08	2,24	2,39	2,54	2,68
10	1,13	1,26	1,38	1,48	1,58	1,68	1,76	1,84	1,91	1,98
20	1,08	1,15	1,20	1,24	1,28	1,31	1,33	1,36	1,37	1,38
25	1,06	1,11	1,14	1,16	1,18	1,20	1,21	1,21	1,21	1,21
30	1,04	1,07	1,09	1,10	1,10	1,11	1,10	1,10	1,09	1,07
40	1,02	1,02	1,01	0,997	0,981	0,963	0,942	0,920	0,896	0,870
50	0,991	0,970	0,942	0,912	0,881	0,850	0,817	0,784	0,751	0,717
60	0,967	0,925	0,882	0,838	0,795	0,753	0,711	0,671	0,632	0,594
70	0,943	0,882	0,823	0,768	0,715	0,664	0,616	0,570	0,527	0,486
75	0,929	0,859	0,794	0,732	0,675	0,621	0,570	0,522	0,478	0,436
80	0,915	0,835	0,762	0,696	0,634	0,577	0,523	0,474	0,429	0,387
90	0,880	0,777	0,689	0,612	0,542	0,479	0,422	0,370	0,325	0,284
95	0,852	0,734	0,637	0,553	0,479	0,413	0,355	0,304	0,260	0,222
97	0,835	0,708	0,606	0,520	0,444	0,377	0,319	0,269	0,226	0,190
99	0,804	0,664	0,555	0,464	0,386	0,319	0,262	0,214	0,175	0,142
99,5	0,788	0,641	0,529	0,437	0,358	0,291	0,236	0,189	0,152	0,121
99,7	0,777	0,626	0,513	0,419	0,340	0,274	0,219	0,174	0,138	0,108
99,9	0,757	0,599	0,482	0,388	0,309	0,244	0,191	0,148	0,114	0,088

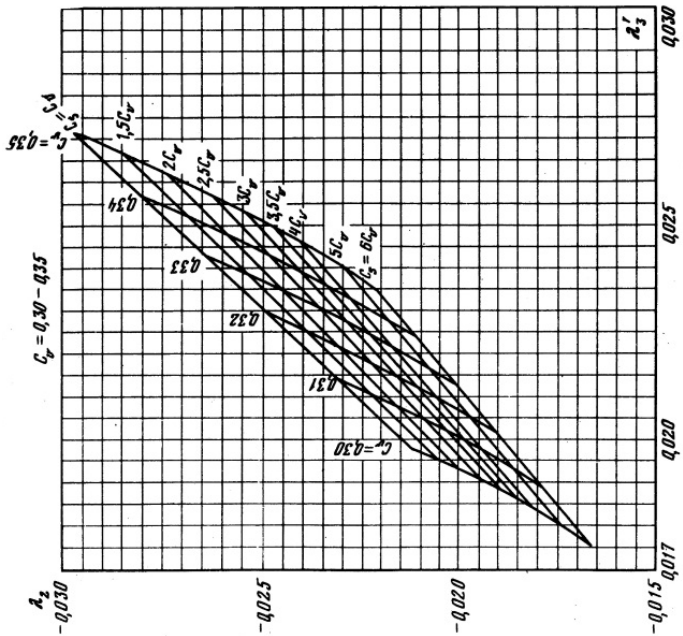
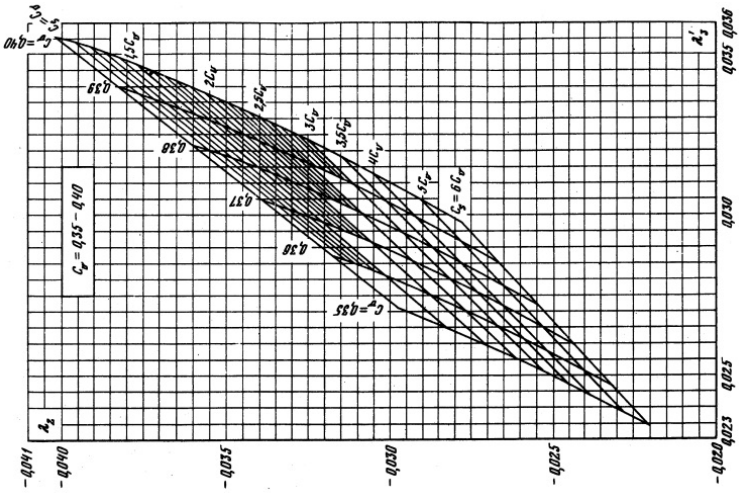
P, %	C <sub>0</sub>									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	
					C <sub>5</sub> = 6C <sub>0</sub>					
0,1	1,41	2,02	2,80	3,68	4,58	5,54	6,57	7,63	8,79	
0,3	1,35	1,83	2,38	2,98	3,64	4,31	5,00	5,66	6,38	
0,5	1,32	1,74	2,22	2,73	3,26	3,82	4,38	4,93	5,51	
1	1,29	1,63	2,01	2,40	2,81	3,22	3,63	4,03	4,44	
3	1,21	1,45	1,68	1,92	2,14	2,38	2,60	2,82	3,04	
5	1,18	1,37	1,55	1,73	1,89	2,05	2,20	2,36	2,51	
10	1,14	1,26	1,37	1,47	1,56	1,66	1,73	1,82	1,90	
20	1,08	1,14	1,19	1,23	1,27	1,30	1,32	1,34	1,36	
25	1,07	1,10	1,13	1,16	1,18	1,19	1,20	1,21	1,20	
30	1,04	1,07	1,08	1,10	1,10	1,10	1,10	1,09	1,08	
40	1,02	1,02	1,01	0,99	0,98	0,96	0,94	0,92	0,89	
50	0,99	0,97	0,94	0,91	0,88	0,85	0,82	0,79	0,75	
60	0,96	0,92	0,88	0,84	0,80	0,76	0,72	0,68	0,64	
70	0,94	0,88	0,83	0,77	0,72	0,67	0,63	0,58	0,54	
75	0,93	0,86	0,80	0,74	0,68	0,63	0,58	0,53	0,49	
80	0,91	0,84	0,77	0,70	0,64	0,58	0,53	0,48	0,44	
90	0,88	0,78	0,70	0,62	0,55	0,49	0,43	0,38	0,33	
95	0,85	0,74	0,65	0,56	0,49	0,43	0,37	0,32	0,27	
97	0,83	0,72	0,62	0,53	0,46	0,39	0,33	0,28	0,24	
99	0,80	0,67	0,57	0,48	0,40	0,33	0,28	0,23	0,19	
99,5	0,78	0,65	0,55	0,45	0,37	0,31	0,25	0,20	0,17	
99,7	0,76	0,64	0,53	0,43	0,36	0,29	0,24	0,19	0,15	
99,9	0,75	0,61	0,50	0,40	0,33	0,26	0,21	0,16	0,12	

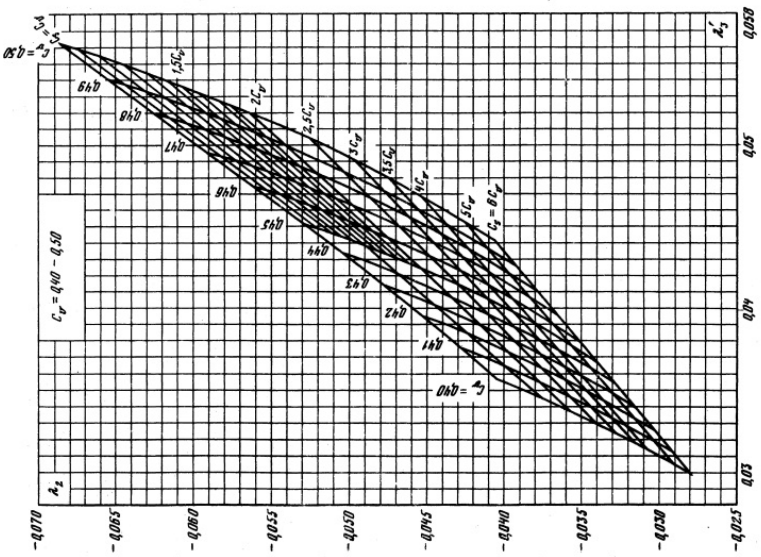
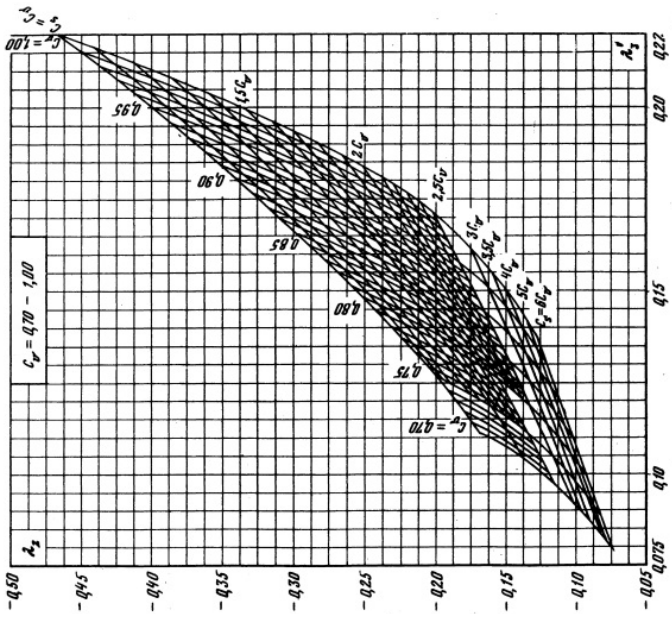


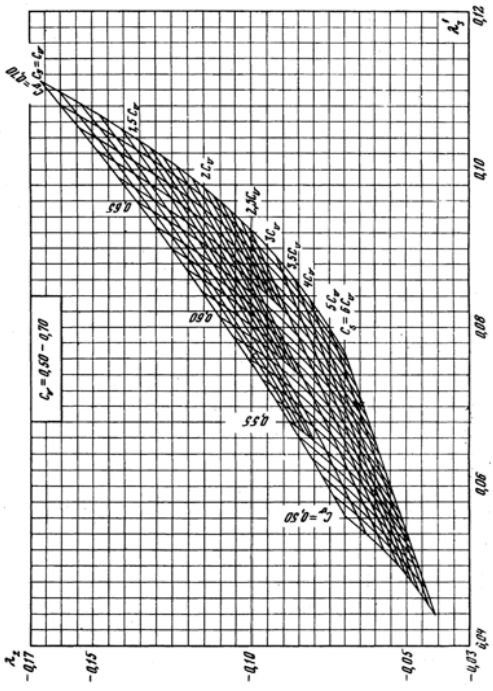
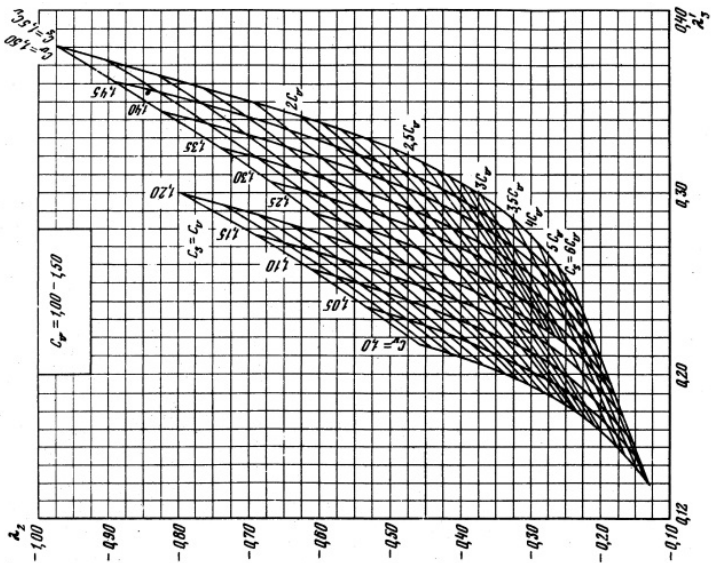
Номограммы для вычисления коэффициента изменчивости  $C_v$  и коэффициента асимметрии  $C_s$  методом наибольшего правдоподобия











Типовые районные распределения месячного и сезонного стока рек  
(в процентах от годового)

Водность года	Месячный сток, %												Сезонный сток, %		
	Весна			Лето-осень						Зима			III-V	VI-XI	XII-II
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II			
<b>I. Западно-Двинский район</b>															
Подрайон «в»															
$F = 100 \text{ км}^2, F'_{ос} < 1 \%$															
Очень многоводный	3,0	27,0	14,6	90,5	2,6	3,2	6,0	8,1	10,8	6,5	4,7	4,0	44,6	40,2	15,2
Многоводный	3,7	33,2	18,0	7,8	2,1	2,6	5,0	6,6	8,9	5,2	3,8	3,1	54,9	33,0	12,1
Средний	4,2	37,7	20,4	6,5	1,8	2,2	4,2	5,5	7,4	4,3	3,1	2,7	62,3	27,6	10,1
Маловодный	4,7	42,2	22,8	5,8	1,4	1,3	3,4	4,5	6,0	3,4	2,4	2,1	69,7	22,4	7,9
Очень маловодный	5,4	48,3	26,2	3,5	1,0	1,2	2,3	3,0	4,0	2,2	1,6	1,3	79,9	15,0	5,1
$F = 100 \text{ км}^2, F'_{ос} = 1-5 \%$															
Очень многоводный	3,8	22,0	12,1	9,9	3,9	3,7	6,1	8,7	11,2	8,0	5,8	4,8	37,0	43,5	18,6
Многоводный	4,9	28,7	15,8	8,2	3,2	3,1	5,0	7,1	9,2	6,4	4,6	3,8	49,4	35,8	14,8
Средний	5,8	33,5	18,4	6,8	2,7	2,6	4,1	6,0	7,7	5,3	3,9	3,2	57,7	29,9	12,4
Маловодный	6,6	38,3	21,1	5,5	2,2	2,1	3,4	4,9	6,2	4,2	3,0	2,5	66,0	24,3	9,7
Очень маловодный	7,7	45,0	24,8	3,7	1,5	1,4	2,3	3,2	4,2	2,7	1,9	1,6	77,5	16,3	6,2
$F = 100 \text{ км}^2, F'_{ос} = 5-10 \%$															
Очень многоводный	4,3	14,5	8,3	10,1	6,5	4,9	5,8	9,6	11,2	10,7	7,7	6,4	27,1	48,1	24,8
Многоводный	6,4	21,7	12,5	8,3	5,3	4,0	4,8	7,9	9,3	8,5	6,1	5,2	40,6	39,6	19,8
Средний	7,9	26,9	15,5	7,0	4,4	3,4	4,0	6,6	7,7	7,1	5,2	4,3	50,3	33,1	16,6
Маловодный	9,5	32,1	18,4	5,7	3,6	2,8	3,3	5,3	6,3	5,6	4,0	3,4	60,0	27,0	13,0
Очень маловодный	11,6	39,3	22,6	3,8	2,4	1,9	2,2	3,6	4,3	3,6	2,6	2,1	73,5	18,2	8,3

Водность года	Месячный сток, %												Сезонный сток, %		
	Весна			Лето-осень						Зима			III-V	VI-XI	XII-II
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II			
$F = 1000 \text{ км}^2, F_{\text{ос}} < 1 \%$															
Очень многоводный	3,5	31,0	16,7	8,1	2,2	2,8	5,2	6,9	9,3	6,2	4,4	3,7	51,2	34,5	14,3
Многоводный	3,8	34,2	18,5	7,4	2,1	2,5	4,7	6,3	8,5	5,2	3,7	3,1	56,5	31,5	12,0
Средний	4,1	36,7	19,8	6,9	1,9	2,3	4,4	5,8	7,8	4,4	3,2	2,7	60,6	29,1	10,3
Маловодный	4,4	39,1	21,2	6,3	1,7	2,1	4,0	5,4	7,2	3,7	2,7	2,2	64,7	26,7	8,6
Очень маловодный	4,8	43,2	23,2	5,3	1,5	1,8	3,4	4,5	6,0	2,7	1,9	1,6	71,3	22,5	6,2
$F = 1000 \text{ км}^2, F_{\text{ос}} = 1-5 \%$															
Очень многоводный	4,5	26,3	14,5	8,5	3,3	3,2	5,2	7,4	9,5	7,6	5,4	4,6	45,3	37,1	17,6
Многоводный	5,1	29,7	16,4	7,8	3,1	2,9	4,7	6,8	8,8	6,3	4,6	3,8	51,2	34,1	14,7
Средний	5,6	32,4	17,8	7,2	2,8	2,7	4,4	6,3	8,1	5,5	3,9	3,3	55,8	31,5	12,7
Маловодный	6,0	35,0	19,4	6,6	2,6	2,5	4,1	5,8	7,5	4,5	3,3	2,7	60,4	29,1	10,5
Очень маловодный	6,8	39,3	21,7	5,6	2,2	2,1	3,4	4,9	6,4	3,3	2,4	1,9	67,8	24,6	7,6
$F = 1000 \text{ км}^2, F_{\text{ос}} = 5-10 \%$															
Очень многоводный	5,6	19,1	11,0	8,6	5,5	4,2	4,9	8,2	9,5	10,1	7,2	6,1	35,7	40,9	23,4
Многоводный	6,8	22,9	13,1	7,9	5,0	3,8	4,6	7,5	8,8	8,4	6,1	5,1	42,8	37,6	19,6
Средний	7,6	25,8	14,8	7,3	4,7	3,6	4,2	7,0	8,1	7,3	5,2	4,4	48,2	34,9	16,9
Маловодный	8,5	28,7	16,4	6,8	4,3	3,3	3,9	6,5	7,6	6,0	4,3	3,7	53,6	32,4	14,0
Очень маловодный	9,8	33,3	19,1	5,8	3,7	2,8	3,4	5,5	6,5	4,3	3,1	2,7	62,2	27,7	10,1
$F = 5000 \text{ км}^2, F_{\text{ос}} < 1 \%$															
Очень многоводный	3,7	32,7	17,7	7,6	2,1	2,6	4,8	6,4	8,6	5,9	4,3	3,6	54,1	32,1	13,8
Многоводный	3,9	34,7	18,8	7,2	2,0	2,5	4,6	6,1	8,3	5,1	3,7	3,1	57,4	30,7	11,9
Средний	4,1	37,9	19,5	7,0	1,9	2,4	4,5	6,0	8,0	4,5	3,2	2,7	59,8	29,8	10,4
Маловодный	4,3	42,2	20,5	6,7	1,8	2,3	4,2	5,7	7,6	3,9	2,8	2,3	62,7	28,3	9,0
Очень маловодный	4,5	40,2	21,7	6,3	1,7	2,2	4,0	5,3	7,2	3,0	2,1	1,8	66,4	26,7	6,9

Водность года	Месячный сток, %												Сезонный сток, %		
	Весна			Лето-осень						Зима			III-V	VI-XI	XII-II
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II			
	F = 5000 км <sup>2</sup> , F <sub>ос</sub> = 1-5 %														
Очень многоводный	4,9	28,1	15,5	7,9	3,1	3,0	4,8	6,9	8,9	7,3	5,2	4,4	48,5	34,6	16,9
Многоводный	5,2	30,3	16,7	7,6	3,0	2,9	4,6	6,6	8,5	6,3	4,5	3,8	52,2	33,2	14,6
Средний	5,5	31,8	17,6	7,4	2,9	2,7	4,5	6,5	8,3	5,5	4,0	3,3	54,9	32,3	12,8
Маловодный	5,8	33,7	18,6	17,0	2,8	2,6	4,3	6,2	7,9	4,8	3,4	2,9	58,1	30,8	11,1
Очень маловодный	6,2	36,1	20,0	6,7	2,6	2,5	4,1	5,8	7,5	3,7	2,6	2,2	62,3	29,2	8,5
F = 5000 км <sup>2</sup> , F <sub>ос</sub> = 5-10 %															
Очень многоводный	6,2	21,1	21,1	12,2	8,0	5,1	3,9	4,6	7,6	8,8	9,7	7,0	5,8	39,5	38,0
Многоводный	6,9	23,4	23,4	13,5	7,7	4,9	3,8	4,5	7,4	8,5	8,3	6,0	5,1	43,8	36,8
Средний	7,4	25,2	25,2	14,5	7,5	4,8	3,7	4,3	7,2	8,3	7,4	5,3	4,4	47,1	35,8
Маловодный	8,1	27,2	27,2	15,6	7,2	4,6	3,5	4,1	6,9	8,0	6,4	4,6	3,8	50,9	34,3
Очень маловодный	8,8	29,8	29,8	17,1	6,9	4,4	3,4	4,0	6,6	7,7	4,9	3,5	2,9	55,7	33,0
Подрайон «Г»															
F = 100 км <sup>2</sup> , F <sub>ос</sub> < 1 %															
Очень многоводный	9,6	36,3	3,0	7,9	3,3	1,3	1,8	6,3	12,3	10,6	4,8	2,8	48,9	32,9	18,2
Многоводный	11,7	44,0	3,6	6,4	2,7	1,1	1,5	5,1	9,9	8,1	3,7	2,2	59,3	26,7	14,0
Средний	13,0	49,0	4,0	5,5	2,3	0,9	1,3	4,4	8,5	6,4	2,9	1,8	66,0	22,9	11,1
Маловодный	14,5	54,5	4,4	4,4	1,8	0,8	1,0	3,5	6,9	4,8	2,2	1,2	73,4	18,4	8,2
Очень маловодный	16,4	61,7	4,9	2,9	1,2	0,5	0,7	2,3	4,6	2,8	1,3	0,7	83,0	12,2	4,8
F = 100 км <sup>2</sup> , F <sub>ос</sub> = 1-5 %															
Очень многоводный	9,7	29,0	3,3	8,4	3,6	1,8	2,6	7,6	12,1	11,9	6,0	4,0	42,0	36,1	21,9
Многоводный	12,4	37,1	4,3	6,9	2,9	1,5	2,1	6,2	9,8	9,2	4,6	3,0	53,8	29,4	16,8
Средний	14,1	42,4	4,9	5,9	2,5	1,3	1,8	5,3	8,4	7,3	3,7	2,4	61,4	25,2	13,4
Маловодный	16,1	48,2	5,5	4,7	2,0	1,0	1,5	4,3	6,8	5,4	2,7	1,8	69,8	20,3	9,9
Очень маловодный	18,6	55,7	6,4	3,2	1,4	0,7	1,0	2,9	4,4	3,1	1,6	1,0	80,7	13,6	5,7



Водность года	Месячный сток, %												Сезонный сток, %																													
	Весна			Лето-осень						Зима			III-V			VI-XI			XII-II																							
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	XI	XII	I	II														
	$F = 100 \text{ км}^2, F'_{\text{ос}} = 5-10 \%$																																									
Очень многоводный	8,9	18,3	3,8	9,2	4,1	2,9	4,3	10,0	10,8	13,2	8,0	6,5	31,0	41,3	27,7	$F = 1000 \text{ км}^2, F'_{\text{ос}} = < 1 \%$																										
Многоводный	13,0	26,6	5,4	7,5	3,4	2,4	3,5	8,1	8,8	10,2	6,2	4,9	45,0	33,7	21,3	$F = 1000 \text{ км}^2, F'_{\text{ос}} = 1-5 \%$																										
Средний	15,6	31,9	5,5	6,5	2,9	2,0	3,1	7,0	7,6	8,1	4,9	3,9	54,0	29,1	16,9	$F = 1000 \text{ км}^2, F'_{\text{ос}} = 5-10 \%$																										
Маловодный	18,4	37,8	7,8	5,2	2,4	1,6	2,5	5,7	6,1	6,0	3,6	2,9	64,0	23,5	12,5	$F = 1000 \text{ км}^2, F'_{\text{ос}} = 1-5 \%$																										
Очень маловодный	22,2	45,5	9,3	3,5	1,6	1,1	1,7	3,8	4,1	3,4	2,1	1,7	77,0	15,8	7,2	$F = 1000 \text{ км}^2, F'_{\text{ос}} = 5-10 \%$																										
Очень многоводный	10,1	38,3	3,1	7,5	3,1	1,3	1,7	6,1	11,7	9,9	4,5	2,7	51,5	31,4	7,1	$F = 1000 \text{ км}^2, F'_{\text{ос}} = 1-5 \%$																										
Многоводный	11,8	44,4	3,5	6,3	2,6	1,1	1,5	5,1	9,8	8,1	3,7	2,1	59,7	26,4	13,9	$F = 1000 \text{ км}^2, F'_{\text{ос}} = 5-10 \%$																										
Средний	12,9	48,7	4,0	5,5	2,3	0,9	1,3	4,4	8,5	6,7	3,0	1,8	65,6	22,9	11,5	$F = 1000 \text{ км}^2, F'_{\text{ос}} = 1-5 \%$																										
Маловодный	14,1	53,1	4,3	4,7	1,9	0,8	1,1	3,7	7,2	5,3	2,4	1,4	71,5	19,4	9,1	$F = 1000 \text{ км}^2, F'_{\text{ос}} = 5-10 \%$																										
Очень маловодный	15,7	59,1	4,8	3,4	1,4	0,6	0,8	2,8	5,3	3,5	1,6	1,0	79,6	14,3	6,1	$F = 1000 \text{ км}^2, F'_{\text{ос}} = 1-5 \%$																										
Очень многоводный	10,4	31,0	3,6	8,0	3,4	1,8	2,5	7,3	11,4	11,2	5,7	3,7	4,5	34,4	20,6	$F = 1000 \text{ км}^2, F'_{\text{ос}} = 5-10 \%$																										
Многоводный	12,5	37,4	4,3	6,8	2,9	1,5	2,1	6,2	9,7	9,0	4,6	3,0	54,2	29,2	16,6	$F = 1000 \text{ км}^2, F'_{\text{ос}} = 1-5 \%$																										
Средний	14,0	42,0	4,9	5,9	2,5	1,3	1,8	5,3	8,5	7,5	3,8	2,5	60,9	25,3	13,8	$F = 1000 \text{ км}^2, F'_{\text{ос}} = 5-10 \%$																										
Маловодный	15,6	46,7	5,4	5,0	2,1	1,1	1,5	4,5	7,1	6,0	3,0	2,0	67,7	21,3	11,0	$F = 1000 \text{ км}^2, F'_{\text{ос}} = 1-5 \%$																										
Очень маловодный	17,7	53,1	6,1	3,7	1,6	0,8	1,1	3,3	5,2	4,0	2,1	1,3	76,9	15,7	7,4	$F = 1000 \text{ км}^2, F'_{\text{ос}} = 5-10 \%$																										
Очень многоводный	9,9	20,4	4,2	8,8	4,0	2,8	4,1	9,5	10,3	12,4	7,5	6,1	34,5	39,5	26,0	$F = 1000 \text{ км}^2, F'_{\text{ос}} = 1-5 \%$																										
Многоводный	13,1	26,9	5,5	7,4	3,3	2,3	3,5	8,1	8,8	10,1	6,1	4,9	45,5	33,4	21,1	$F = 1000 \text{ км}^2, F'_{\text{ос}} = 5-10 \%$																										
Средний	15,4	31,6	6,5	6,4	2,9	2,0	3,0	7,1	7,6	8,4	5,1	4,0	53,5	29,0	17,5	$F = 1000 \text{ км}^2, F'_{\text{ос}} = 1-5 \%$																										
Маловодный	17,7	36,3	7,5	5,5	2,5	1,7	2,6	5,9	6,4	6,6	4,0	3,3	61,5	24,6	13,9	$F = 1000 \text{ км}^2, F'_{\text{ос}} = 5-10 \%$																										
Очень маловодный	20,9	42,8	8,8	4,0	1,8	1,3	1,9	4,4	4,8	4,4	2,7	2,2	72,5	18,2	9,3	$F = 1000 \text{ км}^2, F'_{\text{ос}} = 1-5 \%$																										

Водность года	Месячный сток в процентах												Сезонный сток, %		
	Весна			Лето-осень						Зима			III-V	VI-XI	XII-II
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III-V	VI-XI	XII-II
	$F = 5000 \text{ км}^2, F_{03} < 1 \%$														
Очень многоводный	10,4	39,1	3,1	7,4	3,1	1,3	1,7	5,9	11,5	9,6	4,4	2,5	52,6	30,9	16,5
Многоводный	11,8	44,3	3,6	6,4	2,6	1,1	1,5	5,1	9,8	8,0	3,6	2,2	59,7	26,5	13,8
Средний	12,8	48,1	3,9	5,6	2,3	0,9	1,3	4,6	8,7	6,8	3,1	1,9	64,8	23,4	11,8
Маловодный	13,9	52,3	4,2	4,8	2,0	0,8	1,1	3,9	7,4	5,6	2,5	1,5	70,4	20,0	9,6
Очень маловодный	15,3	57,8	4,7	3,7	1,5	0,6	0,9	2,9	5,7	4,0	1,8	1,1	77,8	15,3	6,9
	$F = 5000 \text{ км}^2, F_{03} = 1-5 \%$														
Очень многоводный	10,6	31,9	3,7	7,9	3,4	1,7	2,4	7,2	11,4	10,8	5,4	3,6	46,2	34,0	19,8
Многоводный	12,5	37,4	4,3	6,8	2,9	1,5	2,1	6,2	9,8	9,0	4,5	3,0	54,2	29,3	16,5
Средний	13,8	41,5	4,8	6,0	2,6	1,3	1,9	5,4	8,6	7,7	3,9	2,5	60,1	25,8	14,1
Маловодный	15,3	45,8	5,3	5,1	2,2	1,1	1,6	4,6	7,4	6,3	3,2	2,1	66,4	22,0	11,6
Очень маловодный	17,2	51,6	6,0	4,0	1,7	0,9	1,2	3,6	5,6	4,5	2,3	1,4	74,8	17,0	8,2
	$F = 5000 \text{ км}^2, F_{03} = 5-10 \%$														
Очень многоводный	10,4	21,3	4,3	8,6	3,9	2,7	4,1	9,4	10,2	12,0	7,3	5,8	36,0	33,9	25,1
Многоводный	13,1	26,9	5,5	7,5	3,4	2,4	3,5	8,0	8,8	10,0	6,1	4,8	45,5	33,6	20,9
Средний	15,1	31,0	6,4	6,6	3,0	2,1	3,1	7,1	7,7	8,6	5,2	4,1	52,5	29,6	17,9
Маловодный	17,3	35,5	7,2	5,6	2,5	1,8	2,7	6,1	6,7	7,0	4,2	3,4	60,0	25,4	14,6
Очень маловодный	20,2	41,4	8,4	4,4	2,0	1,4	2,0	4,7	5,1	5,0	3,0	2,4	70,0	19,6	10,4
<b>II. Верхне-Днепровский район</b>															
Подрайон «а»															
$F = 50 \text{ км}^2$															
Очень многоводный	39,9	17,8	2,9	4,4	3,7	6,6	4,9	5,4	7,7	3,3	1,9	1,5	60,6	32,7	6,7
Многоводный	46,1	20,5	3,4	3,3	2,8	5,0	3,7	4,1	5,8	2,6	1,5	1,2	70,0	24,7	5,3
Средний	50,3	22,4	3,8	2,6	2,2	3,8	2,9	3,1	4,5	2,2	1,2	1,0	76,5	19,1	4,4
Маловодный	54,6	24,3	4,1	1,8	1,6	2,7	2,0	2,2	3,2	1,7	1,0	0,8	83,0	13,5	3,5
Очень маловодный	59,9	26,7	4,5	0,9	0,8	1,4	1,0	1,1	1,5	1,1	0,6	0,5	91,1	6,7	2,2

Водность года	Месячный сток, %												Сезонный сток, %		
	Весна			Лето-осень						Зима			III-V	VI-XI	XII-II
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II			
$F = 100 \text{ км}^2$															
Очень многоводный	14,7	40,7	2,8	3,6	2,8	7,0	4,9	6,1	9,8	4,1	2,1	1,4	58,2	34,2	7,6
Многоводный	17,1	47,5	3,2	2,8	2,2	5,3	3,7	4,6	7,4	3,4	1,7	1,1	67,8	26,0	6,2
Средний	18,8	52,1	3,6	2,2	1,7	4,2	2,9	3,6	5,7	2,8	1,4	1,0	74,5	20,3	5,2
Маловодный	20,4	56,6	3,9	1,6	1,2	3,1	2,1	2,6	4,3	2,3	1,2	0,7	80,9	14,9	4,2
Очень маловодный	22,6	62,7	4,3	0,8	0,6	1,6	1,1	1,4	2,2	1,5	0,7	0,5	89,6	7,7	2,7
$F = 1000 \text{ км}^2$															
Очень многоводный	2,7	39,7	12,1	5,7	2,4	3,3	9,4	6,0	9,5	4,4	2,6	2,2	54,5	36,3	9,2
Многоводный	3,2	46,6	14,1	4,5	1,8	2,6	7,4	4,7	7,5	3,7	2,2	1,7	63,9	28,5	7,6
Средний	3,8	52,7	13,9	7,7	2,8	2,4	2,1	2,9	5,2	3,3	1,7	1,5	70,4	23,1	6,5
Маловодный	6,0	58,9	12,3	3,7	2,6	2,1	2,0	3,1	3,9	2,1	1,8	1,5	77,2	17,4	5,4
Очень маловодный	6,7	65,4	13,6	2,2	1,6	1,3	1,2	1,9	2,3	1,5	1,2	1,1	85,7	10,5	3,8
$F = 5000 \text{ км}^2$															
Очень многоводный	2,6	37,7	11,4	6,0	2,5	3,5	9,8	6,2	10,0	5,0	2,9	2,4	51,7	38,0	10,3
Многоводный	3,1	44,6	13,5	4,7	2,0	2,7	7,8	5,0	7,9	4,2	2,5	2,0	61,2	30,1	8,7
Средний	3,7	50,7	13,4	8,2	3,0	2,5	2,3	3,2	5,5	3,8	2,0	1,7	67,8	24,7	7,5
Маловодный	4,0	56,0	14,8	4,0	2,8	2,3	2,2	3,3	4,3	2,5	2,0	1,8	74,8	18,9	6,3
Очень маловодный	6,5	63,8	13,3	2,5	1,8	1,4	1,4	2,1	2,6	1,8	1,5	1,3	83,6	11,8	4,6
Подрайон «б»															
$F = 50 \text{ км}^2$															
Очень многоводный	46,3	20,6	3,4	3,1	2,6	4,7	3,5	3,9	5,6	3,1	1,8	1,4	70,3	23,4	6,3
Многоводный	47,5	21,2	3,5	2,8	2,4	4,2	3,1	3,5	5,0	3,4	1,9	1,5	72,2	21,0	6,8
Средний	48,4	21,5	3,6	2,6	2,2	3,9	2,8	3,2	4,5	3,6	2,1	1,6	73,5	19,2	7,3
Маловодный	49,5	22,0	3,7	2,3	1,9	3,5	2,6	2,8	4,1	3,8	2,1	1,7	75,2	17,2	7,6
Очень маловодный	51,3	22,8	3,8	1,8	1,6	2,8	2,1	2,3	3,2	4,1	2,3	1,9	77,9	13,8	8,3

Водность года	Месячный сток, %												Сезонный сток, %		
	Весна			Лето-осень						Зима			III-V	VI-XI	XII-II
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II			
$F = 100 \text{ км}^2$															
Очень многоводный	17,2	47,7	3,2	2,6	2,1	5,1	3,6	4,4	7,1	3,8	1,9	1,3	68,1	24,9	7,0
Многоводный	17,7	49,1	3,3	2,4	1,9	4,6	3,2	4,0	6,3	4,1	2,1	1,3	70,1	22,4	7,5
Средний	18,0	50,1	3,5	2,2	1,7	4,2	2,9	3,6	5,8	4,4	2,2	1,4	71,6	20,4	8,0
Маловодный	18,5	51,3	3,5	1,9	1,5	3,8	2,6	3,2	5,3	4,6	2,3	1,5	73,3	18,3	8,4
Очень маловодный	19,2	53,3	3,7	1,6	1,2	3,1	2,1	2,6	4,3	4,8	2,5	1,6	76,2	14,9	8,9
$F = 1000 \text{ км}^2$															
Очень многоводный	13,1	46,6	4,9	3,3	2,5	5,3	4,6	4,5	6,7	4,4	2,4	1,7	64,6	26,9	8,5
Многоводный	13,4	48,0	5,1	3,0	2,3	4,8	4,2	4,1	6,2	4,6	2,5	1,8	66,5	24,6	8,9
Средний	11,9	51,2	5,1	2,8	3,7	4,4	2,4	3,7	5,7	4,7	2,5	1,9	68,2	22,7	9,1
Маловодный	16,9	47,3	5,6	3,8	2,6	2,2	1,9	3,4	6,7	4,1	2,9	2,6	69,8	20,6	9,6
Очень маловодный	17,5	49,0	5,9	3,3	2,2	1,9	1,6	2,9	5,7	4,2	3,1	2,7	72,4	17,6	10,0
$F = 5000 \text{ км}^2$															
Очень многоводный	12,6	44,9	4,7	3,5	2,7	5,6	4,9	4,7	7,1	4,8	2,6	1,9	62,2	28,5	9,3
Многоводный	12,9	46,2	4,9	3,2	2,5	5,1	4,5	4,4	6,5	5,0	2,7	2,1	64,0	26,2	9,8
Средний	11,4	49,1	4,9	3,0	4,0	4,7	2,6	4,0	6,2	5,2	2,8	2,1	65,4	24,5	10,1
Маловодный	16,2	45,4	5,5	4,2	2,9	2,4	2,0	3,7	7,3	4,4	3,2	2,8	67,1	22,5	10,4
Очень маловодный	16,7	46,9	5,6	3,6	2,5	2,1	1,8	3,2	6,3	4,8	3,5	3,0	69,2	19,5	11,3
Подрайон «Б1»															
$F = 50 \text{ км}^2$															
Очень многоводный	44,8	20,0	3,3	2,7	2,3	4,1	3,1	3,4	4,9	5,7	3,2	2,5	68,1	20,5	11,4
Многоводный	47,0	20,9	3,5	2,6	2,1	3,8	2,9	3,1	4,5	4,8	2,7	2,1	71,4	19,0	9,6
Средний	49,0	21,8	3,6	2,3	1,9	3,5	2,6	2,8	4,1	4,2	2,4	1,8	74,4	17,2	8,4
Маловодный	50,7	22,6	3,7	2,2	1,8	3,3	2,4	2,6	3,8	3,4	2,0	1,5	77,0	16,1	6,9
Очень маловодный	53,9	24,0	4,0	1,8	1,5	2,6	2,0	2,1	3,1	2,5	1,4	1,1	81,9	13,1	5,0

Водность года	Месячный сток, %												Сезонный сток, %		
	Весна			Лето-осень						Зима			III-V	VI-XI	XII-II
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II			
	$F = 100 \text{ км}^2$														
Очень многоводный	12,1	47,6	6,4	5,4	1,9	2,2	3,0	3,8	5,7	6,0	3,7	2,2	66,1	22,0	11,9
Многоводный	12,7	50,1	6,8	4,9	1,7	2,0	2,8	3,5	5,3	5,1	3,2	1,9	69,6	20,2	10,2
Средний	13,2	52,0	7,0	4,6	1,6	1,9	2,6	3,3	4,9	4,4	2,8	1,7	72,2	18,9	8,9
Маловодный	13,7	54,1	7,3	4,2	1,5	1,7	2,4	3,0	4,5	3,8	2,4	1,4	75,1	17,3	7,6
Очень маловодный	14,6	57,4	7,7	3,6	1,3	1,5	2,0	2,5	3,8	2,8	1,8	1,0	79,7	14,7	5,6
$F = 1000 \text{ км}^2$															
Очень многоводный	3,7	49,0	10,3	1,6	2,0	3,5	6,1	4,1	6,9	7,3	3,3	2,2	63,0	24,2	12,8
Многоводный	3,9	51,4	10,9	1,5	1,9	3,3	5,7	3,8	6,4	6,4	2,9	1,9	66,2	22,6	11,2
Средний	15,4	45,3	7,8	3,5	2,7	2,4	2,0	3,9	7,0	4,5	3,1	2,4	68,5	21,5	10,0
Маловодный	18,2	46,6	6,3	4,6	2,7	1,9	2,2	3,7	5,0	3,9	2,6	2,3	71,1	20,1	8,8
Очень маловодный	19,2	49,1	6,7	4,2	2,4	1,8	1,9	3,3	4,5	3,0	2,1	1,8	75,0	18,1	6,9
$F = 5000 \text{ км}^2$															
Очень многоводный	3,5	46,7	9,9	1,8	2,2	3,8	6,6	4,4	7,4	7,9	3,5	2,3	60,1	26,2	13,7
Многоводный	3,7	49,1	10,4	1,7	2,1	3,6	6,2	4,1	7,0	6,9	3,1	2,1	63,3	24,7	12,1
Средний	14,8	43,5	7,4	3,9	2,9	2,6	2,2	4,3	7,6	4,9	3,3	2,6	65,7	23,5	10,8
Маловодный	17,5	44,9	6,1	5,1	2,9	2,1	2,4	3,9	5,5	4,2	2,9	2,5	68,5	21,9	9,6
Очень маловодный	18,6	47,6	6,5	4,5	2,6	1,9	2,1	3,6	4,9	3,4	2,3	2,0	72,7	19,6	7,7
<b>III. Вилейский район</b>															
Подрайон «а»															
$F = 100 \text{ км}^2$															
Очень многоводный	23,8	7,5	3,9	6,1	4,0	4,9	8,9	6,8	11,5	10,5	7,1	5,0	35,2	42,2	22,6
Многоводный	29,0	9,1	4,7	5,6	3,7	4,5	8,2	6,2	10,5	8,6	5,8	4,1	42,8	38,7	18,5
Средний	32,6	10,2	5,4	5,2	3,4	4,2	7,8	5,8	9,8	7,3	4,9	3,4	48,2	36,2	15,6
Маловодный	37,0	11,6	6,0	4,8	3,1	3,8	7,0	5,3	8,8	5,9	3,9	2,8	54,6	32,8	12,6
Очень маловодный	43,6	13,7	7,1	4,0	2,6	3,2	5,8	4,4	7,3	3,9	2,6	1,8	64,4	27,3	8,3

Водность года	Месячный сток, %												Сезонный сток, %			
	Весна			Лето-осень						Зима			III-V	VI-XI	XII-II	
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II				
	$F = 1000 \text{ км}^2$															
Очень многоводный	4,0	24,1	8,2	3,0	4,2	10,1	5,6	7,2	12,2	9,1	6,6	5,7	36,3	42,3	21,4	
Средний	14,8	23,8	9,0	8,3	4,2	4,8	5,6	6,1	7,1	6,5	5,3	4,5	47,6	36,1	16,3	
Очень маловодный	16,9	29,6	13,0	6,5	5,0	4,4	3,8	4,4	5,4	4,3	3,7	3,0	59,5	29,5	11,0	
	$F = 5000 \text{ км}^2$															
Очень многоводный	4,3	26,3	8,4	3,1	4,0	9,9	5,9	7,0	10,7	9,4	6,0	5,0	39,0	40,6	20,4	
Многоводный	4,8	29,2	9,3	3,0	3,8	9,4	5,6	6,6	10,1	8,4	5,4	4,4	43,3	38,5	18,2	
Средний	14,9	23,9	7,7	7,5	4,0	4,4	5,2	6,3	9,6	6,9	5,2	4,4	46,5	37,0	16,5	
Маловодный	16,1	25,9	8,3	7,6	5,7	5,1	4,6	5,1	6,6	6,5	4,6	3,9	50,3	34,7	15,0	
Очень маловодный	16,9	26,5	11,8	7,1	5,3	4,7	4,3	4,8	6,0	5,5	3,9	3,2	55,2	32,2	12,6	
	Подрайон «б»															
	$F = 100 \text{ км}^2$															
Очень многоводный	18,4	10,0	6,2	9,4	6,7	4,7	5,5	6,5	8,8	9,4	7,9	6,5	34,6	41,6	23,8	
Многоводный	20,3	11,0	6,9	9,2	6,5	4,6	5,4	6,4	8,5	8,3	7,1	5,8	38,2	40,6	21,2	
Средний	21,6	11,7	7,3	9,0	6,4	4,6	5,3	6,3	8,4	7,6	6,5	5,3	40,6	40,0	19,4	
Маловодный	23,2	12,6	7,8	8,8	6,2	4,4	5,2	6,1	8,3	6,8	5,8	4,8	43,6	39,0	17,4	
Очень маловодный	25,7	14,0	8,7	8,4	5,9	4,2	4,9	5,8	7,8	5,7	4,9	4,0	48,4	37,0	14,6	
	$F = 500 \text{ км}^2$															
Очень многоводный	21,0	10,2	4,0	6,3	4,6	5,3	8,6	7,2	9,6	10,1	5,9	7,2	35,2	41,6	23,2	
Многоводный	22,8	11,0	4,4	6,2	4,5	5,1	8,4	7,0	9,4	9,2	5,4	6,6	38,2	40,6	21,2	
Средний	24,2	11,7	4,7	6,1	4,4	5,0	8,2	6,9	9,2	8,5	5,0	6,1	40,6	39,8	19,6	
Маловодный	25,7	12,4	4,9	5,9	4,3	4,9	8,0	6,7	9,0	7,9	4,6	5,7	43,0	38,8	18,2	
Очень маловодный	27,8	13,5	5,3	5,7	4,2	4,7	7,8	6,5	8,7	6,9	4,0	4,9	46,6	37,6	15,8	

Водность года	Месячный сток, %												Сезонный сток, %			
	Весна			Лето-осень						Зима			III-V	VI-XI	XII-II	
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II					
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II				
	$F = 1000 \text{ км}^2$															
Очень многоводный	20,7	10,0	3,9	6,5	4,7	5,4	8,8	7,4	9,8	9,9	5,8	7,1	34,6	42,6	22,8	
Многоводный	22,8	11,0	4,4	6,2	4,5	5,1	8,5	7,1	9,4	9,1	5,3	6,6	38,2	40,8	21,0	
Средний	24,2	11,7	4,7	6,0	4,4	5,0	8,2	6,9	9,1	8,6	5,0	6,2	40,6	39,6	19,8	
Маловодный	25,7	12,4	4,9	5,8	4,3	4,9	8,0	6,7	8,9	8,0	4,7	5,7	43,0	38,6	18,4	
Очень маловодный	27,8	13,5	5,3	5,6	4,1	4,7	7,7	6,4	8,5	7,1	4,2	5,1	46,6	37,0	16,4	
<b>IV. Неманский район</b>																
	$F = 100 \text{ км}^2$															
Очень многоводный	23,4	7,4	4,2	8,7	4,9	6,1	3,7	8,4	12,8	11,0	5,5	3,9	35,0	44,6	20,4	
Многоводный	27,5	8,7	5,0	7,5	4,2	5,3	3,2	7,3	11,0	10,9	5,5	3,9	41,2	38,5	20,3	
Средний	30,5	9,7	5,5	6,6	3,8	4,7	2,8	6,5	9,8	10,8	5,4	3,9	45,7	34,2	20,1	
Маловодный	34,3	10,8	6,2	5,7	3,2	4,0	2,4	5,5	8,4	10,5	5,2	3,8	51,3	29,2	19,5	
Очень маловодный	39,5	12,5	7,1	4,3	2,4	3,0	1,8	4,2	6,3	10,2	5,1	3,6	59,1	22,0	18,9	
	$F = 1000 \text{ км}^2$															
Очень многоводный	9,9	23,6	4,3	9,3	4,2	5,2	3,8	7,7	12,5	9,7	5,6	4,2	37,8	42,7	19,5	
Многоводный	10,9	26,1	4,8	8,3	3,8	4,6	3,4	6,9	11,2	9,9	5,8	4,3	41,8	38,2	20,0	
Средний	14,5	25,1	5,5	7,7	4,4	5,3	3,9	5,2	8,4	9,3	6,0	4,7	45,1	34,9	20,0	
Маловодный	15,4	26,6	5,9	6,9	3,9	4,8	3,5	4,6	7,6	9,3	6,4	5,1	47,9	31,3	20,8	
Очень маловодный	17,4	25,2	10,4	5,3	3,6	4,1	3,2	4,1	6,0	9,2	6,4	5,1	53,0	26,3	20,7	
	$F = 5000 \text{ км}^2$															
Очень многоводный	10,0	24,0	4,4	9,0	4,1	5,0	3,7	7,5	12,1	10,0	5,9	4,3	38,4	41,4	20,2	
Многоводный	10,9	26,1	4,8	8,2	3,7	4,6	3,4	6,8	11,1	10,1	5,9	4,4	41,8	37,8	20,4	
Средний	14,4	24,8	5,4	7,8	4,4	5,4	4,0	5,2	8,5	9,3	6,0	4,8	44,6	35,3	20,1	
Маловодный	15,3	26,4	5,7	7,2	4,0	4,9	3,7	4,8	7,8	9,0	6,2	5,0	47,4	32,4	20,2	
Очень маловодный	17,0	24,7	10,1	5,7	3,9	4,4	3,5	4,4	6,5	8,8	6,1	4,9	51,8	28,4	19,8	

Водность года	Месячный сток, %												Сезонный сток, %				
	Весна			Лето-осень						Зима			III-V	VI-XI	XII-II		
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II					
<b>V. Центральнo-Березинский район</b>																	
Подрайон «а»																	
$F = 50 \text{ км}^2$																	
Очень многоводный	12,6	36,2	5,3	10,3	2,0	3,0	5,1	5,7	9,6	5,5	3,4	1,3	54,1	35,7	10,2		
Многоводный	13,2	37,9	5,5	8,8	1,7	2,6	4,4	4,9	8,3	6,8	4,3	1,6	56,6	30,7	12,7		
Средний	13,6	39,1	5,7	7,8	1,5	2,3	3,8	4,3	7,3	7,8	5,0	1,8	58,4	27,0	14,6		
Маловодный	14,2	40,8	5,9	6,5	1,2	2,0	3,2	3,6	6,1	8,9	5,6	2,0	60,9	22,6	16,5		
Очень маловодный	15,2	43,7	6,3	4,7	0,9	1,4	2,3	2,6	4,3	10,0	6,3	2,3	65,2	16,2	18,6		
$F = 100 \text{ км}^2$																	
Очень многоводный	11,7	35,7	4,4	8,6	3,8	3,0	5,4	5,9	10,2	2,7	3,7	4,9	51,8	36,9	11,3		
Многоводный	12,1	36,9	4,6	7,7	3,4	2,6	4,8	5,2	9,2	3,2	4,4	5,9	53,6	32,9	13,5		
Средний	31,3	15,7	8,0	3,1	6,4	4,4	2,6	5,2	7,7	7,0	4,0	4,6	55,0	29,4	15,6		
Маловодный	16,9	32,0	7,9	4,9	3,2	2,5	2,8	4,6	7,7	7,9	4,4	5,2	56,8	25,7	17,5		
Очень маловодный	17,8	33,8	8,4	3,9	2,5	2,0	2,2	3,6	6,0	8,5	5,4	5,9	60,0	20,2	19,8		
$F = 1000 \text{ км}^2$																	
Очень многоводный	13,3	30,4	5,4	3,8	4,9	4,3	8,1	7,2	9,7	6,2	3,8	2,9	49,1	38,0	12,9		
Многоводный	13,8	31,6	5,6	3,4	4,4	3,8	7,2	6,5	8,8	7,1	4,4	3,4	41,0	34,1	14,9		
Средний	14,4	30,9	7,2	3,6	6,3	4,2	5,1	5,1	7,2	6,7	4,9	4,4	52,5	31,5	16,0		
Маловодный	16,9	28,3	9,2	3,9	4,2	4,6	5,1	4,8	5,8	7,2	5,3	4,7	54,4	28,4	17,2		
Очень маловодный	17,7	29,5	9,6	3,3	3,5	3,9	4,3	4,1	4,9	7,3	6,2	5,7	56,8	24,0	19,2		
$F = 5000 \text{ км}^2$																	
Очень многоводный	12,6	28,7	5,1	3,9	5,1	4,4	8,2	7,4	10,0	7,0	4,3	3,3	46,4	39,0	14,6		
Многоводный	13,0	29,7	5,3	3,6	4,7	4,0	7,6	6,8	9,2	7,7	4,8	3,6	48,0	35,9	16,1		
Средний	13,6	29,2	6,7	3,9	6,8	4,6	5,5	5,4	7,6	7,0	5,1	4,6	49,5	33,8	16,7		
Маловодный	15,9	26,5	8,6	4,3	4,6	5,1	5,6	5,4	6,4	6,7	5,7	5,2	51,0	31,4	17,6		
Очень маловодный	16,5	27,6	9,0	3,8	4,1	4,4	4,9	4,7	5,7	7,3	6,3	5,7	53,1	27,6	19,3		



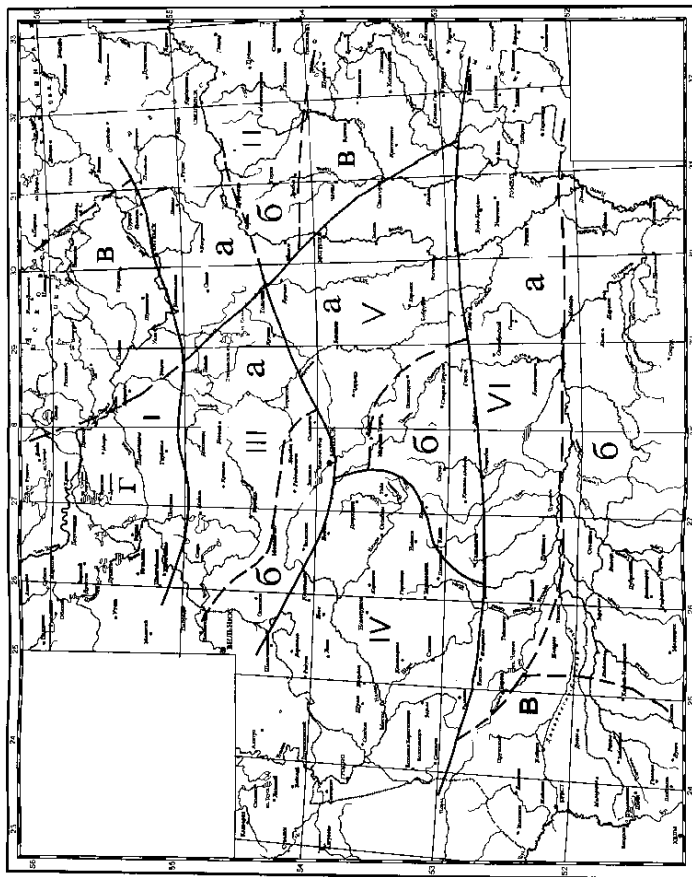
Водность года	Месячный сток, %												Сезонный сток, %		
	Весна			Лето-осень						Зима			III-V	VI-XI	XII-II
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II			
	Подрайон «Б»														
$F = 50 \text{ км}^2$															
Очень многоводный	12,6	36,2	5,6	13,0	0,9	1,4	3,7	4,6	8,5	7,2	4,7	1,6	54,4	32,1	13,5
Многоводный	13,9	40,0	6,2	10,6	0,7	1,1	3,0	3,7	6,9	7,4	4,8	1,7	60,1	26,0	13,9
Средний	15,1	43,2	6,7	8,6	0,6	0,9	2,4	3,0	5,6	7,4	4,8	1,7	65,0	21,1	13,9
Маловодный	16,3	46,8	7,3	6,4	0,4	0,7	1,8	2,2	4,3	7,3	4,8	1,7	70,4	15,8	13,8
Очень маловодный	18,4	52,9	8,2	3,5	0,2	0,4	1,0	1,2	2,2	6,4	4,2	1,4	79,5	8,5	12,0
$F = 100 \text{ км}^2$															
Очень многоводный	13,6	33,4	6,6	3,9	1,9	2,7	8,0	5,8	10,7	8,0	3,2	2,2	53,6	33,0	13,4
Многоводный	15,0	36,8	7,2	3,2	1,6	2,2	6,5	4,8	8,7	8,3	3,4	2,3	59,0	27,0	14,0
Средний	33,2	20,1	10,0	5,5	2,5	1,7	1,6	3,7	7,4	7,8	3,7	2,8	63,3	22,4	14,3
Маловодный	20,2	40,8	7,8	4,1	1,9	1,7	2,6	2,6	4,5	6,1	4,3	3,4	68,8	17,4	13,8
Очень маловодный	22,4	45,4	8,8	2,4	1,1	1,0	1,5	1,5	2,6	5,9	4,2	3,2	76,6	10,1	13,3
$F = 1000 \text{ км}^2$															
Очень многоводный	12,6	31,0	6,2	4,1	2,1	2,8	8,5	6,2	11,4	9,0	3,6	2,5	49,8	35,1	15,1
Многоводный	14,1	34,5	6,8	3,5	1,7	2,4	7,1	5,2	9,5	9,1	3,6	2,5	55,4	29,4	15,2
Средний	31,3	19,0	9,3	6,1	2,8	1,9	1,8	4,2	8,2	8,4	4,0	3,0	59,6	25,0	15,4
Маловодный	18,7	37,9	7,3	4,8	2,3	2,0	3,0	3,0	5,3	6,9	4,9	3,9	63,9	20,4	15,7
Очень маловодный	20,9	42,4	8,2	3,2	1,6	1,3	2,1	2,1	3,6	6,4	4,6	3,6	71,5	13,9	14,6
$F = 5000 \text{ км}^2$															
Очень многоводный	4,9	28,5	14,4	5,6	4,2	3,3	8,8	5,9	9,4	6,7	4,9	3,4	47,8	37,2	15,0
Многоводный	5,4	31,5	15,9	4,7	3,5	2,8	7,5	5,1	8,0	7,0	5,1	3,5	52,8	31,6	15,6
Средний	15,8	30,6	10,0	6,3	4,0	3,2	2,8	4,7	6,5	7,9	4,7	3,5	56,4	27,5	16,1
Маловодный	17,0	33,0	10,8	5,5	3,3	2,7	2,4	3,4	5,8	7,3	4,8	4,0	60,8	23,1	16,1
Очень маловодный	22,4	33,1	11,7	4,0	2,5	2,0	1,7	2,5	4,3	7,1	4,7	4,0	67,2	17,0	15,8

Водность года	Месячный сток, %												Сезонный сток, %		
	Весна			Лето-осень						Зима			III-V	VI-XI	XII-II
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II			
<b>VI. Припятский район</b>															
Подрайон «Ф»															
$F = 50 \text{ км}^2$															
Очень многоводный	42,6	10,4	3,7	2,5	1,8	5,5	6,9	4,8	6,9	4,8	2,2	7,9	56,7	28,4	14,9
Многоводный	47,8	11,7	4,2	2,0	1,4	4,4	5,6	3,9	5,5	4,3	2,0	7,2	63,7	22,8	13,5
Средний	40,9	19,8	8,9	3,8	2,2	1,6	1,9	3,2	5,1	5,5	3,2	3,9	69,6	17,8	12,6
Маловодный	44,6	24,2	7,5	3,0	1,7	1,2	1,5	2,1	3,5	5,9	2,8	2,0	76,3	13,0	10,7
Очень маловодный	50,6	27,5	8,6	1,4	0,8	0,6	0,7	1,0	1,6	4,0	1,9	1,3	86,7	6,1	7,2
$F = 100 \text{ км}^2$															
Очень многоводный	42,2	10,4	3,6	2,5	1,8	5,5	6,8	4,8	6,8	4,9	2,3	8,2	56,4	28,2	15,4
Многоводный	47,6	11,7	4,1	2,0	1,4	4,4	5,6	3,9	5,5	4,4	2,1	7,3	63,4	22,8	13,8
Средний	40,7	19,8	8,8	3,9	2,3	1,7	2,0	3,2	5,3	5,4	3,1	3,8	69,3	18,4	12,3
Маловодный	44,3	24,1	7,5	3,2	1,8	1,3	1,5	2,2	3,7	5,7	2,7	2,0	75,9	13,7	10,4
Очень маловодный	50,2	27,3	8,5	1,6	0,9	0,7	0,8	1,1	1,8	3,9	1,9	1,3	86,0	6,9	7,1
$F = 1000 \text{ км}^2$															
Очень многоводный	17,1	29,8	9,1	7,3	5,1	2,8	1,8	4,3	6,9	8,1	4,8	2,9	56,0	28,3	15,8
Многоводный	19,3	33,6	10,1	6,0	4,2	2,3	1,4	3,6	5,7	7,1	4,2	2,5	63,0	23,2	13,8
Средний	20,9	36,3	11,0	5,0	3,5	1,9	1,2	3,0	4,7	6,4	3,8	2,3	68,2	19,3	12,5
Маловодный	22,6	39,3	11,9	3,9	2,8	1,5	0,9	2,3	3,8	5,6	3,4	2,0	73,8	15,2	11,0
Очень маловодный	25,5	44,3	13,4	2,4	1,7	0,8	0,6	1,4	2,2	4,0	2,4	1,3	83,2	9,1	7,7
$F = 5000 \text{ км}^2$															
Очень многоводный	17,3	30,0	9,1	7,1	5,0	2,7	1,7	4,3	6,8	8,2	4,9	2,9	56,4	27,6	16,0
Многоводный	19,2	33,4	10,1	6,0	4,2	2,3	1,4	3,6	5,7	7,2	4,3	2,6	62,7	23,2	14,1
Средний	20,7	36,0	10,8	5,2	3,6	2,0	1,2	3,1	4,9	6,4	3,8	2,3	67,5	20,0	12,5
Маловодный	22,4	39,0	11,7	4,2	3,0	1,6	1,0	2,5	4,0	5,4	3,2	2,0	73,1	16,3	10,6
Очень маловодный	24,7	43,1	13,0	2,9	2,1	1,1	0,7	1,7	2,8	4,1	1,4	1,4	80,8	11,3	7,9

Водность года	Месячный сток, %												Сезонный сток, %				
	Весна			Лето-осень						Зима			III-V	VI-XI	XII-II		
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II					
Подрайон «Ф»																	
$F = 100 \text{ км}^2$																	
Очень многоводный	27,5	14,8	6,0	13,3	4,4	2,3	0,7	3,6	10,9	8,6	5,5	2,4	48,3	35,2	16,5		
Многоводный	31,0	16,6	6,8	11,3	3,7	1,9	0,7	3,0	9,2	8,3	5,3	2,2	54,4	29,8	15,8		
Средний	36,7	17,2	5,8	6,1	3,0	2,2	2,0	4,3	7,4	9,4	3,7	2,2	59,7	25,0	15,3		
Маловодный	22,2	37,4	6,2	7,2	2,3	1,7	1,4	2,3	5,0	3,6	6,4	4,3	65,8	19,9	14,3		
Очень маловодный	26,0	43,9	7,3	4,2	1,4	1,0	0,8	1,4	2,8	2,8	5,0	3,4	77,2	11,6	11,2		
$F = 1000 \text{ км}^2$																	
Очень многоводный	4,0	32,8	11,1	12,2	5,4	3,5	1,3	4,1	8,4	8,9	5,6	2,7	47,9	34,9	17,2		
Многоводный	4,5	36,9	12,6	10,5	4,7	3,0	1,1	3,6	7,2	8,2	5,2	2,5	54,0	30,1	15,9		
Средний	35,9	14,9	8,0	5,8	3,5	2,5	1,6	3,6	9,1	9,5	3,4	2,2	58,8	26,1	15,1		
Маловодный	38,0	19,0	7,5	6,1	2,7	1,9	1,6	2,8	6,8	7,3	4,0	2,3	64,5	21,9	13,6		
Очень маловодный	43,4	21,7	8,6	4,1	1,8	1,3	1,1	1,9	4,6	6,1	3,4	2,0	73,7	14,8	11,5		
$F = 5000 \text{ км}^2$																	
Очень многоводный	3,9	32,4	11,1	12,3	5,5	3,6	1,2	4,2	8,4	9,0	5,6	2,8	47,4	35,2	17,4		
Многоводный	4,4	36,7	12,5	10,5	4,7	3,0	1,1	3,6	7,2	8,4	5,3	2,6	53,6	30,1	16,3		
Средний	35,7	14,8	7,9	5,9	3,6	2,5	1,6	3,6	9,2	9,6	3,4	2,2	58,4	26,4	15,2		
Маловодный	37,7	18,9	7,5	6,2	2,8	2,0	1,6	2,9	6,9	7,2	4,0	2,3	64,1	22,4	13,5		
Очень маловодный	42,6	21,4	8,4	4,5	2,0	1,4	1,2	2,1	5,0	6,1	3,3	2,0	72,4	16,2	11,4		
Подрайон «в»																	
$F = 100 \text{ км}^2$																	
Очень многоводный	22,6	9,2	3,9	10,7	6,3	3,7	1,6	6,6	12,6	13,8	5,7	3,3	35,7	41,5	22,8		
Многоводный	27,4	11,1	4,7	8,5	5,1	3,0	1,3	5,2	10,1	14,3	5,9	3,4	43,2	33,2	23,6		
Средний	31,1	12,7	5,3	7,0	4,1	2,4	1,1	4,3	8,2	14,4	6,0	3,4	49,1	27,1	23,8		
Маловодный	35,5	14,4	6,1	5,4	3,2	1,9	0,8	3,3	6,4	14,0	5,7	3,3	56,0	21,0	23,0		
Очень маловодный	42,0	17,1	7,1	3,1	1,9	1,1	0,5	1,9	3,7	13,1	5,4	3,1	66,2	12,2	21,6		

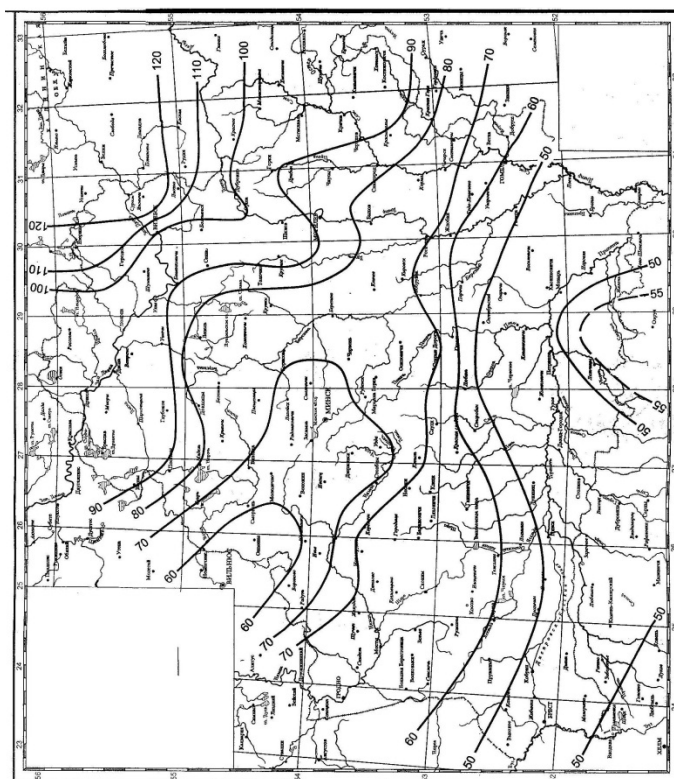
Водность года	Месячный сток, %												Сезонный сток, %		
	Весна			Лето-осень						Зима			III-V	VI-XI	XII-II
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II			
	$F = 1000 \text{ км}^2$														
Очень многоводный	20,4	10,2	5,1	9,3	5,7	4,5	2,8	6,2	12,1	12,4	6,5	4,8	35,7	40,6	23,7
Многоводный	24,7	12,4	6,1	7,6	4,6	3,7	2,3	5,0	10,0	12,3	6,5	4,8	43,2	33,2	23,6
Средний	27,7	13,9	6,9	6,4	3,9	3,1	1,9	4,3	8,5	12,2	6,4	4,8	48,5	28,1	23,4
Маловодный	31,5	15,7	7,8	5,2	3,2	2,5	1,6	3,4	6,7	11,7	6,1	4,6	55,0	22,6	22,4
Очень маловодный	36,7	18,3	9,1	3,5	2,1	1,7	1,0	2,3	4,6	10,8	5,7	4,2	64,1	15,2	20,7
$F = 5000 \text{ км}^2$															
Очень многоводный	20,4	10,2	5,1	9,2	5,6	4,5	2,8	6,1	12,1	12,6	6,6	4,8	35,7	40,3	24,0
Многоводный	24,7	12,4	6,1	7,7	4,7	3,7	2,3	5,1	10,1	12,1	6,4	4,7	43,2	33,6	23,2
Средний	27,5	13,7	6,8	6,6	4,0	3,2	2,0	4,3	8,6	12,2	6,4	4,7	48,0	28,7	23,3
Маловодный	30,8	15,4	7,7	5,5	3,3	2,6	1,6	3,6	7,2	11,7	6,1	4,5	53,9	23,8	22,3
Очень маловодный	35,4	17,7	8,8	3,8	2,4	1,8	1,2	2,6	5,0	11,1	5,8	4,4	61,9	16,8	21,3

## Карта гидрологических районов и подрайонов Беларуси

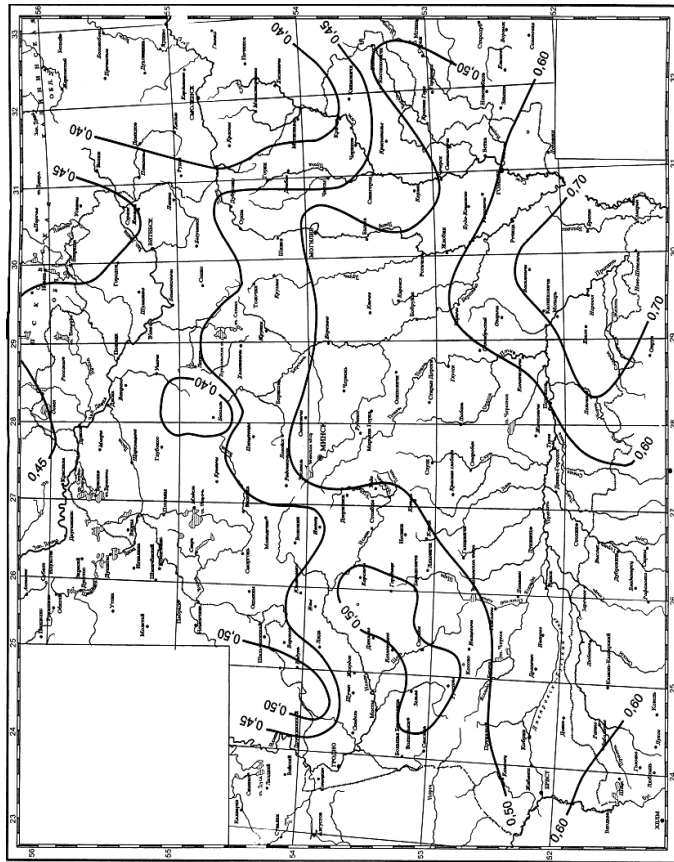


## ПРИЛОЖЕНИЕ 9

Карта среднегодового слоя стока весеннего половодья, мм

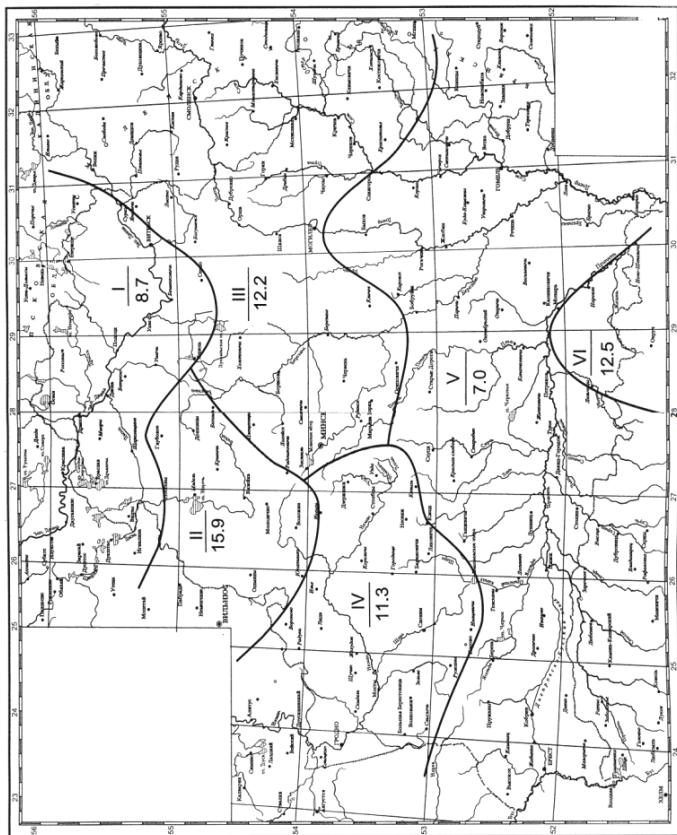


Карта коэффициента вариации слоя стока весеннего половодья







Карта районирования параметра  $\sigma_{1,10}$  %

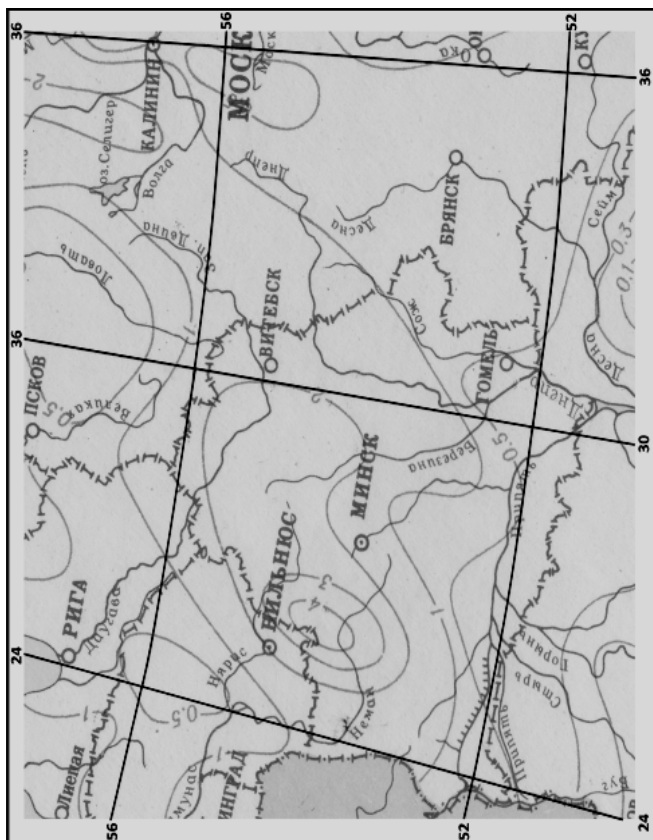
ПРИЛОЖЕНИЕ 13

Относительные координаты расчетного гидрографа половодья  $x$  и  $y$   
в зависимости от  $K_s$  или  $\lambda^*$

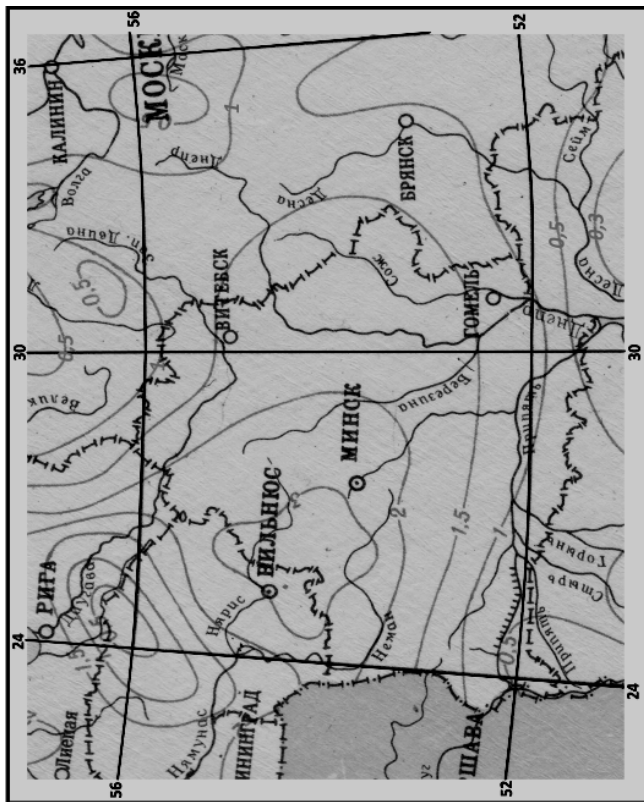
$x_i = t_i / t_n$	Значения $y = Q_i/Q_p$ при различных $\lambda^* = qt_{i,p}/(0,0116t_p)$																			$x_i$		
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2		2,4	0,3
0,1	0,023	0,002	0	0	0																	0,023
0,2	0,210	0,091	0,034	0,011	0,003	0	0	0	0													0,210
0,3	0,450	0,290	0,180	0,099	0,050	0,022	0,009	0,003	0,001	0	0	0	0									0,450
0,4	0,660	0,510	0,390	0,280	0,190	0,120	0,076	0,043	0,024	0,013	0,006	0,003	0,001	0	0	0	0	0				0,660
0,5	0,780	0,690	0,590	0,49	0,400	0,310	0,240	0,180	0,130	0,088	0,059	0,039	0,025	0,015	0,009	0,005	0,003	0,002	0	0		0,780
0,6	0,880	0,820	0,750	0,690	0,610	0,540	0,470	0,390	0,330	0,270	0,220	0,180	0,140	0,120	0,088	0,066	0,049	0,036	0,017	0,009	0,880	
0,7	0,940	0,910	0,870	0,830	0,790	0,740	0,690	0,640	0,590	0,540	0,480	0,430	0,390	0,340	0,300	0,260	0,220	0,190	0,140	0,094	0,940	
0,8	0,970	0,960	0,950	0,930	0,910	0,890	0,870	0,840	0,810	0,780	0,750	0,720	0,690	0,660	0,620	0,590	0,550	0,520	0,460	0,400	0,970	
0,9	0,990	0,990	0,990	0,980	0,980	0,970	0,970	0,960	0,960	0,950	0,940	0,930	0,920	0,910	0,900	0,890	0,880	0,870	0,840	0,820	0,990	
1,0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	
1,1	0,990	0,990	0,990	0,990	0,980	0,970	0,970	0,970	0,960	0,960	0,950	0,940	0,930	0,930	0,920	0,910	0,900	0,870	0,870	0,850	0,990	
1,2	0,980	0,970	0,960	0,950	0,940	0,920	0,910	0,890	0,870	0,850	0,830	0,800	0,780	0,760	0,730	0,700	0,680	0,650	0,600	0,540	0,980	
1,3	0,970	0,950	0,930	0,910	0,880	0,850	0,820	0,780	0,750	0,710	0,680	0,640	0,600	0,560	0,520	0,480	0,440	0,410	0,340	0,280	0,970	
1,4	0,950	0,920	0,890	0,850	0,810	0,770	0,720	0,670	0,620	0,570	0,520	0,480	0,430	0,380	0,340	0,300	0,260	0,230	0,170	0,120	0,950	

$x_i = t_i / t_n$	Значения $y = Q_1/Q_p$ при различных $\lambda = qt/(0,0116hp)$																			$x_i$	
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2		2,4
1,5	0,920	0,880	0,840	0,790	0,740	0,680	0,620	0,560	0,500	0,440	0,390	0,340	0,290	0,250	0,210	0,170	0,140	0,120	0,075	0,046	0,920
1,6	0,900	0,850	0,790	0,730	0,660	0,590	0,520	0,460	0,390	0,340	0,280	0,230	0,190	0,150	0,120	0,092	0,071	0,054	0,030	0,016	0,900
1,7	0,870	0,81	0,740	0,660	0,590	0,510	0,440	0,370	0,300	0,250	0,200	0,150	0,120	0,089	0,066	0,047	0,034	0,024	0,011	0,005	0,870
1,8	0,840	0,770	0,690	0,600	0,520	0,440	0,360	0,290	0,230	0,180	0,130	0,100	0,072	0,050	0,035	0,023	0,015	0,010	0,004	0,001	0,840
1,9	0,810	0,730	0,640	0,550	0,460	0,370	0,290	0,230	0,170	0,130	0,089	0,063	0,043	0,028	0,018	0,011	0,007	0,004	0,001		0,810
2,0	0,780	0,690	0,590	0,490	0,400	0,310	0,240	0,180	0,130	0,088	0,059	0,039	0,025	0,015	0,009	0,005	0,003	0,002	0		0,780
2,2	0,730	0,310	0,500	0,400	0,300	0,220	0,150	0,100	0,066	0,042	0,025	0,014	0,008								0,730
2,4	0,670	0,540	0,420	0,320	0,220	0,150	0,096	0,058	0,034	0,019	0,010	0,005	0,002								0,670
2,6	0,620	0,480	0,350	0,250	0,160	0,100	0,060	0,032	0,017	0,008	0,004	0,002	0,001								0,620
2,8	0,570	0,420	0,290	0,190	0,120	0,068	0,036	0,018	0,008	0,004	0,001	0,001	0								0,570
3,0	0,530	0,370	0,240	0,150	0,086	0,045	0,022	0,010	0,004	0,002	0	0									0,530
3,5	0,430	0,260	0,150	0,079	0,037	0,016	0,006	0,002	0	0											0,430
4,0	0,340	0,190	0,092	0,042	0,016	0,005	0,002	0													0,340
5,0	0,210	0,091	0,034	0,011	0,003	0	0														0,210
6,0	0,130	0,044	0,012	0,003	0,																0,130
8,0	0,052	0,010	0,002	0																	0,052
$K_s$	0,190	0,230	0,260	0,290	0,310	0,330	0,340	0,360	0,370	0,380	0,380	0,390	0,400	0,400	0,410	0,420	0,420	0,420	0,430	0,430	0,190

Минимальный 30-дневный летне-осенний сток рек  
обеспеченностью  $P_{80}\%$ , л/с · км<sup>2</sup>



Минимальный 30-дневный зимний сток  
обеспеченностью  $P_{80} \%$ , л/с · км<sup>2</sup>



Учебное издание

## **ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ**

Методические указания по выполнению курсовой работы  
по дисциплине «Гидрология, гидрометрия, динамика русловых процессов»  
для студентов специальности

1-37 03 02 «Кораблестроение и техническая эксплуатация  
водного транспорта»

Составитель

**ЮХНОВЕЦ** Владимир Николаевич

Редактор *Т. Н. Микулик*

Компьютерная верстка *А. Г. Занкевич*

Подписано в печать 30.01.2015. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 5,81 Уч.-изд. л. 4,54 Тираж 50. Заказ 364.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя  
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.