

**А. А. Волчек**  
**П. С. Лопух**  
**Ан. А. Волчек**

# **ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ. ПРАКТИКУМ**

*Рекомендовано*  
*Учебно-методическим объединением*  
*по естественно-научному образованию в качестве*  
*учебно-методического пособия для студентов,*  
*обучающихся по специальности*  
*1-31 02 02 «Гидрометеорология»*

УДК 556.5.048(075.8)(076.5)

ББК 26.222я73-5

В67

**Рецензенты:**

кафедра географии и методики преподавания географии  
Белорусского государственного педагогического  
университета имени Максима Танка (заведующий кафедрой  
кандидат географических наук *А. В. Таранчук*);  
доктор технических наук *Б. В. Курзо*

**Волчек, А. А.**

В67 Гидрологические расчеты. Практикум : учеб.-метод. пособие /  
А. А. Волчек, П. С. Лопух, Ан. А. Волчек. – Минск : БГУ, 2021. –  
167 с.

ISBN 978-985-881-132-7.

Изложены методы гидрологических расчетов по определению параметров среднего годового стока рек при наличии, недостаточности и отсутствии данных гидрометрических наблюдений, внутригодового распределения стока, максимальных расходов воды весеннего половодья, летне-осенних дождевых паводков при наличии и отсутствии данных наблюдений.

Для студентов, обучающихся по специальности 1-31 02 02 «Гидрометеорология».

**УДК 556.5.048(075.8)(076.5)**

**ББК 26.222я73-5**

**ISBN 978-985-881-132-7**

© БГУ, 2021

---

## ВВЕДЕНИЕ

---

Главная цель гидрологических расчетов – определение характеристик, количественно описывающих гидрологические процессы и явления.

Определение расчетных гидрологических характеристик необходимо для проектирования и обеспечения надежной эксплуатации инженерных сооружений, в частности водохранилищных гидроузлов. Расчеты различаются: при наличии гидрометрических данных (измеренных характеристик за длительный период); при недостаточности гидрометрических данных; при отсутствии гидрометрических данных.

Полученные гидрологические данные, в частности значения годового стока заданной вероятности превышения (распределенные внутри года по месяцам), используются для водохозяйственных расчетов водохранилища (определение притока воды в водохранилище).

Расчет самого водохранилища выполняется при рассчитанном мертвом объеме, потерях воды из водохранилища и построенных батиграфических характеристик водохранилища.

Для выбора правильного направления использования водотоков необходимо иметь ясное представление об изменении характеристик речного стока, это актуальная проблема инженерной гидрологии. На основе результатов исследований проектируются гидротехнические сооружения – водохранилищные гидроузлы. Важнейшее научное и практическое значение имеет выявление закономерностей колебаний речного стока с целью разработки сценариев и прогнозов его изменения в условиях воздействия различных естественных и антропогенных факторов, а также оценки расходов воды косвенными методами при отсутствии прямых инструментальных наблюдений на малых реках. Последнее стало особенно актуальным в конце XX – начале XXI столетия, когда в стране сократился объем гидрометеорологических наблюдений.

---

## ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ТЕРМИНЫ И ОБОЗНАЧЕНИЯ

---

**Водоотдача снежного покрова** – процесс поступления на поверхность почвы избыточной (не удерживаемой снегом) гравитационной талой или дождевой воды.

**Водохозяйственный год** – расчетный годичный период, начинающийся с самого многоводного сезона.

**Время добегания** – время, в течение которого водная масса проходит заданное расстояние.

**Гидрограф** – график изменения во времени расходов воды за год или часть года (сезон, половодье или паводок) в данном створе водотока.

**Гидрологические параметры** – количественные оценки элементов гидрологического режима.

**Гидрологические расчеты** – раздел инженерной гидрологии по разработке методов расчета параметров гидрологического режима.

**Запас воды в снежном покрове** – общее количество воды в твердом и жидком состоянии, содержащееся в рассматриваемый момент времени в снежном покрове.

**Интенсивность осадков** – слой осадков (мм), выпадающих за единицу времени.

**Интенсивность снеготаяния** – количество воды (мм), образующееся в процессе таяния снега в единицу времени.

**Клетчатка вероятностей** – специальные клетчатки с прямоугольной системой координат, построенные таким образом, что на них спрямляются (полностью или частично) различные кривые вероятности превышения.

**Коэффициент редукции** – коэффициент, характеризующий интенсивность изменения какого-либо одного значения с изменением другого, связанного с ним значения.

**Кривая распределения вероятностей** – графическое или аналитическое выражение функции, характеризующей вероятность появления того или иного значения рассматриваемого ряда случайной величины.

**Лимитирующий период** – часть водохозяйственного года, неблагоприятная для осуществления проектируемых мероприятий либо по водопотреблению и водопользованию, либо по борьбе с наводнениями и осушению болот.

**Методы гидрологических расчетов** – технические приемы, позволяющие рассчитать, обычно с оценкой вероятности их появления, значения различных характеристик гидрологического режима.

**Нелимитирующий период** – часть водохозяйственного года за вычетом лимитирующего периода.

**Обеспеченность гидрологической характеристики** – вероятность того, что рассматриваемое значение гидрологической характеристики может быть превышено среди совокупности всех возможных ее значений.

**Объем стока** – количество воды, протекающее через рассматриваемый створ водотока за какой-либо период времени.

**Поверхностный сток** – перемещение воды в процессе ее круговорота в природе в форме стекания по земной поверхности.

**Подпор воды** – повышение уровня воды из-за наличия в русле препятствия для ее движения.

**Расчетная обеспеченность** – обеспеченность гидрологической характеристики, принимаемая при строительном проектировании для установления значения характеристик гидрологического режима, определяющих проектные решения.

**Расчетный расход воды** – расход воды заданной вероятности превышения, принимаемый в качестве исходного значения для определения размеров проектируемых сооружений.

**Редукция интенсивности дождя** – изменение (убывание) средней интенсивности дождя с увеличением его продолжительности.

**Редукция максимального модуля стока** – изменение (убывание) максимального модуля стока с увеличением площади водосбора.

**Свободное состояние русла** – состояние русла, характеризующееся отсутствием препятствий (ледяных образований, водной растительности, сплавного леса и т. д.), которое влияет на зависимость между расходами и уровнями, а также отсутствием подпора.

**Соответственные уровни воды** – уровни воды на двух гидрологических постах, относящиеся к одинаковым фазам уровня режима.

**Уклон водной поверхности** – отношение разности отметок уровня воды на рассматриваемом участке к длине этого участка.

### Основные условные обозначения и единицы измерения

Обозначение	Характеристика	Единицы измерения
$P_m$	Эмпирическая ежегодная вероятность превышения	%
$m$	Порядковый номер членов ряда гидрологической характеристики, расположенных в убывающем порядке	Безразмерная величина
$n$	Общее число членов ряда	Безразмерная величина
$C_V$	Коэффициент вариации	Безразмерная величина
$C_S$	Коэффициент асимметрии	Безразмерная величина
$\bar{Q}$	Среднее многолетнее значение	м <sup>3</sup> /с
$\lambda_2$ и $\lambda_3$	Статистика	Безразмерная величина
$k_i$	Модульный коэффициент рассматриваемой гидрологической характеристики	Безразмерная величина
$Q_i$	Погодичные значения расходов воды	м <sup>3</sup> /с
$\tilde{C}_V$	Смещенная оценка коэффициента вариации	Безразмерная величина
$\tilde{C}_S$	Смещенная оценка коэффициента асимметрии	Безразмерная величина
$r(1)$	Коэффициент автокорреляции между соседними членами ряда	Безразмерная величина
$Q_{5\%}, Q_{50\%}, Q_{95\%}$	Значение расходов воды вероятности превышения	м <sup>3</sup> /с
$\Phi_{5\%}, \Phi_{50\%}, \Phi_{95\%}$	Нормированные ординаты биномиальной кривой распределения	Безразмерная величина
$S$	Коэффициент скошенности	Безразмерная величина
$C_{V_n}$	Коэффициент вариации, рассчитанный по наблюдаемым значениям	Безразмерная величина

*Окончание таблицы*

Обозначение	Характеристика	Единицы измерения
$C_{S_n}$	Коэффициент асимметрии, рассчитанный по наблюдаемым значениям	Безразмерная величина
$\sigma_0$	Случайная относительная (в долях единицы) средняя квадратическая погрешность исходных данных гидрологических наблюдений	Безразмерная величина
$N$	Число лет, в течение которых выдающееся значение гидрологической характеристики не было превышено	Безразмерная величина

---

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

---

### 1. Определение нормы годового стока при наличии данных гидрометрических наблюдений

Определение расчетных гидрологических характеристик должно основываться на данных гидрометеорологических наблюдений, в том числе регулярных наблюдений последних лет, опубликованных в специальных документах в области гидрологии; дополнительно должны учитываться данные инженерно-гидрометеорологических изысканий.

Одной из основных характеристик гидрологического режима реки, которая используется в гидрологических расчетах при определении других характеристик стока, является средняя многолетняя величина или норма годового стока.

*Норма стока* – среднее значение за многолетний период при неизменных физико-географических условиях и одинаковом уровне хозяйственной деятельности в бассейне реки, включающей несколько (не менее двух) четных замкнутых циклов колебаний водности, при увеличении которых средняя арифметическая величина не меняется или слабо меняется. При наличии данных гидрометрических наблюдений норма стока  $\bar{Q}$  определяется по формуле:

$$\bar{Q} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n}, \quad (1)$$

где  $Q_i$  – годовые значения расходов воды, м<sup>3</sup>/с;  $n$  – число лет гидрометрических наблюдений.

*Расход воды  $Q$*  – количество воды, протекающей в единицу времени через данное живое сечение реки, измеряется в м<sup>3</sup>/с. Расход воды округляют до трех значащих цифр.

Продолжительность рассматриваемого периода считается достаточной, а период репрезентативен (представителен), если средняя квадратическая погрешность расчетного значения гидрологической характеристики не превышает 10 % для годового и сезонного стоков, 20 % – для максимального и минимального стоков.

*Среднеквадратическое отклонение (погрешность)  $\sigma$*  – мера рассеивания (дисперсия) значений гидрометеорологической характеристики от ее среднего значения. Случайные средние квадратические отклонения выборочных средних ( $\sigma_{\bar{Q}}$ ) в процентах определяются с учетом автокорреляции по приближенной зависимости:

$$\sigma_{\bar{Q}} = \frac{C_V}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{1+r(1)}{1-r(1)}} \cdot 100 \%, \quad (2)$$

где  $C_V$  – коэффициент вариации (изменчивости) ряда годовых величин стока, его можно определить методом моментов по формуле

$$C_V = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^2}{n-1}}, \quad (3)$$

где  $k_i$  – модульный коэффициент рассматриваемой гидрологической характеристики, определяемый по формуле

$$k_i = \frac{Q_i}{\bar{Q}}, \quad (4)$$

где  $r(1)$  – коэффициент автокорреляции, находится по формуле

$$r(1) = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} (Q_i - \bar{Q}_1)(Q_{i+1} - \bar{Q}_2)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n-1} (Q_i - \bar{Q}_1)^2 \sum_{i=2}^n (Q_i - \bar{Q}_2)^2}}, \quad (5)$$

где

$$\bar{Q}_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} Q_i}{n-1}, \quad (6)$$

$$\bar{Q}_2 = \frac{\sum_{i=2}^n Q_i}{n-1}. \quad (7)$$

Коэффициент автокорреляции  $r(\tau)$  – характеризует связь ряда гидрологических величин с этим же рядом, сдвинутым на некоторый интервал времени  $\tau$ . Коэффициент автокорреляции позволяет судить о случайности и независимости значений характеристики ряда. Значения  $r(1) \leq 0,2$  считаются несущественными.

Модульные коэффициенты характеризуют водность данного года. Так, годы с модульным коэффициентом, больше единицы, являются многоводными, а годы с модульным коэффициентом меньше единицы – маловодными.

### *Ход выполнения работы*

Определить норму годового стока при наличии данных наблюдений для р. Оресса – с. Андреевка. Исходный ряд наблюдений за годовым стоком приведен в табл. 1.

*Таблица 1*

**Годовые расходы воды р. Оресса – с. Андреевка за 1966–2000 гг., м<sup>3</sup>/с**

Год	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
$Q_i$	19,7	20,3	20,0	16,9	26,5	20,9	13,7	15,7	19,2	23,1	14,7	18,3
Год	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
$Q_i$	20,1	21,5	29,2	23,8	23,0	18,7	8,9	12,5	12,8	11,0	14,3	14,3
Год	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	
$Q_i$	18,3	18,4	11,5	21,0	21,8	13,9	12,3	15,7	30,2	23,6	14,8	

По формуле (1) определяем норму годового стока р. Оресса – с. Андреевка

$$\bar{Q} = \frac{640,6}{35} = 18,3 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Для определения репрезентативности ряда находится средняя квадратическая ошибка по формуле (2). Предварительно вычисляется коэффициент вариации и коэффициент автокорреляции. Расчеты сводим в табл. 2 и 3.

*Таблица 2*

**Определение модульных коэффициентов р. Оресса – с. Андреевка**

Год	$Q_i$ , м <sup>3</sup> /с	$k_i$	$k_i - 1$	$(k_i - 1)^2$
1966	19,7	1,076	0,076	0,006
1967	20,3	1,109	0,109	0,012

Продолжение табл. 2

Год	$Q_i, \text{м}^3/\text{с}$	$k_i$	$k_i - 1$	$(k_i - 1)^2$
1968	20,0	1,093	0,093	0,009
1969	16,9	0,923	-0,077	0,006
1970	26,5	1,448	0,448	0,201
1971	20,9	1,142	0,142	0,020
1972	13,7	0,749	-0,251	0,063
1973	15,7	0,858	-0,142	0,020
1974	19,2	1,049	0,049	0,002
1975	23,1	1,262	0,262	0,069
1976	14,7	0,803	-0,197	0,039
1977	18,3	1,000	0,000	0,000
1978	20,1	1,098	0,098	0,010
1979	21,5	1,175	0,175	0,031
1980	29,2	1,595	0,595	0,355
1981	23,8	1,300	0,300	0,090
1982	23,0	1,257	0,257	0,066
1983	18,7	1,022	0,022	0,000
1984	8,9	0,484	-0,516	0,266
1985	12,5	0,683	-0,317	0,100
1986	12,8	0,699	-0,301	0,090
1987	11,0	0,601	-0,399	0,159
1988	14,3	0,781	-0,219	0,048
1989	14,3	0,781	-0,219	0,048
1990	18,3	1,000	0,000	0,000
1991	18,4	1,005	0,005	0,000
1992	11,5	0,628	-0,372	0,138
1993	21,0	1,147	0,147	0,022
1994	21,8	1,191	0,191	0,037
1995	13,9	0,759	-0,241	0,058

Окончание табл. 2

Год	$Q_i, \text{м}^3/\text{с}$	$k_i$	$k_i - 1$	$(k_i - 1)^2$
1996	12,3	0,672	-0,328	0,108
1997	15,7	0,858	-0,142	0,020
1998	30,2	1,650	0,650	0,423
1999	23,6	1,289	0,289	0,084
2000	14,8	0,809	-0,191	0,037
<i>Сумма</i>	<b>640,6</b>	<b>35</b>	<b>0,0</b>	<b>2,63</b>
<i>Среднее</i>	<b>18,3</b>	—	—	—

Для контроля вычислений необходимо иметь в виду, что сумма модульных коэффициентов за расчетный ряд лет должна быть равна числу лет (в нашем случае  $n = 35$ ), а сумма значений  $(k_i - 1)$  должна равняться нулю.

Таблица 3

Вспомогательная таблица для вычисления коэффициента автокорреляции  
р. Оресса – с. Андреевка

Среднегодовой расход воды				$Q_{i1} - \bar{Q}_1$	$Q_{i2} - \bar{Q}_2$	$(Q_{i1} - \bar{Q}_1) \times$ $\times (Q_{i2} - \bar{Q}_2)$	$(Q_{i1} - \bar{Q}_1)^2$	$(Q_{i2} - \bar{Q}_2)^2$
за 1966– 1999 гг.	$Q_{i1}$	за 1967– 2000 гг.	$Q_{i2}$					
1966	19,7	1967	20,3	1,29	2,04	2,64	1,67	4,15
1967	20,3	1968	20,0	1,89	1,74	3,29	3,59	3,02
1968	20,0	1969	16,9	1,59	-1,36	-2,17	2,54	1,85
1969	16,9	1970	26,5	-1,51	8,24	-12,41	2,27	67,87
1970	26,5	1971	20,9	8,09	2,64	21,35	65,51	6,96
1971	20,9	1972	13,7	2,49	-4,56	-11,38	6,22	20,81
1972	13,7	1973	15,7	-4,71	-2,56	12,06	22,15	6,56
1973	15,7	1974	19,2	-2,71	0,94	-2,54	7,32	0,88
1974	19,2	1975	23,1	0,79	4,84	3,84	0,63	23,41
1975	23,1	1976	14,7	4,69	-3,56	-16,72	22,03	12,69
1976	14,7	1977	18,3	-3,71	0,04	-0,14	13,73	0,00
1977	18,3	1978	20,1	-0,11	1,84	-0,19	0,01	3,38
1978	20,1	1979	21,5	1,69	3,24	5,49	2,87	10,49
1979	21,5	1980	29,2	3,09	10,94	33,84	9,57	119,64

Среднегодовой расход воды				$Q_{i1} - \bar{Q}_1$	$Q_{i2} - \bar{Q}_2$	$\frac{(Q_{i1} - \bar{Q}_1) \times (Q_{i2} - \bar{Q}_2)}{\times(Q_{i2} - \bar{Q}_2)}$	$(Q_{i1} - \bar{Q}_1)^2$	$(Q_{i2} - \bar{Q}_2)^2$
за 1966–1999 гг.	$Q_{i1}$	за 1967–2000 гг.	$Q_{i2}$					
1980	29,2	1981	23,8	10,79	5,54	59,78	116,51	30,67
1981	23,8	1982	23,0	5,39	4,74	25,56	29,10	22,45
1982	23,0	1983	18,7	4,59	0,44	2,01	21,11	0,19
1983	18,7	1984	8,9	0,29	-9,36	-2,75	0,09	87,64
1984	8,9	1985	12,5	-9,51	-5,76	54,77	90,36	33,20
1985	12,5	1986	12,8	-5,91	-5,46	32,26	34,88	29,83
1986	12,8	1987	11,0	-5,61	-7,26	40,71	31,43	52,73
1987	11,0	1988	14,3	-7,41	-3,96	29,34	54,85	15,70
1988	14,3	1989	14,3	-4,11	-3,96	16,27	16,86	15,70
1989	14,3	1990	18,3	-4,11	0,04	-0,16	16,86	0,00
1990	18,3	1991	18,4	-0,11	0,14	-0,01	0,01	0,02
1991	18,4	1992	11,5	-0,01	-6,76	0,04	0,00	45,72
1992	11,5	1993	21,0	-6,91	2,74	-18,91	47,69	7,50
1993	21,0	1994	21,8	2,59	3,54	9,18	6,73	12,52
1994	21,8	1995	13,9	3,39	-4,36	-14,80	11,52	19,02
1995	13,9	1996	12,3	-4,51	-5,96	26,86	20,30	35,54
1996	12,3	1997	15,7	-6,11	-2,56	15,64	37,28	6,56
1997	15,7	1998	30,2	-2,71	11,94	-32,30	7,32	142,52
1998	30,2	1999	23,6	11,79	5,34	62,96	139,10	28,50
1999	23,6	2000	14,8	5,19	-3,46	-17,98	26,98	11,98
<i>Сумма</i>	<b>625,8</b>	–	<b>620,9</b>	–	–	–	–	–
<i>Среднее</i>	<b>18,4</b>	–	<b>18,3</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>325,4</b>	<b>869,1</b>	<b>879,7</b>

Определяется коэффициент автокорреляции по формулам (5)–(7):

$$r(1) = \frac{325,4}{\sqrt{869,1 \cdot 879,7}} = 0,37.$$

По формуле (3) находим коэффициент вариации

$$C_V = \sqrt{\frac{2,63}{35-1}} = 0,28,$$

тогда средняя квадратическая ошибка будет равна

$$\sigma_{\bar{Q}} = \frac{0,28}{\sqrt{35}} \sqrt{\frac{1+0,37}{1-0,37}} \cdot 100 \% = 7,0 \%$$

Полученная ошибка  $\sigma_{\bar{Q}} = 7,0 \% < 10 \%$  меньше допустимой, следовательно, значение нормы стока  $\bar{Q} = 18,3 \text{ м}^3/\text{с}$  определено с допустимой точностью и может употребляться для дальнейшего использования.

## **2. Определение нормы годового стока при недостаточности данных гидрометрических наблюдений**

При недостаточности данных гидрологических наблюдений параметры кривых распределения вероятностей гидрологических характеристик, а также основных элементов расчетного гидрографа необходимо приводить к многолетнему периоду с привлечением данных наблюдений пунктов-аналогов.

Рассматривают гидрологические характеристики в случаях, когда средняя квадратическая погрешность расчетного значения гидрологической характеристики превышает 10 % для годового и сезонного стока, 20 % – для максимального и минимального стоков.

Основные требования при выборе пунктов-аналогов:

- однотипность стока реки-аналога и исследуемой реки;
- географическая близость расположения водосборов;
- площади водосборов не должны различаться более чем в 10 раз, а при проектировании объектов мелиоративного строительства и мелких прудов – более чем в 20 раз;
- однородность условий формирования стока, сходство климатических условий, однотипность почв (грунтов) и гидрогеологических условий, близкая степень озерности, залесенности, заболоченности и распаханности водосборов;
- отсутствие факторов, существенно искажающих естественный речной сток (регулирование стока, сбросы и изъятие воды).

При выборе пункта-аналога основным критерием является наличие синхронности в колебаниях речного стока расчетного створа и створов-

аналогов, которые количественно выражают через коэффициент парной или множественной корреляции между стоком в этих пунктах.

*Коэффициент корреляции*  $R$  – мера связи между рассматриваемыми характеристиками (переменными). Частный коэффициент корреляции меняется в пределах от  $-1$  до  $1$ , чем ближе к единице, тем теснее связь.

Приведение гидрологических рядов и их параметров распределения к многолетнему периоду, как правило, осуществляют аналитическими методами. Для предварительного приведения допускается использовать графические и графоаналитические методы.

При расчете параметров распределения и значений стока за отдельные годы  $Q_i$  с использованием аналитических методов, основанных на регрессионном анализе, должны соблюдаться следующие условия:

$$n' \geq (6-10); R \geq R_{кр}; \frac{R}{\sigma_R} \geq S_{кр}; \frac{B}{\sigma_R} \geq t_{кр}, \quad (8)$$

где  $n'$  – число совместных лет наблюдений в приводимом пункте и пунктах-аналогах ( $n' \geq 6$  при одном аналоге,  $n' \geq 10$  при двух и более аналогах) или число пунктов-аналогов при восстановлении с привлечением кратковременных наблюдений ( $n' \geq 6$ );  $R$  – коэффициент парной или множественной корреляции между значениями стока исследуемой реки и значениями стока в пунктах-аналогах;  $B$  – коэффициент уравнения регрессии;  $\sigma_R$  – средняя квадратическая погрешность коэффициента регрессии;  $R_{кр}$  – критическое значение коэффициента парной или множественной корреляции (обычно задается  $r \geq 0,7$ );  $S_{кр}$ ,  $t_{кр}$  – критические значения отношений  $R/\sigma_R$  и  $B/\sigma_R$  соответственно (обычно задаются  $\geq 2,0$ ).

Если хотя бы один из коэффициентов уравнения регрессии не удовлетворяет условию (8), то это уравнение не используют для приведения к многолетнему периоду.

Приведение параметров кривых распределения ежегодных вероятностей превышения рассматриваемой гидрологической характеристики (расходы воды ( $Q$ ), модуль стока ( $q$ ), уровень воды ( $H$ )) к многолетнему периоду осуществляется в двух вариантах.

1. Средняя многолетняя величина  $\bar{Q}$ , м<sup>3</sup>/с, определяется по формуле

$$\bar{Q}_N = \bar{Q}_n + r \left[ \frac{\sigma_n}{\sigma_{n,a}} \right] (\bar{Q}_{N,a} - \bar{Q}_{n,a}), \quad (9)$$

где  $\bar{Q}_n$ ,  $\bar{Q}_{n,a}$  – среднеарифметические значения гидрологической характеристики для исследуемой реки и реки-аналога, вычисленные за пери-

од совместных наблюдений,  $m^3/c$ ;  $r$  – коэффициент корреляции между гидрологическими характеристиками исследуемой реки и реки-аналога, вычисленные за период совместных наблюдений;  $\bar{Q}_N, \bar{Q}_{N,a}$  – норма стока за  $N$ -летний период соответственно для исследуемой реки и реки-аналога,  $m^3/c$ ;  $\sigma_n, \sigma_{n,a}$  – средние квадратические отклонения гидрологической характеристики за совместный период  $n$  лет соответственно для исследуемой реки и реки-аналога.

Относительную среднюю квадратическую погрешность приведенной к многолетнему периоду нормы стока определяют по формуле

$$\varepsilon_{\bar{Q}_N} = \frac{100\sigma_n}{\bar{Q}_N \sqrt{n}} \sqrt{1 + r^2 \left( \frac{n\sigma_{N,a}^2}{N\sigma_{n,a}^2} - 1 \right)}. \quad (10)$$

Коэффициент вариации  $C_{V,N}$  определяют по формуле

$$C_{V,N} = \frac{\sigma_n}{\bar{Q} \sqrt{1 - r^2 \left[ 1 - \frac{\sigma_{n,a}^2}{\sigma_{N,a}^2} \right]}}, \quad (11)$$

где  $\sigma_{N,a}$  – среднее квадратическое отклонение гидрологической характеристики реки-аналога за  $N$ -летний период.

2. По погодично восстановленным по уравнениям регрессии значениям гидрологической характеристики совместно с данными гидрометрических наблюдений рассчитываются параметры кривых распределения.

Систематическое преуменьшение коэффициента вариации исключается путем дополнительного расчета погодичных величин  $Q'_i$  по формуле

$$Q'_i = \frac{Q_i - \bar{Q}_n}{R} + \bar{Q}_n, \quad (12)$$

где  $Q'_i$  – погодичные значения гидрологических характеристик, рассчитанные по уравнению регрессии;  $\bar{Q}_n$  – среднее значение приводного ряда за совместный с пунктом-аналогом период.

Графический метод приведения к многолетнему периоду допускается применять на начальных стадиях проектирования, а также в тех случаях, когда он единственно возможен для определения среднего многолетнего значения (нормы) стока. Графические зависимости могут быть построены при наличии не менее шести соответственных значений речного стока в расчетном створе и створе-аналоге. Зависимости считают удовлетворительными, если коэффициент корреляции между

стоком в приводимом пункте и пункте-аналоге не менее 0,7. При прямой зависимости норму стока в приводимом пункте определяют непосредственно по норме стока реки-аналога.

### *Ход выполнения работы*

Определить норму годового стока для р. Нача – с. Горовцы. Исходный ряд наблюдений дан в табл. 4.

Таблица 4

**Годовые расходы воды ( $Q_i$ , м<sup>3</sup>/с) р. Нача – с. Горовцы за 1951–1964 гг.,  $A = 212$  км<sup>2</sup>**

Год	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	<...>	1963	1964
$Q_i$	1,84	1,30	1,68	0,73	1,71	1,82	1,36	<...>	1,16	0,90

По формуле (1) определяется норма годового стока

$$\bar{Q} = \frac{Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n} = \frac{19,48}{14} = 1,39 \text{ м}^3/\text{с}.$$

По формуле (2) необходимо рассчитать относительную среднюю квадратическую ошибку, так как длина фактического ряда наблюдений за годовым стоком недостаточна и норма годового стока, рассчитанная по формуле (1), отличается от истинного значения.

При нахождении средней квадратической ошибки требуется определить коэффициент изменчивости ( $C_V$ ). Для более удобного вычисления коэффициента вариации заполняется табл. 5.

Таблица 5

**Определение коэффициента изменчивости на р. Нача – с. Горовцы**

№ п/п	$Q_i$ , м <sup>3</sup> /с	$K_i = Q_i / \bar{Q}$	$K_i - 1$	$(K_i - 1)^2$
1	1,84	1,32	0,32	0,155
2	1,30	0,94	-0,06	0,000
3	1,68	1,21	0,21	0,074
4	0,73	0,53	-0,47	0,200
5	1,71	1,23	0,23	0,087
6	1,82	1,31	0,31	0,143
7	1,36	0,98	-0,02	0,001

№ п/п	$Q_i, \text{ м}^3/\text{с}$	$K_i = Q_i / \bar{Q}$	$K_i - 1$	$(K_i - 1)^2$
8	1,79	1,29	0,29	0,127
9	1,00	0,72	-0,28	0,059
10	0,62	0,45	-0,55	0,281
11	0,94	0,68	-0,32	0,083
12	2,63	1,89	0,89	0,985
13	1,16	0,83	-0,17	0,015
14	0,90	0,65	-0,35	0,101
<i>Сумма</i>	<b>19,48</b>	<b>14,0</b>	<b>0,0</b>	<b>2,312</b>
<i>Среднее</i>	<b>1,39</b>	—	—	—

По формуле (3) определяется коэффициент изменчивости, а по формуле (5) коэффициент автокорреляции  $r(1) = -0,16$ :

$$C_V = \sqrt{\frac{2,312}{14-1}} = 0,42.$$

Средняя квадратическая ошибка

$$\sigma_{\bar{Q}} = \frac{0,42}{\sqrt{14}} \sqrt{\frac{1+(-0,16)}{1-(-0,16)}} \cdot 100 \% = 13,2 \%$$

Полученная ошибка  $\sigma_{\bar{Q}} = 13,2 \% > 10 \%$  больше допустимой, следовательно, значение нормы стока  $\bar{Q} = 1,39 \text{ м}^3/\text{с}$  определено с ошибкой, превышающей допустимую и не может употребляться для дальнейших расчетов.

В результате анализа рек, имеющих достаточную длину ряда для определения нормы стока, за реку-аналог принимается р. Западная Двина – г. Полоцк, с числом лет совместных наблюдений  $n = 14$  лет и коэффициентом корреляции с исследуемой рекой  $r = 0,79$ . Ряд наблюдений по реке-аналогу приведен в табл. 6.

Таблица 6

Годовые расходы воды ( $Q_i$ ) р. Западная Двина – г. Полоцк  
за 1947–1981 гг.

Год	1947	1948	1949	1950	1951	<...>	1979	1980	1981
$Q_i, \text{ м}^3/\text{с}$	323	279	256	332	265	<...>	259	305	305

Для продления короткого ряда наблюдений по исследуемой реке при аналитическом методе подсчитывается коэффициент корреляции и параметры уравнения регрессии (табл. 7). Используется два метода продления: аналитический (по уравнению регрессии) и графический (по графику связи).

Таблица 7

**Определение коэффициента корреляции и параметров уравнения регрессии**

Год	Расходы воды, м <sup>3</sup> /с		$\Delta y = y_i - \bar{y}$	$\Delta x = x_i - \bar{x}$	$\Delta y^2$	$\Delta x^2$	$\Delta y \cdot \Delta x$
	$Q(y)$	$Q_a(x)$					
1	2	3	4	5	6	7	8
1951	1,84	265	0,45	-60	0,20	3626	-27,01
1952	1,30	313	-0,09	-12	0,01	149	1,12
1953	1,68	448	0,29	123	0,08	15076	35,43
1954	0,73	237	-0,66	-88	0,44	7782	58,35
1955	1,71	342	0,32	17	0,10	282	5,35
1956	1,82	387	0,43	62	0,18	3817	26,48
1957	1,36	400	-0,03	75	0,00	5593	-2,35
1958	1,79	445	0,40	120	0,16	14349	47,74
1959	1,00	283	-0,39	-42	0,15	1782	16,52
1960	0,62	239	-0,77	-86	0,60	7433	66,51
1961	0,94	297	-0,45	-28	0,20	796	12,74
1962	2,63	501	1,24	176	1,53	30901	217,72
1963	1,16	209	-0,23	-116	0,05	13506	26,90
1964	0,90	187	-0,49	-138	0,24	19103	67,92
<b>Сумма</b>	<b>19,48</b>	<b>4553</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>3,96</b>	<b>124194</b>	<b>553,42</b>
<i>Среднее</i>	<b>1,39</b>	<b>325</b>	-	-	-	-	-

Определяются среднеквадратические отклонения рядов:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{124194}{14-1}} = 97,74; \quad (13)$$

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{3,96}{14-1}} = 0,55. \quad (14)$$

Коэффициент корреляции

$$R = \frac{\sum[(y_i - \bar{y})(x_i - \bar{x})]}{\sqrt{\sum \Delta x^2 \cdot \sum \Delta y^2}} = \frac{553,42}{\sqrt{124\,194 \cdot 3,96}} = 0,79. \quad (15)$$

Вероятная ошибка коэффициента корреляции

$$E_P = \pm 0,674 \cdot \frac{1 - R^2}{\sqrt{n}} = \pm 0,674 \cdot \frac{1 - 0,79^2}{\sqrt{14}} = \pm 0,100. \quad (16)$$

Наиболее вероятное значение коэффициента корреляции

$$R = 0,79 \pm 0,1000.$$

Норму годового стока р. Нача – с. Горовцы определяют по формуле (9)

$$\bar{Q}_N = 1,39 + 0,79 \cdot \frac{0,55}{97,74} \cdot (293 - 325) = 1,25 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Относительная средняя квадратическая погрешность приведенной к многолетнему периоду нормы стока определяются по формуле (10)

$$\varepsilon_{\bar{Q}_N} = \frac{100 \cdot 0,55}{1,25 \cdot \sqrt{14}} \sqrt{1 + 0,79^2 \cdot \left( \frac{14 \cdot 75,5^2}{35 \cdot 97,7^2} - 1 \right)} = 8,5 \%.$$

Коэффициент вариации  $C_{V,N}$  определяют по формуле (11)

$$C_{V,N} = \frac{0,55}{1,25 \cdot \sqrt{1 - 0,79^2 \cdot \left[ 1 - \frac{97,7^2}{75,5^2} \right]}} = 0,37.$$

Для погодичного восстановления составляется уравнение регрессии. Коэффициент регрессии, представляющий тангенс угла наклона линии связи к оси абсцисс, определяется по формуле:

$$K_{y/x} = R \frac{\sigma_y}{\sigma_x} = 0,79 \cdot \frac{0,55}{97,74} = 0,0044. \quad (17)$$

Уравнение прямой регрессии

$$Q - \bar{Q} = K_{y/x} (Q_a - \bar{Q}_a);$$

$$Q - 1,39 = 0,0044 \cdot (Q_a - 325);$$

$$Q = 0,0044 \cdot Q_a - 0,04. \quad (18)$$

Для проверки правильности расчета строится линия по уравнению прямой регрессии (18) (рис. 1).

При продлении ряда графическим методом строится график связи (см. табл. 6) расходов исследуемой реки с расходами реки-аналога (см. рис. 1).

Приведение исходного ряда к длительному периоду наблюдения осуществляется по двум методам: графическому – значения расходов воды снимаются по графику, с использованием расходов реки-аналога; аналитическому – значения расходов воды определяются по уравнению прямой регрессии, с использованием расходов реки-аналога. Результаты сводятся в табл. 8. При этом в графы 3 и 4 табл. 7 переписываются наблюдаемые значения, а восстановленные значения расходов, по двум методам, берутся в скобки.

Систематическое преуменьшение коэффициента вариации исключается путем дополнительного расчета погодичных величин  $Q'_i$  по формуле (12). Например, для восстановленного значения за 1947 г. имеем:  $Q'_i = (1,38 - 1,25) / 0,79 + 1,25 = 1,42 \text{ м}^3/\text{с}$ .

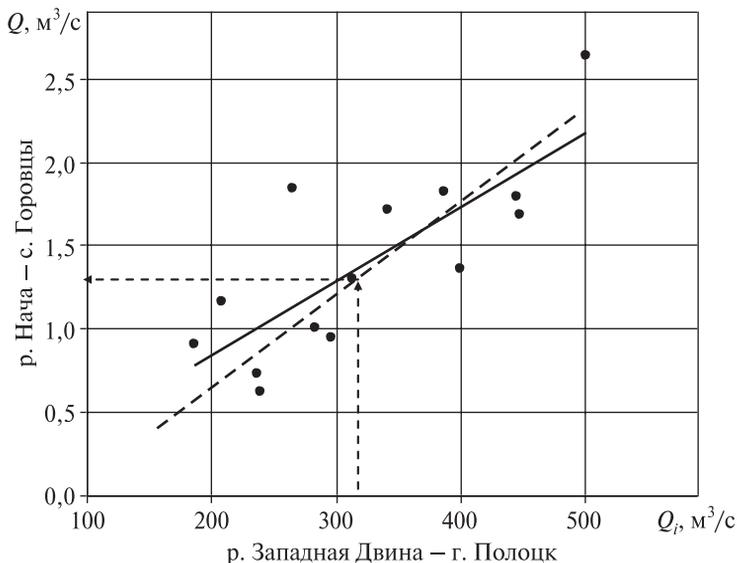


Рис. 1. Графики связи средних годовых расходов воды р. Западная Двина – г. Полоцк и р. Нача – с. Горовцы: — — — графический метод; — — — аналитический метод

Таблица 8

**Восстановленные и наблюдаемые расходы воды  
р. Нача – с. Горовцы, м<sup>3</sup>/с**

Год	$Q_a$	$Q$ (по графику)	$Q$ (по уравнению)	$Q$ (принятые к расчету)
1	2	3	4	5
1947	323	(1,37)	(1,38)	(1,42)
1948	279	(1,17)	(1,19)	(1,17)
1949	256	(1,07)	(1,09)	(1,04)
1950	332	(1,41)	(1,42)	(1,47)
1951	265	1,84	1,84	1,84
1952	313	1,30	1,30	1,30
1953	448	1,68	1,68	1,68
1954	237	0,73	0,73	0,73
1955	342	1,71	1,71	1,71
1956	387	1,82	1,82	1,82
1957	400	1,36	1,36	1,36
1958	445	1,79	1,79	1,79
1959	283	1,00	1,00	1,00
1960	239	0,62	0,62	0,62
1961	297	0,94	0,94	0,94
1962	501	2,63	2,63	2,63
1963	209	1,16	1,16	1,16
1964	187	0,90	0,90	0,90
1965	253	(1,05)	(1,07)	(1,03)
1966	307	(1,30)	(1,31)	(1,33)
1967	227	(0,94)	(0,96)	(0,88)
1968	273	(1,15)	(1,16)	(1,14)
1969	196	(0,80)	(0,82)	(0,71)
1970	315	(1,34)	(1,35)	(1,37)
1971	257	(1,05)	(1,09)	(1,05)
1972	217	(0,89)	(0,91)	(0,83)

Год	$Q_a$	$Q$ (по графику)	$Q$ (по уравнению)	$Q$ (принятые к расчету)
1	2	3	4	5
1973	210	(0,86)	(0,88)	(0,79)
1974	234	(0,97)	(0,99)	(0,92)
1975	286	(1,21)	(1,22)	(1,21)
1976	212	(0,87)	(0,89)	(0,80)
1977	279	(1,17)	(1,19)	(1,17)
1978	387	(1,69)	(1,66)	(1,77)
1979	258	(1,08)	(1,10)	(1,05)
1980	305	(1,29)	(1,30)	(1,32)
1981	305	(1,29)	(1,30)	(1,32)
<i>Среднее</i>	<b>293</b>	<b>1,24</b>	<b>1,25</b>	<b>1,24</b>

Для дальнейших расчетов принимается гидрологический ряд расходов из графы 5 табл. 8. Норма стока при этом составит  $\bar{Q} = 1,24 \text{ м}^3/\text{с}$ . Средняя квадратическая ошибка  $\delta_{\bar{Q}} = 5,8 \%$ . Коэффициент вариации  $C_V = 0,34$  и автокорреляции  $r(1) = 0,02$ .

Таким образом, норма стока с учетом продления ряда р. Нача – с. Горовцы равна  $\bar{Q} = 1,24 \pm 0,07 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Полученные величины нормы стока р. Нача – с. Горовцы различными методами близки между собой, следовательно, рассчитанная величина отражает реальную картину.

### **3. Определение статистических параметров вариационного стокового ряда и годовых расходов воды расчетной обеспеченности**

При наличии длительных данных гидрометрических наблюдений предусматривают следующие методы определения коэффициентов: метод моментов, метод наибольшего правдоподобия и графоаналитический метод (метод квантилей Алексева).

Для определения годового стока различной обеспеченности используются кривые распределения или обеспеченности. В общем случае, если рассматривать изменяющийся (вариационный) стоковый ряд, вид кривой обеспеченности зависит от средней арифметической вели-

чины ряда (нормы стока), коэффициента вариации  $C_V$  и коэффициента асимметрии  $C_S$ .

*Коэффициент вариации (изменчивости)* – безразмерный статистический параметр, характеризующий изменчивость гидрометеорологической величины относительно ее среднего значения.

*Коэффициент асимметрии* – безразмерный статистический параметр, характеризующий степень несимметричности распределения ряда рассматриваемой гидрометеорологической величины относительно ее среднего значения.

Расчетные коэффициенты вариации  $C_V$  и асимметрии  $C_S$  для биномиального распределения методом моментов определяется по формулам:

$$C_V = \left( a_1 + \frac{a_2}{n} \right) + \left( a_3 + \frac{a_4}{n} \right) \cdot \tilde{C}_V + \left( a_5 + \frac{a_6}{n} \right) \cdot \tilde{C}_V^2, \quad (19)$$

$$C_S = \left( b_1 + \frac{b_2}{n} \right) + \left( b_3 + \frac{b_4}{n} \right) \cdot \tilde{C}_S + \left( b_5 + \frac{b_6}{n} \right) \cdot \tilde{C}_S^2, \quad (20)$$

где  $a_1, \dots, a_6; b_1, \dots, b_6$  – коэффициенты, определяемые по табл. П1 и П2, в зависимости от соотношения  $\tilde{C}_S/\tilde{C}_V$  и коэффициента автокорреляции между смежными числами ряда;  $\tilde{C}_V, \tilde{C}_S$  – соответственно смещенные коэффициенты вариации и асимметрии, определяемые по формулам:

$$\tilde{C}_V = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^2}{n-1}}, \quad (21)$$

$$\tilde{C}_S = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n (k_i - 1)^3}{C_V^3 (n-1)(n-2)}. \quad (22)$$

При  $C_V < 0,6$  и  $C_S < 1,0$  коэффициенты вариации и асимметрии допускается определять по формулам (19) и (20) без введения поправок.

Среднеквадратическая ошибка коэффициента вариации находится по формуле:

$$\sigma_{C_V} = \frac{C_V}{n + 4C_V^2} \sqrt{\frac{n(1 + C_V^2)}{2}} \left( 1 + \frac{3C_V r(1)^2}{1 + r(1)} \right) 100 \%. \quad (23)$$

Для определения коэффициентов вариации и асимметрии методом наибольшего правдоподобия сначала вычисляют статистику  $\lambda_2$  и  $\lambda_3$ . Рас-

четные коэффициенты вариации и асимметрии определяются в зависимости от статистик  $\lambda_2$  и  $\lambda_3$  по формулам:

$$\lambda_2 = \frac{\sum_{i=1}^n \lg k_i}{n-1}, \quad (24)$$

$$\lambda_3 = \frac{\sum_{i=1}^n k_i \lg k_i}{n-1}. \quad (25)$$

Значения  $C_V$  и  $C_S$  определяют по специальным номограммам (рис. П1–П7) в зависимости от статистик  $\lambda_2$  и  $\lambda_3$ .

Для построения эмпирических кривых обеспеченности необходимо определить обеспеченность каждого члена стокового ряда.

*Ежегодная вероятность превышения (обеспеченность) расхода воды* ( $P$ , %) – это вероятность появления расхода, равного или превышающего заданное значение. Чем больше вероятность превышения, тем меньше значение гидрометеорологической характеристики, и наоборот. Для определения эмпирических обеспеченностей применяется формула

$$P = \frac{m}{n+1} \cdot 100 \%, \quad (26)$$

где  $m$  – порядковый номер убывающего ряда;  $n$  – число членов ряда.

От обеспеченности можно перейти к *вероятной повторяемости в годах* ( $N$ ) расхода, равного или превышающего заданный, используя следующие формулы:

при  $P \leq 50 \%$

$$N = \frac{100}{P}; \quad (27)$$

при  $P \geq 50 \%$

$$N = \frac{100}{1-P}. \quad (28)$$

Если, пользуясь формулой (26), вычислить обеспеченность всех членов данного ряда, расположенного в убывающем порядке, можно по полученным значениям обеспеченности и отвечающим им значениям расходов воды построить эмпирическую кривую обеспеченности. Однако из-за отсутствия длительных рядов наблюдений такая кривая не позволяет определить расходы воды редкой повторяемости (в 100, 500, 1000 лет). Эмпирическую кривую необходимо экстраполировать. Для этой цели используются теоретические кривые распределения (трехпа-

раметрическое гамма-распределение и распределение Пирсона III типа), для построения которых необходимо вычислить коэффициент вариации  $C_V$  и асимметрии  $C_S$  и рассчитать ординаты теоретических кривых.

### *Ход выполнения работы*

Определить годовой расход воды р. Оресса – с. Андреевка 97 % обеспеченности. Исходный ряд наблюдений за годовым стоком приведен в табл. 9.

*Таблица 9*

**Годовые расходы воды р. Оресса – с. Андреевка за 1966–2009 гг.**

Год	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976
$Q_i, \text{ м}^3/\text{с}$	19,7	20,3	20,0	16,9	26,5	20,9	13,7	15,7	19,2	23,1	14,7
Год	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
$Q_i, \text{ м}^3/\text{с}$	18,3	20,1	21,5	29,2	23,8	23,0	18,7	8,9	12,5	12,8	11,0
Год	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
$Q_i, \text{ м}^3/\text{с}$	14,3	14,3	18,3	18,4	11,5	21,0	21,8	13,9	12,3	15,7	30,2
Год	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
$Q_i, \text{ м}^3/\text{с}$	23,6	14,8	18,3	14,9	12,9	20,5	23,4	16,0	14,8	15,2	17,1

1. *Метод наибольшего правдоподобия.* Заключается в том, что в качестве оценки для неизвестного параметра принимают такое его значение, при котором функция правдоподобия (произведение вероятностей наблюдаемых величин) достигает наибольшего возможного значения. Применяется при любой изменчивости стока.

Значения годовых расходов воды ( $Q_i$ ) располагаются в убывающем порядке, определяется эмпирическая ежегодная вероятность превышения по формуле (26). Рассчитываются модульные коэффициенты ( $k_i$ ) по формуле (4), а также  $\lg k_i$  и произведение  $k_i \cdot \lg k_i$ . Расчет ведется в табличной форме (табл. 10).

*Таблица 10*

**Параметры кривой распределения годовых расходов воды, рассчитанные методом наибольшего правдоподобия р. Оресса – с. Андреевка**

Год	$Q_i, \text{ м}^3/\text{с}$	$Q_{i \text{ убыв}}, \text{ м}^3/\text{с}$	$P, \%$	$k_i$	$\lg k_i$	$k_i \cdot \lg k_i$
1	2	3	4	5	6	7
1966	19,7	30,2	2,2	1,68	0,225	0,377
1967	20,3	29,2	4,4	1,62	0,210	0,341

Продолжение табл. 10

Год	$Q_i$ , м <sup>3</sup> /с	$Q_{i\text{убыт}}$ , м <sup>3</sup> /с	$P$ , %	$k_i$	$\lg k_i$	$k_i \cdot \lg k_i$
1	2	3	4	5	6	7
1968	20,0	26,5	6,7	1,47	0,168	0,247
1969	16,9	23,8	8,9	1,32	0,121	0,160
1970	26,5	23,6	11,1	1,31	0,118	0,154
1971	20,9	23,4	13,3	1,30	0,114	0,148
1972	13,7	23,1	15,6	1,28	0,108	0,139
1973	15,7	23,0	17,8	1,28	0,106	0,136
1974	19,2	21,8	20,0	1,21	0,083	0,101
1975	23,1	21,5	22,2	1,19	0,077	0,092
1976	14,7	21,0	24,4	1,17	0,067	0,078
1977	18,3	20,9	26,7	1,16	0,065	0,075
1978	20,1	20,5	28,9	1,14	0,056	0,064
1979	21,5	20,3	31,1	1,13	0,052	0,059
1980	29,2	20,1	33,3	1,12	0,048	0,054
1981	23,8	20,0	35,6	1,11	0,046	0,051
1982	23,0	19,7	37,8	1,09	0,039	0,043
1983	18,7	19,2	40,0	1,07	0,028	0,030
1984	8,9	18,7	42,2	1,04	0,017	0,017
1985	12,5	18,4	44,4	1,02	0,010	0,010
1986	12,8	18,3	46,7	1,02	0,007	0,007
1987	11,0	18,3	48,9	1,02	0,007	0,007
1988	14,3	18,3	51,1	1,02	0,007	0,007
1989	14,3	17,1	53,3	0,95	-0,022	-0,021
1990	18,3	16,9	55,6	0,94	-0,027	-0,026
1991	18,4	16,0	57,8	0,89	-0,051	-0,045
1992	11,5	15,7	60,0	0,87	-0,059	-0,052
1993	21,0	15,7	62,2	0,87	-0,059	-0,052
1994	21,8	15,2	64,4	0,84	-0,073	-0,062

Год	$Q_i$ , м <sup>3</sup> /с	$Q_{i \text{ убыт}}$ , м <sup>3</sup> /с	$P$ , %	$k_i$	$\lg k_i$	$k_i \cdot \lg k_i$
1	2	3	4	5	6	7
1995	13,9	14,9	66,7	0,83	-0,082	-0,068
1996	12,3	14,8	68,9	0,82	-0,085	-0,070
1997	15,7	14,8	71,1	0,82	-0,085	-0,070
1998	30,2	14,7	73,3	0,82	-0,088	-0,072
1999	23,6	14,3	75,6	0,79	-0,100	-0,079
2000	14,8	14,3	77,8	0,79	-0,100	-0,079
2001	18,3	13,9	80,0	0,77	-0,112	-0,087
2002	14,9	13,7	82,2	0,76	-0,119	-0,090
2003	12,9	12,9	84,4	0,72	-0,145	-0,104
2004	20,5	12,8	86,7	0,71	-0,148	-0,105
2005	23,4	12,5	88,9	0,69	-0,158	-0,110
2006	16,0	12,3	91,1	0,68	-0,165	-0,113
2007	14,8	11,5	93,3	0,64	-0,195	-0,124
2008	15,2	11,0	95,6	0,61	-0,214	-0,131
2009	17,1	8,9	97,8	0,49	-0,308	-0,152
<i>Сумма</i>	<b>793,7</b>	–	–	<b>44,09</b>	<b>-0,617</b>	<b>0,687</b>
<i>Среднее</i>	<b>18,0</b>	–	–	–	–	–

Расчетный коэффициент вариации и коэффициент асимметрии определяется в зависимости от статистик  $\lambda_2$  и  $\lambda_3$ , которые определяются по формулам (24–25):

$$\lambda_2 = \frac{-0,617}{44-1} = -0,014; \lambda_3 = \frac{0,678}{44-1} = 0,016.$$

Используя номограмму рис. П2, определяем  $C_V = 0,27$ , при  $C_S = 3,0 \cdot C_V$ . Далее по этим параметрам определяем модульные коэффициенты для трехпараметрического гамма-распределения по табл. П3. Результаты заносим в табл. 11 и, используя  $\bar{Q} = 18,0$  м<sup>3</sup>/с, определяем ординаты аналитической кривой по формуле:

$$Q_p = k_p \bar{Q}, \quad (29)$$

где  $k_p$  – модульный коэффициент различной обеспеченности.

**Ординаты аналитической кривой  
трехпараметрического гамма-распределения  
годовых расходов р. Оресса – с. Андреевка**

$P, \%$	0,01	0,1	1	5	10	25	50	75	95	99	99,9
$k_p$	2,156	1,861	1,583	1,367	1,267	1,122	0,978	0,856	0,711	0,622	0,543
$Q_p$	38,8	33,5	28,5	24,6	22,8	20,2	17,6	15,4	12,8	11,2	9,77

Определяем среднеквадратические ошибки нормы годового стока и коэффициента вариации с учетом автокорреляции ( $r(1) = 0,36$ ) по формулам (2) и (23):

$$\sigma_{\bar{Q}} = \frac{0,27}{\sqrt{44}} \sqrt{\frac{1+0,36}{1-0,36}} \cdot 100 \% = 5,9 \%;$$

$$\sigma_{C_V} = \frac{0,27}{44 + 4 \cdot 0,27^2} \sqrt{\frac{44 \cdot (1 + 0,27^2)}{2}} \left( 1 + \frac{3 \cdot 0,27 \cdot 0,36^2}{1 + 0,36} \right) \cdot 100 \% = 3,1 \%.$$

Полученные среднеквадратические ошибки нормы стока и коэффициента корреляции не превышают допустимых значений  $5,9 \% < 10 \%$  и  $3,1 \% < 10 \%$ .

**2. Метод моментов.** В основе выравнивания эмпирических кривых распределения, которое заключается в том, что эмпирическая кривая заменяется такой теоретической кривой, моменты площади которой равны моментам площади эмпирической кривой. Из этого следует, что среднее арифметическое значение переменной или первый момент эмпирической кривой приравнивается к первому моменту математической кривой. Среднеквадратическое отклонение, или коэффициент вариации, представляющий собой второй момент эмпирической кривой, приравнивается ко второму моменту математической кривой. Коэффициент асимметрии, или третий момент эмпирической кривой, приравнивается к третьему моменту математической кривой. Эти положения составляют сущность метода моментов, на основе которого выполняется выравнивание эмпирических кривых распределения с помощью аналитических кривых распределения. Обычно применяется в случае, если изменчивость годового стока невелика и характеризуется коэффициентами вариации  $C_V \leq 0,50$ .

Расчет статистических параметров кривой распределения годовых расходов воды приведен в табл. 12.

Таблица 12

**Параметры кривой распределения годовых расходов воды,  
рассчитанные методом моментов р. Оресса – с. Андреевка**

Год	$Q_i, \text{м}^3/\text{с}$	$Q_{i\text{убыв}}, \text{м}^3/\text{с}$	$P, \%$	$k_i$	$k_i - 1$	$(k_i - 1)^2$	$(k_i - 1)^3$
1966	19,7	30,2	2,2	1,68	0,68	0,459	0,311
1967	20,3	29,2	4,4	1,62	0,62	0,387	0,241
1968	20,0	26,5	6,7	1,47	0,47	0,223	0,105
1969	16,9	23,8	8,9	1,32	0,32	0,104	0,033
1970	26,5	23,6	11,1	1,31	0,31	0,097	0,030
1971	20,9	23,4	13,3	1,30	0,30	0,090	0,027
1972	13,7	23,1	15,6	1,28	0,28	0,080	0,023
1973	15,7	23,0	17,8	1,28	0,28	0,077	0,021
1974	19,2	21,8	20,0	1,21	0,21	0,045	0,009
1975	23,1	21,5	22,2	1,19	0,19	0,038	0,007
1976	14,7	21,0	24,4	1,17	0,17	0,028	0,005
1977	18,3	20,9	26,7	1,16	0,16	0,026	0,004
1978	20,1	20,5	28,9	1,14	0,14	0,019	0,003
1979	21,5	20,3	31,1	1,13	0,13	0,016	0,002
1980	29,2	20,1	33,3	1,12	0,12	0,014	0,002
1981	23,8	20,0	35,6	1,11	0,11	0,012	0,001
1982	23,0	19,7	37,8	1,09	0,09	0,009	0,001
1983	18,7	19,2	40,0	1,07	0,07	0,004	0,000
1984	8,9	18,7	42,2	1,04	0,04	0,002	0,000
1985	12,5	18,4	44,4	1,02	0,02	0,000	0,000
1986	12,8	18,3	46,7	1,02	0,02	0,000	0,000
1987	11,0	18,3	48,9	1,02	0,02	0,000	0,000
1988	14,3	18,3	51,1	1,02	0,02	0,000	0,000
1989	14,3	17,1	53,3	0,95	-0,05	0,002	0,000
1990	18,3	16,9	55,6	0,94	-0,06	0,004	0,000
1991	18,4	16,0	57,8	0,89	-0,11	0,012	-0,001
1992	11,5	15,7	60,0	0,87	-0,13	0,016	-0,002

Год	$Q_i$ , м <sup>3</sup> /с	$Q_{i\text{убыв}}$ , м <sup>3</sup> /с	$P$ , %	$k_i$	$k_i - 1$	$(k_i - 1)^2$	$(k_i - 1)^3$
1993	21,0	15,7	62,2	0,87	-0,13	0,016	-0,002
1994	21,8	15,2	64,4	0,84	-0,16	0,024	-0,004
1995	13,9	14,9	66,7	0,83	-0,17	0,030	-0,005
1996	12,3	14,8	68,9	0,82	-0,18	0,032	-0,006
1997	15,7	14,8	71,1	0,82	-0,18	0,032	-0,006
1998	30,2	14,7	73,3	0,82	-0,18	0,034	-0,006
1999	23,6	14,3	75,6	0,79	-0,21	0,042	-0,009
2000	14,8	14,3	77,8	0,79	-0,21	0,042	-0,009
2001	18,3	13,9	80,0	0,77	-0,23	0,052	-0,012
2002	14,9	13,7	82,2	0,76	-0,24	0,057	-0,014
2003	12,9	12,9	84,4	0,72	-0,28	0,080	-0,023
2004	20,5	12,8	86,7	0,71	-0,29	0,083	-0,024
2005	23,4	12,5	88,9	0,69	-0,31	0,093	-0,029
2006	16,0	12,3	91,1	0,68	-0,32	0,100	-0,032
2007	14,8	11,5	93,3	0,64	-0,36	0,130	-0,047
2008	15,2	11,0	95,6	0,61	-0,39	0,151	-0,059
2009	17,1	8,9	97,8	0,49	-0,51	0,258	-0,131
<i>Сумма</i>	<b>793,7</b>	<b>793,7</b>	—	<b>44,0</b>	<b>0,092</b>	<b>3,024</b>	<b>0,408</b>
<i>Среднее</i>	<b>18,0</b>	<b>18,0</b>	—	—	—	—	—

По полученным значениям вычисляем смещенные коэффициенты вариации и асимметрии по формулам 3 и 4:

$$\tilde{C}_V = \sqrt{\frac{3,024}{44-1}} = 0,27, \quad \tilde{C}_S = \frac{44 \cdot 0,408}{0,27^3 \cdot (44-1)(44-2)} = 0,51,$$

так как  $C_V < 0,6$  и  $C_S < 1,0$ , коэффициенты вариации и асимметрии принимаем без введения поправок.

$$\frac{\tilde{C}_S}{\tilde{C}_V} = \frac{0,51}{0,27} = 1,9.$$

Полученное соотношение близко к 2,0, поэтому принимается  $\tilde{C}_S/\tilde{C}_V = 2,0$  для дальнейших расчетов. Определяются среднеквадра-

тические ошибки нормы годового стока и коэффициента вариации, так как коэффициент вариации в обоих методах получился равным  $C_V = 0,27$ , то и соответствующие ошибки будут одинаковыми, а именно  $\sigma_{\bar{Q}} = 5,9\%$ ,  $\sigma_{C_V} = 3,1\%$ .

Полученная ошибка нормы стока не превышает допустимого значения  $5,9\% < 10\%$ , следовательно, продолжительность рассматриваемого периода достаточна.

По принятым параметрам  $C_S = 0,51$  и норме стока вычисляем ординаты биномиальной кривой распределения (табл. 13). Число Фостера ( $\Phi_p$ ) определяем по табл. П4. Модульный коэффициент рассчитываем по формуле:

$$k_p = \Phi_p C_V + 1, \quad (30)$$

где  $\Phi_p$  – нормированное отклонение ординаты кривой обеспеченности.

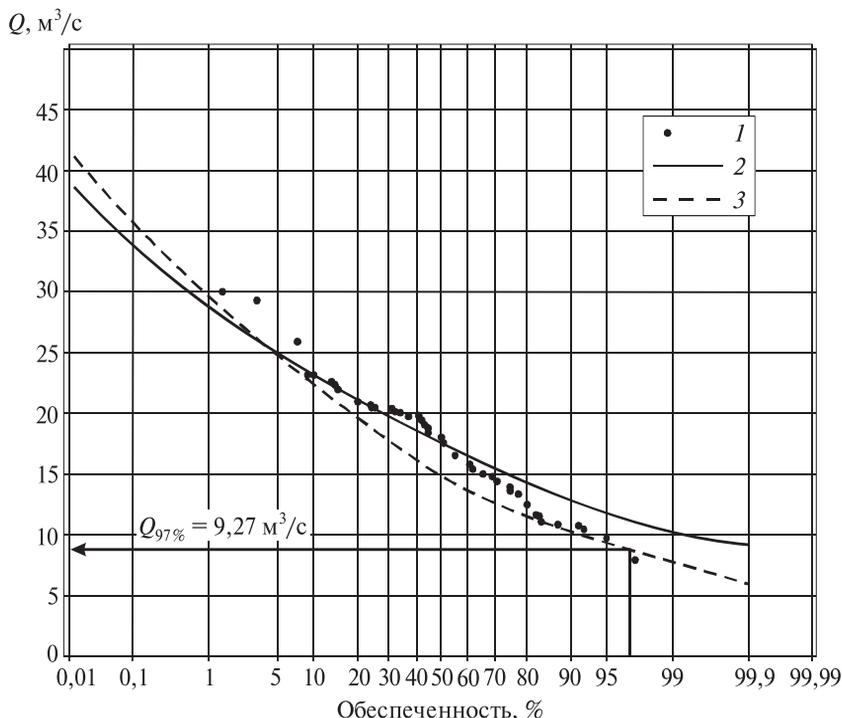


Рис. 2. Кривые распределения годовых расходов р. Оресса – с. Андреевка:  
 1 – эмпирические точки; 2 – трехпараметрическое гамма-распределение;  
 3 – биномиальное распределение

**Ординаты аналитической кривой биномиального распределения годовых расходов р. Оресса – с. Андреевка (для метода моментов)**

$P, \%$	0,01	0,1	1	5	10	25	50	75	95	99	99,9
$\Phi_p$	4,85	3,83	2,69	1,78	1,33	-0,09	-0,72	-1,48	-1,65	-1,95	-2,39
$k_p$	2,31	2,03	1,73	1,48	1,36	0,98	0,81	0,60	0,55	0,47	0,35
$Q_p$	41,6	36,6	31,1	26,6	24,4	17,6	14,5	10,8	10,0	8,54	6,38

По полученным данным на клетчатке вероятности строятся аналитические кривые трехпараметрического гамма-распределения (см. табл. 11) и биномиального распределения (см. табл. 13), наносятся эмпирические точки (см. табл. 10, графа 3, 4) годовых расходов воды р. Оресса – с. Андреевка.

Анализируя рис. 2, делаем вывод, что наибольшее соответствие эмпирическим точкам наблюдается у кривой биномиального распределения, по которой снимаем искомое значение годового стока заданной обеспеченности  $Q_{97\%} = 9,27 \text{ м}^3/\text{с}$ .

#### **4. Расчет внутригодового распределения стока**

В практике гидрологических расчетов часто возникает необходимость определения не только годового стока, но и его внутригодового распределения. Внутригодовое распределение стока (ВРС) в зависимости от задач водохозяйственного проектирования может быть представлено в виде хронологического изменения расходов по месяцам или сезонам или в порядке убывания расходов воды.

Расчеты ВРС рек производят по водохозяйственным годам, начинающимся с первого месяца многоводного сезона. В отдельных случаях возможно выполнение ВРС для гидрологических лет, начинающихся с первого месяца периода накопления влаги, или для календарных лет.

В зависимости от типа водного режима реки и преобладающего вида использования стока реки водохозяйственный год делят на два различающихся по длительности периода: лимитирующий и нелимитирующий, а лимитирующий период, соответственно, – на два сезона: лимитирующий и нелимитирующий.

Границы сезонов назначают едиными для всех лет, с округлением до месяца.

Расчетное внутригодовое распределение месячного (в отдельных случаях – и декадного) стока определяют для водохозяйственного года расчетной вероятности превышения  $P_{\text{расч}}$ , соответствующей заданной проектной обеспеченности гарантированной отдачи.

При периоде наблюдений  $n$  от 15 до 30 лет выделяют три группы лет: многоводные годы ( $P < 33,3 \%$ ), средние по водности годы ( $33,3 \% \leq P \leq 66,7 \%$ ) и маловодные годы ( $P > 66,7 \%$ ). При продолжительности наблюдений более 30 лет выделяют пять групп: очень многоводные годы ( $P < 16,7 \%$ ), многоводные годы ( $16,7 \% \leq P < 33,3 \%$ ), средние по водности годы ( $33,3 \% \leq P \leq 66,7 \%$ ), маловодные годы ( $66,7 \% < P \leq 83,3 \%$ ) и очень маловодные годы ( $P > 83,3 \%$ ).

Во всех методах расчета по значениям стока за отдельные водохозяйственные годы (а в методах компоновки и реального года – и за расчетные внутригодовые интервалы времени: лимитирующий период, лимитирующий сезон, нелимитирующий сезон, лимитирующий месяц и др.) определяют расчетные квантили. Стандартными квантилями кривых распределения вероятностей стока являются следующие: для многоводных лет, периодов, сезонов и месяцев – 1, 3, 5, 10 и 25 %; для маловодных лет, периодов, сезонов и месяцев – 75, 90, 95, 97 и 99 %; для средних по водности лет – 50 %.

ВРС при расчете по методу компоновки определяется из условий равенства вероятностей превышения стока за водохозяйственный год, стока за лимитирующий период, внутри него – за лимитирующий сезон и лимитирующий месяц по соответствующим аналитическим кривым распределения стока.

Значения стока сезона, не входящего в лимитирующий период, определяются по разности между стоком за год и стоком за этот период, а значения стока за нелимитирующий сезон, входящий в лимитирующий период, – по разности стока этого периода и сезона.

Расчетные месячные значения стока определяют как произведения их относительных значений (долей от сезонного) на расчетное значение стока соответствующего сезона заданной вероятности превышения. Эти расчеты производят по сезонам для всех месяцев водохозяйственного года. Относительное внутригодовое распределение месячного стока в долях (или процентах) от объема стока за водохозяйственный год вычисляют делением расчетных месячных объемов стока на расчетное годовое его значение заданной вероятности превышения.

Определение ВРС методом реального года основано на выборе расчетного водохозяйственного года из числа фактических с использованием принципа наибольшей близости вероятностей превышения сто-

ка за водохозяйственный год, лимитирующий период, лимитирующий сезон и лимитирующий месяц к расчетной вероятности превышения.

Расчетное распределение стока в этом методе вычисляют путем умножения месячных долей стока на годовой объем стока расчетной вероятности превышения, определяемый по аналитической кривой обеспеченности.

При изменении стока воды под влиянием хозяйственной деятельности необходимо восстановить естественный сток рек. По восстановленным данным определяется расчетное ВРС воды и в результаты расчетов вносятся соответствующие изменения.

Для неизученной реки ВРС принимается по реке-аналогу. Относительные значения стока заданной вероятности превышения за все месяцы водохозяйственного года и соответствующей градации водности определяют путем расчета по данным длительных наблюдений на реке-аналоге. Аналог назначается по результатам наблюдений, производимых при инженерно-гидрометеорологических изысканиях.

При отсутствии надежных аналогов ВРС по месяцам производится путем составления районной схемы ВРС по результатам расчетов по группе рек-аналогов, а также по типовым районным схемам. Схема гидрологических районов приведена на рис. П8.

Расчетное распределение месячного стока рек (в процентах от годового) по гидрологическим районам приведено в табл. П5.

### ***Ход выполнения работы***

Определить внутригодовое распределение стока р. Неман в створе г. Гродно в маловодном году ( $P = 75\%$ ), при  $A = 33\,600\text{ км}^2$ , по репрезентативному периоду 1890–1972 гг., используя исходные данные по среднемесячным и годовым расходам воды р. Неман у г. Гродно, представленные в табл. 14.

Река Неман относится к рекам с весенним половодьем, для которых характерны следующие сезоны: весна, лето – осень, зима. На рис. 3 приведен средний многолетний гидрограф за водохозяйственный год, построенный по данным табл. 14, на котором выделены: нелимитирующий период (весна: март – май), лимитирующий период (лето – осень, зима: июнь – февраль) и лимитирующий сезон (лето – осень: июнь – ноябрь).

1. *Метод распределения по аналогии с распределением реального года.* Расчеты выполняются в следующей последовательности. Для всего (репрезентативного) ряда наблюдений определяются суммы месячных расходов за год, лимитирующие период, сезон и минимальный (для распределения маловодного года) месячный расход (табл. 15).

Таблица 14

Среднемесячные и годовые расходы воды р. Неман у г. Гродно, м<sup>3</sup>/с

Год	Месяц												Годовой расход
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1890	72,0	71,8	363,0	345,0	144,0	115,0	113,0	96,1	87,8	137,0	174,0	104,0	152,0
1891	83,4	81,0	346,0	371,0	228,0	219,0	230,0	165,0	129,0	100,0	106,0	149,0	184,0
1892	86,3	85,6	163,0	486,0	143,0	96,2	89,2	79,9	75,6	84,9	87,2	81,5	130,0
<...>	<...>	<...>	<...>	<...>	<...>	<...>	<...>	<...>	<...>	<...>	<...>	<...>	<...>
1970	92,2	91,8	160,0	821,0	314,0	192,0	141,0	163,0	155,0	161,0	387,0	224,0	242,0
1971	161,0	253,0	272,0	429,0	182,0	143,0	132,0	77,7	100,0	129,0	128,0	180,0	182,0
1972	97,2	90,2	174,0	305,0	159,0	123,0	124,0	113,0	111,0	159,0	216,0	193,0	155,0
<i>Среднее</i>	144,8	160,7	300,7	502,9	219,9	143,4	134,4	135,0	135,6	146,7	180,2	162,4	197,2

Таблица 15  
Суммы средних месячных расходов р. Неман у г. Гродно за год, лимитирующие период, сезон и месяц, м<sup>3</sup>/с

Гидрологический год	Лето – осень, зима (VI–II)				Лето – осень (VI–XI)				Сумма (за год)
	Лето	осень	зима	(VI–II)	Лето – осень (VI–XI)	Лимитирующий месяц	Сумма (за год)		
1890–91	991,3				722,9	87,8	1843,3		
1891–92	1269,9				949,0	100,0	2214,9		
1892–93	791,6				513,0	75,6	1583,6		
<...>	<...>	<...>	<...>	<...>	<...>	<...>	<...>		
1969–70	1018,0				710,0	82,2	1772,2		
1970–71	1837,0				1199,0	141,0	3132,0		
1971–72	1077,1				709,7	77,7	1960,1		

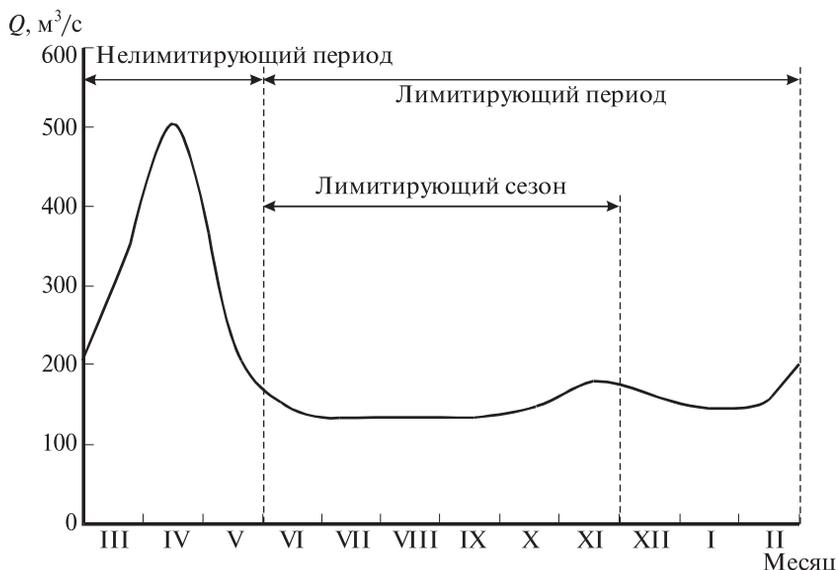


Рис. 3. Средний многолетний гидрограф стока р. Неман у г. Гродно

Полученные значения для каждой из этих характеристик располагаются в порядке убывания, около них выписываются водохозяйственные годы, к которым они относятся, и их вероятности превышения, определяемые по формуле (26) (табл. 16).

Из числа имеющихся лет (см. табл. 16) выбирается год, в котором вероятности превышения для года, лимитирующих периода и сезона, а также минимального месячного расхода наиболее близки между собой и соответствуют заданной по условиям проектирования ежегодной вероятности превышения (в рассматриваемом случае  $P = 75\%$ ). Проанализировав данные табл. 16, можно сделать вывод, что наиболее близким к маловодному является 1966–67 водохозяйственный год, так как обеспеченность в процентах годового стока (62,7%), лимитирующего периода: лето – осень – зима (81,9%), сезона: лето – осень (77,1%), и минимального месячного расхода лимитирующего сезона (59%) наиболее близки к расчетной (75%). При этом отклонения вероятностей превышения значений стока за расчетные интервалы выбранного года от требуемой вероятности превышения составляют менее 20%, значит 1966–67 водохозяйственный год можно принять в качестве расчетного. Распределение стока по месяцам для установленного, таким образом, маловодного (реального) года показано в табл. 17.

Таблица 16

**Суммы средних месячных расходов р. Неман у г. Гродно  
за лимитирующие период, сезон, месяц и за год в убывающем порядке, м<sup>3</sup>/с**

№ члена ряда	Головой сток (III–II)		Лето – осень – зима (VI–III)		Лето – осень (VI–XI)		Лимитирующий месяц		P, %
	Год	$\Sigma Q_{\text{мес}}$	Год	$\Sigma Q_{\text{мес}}$	Год	$\Sigma Q_{\text{мес}}$	Год	$\Sigma Q_{\text{мес}}$	
1	1958–59	3886,0	1933–34	2298,0	1933–34	1777,0	1933–34	198,0	1,2
2	1931–32	3593,0	1960–61	2017,0	1931–32	1440,0	1916–17	158,0	2,4
3	1933–34	3370,0	1931–32	1990,0	1903–04	1420,0	1903–04	156,0	3,6
<...>	<...>	<...>	<...>	<...>	<...>	<...>	<...>	<...>	<...>
49	1896–97	2175,3	1937–38	1215,0	1937–38	1215,0	<b>1966–67</b>	93,2	59,0
50	1949–50	2170,0	1967–68	1205,0	1898–99	727,8	1912–13	91,5	60,2
51	1900–01	2169,8	1965–66	1187,8	1890–91	722,9	1950–51	90,8	61,4
52	<b>1966–67</b>	2152,2	1940–41	1177,3	1920–21	721,1	1953–54	89,4	62,7
53	1895–96	2130,6	1920–21	1165,5	1937–38	719,0	1965–66	88,8	63,9
<...>	<...>	<...>	<...>	<...>	<...>	<...>	<...>	<...>	<...>
63	1942–43	2065,3	1906–07	1045,4	1954–55	681,7	1955–56	86,0	75,9
64	1899–00	2063,2	1897–98	1025,2	<b>1966–67</b>	669,2	1898–99	85,8	77,1
65	1914–15	2050,5	1969–70	1018,0	1961–62	666,1	1901–02	84,9	78,3

66	1898–99	2033,8	1968–69	1003,5	1906–07	662,4	1951–52	84,9	79,5
67	1907–08	2021,8	1904–05	1000,2	1963–64	659,7	1959–60	84,4	80,7
68	1964–65	2009,9	<b>1966–67</b>	992,2	1944–45	659,0	1969–70	82,2	81,9
69	1910–11	2003,2	1890–91	991,3	1895–96	647,2	1900–01	81,3	83,1
70	1939–40	1983,3	1961–62	987,1	1897–98	641,3	1906–07	80,9	84,3
<...>	<...>	<...>	<...>	<...>	<...>	<...>	<...>	<...>	<...>
80	1911–12	1642,3	1908–09	840,4	1892–93	513,0	1952–53	73,9	96,4
81	1892–93	1583,6	1892–93	791,6	1915–16	506,6	1915–16	73,5	97,6
82	1921–22	1488,3	1911–12	775,3	1911–12	495,3	1964–65	69,7	98,8

Таблица 17

**Внутригодовое распределение стока р. Неман у г. Гродно  
за водохозяйственный маловодный 1966–67 г.**

Месяц	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
$Q$ , %	28,1	17,5	8,4	5,9	5,0	5,0	4,3	4,7
$Q$ , м <sup>3</sup> /с	604	376	180	126	108	108	93,2	100
Месяц, сезон	XI	XII	I	II	Весна	Лето – осень	Зима	Год
$Q$ , %	6,2	5,3	4,7	4,9	53,9	31,1	15,0	100,0
$Q$ , м <sup>3</sup> /с	134	115	102	106	387	223	108	179

Используя ВРС реальных лет (см. табл. 17), получают ВРС для расходов заданной вероятности превышения (табл. 18). Расход расчетной обеспеченности будет  $Q_{75\%} = 171 \text{ м}^3/\text{с}$ . За 100 % принимают величину

$$\sum_{i=1}^{12} Q = 12Q_{75\%} = 12 \cdot 171 = 2052 \text{ м}^3/\text{с},$$

т. е. суммарный сток за 12 месяцев (год). По процентному распределению стока в табл. 17, согласно подсчитанной выше годовой сумме ( $2052 \text{ м}^3/\text{с}$ ), распределяется сток внутри маловодного года заданной вероятности превышения ( $P = 75\%$ ). Результаты заносятся в табл. 18.

Таблица 18

**Принятое внутригодовое распределение стока р. Неман у г. Гродно  
за маловодный год ( $P = 75\%$ )**

Месяц	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
$Q, \%$	28,1	17,5	8,4	5,9	5,0	5,0	4,3	4,7
$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	577	359	172	121	103	103	88,2	96,4
Месяц, сезон	XI	XII	I	II	Весна	Лето – Осень	Зима	Год
$Q, \%$	6,2	5,3	4,7	4,9	53,9	31,1	15,0	100,0
$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	127	109	96,4	101	387	112	108	179

2. *Метод компоновки.* В соответствии с выделенными границами года, лимитирующего периода и сезона (см. рис. 3) по данным табл. 14 подсчитываются суммы месячных расходов воды и минимальный месячный расход за лимитирующий сезон (июнь – ноябрь), затем эти суммы располагаются в убывающем порядке (табл. 19) и для них по формуле (26) устанавливается эмпирическая ежегодная вероятность превышения.

В результате статистической обработки данных табл. 19 определяются параметры кривых распределения  $\bar{Q}_{\text{мес}}$ ,  $C_V$  и  $C_S$  за указанные периоды по формулам (1), (21), (22).

Затем с использованием рассчитанных значений  $\sum \bar{Q}_{\text{мес}}$ ,  $C_S$  и  $C_V$ , с помощью табл. П4 для  $P = 75\%$  определяются значения  $\sum \bar{Q}_{\text{мес}}$  для маловодной группы водности лет по выделенным – лимитирующему периоду и сезону и за год (табл. 20). Сток нелимитирующего периода (весна) определяется по разности стока за год и за лимитирующий период

$$\sum \bar{Q}_{\text{мес}} = 2373,4 - 1345,2 = 1028,2 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Таблица 19

Сумма месячных расходов  $\Sigma Q_{\text{мес}}$  за год и лимитирующий период, сезон и месяц

№ в убывающем порядке	P, %	Годовой сток (III–II)		Лимитирующий период (VI–II)		Лимитирующий сезон (VI–XI)		Минимальный месячный расход (VI–XI)	
		Год	$\Sigma Q_{\text{мес}}$ , м <sup>3</sup> /с	Год	$\Sigma Q_{\text{мес}}$ , м <sup>3</sup> /с	Год	$\Sigma Q_{\text{мес}}$ , м <sup>3</sup> /с	Год	$Q_{\text{мес}}$ , м <sup>3</sup> /с
1	1,2	1958–59	3886,0	1933–34	2298,0	1933–34	1777,0	1933–34	198,0
2	2,4	1931–32	3593,0	1960–61	2017,0	1931–32	1440,0	1916–17	158,0
<...>	<...>	<...>	<...>	<...>	<...>	<...>	<...>	<...>	<...>
56	67,5	1948–49	2106,0	1942–43	1123,8	1969–70	710,0	1909–10	87,6
57	68,7	1965–66	2105,8	1895–96	1117,6	1971–72	709,7	1904–05	87,5
58	69,9	1908–09	2101,4	1946–47	1111,3	1939–40	702,3	1942–43	87,4
59	71,1	1968–69	2092,5	1939–40	1092,3	1938–39	691,6	1957–58	87,4
60	72,3	1957–58	2084,4	1914–15	1077,5	1947–48	688,0	1897–98	87,2
61	73,5	1920–21	2081,5	1971–72	1077,1	1909–10	686,5	1944–45	86,6
62	74,7	1894–95	2068,4	1907–08	1062,8	1896–97	683,2	1896–97	86,2
63	75,9	1942–43	2065,3	1906–07	1045,4	1954–55	681,7	1955–56	86,0
64	77,1	1899–00	2063,2	1897–98	1025,2	1966–67	669,2	1898–99	85,8
<...>	<...>	<...>	<...>	<...>	<...>	<...>	<...>	<...>	<...>
78	94,0	1904–05	1757,2	1953–54	874,4	1921–22	576,0	1892–93	75,6
79	95,2	1959–60	1661,8	1921–22	847,3	1964–65	566,5	1911–12	74,3
80	96,4	1911–12	1642,3	1908–09	840,4	1892–93	513,0	1952–53	73,9
81	97,6	1892–93	1583,6	1892–93	791,6	1915–16	506,6	1915–16	73,5
82	98,8	1921–22	1488,3	1911–12	775,3	1911–12	495,3	1964–65	69,7
Среднее за весь период		–	<b>2373,4</b>	–	<b>1345,2</b>	–	<b>875,6</b>	–	<b>104,3</b>
% годового стока		–	<b>100</b>	–	<b>56,7</b>	–	<b>36,9</b>	–	<b>4,4</b>

Таблица 20

**Результаты расчета распределения стока по сезонам маловодного (P = 75 %) года**

Сезон	Месяцы	C <sub>У</sub>	C <sub>S</sub>	Средние многолетние значения		Маловодная группа водности года		
				$\Sigma Q_{\text{мес}}, \text{ м}^3/\text{с}$	$\Sigma Q_{\text{мес}}, \text{ м}^3/\text{с}$	% годового стока	$\Sigma Q_{\text{мес}}, \text{ м}^3/\text{с}$	% годового стока
Год	III–II	0,20	0,80	2373,4	100	2036,4	100	75
Весна	III–V	–	–	1028,2	43,3	929,3	45,6	–
Лимитирующий период	VI–II	0,25	0,44	1345,2	56,7	1107,1	54,4	75
Зима	XII–II	–	–	469,6	19,8	406,6	20,0	–
Лимитирующий сезон (лето – осень)	VI–XI	0,28	0,92	875,6	36,9	700,5	34,4	75
Вариант с учетом минимального месячного расхода заданной вероятности превышения								
Минимальный месячный расход	IX	0,23	1,09	104,3	4,4	87,4	4,3	75
Остальные месяцы лимитирующего сезона	VI–VIII, X–XI	–	–	771,3	32,5	613,1	30,1	–

Сток нелимитирующего сезона (зима) рассчитывается как разность между стоком за лимитирующий период и за лимитирующий сезон (лето – осень)

$$\sum \bar{Q}_{\text{мес}} = 1345,2 - 875,6 = 469,6 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Параллельно проводится вариант расчета с учетом минимального месячного расхода заданной вероятности превышения (75 %). В табл. 20 в графу «Месяцы» при расчете по этому варианту заносится месяц, в котором наиболее часто встречается минимальное значение стока за лимитирующий сезон (лето – осень). В данном примере таким является сентябрь (IX). Сток за остальные месяцы лимитирующего сезона определяется по разности значений стока за лимитирующий сезон и за месяц с минимальным месячным расходом

$$\sum \bar{Q}_{\text{мес}} = 875,6 - 104,3 = 771,3 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Аналогично производится расчет величин процентов годового стока, при этом за 100 % принимается величина средних многолетних значений  $\sum \bar{Q}_{\text{мес}} = 2373,4 \text{ м}^3/\text{с}$  и величина  $\sum \bar{Q}_{\text{мес}} = 2036,4 \text{ м}^3/\text{с}$  для маловодной группы водности года. Результаты расчетов заносятся в табл. 20.

Далее производится расчет внутрисезонного распределения стока по месяцам для маловодной группы сезонов в табличной форме (табл. 21). Начинается расчет с подсчета сумм среднемесячных расходов воды отдельно за весну, лето – осень и зиму водохозяйственного года (март – февраль), затем они располагаются в убывающем порядке, определяется обеспеченность каждого члена ряда по формуле (26), выделяются из ряда годы с обеспеченностью расходов ( $P$ ) от 67 до 99 % (маловодная группа водности), которые заносятся в табл. 21. По каждому водохозяйственному году в выделенные периоды (весна, лето – осень, зима) месячные значения стока располагаются в убывающем порядке с указанием месяца, в котором данная величина измерена. Затем подсчитываются суммы за каждый месяц и за год, которые заносятся в графу «Итого по группе», выделяется наиболее часто встречающийся в каждой группе сезонов месяц и его индекс заносится в графу «Принятое распределение стока» (см. табл. 21). При повторении наиболее часто встречающегося месяца внутри группы сезонов его отбрасывают, принимая за наиболее часто повторяющийся следующий за ним по числу повторений в данной внутрисезонной группе месяц.

Результаты расчетов ВРС заносятся в табл. 22 и 23. В табл. 22 заносятся значения принятого распределения стока из табл. 21. По варианту с выделением минимального месячного расхода (IX) рассчитывается его процент от сезонного стока (по данным табл. 20):

$$87,4 \cdot 100/700,5 = 12,5 \text{ \%}.$$

**Внутрисезонное распределение стока по месяцам ( $Q_{\text{мес}}$ )**

№ в убывающем порядке	Весна							
	Год	$\Sigma Q_{\text{мес}}$	1		2		3	
			$Q_{\text{мес}}$	Месяц	$Q_{\text{мес}}$	Месяц	$Q_{\text{мес}}$	Месяц
55	1939–40	891,0	436	IV	237	V	218	III
56	1963–64	888,0	531	IV	245	V	112	III
57	1913–14	886,0	342	IV	311	III	233	V
<...>	<...>	<...>	<...>	<...>	<...>	<...>	<...>	<...>
80	1910–11	627,0	365	III	150	IV	112	V
81	1952–53	609,5	372	IV	146	V	91,5	III
82	1950–51	519,0	241	III	164	IV	114	V
<i>Итого по группе</i>		21 477,7	10 454,0	III–12	6815,0	III–10	4208,7	III–6
				IV–16		IV–12		V–22
						V–6		
Принятое распределение в % сезонного стока		100	48,67	IV	31,73	III	19,60	V
№ в убывающем порядке	Лето – осень							
	4		5		6			
	$Q_{\text{мес}}$	Месяц	$Q_{\text{мес}}$	Месяц	$Q_{\text{мес}}$	Месяц		
55	88	X	85,3	IX	84,9	VIII		
56	97,9	IX	97	X	82,2	VIII		
57	128	XI	100	IX	77,7	VIII		
58	110	X	108	VII	96,3	IX		
<...>	<...>	<...>	<...>	<...>	<...>	<...>		
80	84,9	X	79,9	VIII	75,6	IX		
81	74,7	X	73,7	VII	73,5	VIII		
82	84,8	XI	77,2	IX	74,3	VIII		
<i>Итого по группе</i>	2737,8	VI–4	2562,7	VI–1	2380,7	VII–5		
		VII–4		VII–7		VIII–10		
		VIII–4		VIII–7		IX–8		
		IX–5		IX–9		X–2		
		X–9		X–3		XI–3		
		XI–2		XI–1				
Принятое распределение в % сезонного стока	15,32	IX	14,34	VII	13,32	VIII		

Таблица 21

для маловодной группы сезонов, м<sup>3</sup>/с

Лето – осень							
Год	$\Sigma Q_{\text{мес}}$	1		2		3	
		$Q_{\text{мес}}$	Месяц	$Q_{\text{мес}}$	Месяц	$Q_{\text{мес}}$	Месяц
1901–02	714,2	232	VI	115	VII	109	XI
1969–70	710,0	170	VI	163	XI	99,9	VII
1971–72	709,7	143	VI	132	VII	129	X
<...>	<...>	<...>	<...>	<...>	<...>	<...>	<...>
1892–93	513,0	96,2	VI	89,2	VII	87,2	XI
1915–16	506,6	130	XI	78,4	IX	76,3	VI
1911–12	495,3	86,8	VII	86,3	VI	85,9	X
	17 869,2	3997,0	VI–9	3253,2	VI–9	2937,8	VI–5
			VII–3		VII–4		VII–5
			VIII–1		VIII–5		VIII–1
			IX–1		IX–2		IX–3
			X–2		X–1		X–11
			XI–12		XI–7		XI–3
	100	22,37	XI	18,21	VI	16,44	X
Зима							
Год	$\Sigma Q_{\text{мес}}$	1		2		3	
		$Q_{\text{мес}}$	Месяц	$Q_{\text{мес}}$	Месяц	$Q_{\text{мес}}$	Месяц
1897–98	383,9	229	II	78	XII	76,9	I
1906–07	383,0	142	XII	136	II	105	I
1928–29	381,0	151	XII	128	II	102	I
1904–05	369,5	180	XII	96,6	I	92,9	II
<...>	<...>	<...>	<...>	<...>	<...>	<...>	<...>
1896–97	256,1	105	II	82,7	I	68,4	XII
1953–54	244,1	88,5	XII	82,2	I	73,4	II
1908–09	211,9	76,8	XII	68,9	II	66,2	I
	8673,5	3639,4	XII–21	2648,1	XII–4	2386,0	XII–3
			I–5		I–15		I–8
II–2			II–9		II–17		
	100	41,96	XII	30,53	I	27,51	II

Таблица 22

**Внутригодовое распределение стока  
для маловодной группы водности сезонов, %**

	Весна					Лето – осень							Зима			
	III	IV	V	VI	за сезон	VI	VII	VIII	IX	X	XI	за сезон	XII	I	II	за сезон
31,7	48,7	19,6	100	18,2	14,3	13,3	15,3	16,5	22,4	100	42	30,5	27,5	100		
Вариант с выделением минимального месячного расхода (IX)																
				21,5	16,9	15,7	12,5	19,5	26,4	–	–	–	–	–	–	–

Таблица 23

**Расчетное распределение стока по месяцам и сезонам года  
для маловодной группы водности**

Единица измерения	Месячный сток												Сезонный сток			Годовой сток
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	весна	лето – осень	зима	
	%	14,5	22,2	8,9	6,3	4,9	4,6	5,3	5,7	7,7	8,4	6,1	5,5	45,6	34,4	
м <sup>3</sup> /с	294,4	452,2	182,0	127,5	100,2	93,2	107,2	115,6	156,9	171,1	124,2	112,0	929,3	700,5	406,6	2036,4
Вариант с выделением минимального месячного расхода (IX)																
%	–	–	–	6,5	5,1	4,7	4,3	5,9	7,9	–	–	–	–	–	–	–
м <sup>3</sup> /с	–	–	–	131,8	103,6	96,2	87,4	120,1	160,9	–	–	–	–	–	–	–

Процентное распределение для остальных месяцев лимитирующего сезона (VI–VIII, X–XI), по варианту с выделением минимального месячного расхода, рассчитывается исходя из следующего: 100 % распределяется между оставшимися месяцами лимитирующего сезона (VI–VIII, X–XI), согласно принятому процентному распределению по основному варианту расчета. Результаты заносятся в табл. 22.

В табл. 23 производится распределение стока по месяцам и сезонам года. Из данных табл. 20 заносятся в табл. 23 значения стока и его процентное распределение по сезонам и за год. Согласно принятому внутрисезонному распределению стока (см. табл. 21) распределяется сезонный сток по месяцам и находится его процентное внутригодовое распределение. При расчете по варианту с выделением минимального месячного расхода (IX) в табл. 23 для этого месяца из табл. 20 заносятся величины стока и их годовой процент. Для остальных месяцев лимитирующего сезона производится распределение величины стока, взятой из табл. 20 ( $613,1 \text{ м}^3/\text{с}$ ), согласно принятому процентному распределению, из той же таблицы (30,1 %), пропорционально данным табл. 21 по варианту расчета с выделением минимального месячного расхода (IX). Результаты заносятся в табл. 22.

Определить ВРС р. Оресса в створе с. Андреевка при отсутствии данных наблюдений по типовым региональным схемам.

3. *Метод распределения по региональным типовым схемам.* Для расчета ВРС применяем типовую схему. Для этого по рис. П8 определяем гидрологический район *VIa*, к которому относится р. Оресса – с. Андреевка. Далее по табл. П5 находим в *VI Припятском* районе подрайон *a* и по площади водосбора  $3580 \text{ км}^2$ , которая до  $5000 \text{ км}^2$ , выписываем для очень маловодного года процентное распределение стока по месяцам.

Таблица 24

**Внутригодовое распределение  
стока р. Оресса – с. Андреевка  
для очень маловодного года ( $P = 97 \%$ )**

Месяц	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II
$Q, \%$	42,6	21,4	8,4	4,5	2	1,4	1,2	2,1	5	6,1	3,3	2
$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	47,3	23,8	9,32	5,00	2,22	1,55	1,33	2,33	5,55	6,77	3,66	2,22
$W, \text{ млн м}^3/\text{мес}$	123	61,8	24,2	13,0	5,77	4,04	3,46	6,06	14,4	17,6	9,5	5,8

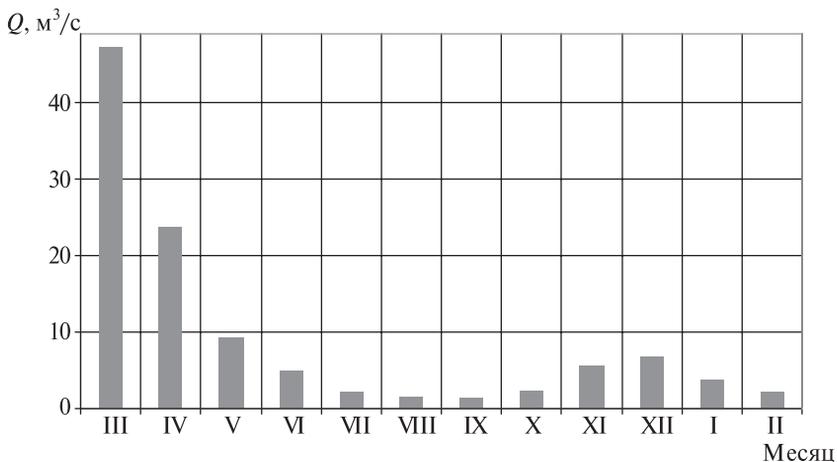


Рис. 4. Гидрограф стока р. Оресса – с. Андреевка для очень маловодного года ( $P = 97\%$ )

Полученное ранее значение расхода заданной обеспеченности  $Q_{97\%} = 9,27 \text{ м}^3/\text{с}$  умножаем на 12 месяцев ( $9,27 \cdot 12 = 111 \text{ м}^3/\text{с}$ ) и принимаем за 100 %. Умножая на процентное распределение стока по месяцам, получим расход в месяц в  $\text{м}^3/\text{с}$ . Чтобы определить объем притока в каждом месяце, требуется умножить на количество секунд в месяце (принято  $2,6 \cdot 10^6 \text{ с}$  в месяце). Результаты заносим в табл. 24.

По полученным результатам расчетов строим гидрограф стока р. Оресса – с. Андреевка для очень маловодного года ( $P = 97\%$ ), который показан на рис. 4.

Результаты гидрологических расчетов используют при водохозяйственных расчетах.

## **5. Определение расчетных величин максимальных расходов воды при наличии данных гидрометрических наблюдений**

Расчеты максимальных расходов являются обязательными и считаются одной из наиболее ответственных задач в составе проектов гидротехнических сооружений и мелиоративных систем.

От правильного определения максимальных расходов воды и размеров водопропускных отверстий зависит не только стоимость сооружений, но и бесперебойность и безаварийность их работы. Занижение

максимальных расходов приводит к разрушению сооружений, затоплению прилегающих территорий, материальному ущербу и человеческим жертвам. Завышение максимальных расходов увеличивает стоимость сооружения, что снижает его экономическую эффективность.

Расчетные гидрологические характеристики максимального стока воды рек весеннего половодья и дождевых паводков определяются по теоретическим кривым обеспеченности, так же, как обеспеченные значения средних годовых расходов (п. 3).

Статистическими параметрами кривых обеспеченности максимальных расходов являются средние многолетние значения максимальных расходов  $\bar{Q}_{\max}$ , коэффициент вариации  $C_V$  и коэффициент асимметрии  $C_S$ . Вычисляются они теми же способами, что и соответствующие параметры годового стока. Определяются среднеквадратические ошибки параметров кривых обеспеченности максимальных расходов воды  $\delta_{Q_{\max}}$ ,  $\delta_{C_V}$  формулами (2) и (23).

Расчетные значения отношения коэффициента асимметрии к коэффициенту вариации следует принимать как среднее из значений, установленных по данным группы рек с наиболее продолжительными наблюдениями за стоком.

Для рек с продолжительностью стояния максимальных расходов воды сутки и более расчет производится по среднесуточным значениям, менее суток – по мгновенным расходам воды. При прохождении максимального расхода воды между сроками наблюдений его значение определяют на основе установления соотношения между мгновенными и среднесуточными его значениями по данным измерений других лет с наибольшими расходами воды или по данным рек-аналогов.

При невозможности разделения максимальных годовых расходов воды на максимальные расходы дождевых и талых вод допускается построение кривых распределения ежегодных вероятностей превышения максимальных расходов воды независимо от их происхождения.

Расчетные максимальные расходы воды зарегулированных рек определяются исходя из расчетного максимального расхода воды реки в естественном незарегулированном состоянии с изменением его в результате хозяйственной деятельности в бассейне реки и трансформации проектируемыми или действующими водохранилищами.

Расчетная ежегодная вероятность превышения максимальных расходов воды устанавливается на основании норм проектирования речных гидротехнических сооружений, защитных сооружений на водохранилищах и в нижнем бьефе гидроузлов, гидротехнических сооружений мелиоративных систем и систем водоснабжения, включая насосные станции.

### *Ход выполнения работы*

Определение расчетных величин максимальных расходов ежегодной вероятности превышения (обеспеченности) при наличии результатов наблюдений производится в следующей последовательности:

Расчет величин максимальных расходов при наличии данных наблюдений будем вести по методу наибольшего правдоподобия.

Исходный ряд наблюдений дан в табл. 25.

Таблица 25

**Максимальные расходы воды ( $Q_{\max i}$ , м<sup>3</sup>/с) р. Оресса – д. Андреевка  
за период с 1950 по 2009 гг.,  $A = 3580$  км<sup>2</sup>**

Год	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958
$Q_{\max i}$ , м <sup>3</sup> /с	30,3	77,7	14,9	79,0	14,7	103	239,0	41,6	264
Год	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967
$Q_{\max i}$ , м <sup>3</sup> /с	40,0	32,0	33,7	65,8	90,2	52,7	68,0	132,0	71,5
Год	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976
$Q_{\max i}$ , м <sup>3</sup> /с	85,9	77,2	119	82,8	21,3	35,7	26,1	28,1	88,4
Год	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
$Q_{\max i}$ , м <sup>3</sup> /с	33,8	57,8	92,1	75,6	75,5	44,2	61,2	16,4	41,1
Год	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
$Q_{\max i}$ , м <sup>3</sup> /с	36,2	63,5	29,9	21,7	25,6	39,7	22,8	45,4	66,8
Год	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
$Q_{\max i}$ , м <sup>3</sup> /с	43,0	65,8	18,9	42,0	85,9	35,7	48,6	61,4	57,1
Год	2004	2005	2006	2007	2008	2009			
$Q_{\max i}$ , м <sup>3</sup> /с	61,7	78,8	61,9	62,0	35,1	33,1			

Определяется среднее максимальное значение расхода воды по формуле (1)

$$\bar{Q} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{\max i}}{n} = \frac{3654,9}{60} = 60,9 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Значения максимального расхода воды ( $Q_{\max i}$ ) располагаются в убывающем порядке, определяется эмпирическая ежегодная вероятность превышения по формуле (26). Рассчитываются модульные коэффициенты ( $k_i$ ), а также ( $\lg k_i$ ) и произведения ( $k_i \cdot \lg k_i$ ). Результаты расчетов записываются в табл. 26.

Параметры кривой распределения максимального расхода воды ( $Q_{\max}$ ),  
 рассчитанные методом наибольшего правдоподобия р. Оресса – д. Андреевка

№ члена ряда	Год	$Q_{\max i},$ м <sup>3</sup> /с	$Q_{\max i \text{ убыв}},$ м <sup>3</sup> /с	$P, \%$	$k_i = \frac{Q_{\max i \text{ убыв}}}{\bar{Q}}$	$\lg k_i$	$k_i \cdot \lg k_i$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1950	30,3	264	1,6	4,33	0,637	2,760
2	1951	77,7	239	3,3	3,92	0,594	2,329
3	1952	14,9	132	4,9	2,17	0,336	0,728
<...>	<...>	<...>	<...>	<...>	<...>	<...>	<...>
58	2007	62,0	16,4	95,1	0,27	-0,570	-0,153
59	2008	35,1	14,9	96,7	0,24	-0,612	-0,150
60	2009	33,1	14,7	98,4	0,24	-0,617	-0,149
Сумма		<b>3654,9</b>			<b>60,0</b>	<b>-4,898</b>	<b>5,170</b>
Среднее		<b>60,9</b>			—	—	—

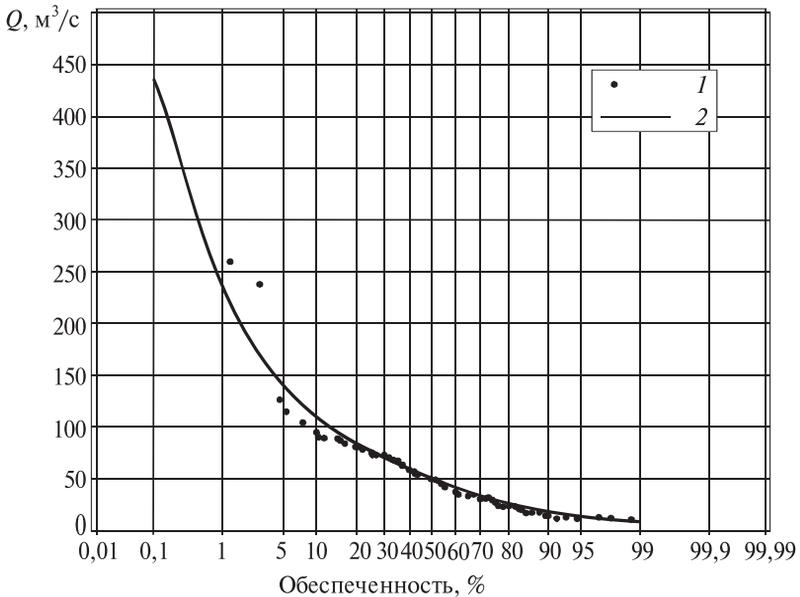


Рис. 5. Кривые распределения максимальных расходов воды  
 весеннего половодья р. Оресса – с. Андреевка:

1 – эмпирические точки;

2 – трехпараметрическое гамма-распределение

По данным табл. 26 на клетчатку вероятности наносятся эмпирические точки (графы 4 (6) и 5 табл. 26) и строится сглаженная эмпирическая кривая обеспеченности (рис. 5).

Вычисляются суммы

$$\sum_{i=1}^n \lg k_i = -4,898, \quad \sum_{i=1}^n k_i \lg k_i = 5,170$$

для вычисления статистик  $\lambda_2$  и  $\lambda_3$ , которые рассчитываются по формулам

$$\lambda_2 = \frac{\sum_{i=1}^n \lg k_i}{n-1} = \frac{-4,898}{60-1} = -0,083; \quad \lambda_3 = \frac{\sum_{i=1}^n k_i \lg k_i}{n-1} = \frac{5,170}{60-1} = 0,088.$$

По специальным номограммам (табл. П3), в соответствии с вычисленными статистиками  $\lambda_2$  и  $\lambda_3$ , определяется коэффициент вариации  $C_V = 0,77$ , отношение  $C_S/C_V = 5,0$ . Далее по этим параметрам и  $\bar{Q}_{\max} = 60,9 \text{ м}^3/\text{с}$ , согласно табл. П3, вычисляются ординаты кривой трехпараметрического гамма-распределения и заносятся в табл. 27.

Таблица 27

**Ординаты аналитической кривой трехпараметрического гамма-распределения р. Оресса – с. Андреевка**

$P, \%$	0,01	0,1	1	5	10	25	50	75	95	99
$k_p$	12,11	7,207	3,937	2,353	1,839	1,214	0,792	0,525	0,305	0,215
$Q_{\max p}, \text{ м}^3/\text{с}$	737	439	240	143	112	73,9	48,2	32,0	18,6	13,1

По данным табл. 27 строится аналитическая кривая распределения, делается вывод о соответствии построенной теоретической кривой с эмпирическими точками (кривой).

Определяются среднеквадратические ошибки нормы максимального стока и коэффициента вариации по формулам (2) и (23), при этом примем коэффициент автокорреляции равным нулю

$$\sigma_{\bar{Q}} = \frac{0,77}{\sqrt{60}} \cdot \sqrt{\frac{1+0}{1-0}} \cdot 100\% = 9,9\%;$$

$$\sigma_{C_V} = \frac{0,77}{60 + 4 \cdot 0,77^2} \cdot \sqrt{\frac{60 \cdot (1 + 0,77^2)}{2}} \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot 0,77 \cdot 0^2}{1+0}\right) \cdot 100\% = 8,5\%.$$

Максимальные расходы воды ежегодной вероятности превышения (обеспеченности) определяются как

$$Q'_{\max 1\%} = 3,937 \cdot 60,9 = 240 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q'_{\max 5\%} = 2,353 \cdot 60,9 = 143 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q'_{\max 10\%} = 1,839 \cdot 60,9 = 112 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q'_{\max 25\%} = 1,214 \cdot 60,9 = 73,9 \text{ м}^3/\text{с},$$

где  $k_p$  – модульный коэффициент, определяемый по табл. ПЗ для трехпараметрического гамма-распределения в зависимости от  $C_V$  и  $C_S/C_V$  для заданной обеспеченности максимальных расходов.

## **6. Расчет годовых расходов воды расчетной обеспеченности при отсутствии данных гидрометрических наблюдений**

При отсутствии данных гидрологических наблюдений в расчетном створе применяют региональные методы расчета гидрологических характеристик, основанные на результатах обобщения данных гидрометеорологических наблюдений в районе проектирования.

При отсутствии наблюдений за стоком в расчетном створе параметры распределения (среднюю величину, коэффициент вариации, отношение коэффициента асимметрии к коэффициенту вариации и коэффициент автокорреляции) определяют по рекам-аналогам.

В случае невозможности подобрать реку-аналог среднее многолетнее значение стока (норму)  $\bar{q}$  допускается определять по картам изолиний, построенным для исследуемого района с учетом последних лет наблюдений, а также по карте изолиний, приведенной в нормативной литературе.

При этом в значения среднего многолетнего стока, определенные по районной карте, следует вводить поправки на влияние местных азональных факторов.

Среднее многолетнее значение стока (в модулях или слоях стока) для расчетного пункта (центра тяжести водосбора) определяют линейной интерполяцией между изолиниями стока.

В случае пересечения водосбора несколькими изолиниями определяется средневзвешенное значение.

Для малых водотоков (площадь водосбора менее 100 км<sup>2</sup>) норма стока (м<sup>3</sup>/с·км<sup>2</sup>) определяется с учетом генетических составляющих годового стока:

$$\bar{q} = q_{\text{пов}} + k_{\text{др}} q_{\text{полз}}, \quad (31)$$

где  $Q_{\text{пов}}$  – норма модуля поверхностного стока, определяемая по рекам-аналогам. При невозможности подобрать реку-аналог допуска-

ется определять норму поверхностного стока  $M$ ,  $\text{м}^3/\text{с} \cdot \text{км}^2$ , по картам, построенным для исследуемого района с учетом последних лет наблюдений, а также по карте изолиний, приведенной в нормативных документах;  $k_{\text{др}}$  — коэффициент, учитывающий неполное дренирование подземных вод;  $q_{\text{подз}}$  — подземная составляющая зональных значений нормы модуля стока, определяемая по разности общего и поверхностного стока,  $\text{м}^3/\text{с} \cdot \text{км}^2$ .

Расчетам годового стока малых водотоков должно предшествовать их полевое обследование на предмет установления вида питания водотока, наличия родников на водосборе, выклиниваний подземных вод, установления первой критической площади  $A_{1\text{кр}}$ , т. е. площади водосбора, при которой водоток начинает получать подземное питание.

Коэффициент, учитывающий неполное дренирование подземных вод  $k_{\text{др}}$ , вычисляют по формуле

$$k_{\text{др}} = \text{th} \left[ a \cdot (A - A_{1\text{кр}})^b \right], \quad (32)$$

где  $A - A_{1\text{кр}}$  — действующая площадь водосбора,  $\text{км}^2$ ;  $a$ ,  $b$  — коэффициенты, зависящие от величин критической площади  $A_{1\text{кр}}$ , вычисляемые по формулам:

$$a = 0,8 \cdot A_{1\text{кр}}^{-0,8}; \quad (33)$$

$$b = 1 - 0,72 \cdot A_{1\text{кр}}^{-0,29}. \quad (34)$$

В случае невозможности проведения полевого обследования величину первой критической площади допускается вычислять по формуле

$$A_{1\text{кр}} = \frac{0,98}{\rho^2} + \frac{1,5L_T}{\sqrt{i_T}}, \quad (35)$$

где  $\rho$  — густота гидрографической сети,  $\text{км}/\text{км}^2$ ;  $L_T$  — длина русла основного тальвега,  $\text{км}$ ;  $i_T$  — уклон русла основного тальвега,  $\%$ .

Для водосборов площадью, менее или равной первой критической, годовой сток равен поверхностному стоку  $k_{\text{др}} = 0$ .

Годовой расход расчетной обеспеченности вычисляют по формуле

$$Q_p = \bar{q} \cdot A \cdot k_p, \quad (36)$$

где  $\bar{q}$  — средний многолетний годовой модуль стока,  $\text{м}^3/\text{с} \cdot \text{км}^2$ ;  $A$  — площадь водосбора до расчетного створа,  $\text{км}^2$ ;  $k_p$  — модульный коэффициент расчетной обеспеченности.

При невозможности подобрать реку-аналог значение коэффициента вариации  $C_V$  неисследованных рек допускается определять по картам изолиний, построенным для исследуемого района с учетом последних лет наблюдений, или по районным эмпирическим формулам, в которые вводят поправки на азональные факторы, а также с помощью карты изолиний.

Для малых водотоков при определении коэффициента вариации  $C_V$  вводится поправочный коэффициент  $K_{C_V}$ , вычисляемый по формуле:

$$K_{C_V} = 1 + 4,8 \cdot \exp(-5,3 \cdot C_V) \cdot [(A - A_{\text{кр}}) + 1]^n, \quad (37)$$

где  $C_V$  – коэффициент вариации, определенный по карте изолиний;  $n$  – показатель степени, определяемый по формуле

$$n = 0,83 \cdot C_V - 1,1.$$

При  $A = A_{\text{кр}}$  поправочный коэффициент  $K_{C_V}$  принимается равным единице.

Расчетные значения отношения коэффициента асимметрии к коэффициенту вариации, а также коэффициента автокорреляции между стоком смежных лет  $r(1)$  следует принимать как среднее из значений, установленных по данным группы рек с наиболее продолжительными наблюдениями за рассматриваемой гидрологической характеристикой в гидрологически однородном районе с учетом площадей водосборов и других азональных факторов. Для рек Беларуси соотношение  $C_S/C_V$  допускается принимать равным 2,0 – для рек бассейна Черного моря и 2,05 – Балтийского моря.

### *Ход выполнения работы*

Требуется определить среднегодовой расход воды расчетной обеспеченности 95 % р. Саморувки в створе д. Зарудье. Площадь водосбора  $A = 124 \text{ км}^2$ ; координаты центра водосбора:  $25^\circ 32'$ ;  $52^\circ 10'$ .

Расчеты выполняются в следующей последовательности. По картам изолиний (рис. П9–П10) определяют значения нормы годового стока и коэффициент вариации:  $\bar{q} = 3,6 \text{ л/с} \cdot \text{км}^2$ ,  $C_V = 0,39$ ; соотношение  $(C_S/C_V)$  принимается равным 2,0, так как водосбор расположен в бассейне Черного моря.

Значение ординаты обеспеченности 95 % определяется по таблице кривых трехпараметрического гамма-распределения (см. табл. П3) ( $k_{95\%} = 0,460$ ).

По формуле (36) вычисляется расход воды  $P = 95\%$ :

$$Q_{95\%} = 3,6 \cdot 124 \cdot 0,460 \cdot 10^{-3} = 0,21 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Определить среднегодовой расход воды расчетной обеспеченности 95 % канала без названия у д. Сухое, площадь водосбора  $A = 18,2 \text{ км}^2$ ; уклон русла основного тальвега  $i_T = 0,2$ ; длина русла основного тальвега  $L_T = 3,2 \text{ км}$ ; густота гидрографической сети  $\rho = 1,2 \text{ км/км}^2$ , координаты центра водосбора:  $25^\circ 30'$ ;  $52^\circ 10'$ .

Расчеты выполняются в следующей последовательности. По картам изолиний (рис. П9–П11) определяются нормы годового, поверхностного стока и коэффициент вариации:  $q_{\text{год}} = 3,6 \text{ л/с}\cdot\text{км}^2$ ;  $q_{\text{пов}} = 3,0 \text{ л/с}\cdot\text{км}^2$ ;  $C_V = 0,39$ ; соотношение ( $C_S/C_V$ ) принимается равным 2,0, так как водосбор расположен в бассейне Черного моря.

По формуле (35) определяется величина первой критической площади

$$A_{\text{кр}} = \frac{0,98}{1,2^2} + \frac{1,5 \cdot 3,2}{\sqrt{0,2}} = 11,4 \text{ км}^2.$$

Коэффициент неполноты дренирования подземных вод определяется по формуле (32)

$$k_{\text{др}} = \text{th}[0,114 \cdot (18,2 - 11,4)^{0,64}] = 0,385.$$

Параметры ( $a$ ) и ( $b$ ), входящие в формулу, рассчитаны по формулам (33), (34)

$$a = 0,8 \cdot 11,4^{-0,8} = 0,114, \quad b = 1 - 0,72 \cdot 11,4^{-0,29} = 0,64.$$

Норма годового стока определяется по формуле (31):

$$\bar{q} = 3,0 + 0,385 \cdot (3,6 - 3,0) = 3,2 \text{ л/(с}\cdot\text{км}^2).$$

Рассчитывается поправочный коэффициент ( $K_{C_V}$ ) по (36) и определяется исправленное значение ( $C_{V_{\text{испр}}}$ ) по формуле (37)

$$K_{C_V} = 1 + 4,8 \exp(-5,3 \cdot 0,39) [(18,2 - 11,4) + 1]^{0,83 \cdot 0,39 - 1,1} = 1,12,$$

$$C_{V_{\text{испр}}} = C_V K_{C_V} = 0,39 \cdot 1,12 = 0,44.$$

Значение ординаты обеспеченности 95 % определяется по таблице трехпараметрического гамма-распределения (см. табл. П3), ( $k_{95\%} = 0,406$ ).

Определяется среднегодовой расход воды обеспеченности 95 % по формуле (36)

$$Q_{95\%} = 3,2 \cdot 18,2 \cdot 0,406 \cdot 10^{-3} = 0,024 \text{ м}^3/\text{с}.$$

## **7. Определение расчетных величин максимальных расходов воды весеннего половодья при отсутствии данных наблюдений**

Максимальным расчетным расходом воды называют расход, на пропуск которого рассчитывают водопропускные и водосбросные отверстия гидротехнических сооружений, мостовые отверстия и т. д. Занижение максимального расчетного расхода приводит к переполнению водохранилищ и разрушению сооружений, что влечет за собой значительный материальный ущерб.

В настоящее время в строительном проектировании расчетная схема определения максимальных расходов воды при отсутствии данных наблюдений основана на эмпирической редуцированной формуле, учитывающей редуцирование коэффициента дружности половодья по площади водосбора. Методы расчета максимальных расходов воды рек весеннего половодья, изложенные в настоящем разделе, следует применять при расчете для водосборов с площадями от элементарно малых (менее 1 км<sup>2</sup>) до 20 000 км<sup>2</sup>.

При наличии рек-аналогов расчетный максимальный расход воды весеннего половодья  $Q_p$ , м<sup>3</sup>/с, заданной ежегодной вероятностью превышения, определяется по редуцированной формуле

$$Q_p = \frac{K_0 h_p \mu \delta \delta_1 \delta_2}{(A + 1)^{0,20}} \cdot A, \quad (38)$$

где  $K_0$  – параметр, характеризующий дружность весеннего половодья, который рассчитывают как среднее из значений, определенных по данным нескольких рек-аналогов обратным путем из формулы (38);  $h_p$  – расчетный слой суммарного весеннего стока (без срезки грунтового питания), мм, с ежегодной вероятностью превышения  $P\%$ ;  $\mu$  – коэффициент, учитывающий неравенство статистических параметров слоев стока и максимальных расходов воды (табл. 28);  $\delta$  – коэффициент, учитывающий влияние водохранилищ, прудов и проточных озер;  $\delta_1, \delta_2$  – коэффициенты, учитывающие снижение максимального расхода воды соответственно в залесенных и заболоченных водосборах;  $A$  – площадь водосбора до расчетного створа реки, км<sup>2</sup>.

При обосновании в формулу (38) допускается введение дополнительных параметров, учитывающих влияние естественных и искусственных факторов на формирование максимального стока воды рек весеннего половодья.

**Значения коэффициента  $\mu$  учитывающего неравенство параметров слоя стока и максимальных расходов**

Водосбор	Значения коэффициента $\mu$ при различной обеспеченности			
	1	5	10	25
Правые притоки р. Припяти	1,0	0,93	0,87	0,81
Прочие реки Беларуси	1,0	0,90	0,84	0,75

Расчетный слой стока  $h_p$ , мм, определяется следующими методами:

- по данным рек-аналогов,
- в зависимости от коэффициента вариации  $C_V$  и соотношения  $(C_S/C_V)$ , а также среднего многолетнего слоя стока весеннего половодья  $h_0$ .

Средний многолетний слой весеннего стока  $h_0$ , мм, и коэффициент вариации слоя стока  $C_V$  определяются по данным рек-аналогов, а при невозможности их подбора – интерполяцией по картам, построенным для исследуемого района с учетом последних лет наблюдений, а также по картам изолиний, приведенным в нормативных документах.

Расчетный слой весеннего половодья определяется по формуле:

$$h_p = k_p \bar{h}, \quad (39)$$

где  $k_p$  – модульный коэффициент расчетной обеспеченности, определяемый по табл. П3, для трехпараметрического гамма-распределения в зависимости от коэффициента вариации  $C_V$  и соотношения  $C_S/C_V$ . Коэффициент вариации слоя стока  $C_V$  определяется по рис. П13. Соотношение  $C_S/C_V$  принимается по табл. 29;  $\bar{h}$  – средний многолетний слой стока весеннего половодья, определяемый по картам изолиний рис. П12, мм.

**Соотношение  $C_S/C_V$  для водосборов Беларуси**

Территория	Значение соотношения $C_S/C_V$
Бассейн Западной Двины	2
Бассейн Немана и левобережные притоки р. Припяти	3
Бассейны Днепра, Сожа, Березины, правобережные притоки р. Припяти	4

Для рек с площадями водосбора менее 200 км<sup>2</sup> в значения  $C_V$ , полученные по карте изолиний, следует вводить поправочный коэффициент  $k_{C_V}$ , учитывающий величину площади водосбора и определяемый по формуле

$$k_{C_V} = 1,3 - 0,0014A, \quad (40)$$

где  $A$  – площадь водосбора до расчетного створа реки, км<sup>2</sup>.

Расчетное значение отношения коэффициента асимметрии к коэффициенту вариации  $C_S/C_V$  устанавливается по рекам-аналогам.

Коэффициент  $\delta$ , учитывающий снижение максимального стока рек, зарегулированных проточными озерами, определяется по формуле

$$\delta = \frac{1}{1 + cA_{оз}}, \quad (41)$$

где  $c$  – коэффициент, принимаемый в зависимости от среднего многолетнего слоя весеннего стока  $h_0$ . При  $h_0 \geq 100$  мм,  $c = 0,2$ ; при  $h_0 = 50$  мм,  $c = 0,3$ ; при  $h_0$ , изменяющемся от 100 до 50 мм,  $c$  находят интерполяцией;  $A_{оз}$  – средневзвешенная озерность водосбора в процентах, определяемая по формуле

$$A_{оз} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i A_i}{A^2} \cdot 100, \quad (42)$$

где  $S_i$  – площади зеркал озер, км<sup>2</sup>;  $A_i$  – площади водосборов озер, км<sup>2</sup>;  $A$  – площадь водосбора до расчетного створа реки, км<sup>2</sup>.

Если река и ее притоки вытекают из озер, водосборы которых занимают значительную часть площади водосбора реки  $A'_{оз} > 50\%$ , то средневзвешенную озерность  $A_{оз}$  вычисляют по формуле

$$A_{оз} = \frac{(A'_{оз} - 2)}{0,92}, \quad (43)$$

где  $A'_{оз}$  – относительная озерность в процентах, определяемая как

$$A'_{оз} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i \cdot 100}{A}. \quad (44)$$

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

Влияние прудов, регулирующих меженный сток, при расчете максимальных расходов воды вероятностью превышения  $P < 5\%$  не учитывается, а при  $P \geq 5\%$  допускается уменьшение расчетного значения расхода воды до  $10\%$ .

Коэффициент  $\delta_1$ , учитывающий снижение максимальных расходов воды в залесенных бассейнах, определяется по формуле

$$\delta_1 = \frac{\alpha_1}{(A_{\text{л}} + 1)^{0,22}}, \quad (45)$$

где  $\alpha_1$  – параметр, учитывающий расположение леса на водосборе; приведен в табл. 30;  $A_{\text{л}}$  – залесенность водосбора, в процентах.

При относительной залесенности  $A_{\text{л}}$  менее  $3\%$  или при проточной озерности  $A_{\text{оз}}$  более  $20\%$  коэффициент  $\delta_1$  принимается равным единице, при  $A_{\text{л}} > 30\%$ ,  $\alpha_1 = 1,0$ .

Таблица 30

**Значения коэффициента  $\alpha_1$  в формуле (45)**

Расположение леса на водосборе	Залесенность водосбора $A_{\text{л}}$ , %		
	3–9	10 – 19	20–30
В верхней части водосбора	0,85	0,80	0,75
Равномерное	1,0	1,0	1,0
В нижней и прирусловой части водосбора	1,20	1,25	1,30

Коэффициент  $\delta_2$ , учитывающий снижение максимального расхода воды заболоченных водосборов, определяется по формуле

$$\delta_2 = 1 - \beta \lg(0,1 \cdot A_{\text{б}} + 1), \quad (46)$$

где  $\beta$  – коэффициент, учитывающий тип болот и преобладающий механический состав почв (грунтов) вокруг болота и заболоченных земель; приведен в табл. 31;  $A_{\text{б}}$  – заболоченность водосбора, %.

Таблица 31

**Значения коэффициента  $\beta$  в формуле (46)**

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

Внутриболотные озера, рассредоточенные по водосбору и расположенные вне главного русла и основных притоков, следует включать в значение относительной площади болот.

При заболоченности менее 3 % или проточной средневзвешенной озерности более 6 % коэффициент  $\delta_2$  принимают равным единице.

При невозможности подобрать реку-аналог расчетные максимальные мгновенные расходы воды ( $Q_p$ ) заданной ежегодной вероятности превышения ( $P$ ) допускается определять по формуле

$$Q_p = \frac{K'_0 h_p \mu \delta}{1000(A+1)^{0,20}} \cdot A, \quad (47)$$

где обозначения параметров  $h_p$ ,  $\mu$ ,  $\delta$ ,  $A$  — те же, что и в формуле (38), а параметр  $K'_0$  определяется по формуле

$$K'_0 = \frac{9,15}{\exp(0,02A_{\text{л}}) \cdot [1 + 0,07 \cdot (A_{\text{б}} + A_{\text{мел. зем}})]} + \frac{1,18}{10^{0,14/i}} + 0,77, \quad (48)$$

где  $A_{\text{л}}$  — относительная залесенность водосбора, %, вычисленная с учетом площадей, занимаемых лесом заболоченным и лесом по суходолу;  $A_{\text{б}} + A_{\text{мел. зем}}$  — относительная заболоченность водосбора, %, включающая болота, заболоченные земли и мелиорированные земли на осушенных болотах;  $i$  — уклон водотока, ‰.

Площади мелиорированных земель на водосборе определяются по данным водохозяйственных организаций. Если собрать такие сведения не представляется возможным, допускается площади мелиорированных земель ( $A_{\text{мел. зем}}$ , км<sup>2</sup>) определять по зависимости от длины ( $\Sigma l$ , км), открытой мелиоративной сети по формуле

$$A_{\text{мел. зем}} = 0,21 \cdot \Sigma l. \quad (49)$$

Расходы воды весеннего половодья малых рек при соответствующем обосновании допускается определять по упрощенным генетическим формулам.

### *Ход выполнения работы*

Определить максимальные расходы воды весеннего половодья различной расчетной обеспеченности р. Орессы в створе с. Верхутино. Площадь водосбора  $A = 520$  км<sup>2</sup>.

Определение максимальных расходов воды весеннего половодья при отсутствии данных наблюдений и наличии реки-аналога производится в следующей последовательности.

По табл. 28 определяется коэффициент  $\mu$  для заданных обеспеченностей:  $\mu_1 \% = 1,0$ ;  $\mu_5 \% = 0,90$ ;  $\mu_{10} \% = 0,84$ ;  $\mu_{25} \% = 0,75$ .

По рис. П13 определяется коэффициент вариации  $C_v = 0,62$ , далее по табл. 29 находим соотношение  $C_S/C_V = 3$  и далее по табл. П3 вычисляем модульные коэффициенты требуемых обеспеченностей:  $k_1 \% = 3,156$ ;  $k_5 \% = 2,18$ ;  $k_{10} \% = 1,782$ ;  $k_{25} \% = 1,264$ . По картам изолиний рис. П12 определяется средний многолетний слой стока весеннего половодья  $\bar{h} = 50$  мм. Далее по формуле (39) рассчитывается слой суммарного весеннего стока каждой обеспеченности:

$$h_{1 \%} = 3,156 \cdot 50 = 158 \text{ мм}; h_{5 \%} = 2,18 \cdot 50 = 109 \text{ мм};$$

$$h_{10 \%} = 1,782 \cdot 50 = 89,1 \text{ мм}; h_{25 \%} = 1,264 \cdot 50 = 63,2 \text{ мм}.$$

Рассчитывается коэффициент  $\delta_{оз}$ , учитывающий влияние озер по формуле (41), в которой коэффициент  $c = 0,30$ , так как  $\bar{h} = 50$  мм, коэффициент озерности  $A_{оз} = 1$  %:

$$\delta = \frac{1}{1 + 0,30 \cdot 1} = 0,77.$$

Рассчитывается коэффициент  $\delta_1$ , учитывающий влияние леса, по формуле (45)  $A_л = 67$  %, коэффициент, зависящий от природной зоны и расположения леса на водосборе, определяем по табл. 27  $\alpha_1 = 1,0$ :

$$\delta_1 = \frac{1,0}{(67 + 1)^{0,22}} = 0,40.$$

Рассчитывается коэффициент  $\delta_6$ , учитывающий влияние болот, по формуле (46)  $A_б = 46$  % (суммарная площадь болот, заболоченных земель и заболоченного леса), коэффициент, учитывающий тип болот и преобладающий механический состав, определяем по табл. 31  $\beta = 0,7$ :

$$\delta_2 = 1 - 0,7 \cdot \lg(0,1 \cdot 46 + 1) = 0,48.$$

Определяется коэффициент дружности весеннего половодья  $K_0$  по формуле (38). Для этого необходимо подобрать реку-аналог. Как показал анализ имеющейся гидрологической информации, рекой-аналогом может послужить р. Оресса в створе д. Андреевки. Воспользуемся результатами п. 5, в котором получены значения максимальных расходов воды весеннего половодья различной обеспеченности  $Q'_{\max 1 \%} = 240 \text{ м}^3/\text{с}$  и коэффициент вариации  $C_V = 0,77$ . Рассчитываются остальные параметры, необходимые для расчета коэффициента дружности половодья. По табл. 29 находим соотношение  $C_S/C_V = 3$  и далее по табл. П3 вычисляем модульные коэффициенты требуемых обеспеченностей:

$k_{1\%} = 3,937$ . По картам изолиний рис. П13 определяем средний многолетний слой стока весеннего половодья  $\bar{h} = 50$  мм. Далее рассчитывается для водосбора р. Орессы в створе д. Андреевки слой суммарного весеннего стока  $h_{1\%} = 3,937 \cdot 50 = 197$  мм; коэффициент озерности  $\delta = 0,77$  ( $c = 0,30$ ,  $\bar{h} = 50$  мм,  $A_{03} = 1\%$ ); коэффициент, учитывающий влияние леса,  $\delta_1 = 0,45$  ( $A_1 = 36\%$ ,  $\alpha_1 = 1,0$ ); коэффициент, учитывающий влияние болот,  $\delta_2 = 0,54$  ( $A_6 = 25\%$ ;  $\beta = 0,7$ ).

Коэффициент дружности весеннего половодья  $K_0$  для водосбора р. Орессы в створе д. Андреевки:

$$K_0 = \frac{Q_P \cdot (A+1)^{0,20}}{h_P \cdot \mu \cdot \delta \cdot \delta_1 \cdot \delta_2 \cdot A} = \frac{240 \cdot (3580+1)^{0,20}}{197 \cdot 1,0 \cdot 0,77 \cdot 0,45 \cdot 0,54 \cdot 3580} = 0,009.$$

Рассчитываем максимальные расходы воды весеннего половодья заданных обеспеченностей, подставляя полученные значения коэффициентов в формулу (38),  $A = 3580$  км<sup>2</sup>:

$$Q_{1\%} = \frac{0,009 \cdot 1,0 \cdot 158 \cdot 0,77 \cdot 0,40 \cdot 0,48}{(520+1)^{0,20}} \cdot 520 = 31,3 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q_{5\%} = \frac{0,009 \cdot 0,9 \cdot 109 \cdot 0,77 \cdot 0,40 \cdot 0,48}{(520+1)^{0,20}} \cdot 520 = 19,4 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q_{10\%} = \frac{0,009 \cdot 0,84 \cdot 89,1 \cdot 0,77 \cdot 0,40 \cdot 0,48}{(520+1)^{0,20}} \cdot 520 = 14,8 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q_{25\%} = \frac{0,009 \cdot 0,75 \cdot 63,2 \cdot 0,77 \cdot 0,40 \cdot 0,48}{(520+1)^{0,20}} \cdot 520 = 9,39 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Требуется определить максимальные расходы воды весеннего половодья различной расчетной обеспеченности р. Орессы в створе с. Верхутино без использования реки-аналога. Площадь водосбора  $A = 520$  км<sup>2</sup>, относительная залесенность водосбора 67%, относительная заболоченность водосбора 67%, площадь мелиорированных земель на водосборе 10%, уклон водотока 0,23‰.

По формуле (48) определяем параметр дружности половодья

$$K'_0 = \frac{9,15}{\exp(0,02 \cdot 67) \cdot [1 + 0,07 \cdot (67 + 10)]} + \frac{1,18}{10^{0,14/0,23}} + 0,77 = 1,44.$$

По формуле (47) определим расход расчетной обеспеченности, при этом воспользуемся значениями  $h_P$ ,  $\mu$ ,  $\delta$ ,  $A$ , полученными выше:

$$Q_{1\%} = \frac{1,44 \cdot 158 \cdot 1,0 \cdot 0,77}{1000 \cdot (520+1)^{0,20}} \cdot 520 = 26,1 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q_{5\%} = \frac{1,44 \cdot 109 \cdot 0,9 \cdot 0,77}{1000 \cdot (520 + 1)^{0,20}} \cdot 520 = 16,2 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q_{10\%} = \frac{1,44 \cdot 89,1 \cdot 0,84 \cdot 0,77}{1000 \cdot (520 + 1)^{0,20}} \cdot 520 = 12,3 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q_{25\%} = \frac{1,44 \cdot 63,2 \cdot 0,75 \cdot 0,77}{1000 \cdot (520 + 1)^{0,20}} \cdot 520 = 7,82 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Расхождение в результатах вычисленных максимальных расходов воды весеннего паводья не превышает 20 %, что свидетельствует о корректности полученных значений, поэтому окончательный результат можно принять как среднее арифметическое.

## **8. Определение расчетных величин максимальных расходов воды дождевых паводков при отсутствии данных наблюдений**

Выбор типа расчетной формулы для определения максимального срочного расхода воды дождевого паводка заданной вероятности превышения  $Q_{P\%}$  приведен в табл. 32.

Расчетная формула типа I (редукционная) для определения  $Q_{P\%}$ ,  $\text{м}^3/\text{с}$ , при наличии одной или нескольких рек-аналогов имеет вид:

$$Q_{P\%} = q_{P\%,a} \varphi_M \cdot \frac{\delta \delta_2}{\delta_a \delta_{2a}} \cdot A, \quad (50)$$

где  $q_{P\%,a}$  — модуль максимального срочного расхода воды реки-аналога расчетной вероятности превышения  $P\%$ ,  $\text{м}^3/\text{с} \cdot \text{км}^2$ ; рассчитывают по формуле

$$q_{P\%,a} = \frac{Q_{P\%,a}}{A_a}, \quad (51)$$

где  $Q_{P\%,a}$  — максимальный расход воды дождевого паводка вероятности превышения  $P\%$ ,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $A_a$  — площадь водосбора реки-аналога,  $\text{км}^2$ ;  $\varphi_M$  — коэффициент, учитывающий редукцию максимального модуля стока дождевого паводка  $q_{1\%}$  с увеличением площади водосбора  $A$ ,  $\text{км}^2$ , и рассчитывают в зависимости от значения коэффициента  $k_\Phi$ , представляющего соотношение коэффициентов формы водосбора исследуемой реки и реки-аналога:

**Условия применения расчетных формул по определению  
максимального расхода воды дождевого паводка заданной вероятности**

Тип формулы	Расчетная формула	Площадь водосбора реки	Учитываемые характеристики бассейна	Методические возможности формулы
I	Эмпирическая редукционная формула (50) при наличии реки-аналога	$A > 50 \text{ км}^2$	Гидрографические характеристики русла, озерность, заболоченность, средняя высота водосбора	Расчет $Q_{\text{max}, P\%}$ без учета наиболее вероятных календарных сроков его прохождения
II	Эмпирическая редукционная формула (55) при отсутствии реки-аналога	$A > 0 \text{ км}^2$	То же	То же
III	Формула предельной интенсивности стока (57): при наличии реки-аналога; при отсутствии реки-аналога;	$A < 50 \text{ км}^2$	Гидрографические характеристики русла и водосбора, озерность, тип и механический состав почв водосбора, наибольший суточный максимум осадков в году, интенсивность осадков	«
IV	Объемные, генетические и другие формулы, основанные на расчете стока по осадкам, в том числе через индексы предыдущего увлажнения	$A > 0 \text{ км}^2$	Гидрографические характеристики русла и водосбора, озерность, заболоченность, инфильтрационные свойства почв, уровень подземных вод, стокоформирующие одно- и многосуточные осадки по календарным периодам года (на уровне декад и месяцев), показатель увлаженности почв	Расчет $Q_{\text{max}, P\%}$ с учетом календарных сроков летне-осеннего сезона и имеющихся представлений о формировании потерь стока

$$k_{\Phi} \approx \frac{LA_a^{0,56}}{A^{0,56}L_a}, \quad (52)$$

где  $L$  и  $L_a$  – гидрографическая длина водотока для исследуемой реки и реки-аналога соответственно, км;  $A$  и  $A_a$  – площадь водосбора для исследуемой реки и реки-аналога соответственно, км<sup>2</sup>.

Значение коэффициента  $\Phi_M$  определяют по формуле

$$\Phi_M = \begin{cases} \left(\frac{A_a}{A}\right)^n & \text{при } k_{\Phi} \leq 1,5; \\ \left(\frac{\Phi_a}{\Phi}\right)^{n_1} & \text{при } k_{\Phi} > 1,5, \end{cases} \quad (53)$$

где  $\Phi$  и  $\Phi_a$  – гидроморфометрический параметр русла для исследуемой реки и реки-аналога соответственно; определяют по формуле

$$\Phi = \frac{1000L}{m_p i_p^{1/3} A^{1/4}}, \quad (54)$$

где  $L$  и  $A$  – то же, что в формуле (52);  $m_p$  – гидравлические параметры, характеризующие состояние и шероховатость русла водотока; приведены в табл. 33;  $i_p$  – средневзвешенный уклон русла водотока, ‰;  $n$  и  $n_1$  – степенные коэффициенты, отражающие редукцию максимального модуля стока дождевого паводка  $q_{1\%}$  соответственно с увеличением площади водосбора  $A$ , км<sup>2</sup>, приведены в табл. 34;  $\delta$ ,  $\delta_a$  – коэффициенты для исследуемой реки и реки-аналога, учитывающие снижение максимальных расходов воды проточными озерами; определяются по формуле (41) при  $c = 0,2$ , при наличии сведений только об относительной озерности  $c = 0,11$ ;  $\delta_2$ ,  $\delta_{2a}$  – соответственно, для исследуемой реки и реки-аналога коэффициенты, учитывающие снижение максимального расхода воды вследствие заболоченности водосбора; определяются по формуле (46) при  $\beta = 0,5$ .

Расчетный максимальный срочный расход воды дождевого паводка определяют по формуле (50) на основе использования одной или нескольких рек-аналогов с учетом полученных значений степенных коэффициентов  $n$  и  $n_1$  и формул для учета регулирующего влияния естественных и искусственных факторов.

При наличии значений степенных коэффициентов  $n$  и  $n_1$ , а также расчетных формул по определению поправочных коэффициентов  $\delta$ ,  $\delta_a$ ,  $\delta_2$  и  $\delta_{2a}$ , полученных на основе региональных обобщений, допускается их использование при выполнении расчетов по формуле (50).

Параметр  $m_p$  в формуле (54)

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

Таблица 34

Коэффициенты редукции модуля максимального расхода воды  $n$  и  $n_1$ 

Водосборы рек	Значения коэффициентов	
	$n$	$n_1$
Западной Двины, Немана, левобережных притоков Припяти, Западного Буга	0,22	0,60
Березины, Днепра, Сожа	0,30	0,80
Правобережных притоков Припяти	0,50	1,1

При невозможности подобрать реку-аналог максимальные мгновенные расходы воды дождевых паводков  $Q_p$ , м<sup>3</sup>/с, обеспеченности 10 % определяются по формуле типа II, которая имеет вид

$$Q_p = \frac{q_{10\%} \delta \lambda_{p\%}}{\Phi^{0,8}} \cdot A, \quad (55)$$

где  $q_{10\%}$  – модуль максимального срочного расхода воды ежегодной вероятности превышения  $P = 10\%$ , определяется интерполяцией между данными наблюдений соседних гидрологически изученных рек в исследуемом районе или по карте, приведенной на рис. П14;  $\Phi$  – морфологический параметр русла; определяется по формуле (54);  $A$  – площадь водосбора до расчетного створа, км<sup>2</sup>;  $\delta$  – то же, что и в формуле (50);  $\lambda_{p\%}$  – переходный коэффициент от максимальных срочных расходов воды ежегодной вероятностью превышения  $P = 10\%$  к значениям другой вероятности превышения  $P < 25\%$ ; назначают по данным гидрологически изученных рек в исследуемом районе на основе установления соотношения (56) или по значениям, приведенным в табл. 35:

$$\lambda_{p\%} = \frac{Q_{p\%}}{Q_{10\%}}. \quad (56)$$

Переходный коэффициент  $\lambda_P$  в формуле (55)

Вероятность превышения, %	1	2	3	5	10	25
Переходной коэффициент	1,96	1,65	1,47	1,29	1,0	0,64

Расчетная формула типа III для определения максимального мгновенного расхода воды дождевых паводков  $Q_{P\%}$ , м<sup>3</sup>/с, на водосборах площадью менее 50 км<sup>2</sup> имеет вид

$$Q_{P\%} = q'_{1\%} \varphi H'_{1\%} \delta \lambda_P A, \quad (57)$$

где  $q'_{1\%}$  – относительный модуль максимального срочного расхода воды ежегодной вероятности превышения  $P = 1\%$ , м<sup>3</sup>/с·км<sup>2</sup>, представляющий отношение

$$q'_{1\%} = \frac{q_{1\%}}{\varphi H'_{1\%}}, \quad (58)$$

определяют для исследуемого района в зависимости от гидроморфометрического параметра русла  $\Phi_P$  и продолжительности склонового добега  $\tau_{ск}$ , мин, по данным, приведенным в табл. 36;  $\varphi$  – сборный коэффициент стока;  $H'_{1\%}$  – максимальный суточный слой осадков вероятности превышения  $P = 1\%$ , мм; определяют по данным ближайших метеорологических станций, имеющих наибольшую длительность наблюдений;  $\lambda_{P\%}$  – переходной коэффициент от максимальных мгновенных расходов воды, ежегодной вероятностью  $P = 1\%$  к максимальным расходам другой вероятности превышения, принимается аналогично формуле (56) или по значениям, приведенным в табл. 37;  $\delta$ ,  $A$  – то же, что в формуле (55).

Таблица 36

**Максимальные модули стока  $q'_{1\%}$ , ежегодной вероятностью превышения 1%, выраженные в долях произведения  $\varphi H'_{1\%}$ , при  $\delta = 1$**

Продолжительность склонового добега $\tau_{ск}$ , мин	Значение $q'_{1\%}$ при $\Phi'_P$ , равном								
	0	1	5	10	20	30	40	50	60
10	0,53	0,51	0,41	0,31	0,19	0,12	0,093	0,072	0,059
30	0,35	0,33	0,26	0,21	0,14	0,10	0,080	0,064	0,053
60	0,19	0,18	0,16	0,14	0,11	0,082	0,066	0,054	0,047
100	0,12	0,12	0,11	0,10	0,084	0,070	0,058	0,048	0,041
150	0,088	0,086	0,080	0,075	0,065	0,055	0,047	0,040	0,035
200	0,070	0,068	0,065	0,060	0,056	0,050	0,039	0,034	0,031

Продолжительность склонового добегаания $\tau_{ск}$ , мин	Значение $q'_1$ % при $\Phi_p$ , равном							
	70	80	90	100	150	200	250	300
10	0,050	0,041	0,036	0,031	0,019	0,013	0,010	0,0083
30	0,045	0,038	0,034	0,030	0,018	0,013	0,010	0,0083
60	0,040	0,035	0,031	0,028	0,018	0,013	0,010	0,0083
100	0,036	0,032	0,028	0,026	0,017	0,012	0,0097	0,0081
150	0,031	0,028	0,026	0,023	0,016	0,012	0,0094	0,0079
200	0,028	0,025	0,023	0,021	0,015	0,011	0,0091	0,0076

Таблица 37

Переходный коэффициент  $\lambda_p$  в формуле (57)

Водосборы рек	Переходные коэффициенты $\lambda_p$ при вероятности превышения $P$ , %, равной					
	1	2	3	5	10	25
Западной Двины, Немана, левобережных притоков Припяти, Западного Буга	1,0	0,85	0,77	0,67	0,55	0,36
Березины, Днепра, Сожа	1,0	0,83	0,74	0,62	0,46	0,28
Правобережных притоков Припяти	1,0	0,70	0,58	0,42	0,30	0,14

Гидроморфометрический параметр русла исследуемой реки  $\Phi_p$  определяют по формуле

$$\Phi_p = \frac{1000L}{m_p i_p^{1/3} A^{1/4} (\varphi H'_{1\%})^{1/4}}, \quad (59)$$

где  $m_p, i_p, A$  – то же, что в формуле (54).

Сборный коэффициент  $\varphi$  при наличии рек-аналогов определяется по формуле

$$\varphi = \frac{q_{1\%,a}}{16,67\bar{\psi}(\tau_6)\delta H'_{1\%}} \cdot \left( \frac{i_{ск}}{i_{ск,a}} \right)^{n_2} \left( \frac{A_a + 1}{A + 1} \right)^{0,07}, \quad (60)$$

где  $q_{1\%,a}$  – модуль максимального срочного расхода воды реки-аналога ежегодной вероятности превышения  $P = 1\%$ ,  $m^3/c \cdot км^2$ ;  $\delta, A, A_a$  – то

же, что в формуле (50);  $i_{ск}$ ,  $i_{ск,а}$  – средний уклон склонов исследуемой реки и реки-аналога, ‰;  $n_2$  – степенной коэффициент, определяемый в зависимости от механического состава почв, приведен в табл. 38;  $16,67\bar{\psi}(\tau_6)$  – ордината кривой редукции осадков, приведенная в табл. 39;  $\tau_6$  – продолжительность бассейнового добегаания, мин.; определяют по формуле

$$\tau_6 = 1,2\tau_p^{1,1} + \tau_{ск}, \quad (61)$$

где  $\tau_p$  – продолжительность руслового добегаания, мин.; определяют по формуле

$$\tau_p = \frac{1000L}{m_p i_p^{1/3} A^{1/4} q_1^{1/4}}, \quad (62)$$

где  $L$ ,  $m_p$ ,  $i_p$ ,  $A$  – то же, что в формуле (59);  $\tau_{ск}$  – продолжительность склонового добегаания, допускается принимать:

60	при заболоченности	менее 20 %;
100	«	от 20 % до 40 %;
50	«	более 40 %.

Таблица 38

**Коэффициенты  $\phi_0$  и  $n_2$  в зависимости от типа почв в формуле (60)**

Механический состав почв	Значения коэффициентов	
	$\phi_0$	$n_2$
Глинистые и тяжелосуглинистые	0,56	0,50
Среднесуглинистые и суглинистые	0,38	0,65
Супесчаные, песчаные	0,30	0,80

Таблица 39

**Таблица величин ординат осредненных кривых редукции осадков, определяемых по произведению  $16,67\bar{\psi}(\tau_6)$ , и величин относительной интенсивности осадков  $\psi(\tau_6)$  при  $\tau_6 = 150$  мин**

Значение $16,67\bar{\psi}(\tau_6)$ для $\tau_6$ , мин, равных										Относительная интенсивность осадков $\psi(\tau_6 = 150 \text{ мин})$
5	10	20	40	60	90	150	300	720	1440	
0,67	0,53	0,40	0,25	0,19	0,14	0,088	0,048	0,022	0,012	0,79

Продолжительность склонового добегаания  $\tau_{ск}$ , мин, приведена в табл. 40 в зависимости от гидроморфологического параметра склонов  $\Phi_{ск}$ , вычисляемой по формуле

$$\Phi_{\text{СК}} = \frac{\sqrt{1000 L_{\text{СК}}}}{m_{\text{СК}} i_{\text{СК}}^{1/4} \sqrt{\varphi H_1 \%}}, \quad (63)$$

где  $L_{\text{СК}}$  – средняя длина безрусловых склонов водосбора, км; определяют по формуле

$$L_{\text{СК}} = \frac{1}{\gamma \rho}, \quad (64)$$

где  $\rho$  – густота русловой и овражно-балочной сети водосбора, км/км<sup>2</sup>;  $\gamma$  – коэффициент, принимаемый для односкатных склонов равным 0,9, для двухскатных – 1,8;  $m_{\text{СК}}$  – коэффициент, характеризующий шероховатость склонов водосборов; принимают: 0,15 для кочковатых склонов (или населенных пунктов с застройкой более 20 %); 0,25 для ровных (без кочек) склонов с обычным травяным покровом; 0,3 для спланированных, грунтовых склонов;  $\varphi$ ,  $H_1$  % – то же, что и в формуле (59).

Таблица 40

**Значение  $\tau_{\text{СК}}$  в зависимости от гидроморфологической характеристики склонов водосбора  $\Phi_{\text{СК}}$**

$\Phi_{\text{СК}}$	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0
$\tau_{\text{СК}}$ , МИН	2,3	5,0	8,0	11	15	19	28
$\Phi_{\text{СК}}$	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10	12
$\tau_{\text{СК}}$ , МИН	39	53	67	85	105	130	180

При отсутствии рек-аналогов расчет сборного коэффициента стока  $\varphi$  определяется по формуле

$$\varphi = \frac{1,2 \cdot \varphi_0}{(A+1)^{0,07}} \cdot \left( \frac{i_{\text{СК}}}{50} \right)^{n_2}, \quad (65)$$

где  $\varphi_0$  – сборный коэффициент стока для водосбора; определяется в зависимости от механического состава почв, приведен в табл. 38;  $n_2$ ,  $i_{\text{СК}}$  – то же, что в формуле (60).

Для среднего уклона водосбора  $i_{\text{в}} \geq 150$  сборный коэффициент  $\varphi$  определяется по формуле (65) при  $i_{\text{в}} = 150$ , при  $i_{\text{в}} \leq 15$  расчет ведется при уклоне  $i_{\text{в}} = 15$ .

При различной крутизне склонов или значительной пестроте почвогрунтов, слагающих исследуемый водосбор, сборный коэффициент стока  $\varphi$  принимают как средневзвешенное значение.

Величины слоев дождевого стока при наличии рек-аналогов принимаются независимо от площади водосбора рек, равными величинам расчетных слоев дождевого стока аналогов.

Расчетный слой дождевого паводка  $h_{P\%}$  для водосборов площадью менее  $50 \text{ км}^2$ , при отсутствии рек-аналогов расчетные слои дождевого стока следует определять по формуле

$$h_{P\%} = \varphi H'_{1\%} \lambda_{P\%}^*, \quad (66)$$

где  $\varphi$  и  $H'_{1\%}$  – то же, что в формуле (57);  $\lambda_{P\%}^*$  – переходный коэффициент от слоя стока дождевого паводка вероятности превышения  $P = 1\%$  к слоям других вероятностей превышения; определяют по формуле (67) или по значениям, приведенным в табл. 41

$$\lambda_{P\%}^* = \frac{H'_{P\%}}{H'_{1\%}}, \quad (67)$$

где  $H'_{P\%}$  – слой максимальных суточных осадков вероятности превышения соответственно  $P\%$ , мм; определяют по кривым распределения суточных осадков.

Таблица 41

Переходный коэффициент  $\lambda'_{P\%}$  в формуле (67)

Водосбор реки	Переходный коэффициент $\lambda'_{P\%}$ при обеспеченности $P$ в процентах, равной					
	1	2	3	5	10	25
Западной Двины, Немана, Западного Буга, левобережных притоков Припяти, Березины, Днестра, Сожа	1,0	0,87	0,79	0,68	0,52	0,35
Правобережных притоков Припяти	1,0	0,77	0,68	0,56	0,28	0,10

Величины расчетных слоев дождевого стока, для водосборов площадью более  $50 \text{ км}^2$  при отсутствии рек-аналогов, определяются по данным гидрометрических постов соседних рек интерполяцией или по карте изолиний.

Средние суточные максимальные расходы воды  $\bar{Q}_C$  дождевого стока следует определять по гидрометрическим данным рек-аналогов. При отсутствии рек-аналогов значение  $\bar{Q}_C$ ,  $\text{м}^3/\text{с}$ , допускается определять по формуле

$$\bar{Q}_C = \frac{Q_P}{k'_\tau}, \quad (68)$$

где  $Q_P$  – расчетный максимальный мгновенный расход воды, м<sup>3</sup>/с, ежегодной вероятностью превышения  $P$ ;  $k'_\tau$  – переходной коэффициент от срочных максимальных расходов воды к средним суточным; рассчитывается по формуле

$$k'_\tau = \frac{b}{(A+1)^{m_1}}, \quad (69)$$

где  $A$  – площадь водосбора, км<sup>2</sup>;  $b$ ,  $m_1$  – параметры, приведены в табл. 42.

Таблица 42

Параметры  $b$  и  $m_1$  в формуле (69)

Водосбор реки	Параметр	
	$b$	$m_1$
Западной Двины	1,8	0,09
Немана, Западного Буга, левобережных притоков Припяти, Днепра, Березины, Сожа	4,5	0,19
Правобережные притоки Припяти	5,0	0,20

Максимальные расходы воды дождевых паводков  $Q_{P\%}$ , м<sup>3</sup>/с, ежегодной вероятностью  $P\%$  для расчета сооружений осушительных и осушительно-увлажнительных систем при площади водосбора менее 50 км<sup>2</sup> и отсутствии рек-аналогов допускается определять по формуле

$$Q_{P\%} = \bar{q} A k_P, \quad (70)$$

где  $\bar{q}$  – средний многолетний модуль стока дождевых паводков, м<sup>3</sup>/с · км<sup>2</sup>;  $A$  – площадь водосбора, км<sup>2</sup>;  $k_P$  – модульный коэффициент расчетной ежегодной вероятности превышения.

Средний многолетний модуль стока дождевых паводков, м<sup>3</sup>/с · км<sup>2</sup>, определяется по формуле

$$\bar{q} = a \cdot \frac{B_{\text{ср}}^{0,25} i_{\text{в}}^{0,143} (1+0,5r)}{(A+1)^{0,25} (1+0,2A_{\text{оз}}) (1+0,02A_{\text{б}}) (1+0,02A_{\text{л.з}}) (1+0,01A_{\text{л.с}})}, \quad (71)$$

где  $a$  – физико-географический параметр, определяемый по данным рек-аналогов, а при невозможности их подбора – интерполяцией по картам, построенным для исследуемого района с учетом последних лет наблюдений или по карте изолиний, приведенной на рис. П15;

$B_{\text{ср}}$  – средняя ширина водосбора, км;  $i_{\text{в}}$  – средний уклон водосбора, промилле;  $\rho$  – густота речной сети (учитываются водотоки длиной  $L \geq 2,0$  км), км/км<sup>2</sup>;  $A_{\text{оз}}$  – средневзвешенная озерность водосбора, %;  $A_{\text{б}}$  – относительная заболоченность водосбора, %;  $A_{\text{л.з}}$  – относительная площадь заболоченного леса на водосборе, %;  $A_{\text{л.с}}$  – относительная площадь сухого леса на водосборе, %.

Коэффициент вариации средних многолетних модулей стока воды дождевых паводков определяется по формуле

$$C_V = \frac{a'}{(A + 10)^{0,05} (\bar{q} + 1)^{0,10}}, \quad (72)$$

где  $a'$  – физико-географический параметр, определяемый по данным рек-аналогов, а при невозможности их подбора – интерполяцией по картам, построенным для исследуемого района с учетом последних лет наблюдений или по карте изолиний, приведенной на рис. П16;  $A$ ,  $\bar{q}$  – то же, что и в формуле (70).

Отношение коэффициента асимметрии к коэффициенту вариации модулей стока дождевых паводков для рек бассейна Западной Двины принимается –  $C_S = 2C_V$ ; для рек бассейна Немана и левобережных притоков Припяти –  $C_S = 3C_V$ ; для рек бассейнов Днепра, Сожа, Березины, правобережных притоков Припяти –  $C_S = 4C_V$ .

### ***Ход выполнения работы***

Определить максимальный расход дождевого паводка вероятностью превышения 1 % р. Саморувки у д. Зарудье.

Характеристики водосбора:  $A = 74$  км<sup>2</sup>;  $L = 17$  км;  $i_p = 0,88$ ;  $\rho = 0,85$  км/км<sup>2</sup>;  $A_{\text{оз}} = 0$ ;  $A_{\text{б}} = 6$  %;  $A_{\text{л.з}} = 3$  %;  $A_{\text{л.с}} = 11$  %.

1. *Методом аналогии.* Расчет выполняется в следующем порядке.

Используются данные наблюдений по реке-аналогу (р. Неслуха – д. Рудск) со следующими характеристиками водосбора:  $A = 340$  км<sup>2</sup>;  $L = 24,5$  км;  $i_p = 0,57$ ,  $A_{\text{оз}} = 0$ ;  $A_{\text{б}} = 12$  %. Максимальный расход воды 1 % обеспеченности равен 24,0 м<sup>3</sup>/с, что соответствует модулю стока, равному 0,071 м<sup>3</sup>/с · км<sup>2</sup>.

Для определения  $Q_{p\%}$ , м<sup>3</sup>/с используется расчетная формула типа I, так как имеется река-аналог и площадь водосбора  $A = 74$  км<sup>2</sup> > 50 км<sup>2</sup>.

По формуле (52) вычисляется коэффициент, характеризующий форму водосбора

$$k_{\Phi} \approx \frac{17 \cdot 340^{0,56}}{74^{0,56} \cdot 24,5} \approx 1,6.$$

По формуле (54) вычисляется гидроморфометрический параметр русла для исследуемой реки и реки-аналога, при этом за гидравлический параметр, характеризующий состояние и шероховатость русла водотока, принимаем  $m_p = 11$  (табл. 33)

$$\Phi_{\text{Саморувка}} = \frac{1000 \cdot 17}{11 \cdot 0,88^{0,33} \cdot 74^{0,25}} = 550;$$

$$\Phi_{\text{Неслуха}} = \frac{1000 \cdot 24,5}{11 \cdot 0,57^{0,33} \cdot 340^{0,25}} = 624,4.$$

По формуле (53) определяется значение коэффициента  $\varphi_M$  для условия  $k_\Phi > 1,5$  и принимаем  $n_1 = 0,60$  (табл. 34)

$$\varphi_M = \left( \frac{\Phi_a}{\Phi} \right)^{n_1} = \left( \frac{624,4}{550} \right)^{0,60} = 1,08.$$

По формуле (41) определяется коэффициент  $\delta$ , учитывающий снижение максимального стока рек, зарегулированных проточными озерами

$$\delta_{\text{Саморувка}} = \frac{1}{1 + 0,11 \cdot 0} = 1,$$

$$\delta_{\text{Неслуха}} = \frac{1}{1 + 0,11 \cdot 0} = 1.$$

По формуле (41) определяется коэффициент  $\delta_2$ , учитывающий максимальный расход воды заболоченных водосборов

$$\delta_{\text{Саморувка}} = 1 - 0,5 \cdot \lg(0,1 \cdot 6 + 1) = 0,90,$$

$$\delta_{\text{Неслуха}} = 1 - 0,5 \cdot \lg(0,1 \cdot 12 + 1) = 0,83;$$

По формуле (51) вычисляется модуль максимального срочного расхода воды реки-аналога ( $q_{1\%, a}$ ,  $\text{м}^3/\text{с} \cdot \text{км}^2$ ) расчетной вероятностью превышения  $P = 1\%$ :

$$q_{1\%, a} = \frac{24,0}{340} = 0,071 \text{ м}^3/\text{с} \cdot \text{км}^2.$$

Вычисляется максимальный расход воды дождевого паводка р. Саморувки расчетной вероятностью превышения  $P = 1\%$ :

$$Q_{1\%} = 0,071 \cdot 1,08 \cdot \frac{1,0 \cdot 0,90}{1,0 \cdot 0,83} \cdot 74 = 6,15 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Рассчитать максимальные расходы воды обеспеченности 1 % и 10 %-го дождевого паводка канала без названия у с. Сухое.

Характеристики водосбора:  $A = 18,2 \text{ км}^2$ ;  $A_{\text{оз}} = 0$ ;  $i_p = 0,2$ ;  $L = 3,2 \text{ км}$ .

2. *При отсутствии аналога.* Расчеты выполняются в следующем порядке.

Для определения максимального мгновенного расхода воды дождевых паводков  $Q_{10\%}$ ,  $\text{м}^3/\text{с}$ , обеспеченности 10 % используется формула типа II (55), так как невозможно подобрать реку-аналог.

Определяется модуль максимального срочного расхода воды  $q_{10\%} = 7,0$  ежегодной вероятности превышения  $P = 10\%$  по карте, приведенной на рис. П14.

По формуле (41) определяется коэффициент  $\delta$ , учитывающий снижение максимального стока рек, зарегулированных проточными озерами,

$$\delta = \frac{1}{1 + 0,11 \cdot 0} = 1$$

принимается  $m_p = 11$  (см. табл. 33) и определяется морфологическая характеристика русла в расчетном створе по формуле (54)

$$\Phi = \frac{1000 \cdot 3,2}{11 \cdot 0,2^{0,33} \cdot 18,2^{0,25}} = 239,6.$$

Определяется максимальный мгновенный расход воды дождевых паводков  $Q_{10\%}$  обеспеченности 10 % по формуле (55):

$$Q_{10\%} = \frac{7,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0}{239,6^{0,8}} \cdot 18,2 = 1,59 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Определяется переходной коэффициент от обеспеченности 10 % к обеспеченности 1%,  $\lambda_{1\%} = 1,96$  (см. табл. 35) и рассчитывается максимальный мгновенный расход воды дождевых паводков  $Q_{1\%}$  обеспеченности 1 % по формуле (55):

$$Q_{1\%} = \frac{7,0 \cdot 1,0 \cdot 1,96}{239,6^{0,8}} \cdot 18,2 = 3,12 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Рассчитать максимальный расход воды летне-осеннего паводка обеспеченности 1 % и 10 % канала Л-1 в створе ПК 12+20.

Характеристики водосбора:  $A = 0,77 \text{ км}^2$ ;  $A_{\text{оз}} = 0$ ;  $L = 0,75 \text{ км}$ ; грунты – супесчаные;  $i_b = 13,6$ ;  $i_p = 4,19$ ;  $\rho = 2,17 \text{ км}/\text{км}^2$ . Водосбор находится в бассейне р. Беседь.

3. *При отсутствии аналога по формуле предельной интенсивности стока.* Расчеты выполняются в следующем порядке.

Для определения максимального мгновенного расхода воды дождевых паводков  $Q_P$  %,  $\text{м}^3/\text{с}$ , используется расчетная формула типа III (57) предельной интенсивности стока при отсутствии рек – аналогов;

Принимается сборный коэффициент стока для водосбора  $\varphi_0 = 0,30$  (см. табл. 41 (супесчаные почвы)), степенной коэффициент  $n_2 = 0,80$  (см. табл. 38), так как  $i_b = 13,6 < 15$ , расчет ведется при уклоне  $i_b = 15$  и определяется сборный коэффициент стока

$$\varphi = \frac{1,2 \cdot 0,3}{(1 + 0,77)^{0,07}} \cdot \left( \frac{15,0}{50} \right)^{0,8} = 0,13.$$

Определяется максимальный суточный слой осадков вероятности превышения  $P = 1$  %, мм, по метеорологической станции Гомель  $H_{1\%} = 111$  мм;

Принимаем гидравлический параметр, характеризующий состояние и шероховатость русла водотока  $m_p = 9$  (см. табл. 33) и по формуле (59) рассчитываем гидроморфометрический параметр русла исследуемой реки  $\Phi_P$ :

$$\Phi_P = \frac{1000 \cdot 0,75}{9 \cdot 4,19^{1/3} \cdot 0,77^{1/4} \cdot (0,13 \cdot 111)^{1/4}} = 28,4.$$

Принимается густота русловой и овражно-балочной сети водосбора  $\rho = 2,17 \text{ км}/\text{км}^2$ ,  $\gamma = 1,8$  (двухскатный склон) и определяется средняя длина безрусловых склонов водосбора  $L_{ск}$ , км, по формуле (64):

$$L_{ск} = \frac{1}{1,8 \cdot 2,17} = 0,26 \text{ км}.$$

Принимается коэффициент, характеризующий шероховатость склонов водосборов  $m_{ск} = 0,15$  (для кочковатых склонов), и по формуле (63) рассчитывается значение гидроморфологического параметра склонов  $\Phi_{ск}$ :

$$\Phi_{ск} = \frac{\sqrt{1000 \cdot 0,26}}{0,15 \cdot 13,6^{0,25} \sqrt{0,13 \cdot 111}} = 14,7.$$

По табл. 40 в зависимости от гидроморфологического параметра склонов  $\Phi_{ск} = 14,7$  определяется продолжительность склонового добежания  $\tau_{ск} = 180$  мин.

По табл. 36 в зависимости от  $\Phi_P = 28,4$  и  $\tau_{ск} = 180$  определяется значение относительного модуля максимального срочного расхода воды ежегодной вероятности превышения  $P = 1$  %, которое составляет  $q'_{1\%} = 0,053 \text{ м}^3/\text{с} \cdot \text{км}^2$ .

По формуле (41) определяется коэффициент  $\delta$ , учитывающий снижение максимального стока рек, зарегулированных проточными озерами,

$$\delta = \frac{1}{1 + 0,11 \cdot 0} = 1.$$

По формуле (57) определяется максимальный мгновенный расход воды дождевых паводков 1 % обеспеченности

$$Q_{P\%} = 0,053 \cdot 0,13 \cdot 111 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,77 = 0,59 \text{ м}^3/\text{с}.$$

По табл. 37 принимается переходный коэффициент от максимальных расходов ежегодной вероятностью  $P$ , равной 1 %, к максимальному расходу вероятности 10 % превышения ( $\lambda_{10\%} = 0,46$ ) и по формуле (57) рассчитывается максимальный мгновенный расход воды дождевых паводков 10 % обеспеченности

$$Q_{P\%} = 0,053 \cdot 0,13 \cdot 111 \cdot 1,0 \cdot 0,46 \cdot 0,77 = 0,59 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Рассчитайте максимальный расход воды летне-осеннего паводка обеспеченности 1 % и 10 % канала Л-3 в створе ПК 17 + 20.

Характеристики водосбора:  $A = 7,5 \text{ км}^2$ ;  $A_{оз} = 0$ ;  $L = 1,75 \text{ км}$ ; грунты – песчаные;  $i_b = 21,6$ ;  $i_p = 5,20$ ;  $\rho = 1,52 \text{ км}/\text{км}^2$ . Водосбор находится в бассейне р. Лесная.

4. При наличии аналога по формуле предельной интенсивности стока расчет выполняют в следующем порядке.

Для определения максимального мгновенного расхода воды дождевых паводков  $Q_{P\%}$ ,  $\text{м}^3/\text{с}$ , используется расчетная формула типа III (57) предельной интенсивности стока при наличии реки – аналога.

Используются данные наблюдений по реке-аналогу (р. без названия) со следующими характеристиками водосбора:  $A = 10,4 \text{ км}^2$ ;  $L = 3,5 \text{ км}$ ;  $i_b = 17,8$ ;  $i_p = 5,70$ ;  $A_{оз} = 0$ ;  $\rho = 1,52 \text{ км}/\text{км}^2$ ; максимальный расход воды 1 % обеспеченности  $Q_{1\%} = 4,95 \text{ м}^3/\text{с}$ , что соответствует модулю стока, равному  $q_{1\%} = 0,476 \text{ м}^3/\text{с} \cdot \text{км}^2$ ; максимальный суточный слой осадков вероятности превышения  $P = 1\%$ , мм,  $H_{1\%} = 105 \text{ мм}$ .

По формуле (41) определяется коэффициент  $\delta$ , учитывающий снижение максимального стока рек, зарегулированных проточными озерами,

$$\delta = \frac{1}{1 + 0,11 \cdot 0} = 1.$$

Определяется максимальный суточный слой осадков вероятности превышения  $P = 1\%$ , мм, по метеорологической станции Брест  $H_{1\%} = 105 \text{ мм}$ ;

С использованием данных реки-аналога рассчитывается сборный коэффициент  $\varphi$ . Для этого:

- по формуле (62) определяется продолжительность руслового добега, при этом принимаем  $m_p = 11$  (см. табл. 33):

$$\tau_p = \frac{1000 \cdot 3,5}{11 \cdot 5,70^{1/3} \cdot 10,4^{1/4} \cdot 0,476^{1/4}} = 120 \text{ мин};$$

- продолжительность склонового добега  $\tau_{ск}$  принимается ориентировочно равной 60 мин;

- по формуле (61) рассчитывается бассейновое время добега

$$\tau_б = 1,2 \cdot 120^{1,1} + 60 = 292 \text{ мин};$$

- по табл. 39 по типовой кривой редукиции осадков при  $\tau_б = 292$  мин величина  $\bar{\psi}(\tau_б) = 0,05$ ;

- по табл. 28 определяется параметр  $n^2 = 0,80$  (песчаные почвы) и по формуле (60) вычисляется сборный коэффициент  $\varphi$

$$\varphi = \frac{0,476}{0,05 \cdot 1,0 \cdot 105} \cdot \left( \frac{21,6}{17,8} \right)^{0,80} \left( \frac{10,4 + 1}{7,5 + 1} \right)^{0,07} = 0,11.$$

По формуле (64) при  $\gamma = 1,8$  (двухскатный склон) рассчитывается средняя длина безрусловых склонов водосбора

$$L_{ск} = \frac{1}{1,8 \cdot 1,52} = 0,37 \text{ км}.$$

Принимается  $m_{ск} = 0,25$  (ровный (без кочек) склон с обычным травяным покровом) и по формуле (63) вычисляется гидроморфометрическая характеристика склона

$$\Phi_{ск} = \frac{\sqrt{1000 \cdot 0,37}}{0,25 \cdot 17,8^{1/4} \cdot \sqrt{0,11 \cdot 105}} = 11,0.$$

По табл. 40 для  $\Phi_{ск}^1$  определяется продолжительность склонового добега:

$$\tau_{ск} = 155 \text{ мин}.$$

<sup>1</sup>Для  $\Phi_{ск} > 12$  выполняются следующие дополнительные расчеты:

- для заданных значений  $\tau_{ск}$  (5, 10, 20, 40, 60, 90, 150, 300, 720, 1440 мин и т. д.) по кривым редукиции осадков (см. табл. 39) определяются соответствующие им значения ( $\psi(\tau) =$ ) и по формуле  $\Phi_{ск} = \tau_{ск} [\bar{\psi}(\tau_{ск})]^{1/2}$  рассчитываются значения  $\Phi_{ск}$ ;

- согласно расчетам строятся зависимости  $\tau_{ск} = f(\Phi_{ск})$ ;

- по зависимости  $\tau_{ск} = f(\Phi_{ск})$  для  $\Phi_{ск} > 12$  определяется значение  $\tau_{ск}$ .

При сравнении принятого и рассчитанного значения  $\tau_{\text{СК}}$  отмечается их значительное расхождение, поэтому необходимо произвести дополнительный расчет. Принимаем  $\tau_{\text{СК}} = 155$  мин:

$$\begin{aligned}\tau_6 &= 1,2 \cdot 120^{1,1} + 155 = 387 \text{ мин;} \\ 16,67\bar{\psi}(\tau_6) &= 0,043; \\ \varphi &= \frac{0,476}{0,043 \cdot 1,0 \cdot 105} \cdot \left(\frac{21,6}{17,8}\right)^{0,80} \left(\frac{10,4+1}{7,5+1}\right)^{0,07} = 0,13; \\ \Phi_{\text{СК}} &= \frac{\sqrt{1000 \cdot 0,37}}{0,25 \cdot 17,8^{1/4} \cdot \sqrt{0,13 \cdot 105}} = 10,1; \\ \tau_{\text{СК}} &= 135 \text{ мин.}\end{aligned}$$

При сравнении принятого и рассчитанного значения  $\tau_{\text{СК}}$  отмечается их значительное расхождение, поэтому необходимо произвести дополнительную итерацию. Принимаем  $\tau_{\text{СК}} = 135$  мин.

$$\begin{aligned}\tau_6 &= 1,2 \cdot 120^{1,1} + 135 = 367 \text{ мин;} \\ 16,67\bar{\psi}(\tau_6) &= 0,044; \\ \varphi &= \frac{0,476}{0,044 \cdot 1,0 \cdot 105} \cdot \left(\frac{21,6}{17,8}\right)^{0,80} \left(\frac{10,4+1}{7,5+1}\right)^{0,07} = 0,12; \\ \Phi_{\text{СК}} &= \frac{\sqrt{1000 \cdot 0,37}}{0,25 \cdot 17,8^{1/4} \cdot \sqrt{0,12 \cdot 105}} = 10,5; \\ \tau_{\text{СК}} &= 142 \text{ мин.}\end{aligned}$$

При сравнении значений  $\tau_{\text{СК}}$ , вычисленных при второй и третьей итерации, отмечается их незначительное расхождение; принимаем  $\tau_{\text{СК}} = 142$  мин.

По формуле (59) определяется гидроморфометрический параметр русла

$$\Phi_P = \frac{1000 \cdot 1,75}{11 \cdot 5,20^{1/3} \cdot 1,75^{1/4} \cdot (0,12 \cdot 105)^{1/4}} = 42,6.$$

По табл. 36 в зависимости от  $\Phi_P = 42,6$  и  $\tau_{\text{СК}} = 142$  мин определяется максимальный модуль стока ежегодной вероятностью превышения 1 %  $q'_1\% = 0,045$ .

Максимальный расход воды исследуемого водотока ежегодной вероятностью превышения 1 % определяется по формуле (57):

$$Q_{P\%} = 0,045 \cdot 0,12 \cdot 105 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 7,5 = 4,25 \text{ м}^3/\text{с}.$$

По табл. 37 принимается переходный коэффициент от максимальных расходов ежегодной вероятностью  $P$ , равной 1 %, к максимальному расходу вероятности 10 % превышения ( $\lambda_{10\%} = 0,55$ ) и по формуле (57) рассчитывается максимальный мгновенный расход воды дождевых паводков 10 %-ной обеспеченности

$$Q_{P\%} = 0,045 \cdot 0,12 \cdot 105 \cdot 1,0 \cdot 0,55 \cdot 7,5 = 2,34 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Рассчитать максимальные расходы воды летне-осенних дождевых паводков обеспеченности 10 % канала без названия у д. Сухое.

Характеристики водосбора:  $A = 18,2 \text{ км}^2$ ;  $L = 3,2 \text{ км}$ ;  $i_b = 0,2$ ;  $\rho = 1,2 \text{ км/км}^2$ ;  $B_{cp} = 5,69 \text{ км}$ ;  $A_{оз} = 0$ ;  $A_6 = 0 \%$ ;  $A_{л.з} = 2,0 \%$ ;  $A_{л.с} = 10 \%$ ; координаты центра водосбора – ( $25^\circ 30'$ ;  $52^\circ 10'$ ).

5. *Методами IV группы.* Расчеты выполняются в следующем порядке.

По рис. П15 находится физико-географический параметр  $a = 65$  и далее по формуле (71) определяется средний многолетний модуль стока дождевых паводков ( $\bar{q}$ ):

$$\bar{q} = 65 \cdot \frac{5,69^{0,25} \cdot 0,2^{0,143} \cdot (1 + 0,5 \cdot 1,2)}{(18,2 + 1)^{0,25} (1 + 0,02 \cdot 0) (1 + 0,02 \cdot 2) (1 + 0,01 \cdot 10)} = 53,3 \text{ л/с} \cdot \text{км}^2.$$

По формуле (72) определяется коэффициент вариации

$$C_V = \frac{1,9}{(18,2 + 10)^{0,05} \cdot (53,3 + 1)^{0,10}} = 1,08,$$

где 1,9 – физико-географический параметр, определяемый по рис. П16.

Соотношение  $C_S/C_V$  принимается равным 3,0 (бассейн р. Пины).

По табл. П3 определяется значение модульного коэффициента  $k_{10\%} = 2,21$ .

По формуле (70) рассчитывается максимальный расход дождевого паводка обеспеченности 10 % канала без названия у д. Сухое

$$Q_{10\%} = 53,3 \cdot 18,2 \cdot 2,21 \cdot 10^{-3} = 2,14 \text{ м}^3/\text{с}.$$

## **9. Определение расчетных величин меженных расходов воды рек при отсутствии данных наблюдений**

Расчетные расходы среднемеженного стока  $Q_{\text{ср. меж}}$ ,  $\text{м}^3/\text{с}$ , определяются по формуле

$$Q_{\text{ср. меж}} = \bar{q}_{\text{меж}} A, \quad (73)$$

где  $\bar{q}_{\text{меж}}$  – средний многолетний модуль среднемеженного стока,  $\text{м}^3/\text{с} \cdot \text{км}^2$ , принимаемый по данным рек-аналогов. При невозможно-

сти подобрать реку-аналог используются карты изолиний, построенные для исследуемого района с учетом последних лет наблюдений, а также карты изолиний, приведенные на рис. П17;  $A$  – расчетная площадь водосбора, км<sup>2</sup>.

### *Ход выполнения работы*

Рассчитайте среднемеженный расход воды обеспеченности 50 % р. Саморувки у д. Зарудье.

Характеристики водосбора:  $A = 74$  км<sup>2</sup>;  $A_6 = 6$  %;  $A_{л.з} = 3,0$  %;  $A_{л.с} = 11$  %; на водосборе проведены мелиоративные работы; длина открытой мелиоративной сети равна 66,7 км; осушенные земли, преимущественно торфяные; координаты центра водосбора – (25°32'; 52°10').

Расчет производится в следующем порядке.

По карте изолиний рис. П17 определяется среднемеженный модуль стока обеспеченности 50 %:

$$\bar{q}_{\text{меж}} = 1,8 \text{ л/с} \cdot \text{км}^2.$$

По формуле (73) вычисляется среднемеженный расход воды обеспеченности 50 %:

$$Q_{50\%} = 1,8 \cdot 74 \cdot 10^{-3} = 0,13 \text{ м}^3/\text{с}.$$

## **10. Определение расчетных величин минимальных расходов воды рек при отсутствии данных наблюдений**

Минимальные 30-суточные (среднемесячные) расходы воды на реках с площадью водосбора более 1000 км<sup>2</sup> за летне-осенний и зимний периоды определяют по рекам-аналогам или интерполяцией между величинами стока по соседним водосборам, имеющим многолетние наблюдения за минимальными расходами с учетом боковой приточности и данных полевых гидрометеорологических изысканий в расчетном створе.

При невозможности использовать реки-аналоги для расчета минимальных 30-суточных (среднемесячных) расходов применяют методы пространственной интерполяции минимального 30-суточного модуля стока 95 %-ной обеспеченности для зимнего или летне-осеннего сезона.

Минимальный сток воды на реках с площадью водосбора менее 1000 км<sup>2</sup>  $Q_{p\%}$ , м<sup>3</sup>/с, рассчитывают по зависимости минимальных 30-суточ-

ных расходов воды 95 %-ной обеспеченности от площади водосбора для районов, однородных по условиям формирования минимального стока. В общем виде эта зависимость имеет вид

$$Q_{95\%} = q_{95\%} (A - A_{1кр})^n, \quad (74)$$

где  $q_{95\%}$  – элементарный модуль минимального 30-суточного летне-осеннего или зимнего стока, зависящий от физико-географических условий, определяемый по окружающим рекам-аналогам или по картам изолиний, построенным для исследуемого района с учетом последних лет наблюдений,  $\text{м}^3/\text{с} \cdot \text{км}^2$ , а также для летне-осеннего стока по карте изолиний рис. П18, а для зимнего в зависимости от района по карте, приведенной на рис. П19;  $A_{1кр}$  – первая критическая площадь,  $\text{км}^2$ , определяемая по формуле (35);  $n$  – показатель степени редукции расхода воды обеспеченностью 95 % по величине действующей площади водосбора  $(A - A_{1кр})$ , принимаемый для летне-осеннего периода  $n = 1,07$ , а для зимнего периода в зависимости от района – по карте, приведенной на рис. П19, в табл. 44.

Таблица 44

Параметры  $q_3 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с} \cdot \text{км}^2$  и  $n$  в формуле (74)

Район	Параметр	
	$q_{95\%}$	$n$
I	0,6	1,03
II	2,4	0,92
III	6,3	0,90
IV	0,6	0,89
V	0,6	1,00

Минимальный 30-суточный (среднемесячный) расход воды,  $\text{м}^3/\text{с}$ , других обеспеченностей определяется по формуле

$$Q_p = aQ_{95\%} + \frac{bA}{1000}, \quad (75)$$

где  $a$  и  $b$  – эмпирические коэффициенты регрессии, определяемые как средние значения по данным рек-аналогов с учетом гидрогеологических условий, глубины вреза русла реки и других факторов минимального стока. В случае невозможности подобрать реки-аналоги можно использовать значения  $a$  и  $b$ , приведенные в табл. 45.

Таблица 45

**Коэффициенты регрессии  $a$  и  $b$  в формуле (75)**

Обеспеченность, %	Коэффициент	
	$a$	$b$
50	1,22	0,64
75	1,16	0,27
90	1,07	0,08
97	0,97	-0,03

Минимальный среднесуточный расход воды расчетной обеспеченности определяют по формуле

$$Q_{P_{\text{сут}}} = a \cdot Q_P - \frac{b \cdot A}{1000}, \quad (76)$$

где  $a$  и  $b$  — эмпирические коэффициенты регрессии, определяемые как средние по району по связи суточных и 30-суточных минимальных расходов рек-аналогов. В случае невозможности подобрать реки-аналоги можно для летне-осеннего периода  $a = 0,89$ ,  $b = 0,09$ , а для зимнего —  $a = 0,86$ ,  $b = 0,11$  соответственно;  $A$  — площадь бассейна до расчетного створа, км<sup>2</sup>.

***Ход выполнения работы***

Определить минимальные среднемесячные и среднесуточные расходы воды за летний период обеспеченности 75 % р. Саморувки в створе д. Зарудье.

Характеристики водосбора:  $A = 74 \text{ км}^2$ ;  $i_T = 0,88$ ;  $L_T = 17 \text{ км}$ ;  $\rho = 0,85 \text{ км/км}^2$ .

1. *Методом аналогии.* Расчет производится в следующем порядке.

Для реки-аналога, за которую принята р. Неслуха — д. Рудск, с характеристиками водосбора:  $A = 340 \text{ км}^2$ ;  $i_T = 0,57$ ;  $L_T = 24,5 \text{ км}$ ;  $\rho = 0,54 \text{ км/км}^2$ , и для расчетной реки по формуле (35) определяется первая критическая площадь ( $A_{1\text{кр}}$ )

$$A_{1\text{кр Неслухи}} = \frac{0,98}{0,54^2} + \frac{1,5 \cdot 24,5}{\sqrt{0,57}} = 52 \text{ км}^2;$$

$$A_{1\text{кр Саморувки}} = \frac{0,98}{0,85^2} + \frac{1,5 \cdot 17}{\sqrt{0,88}} = 28,5 \text{ км}^2;$$

Для реки-аналога определяется параметр  $q_{л}$  расчетной формулы (74)

$$q_{л} = \frac{0,29 \cdot 1000}{(340 - 52)^{1,07}} = 0,68,$$

где  $0,29 \text{ м}^3/\text{с}$  – минимальный среднемесячный расход воды обеспеченности 95 % реки-аналога.

По формуле (74) рассчитывается минимальный среднемесячный расход воды обеспеченности 95 % в расчетном створе:

$$Q_{95\%} = 0,68 \cdot 10^{-3} \cdot (74 - 28,5)^{1,07} = 0,040 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Переход от расхода воды обеспеченности 95 % к обеспеченности 75 %-ной осуществляется по уравнению (75):

$$Q_{75\%} = 1,16 \cdot 0,040 + \frac{0,27 \cdot 74}{1000} = 0,0464 + 0,02 = 0,066 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Минимальный среднесуточный расход воды определяется по уравнению (76)

$$Q_{75\% \text{сут}} = 0,89 \cdot 0,066 - \frac{0,09 \cdot 74}{1000} = 0,052 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Определить минимальный срочный расход воды обеспеченности 90 % за летний период канала без названия уд. Сухое.

Характеристики водосбора:  $A = 18,2 \text{ км}^2$ ;  $i_T = 0,2$ ,  $L_T = 3,2 \text{ км}$ ,  $\rho = 1,2 \text{ км}/\text{км}^2$ .

2. *При отсутствии аналога.* Расчет производится в следующем порядке.

Определяется ( $A_{1кр}$ ) по уравнению (35)

$$A_{1кр} = \frac{0,98}{1,2^2} + \frac{1,5 \cdot 3,2}{\sqrt{0,2}} = 11,4 \text{ км}^2.$$

Параметр  $q_{л}$  в формуле (74) определяется по карте изолиний рис. П18  $q_{л} = 0,5$ .

По формуле (74) рассчитывается расход воды обеспеченности 95 %:

$$Q_{95\%} = 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot (18,2 - 11,4)^{1,07} = 0,0038 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Расход воды обеспеченности 90 % определяется по уравнению (75):

$$Q_{90\%} = 1,07 \cdot 0,0038 + \frac{0,08 \cdot 18,2}{1000} = 0,005 \text{ м}^3/\text{с}.$$

По формуле (76) вычисляются значения суточного расхода воды обеспеченности 90 %:

$$Q_{90\% \text{ сут}} = 0,89 \cdot 0,005 - \frac{0,09 \cdot 18,2}{1000} = 0,003 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Определить минимальные среднемесячные и среднесуточные расходы воды за зимний период обеспеченности 97 % р. Саморувки в створе д. Зарудье.

Характеристики водосбора:  $A = 74 \text{ км}^2$ ;  $L_T = 17 \text{ км}$ ;  $i_T = 0,88$ ;  $\rho = 0,85 \text{ км}/\text{км}^2$ .

1. По методу аналогии. Расчет производится в следующем порядке.

Для реки-аналога, за которую принимается р. Неслуха – д. Рудск, и для расчетной реки по формуле (35) определяется первая критическая площадь водосбора  $A_{1\text{кр}}$ :

$$A_{1\text{кр}} \text{ Саморувки} = \frac{0,98}{0,85^2} + \frac{1,5 \cdot 17}{\sqrt{0,88}} = 28,5 \text{ км}^2.$$

Для реки-аналога определяется параметр  $q_3$  по расчетной формуле (74)

$$q_3 = \frac{0,27 \cdot 1000}{(340 - 52)^{0,89}} = 1,74,$$

где 0,27 – минимальный среднемесячный расход воды обеспеченности 95 % за зимний период реки-аналога.

Показатель степени ( $n$ ) принимается по IV району ( $n = 0,89$ ), согласно табл. 44.

По формуле (74) рассчитывается среднемесячный минимальный расход воды обеспеченности 95 % в расчетном створе:

$$Q_{95\%} = 1,74 \cdot 10^{-4} \cdot (74 - 28,5)^{0,89} = 0,052 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Среднемесячный расход воды обеспеченности 97 % определяется по уравнению (75) с использованием коэффициентов регрессии из табл. 45:

$$Q_{97\%} = 0,97 \cdot 0,052 - \frac{-0,03 \cdot 74}{1000} = 0,053 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Переход от среднемесячного расхода воды обеспеченности 97 % к равнообеспеченному среднесуточному осуществляется по уравнению (76)

$$Q_{97\% \text{ сут}} = 0,86 \cdot 0,053 - \frac{0,11 \cdot 74}{1000} = 0,037 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Определите минимальный среднесуточный расход воды за зимний период обеспеченности 97 % канала без названия у д. Сухое.

Характеристики водосбора:  $A = 18,2 \text{ км}^2$ ;  $i_T = 0,2$ ;  $L_T = 3,2 \text{ км}$ ;  $\rho = 1,2 \text{ км/км}^2$ .

2. При отсутствии аналога. Расчет производится в следующем порядке.

Определяется  $A_{1\text{кр}}$  по уравнению (35)

$$A_{1\text{кр}} = \frac{0,98}{1,2^2} + \frac{1,5 \cdot 3,2}{\sqrt{0,2}} = 11,4 \text{ км}^2.$$

По табл. 44 определяются параметры  $q_3$  и  $n$  расчетной формулы (74)  $q_3 = 0,6$ ;  $n = 0,89$ .

Определяется среднемесячный расход воды обеспеченности 95 % по формуле (74):

$$Q_{95\%} = 0,6 \cdot 10^{-4} \cdot (18,2 - 11,4)^{0,89} = 0,003 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Расход воды обеспеченности 97 % определяется по уравнению (75) с использованием коэффициентов регрессии из табл. 45:

$$Q_{97\%} = 0,97 \cdot 0,003 - \frac{0,03 \cdot 18,2}{1000} = 0,0024 \text{ м}^3/\text{с}.$$

По уравнению (76) вычисляются значения суточного расхода воды обеспеченности 97 %:

$$Q_{97\% \text{сут}} = 0,86 \cdot 0,0024 - \frac{0,11 \cdot 18,2}{1000} \approx 0 \text{ м}^3/\text{с},$$

т. е. имеем дело с временным водотоком, пересыхающим в экстремально засушливый год при обеспеченности 97 %.

## 11. Расчетные гидрографы стока воды рек весеннего половодья и дождевых паводков

Гидрографы половодий (паводков) формируются под влиянием природных факторов и характеризуются максимальным расходом, объемом стока, асимметрией очертания, продолжительностью половодья (паводка).

Расчетные гидрографы стока воды рек весеннего половодья и дождевых паводков необходимо рассчитывать при проектировании водохранилищ, прудов, отводе вод от сооружений в период их строительства, расчете затопления пойм, пропуске высоких вод через дорожные и другие искусственные сооружения.

Форма расчетных гидрографов принимается по моделям данных наблюдений высоких весенних половодий или дождевых паводков с наиболее неблагоприятной их формой, для которых основные элементы гидрографов и их соотношения должны быть близки к расчетным.

Для расчета отверстий дорожных и других искусственных сооружений допускается принимать схематизацию гидрографов стока воды рек весеннего половодья и дождевых паводков по геометрическим формам.

Гидрографы речного стока следует рассчитывать по равнообеспеченным значениям максимального расхода воды, объема стока воды основной волны и объема всего весеннего половодья (дождевого паводка) расчетной ежегодной вероятности превышения.

Расчетные гидрографы стока воды рек определяются:

- для весеннего половодья — по среднесуточным расходам воды; гидрографы внутрисуточного хода стока воды рассчитываются, если величина максимального мгновенного расхода воды в 1,5 раза больше соответствующего ему среднесуточного расхода воды;

- для дождевых паводков — по мгновенным расходам воды.

При проектировании гидрометрических сооружений натурная модель гидрографа стока воды реки принимается:

- при проектировании гидротехнических объектов с относительно небольшой регулирующей емкостью водохранилища используют модель одновершинного гидрографа с наибольшим максимальным расходом воды;

- при больших регулирующих емкостях, сопоставимых с полным объемом половодий (паводков), используют модель с наибольшим объемом половодья (паводка) и наибольшей сосредоточенностью стока в центральной части гидрографа;

- для рек с многовершинными гидрографами следует выбирать такую модель из числа многоводных лет, в которой наибольшая волна после короткого промежутка следует за меньшей волной;

- при каскаде водохранилищ строят расчетный гидрограф притока к верхнему гидроузлу и гидрографы боковой приточности между гидроузлами. При этом выбирают модель, общую для всего каскада;

- для развитых систем инженерной защиты, включающих наряду с водохранилищами обвалование, регулирование русла реки и другие мероприятия, строят расчетные гидрографы во входном створе на основной реке и гидрографы боковой приточности на всем протяжении инженерной защиты по общей для всей системы модели.

Основные элементы расчетных гидрографов стока воды рек: максимальный расход воды, объем весеннего половодья (дождевого паводка),

объем основной волны расчетной ежегодной вероятности превышения, а также боковая приточность определяются по данным гидрометрических наблюдений.

Общая продолжительность весеннего половодья больших и средних рек, включая дождевые паводки на спаде половодья, принимается одинаковой для всех лет и створов как на основной реке, так и на притоках при условии включения в ее пределы продолжительности всех половодий.

Назначение периода общей продолжительности весеннего половодья допускается принимать переменным для разных лет, но одинаковым по длине реки.

Расчет гидрографов весеннего половодья (дождевого паводка) выполняется следующими методами:

а) переходом от гидрографа-модели к расчетному гидрографу путем умножения ординат гидрографа-модели на коэффициенты, определяемые по формулам:

$$k_1 = \frac{Q_{P\%}}{Q_M}; \quad (77)$$

$$k_2 = \frac{V_{P\%} - Q_{P\%} \cdot 86\,400}{V_M - Q_M \cdot 86\,400}; \quad (78)$$

$$k_3 = \frac{V'_{P\%} - V_{P\%}}{V'_M - V_M}, \quad (79)$$

где  $Q_{P\%}$  и  $Q_M$  – максимальный среднесуточный расход воды весеннего половодья или мгновенный для дождевого паводка соответственно для расчетного гидрографа и гидрографа-модели, м<sup>3</sup>/с;  $V_{P\%}$  и  $V_M$  – объем основной волны соответственно для расчетного гидрографа и гидрографа-модели, м<sup>3</sup>;  $V'_{P\%}$  и  $V'_M$  – полный объем весеннего половодья (дождевого паводка) соответственно для расчетного гидрографа и гидрографа-модели, м<sup>3</sup>;

б) переходом от гидрографа-модели к расчетному гидрографу с применением коэффициента  $k_1$ , определяемого по формуле (77), и коэффициента  $k_t$ , определяемого по формуле

$$k_t = \frac{q_M h_{P\%}}{h_M q_{P\%}}, \quad (80)$$

где  $q_{P\%}$ ,  $q_M$  – модуль максимального среднесуточного расхода воды соответственно для расчетного гидрографа и гидрографа-модели, м<sup>3</sup>/с · км<sup>2</sup>;  $h_{P\%}$ ,  $h_M$  – слой стока весеннего половодья (дождевого паводка) соответственно для расчетного гидрографа и гидрографа-модели, мм.

Переход от гидрографа-модели к расчетному гидрографу по методу, указанному в пункте «б», возможен только при соблюдении условий:

$$\begin{aligned}\gamma_{P\%} &= \gamma_M; \\ k_{s, P\%} &= k_{s, M},\end{aligned}$$

где  $\gamma_{P\%}$  и  $\gamma_M$  – коэффициент полноты  $\gamma$  соответственно для расчетного гидрографа и гидрографа-модели, определяемый по формуле

$$\gamma = \frac{qt}{0,0116h}; \quad (81)$$

$k_{s, P\%}$  и  $k_{s, M}$  – коэффициент несимметричности соответственно для расчетного гидрографа и гидрографа-модели, определяемый по формуле:

$$k_s = \frac{h_{II}}{h}, \quad (82)$$

где  $q$  – модуль максимального среднего суточного расхода воды,  $\text{м}^3/\text{с} \cdot \text{км}^2$ ;  $h$  – слой стока весеннего половодья (дождевого паводка), мм;  $t$  – продолжительность весеннего половодья (дождевого стока), сут.;  $h_{II}$  – слой стока за период подъема весеннего половодья (дождевого паводка), мм.

Координаты расчетного гидрографа определяются в зависимости от коэффициентов  $k_1$  и  $k_t$  по формулам

$$Q_i = Q_{i, M} k_1; \quad (83)$$

$$t_i = t_{i, M} \cdot k_t, \quad (84)$$

где  $Q_i$  и  $Q_{i, M}$  – расходы воды в  $i$ -ю единицу расчетного времени соответственно для расчетного гидрографа и гидрографа-модели;  $t_i$  и  $t_{i, M}$  – ордината времени соответственно для расчетного гидрографа и гидрографа-модели.

За начало отсчета времени  $t_{i, M}$  принимается начало подъема весеннего половодья (дождевого паводка).

При отсутствии данных гидрометрических наблюдений параметры основных элементов расчетного гидрографа следует определять по методикам, приведенным в п. 7 и 8.

Максимальный средний суточный расход,  $\text{м}^3/\text{с}$ , определяется по формуле

$$Q_P = \frac{Q'_P}{k_t}. \quad (85)$$

Коэффициент перехода  $k_t$  от максимального мгновенного расхода воды весеннего половодья  $Q'_{P\%}$  к среднесуточному  $Q_{P\%}$  устанавливается по рекам-аналогам. При их отсутствии допускается принимать коэффициент  $k_t$  по данным, приведенным в табл. 46.

Таблица 46

**Переходный коэффициент  $k_t$**

Бассейны рек	Коэффициент ( $k_t$ ) при площадях водосбора, км <sup>2</sup> , равных								
	0,1	0,5	1	5	10	50	100	500	1500
Реки бассейна Западной Двины	1,90	1,70	1,60	1,40	1,30	1,20	1,15	1,00	
Реки других бассейнов	3,50	2,80	2,60	2,10	1,90	1,60	1,40	1,15	1,00

Относительные ординаты одновершинного гидрографа стока воды весеннего половодья (дождевого паводка) приведены в табл. 47 по значению коэффициента несимметричности  $k_s$ , определяемого по формуле (82) по данным рек-аналогов или по значению коэффициента формы гидрографа  $\lambda$ , определяемого по формуле

$$\lambda = \frac{q \cdot t_{\text{п}}}{0,0116h}. \quad (86)$$

Ординаты расчетного гидрографа определяются по формуле

$$Q_i = y \cdot Q_{P\%}, \quad (87)$$

а абсциссы – по формуле

$$t_i = x \cdot t_{\text{п}}, \quad (88)$$

где  $t_{\text{п}}$  – продолжительность подъема весеннего половодья (дождевого паводка), определяется по формуле

$$t_{\text{п}} = \frac{0,0116\lambda \cdot h_{P\%}}{q_{P\%}}, \quad (89)$$

$x, y$  – относительные ординаты расчетного гидрографа стока воды, приведены в табл. 47.

Для рек с площадью водосбора менее 200 км<sup>2</sup> с продолжительностью подъема дождевого паводка сутки или менее, расчетная продолжительность подъема определяется по формуле

$$t_{\text{п}} = \frac{\beta \cdot \lambda \cdot h_{P\%}}{q_{P\%}},$$

где  $\beta$  – коэффициент, принимаемый при расчете продолжительности подъема дождевого паводка в часах, равным 0,28, и в минутах – равным 16,7.

При определении расчетных гидрографов дождевых паводков коэффициент несимметричности  $k_s$  принимать равным 0,30; для рек площадью водосбора менее 1 км<sup>2</sup> – равным 0,20.

### ***Ход выполнения работы***

Построить гидрограф весеннего половодья по р. Оресса – с. Андреевка.

Характеристика водосбора:  $A = 3580 \text{ км}^2$ ;  $Q'_{\text{max}5\%} = 143 \text{ м}^3/\text{с}$  (п. 5).

Расчет производится в следующем порядке.

Для определения координат гидрографа весеннего половодья р. Оресса – с. Андреевка рассчитывается максимальный среднесуточный расход по формуле (85), где  $Q'_{5\%} = 143 \text{ м}^3/\text{с}$ , где максимальный мгновенный расход весеннего половодья (п. 5) при  $P = 5\%$ , а коэффициент полноты формы гидрографа определяем по табл. 46, так как площадь водосбора  $3580 \text{ км}^2 > 1500 \text{ км}^2$ , то  $k_f = 1,0$ :

$$Q_{\text{max}}^{\text{сут}} = \frac{143}{1,0} = 143 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Далее определяем расчетный модуль максимального среднего суточного расхода воды весеннего половодья (51):

$$q_P = \frac{Q_{\text{max}}^{\text{сут}}}{A} = \frac{143}{3580} = 0,04 \text{ м}^3/\text{с} \cdot \text{км}^2.$$

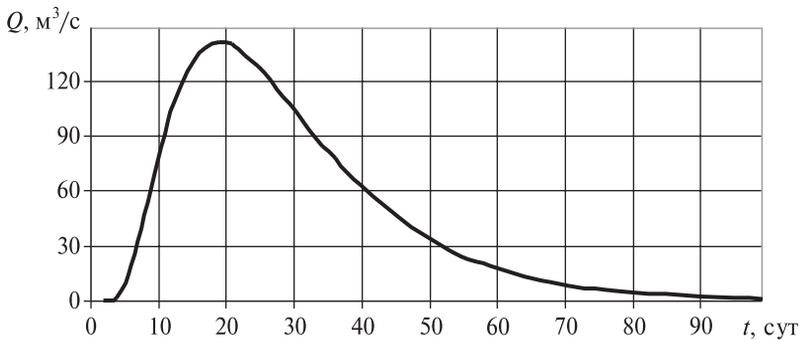
По рис. П13 определяется коэффициент вариации  $C_V = 0,62$ , принимается соотношение  $C_S/C_V = 3$  и далее по Приложению 1 вычисляется модульный коэффициент обеспеченностей 5%  $k_{5\%} = 2,18$ . По картам изолиний рис. П12 определяется средний многолетний слой стока весеннего половодья  $\bar{h} = 50 \text{ мм}$ . Слой стока 5%-ной обеспеченности  $h_{5\%} = 2,18 \cdot 50 = 109 \text{ мм}$ .

Далее по формуле (89), принимая для территории Беларуси  $\lambda = 0,6$ , рассчитывается продолжительность подъема весеннего половодья:

$$t_{\text{п}} = \frac{0,0116 \cdot 0,6 \cdot 109}{0,04} = 19 \text{ сут.}$$

**Координаты расчетного гидрографа стока воды  
весеннего половодья р. Оресса – с. Андреевка**

$x$	$y$	$t_i$ , СУТ	$Q_i$ , М <sup>3</sup> /с	$x$	$y$	$t_i$ , СУТ	$Q_i$ , М <sup>3</sup> /с
1	2	3	4	1	2	3	4
0,1	0	1,9	0	1,6	0,73	30,4	103
0,2	0,011	3,8	1,55	1,7	0,66	32,3	93,1
0,3	0,099	5,7	14,0	1,8	0,60	34,2	84,6
0,4	0,28	7,6	39,5	1,9	0,55	36,1	77,6
0,5	0,49	9,5	69,1	2,0	0,49	38,0	69,1
0,6	0,69	11,4	97,3	2,2	0,40	41,8	56,4
0,7	0,83	13,3	117	2,4	0,32	45,6	45,1
0,8	0,93	15,2	131	2,6	0,25	49,4	35,3
0,9	0,98	17,1	138	2,8	0,19	53,2	26,8
1,0	1,00	19,0	141	3,0	0,15	57,0	21,2
1,1	0,99	20,9	140	3,5	0,079	66,5	11,1
1,2	0,95	22,8	134	4,0	0,042	76,0	5,92
1,3	0,91	24,7	128	5,0	0,011	95,0	1,55
1,4	0,85	26,6	120	6,0	0,003	114	0,423
1,5	0,79	28,5	111	8,0	0	152	0



*Рис. 6. Расчетный гидрограф  
весеннего половодья р. Оресса – с. Андреевка*

Относительные ординаты расчетного гидрографа стока воды  $y = Q_i/Q_p$ , для  $x = t_i/t_n$ ,

x	Значения y										
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	
0,1	0,023	0,002	0								
0,2	0,21	0,091	0,034	0,011	0,003	0					
0,3	0,45	0,29	0,18	0,099	0,050	0,022	0,009	0,003	0,001	0	
0,4	0,66	0,51	0,39	0,28	0,19	0,12	0,076	0,043	0,024	0,013	
0,5	0,78	0,69	0,59	0,49	0,40	0,31	0,24	0,18	0,13	0,088	
0,6	0,88	0,82	0,75	0,69	0,61	0,54	0,47	0,39	0,33	0,27	
0,7	0,94	0,91	0,87	0,83	0,79	0,74	0,69	0,64	0,59	0,54	
0,8	0,97	0,96	0,95	0,93	0,91	0,89	0,87	0,84	0,81	0,78	
0,9	0,99		0,98		0,97		0,96		0,95		
1,0	1,00										
1,1	0,99			0,98		0,97			0,96		0,96
1,2	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94	0,92	0,91	0,89	0,87	0,85	
1,3	0,97	0,95	0,93	0,91	0,88	0,85	0,82	0,78	0,75	0,71	
1,4	0,95	0,92	0,89	0,85	0,81	0,77	0,72	0,67	0,62	0,57	
1,5	0,92	0,88	0,84	0,79	0,74	0,68	0,62	0,56	0,50	0,44	
1,6	0,90	0,85	0,79	0,73	0,66	0,59	0,52	0,46	0,39	0,34	
1,7	0,87	0,81	0,74	0,66	0,59	0,51	0,44	0,37	0,30	0,25	
1,8	0,84	0,77	0,69	0,60	0,52	0,44	0,36	0,29	0,23	0,18	
1,9	0,81	0,73	0,64	0,55	0,46	0,37	0,29	0,23	0,17	0,13	
2,0	0,78	0,69	0,59	0,49	0,40	0,31	0,24	0,18	0,13	0,088	
2,2	0,73	0,61	0,50	0,40	0,30	0,22	0,15	0,10	0,066	0,042	
2,4	0,67	0,54	0,42	0,32	0,22	0,15	0,096	0,058	0,034	0,019	
2,6	0,62	0,48	0,35	0,25	0,16	0,10	0,060	0,032	0,017	0,008	
2,8	0,57	0,42	0,29	0,19	0,12	0,068	0,036	0,018	0,008	0,004	
3,0	0,53	0,37	0,24	0,15	0,086	0,045	0,022	0,010	0,004	0,002	
3,5	0,43	0,26	0,15	0,079	0,037	0,016	0,006	0,002	0		
4,0	0,34	0,19	0,092	0,042	0,016	0,005	0,002	0			
5,0	0,21	0,091	0,034	0,011	0,003	0					
6,0	0,13	0,044	0,012	0,003	0						
8,0	0,052	0,010	0,002	0							
$k_s$	0,19	0,23	0,26	0,29	0,31	0,33	0,34	0,36	0,37	0,38	

Таблица 48

при различных значениях коэффициентов  $\lambda = q \cdot t_n / (0,0116h_p)$  и  $k_s = h_n / h_p = f(\lambda)$

при различных $\lambda$ , равных											
1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2	2,4	2,6	
0											
0,006	0,003	0,001	0								
0,059	0,039	0,025	0,015	0,009	0,005	0,003	0,002	0			
0,22	0,18	0,14	0,12	0,088	0,066	0,049	0,036	0,017	0,009	0,004	
0,48	0,43	0,39	0,34	0,30	0,26	0,22	0,19	0,14	0,094	0,062	
0,75	0,72	0,69	0,66	0,62	0,59	0,55	0,52	0,46	0,40	0,34	
0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88	0,87	0,84	0,82	0,79	
0,95	0,94	0,93		0,92	0,91	0,90	0,87		0,85	0,82	
0,83	0,80	0,78	0,76	0,73	0,70	0,68	0,65	0,60	0,54	0,49	
0,68	0,64	0,60	0,56	0,52	0,48	0,44	0,41	0,34	0,28	0,22	
0,52	0,48	0,43	0,38	0,34	0,30	0,26	0,23	0,17	0,12	0,084	
0,39	0,34	0,29	0,25	0,21	0,17	0,14	0,12	0,075	0,046	0,027	
0,28	0,23	0,19	0,15	0,12	0,092	0,071	0,054	0,030	0,016	0,008	
0,20	0,15	0,12	0,089	0,066	0,047	0,034	0,024	0,011	0,005	0,002	
0,13	0,10	0,072	0,050	0,035	0,023	0,015	0,010	0,004	0,001	0	
0,089	0,063	0,043	0,028	0,018	0,011	0,007	0,004	0,001			
0,059	0,039	0,025	0,015	0,009	0,005	0,003	0,002	0			
0,025	0,014	0,008									
0,010	0,005	0,002									
0,004	0,002	0,001									
0,001		0									
0											
0,38	0,39	0,40	0,40	0,41	0,42	0,42	0,42	0,43	0,43	0,44	

Дальнейший расчет ведется в табличной форме (см. табл. 47). Определяются координаты расчетного гидрографа по формулам (87) и (88), используются относительные ординаты из табл. 48 при  $\lambda = 0,6$  (для территории Беларуси).

По результатам расчета (по графам 3 и 4) строится расчетный гидрограф стока весеннего половодья (рис. 6).

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### 1. Справочная информация

*Таблица П1*

**Коэффициенты  $a_i$  в формуле (19)**

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

*Таблица П2*

**Коэффициенты  $b_i$  в формуле (20)**

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

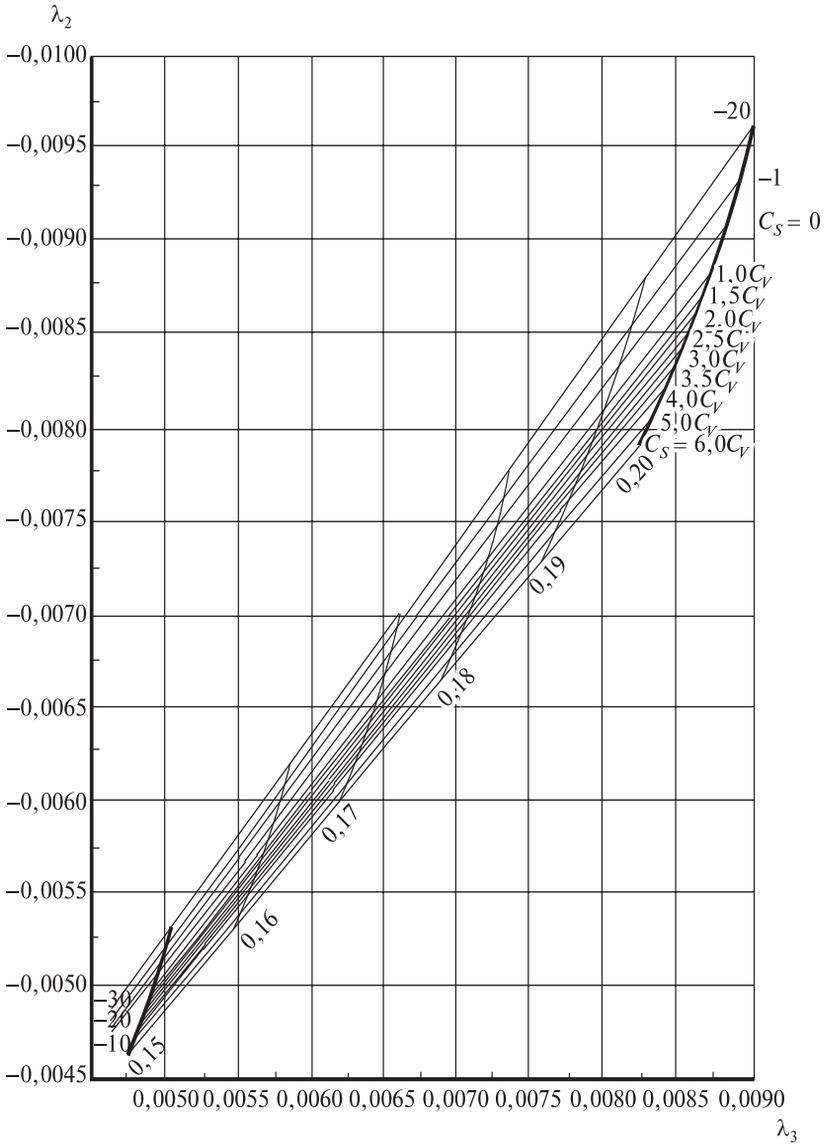


Рис. III. Номограмма для вычисления параметров трехпараметрического гамма-распределения ( $C_V$ ) и ( $C_S$ ) методом приближенного наибольшего правдоподобия при  $C_V = 0,15-0,20$

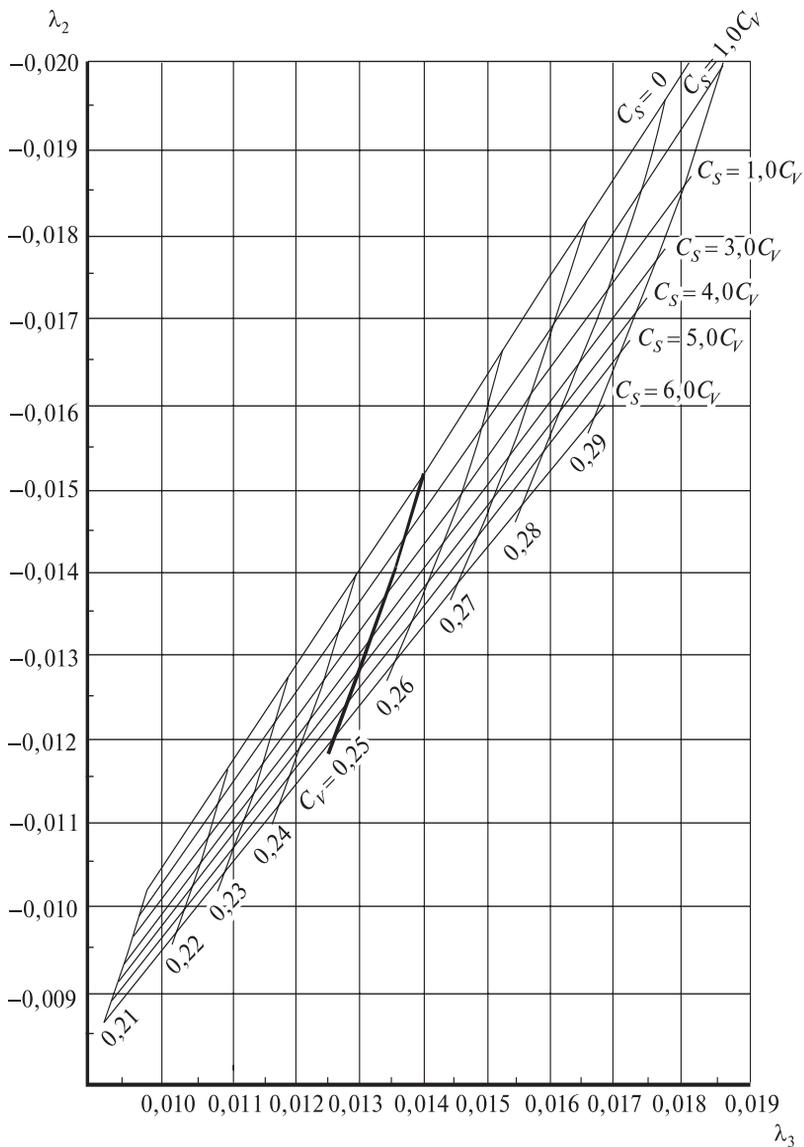


Рис. П2. Номограмма для вычисления параметров трехпараметрического гамма-распределения ( $C_V$ ) и ( $C_S$ ) методом приближенного наибольшего правдоподобия при  $C_V = 0,21 - 0,28$

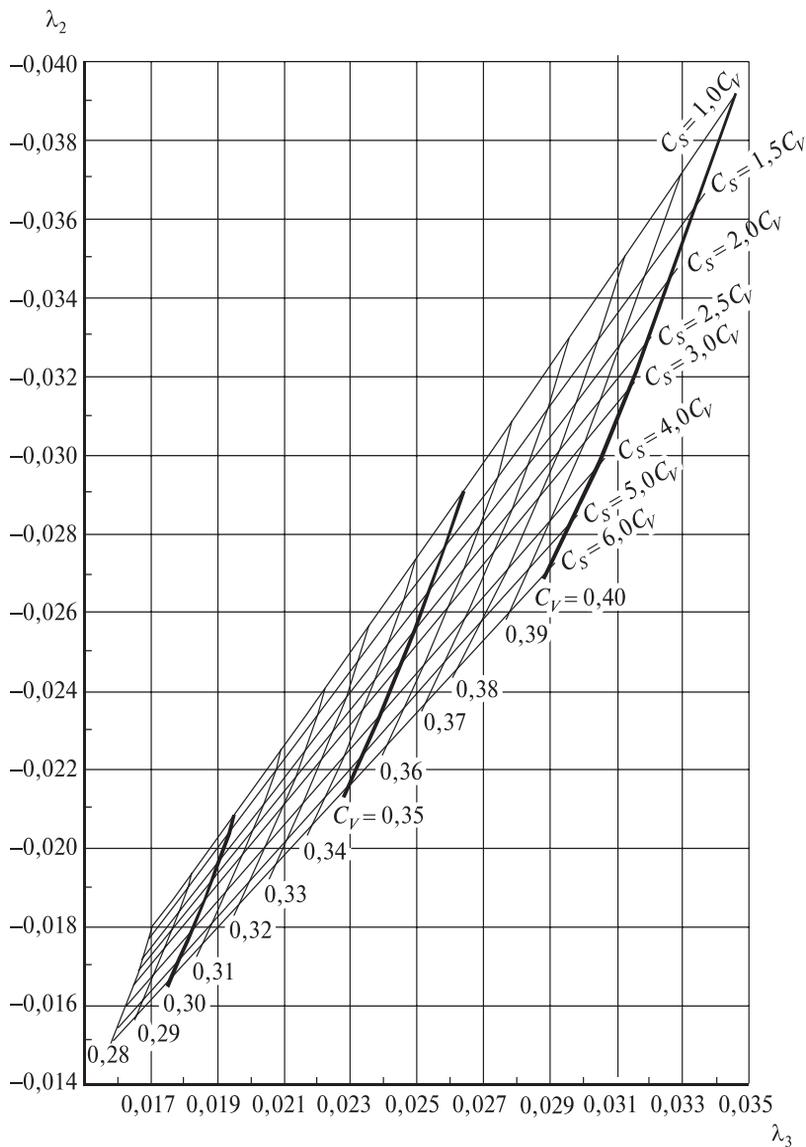


Рис. ПЗ. Номограмма для вычисления параметров трехпараметрического гамма-распределения ( $C_V$ ) и ( $C_S$ ) методом приближенного наибольшего правдоподобия при  $C_V = 0,28-0,40$

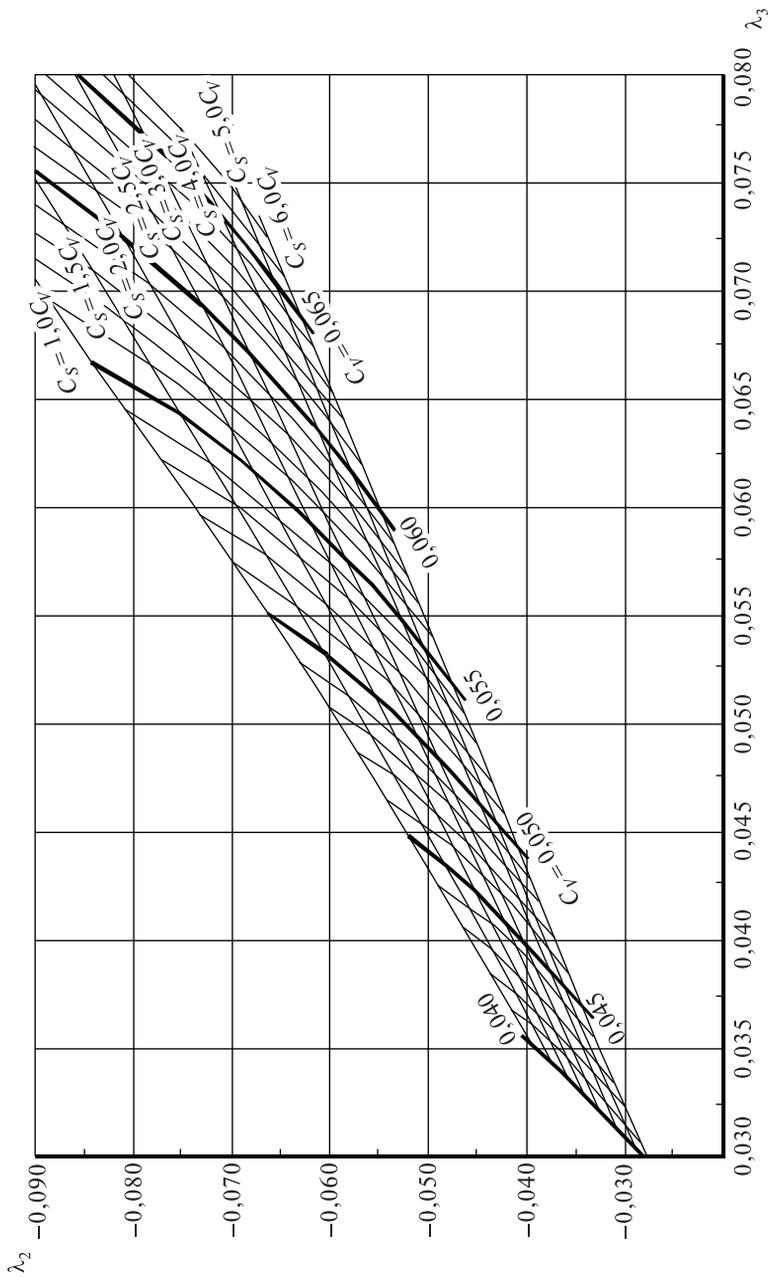


Рис. П4. Номограмма для вычисления параметров трехпараметрического гамма-распределения ( $C_V$ ) и ( $C_S$ ) методом приближенного правдоподобия при  $C_V = 0,40-0,60$

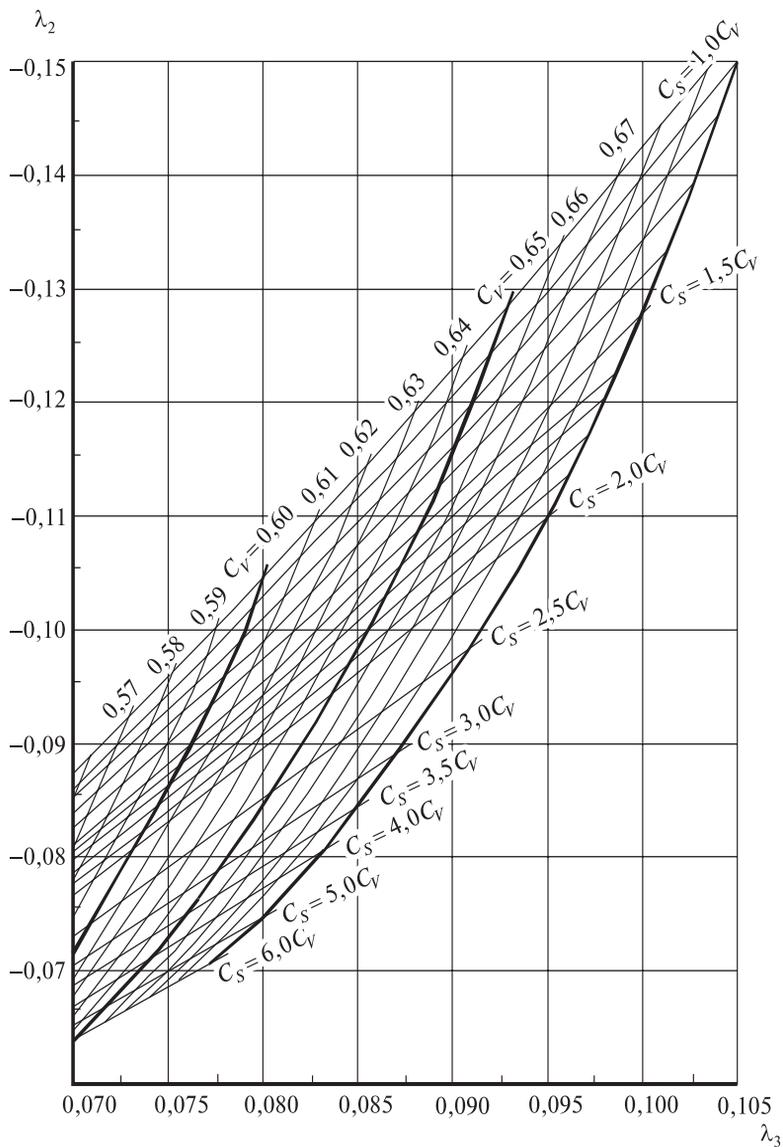


Рис. П5. Номограмма для вычисления параметров трехпараметрического гамма-распределения ( $C_V$ ) и ( $C_S$ ) методом приближенного наибольшего правдоподобия при  $C_V = 0,60-0,70$

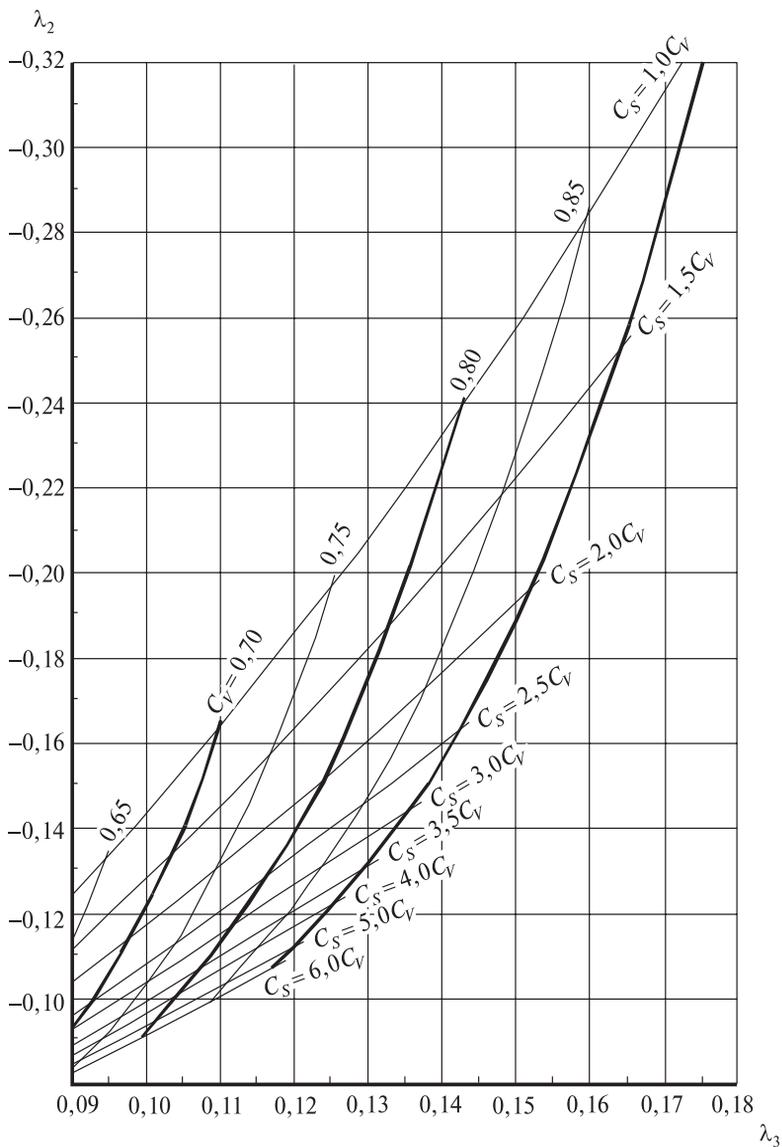


Рис. Пб. Номограмма для вычисления параметров трехпараметрического гамма-распределения ( $C_V$ ) и ( $C_S$ ) методом приближенного наибольшего правдоподобия при  $C_V = 0,60 - 0,90$

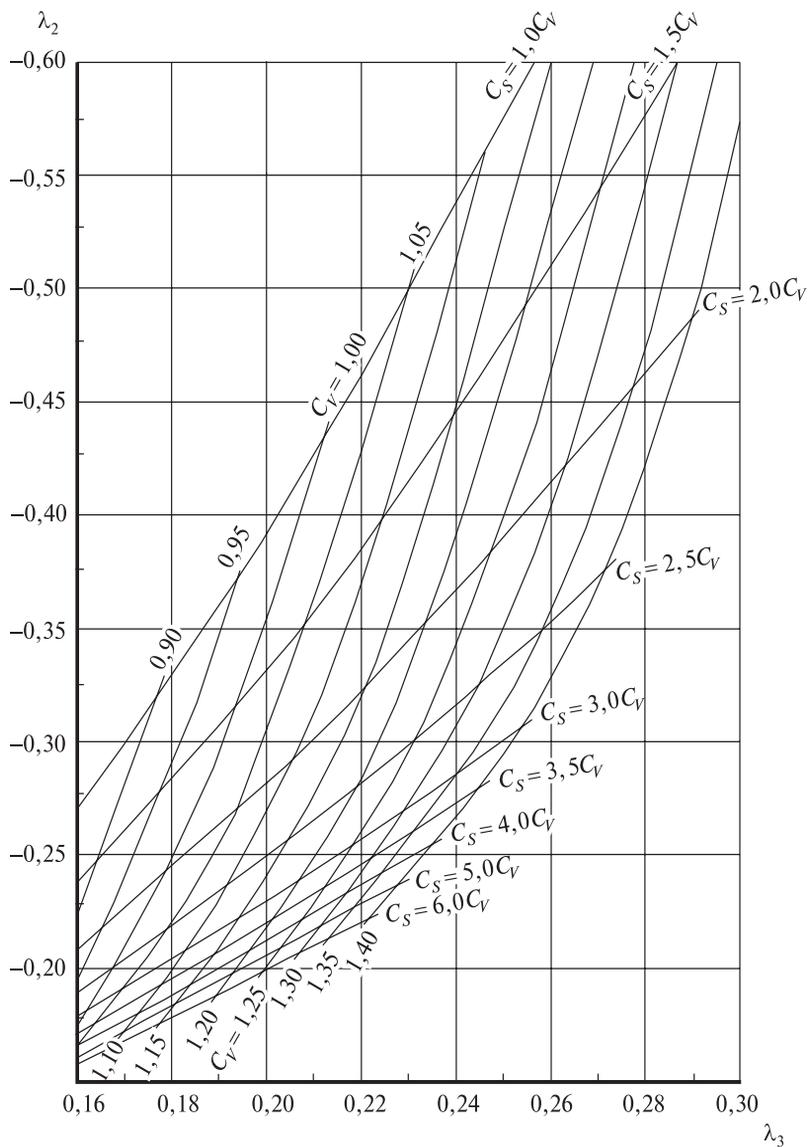


Рис. П7. Номограмма для вычисления параметров трехпараметрического гамма-распределения ( $C_V$ ) и ( $C_S$ ) методом приближенного наибольшего правдоподобия при  $C_V = 0,90-1,10$

**Значения модульных коэффициентов ( $k_p$ )  
для трехпараметрического гамма-распределения**

Обеспеченность ( $P$ ), %	Значения модульных коэффициентов ( $k_p$ ) для трехпараметрического гамма-распределения при величинах ( $C_V$ ), равных						
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
$C_S = 0,5C_V$							
0,001	1,42	1,87	2,29	2,66	2,94	3,08	3,00
0,01	1,38	1,76	2,13	2,47	2,74	2,91	2,89
0,03	1,35	1,71	2,05	2,37	2,64	2,81	2,83
0,05	1,34	1,68	2,01	2,32	2,58	2,76	2,79
0,1	1,31	1,63	1,95	2,25	2,50	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	2,50
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
20	1,08	1,17	1,25	1,35	1,44	1,56	1,70
25	1,07	1,13	1,20	1,27	1,35	1,45	1,56
30	1,05	1,10	1,16	1,21	1,27	1,34	1,42
40	1,02	1,05	1,07	1,10	1,12	1,15	1,16
50	0,999	0,997	0,993	0,988	0,980	0,962	0,920
60	0,974	0,946	0,915	0,881	0,839	0,780	0,690
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	0,740	0,643	0,533	0,409	0,282
90	0,872	0,744	0,615	0,480	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	0,160	0,070	0,024
99	0,772	0,554	0,354	0,189	0,080	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	0,700	0,428	0,210	0,076	0,019	0,003	0

Обеспеченность (P), %	Значения модульных коэффициентов ( $k_n$ ) для трехпараметрического гамма-распределения при величинах ( $C_V$ ), равных										
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
	$C_S = C_V$										
0,001	1	1,46	1,94	2,46	2,97	3,47	3,94	4,36	4,73	5,06	5,35
0,01	1	1,38	1,81	2,26	2,70	3,15	3,57	3,95	4,31	4,64	4,92
0,03	1	1,35	1,74	2,15	2,56	2,97	3,37	3,74	4,09	4,41	4,69
0,05	1	1,34	1,71	2,10	2,49	2,89	3,27	3,64	3,98	4,29	4,58
0,1	1	1,32	1,67	2,03	2,4	2,77	3,13	3,48	3,82	4,13	4,42
0,3	1	1,28	1,59	1,91	2,23	2,56	2,89	3,21	3,53	3,84	4,14
0,5	1	1,27	1,55	1,84	2,15	2,46	2,77	3,08	3,38	3,69	3,99
1	1	1,24	1,49	1,76	2,03	2,3	2,59	2,88	3,16	3,46	3,75
3	1	1,19	1,39	1,60	1,82	2,04	2,27	2,50	2,75	3,01	3,29
5	1	1,17	1,34	1,52	1,70	1,90	2,10	2,30	2,53	2,76	3,02
10	1	1,13	1,26	1,40	1,54	1,68	1,83	1,99	2,16	2,35	2,55

20	1	1,08	1,17	1,25	1,34	1,42	1,51	1,60	1,70	1,80	1,90
25	1	1,07	1,13	1,20	1,26	1,33	1,39	1,46	1,52	1,59	1,64
30	1	1,05	1,10	1,15	1,20	1,24	1,29	1,33	1,37	1,39	1,40
40	1	1,02	1,04	1,06	1,08	1,09	1,10	1,10	1,08	1,05	0,995
50	1	0,998	0,993	0,985	0,972	0,954	0,928	0,891	0,836	0,76	0,665
60	1	0,973	0,943	0,909	0,870	0,824	0,768	0,698	0,613	0,512	0,406
70	1	0,946	0,890	0,830	0,764	0,692	0,609	0,515	0,413	0,309	0,215
75	1	0,932	0,861	0,787	0,708	0,622	0,528	0,426	0,321	0,224	0,144
80	1	0,915	0,829	0,740	0,648	0,549	0,445	0,338	0,237	0,151	0,088
90	1	0,873	0,748	0,623	0,500	0,378	0,264	0,165	0,092	0,045	0,019
95	1	0,838	0,683	0,533	0,392	0,263	0,157	0,081	0,036	0,013	0,004
97	1	0,816	0,642	0,478	0,329	0,202	0,107	0,048	0,018	0,005	0,001
99	1	0,775	0,568	0,383	0,229	0,115	0,047	0,015	0,004	0,001	$1,0 \cdot 10^{-4}$
99,5	1	0,752	0,528	0,335	0,182	0,081	0,028	0,008	0,002	$2,0 \cdot 10^{-4}$	$3,0 \cdot 10^{-5}$
99,7	1	0,737	0,502	0,303	0,154	0,062	0,019	0,004	0,001	$9,0 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$
99,9	1	0,707	0,451	0,247	0,108	0,036	0,008	0,001	$2,0 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$2,0 \cdot 10^{-6}$

Обеспеченность (P), %	Значения модульных коэффициентов ( $k_p$ ) для трехпараметрического гамма-распределения при величинах ( $C_V$ ), равных									
	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
	$C_S = C_V$									
0,001	5,58	5,76	5,90	6,02	6,12	6,20	6,26	6,32	6,36	6,40
0,01	5,16	5,34	5,46	5,58	5,68	5,76	5,82	5,88	5,92	5,96
0,03	4,94	5,16	5,29	5,42	5,51	5,58	5,65	5,70	5,74	5,78
0,05	4,83	5,06	5,20	5,32	5,42	5,49	5,56	5,62	5,67	5,72
0,1	4,69	4,92	5,06	5,18	5,29	5,37	5,44	5,49	5,54	5,58
0,3	4,44	4,74	4,92	5,06	5,16	5,24	5,31	5,36	5,42	5,46
0,5	4,29	4,58	4,75	4,91	5,02	5,11	5,18	5,24	5,28	5,32
1	4,06	4,36	4,55	4,72	4,84	4,94	5,00	5,07	5,12	5,16
3	3,59	3,92	4,14	4,33	4,46	4,58	4,68	4,76	4,84	4,92
5	3,31	3,63	3,84	4,02	4,16	4,28	4,40	4,50	4,60	4,69
10	2,78	3,03	3,26	3,46	3,64	3,81	3,94	4,05	4,15	4,25

20	2,00	2,10	2,20	2,32	2,44	2,56	2,67	2,80	2,92	3,03
25	1,68	1,69	1,70	1,70	1,68	1,66	1,61	1,56	1,51	1,46
30	1,39	1,34	1,26	1,17	1,07	0,960	0,840	0,720	0,600	0,450
40	0,916	0,808	0,720	0,600	0,500	0,380	0,280	0,200	0,110	0,040
50	0,559	0,446	0,340	0,260	0,200	0,150	0,105	0,070	0,040	0,010
60	0,306	0,216	0,190	0,130	0,100	0,075	0,055	0,035	0,015	0
70	0,141	0,085	0,060	0,045	0,035	0,025	0,015	0,010	0	0
75	0,086	0,046	0,025	0,020	0,010	0,005	0	0	0	0
80	0,047	0,023	0,015	0,005	0	0	0	0	0	0
90	0,007	0,002	0	0	0	0	0	0	0	0
95	0,001	$3,0 \cdot 10^{-4}$	0	0	0	0	0	0	0	0
97	$3,0 \cdot 10^{-4}$	$6,0 \cdot 10^{-5}$	0	0	0	0	0	0	0	0
99	$2,0 \cdot 10^{-5}$	$5,0 \cdot 10^{-6}$	0	0	0	0	0	0	0	0
99,5	$5,0 \cdot 10^{-6}$	$6,0 \cdot 10^{-7}$	0	0	0	0	0	0	0	0
99,7	$2,0 \cdot 10^{-6}$	$2,0 \cdot 10^{-7}$	0	0	0	0	0	0	0	0
99,9	$1,0 \cdot 10^{-7}$	$7,0 \cdot 10^{-9}$	0	0	0	0	0	0	0	0

Обеспеченность (P), %	Значения модульных коэффициентов ( $k_p$ ) для трехпараметрического							
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
$C_S = 1,5C_V$								
0,001	1,47	2,01	2,63	3,30	4,03	4,81	5,64	6,50
0,01	1,40	1,86	2,38	2,94	3,55	4,19	4,88	5,61
0,03	1,37	1,79	2,26	2,76	3,30	3,88	4,50	5,14
0,05	1,35	1,75	2,20	2,68	3,18	3,73	4,31	4,93
0,1	1,33	1,70	2,11	2,54	3,02	3,52	4,06	4,62
0,3	1,29	1,61	1,97	2,34	2,74	3,17	3,62	4,10
0,5	1,27	1,57	1,90	2,24	2,61	3,00	3,41	3,85
1	1,24	1,51	1,79	2,09	2,42	2,76	3,11	3,49
3	1,19	1,40	1,62	1,85	2,09	2,34	2,60	2,88
5	1,17	1,35	1,53	1,72	1,92	2,13	2,34	2,57
10	1,13	1,26	1,40	1,54	1,68	1,82	1,97	2,11
20	1,08	1,16	1,25	1,32	1,40	1,47	1,54	1,61
25	1,07	1,13	1,19	1,25	1,30	1,35	1,39	1,43
30	1,05	1,10	1,14	1,18	1,21	1,24	1,27	1,28
40	1,02	1,04	1,06	1,06	1,06	1,06	1,05	1,03
50	0,998	0,990	0,977	0,958	0,934	0,902	0,862	0,814
60	0,972	0,940	0,903	0,860	0,812	0,757	0,695	0,627
70	0,946	0,888	0,826	0,760	0,690	0,616	0,538	0,457
75	0,931	0,860	0,785	0,708	0,630	0,545	0,460	0,377
80	0,915	0,829	0,741	0,652	0,562	0,472	0,384	0,299
90	0,874	0,751	0,632	0,518	0,409	0,310	0,222	0,148
95	0,840	0,689	0,548	0,419	0,305	0,207	0,130	0,074
97	0,819	0,651	0,498	0,363	0,247	0,155	0,088	0,045
99	0,780	0,581	0,410	0,268	0,160	0,084	0,038	0,015
99,9	0,714	0,474	0,284	0,152	0,066	0,024	0,007	0,001

Продолжение табл. ПЗ

гамма-распределения при величинах ( $C_V$ ), равных						
0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
$C_S = 1,5C_V$						
7,41	8,39	9,41	10,40	11,50	12,70	13,90
6,38	7,19	8,03	8,92	9,83	10,80	11,80
5,82	6,56	7,33	8,13	8,96	9,80	10,70
5,58	6,26	6,95	7,67	8,43	9,22	10,10
5,22	5,84	6,50	7,18	7,88	8,61	9,38
4,61	5,14	5,72	6,32	6,95	7,60	8,25
4,31	4,80	5,32	5,87	6,44	7,04	7,66
3,89	4,30	4,74	5,21	5,70	6,24	6,78
3,16	3,46	3,78	4,12	4,48	4,86	5,27
2,80	3,03	3,28	3,55	3,83	4,12	4,44
2,26	2,41	2,56	2,71	2,86	3,00	3,13
1,67	1,72	1,76	1,80	1,82	1,83	1,83
1,46	1,48	1,49	1,49	1,48	1,46	1,43
1,28	1,28	1,26	1,24	1,20	1,16	1,10
0,994	0,952	0,901	0,84	0,766	0,692	0,622
0,756	0,690	0,618	0,541	0,463	0,388	0,320
0,553	0,475	0,398	0,324	0,253	0,193	0,142
0,376	0,298	0,228	0,168	0,118	0,079	0,051
0,297	0,223	0,161	0,111	0,072	0,045	0,027
0,223	0,156	0,105	0,067	0,039	0,022	0,012
0,092	0,053	0,028	0,014	0,006	0,003	0,001
0,038	0,018	0,008	0,003	0,001	$3,0 \cdot 10^{-4}$	$2,0 \cdot 10^{-4}$
0,020	0,008	0,003	0,001	$3,0 \cdot 10^{-4}$	$8,0 \cdot 10^{-5}$	$3,0 \cdot 10^{-5}$
0,005	0,001	$4,0 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$4,0 \cdot 10^{-5}$	$8,0 \cdot 10^{-6}$	$2,0 \cdot 10^{-6}$
$3,0 \cdot 10^{-4}$	$4,0 \cdot 10^{-5}$	$6,0 \cdot 10^{-6}$	$1,0 \cdot 10^{-6}$	$2,0 \cdot 10^{-7}$	$3,0 \cdot 10^{-8}$	$2,0 \cdot 10^{-9}$

Обеспеченность (P), %	Значения модульных коэффициентов ( $k_p$ ) для трехпараметрического гамма-распределения при величинах ( $C_p$ ), равных										
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
	$C_S = 2C_V$										
0,001	1	1,49	2,09	2,82	3,68	4,67	5,78	7,03	8,40	9,89	11,50
0,01	1	1,42	1,92	2,52	3,20	3,98	4,85	5,81	6,85	7,98	9,21
0,03	1	1,38	1,83	2,36	2,96	3,64	4,39	5,22	6,11	7,08	8,11
0,05	1	1,36	1,79	2,29	2,85	3,48	4,18	4,95	5,77	6,66	7,60
0,1	1	1,34	1,73	2,19	2,70	3,27	3,87	4,56	5,30	6,08	6,91
0,3	1	1,30	1,64	2,02	2,45	2,91	3,42	3,96	4,55	5,16	5,81
0,5	1	1,28	1,59	1,94	2,32	2,74	3,20	3,68	4,19	4,74	5,30
1	1	1,25	1,52	1,82	2,16	2,51	2,89	3,29	3,71	4,15	4,60
3	1	1,20	1,41	1,64	1,87	2,13	2,39	2,66	2,94	3,21	3,51
5	1	1,17	1,35	1,54	1,74	1,94	2,15	2,36	2,57	2,78	3,00
10	1	1,13	1,26	1,40	1,54	1,67	1,80	1,94	2,06	2,19	2,30

20	1	1,08	1,16	1,24	1,31	1,38	1,44	1,50	1,54	1,58	1,61
25	1	1,06	1,13	1,18	1,23	1,28	1,31	1,34	1,37	1,38	1,39
30	1	1,05	1,09	1,13	1,16	1,19	1,21	1,22	1,22	1,22	1,20
40	1	1,02	1,04	1,05	1,05	1,04	1,03	1,01	0,984	0,955	0,916
50	1	0,997	0,986	0,970	0,948	0,918	0,886	0,846	0,800	0,748	0,693
60	1	0,972	0,938	0,898	0,852	0,803	0,748	0,692	0,632	0,568	0,511
70	1	0,945	0,886	0,823	0,760	0,691	0,622	0,552	0,488	0,424	0,357
75	1	0,931	0,858	0,784	0,708	0,634	0,556	0,489	0,416	0,352	0,288
80	1	0,915	0,830	0,745	0,656	0,574	0,496	0,419	0,352	0,280	0,223
90	1	0,873	0,754	0,640	0,532	0,436	0,352	0,272	0,208	0,154	0,105
95	1	0,842	0,696	0,565	0,448	0,342	0,256	0,181	0,120	0,082	0,051
97	1	0,821	0,660	0,517	0,392	0,288	0,202	0,139	0,088	0,046	0,030
99	1	0,782	0,594	0,436	0,304	0,206	0,130	0,076	0,040	0,019	0,010
99,5	1	0,761	0,560	0,394	0,269	0,166	0,099	0,054	0,027	0,012	0,005
99,7	1	0,748	0,537	0,374	0,240	0,144	0,082	0,042	0,019	0,008	0,003
99,9	1	0,719	0,492	0,319	0,192	0,107	0,052	0,027	0,008	0,004	0,001

Обеспеченность (P), %	Значения модульных коэффициентов ( $k_p$ ) для трехпараметрического гамма-распределения при величинах ( $C_p$ ), равных									
	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
	$C_S = 2C_V$									
0,001	13,20	15,10	17,20	19,30	21,60	23,90	26,20	28,60	31,30	34,40
0,01	10,50	11,80	13,20	14,70	16,40	18,20	20,20	22,20	24,40	26,60
0,03	9,20	10,30	11,60	12,90	14,30	15,60	17,00	18,50	20,00	21,40
0,05	8,61	9,65	10,80	11,90	13,10	14,20	15,50	16,70	18,00	19,40
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	0,980	0,950	0,920	0,890
40	0,870	0,830	0,770	0,725	0,670	0,625	0,580	0,530	0,480	0,440
50	0,640	0,580	0,520	0,460	0,405	0,355	0,310	0,265	0,230	0,200
60	0,450	0,390	0,334	0,283	0,234	0,190	0,160	0,130	0,105	0,085
70	0,300	0,250	0,203	0,155	0,120	0,090	0,070	0,060	0,050	0,045
75	0,241	0,193	0,146	0,106	0,077	0,060	0,050	0,040	0,030	0,025
80	0,175	0,130	0,094	0,065	0,046	0,035	0,027	0,020	0,015	0,010
90	0,074	0,049	0,030	0,016	0,009	0,005	0,004	0,003	0,002	0,001
95	0,030	0,016	0,009	0,004	0,002	0,001	$2,0 \cdot 10^{-4}$	$8,0 \cdot 10^{-5}$	$5,0 \cdot 10^{-5}$	$2,0 \cdot 10^{-5}$
97	0,016	0,008	0,004	0,002	0,001	$2,0 \cdot 10^{-4}$	$8,0 \cdot 10^{-5}$	$5,0 \cdot 10^{-5}$	$2,0 \cdot 10^{-5}$	$5,0 \cdot 10^{-6}$
99	0,005	0,002	0,001	$2,0 \cdot 10^{-4}$	$8,0 \cdot 10^{-5}$	$5,0 \cdot 10^{-5}$	$2,0 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$5,0 \cdot 10^{-6}$	$1,0 \cdot 10^{-6}$
99,5	0,002	0,001	$2,0 \cdot 10^{-4}$	$5,0 \cdot 10^{-5}$	$2,0 \cdot 10^{-5}$	$5,0 \cdot 10^{-6}$	$1,0 \cdot 10^{-6}$	0	0	0
99,7	0,001	$3,0 \cdot 10^{-4}$	$8,0 \cdot 10^{-5}$	$2,0 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-6}$	0	0	0	0
99,9	$2,0 \cdot 10^{-4}$	$4,0 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$5,0 \cdot 10^{-6}$	$1,0 \cdot 10^{-6}$	0	0	0	0	0

Обеспеченность (P), %	Значения модульных коэффициентов ( $k_p$ ) для трехпараметрического										
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
$C_S = 2,5C_V$											
0,001	1,52	2,18	3,05	4,13	5,41	6,90	8,61	10,50	12,60	14,80	17,20
0,01	1,44	1,98	2,67	3,49	4,45	5,54	6,76	8,10	9,55	11,10	12,80
0,03	1,40	1,88	2,48	3,18	4,00	4,91	5,93	7,02	8,20	9,46	10,80
0,05	1,38	1,83	2,39	3,04	3,79	4,62	5,54	6,53	7,59	8,72	9,92
0,1	1,35	1,77	2,27	2,85	3,51	4,24	5,04	5,90	6,80	7,76	8,76
0,3	1,30	1,66	2,08	2,55	3,07	3,64	4,26	4,91	5,58	6,28	7,02
0,5	1,28	1,61	1,99	2,41	2,87	3,36	3,90	4,46	5,03	5,63	6,25
1	1,25	1,54	1,86	2,21	2,59	3,00	3,42	3,87	4,32	4,78	5,26
3	1,20	1,42	1,65	1,90	2,15	2,42	2,69	2,96	3,23	3,50	3,77
5	1,17	1,35	1,55	1,74	1,95	2,15	2,35	2,55	2,75	2,94	3,13
10	1,13	1,26	1,40	1,53	1,66	1,78	1,90	2,01	2,12	2,22	2,31
20	1,08	1,16	1,23	1,30	1,36	1,41	1,45	1,49	1,52	1,54	1,55
25	1,07	1,12	1,18	1,22	1,26	1,28	1,31	1,32	1,33	1,33	1,32
30	1,05	1,09	1,13	1,15	1,17	1,18	1,18	1,18	1,17	1,16	1,14
40	1,02	1,04	1,04	1,04	1,03	1,01	0,989	0,962	0,930	0,895	0,857
50	0,997	0,984	0,964	0,938	0,906	0,870	0,830	0,787	0,742	0,695	0,648
60	0,972	0,935	0,893	0,847	0,797	0,745	0,692	0,639	0,586	0,533	0,482
70	0,945	0,885	0,822	0,758	0,693	0,629	0,567	0,506	0,449	0,395	0,344
75	0,931	0,858	0,785	0,712	0,640	0,571	0,505	0,443	0,385	0,332	0,283
80	0,915	0,830	0,745	0,663	0,585	0,512	0,444	0,381	0,324	0,272	0,226
90	0,875	0,757	0,648	0,549	0,459	0,381	0,310	0,250	0,198	0,155	0,118
95	0,843	0,702	0,576	0,467	0,373	0,293	0,227	0,172	0,128	0,093	0,066
97	0,823	0,667	0,533	0,420	0,325	0,247	0,184	0,134	0,095	0,065	0,044
99	0,784	0,606	0,459	0,341	0,248	0,175	0,120	0,080	0,052	0,032	0,019
99,9	0,727	0,513	0,353	0,235	0,151	0,093	0,055	0,030	0,016	0,008	0,004

Продолжение табл. ПЗ

гамма-распределения при величинах ( $C_V$ ), равных								
1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
$C_S = 2,5C_V$								
19,90	22,60	25,60	28,70	32,10	35,80	39,70	43,90	48,40
14,60	16,40	18,40	20,40	22,50	24,70	27,00	29,30	31,90
12,20	13,70	15,20	16,80	18,50	20,20	22,10	24,00	26,00
11,20	12,50	13,80	15,20	16,70	18,20	19,80	21,50	23,20
9,81	10,90	12,00	13,20	14,40	15,70	17,00	18,40	19,80
7,78	8,56	9,36	10,20	11,10	12,00	13,00	14,10	15,20
6,89	7,54	8,20	8,88	9,56	10,30	11,00	11,80	12,60
5,73	6,22	6,71	7,20	7,70	8,20	8,71	9,22	9,74
4,04	4,30	4,56	4,81	5,06	5,30	5,54	5,78	6,01
3,31	3,48	3,65	3,81	3,96	4,11	4,26	4,39	4,52
2,39	2,46	2,53	2,59	2,64	2,69	2,73	2,76	2,79
1,56	1,56	1,55	1,54	1,52	1,50	1,47	1,44	1,41
1,31	1,29	1,27	1,24	1,21	1,17	1,14	1,10	1,05
1,11	1,08	1,05	1,01	0,972	0,931	0,888	0,843	0,797
0,816	0,773	0,729	0,684	0,638	0,592	0,545	0,497	0,447
0,600	0,552	0,505	0,459	0,415	0,373	0,332	0,295	0,259
0,432	0,385	0,340	0,298	0,259	0,224	0,191	0,162	0,136
0,297	0,254	0,215	0,180	0,149	0,122	0,099	0,079	0,062
0,238	0,199	0,164	0,133	0,107	0,085	0,066	0,051	0,039
0,185	0,149	0,119	0,094	0,072	0,055	0,041	0,030	0,022
0,089	0,066	0,047	0,033	0,023	0,015	0,010	0,006	0,004
0,046	0,030	0,020	0,012	0,008	0,004	0,002	0,001	0,001
0,028	0,018	0,011	0,006	0,003	0,002	0,001	$4,0 \cdot 10^{-4}$	$2,0 \cdot 10^{-4}$
0,011	0,006	0,003	0,001	0,001	$3,0 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$4,0 \cdot 10^{-5}$	$4,0 \cdot 10^{-5}$
0,001	0,001	$2,0 \cdot 10^{-4}$	$6,0 \cdot 10^{-5}$	$2,0 \cdot 10^{-5}$	$6,0 \cdot 10^{-6}$	$1,0 \cdot 10^{-6}$	$4,0 \cdot 10^{-7}$	$9,0 \cdot 10^{-8}$

Обеспеченность (P), %	Значения модульных коэффициентов ( $k_p$ ) для трехпараметрического										
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$C_S = 3C_V$											
0,001	1	1,54	2,29	3,32	4,63	6,24	8,14	10,30	12,70	15,40	18,20
0,01	1	1,46	2,05	2,83	3,80	4,94	6,26	7,70	9,30	11,00	12,80
0,03	1	1,41	1,93	2,59	3,42	4,35	5,39	6,58	7,85	9,19	10,60
0,05	1	1,39	1,88	2,49	3,24	4,09	5,04	6,08	7,21	8,40	9,65
0,1	1	1,36	1,81	2,35	3,01	3,74	4,56	5,44	6,38	7,37	8,41
0,3	1	1,31	1,69	2,12	2,65	3,21	3,82	4,48	5,17	5,88	6,61
0,5	1	1,28	1,63	2,03	2,48	2,97	3,50	4,06	4,64	5,24	5,84
1	1	1,25	1,55	1,90	2,26	2,66	3,07	3,50	3,96	4,41	4,87
3	1	1,20	1,42	1,66	1,91	2,17	2,43	2,69	2,95	3,21	3,47
5	1	1,17	1,36	1,55	1,75	1,95	2,14	2,34	2,52	2,70	2,88
10	1	1,13	1,26	1,40	1,52	1,65	1,76	1,87	1,97	2,06	2,15
20	1	1,08	1,16	1,23	1,29	1,34	1,38	1,42	1,45	1,47	1,49
25	1	1,07	1,12	1,17	1,21	1,24	1,26	1,28	1,28	1,29	1,29
30	1	1,05	1,09	1,12	1,14	1,15	1,16	1,16	1,15	1,14	1,13
40	1	1,02	1,03	1,03	1,03	1,01	0,995	0,972	0,946	0,915	0,883
50	1	0,997	0,981	0,959	0,930	0,898	0,862	0,823	0,783	0,741	0,699
60	1	0,972	0,933	0,890	0,843	0,794	0,745	0,695	0,646	0,597	0,549
70	1	0,945	0,884	0,822	0,758	0,696	0,636	0,578	0,523	0,471	0,422
75	1	0,931	0,858	0,786	0,715	0,647	0,583	0,522	0,465	0,412	0,363
80	1	0,915	0,830	0,748	0,669	0,596	0,528	0,465	0,407	0,354	0,306
90	1	0,876	0,761	0,656	0,563	0,479	0,406	0,341	0,284	0,235	0,193
95	1	0,844	0,708	0,588	0,487	0,400	0,326	0,263	0,210	0,166	0,129
97	1	0,825	0,675	0,548	0,443	0,355	0,282	0,221	0,171	0,131	0,099
99	1	0,786	0,618	0,484	0,369	0,283	0,213	0,158	0,116	0,083	0,058
99,5	1	0,769	0,588	0,446	0,334	0,249	0,182	0,131	0,092	0,064	0,043
99,7	1	0,756	0,568	0,422	0,312	0,228	0,163	0,114	0,079	0,053	0,034
99,9	1	0,732	0,531	0,381	0,273	0,192	0,131	0,088	0,057	0,036	0,022

гамма-распределения при величинах ( $C_V$ ), равных									
1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
$C_S = 3C_V$									
21,30	24,50	27,90	31,50	35,30	39,30	43,40	47,80	52,50	57,40
14,80	16,80	19,00	21,20	23,50	25,90	28,40	31,00	33,70	36,50
12,10	13,70	15,30	17,00	18,80	20,60	22,40	24,30	26,30	28,40
11,00	12,40	13,80	15,20	16,80	18,30	19,90	21,50	23,30	25,10
9,49	10,60	11,80	13,00	14,20	15,40	16,70	18,00	19,40	20,80
7,37	8,15	8,94	9,75	10,60	11,40	12,30	13,10	14,00	14,80
6,47	7,10	7,75	8,41	9,07	9,74	10,40	11,10	11,80	12,40
5,33	5,79	6,26	6,74	7,21	7,68	8,14	8,61	9,07	9,53
3,73	3,98	4,20	4,44	4,67	4,89	5,10	5,31	5,51	5,70
3,05	3,22	3,37	3,52	3,66	3,8	3,92	4,04	4,15	4,26
2,23	2,30	2,36	2,42	2,47	2,51	2,55	2,58	2,60	2,62
1,50	1,50	1,50	1,49	1,48	1,46	1,45	1,42	1,40	1,37
1,28	1,27	1,25	1,23	1,20	1,18	1,15	1,12	1,08	1,05
1,11	1,08	1,06	1,03	0,997	0,964	0,929	0,892	0,855	0,818
0,848	0,812	0,775	0,736	0,697	0,659	0,620	0,581	0,544	0,507
0,656	0,614	0,572	0,531	0,491	0,452	0,415	0,379	0,345	0,313
0,503	0,459	0,417	0,377	0,339	0,304	0,271	0,240	0,212	0,186
0,375	0,333	0,293	0,257	0,224	0,194	0,166	0,142	0,121	0,102
0,318	0,277	0,239	0,206	0,176	0,149	0,125	0,105	0,087	0,071
0,263	0,224	0,190	0,160	0,133	0,110	0,090	0,073	0,059	0,047
0,156	0,126	0,100	0,078	0,061	0,047	0,035	0,026	0,019	0,014
0,100	0,076	0,057	0,042	0,030	0,022	0,015	0,010	0,007	0,004
0,073	0,054	0,038	0,027	0,018	0,012	0,008	0,005	0,003	0,002
0,040	0,027	0,017	0,011	0,007	0,004	0,002	0,001	0,001	$4,0 \cdot 10^{-4}$
0,028	0,018	0,011	0,006	0,004	0,002	0,001	$6,0 \cdot 10^{-4}$	$3,0 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$
0,022	0,014	0,008	0,004	0,002	0,001	$6,0 \cdot 10^{-4}$	$3,0 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$6,0 \cdot 10^{-5}$
0,013	0,007	0,004	0,002	0,001	$4,0 \cdot 10^{-4}$	$2,0 \cdot 10^{-4}$	$8,0 \cdot 10^{-5}$	$3,0 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$

Обеспеченность (P), %	Значения модульных коэффициентов ( $k_p$ ) для трехпараметрического								
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
$C_S = 3,5C_V$									
0,001	1,56	2,39	3,59	5,23	7,26	9,65	12,3	15,20	18,20
0,01	1,48	2,12	2,99	4,12	5,46	6,94	8,60	10,40	12,30
0,03	1,43	1,98	2,71	3,63	4,64	5,85	7,17	8,56	10,00
0,05	1,40	1,93	2,58	3,41	4,33	5,38	6,54	7,77	9,04
0,1	1,37	1,84	2,43	3,14	3,93	4,79	5,75	6,77	7,82
0,3	1,31	1,71	2,16	2,75	3,36	4,00	4,67	5,36	6,08
0,5	1,29	1,65	2,07	2,55	3,06	3,62	4,18	4,76	5,35
1	1,25	1,57	1,93	2,31	2,71	3,13	3,56	4,00	4,45
3	1,20	1,43	1,68	1,93	2,18	2,43	2,68	2,94	3,19
5	1,17	1,36	1,56	1,75	1,94	2,13	2,31	2,49	2,66
10	1,13	1,26	1,39	1,52	1,63	1,74	1,84	1,93	2,02
20	1,08	1,16	1,22	1,28	1,32	1,36	1,39	1,42	1,44
25	1,07	1,12	1,16	1,20	1,22	1,24	1,25	1,26	1,26
30	1,05	1,08	1,11	1,13	1,14	1,14	1,14	1,13	1,12
40	1,02	1,03	1,03	1,02	1,00	0,984	0,960	0,935	0,907
50	0,997	0,978	0,954	0,925	0,892	0,856	0,819	0,781	0,742
60	0,972	0,931	0,887	0,841	0,793	0,745	0,698	0,652	0,606
70	0,945	0,883	0,821	0,760	0,700	0,643	0,588	0,537	0,488
75	0,931	0,858	0,787	0,719	0,654	0,593	0,536	0,482	0,432
80	0,915	0,831	0,751	0,676	0,606	0,541	0,482	0,427	0,377
90	0,877	0,764	0,664	0,576	0,496	0,427	0,366	0,311	0,263
95	0,840	0,713	0,600	0,504	0,422	0,351	0,290	0,239	0,195
97	0,827	0,683	0,563	0,463	0,380	0,309	0,249	0,201	0,160
99	0,788	0,629	0,499	0,396	0,312	0,244	0,186	0,145	0,110
99,9	0,737	0,548	0,408	0,303	0,224	0,165	0,118	0,083	0,057

гамма-распределения при величинах ( $C_V$ ), равных											
1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	
$C_S = 3,5C_V$											
21,60	25,10	28,90	32,80	36,90	41,20	45,7	50,30	55,10	60,10	65,40	
14,40	16,50	18,80	21,10	23,50	26,00	28,6	31,30	34,00	36,80	39,90	
11,60	13,20	14,80	16,60	18,40	20,20	22,1	24,10	26,10	28,10	30,20	
10,40	11,80	13,20	14,70	16,30	17,80	19,4	21,10	22,80	24,50	26,20	
8,90	10,00	11,20	12,40	13,60	14,90	16,1	17,40	18,80	20,10	21,40	
6,83	7,59	8,37	9,17	9,97	10,80	11,6	12,40	13,30	14,10	15,00	
5,97	6,59	7,22	7,86	8,50	9,14	9,79	10,40	11,10	11,80	12,40	
4,90	5,36	5,80	6,26	6,71	7,16	7,61	8,05	8,49	8,92	9,36	
3,43	3,67	3,90	4,12	4,34	4,55	4,75	4,95	5,14	5,32	5,50	
2,83	2,98	3,14	3,28	3,42	3,55	3,67	3,78	3,89	3,99	4,08	
2,10	2,17	2,23	2,29	2,34	2,38	2,42	2,46	2,48	2,51	2,52	
1,45	1,46	1,46	1,46	1,45	1,44	1,43	1,41	1,39	1,37	1,35	
1,26	1,25	1,24	1,22	1,21	1,18	1,16	1,14	1,11	1,08	1,05	
1,11	1,09	1,07	1,04	1,02	0,989	0,960	0,929	0,897	0,864	0,831	
0,877	0,845	0,812	0,777	0,743	0,708	0,673	0,638	0,604	0,570	0,537	
0,703	0,664	0,625	0,587	0,549	0,513	0,477	0,443	0,410	0,379	0,350	
0,562	0,520	0,479	0,440	0,403	0,368	0,335	0,303	0,274	0,247	0,222	
0,442	0,398	0,358	0,321	0,286	0,254	0,225	0,199	0,175	0,153	0,134	
0,386	0,343	0,304	0,268	0,236	0,206	0,180	0,156	0,135	0,116	0,099	
0,332	0,290	0,253	0,219	0,189	0,163	0,139	0,118	0,100	0,084	0,070	
0,221	0,185	0,154	0,127	0,104	0,085	0,069	0,055	0,044	0,035	0,027	
0,158	0,127	0,101	0,080	0,062	0,048	0,037	0,028	0,021	0,016	0,011	
0,126	0,098	0,076	0,058	0,044	0,033	0,024	0,018	0,013	0,009	0,006	
0,082	0,061	0,044	0,032	0,022	0,016	0,011	0,007	0,005	0,003	0,002	
0,039	0,026	0,016	0,010	0,006	0,004	0,002	0,001	0,001	$3,0 \cdot 10^{-4}$	$2,0 \cdot 10^{-4}$	

Обеспеченность (P), %	Значения модульных коэффициентов ( $k_p$ ) для трехпараметрического									
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
$C_S = 4C_V$										
0,001	0	1,59	2,49	3,90	5,80	8,15	10,90	13,90	17,20	20,80
0,01	0	1,50	2,18	3,17	4,43	5,91	7,58	9,41	11,40	13,40
0,03	0	1,44	2,04	2,86	3,86	5,02	6,30	7,67	9,14	10,70
0,05	0	1,41	1,97	2,72	3,61	4,63	5,76	6,96	8,22	9,56
0,1	0	1,38	1,88	2,53	3,29	4,15	5,07	6,05	7,08	8,15
0,3	0	1,32	1,74	2,24	2,82	3,44	4,09	4,79	5,50	6,22
0,5	0	1,29	1,67	2,12	2,61	3,13	3,68	4,26	4,85	5,43
1	0	1,25	1,58	1,94	2,31	2,75	3,17	3,59	4,03	4,47
3	0	1,20	1,44	1,68	1,93	2,18	2,43	2,68	2,92	3,16
5	0	1,17	1,36	1,56	1,75	1,94	2,12	2,29	2,46	2,62
10	0	1,13	1,26	1,39	1,51	1,62	1,72	1,81	1,90	1,98
20	0	1,08	1,15	1,22	1,27	1,31	1,34	1,37	1,40	1,41
25	0	1,07	1,12	1,16	1,19	1,21	1,23	1,24	1,24	1,24
30	0	1,05	1,08	1,11	1,12	1,13	1,13	1,13	1,12	1,11
40	0	1,02	1,02	1,02	1,01	0,996	0,976	0,954	0,929	0,902
50	0	0,997	0,976	0,950	0,920	0,888	0,853	0,818	0,781	0,744
60	0	0,972	0,929	0,885	0,839	0,793	0,747	0,702	0,658	0,614
70	0	0,945	0,883	0,821	0,761	0,704	0,649	0,597	0,548	0,501
75	0	0,931	0,858	0,788	0,722	0,660	0,601	0,546	0,495	0,448
80	0	0,915	0,832	0,754	0,681	0,614	0,553	0,496	0,443	0,395
90	0	0,877	0,767	0,671	0,586	0,511	0,444	0,384	0,331	0,284
95	0	0,846	0,719	0,611	0,519	0,440	0,372	0,312	0,261	0,217
97	0	0,829	0,690	0,576	0,481	0,400	0,332	0,274	0,224	0,182
99	0	0,790	0,638	0,516	0,417	0,336	0,269	0,214	0,168	0,132
99,5	0	0,776	0,612	0,485	0,386	0,305	0,239	0,186	0,144	0,110
99,7	0	0,762	0,594	0,466	0,366	0,286	0,221	0,170	0,129	0,097
99,9	0	0,742	0,561	0,430	0,331	0,252	0,189	0,141	0,104	0,075

гамма-распределения при величинах ( $C_V$ ), равных										
1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
$C_S = 4C_V$										
24,60	28,60	32,80	37,20	41,80	46,60	51,50	56,60	61,80	67,20	72,80
15,50	17,90	20,30	22,80	25,40	28,00	30,80	33,60	36,50	39,40	42,40
12,30	14,00	15,80	17,60	19,40	21,30	23,30	25,30	27,30	29,40	31,50
11,00	12,40	13,90	15,40	17,00	18,60	20,30	21,90	23,70	25,40	27,20
9,26	10,40	11,60	12,80	14,00	15,30	16,60	17,90	19,20	20,60	21,90
6,96	7,73	8,53	9,31	10,10	10,90	11,70	12,50	13,30	14,20	15,00
6,03	6,65	7,29	7,91	8,53	9,16	9,79	10,40	11,00	11,70	12,30
4,91	5,34	5,79	6,22	6,66	7,09	7,52	7,95	8,37	8,78	9,19
3,39	3,62	3,83	4,04	4,25	4,45	4,64	4,83	5,01	5,18	5,35
2,78	2,93	3,07	3,21	3,34	3,46	3,57	3,68	3,78	3,87	3,96
2,05	2,12	2,18	2,24	2,28	2,32	2,36	2,39	2,42	2,44	2,45
1,42	1,43	1,44	1,43	1,43	1,42	1,41	1,39	1,38	1,36	1,33
1,24	1,23	1,22	1,21	1,19	1,17	1,15	1,13	1,10	1,08	1,05
1,10	1,08	1,06	1,04	1,01	0,985	0,958	0,929	0,900	0,871	0,841
0,873	0,843	0,812	0,781	0,748	0,716	0,684	0,652	0,62	0,588	0,558
0,707	0,670	0,634	0,598	0,562	0,529	0,495	0,464	0,433	0,403	0,375
0,572	0,532	0,494	0,457	0,421	0,388	0,356	0,327	0,299	0,273	0,249
0,457	0,416	0,377	0,341	0,308	0,277	0,248	0,223	0,199	0,177	0,157
0,403	0,362	0,325	0,290	0,258	0,230	0,203	0,179	0,158	0,139	0,121
0,351	0,311	0,274	0,242	0,212	0,185	0,162	0,140	0,122	0,105	0,090
0,243	0,207	0,176	0,148	0,125	0,104	0,087	0,072	0,060	0,049	0,040
0,180	0,148	0,121	0,098	0,080	0,064	0,051	0,041	0,032	0,025	0,019
0,147	0,119	0,095	0,075	0,059	0,046	0,036	0,028	0,021	0,016	0,012
0,102	0,078	0,060	0,045	0,034	0,025	0,018	0,013	0,009	0,006	0,004
0,083	0,062	0,046	0,034	0,024	0,017	0,012	0,008	0,006	0,004	0,003
0,072	0,053	0,038	0,027	0,019	0,013	0,009	0,006	0,004	0,003	0,002
0,054	0,038	0,026	0,018	0,012	0,008	0,005	0,003	0,002	0,001	0,001

Обеспеченность (P), %	Значения модульных коэффициентов ( $k_p$ ) для трехпараметрического гамма-распределения при величинах ( $C_V$ ), равных									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$C_S = 4,5C_V$										
0,01	1,48	2,26	3,35	4,74	6,36	8,15	10,10	12,20	14,40	16,70
0,03	1,44	2,09	2,98	4,07	5,30	6,65	8,09	9,62	11,20	12,90
0,05	1,41	2,02	2,82	3,78	4,86	6,03	7,27	8,58	9,95	11,40
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

Продолжение табл. ПЗ

Обеспеченность (P), %	Значения модульных коэффициентов ( $k_p$ ) для трехпараметрического гамма-распределения при величинах ( $C_V$ ), равных								
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
$C_S = 5C_V$									
0,001	1,67	2,75	4,38	6,87	9,90	13,35	17,05	21,15	25,30
0,01	1,54	2,34	3,43	4,91	6,65	8,70	10,70	12,71	15,05
0,03	1,47	2,15	3,07	4,23	5,50	6,95	8,43	9,96	11,60
0,05	1,43	2,06	2,87	3,9	5,05	6,24	7,51	8,82	10,25
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	0,980	0,970	0,940	0,920	0,900
50	0,990	0,970	0,940	0,920	0,880	0,850	0,820	0,780	0,750
60	0,970	0,930	0,880	0,840	0,790	0,750	0,710	0,670	0,630
70	0,940	0,880	0,820	0,770	0,710	0,660	0,610	0,560	0,520
75	0,930	0,860	0,790	0,730	0,670	0,620	0,560	0,510	0,470
80	0,910	0,830	0,750	0,690	0,630	0,570	0,520	0,470	0,420
90	0,880	0,770	0,680	0,610	0,530	0,470	0,410	0,360	0,320
95	0,840	0,730	0,630	0,550	0,470	0,400	0,340	0,290	0,250
97	0,820	0,700	0,600	0,510	0,430	0,360	0,310	0,260	0,220
99	0,78	0,660	0,550	0,450	0,370	0,310	0,250	0,200	0,160
99,5	0,760	0,630	0,520	0,420	0,340	0,280	0,230	0,180	0,140
99,7	0,750	0,620	0,510	0,410	0,320	0,260	0,210	0,160	0,120
99,9	0,730	0,590	0,470	0,370	0,290	0,230	0,180	0,140	0,100

Обеспеченность (P), %	Значения модульных коэффициентов ( $k_p$ ) для трехпараметрического гамма-распределения при величинах ( $C_V$ ), равных									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$C_S = 5,5C_V$										
0,01	1,52	2,41	3,70	5,30	7,12	9,10	11,20	13,40	15,80	18,20
0,03	1,46	2,20	3,22	4,43	5,77	7,21	8,72	10,30	12,00	13,70
0,05	1,43	2,11	3,01	4,07	5,22	6,45	7,74	9,10	10,50	12,00
0,1	1,40	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	0,52	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

Обеспеченность (P), %	Значения модульных коэффициентов ( $k_p$ ) для трехпараметрического гамма-распределения при величинах ( $C_V$ ), равных								
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
$C_S = 6C_V$									
0,001	1,80	3,02	5,20	8,10	11,50	15,30	19,30	23,80	28,00
0,01	1,60	2,48	3,75	5,48	7,30	9,39	11,50	13,80	16,40
0,03	1,52	2,25	3,25	4,54	5,90	7,37	8,90	10,53	12,30
0,05	1,47	2,15	3,05	4,15	5,25	6,57	7,85	9,26	10,70
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	0,990	0,980	0,960	0,940	0,920	0,890
50	0,990	0,970	0,940	0,910	0,880	0,850	0,820	0,790	0,750
60	0,960	0,920	0,880	0,840	0,800	0,760	0,720	0,680	0,640
70	0,940	0,880	0,830	0,770	0,720	0,670	0,630	0,580	0,540
75	0,930	0,860	0,800	0,740	0,680	0,630	0,580	0,530	0,490
80	0,910	0,840	0,770	0,700	0,640	0,580	0,530	0,480	0,440
90	0,880	0,780	0,700	0,620	0,550	0,490	0,430	0,380	0,330
95	0,850	0,740	0,650	0,560	0,490	0,430	0,370	0,320	0,270
97	0,830	0,720	0,620	0,530	0,460	0,390	0,330	0,280	0,240
99	0,80	0,670	0,570	0,480	0,400	0,330	0,280	0,230	0,190
99,5	0,780	0,650	0,550	0,450	0,370	0,310	0,250	0,200	0,170
99,7	0,760	0,640	0,530	0,430	0,360	0,290	0,240	0,190	0,150
99,9	0,750	0,610	0,500	0,400	0,330	0,260	0,210	0,160	0,120

Значения нормированных отклонений от среднего значения ординал распределения Пирсона III типа  
(биномиальная кривая распределения)

Коэф- фициент асимме- трии ( $C_S$ )	Значения ( $\Phi_p$ ) при вероятности превышения ( $P$ ), %											
	0,01	0,1	1,0	3,0	5,0	10	20	25	30	40	50	60
-4,0	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,490	0,490	0,460	0,410	0,310
-3,8	0,527	0,527	0,526	0,526	0,526	0,526	0,520	0,520	0,510	0,480	0,420	0,300
-3,6	0,556	0,556	0,556	0,556	0,556	0,555	0,550	0,540	0,540	0,490	0,420	0,280
-3,4	0,588	0,588	0,588	0,588	0,587	0,586	0,580	0,570	0,550	0,500	0,410	0,270
-3,2	0,625	0,625	0,625	0,625	0,625	0,621	0,610	0,590	0,570	0,510	0,410	0,250
-3,0	0,667	0,667	0,666	0,666	0,665	0,661	0,640	0,620	0,590	0,510	0,400	0,220
-2,8	0,715	0,715	0,715	0,714	0,711	0,703	0,670	0,640	0,600	0,510	0,390	0,200
-2,6	0,770	0,770	0,770	0,766	0,764	0,746	0,700	0,660	0,610	0,510	0,370	0,170
-2,4	0,835	0,833	0,830	0,826	0,820	0,792	0,720	0,670	0,620	0,510	0,350	0,170
-2,2	0,914	0,910	0,905	0,895	0,882	0,842	0,750	0,690	0,640	0,500	0,330	0,120
-2,0	1,01	1,00	0,990	0,970	0,950	0,900	0,780	0,710	0,640	0,490	0,310	0,090
-1,8	1,11	1,11	1,09	1,06	1,02	0,940	0,800	0,720	0,640	0,480	0,280	0,050
-1,6	1,26	1,24	1,2	1,14	1,10	0,990	0,810	0,730	0,640	0,460	0,250	0,020
-1,4	1,41	1,39	1,32	1,23	1,17	1,04	0,830	0,730	0,640	0,440	0,220	-0,020
-1,2	1,68	1,58	1,45	1,33	1,24	1,08	0,840	0,740	0,630	0,420	0,190	-0,050

-1,0	1,92	1,79	1,59	1,42	1,32	1,13	0,850	0,730	0,620	0,390	0,160	-0,090
-0,8	2,23	2,02	1,74	1,52	1,38	1,17	0,860	0,730	0,60	0,370	0,130	-0,120
-0,6	2,57	2,27	1,88	1,61	1,45	1,20	0,850	0,720	0,590	0,340	0,100	-0,160
-0,4	2,98	2,54	2,03	1,70	1,52	1,23	0,850	0,710	0,570	0,310	0,070	-0,190
-0,2	3,37	2,81	2,18	1,79	1,58	1,26	0,850	0,690	0,550	0,280	0,030	-0,220
0,0	3,72	3,09	2,33	1,88	1,64	1,28	0,840	0,670	0,520	0,250	0,000	-0,250
0,2	4,16	3,38	2,47	1,96	1,70	1,30	0,830	0,650	0,500	0,220	-0,030	-0,280
0,4	4,61	3,66	2,61	2,04	1,75	1,32	0,820	0,630	0,470	0,190	-0,070	-0,310
0,6	5,05	3,96	2,75	2,12	1,80	1,33	0,800	0,610	0,440	0,160	-0,100	-0,340
0,8	5,50	4,24	2,89	2,18	1,84	1,34	0,780	0,580	0,410	0,120	-0,130	-0,370
1,0	5,96	4,53	3,02	2,25	1,88	1,34	0,760	0,550	0,380	0,090	-0,160	-0,390
1,2	6,41	4,81	3,15	2,31	1,92	1,34	0,730	0,520	0,350	0,050	-0,190	-0,420
1,4	6,87	5,09	3,27	2,37	1,95	1,34	0,710	0,490	0,310	0,020	-0,220	-0,440
1,6	7,31	5,37	3,39	2,42	1,97	1,33	0,680	0,460	0,280	-0,020	-0,250	-0,460
1,8	7,76	5,64	3,50	2,46	1,99	1,32	0,640	0,420	0,240	-0,050	-0,280	-0,480
2,0	8,21	5,91	3,60	2,51	2,00	1,30	0,610	0,390	0,200	-0,080	-0,310	-0,490
2,2	8,63	6,14	3,68	2,54	2,02	1,27	0,570	0,350	0,160	-0,120	-0,330	-0,500
2,4	9,00	6,37	3,78	2,60	2,00	1,25	0,520	0,290	0,120	-0,140	-0,350	-0,510
2,6	9,39	6,54	3,86	2,63	2,00	1,21	0,480	0,250	0,085	-0,170	-0,370	-0,510
2,8	9,77	6,86	3,96	2,65	2,00	1,18	0,440	0,220	0,057	-0,200	-0,390	-0,510
3,0	10,16	7,10	4,05	2,66	1,97	1,13	0,390	0,190	0,027	-0,220	-0,400	-0,510

Коэффициент асимметрии ( $C_3$ )	Значения ( $\Phi_p$ ) при вероятности превышения ( $P$ ), %											
	0,01	0,1	1,0	3,0	5,0	10	20	25	30	40	50	60
3,2	10,55	7,35	4,11	2,66	1,96	1,09	0,350	0,150	-0,006	-0,250	-0,410	-0,510
3,4	10,90	7,54	4,18	2,66	1,94	1,06	0,310	0,110	-0,036	-0,270	-0,410	-0,500
3,6	11,30	7,72	4,24	2,66	1,93	1,03	0,280	0,064	-0,072	-0,280	-0,420	-0,490
3,8	11,67	7,97	4,29	2,65	1,90	1,00	0,240	0,032	-0,095	-0,300	-0,420	-0,480
4,0	12,02	8,17	4,34	2,65	1,90	0,96	0,210	0,010	-0,120	-0,310	-0,410	-0,460
4,2	12,40	8,38	4,39	2,64	1,88	0,93	0,190	-0,010	-0,130	-0,310	-0,410	-0,450
4,4	12,76	8,60	4,42	2,63	1,86	0,91	0,150	-0,032	-0,150	-0,320	-0,400	-0,440
4,6	13,12	8,79	4,46	2,62	1,84	0,87	0,130	-0,052	-0,170	-0,320	-0,400	-0,420
4,8	13,51	8,96	4,50	2,60	1,81	0,82	0,100	-0,075	-0,190	-0,320	-0,390	-0,410
5,0	13,87	9,12	4,54	2,60	1,78	0,78	0,068	-0,099	-0,200	-0,330	-0,380	-0,400
5,2	14,25	9,27	4,59	2,60	1,74	0,73	0,035	-0,120	-0,210	-0,330	-0,370	-0,380
5,4	14,60	9,42	4,62	2,60	1,70	0,67	0,020	-0,100	-0,210	-0,330	-0,370	-0,370
5,6	14,95	9,59	4,65	2,60	1,67	0,62	0,000	-0,120	-0,210	-0,300	-0,360	-0,360
5,8	15,32	9,70	4,70	2,60	1,64	0,57	-0,020	-0,140	-0,210	-0,300	-0,350	-0,350
6,0	15,67	9,84	4,70	2,60	1,60	0,51	-0,050	-0,150	-0,210	-0,300	-0,340	-0,340
6,2	16,04	9,95	4,71	2,60	1,56	0,47	-0,050	-0,150	-0,210	-0,300	-0,340	-0,340
6,4	16,40	10,05	4,71	2,60	1,52	0,42	-0,050	-0,150	-0,210	-0,300	-0,330	-0,390

Коэффициент асимметрии ( $C_3$ )	Значения ( $\Phi_p$ ) при вероятности превышения ( $P$ ), %										$\Phi_{5\%}$ – $\Phi_{95\%}$	Коэффициент скошенности ( $S$ )
	70	75	80	90	95	97	99	99,9				
-4,0	-0,120	-0,010	-0,210	-0,960	-1,90	-2,65	-4,34	-8,17	2,40	-0,93		
-3,8	-0,095	-0,032	-0,240	-1,00	-1,90	-2,65	-4,29	-7,97	2,43	-0,91		
-3,6	-0,072	-0,064	-0,280	-1,03	-1,93	-2,66	-4,24	-7,72	2,49	-0,89		
-3,4	-0,036	-0,110	-0,310	-1,06	-1,94	-2,66	-4,18	-7,54	2,53	-0,86		
-3,2	-0,006	-0,150	-0,350	-1,09	-1,96	-2,66	-4,11	-7,35	2,58	-0,83		
-3,0	-0,027	-0,190	-0,390	-1,13	-1,97	-2,66	-4,05	-7,10	2,64	-0,80		
-2,8	-0,057	-0,220	-0,440	-1,18	-2,00	-2,65	-3,86	-6,86	2,71	-0,76		
-2,6	-0,085	-0,250	-0,480	-1,21	-2,00	-2,63	-3,86	-6,54	2,76	-0,71		
-2,4	-0,120	-0,290	-0,520	-1,25	-2,00	-2,60	-3,78	-6,37	2,82	-0,67		
-2,2	-0,160	-0,350	-0,570	-1,27	-2,02	-2,54	-3,68	-6,14	2,90	-0,62		
-2,0	-0,200	-0,390	-0,610	-1,30	-2,00	-2,51	-3,60	-5,91	2,95	-0,57		
-1,8	-0,240	-0,420	-0,640	-1,32	-1,99	-2,46	-3,50	-5,64	3,01	-0,51		
-1,6	-0,280	-0,460	-0,680	-1,33	-1,97	-2,42	-3,39	-5,37	3,07	-0,45		
-1,4	-0,310	-0,490	-0,710	-1,34	-1,95	-2,37	-3,27	-5,09	3,12	-0,39		
-1,2	-0,350	-0,520	-0,730	-1,34	-1,92	-2,31	-3,15	-4,81	3,16	-0,34		
-1,0	-0,380	-0,550	-0,760	-1,34	-1,88	-2,25	-3,02	-4,53	3,20	-0,27		
-0,8	-0,410	-0,580	-0,790	-1,34	-1,84	-2,18	-2,89	-4,24	3,22	-0,22		

Коэффициент асимметрии ( $C_3$ )	Значения ( $\Phi_p$ ) при вероятности превышения ( $P$ ), %										$\Phi_{5\%} -$ $\Phi_{95\%}$	Коэффициент скошенности ( $S$ )
	70	75	80	90	95	97	99	99,9				
-0,6	-0,440	-0,610	-0,800	-1,33	-1,80	-2,12	-2,75	-3,96	3,25	-0,17		
-0,4	-0,470	-0,630	-0,820	-1,32	-1,75	-2,04	-2,61	-3,66	3,27	-0,11		
-0,2	-0,500	-0,650	-0,830	-1,30	-1,70	-1,96	-2,47	-3,38	3,28	-0,05		
0,0	-0,520	-0,670	-0,840	-1,28	-1,64	-1,88	-2,33	-3,09	3,28	0,00		
0,2	-0,550	-0,690	-0,850	-1,26	-1,58	-1,79	-2,18	-2,81	3,28	0,06		
0,4	-0,570	-0,71	-0,850	-1,23	-1,52	-1,70	-2,03	-2,54	3,27	0,11		
0,6	-0,590	-0,72	-0,850	-1,20	-1,45	-1,61	-1,88	-2,27	3,25	0,17		
0,8	-0,600	-0,73	-0,860	-1,17	-1,38	-1,52	-1,74	-2,02	3,22	0,22		
1,0	-0,620	-0,730	-0,850	-1,13	-1,32	-1,42	-1,59	-1,79	3,20	0,28		
1,2	-0,630	-0,740	-0,840	-1,08	-1,24	-1,33	-1,45	-1,58	3,16	0,34		
1,4	-0,640	-0,730	-0,830	-1,04	-1,17	-1,23	-1,32	-1,39	3,12	0,39		
1,6	-0,640	-0,730	-0,810	-0,990	-1,10	-1,14	-1,2	-1,24	3,07	0,45		
1,8	-0,640	-0,720	-0,800	-0,940	-1,02	-1,06	-1,09	-1,11	3,01	0,51		
2,0	-0,640	-0,710	-0,780	-0,900	-0,950	-0,970	-0,990	-1,00	2,95	0,57		
2,2	-0,640	-0,690	-0,750	-0,842	-0,882	-0,895	-0,905	-0,910	2,89	0,62		
2,4	-0,620	-0,670	-0,720	-0,792	-0,820	-0,826	-0,830	-0,833	2,82	0,67		
2,6	-0,610	-0,660	-0,700	-0,746	-0,764	-0,766	-0,770	-0,770	2,76	0,72		

2,8	-0,600	-0,640	-0,670	-0,703	-0,711	-0,714	-0,715	-0,715	2,71	0,76
3,0	-0,590	-0,620	-0,640	-0,661	-0,665	-0,666	-0,666	-0,667	2,64	0,80
3,2	-0,570	-0,590	-0,610	-0,621	-0,625	-0,625	-0,625	-0,625	2,59	0,83
3,4	-0,550	-0,570	-0,580	-0,586	-0,587	-0,588	-0,588	-0,588	2,53	0,86
3,6	-0,540	-0,540	-0,550	-0,555	-0,556	-0,556	-0,556	-0,556	2,48	0,89
3,8	-0,510	-0,520	-0,520	-0,526	-0,526	-0,526	-0,526	-0,527	2,43	0,91
4,0	-0,490	-0,490	-0,500	-0,500	-0,500	-0,500	-0,500	-0,500	2,40	0,92
4,2	-0,470	-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	-0,434	-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	-0,370	-0,370	-0,370	-0,370	-0,370	-0,370	-0,370	-0,370	2,07	1,00
5,6	-0,360	-0,360	-0,360	-0,360	-0,360	-0,360	-0,360	-0,360	2,03	1,00
5,8	-0,350	-0,350	-0,350	-0,350	-0,350	-0,350	-0,350	-0,350	1,99	1,00
6,0	-0,340	-0,340	-0,340	-0,340	-0,340	-0,340	-0,340	-0,340	1,94	1,00
6,2	-0,340	-0,340	-0,340	-0,340	-0,340	-0,340	-0,340	-0,340	1,90	1,00
6,4	-0,330	-0,330	-0,330	-0,330	-0,330	-0,330	-0,330	-0,330	1,85	1,00

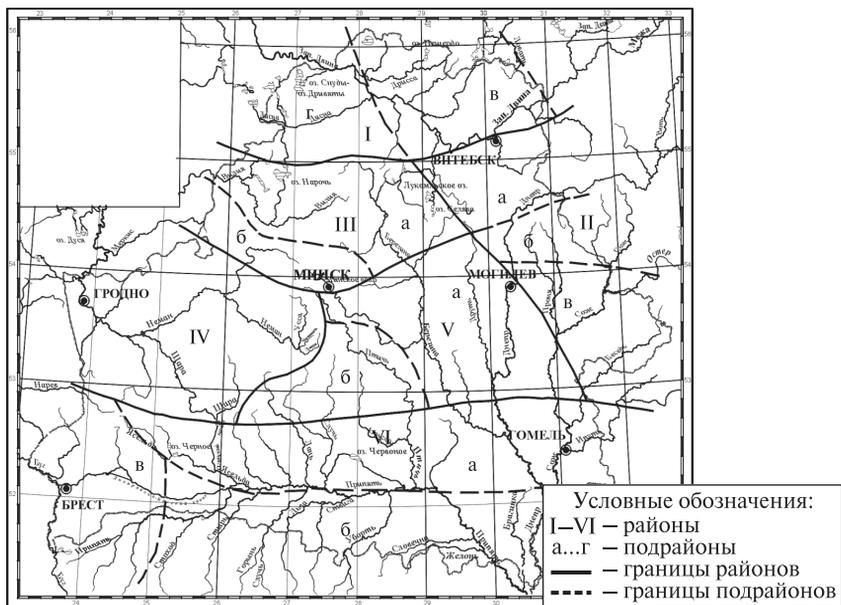


Рис. П8. Карта-схема гидрологических районов Беларуси

Таблица П5

**Типовые районные распределения месячного стока рек (в % от годового)  
 по гидрологическим районам**

Водность года	Месячный сток, %											
	весна			лето – осень						зима		
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II
<b>I Западно-Двинский район</b> подрайон в $A = 100 \text{ км}^2, A'_{03} < 1 \%$												
Очень много- водный	3,0	27,0	14,6	9,5	2,6	3,2	6,0	8,1	10,8	6,5	4,7	4,0
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
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
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
Очень мало- водный	5,4	48,3	26,2	3,5	1,0	1,2	2,3	3,0	4,0	2,2	1,6	1,3

Продолжение табл. П5

Водность года	Месячный сток, %											
	весна			лето – осень						зима		
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II
$A = 100 \text{ км}^2, 1 \leq A'_{\text{ос}} \leq 5\%$												
Очень много-водный	3,8	22,0	12,1	9,9	3,9	3,7	6,1	8,7	11,2	8,0	5,8	4,8
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
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
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
Очень мало-водный	7,7	45,0	24,8	3,7	1,5	1,4	2,3	3,2	4,2	2,7	1,9	1,6
$A = 100 \text{ км}^2, 5 \leq A'_{\text{ос}} \leq 10\%$												
Очень много-водный	4,3	14,5	8,3	10,1	6,5	4,9	5,8	9,6	11,2	10,7	7,7	6,4
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
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
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
Очень мало-водный	11,6	39,3	22,6	3,8	2,4	1,9	2,2	3,6	4,3	3,6	2,6	2,1
$A = 1000 \text{ км}^2, A'_{\text{ос}} < 1\%$												
Очень много-водный	3,5	31,0	16,7	8,1	2,2	2,8	5,2	6,9	9,3	6,2	4,4	3,7
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
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
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
Очень мало-водный	4,8	43,2	23,3	5,3	1,5	1,8	3,4	4,5	6,0	2,7	1,9	1,6
$A = 1000 \text{ км}^2, 1 \leq A'_{\text{ос}} \leq 5\%$												
Очень много-водный	4,5	26,3	14,5	8,5	3,3	3,2	5,2	7,4	9,5	7,6	5,4	4,6
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
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

Продолжение табл. П5

Водность года	Месячный сток, %											
	весна			лето – осень						зима		
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II
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
Очень мало- водный	6,8	39,3	21,7	5,6	2,2	2,1	3,4	4,9	6,4	3,3	2,4	1,9
$A = 1000 \text{ км}^2, 5 \leq A'_{\text{оз}} \leq 10 \%$												
Очень много- водный	5,6	19,1	11,0	8,6	5,5	4,2	4,9	8,2	9,5	10,1	7,2	6,1
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
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
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
Очень мало- водный	9,8	33,3	19,1	5,8	3,7	2,8	3,4	5,5	6,5	4,3	3,1	2,7
$A = 5000 \text{ км}^2, A'_{\text{оз}} < 1 \%$												
Очень много- водный	3,7	32,7	17,7	7,6	2,1	2,6	4,8	6,4	8,6	5,9	4,3	3,6
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
Средний	4,1	36,2	19,5	7,0	1,9	2,4	4,5	6,0	8,0	4,5	3,2	2,7
Маловодный	4,3	37,9	20,5	6,7	1,8	2,3	4,2	5,7	7,6	3,9	2,8	2,3
Очень мало- водный	4,5	40,2	21,7	6,3	1,7	2,2	4,0	5,3	7,2	3,0	2,1	1,8
$A = 5000 \text{ км}^2, 1 \leq A'_{\text{оз}} \leq 5 \%$												
Очень много- водный	4,9	28,1	15,5	7,9	3,1	3,0	4,8	6,9	8,9	7,3	5,2	4,4
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
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
Маловодный	5,8	33,7	18,6	7,0	2,8	2,6	4,3	6,2	7,9	4,8	3,4	2,9
Очень мало- водный	6,2	36,1	20,0	6,7	2,6	2,5	4,1	5,8	7,5	3,7	2,6	2,2
$A = 5000 \text{ км}^2, 5 \leq A'_{\text{оз}} \leq 10 \%$												
Очень много- водный	6,2	21,1	12,2	8,0	5,1	3,9	4,6	7,6	8,8	9,7	7,0	5,8

Продолжение табл. П5

Водность года	Месячный сток, %											
	весна			лето – осень						зима		
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II
Многоводный	6,9	23,4	13,5	7,7	4,9	3,8	4,5	7,4	8,5	8,3	6,0	5,1
Средний	7,4	25,2	14,5	7,5	4,8	3,7	4,3	7,2	8,3	7,4	5,3	4,4
Маловодный	8,1	27,2	15,6	7,2	4,6	3,5	4,1	6,9	8,0	6,4	4,6	3,8
Очень мало- водный	8,8	29,8	17,1	6,9	4,4	3,4	4,0	6,6	7,7	4,9	3,5	2,9
подрайон г $A = 100 \text{ км}^2, A'_{\text{ос}} < 1 \%$												
Очень много- водный	9,6	36,3	3,0	7,9	3,3	1,3	1,8	6,3	12,3	10,6	4,8	2,8
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
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
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
Очень мало- водный	16,4	61,7	4,9	2,9	1,2	0,5	0,7	2,3	4,6	2,8	1,3	0,7
$A = 100 \text{ км}^2, 1 \leq A'_{\text{ос}} \leq 5 \%$												
Очень много- водный	9,7	29,0	3,3	8,4	3,6	1,8	2,6	7,6	12,1	11,9	6,0	4,0
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
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
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
Очень мало- водный	18,6	55,7	6,4	3,2	1,4	0,7	1,0	2,9	4,4	3,1	1,6	1,0
$A = 100 \text{ км}^2, 5 \leq A'_{\text{ос}} \leq 10 \%$												
Очень много- водный	8,9	18,3	3,8	9,2	4,1	2,9	4,3	10,0	10,8	13,2	8,0	6,5
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
Средний	15,6	31,9	6,5	6,5	2,9	2,0	3,1	7,0	7,6	8,1	4,9	3,9
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
Очень мало- водный	22,2	45,5	9,3	3,5	1,6	1,1	1,7	3,8	4,1	3,4	2,1	1,7

Продолжение табл. П5

Водность года	Месячный сток, %											
	весна			лето – осень							зима	
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II
$A = 1000 \text{ км}^2, A'_{\text{оз}} < 1 \%$												
Очень много-водный	10,1	38,3	3,1	7,5	3,1	1,3	1,7	6,1	11,7	9,9	4,5	2,7
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
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
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
Очень мало-водный	15,7	59,1	4,8	3,4	1,4	0,6	0,8	2,8	5,3	3,5	1,6	1,0
$A = 1000 \text{ км}^2, 1 \leq A'_{\text{оз}} \leq 5 \%$												
Очень много-водный	10,4	31,0	3,6	8,0	3,4	1,8	2,5	7,3	11,4	11,2	5,7	3,7
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
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
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
Очень мало-водный	17,7	53,1	6,1	3,7	1,6	0,8	1,1	3,3	5,2	4,0	2,1	1,3
$A = 1000 \text{ км}^2, 5 \leq A'_{\text{оз}} \leq 10 \%$												
Очень много-водный	9,9	20,4	4,2	8,8	4,0	2,8	4,1	9,5	10,3	12,4	7,5	6,1
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
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
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
Очень мало-водный	20,9	42,8	8,8	4,0	1,8	1,3	1,9	4,4	4,8	4,4	2,7	2,2
$A = 5000 \text{ км}^2, A'_{\text{оз}} < 1 \%$												
Очень много-водный	10,4	39,1	3,1	7,4	3,1	1,3	1,7	5,9	11,5	9,6	4,4	2,5
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
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

Продолжение табл. П5

Водность года	Месячный сток, %											
	весна			лето – осень						зима		
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II
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
Очень мало- водный	15,3	57,8	4,7	3,7	1,5	0,6	0,9	2,9	5,7	4,0	1,8	1,1
$A = 5000 \text{ км}^2, 1 \leq A'_{\text{ос}} \leq 5 \%$												
Очень много- водный	10,6	31,9	3,7	7,9	3,4	1,7	2,4	7,2	11,4	10,8	5,4	3,6
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
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
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
Очень мало- водный	17,2	51,6	6,0	4,0	1,7	0,9	1,2	3,6	5,6	4,5	2,3	1,4
$A = 5000 \text{ км}^2, 5 \leq A'_{\text{ос}} \leq 10 \%$												
Очень много- водный	10,4	21,3	4,3	8,6	3,9	2,7	4,1	9,4	10,2	12,0	7,3	5,8
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
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
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
Очень мало- водный	20,2	41,4	8,4	4,4	2,0	1,4	2,0	4,7	5,1	5,0	3,0	2,4
<b>II Верхне-Днепровский район</b> подрайон а $A = 50 \text{ км}^2$												
Очень много- водный	39,9	17,8	2,9	4,4	3,7	6,6	4,9	5,4	7,7	3,3	1,9	1,5
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
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
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
Очень мало- водный	59,9	26,7	4,5	0,9	0,8	1,4	1,0	1,1	1,5	1,1	0,6	0,5

Продолжение табл. П5

Водность года	Месячный сток, %											
	весна			лето – осень							зима	
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II
$A = 100 \text{ км}^2$												
Очень много-водный	14,7	40,7	2,8	3,6	2,8	7,0	4,9	6,1	9,8	4,1	2,1	1,4
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
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
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
Очень мало-водный	22,6	62,7	4,3	0,8	0,6	1,6	1,1	1,4	2,2	1,5	0,7	0,5
$A = 1000 \text{ км}^2$												
Очень много-водный	2,7	39,7	12,1	5,7	2,4	3,3	9,4	6,0	9,5	4,4	2,6	2,2
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
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
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
Очень мало-водный	6,7	65,4	13,6	2,2	1,6	1,3	1,2	1,9	2,3	1,5	1,2	1,1
$A = 5000 \text{ км}^2$												
Очень много-водный	2,6	37,7	11,4	6,0	2,5	3,5	9,8	6,2	10,0	5,0	2,9	2,4
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
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
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
Очень мало-водный	6,5	63,8	13,3	2,5	1,8	1,4	1,4	2,1	2,6	1,8	1,5	1,3
подрайон б $A = 50 \text{ км}^2$												
Очень много-водный	46,3	20,6	3,4	3,1	2,6	4,7	3,5	3,9	5,6	3,1	1,8	1,4
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

Продолжение табл. П5

Водность года	Месячный сток, %											
	весна			лето – осень						зима		
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II
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
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
Очень мало- водный	51,3	22,8	3,8	1,8	1,6	2,8	2,1	2,3	3,2	4,1	2,3	1,9
$A = 100 \text{ км}^2$												
Очень много- водный	17,2	47,7	3,2	2,6	2,1	5,1	3,6	4,4	7,1	3,8	1,9	1,3
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
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
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
Очень мало- водный	19,2	53,3	3,7	1,6	1,2	3,1	2,1	2,6	4,3	4,8	2,5	1,6
$A = 1000 \text{ км}^2$												
Очень много- водный	13,1	46,6	4,9	3,3	2,5	5,3	4,6	4,5	6,7	4,4	2,4	1,7
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
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
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
Очень мало- водный	17,5	49,0	5,9	3,3	2,2	1,9	1,6	2,9	5,7	4,2	3,1	2,7
$A = 5000 \text{ км}^2$												
Очень много- водный	12,6	44,9	4,7	3,5	2,7	5,6	4,9	4,7	7,1	4,8	2,6	1,9
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
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
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
Очень мало- водный	16,7	46,9	5,6	3,6	2,5	2,1	1,8	3,2	6,3	4,8	3,5	3,0

Продолжение табл. П5

Водность года	Месячный сток, %											
	весна			лето – осень							зима	
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II
подрайон в $A = 50 \text{ км}^2$												
Очень много- водный	44,8	20,0	3,3	2,7	2,3	4,1	3,1	3,4	4,9	5,7	3,2	2,5
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
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
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
Очень мало- водный	53,9	24,0	4,0	1,8	1,5	2,6	2,0	2,1	3,1	2,5	1,4	1,1
$A = 100 \text{ км}^2$												
Очень много- водный	12,1	47,6	6,4	5,4	1,9	2,2	3,0	3,8	5,7	6,0	3,7	2,2
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
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
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
Очень мало- водный	14,6	57,4	7,7	3,6	1,3	1,5	2,0	2,5	3,8	2,8	1,8	1,0
$A = 1000 \text{ км}^2$												
Очень много- водный	3,7	49,0	10,3	1,6	2,0	3,5	6,1	4,1	6,9	7,3	3,3	2,2
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
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
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
Очень мало- водный	19,2	49,1	6,7	4,2	2,4	1,8	1,9	3,3	4,5	3,0	2,1	1,8
$A = 5000 \text{ км}^2$												
Очень много- водный	3,5	46,7	9,9	1,8	2,2	3,8	6,6	4,4	7,4	7,9	3,5	2,3
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

Продолжение табл. П5

Водность года	Месячный сток, %											
	весна			лето – осень						зима		
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II
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
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
Очень мало- водный	18,6	47,6	6,5	4,5	2,6	1,9	2,1	3,6	4,9	3,4	2,3	2,0
<b>III Вилейский район</b> подрайон а $A = 100 \text{ км}^2$												
Очень много- водный	23,8	7,5	3,9	6,1	4,0	4,9	8,9	6,8	11,5	10,5	7,1	5,0
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
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
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
Очень мало- водный	43,6	13,7	7,1	4,0	2,6	3,2	5,8	4,4	7,3	3,9	2,6	1,8
$A = 1000 \text{ км}^2$												
Очень много- водный	4,0	24,1	8,2	3,0	4,2	10,1	5,6	7,2	12,2	9,1	6,6	5,7
Многоводный	4,7	28,4	9,7	2,8	3,9	9,2	5,1	6,6	11,2	7,9	5,6	4,9
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
Маловодный	16,3	26,2	10,0	7,3	5,6	5,0	4,3	5,0	6,2	5,5	4,7	3,9
Очень мало- водный	16,9	29,6	13,0	6,5	5,0	4,4	3,8	4,4	5,4	4,3	3,7	3,0
$A = 5000 \text{ км}^2$												
Очень много- водный	4,3	26,3	8,4	3,1	4,0	9,9	5,9	7,0	10,7	9,4	6,0	5,0
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
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
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
Очень мало- водный	16,9	26,5	11,8	7,1	5,3	4,7	4,3	4,8	6,0	5,5	3,9	3,2

Водность года	Месячный сток, %											
	весна			лето – осень							зима	
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II
подрайон б $A = 100 \text{ км}^2$												
Очень много-водный	18,4	10,0	6,2	9,4	6,7	4,7	5,5	6,5	8,8	9,4	7,9	6,5
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
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
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
Очень мало-водный	25,7	14,0	8,7	8,4	5,9	4,2	4,9	5,8	7,8	5,7	4,9	4,0
$A = 500 \text{ км}^2$												
Очень много-водный	21,0	10,2	4,0	6,3	4,6	5,3	8,6	7,2	9,6	10,1	5,9	7,2
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
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
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
Очень мало-водный	27,8	13,5	5,3	5,7	4,2	4,7	7,8	6,5	8,7	6,9	4,0	4,9
$A = 1000 \text{ км}^2$												
Очень много-водный	20,7	10,0	3,9	6,5	4,7	5,4	8,8	7,4	9,8	9,9	5,8	7,1
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
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
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
Очень мало-водный	27,8	13,5	5,3	5,6	4,1	4,7	7,7	6,4	8,5	7,1	4,2	5,1
<b>IV Неманский район</b> $A = 100 \text{ км}^2$												
Очень много-водный	23,4	7,4	4,2	8,7	4,9	6,1	3,7	8,4	12,8	11,0	5,5	3,9
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

Продолжение табл. П5

Водность года	Месячный сток, %											
	весна			лето – осень						зима		
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II
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
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
Очень мало- водный	39,5	12,5	7,1	4,3	2,4	3,0	1,8	4,2	6,3	10,2	5,1	3,6
$A = 1000 \text{ км}^2$												
Очень много- водный	9,9	23,6	4,3	9,3	4,2	5,2	3,8	7,7	12,5	9,7	5,6	4,2
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
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
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
Очень мало- водный	17,4	25,2	10,4	5,3	3,6	4,1	3,2	4,1	6,0	9,2	6,4	5,1
$A = 5000 \text{ км}^2$												
Очень много- водный	10,0	24,0	4,4	9,0	4,1	5,0	3,7	7,5	12,1	10,0	5,9	4,3
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
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
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
Очень мало- водный	17,0	24,7	10,1	5,7	3,9	4,4	3,5	4,4	6,5	8,8	6,1	4,9
<b>V Центральнo-Березинский район</b> подрайон а $A = 50 \text{ км}^2$												
Очень много- водный	12,6	36,2	5,3	10,3	2,0	3,0	5,1	5,7	9,6	5,5	3,4	
Многоводный	13,2	37,9	5,5	8,8	1,7	2,6	4,4	4,9	8,3	6,8	4,3	
Средний	13,6	39,1	5,7	7,8	1,5	2,3	3,8	4,3	7,3	7,8	5,0	
Маловодный	14,2	40,8	5,9	6,5	1,2	2,0	3,2	3,6	6,1	8,9	5,6	
Очень мало- водный	15,2	43,7	6,3	4,7	0,9	1,4	2,3	2,6	4,3	10,0	6,3	

Продолжение табл. П5

Водность года	Месячный сток, %											
	весна			лето – осень							зима	
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II
$A = 100 \text{ км}^2$												
Очень много-водный	11,7	35,7	4,4	8,6	3,8	3,0	5,4	5,9	10,2	2,7	3,7	
Многоводный	12,1	36,9	4,6	7,7	3,4	2,6	4,8	5,2	9,2	3,2	4,4	
Средний	31,3	15,7	8,0	3,1	6,4	4,4	2,6	5,2	7,7	7,0	4,0	
Маловодный	16,9	32,0	7,9	4,9	3,2	2,5	2,8	4,6	7,7	7,9	4,4	
Очень мало-водный	17,8	33,8	8,4	3,9	2,5	2,0	2,2	3,6	6,0	8,5	5,4	
$A = 1000 \text{ км}^2$												
Очень много-водный	13,3	30,4	5,4	3,8	4,9	4,3	8,1	7,2	9,7	6,2	3,8	2,9
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
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
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
Очень мало-водный	17,7	29,5	9,6	3,3	3,5	3,9	4,3	4,1	4,9	7,3	6,2	5,7
$A = 5000 \text{ км}^2$												
Очень много-водный	12,6	28,7	5,1	3,9	5,1	4,4	8,2	7,4	10,0	7,0	4,3	3,3
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
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
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
Очень мало-водный	16,5	27,6	9,0	3,8	4,1	4,4	4,9	4,7	5,7	7,3	6,3	5,7
подрайон б $A = 50 \text{ км}^2$												
Очень много-водный	12,6	36,2	5,6	13,0	0,9	1,4	3,7	4,6	8,5	7,2	4,7	1,6
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

Продолжение табл. П5

Водность года	Месячный сток, %											
	весна			лето – осень						зима		
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II
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
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
Очень мало- водный	18,4	52,9	8,2	3,5	0,2	0,4	1,0	1,2	2,2	6,4	4,2	1,4
$A = 100 \text{ км}^2$												
Очень много- водный	13,6	33,4	6,6	3,9	1,9	2,7	8,0	5,8	10,7	8,0	3,2	2,2
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
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
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
Очень мало- водный	22,4	45,4	8,8	2,4	1,1	1,0	1,5	1,5	2,6	5,9	4,2	3,2
$A = 1000 \text{ км}^2$												
Очень много- водный	12,6	31,0	6,2	4,1	2,1	2,8	8,5	6,2	11,4	9,0	3,6	2,5
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
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
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
Очень мало- водный	20,9	42,4	8,2	3,2	1,6	1,3	2,1	2,1	3,6	6,4	4,6	3,6
$A = 5000 \text{ км}^2$												
Очень много- водный	4,9	28,5	14,4	5,6	4,2	3,3	8,8	5,9	9,4	6,7	4,9	3,4
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
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
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
Очень мало- водный	22,4	33,1	11,7	4,0	2,5	2,0	1,7	2,5	4,3	7,1	4,7	4,0

Водность года	Месячный сток, %											
	весна			лето – осень							зима	
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II
<b>VI Припятский район</b> подрайон а $A = 50 \text{ км}^2$												
Очень много-водный	42,6	10,4	3,7	2,5	1,8	5,5	6,9	4,8	6,9	4,8	2,2	7,9
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
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
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
Очень мало-водный	50,6	27,5	8,6	1,4	0,8	0,6	0,7	1,0	1,6	4,0	1,9	1,3
$A = 100 \text{ км}^2$												
Очень много-водный	42,4	10,4	3,6	2,5	1,8	5,5	6,8	4,8	6,8	4,9	2,3	8,2
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
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
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
Очень мало-водный	50,2	27,3	8,5	1,6	0,9	0,7	0,8	1,1	1,8	3,9	1,9	1,3
$A = 1000 \text{ км}^2$												
Очень много-водный	17,1	29,8	9,1	7,3	5,1	2,8	1,8	4,3	6,9	8,1	4,8	2,9
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
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
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
Очень мало-водный	25,5	44,3	13,4	2,4	1,7	0,8	0,6	1,4	2,2	4,0	2,4	1,3
$A = 5000 \text{ км}^2$												
Очень много-водный	17,3	30,0	9,1	7,1	5,0	2,7	1,7	4,3	6,8	8,2	4,9	2,9
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

Продолжение табл. П5

Водность года	Месячный сток, %											
	весна			лето – осень						зима		
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II
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
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
Очень мало- водный	24,7	43,1	13,0	2,9	2,1	1,1	0,7	1,7	2,8	4,1	2,4	1,4
подрайон б $A = 100 \text{ км}^2$												
Очень много- водный	27,5	14,8	6,0	13,3	4,4	2,3	0,7	3,6	10,9	8,6	5,5	2,4
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
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
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
Очень мало- водный	26,0	43,9	7,3	4,2	1,4	1,0	0,8	1,4	2,8	2,8	5,0	3,4
$A = 1000 \text{ км}^2$												
Очень много- водный	4,0	32,8	11,1	12,2	5,4	3,5	1,3	4,1	8,4	8,9	5,6	2,7
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
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
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
Очень мало- водный	43,4	21,7	8,6	4,1	1,8	1,3	1,1	1,9	4,6	6,1	3,4	2,0
$A = 5000 \text{ км}^2$												
Очень много- водный	3,9	32,4	11,1	12,3	5,5	3,6	1,2	4,2	8,4	9,0	5,6	2,8
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
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
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
Очень мало- водный	42,6	21,4	8,4	4,5	2,0	1,4	1,2	2,1	5,0	6,1	3,3	2,0

Водность года	Месячный сток, %											
	весна			лето – осень							зима	
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II
подрайон в $A = 100 \text{ км}^2$												
Очень много- водный	22,6	9,2	3,9	10,7	6,3	3,7	1,6	6,6	12,6	13,8	5,7	3,3
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
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
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
Очень мало- водный	42,0	17,1	7,1	3,1	1,9	1,1	0,5	1,9	3,7	13,1	5,4	3,1
$A = 1000 \text{ км}^2$												
Очень много- водный	20,4	10,2	5,1	9,3	5,7	4,5	2,8	6,2	12,1	12,4	6,5	4,8
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
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
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
Очень мало- водный	36,7	18,3	9,1	3,5	2,1	1,7	1,0	2,3	4,6	10,8	5,7	4,2
$A = 5000 \text{ км}^2$												
Очень много- водный	20,4	10,2	5,1	9,2	5,6	4,5	2,8	6,1	12,1	12,6	6,6	4,8
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
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
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
Очень мало- водный	35,4	17,7	8,8	3,8	2,4	1,8	1,2	2,6	5,0	11,1	5,8	4,4

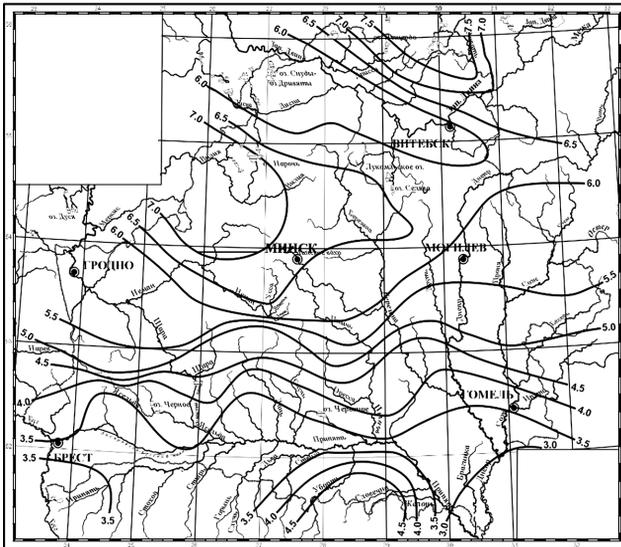


Рис. П9. Карта среднемноголетнего стока рек Беларуси,  $\text{м}^3/\text{с} \cdot \text{км}^2 \cdot 10^{-3}$

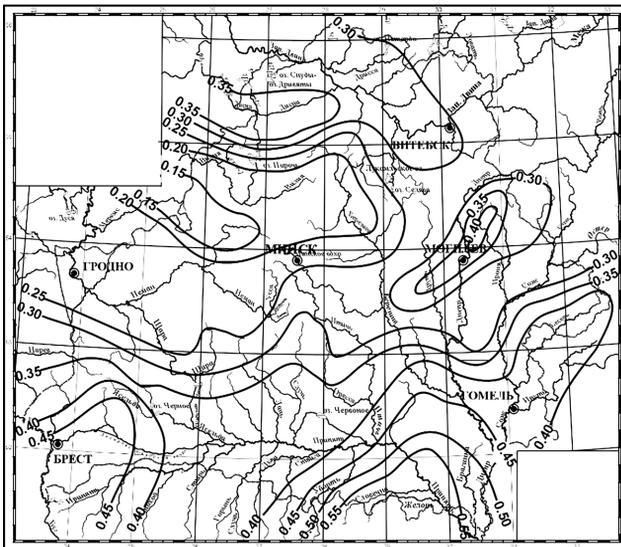


Рис. П10. Карта коэффициентов вариации годового стока Беларуси

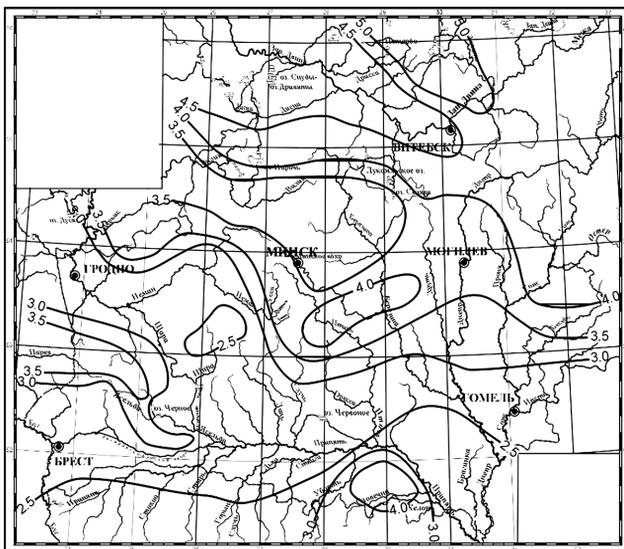


Рис. П11. Карта поверхностного стока рек Беларуси,  
 $\text{м}^3/\text{с} \cdot \text{км}^2 \cdot 10^{-3}$

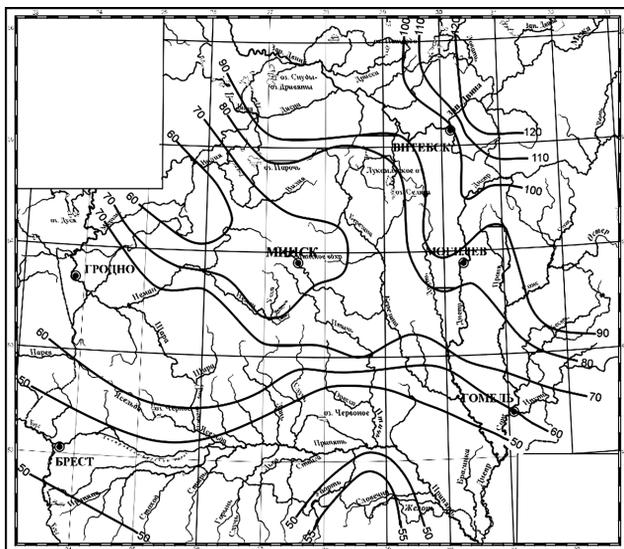


Рис. П12. Карта среднегогодового слоя  
 стока весеннего половодья, мм

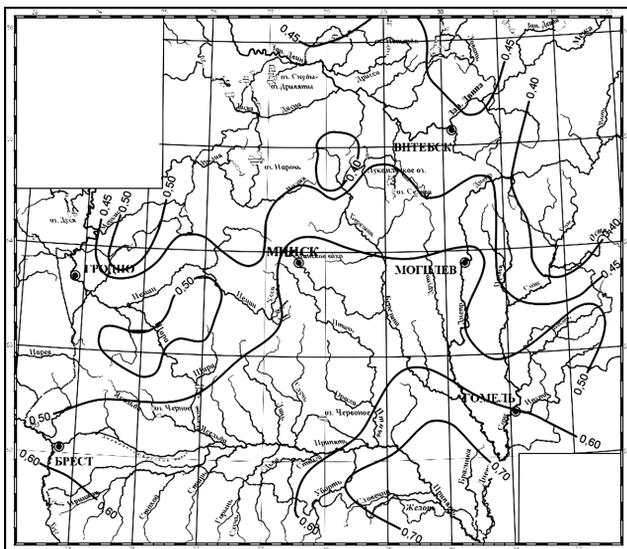


Рис. П13. Карта коэффициента вариации слоя стока весеннего половодья

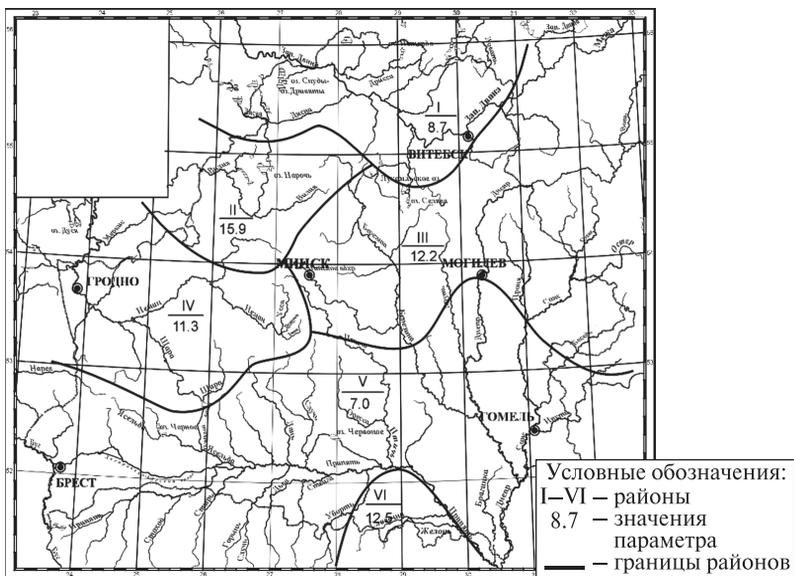


Рис. П14. Карта районирования параметров  $q_{10\%}$

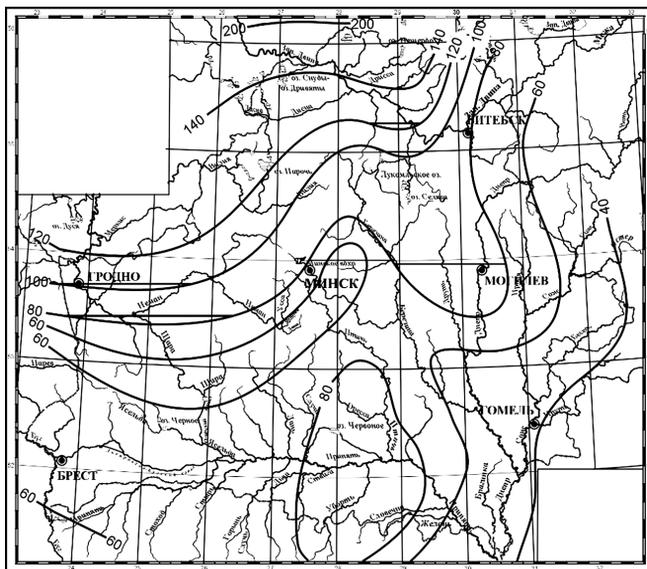


Рис. П15. Карта параметра  $a$

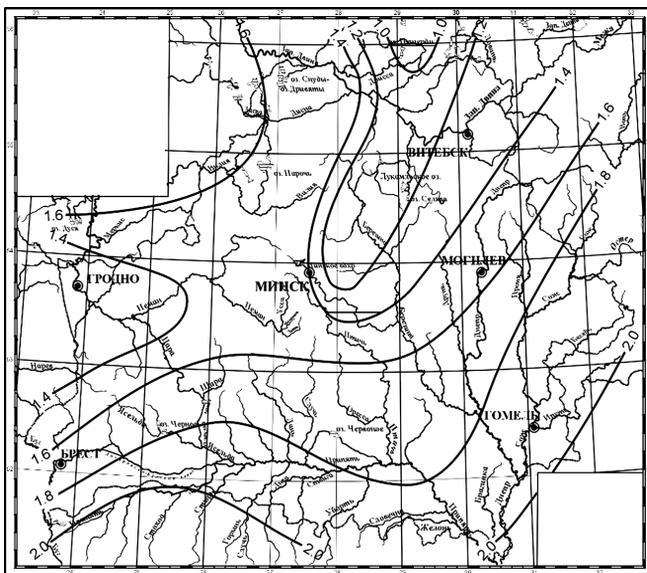


Рис. П16. Карта параметра  $a'$

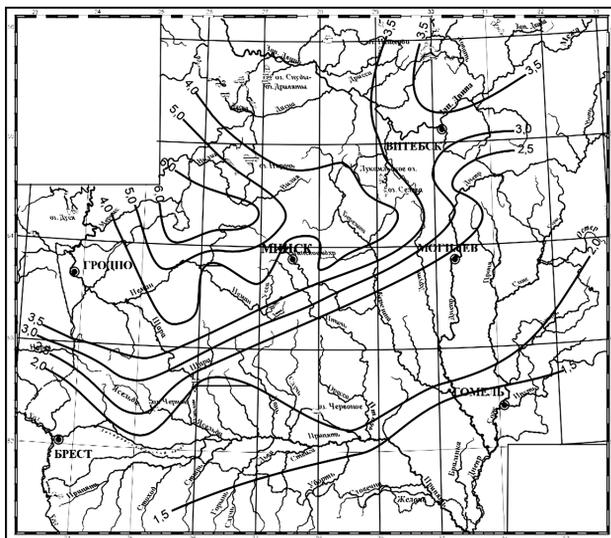


Рис. П17. Карта изолиний среднемесячного модуля стока 50 %-ной обеспеченности,  $\text{м}^3/\text{с} \cdot \text{км}^2 \cdot 10^{-3}$

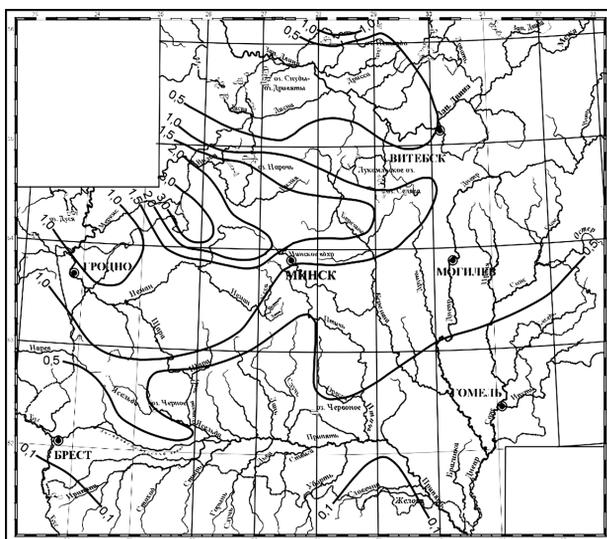


Рис. П18. Карта параметра  $q_{95\%}$  в формуле (2.74) для оценки минимальных 30-суточных расходов воды за осенне-летний период,  $\text{м}^3/\text{с} \cdot \text{км}^2 \cdot 10^{-3}$

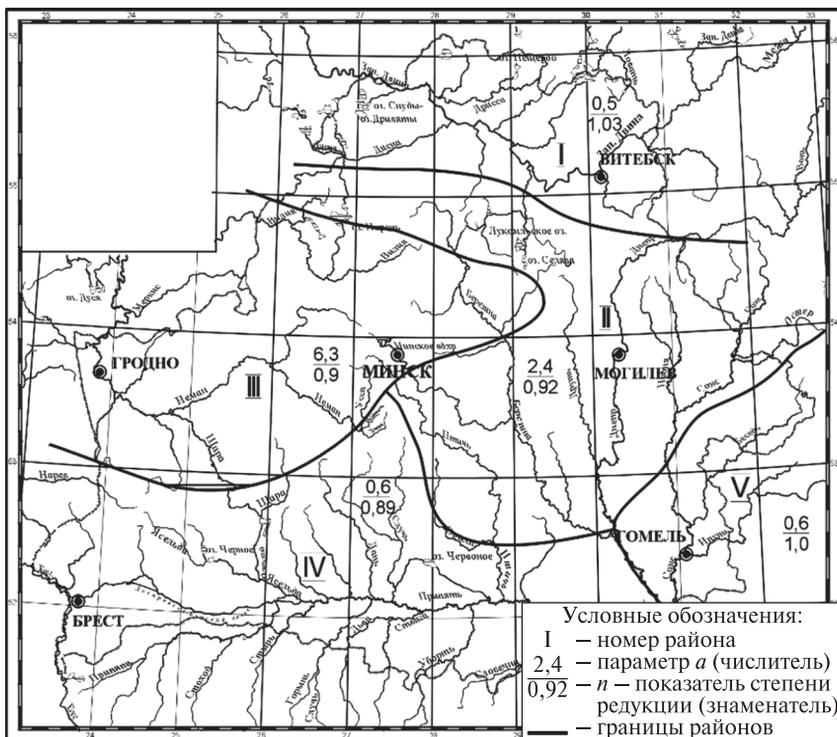


Рис. П19. Карта районирования параметров  $q_{95} \%$  и  $n$  в формуле (2.74) для определения минимального стока за зимний период,  $\text{м}^3/\text{с} \cdot \text{км}^2 \cdot 10^{-4}$

## 2. Исходные данные по рекам

Таблица Пб

Вариант	Исходная река	Расчетная обеспеченность	Номер тополана	Сечение горизонтей	Срок службы водохранилища	Норма головой мутности, р, г/м <sup>3</sup>	Площадь водосора, А, км <sup>2</sup>	Озерность, $f_{оз}$ , %	Болота, $f_b$ , %	Заболоченные лес, $f_{з.л.}$ , %	Сухой лес, $f_{с.л.}$ , %
1	Березина – г. Бобруйск	80	1	5	50	40	20 200	1	7	1	37
2	Березина – г. Борисов	81	2	4	55	45	5690,0	1	7	1	37
3	Бесель – с. Светиловичи	82	3	3	60	50	5010	0	6	2	16
4	Бобр – с. Куты	83	4	2	65	55	374	0	2	1	44
5	Вилия – г. Вилейка	84	5	1	70	60	4190,0	1	6	5	30
6	Вилия – с. Михалишки	85	6	5	50	40	10 300	2	8	4	28
7	Вилия – с. Стешицы	86	1	4	55	45	1230,0	1	6	5	41
8	Горынь – пгт. Речица	87	2	3	60	50	27 000	1	18	5	26
9	Дисна – пгт. Шарковщина	88	3	2	65	55	4720,0	5	6	8	16
10	Дитва – с. Поречаны	89	4	1	70	60	810,0	1	20	1	6
11	Днепр – г. Жлобин	90	5	5	50	40	30 300	1	3	3	29
12	Днепр – г. Могилев	91	6	4	55	45	20 800	1	3	2	29
13	Днепр – г. Орша	92	1	3	60	50	18 000	1	4	3	29
14	Дрисса – с. Дерновичи	93	2	2	65	55	4580,0	4	5	31	29
15	Друть – с. Городище	94	3	1	70	60	2850,0	0	5	1	18
16	Друть – Чигиринская ГЭС	95	4	5	50	40	3700,0	1	5	1	30

Вариант	Исходная река	Расчетная обеспеченность	Номер тополана	Сечение горизонтов	Срок службы водохранилища	Норма головой мутности, $\rho$ , г/м <sup>3</sup>	Площадь водосбора, $A$ , км <sup>2</sup>	Озерность, $f_{оз}$ , %	Волота, $f_6$ , %	Заболоченные лес, $f_{зл}$ , %	Сухой лес, $f_{сл}$ , %
17	кан. Винец – с. Рыгали	96	5	4	55	45	205,0	0	20	0	9
18	Котра – ппт Сахкомбинат	97	6	3	60	50	2000,0	1	10	8	31
19	Кривинка – с. Добригоры	80	1	2	65	55	1250	3	3	9	34
20	Нарочь – с. Нарочь	81	2	1	70	60	1480	7	14	8	32
21	Ольшанка – с. Богданово	82	3	5	50	40	201,0	1	12	2	13
22	Остер – с. Ходунь	83	4	4	55	45	3250,0	0	4	1	21
23	Ошмянка – с. Вел. Яцыны	84	5	3	60	50	1480,0	1	5	2	18
24	Припять – г. Мозырь	85	6	2	65	55	101000	0	12	16	19
25	Проня – с. Летяги	86	1	1	70	60	4570,0	1	3	1	19
26	Птичь – с. Лучицы	87	2	5	50	40	8770,0	1	6	15	34
27	Рыга – с. Малые Радвичи	88	3	4	55	45	968,0	5	32	7	30
28	Свислочь – с. Теребуты	89	4	3	60	50	4050	1	9	1	24
29	Скема – Никольцы	90	5	2	65	55	100,0	0	0	12	45
30	Сож – г. Гомель	91	6	1	70	60	38900	1	6	4	22
31	Сож – г. Славгород	92	1	5	50	40	17700	0	3	4	20
32	Сушанка – с. Суша	93	2	4	55	45	153	0	5	1	49
33	Ухляеть – пос. Радльков	94	3	3	60	50	258,0	0	12	2	29
34	Шать – Шацк	95	4	2	65	55	208,0	0	38	5	34
35	Шара – г. Слоним	96	5	1	70	60	4970,0	1	18	10	22

Таблица П7

Годовые расходы рек Беларуси, м<sup>3</sup>/с

Река	Березина	Березина	Беседь	Бобр	Виляя	Виляя
Створ	Бобруйск	Борисов	Светиловичи	Куты	Вилейка	Михалишки
1966	131	37,9	23,0	2,35	31,2	76,7
1967	113	32,1	28,2	1,96	25,5	65,7
1968	116	34,7	16,1	2,18	27,4	68,5
1969	94,4	27,0	30,5	1,80	18,8	47,3
1970	151	40,5	45,7	3,18	30,8	70,8
1971	125	33,4	33,2	2,83	24,6	57,1
1972	91,4	29,0	16,2	1,63	24,7	55,7
1973	114	30,5	13,3	2,58	24,6	58,6
1974	110	31,5	19,5	2,13	18,0	55,3
1975	114	32,3	16,5	2,03	33,9	71,2
1976	94,0	25,6	11,1	1,55	11,5	39,8
1977	118	31,5	15,2	2,29	16,6	55,0
1978	133	41,0	18,4	2,46	26,2	73,8
1979	123	35,7	22,6	2,13	22,3	66,6
1980	121	35,4	24,2	2,02	25,5	69,5
1981	128	35,1	26,6	2,63	23,1	63,7
1982	140	41,1	21,7	2,68	25,0	69,3
1983	120	38,2	22,2	2,20	19,0	59,5
1984	85,1	27,1	12,3	1,69	14,1	41,9
1985	113	35,1	30,3	2,86	22,6	62,4
1986	107	30,6	30,0	2,60	18,7	55,4
1987	101	29,6	26,5	1,95	19,3	56,2
1988	114	34,4	30,0	2,54	18,9	57,2
1989	119	45,3	18,9	3,09	26,9	70,0
1990	138	46,3	25,0	3,10	27,2	72,6
1991	128	36,7	27,4	2,52	18,0	59,8
1992	97,8	28,5	14,8	2,14	14,5	43,6

Продолжение табл. П7

Река	Березина	Березина	Беседь	Бобр	Вилия	Вилия	
Створ	Бобруйск	Борисов	Светиловичи	Куты	Вилейка	Михалишки	
1993	112	31,1	24,1	2,62	16,3	51,3	
1994	137	44,0	36,0	3,17	27,3	80,8	
1995	112	34,9	24,8	2,87	16,9	56,3	
1996	103	33,7	12,8	2,32	14,9	49,3	
1997	118	36,3	14,5	2,36	18,3	52,4	
1998	177	51,5	38,8	3,16	34,6	84,2	
1999	158	41,0	32,1	2,92	23,3	62,2	
2000	109	31,5	29,0	2,52	14,2	45,8	
Река	Вилия	Горынь	Дисна	Дитва	Днепр	Днепр	Днепр
Створ	Стешицы	Речица	Шарковщина	Поречаны	Жлобин	Могилев	Орша
1966	8,33	106	31,5	3,98	190	144	118
1967	7,29	80,6	25,2	4,86	167	119	99,7
1968	7,84	77,9	26,0	4,82	167	120	101
1969	5,61	139	16,7	3,52	150	108	97,4
1970	8,52	173	30,7	5,64	241	169	136
1971	6,92	144	19,1	5,08	187	129	117
1972	6,83	74,0	14,4	4,93	135	93,4	82,5
1973	6,99	84,9	15,1	6,08	143	96,9	83,6
1974	7,41	124	24,4	4,38	163	112	100
1975	7,36	139	27,6	3,43	157	111	95,8
1976	6,00	147	11,8	2,60	150	114	97,3
1977	7,37	152	21,9	4,68	166	130	107
1978	9,93	121	44,3	5,30	182	124	119
1979	8,83	168	32,1	5,26	183	130	109
1980	8,85	153	36,4	5,70	197	164	149
1981	8,15	164	30,0	4,56	194	142	122
1982	10,2	144	30,6	4,10	188	139	122

Продолжение табл. П7

Река	Вилия	Горынь	Дисна	Дитва	Днепр	Днепр	Днепр
Створ	Стешицы	Речица	Шарковщина	Поречаны	Жлобин	Могилев	Орша
1983	8,31	102	33,2	4,54	119	119	101
1984	5,88	86,7	13,6	3,51	140	105	89,7
1985	8,14	92,5	30,4	4,81	222	164	144
1986	7,38	75,2	27,3	4,63	244	156	143
1987	7,15	69,6	31,7	3,77	258	178	156
1988	8,51	102	28,4	3,54	214	162	150
1989	11,0	111	33,9	3,28	204	162	136
1990	10,2	85,1	44,6	5,10	251	203	183
1991	8,69	104	29,1	3,75	245	181	157
1992	6,20	71,7	23,1	3,51	170	129	109
1993	7,62	108	23,2	5,66	194	153	130
1994	10,4	97,4	42,6	6,84	237	192	156
1995	7,59	76,5	27,3	4,09	189	148	133
1996	7,43	95,2	24,5	3,08	128	93,7	80,2
1997	7,79	76,1	25,6	2,99	155	123	107
1998	14,1	172	36,2	5,31	295	225	213
1999	11,0	153	26,6	4,18	204	176	153
2000	7,31	130	15,1	3,49	201	166	152
Река	Дрисса	Другь	Другь	Канал Винец	Котра		
Створ	Дерновичи	Городище	Чигиринская ГЭС	Рыгали	Сахкомбинат		
1966	34,5	19,0	20,1	0,700	8,94		
1967	27,9	14,4	19,4	0,800	9,39		
1968	36,0	16,5	22,0	0,670	7,67		
1969	27,1	12,8	18,3	0,520	5,76		
1970	35,6	21,9	27,3	1,64	13,7		
1971	23,8	16,5	21,4	0,970	11,4		
1972	22,5	11,7	15,4	0,460	11,9		
1973	24,3	14,8	19,7	0,500	11,7		

Продолжение табл. П7

Река	Дрисса	Друть	Друть	Канал Винец	Котра
Створ	Дерновичи	Городище	Чигиринская ГЭС	Рыгали	Сахкомбинат
1974	24,9	12,1	18,0	1,02	13,8
1975	33,1	11,9	16,9	0,690	12,2
1976	198	13,0	15,4	0,580	8,21
1977	28,2	13,0	15,6	0,670	9,47
1978	52,1	13,9	17,9	0,680	11,4
1979	35,9	17,0	19,5	0,880	12,3
1980	41,0	14,6	19,4	1,24	14,5
1981	40,8	15,3	19,4	0,700	11,7
1982	39,7	15,1	20,1	0,680	10,7
1983	39,1	14,8	20,1	0,640	10,3
1984	27,7	12,7	15,7	0,530	8,41
1985	37,0	16,2	20,0	0,700	10,7
1986	37,3	15,2	18,5	0,660	11,2
1987	57,2	14,5	18,8	0,580	8,80
1988	43,4	15,2	19,4	1,33	11,9
1989	48,6	15,8	20,5	0,730	9,97
1990	66,7	16,8	21,6	0,810	10,5
1991	50,3	12,9	18,5	0,590	8,24
1992	41,8	13,6	17,9	0,580	7,70
1993	40,8	16,1	21,5	0,630	11,3
1994	53,2	18,6	18,1	0,680	15,8
1995	38,0	16,6	18,4	0,710	12,5
1996	23,4	14,2	13,5	0,640	9,31
1997	39,2	15,1	15,8	0,420	7,48
1998	60,5	19,0	22,4	0,940	11,1
1999	37,5	20,5	18,0	1,00	10,8
2000	30,2	13,6	16,5	0,790	7,96

Продолжение табл. П7

Река	Кривинка	Нарочь	Ольшанка	Остер	Ошмянка	Припять
Створ	Добригоры	Нарочь	Богданово	Ходунь	Вел. Яцыны	Мозырь
1966	1,62	11,9	1,40	19,0	11,1	450
1967	1,36	10,0	1,38	16,0	9,65	352
1968	1,30	10,0	1,31	12,6	8,91	365
1969	0,880	7,18	1,05	17,2	7,71	415
1970	1,88	10,9	1,42	25,2	10,0	708
1971	2,04	8,94	1,21	19,8	8,29	552
1972	0,920	8,30	1,04	12,4	8,47	267
1973	1,12	8,01	1,16	13,3	8,76	321
1974	1,16	9,77	1,35	18,0	9,54	463
1975	1,21	10,0	1,22	12,4	9,45	640
1976	0,590	6,07	1,00	12,9	7,97	415
1977	1,55	9,25	1,28	16,4	9,04	486
1978	1,96	12,8	1,37	17,5	10,6	488
1979	1,24	11,4	1,50	17,9	11,1	579
1980	1,05	12,7	1,58	23,8	11,9	496
1981	1,34	11,4	1,51	24,9	11,0	588
1982	1,42	12,4	1,52	18,2	10,3	505
1983	1,07	11,2	1,37	21,1	10,0	411
1984	0,540	7,77	1,28	16,4	9,24	218
1985	1,94	11,6	1,61	29,5	1,50	344
1986	1,32	10,7	11,5	20,7	10,0	300
1987	1,34	10,4	1,41	20,5	10,0	247
1988	1,43	9,68	1,49	19,4	10,2	412
1989	2,17	13,4	1,41	20,3	11,3	389
1990	2,48	12,8	1,46	24,3	11,6	409
1991	1,56	11,3	1,39	23,3	10,3	425
1992	1,09	9,18	1,27	17,0	10,0	297

Продолжение табл. П7

Река	Кривинка	Нарочь	Ольшанка	Остер	Ошмянка	Припять
Створ	Добригоры	Нарочь	Богданово	Ходунь	Вел. Яцыны	Мозырь
1993	1,53	9,54	1,43	21,1	10,8	590
1994	2,12	12,8	2,07	29,8	14,6	498
1995	1,65	10,8	1,42	22,7	10,6	345
1996	0,980	8,48	1,27	14,6	9,80	330
1997	1,35	8,55	1,13	16,8	8,71	322
1998	2,26	12,9	1,45	39,7	11,9	725
1999	1,53	10,3	1,45	24,7	11,1	690
2000	1,28	7,64	1,20	21,6	9,77	483
Река	Проня	Птичь	Рыта	Свислочь	Скема	Сож
Створ	Летяги	Лучицы	М. Радваничи	Теребуты	Никольцы	Гомель
1966	28,6	48,7	6,36	27,3	0,880	198
1967	24,9	49,3	6,84	26,5	0,600	203
1968	24,6	50,5	4,65	27,7	0,780	159
1969	24,2	42,1	3,00	22,3	0,510	191
1970	36,8	73,2	7,15	34,0	0,800	319
1971	24,7	57,4	6,00	25,7	0,560	214
1972	17,6	32,3	3,34	19,9	0,540	140
1973	18,3	36,9	4,23	26,2	0,570	129
1974	18,2	44,4	10,3	24,7	0,730	171
1975	17,8	60,8	6,24	27,9	0,780	149
1976	19,8	40,3	3,50	28,0	0,440	123
1977	18,8	45,0	4,43	34,8	0,800	152
1978	22,5	52,7	5,47	38,0	1,14	165
1979	25,0	59,6	5,99	34,6	0,930	187
1980	21,9	64,3	6,67	31,4	1,19	210
1981	21,9	54,9	5,14	31,2	1,19	205
1982	20,2	65,7	3,83	38,2	1,11	178
1983	21,1	48,0	3,96	32,9	0,960	166

Продолжение табл. П7

Река	Проня	Птичь	Рыта	Свислочь	Скема	Сож
Створ	Летяги	Лучицы	М. Радваничи	Теребуты	Никольцы	Гомель
1984	21,5	23,4	2,63	26,3	0,590	126
1985	34,9	35,1	3,55	31,3	1,00	250
1986	30,5	28,5	3,24	31,1	0,800	223
1987	26,2	29,0	2,15	32,9	0,820	199
1988	24,7	36,8	5,37	30,8	0,740	200
1989	26,1	34,0	2,94	33,2	1,03	190,9
1990	24,4	49,0	2,37	34,5	1,02	226,6
1991	26,1	46,9	1,97	35,8	0,866	223,1
1992	22,9	30,2	1,96	25,9	0,533	158,4
1993	24,1	48,6	2,70	29,0	0,451	203
1994	30,6	56,4	2,65	45,6	0,925	274,3
1995	26,5	34,8	3,43	28,9	0,891	207,1
1996	19,4	27,1	2,36	30,5	0,660	137
1997	16,1	36,3	2,36	30,3	0,730	145
1998	32,1	68,4	4,35	45,1	1,01	300
1999	35,0	80,9	4,35	42,5	0,760	243
2000	26,5	32,8	3,98	27,0	0,590	233
Река	Сож	Сушанка	Ухлясть	Шать	Щара	
Створ	Славгород	Суша	Радьков	Шацк	Слоним	
1966	101	0,920	1,33	1,49	27,1	
1967	100	0,860	1,42	1,18	22,4	
1968	81,3	0,750	1,04	1,58	24,2	
1969	87,1	0,620	1,28	1,10	19,0	
1970	139	1,23	1,76	1,85	42,1	
1971	93,3	0,950	1,21	1,28	29,2	
1972	67,8	0,580	0,890	0,820	19,3	
1973	69,7	0,900	1,23	1,37	21,7	
1974	84,6	0,850	1,56	1,27	29,3	

Окончание табл. П7

Река	Сож	Сушанка	Ухлясть	Шать	Шара
Створ	Славгород	Суша	Радьков	Шацк	Слоним
1975	73,2	0,880	1,22	1,31	28,7
1976	69,9	0,480	1,10	1,25	21,0
1977	76,7	0,710	1,11	1,39	29,6
1978	87,3	0,990	1,08	1,46	31,2
1979	96,6	0,570	1,16	1,26	31,4
1980	101	1,00	1,21	1,14	32,8
1981	96,2	0,230	1,12	1,55	28,6
1982	87,5	0,850	1,16	1,69	25,9
1983	89,8	1,01	1,27	1,45	25,1
1984	73,3	0,620	0,970	0,910	18,3
1985	146	1,07	1,44	1,20	25,5
1986	120	1,03	1,28	0,950	23,5
1987	121	1,12	1,24	0,930	22,5
1988	108	1,00	1,08	1,01	28,0
1989	109,2	1,13	1,25	1,01	23,2
1990	116,1	1,11	1,18	1,26	30,7
1991	121,4	0,830	1,24	1,17	26,5
1992	94,4	0,710	0,930	0,740	20,7
1993	108,6	0,920	1,08	1,06	22,3
1994	159,5	1,06	2,06	1,49	28,1
1995	122	0,870	1,24	1,06	18,7
1996	74,5	0,590	0,860	1,02	22,9
1997	81,9	1,04	0,920	0,960	15,5
1998	180	1,73	1,57	1,79	23,4
1999	154	1,17	1,30	1,49	29,4
2000	123	0,730	1,19	0,88	20,5

---

## СОДЕРЖАНИЕ

---

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	3
<b>ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ТЕРМИНЫ И ОБОЗНАЧЕНИЯ</b> .....	4
<b>ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ</b> .....	8
1. Определение нормы годового стока при наличии данных гидрометрических наблюдений .....	8
2. Определение нормы годового стока при недостаточности данных гидрометрических наблюдений .....	14
3. Определение статистических параметров вариационного стокового ряда и годовых расходов воды расчетной обеспеченности .....	23
4. Расчет внутригодового распределения стока .....	33
5. Определение расчетных величин максимальных расходов воды при наличии данных гидрометрических наблюдений .....	48
6. Расчет годовых расходов воды расчетной обеспеченности при отсутствии данных гидрометрических наблюдений .....	53
7. Определение расчетных величин максимальных расходов воды весеннего половодья при отсутствии данных наблюдений .....	57
8. Определение расчетных величин максимальных расходов воды дождевых паводков при отсутствии данных наблюдений .....	64
9. Определение расчетных величин меженных расходов воды рек при отсутствии данных наблюдений .....	81
10. Определение расчетных величин минимальных расходов воды рек при отсутствии данных наблюдений .....	82
11. Расчетные гидрографы стока воды рек весеннего половодья и дождевых паводков .....	87
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ</b> .....	97
1. Справочная информация .....	97
2. Исходные данные по рекам .....	157

Учебное издание

**Волчек** Александр Александрович

**Лопух** Петр Степанович

**Волчек** Анастасия Александровна

**ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ.  
ПРАКТИКУМ**

**Учебно-методическое пособие**

Ответственный за выпуск *Е. А. Логвинович*

Художник обложки *Т. Ю. Таран*

Технический редактор *В. П. Явуз*

Компьютерная верстка *С. Н. Егоровой*

Подписано в печать 24.11.2021. Формат 60×84/16.  
Бумага офсетная. Печать цифровая. Усл. печ. л. 9,76.  
Уч.-изд. л. 9,5. Тираж 40 экз. Заказ 348.

Белорусский государственный университет.  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий № 1/270 от 03.04.2014.  
Пр. Независимости, 4, 220030, Минск.

Республиканское унитарное предприятие  
«Издательский центр Белорусского государственного университета».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий № 2/63 от 19.03.2014.  
Ул. Красноармейская, 6, 220030, Минск.