

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
"БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ"**

КАФЕДРА ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению практических заданий по курсу "Гидравлика, гидрология, гидрометрия водотоков» по расчету максимального стока при наличии, недостаточности и отсутствии данных гидрометрических наблюдений для студентов специальности 70 03 01 – «Автомобильные дороги» дневной и заочной формы обучения

БРЕСТ 2016

УДК 631.6

Методические указания к выполнению практических заданий по курсу «Гидравлика, гидрология, гидрометрия водотоков» для студентов специальности 70 03 01 – «Автомобильные дороги».

Составители: **А.А. Волчек**, д.г.н., профессор
Ан.А. Волчек, к.т.н., доцент
Т.А. Шелест, к.г.н.

Рецензент: заведующий кафедрой географии и природопользования Учреждения образования «Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина», доктор геолого-минералогических наук, профессор **Богдасаров М.А.**

ОГЛАВЛЕНИЕ

I. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МАКСИМАЛЬНОГО СТОКА	4
Практическая работа № 1 – Определение максимальных расходов воды весенних половодий и дождевых паводков при наличии данных гидрометрических наблюдений	4
Практическая работа № 2 – Определение максимальных расходов воды весенних половодий и дождевых паводков при недостаточности данных гидрометрических наблюдений	
Практическая работа № 3 – Определение максимальных расходов воды весенних половодий при отсутствии данных гидрометрических наблюдений	
3.1 Определение максимальных расходов воды весенних половодий нормативными методами	
3.2 Расчет максимальных расходов воды весенних половодий с использованием гидрографических характеристик водосборов рек	
Практическая работа № 4 – Определение максимальных расходов воды дождевых паводков при отсутствии данных гидрометрических наблюдений	
4.1 Определение максимальных расходов воды дождевых паводков стандартными методами	
4.2 Расчет максимальных расходов воды дождевых паводков с использованием гидрографических характеристик водосборов рек	
II. ПОСТРОЕНИЕ ГИДРОГРАФОВ ВЕСЕННИХ ПОЛОВОДИЙ И ДОЖДЕВЫХ ПАВОДКОВ	
Практическая работа № 5 – Построение гидрографов весенних половодий	
Практическая работа № 6 – Построение гидрографов дождевых паводков	
ПРИЛОЖЕНИЯ	

I. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МАКСИМАЛЬНОГО СТОКА

Максимальные расходы воды рек – наибольшие в году значения мгновенных или срочных расходов, наблюдаемые во время весенних половодий или дождевых паводков. На малых водотоках со значительным внутрисуточным изменением уровней и расходов, особенно в период дождевых паводков, пик паводка может пройти между установленными сроками наблюдений. Поэтому срочные максимальные расходы бывают меньше мгновенных. В свою очередь средний суточный максимум меньше срочного. Эта разница бывает очень значительной на очень малых водотоках и уменьшается с возрастанием площади водосбора реки. Расчетными являются мгновенные максимальные расходы воды.

Расчеты максимальных расходов воды являются обязательными и считаются одной из наиболее ответственных задач в составе проектов гидротехнических сооружений. Они являются также обязательными и при проектировании и эксплуатации мелиоративных систем, автомобильных и железных дорог, нефте- и газопроводов. Именно на мгновенные максимальные расходы воды рассчитываются размеры различного рода водопропускных и водосборных отверстий, отметки дорожных насыпей, оградительных дамб и других сооружений.

От корректного определения максимальных расходов воды и размеров водопропускных отверстий зависит не только стоимость сооружений, но и бесперебойность их работы. Занижение максимальных расходов приводит к разрушению сооружений, затоплению прилегающей к реке местности, материальному ущербу и человеческим жертвам. Завышения максимальных расходов повышают общую стоимость сооружения, что снижает его экономическую эффективность.

Сочетание требований безопасности работы сооружения и его стоимости, от которых зависит общая экономическая эффективность сооружения, достигается применением принципа вероятностного расчета, основанного, с одной стороны, на учете условий формирования наиболее высокого максимального расхода с точки зрения гидрологического режима реки и, с другой стороны, на учете вероятности превышения этой величины.

Расчетная ежегодная вероятность превышения (обеспеченность) максимальных расходов воды устанавливается нормативными документами в зависимости от рода сооружений, класса их капитальности и условий эксплуатации.

При определении расчетных гидрологических характеристик необходимо применять, в зависимости от наличия гидрологической информации, следующие приемы расчетов:

- при наличии данных гидрологических наблюдений – непосредственно по этим данным;
- при недостаточности данных гидрологических наблюдений – приведением их к многолетнему периоду по данным рек-аналогов с более длительными рядами наблюдений;
- при отсутствии данных гидрологических наблюдений – по формулам, с применением данных рек-аналогов, или интерполяцией, основанной на совокупности данных наблюдений всей сети гидрометрических станций и постов данного района.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ ВЕСЕННИХ ПОВОДОЙ И ДОЖДЕВЫХ ПАВОДКОВ ПРИ НАЛИЧИИ ДАННЫХ ГИДРОМЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Цель работы: Определить максимальные расходы воды весеннего половодья и дождевого паводка требуемой обеспеченности.

Общие сведения

Определение расчетных гидрологических характеристик максимального стока весенних половодий и дождевых паводков при наличии данных гидрометрических наблюдений достаточной продолжительности осуществляют путем применения аналитических функций распределения ежегодных вероятностей превышения – кривых обеспеченностей.

Продолжительность периода наблюдений при расчете максимального стока считают достаточной, если относительная средняя квадратическая погрешность расчетного значения исследуемой гидрологической характеристики не превышает 20 %. В случае превышения необходимо осуществить приведение рассматриваемой гидрологической характеристики к многолетнему периоду.

Эмпирическую ежегодную вероятность превышения гидрологических характеристик $P_{m\%}$, %, определяют по формуле:

$$P = \frac{m}{n+1} \cdot 100\%, \quad (1.1)$$

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

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

Эмпирические кривые распределения ежегодных вероятностей превышения строят на клетчатках вероятностей. Тип клетчатки вероятности выбирают в соответствии с принятой аналитической функцией распределения вероятностей и полученного отношения коэффициента асимметрии C_s к коэффициенту вариации C_v .

Для сглаживания и экстраполяции эмпирических кривых распределения ежегодных вероятностей превышения применяют трехпараметрические распределения: Крицкого-Менкеля при любом отношении C_s / C_v , распределение Пирсона III типа (биномиальная кривая) при $C_s / C_v \geq 2$, логнормальное распределение при $C_s \geq (3C_v + C_v^3)$ и другие распределения, имеющие предел простираения случайной переменной от нуля или положительного значения до бесконечности. При надлежащем обосновании допускается применять двухпараметрические распределения, если эмпирическое отношение C_s / C_v и аналитическое отношение C_s / C_v , свойственные данной функции распределения, приблизительно равны. При неоднородности ряда гидрологических наблюдений (различные условия формирования стока) применяют усеченные и составные кривые распределения ежегодных вероятностей превышения.

Оценки параметров аналитических кривых распределения: среднее многолетнее значение \bar{Q} , коэффициент вариации C_v и отношение коэффициента асимметрии к коэффициенту вариации C_s / C_v устанавливают по рядам наблюдений за рассматриваемой гидрологической характеристикой методом наибольшего правдоподобия и методом

моментов. На начальных стадиях проектирования допускается использование графоаналитического метода (метода квантилей).

Коэффициент вариации C_V и коэффициент асимметрии C_S для трехпараметрического гамма-распределения Крицкого-Менкеля следует определять **методом наибольшего правдоподобия** в зависимости от статистик λ_2 и λ_3 , вычисляемых по формулам:

$$\lambda_2 = \frac{\sum_{i=1}^n \lg k_i}{n-1}, \quad (1.2)$$

$$\lambda_3 = \frac{\sum_{i=1}^n k_i \lg k_i}{n-1}, \quad (1.3)$$

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

$$k_i = \frac{Q_i}{\bar{Q}}, \quad (1.4)$$

где Q_i – погодичные значения расходов воды, м³/с; \bar{Q} – среднеарифметическое значение расходов воды, м³/с, определяемое в зависимости от числа лет гидрометрических наблюдений по формуле:

$$\bar{Q} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n}. \quad (1.5)$$

По полученным значениям статистик λ_2 и λ_3 определяют коэффициенты вариации и асимметрии по номограммам в соответствии с рис. Б.1–Б.7 (приложение Б).

Коэффициенты вариации C_V и асимметрии C_S **методом моментов** определяют по формулам:

$$C_V = \left(a_1 + \frac{a_2}{n} \right) + \left(a_3 + \frac{a_4}{n} \right) \cdot \tilde{C}_V + \left(a_5 + \frac{a_6}{n} \right) \cdot \tilde{C}_V^2, \quad (1.6)$$

$$C_S = \left(b_1 + \frac{b_2}{n} \right) + \left(b_3 + \frac{b_4}{n} \right) \cdot \tilde{C}_S + \left(b_5 + \frac{b_6}{n} \right) \cdot \tilde{C}_S^2, \quad (1.7)$$

где $a_1, \dots, a_6; b_1, \dots, b_6$ – коэффициенты, определяемые в соответствии с таблицами В.1, В.2 (приложение В) 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 и \tilde{C}_S – соответственно смещенные коэффициенты вариации и асимметрии, определяемые по формулам:

$$\tilde{C}_V = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^2}{n-1}}, \quad (1.8)$$

$$\tilde{C}_S = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n (k_i - 1)^3}{C_V^3 \cdot (n-1)(n-2)}. \quad (1.9)$$

При $C_V < 0,6$ и $C_S < 1,0$ коэффициенты вариации и асимметрии допускается определять по формулам (1.8) и (1.9) без введения поправок.

Среднеквадратическая ошибка коэффициента вариации определяется по формуле:

$$\sigma_{C_v} = \pm \sqrt{\frac{3}{2 \cdot n \cdot (3 + C_v^2)}} \cdot 100\% . \quad (1.10)$$

Коэффициент автокорреляции, характеризующий связь ряда гидрологических величин с этим же рядом, сдвинутым на некоторый интервал времени, находится по формуле:

$$r(1) = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} (Q_i - \bar{Q}_1) \cdot (Q_{i+1} - \bar{Q}_2)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n-1} (Q_i - \bar{Q}_1)^2 \cdot \sum_{i=2}^n (Q_i - \bar{Q}_2)^2}} , \quad (1.11)$$

где

$$\bar{Q}_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} Q_i}{n-1} , \quad (1.12)$$

$$\bar{Q}_2 = \frac{\sum_{i=2}^n Q_i}{n-1} . \quad (1.13)$$

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.

Уточнение параметров распределений гидрологических величин допускается осуществлять методом объединения данных наблюдений по группе станций (постов) в пределах однородных районов. Рассматриваемая гидрологическая характеристика должна быть приведена к единым условиям формирования в однородном гидрологическом районе.

В случае неоднородности исходных данных гидрометрических наблюдений эмпирические и аналитические кривые распределения устанавливаются отдельно для каждой однородной совокупности. Допускается также применение усеченных распределений, которые разработаны для частного случая – разделение на две однородные совокупности по медианному значению.

Для наибольшего или наименьшего членов ряда гидрологических наблюдений следует указывать доверительные интервалы эмпирической ежегодной вероятности превышения, определяемые в соответствии с таблицей В.3 (приложение В).

Если точки эмпирической кривой распределения значительно отклоняются от аналитической кривой, рекомендуется на клетчатке вероятностей для этих точек также указывать доверительные границы и оценивать их однородность либо путем приведения рядов наблюдений к естественным однородным стационарным условиям воднобалансовыми и регрессионными методами, либо путем приведения к бытовому стоку за весь период наблюдений.

При объединении данных наблюдений по группе станций, а также при оценке достаточной продолжительности рядов наблюдений рассчитывают случайные средние квадратические погрешности выборочных параметров и квантилей распределения.

Среднеквадратические погрешности (отклонения) выборочных средних ($\sigma_{\bar{q}}$) без учета автокорреляции определяются по приближенной зависимости:

$$\sigma_{\bar{q}} = \pm \frac{C_v}{\sqrt{n}} \cdot 100\% \quad (1.14)$$

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.

На реках с каскадным расположением гидроузлов расчетные максимальные расходы воды следует определять с учетом влияния вышележащих гидроузлов на приток к нижерасположенным и с учетом боковой приточности между гидроузлами. В тех случаях, когда максимальные расходы воды уменьшаются в результате частичной аккумуляции стока в водохранилище, в качестве расчетных следует принимать максимальные зарегулированные расходы воды.

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.

При пропуске весенних половодий или дождевых паводков через гидроузлы, образующие каскад, расчетные сбросные расходы воды нижележащих гидроузлов следует определять с учетом влияния вышележащего гидроузла, а также боковой приточности с частных водосборов между гидроузлами, соответствующей расчетной вероятности превышения для рассматриваемого нижележащего гидроузла.

Ход выполнения работы

Задание. Рассчитать максимальный расход воды весеннего половодья и дождевого паводка заданной обеспеченности методом наибольшего правдоподобия и методом моментов (в соответствии с вариантом). При выполнении задания использовать данные приложений А–Г.

Ниже приведен пример расчета максимального расхода воды весеннего половодья 5 %-ной обеспеченности р. Оресса – д. Андреевка при наличии данных наблюдений. Исходный ряд наблюдений за максимальными расходами воды весенних половодий р. Оресса приведен в табл. А.1 (приложение А).

Метод наибольшего правдоподобия. Данный метод 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 максимальных расходов воды (Q_i) располагаем в убывающем порядке, определяем эмпирическую ежегодную вероятность превышения по формуле 1.1. Рассчитываем модульные коэффициенты (k_i) по формуле 1.4, а также $\lg k_i$ и произведение $k_i \cdot \lg k_i$. Расчет следует вести в табличной форме (табл. 1.1).

Таблица 1.1 – Параметры кривой распределения максимальных расходов воды весеннего половодья, рассчитанные методом наибольшего правдоподобия р. Оресса – д. Андреевка

№ п/п	Год	Q _i , м ³ /с	Q _i убыв., м ³ /с	P, %	k _i	lgk _i	k _i ·lgk _i
1	1966	132	132	2,9	2,421	0,3839	0,9293
2	1967	71,5	119	5,7	2,182	0,3389	0,7396
3	1968	85,9	92,1	8,6	1,689	0,2276	0,3844
4	1969	77,2	88,4	11,4	1,621	0,2098	0,3401
5	1970	119	85,9	14,3	1,575	0,1973	0,3109
6	1971	82,8	85,9	17,1	1,575	0,1973	0,3109
7	1972	21,3	82,8	20,0	1,518	0,1814	0,2754
8	1973	35,7	77,2	22,9	1,416	0,1510	0,2137
9	1974	26,1	75,6	25,7	1,386	0,1419	0,1967
10	1975	28,1	75,5	28,6	1,385	0,1413	0,1956
11	1976	88,4	71,5	31,4	1,311	0,1177	0,1543
12	1977	33,8	66,8	34,3	1,225	0,0881	0,1080
13	1978	57,8	65,8	37,1	1,207	0,0816	0,0984
14	1979	92,1	63,5	40,0	1,164	0,0661	0,0770
15	1980	75,6	61,2	42,9	1,122	0,0501	0,0562
16	1981	75,5	57,8	45,7	1,060	0,0253	0,0268
17	1982	44,2	45,4	48,6	0,833	-0,0796	-0,0663
18	1983	61,2	44,2	51,4	0,811	-0,0912	-0,0739
19	1984	16,4	43	54,3	0,789	-0,1032	-0,0814
20	1985	41,1	42	57,1	0,770	-0,1134	-0,0873
21	1986	36,2	41,1	60,0	0,754	-0,1228	-0,0926
22	1987	63,5	39,7	62,9	0,728	-0,1379	-0,1004
23	1988	29,9	36,2	65,7	0,664	-0,1779	-0,1181
24	1989	21,7	35,7	68,6	0,655	-0,1840	-0,1204
25	1990	25,6	35,7	71,4	0,655	-0,1840	-0,1204
26	1991	39,7	33,8	74,3	0,620	-0,2077	-0,1288
27	1992	22,8	29,9	77,1	0,548	-0,2610	-0,1431
28	1993	45,4	28,1	80,0	0,515	-0,2879	-0,1484
29	1994	66,8	26,1	82,9	0,479	-0,3200	-0,1532
30	1995	43	25,6	85,7	0,469	-0,3284	-0,1542
31	1996	65,8	22,8	88,6	0,418	-0,3787	-0,1583
32	1997	18,9	21,7	91,4	0,398	-0,4002	-0,1592
33	1998	42	21,3	94,3	0,391	-0,4083	-0,1595
34	1999	85,9	18,9	97,1	0,347	-0,4602	-0,1595
35	2000	35,7	16,4	100,0	0,301	-0,5218	-0,1569
Сумма		1909			35,0	-2,169	2,035
Среднее		54,5					

Расчетный коэффициент вариации и коэффициент асимметрии определяется в зависимости от статистик λ_2 и λ_3 , которые определяются по формулам 1.2–1.3.

$$\lambda_2 = \frac{-2,169}{35 - 1} = -0,064; \quad \lambda_3 = \frac{2,035}{35 - 1} = 0,060.$$

Используя номограмму 4 Приложения Б, определяем $C_v = 0,55$, при $C_s = 2,3 C_v$. Далее по этим параметрам определяем модульные коэффициенты для трехпараметрического гамма-распределения по Приложению Г. Результаты заносим в табл. 1.2 и,

используя $\bar{Q} = 54,5 \text{ м}^3/\text{с}$, определяем ординаты аналитической кривой по формуле:

$$Q_p = k_p \cdot \bar{Q}, \quad (1.15)$$

где k_p – модульный коэффициент различной обеспеченности.

Таблица 1.2 – Ординаты аналитической кривой трехпараметрического гамма-распределения максимальных расходов воды весеннего половодья р. Оресса – д. Андреевка

P, %	0,01	0,1	1	3	5	10	25	50
k_p	4,995	3,875	2,795	2,285	2,050	1,720	1,270	0,888
$Q_p, \text{ м}^3/\text{с}$	272	211	152	125	112	93,8	69,3	48,4

Определяем средние квадратические ошибки нормы максимального стока и коэффициента вариации без учета автокорреляции по формулам 1.10 и 1.14.

$$\sigma_{\bar{Q}} = \pm \frac{0,55}{\sqrt{35}} \cdot 100\% = \pm 9,3\%,$$

$$\sigma_{C_v} = \pm \sqrt{\frac{3}{2 \cdot 35 \cdot (3 + 0,55^2)}} \cdot 100\% = \pm 11,4\%$$

Полученная ошибка нормы стока не превышает допустимого значения $9,3\% < 20\%$, следовательно длина гидрологического ряда достаточная для определения основных гидрологических характеристик.

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. Среднее квадратическое 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 стока невелика и характеризуется коэффициентами вариации $C_v \leq 0,50$.

Расчет статистических параметров кривой распределения максимальных расходов воды приведен в табл. 1.3.

Таблица 1.3 – Параметры кривой распределения максимальных расходов воды весеннего половодья, рассчитанные методом моментов р. Оресса – д. Андреевка

№ п/п	Год	$Q_i, \text{ м}^3/\text{с}$	$Q_i^{\text{убыв}}, \text{ м}^3/\text{с}$	P, %	k_i	k_{i-1}	$(k_{i-1})^2$	$(k_{i-1})^3$
1	1966	132	132	2,9	2,421	1,421	2,0182	2,8671
2	1967	71,5	119	5,7	2,182	1,182	1,3977	1,6524
3	1968	85,9	92,1	8,6	1,689	0,689	0,4746	0,3270
4	1969	77,2	88,4	11,4	1,621	0,621	0,3857	0,2396
5	1970	119	85,9	14,3	1,575	0,575	0,3309	0,1903

№ п/п	Год	Q _i , м ³ /с	Q _i убыв., м ³ /с	P, %	k _i	k _{i-1}	(k _{i-1}) ²	(k _{i-1}) ³
6	1971	82,8	85,9	17,1	1,575	0,575	0,3309	0,1903
7	1972	21,3	82,8	20,0	1,518	0,518	0,2687	0,1393
8	1973	35,7	77,2	22,9	1,416	0,416	0,1728	0,0718
9	1974	26,1	75,6	25,7	1,386	0,386	0,1493	0,0577
10	1975	28,1	75,5	28,6	1,385	0,385	0,1479	0,0569
11	1976	88,4	71,5	31,4	1,311	0,311	0,0968	0,0301
12	1977	33,8	66,8	34,3	1,225	0,225	0,0506	0,0114
13	1978	57,8	65,8	37,1	1,207	0,207	0,0427	0,0088
14	1979	92,1	63,5	40,0	1,164	0,164	0,0270	0,0044
15	1980	75,6	61,2	42,9	1,122	0,122	0,0150	0,0018
16	1981	75,5	57,8	45,7	1,060	0,060	0,0036	0,0002
17	1982	44,2	45,4	48,6	0,833	-0,167	0,0280	-0,0047
18	1983	61,2	44,2	51,4	0,811	-0,189	0,0359	-0,0068
19	1984	16,4	43	54,3	0,789	-0,211	0,0447	-0,0095
20	1985	41,1	42	57,1	0,770	-0,230	0,0528	-0,0121
21	1986	36,2	41,1	60,0	0,754	-0,246	0,0607	-0,0149
22	1987	63,5	39,7	62,9	0,728	-0,272	0,0740	-0,0201
23	1988	29,9	36,2	65,7	0,664	-0,336	0,1130	-0,0380
24	1989	21,7	35,7	68,6	0,655	-0,345	0,1193	-0,0412
25	1990	25,6	35,7	71,4	0,655	-0,345	0,1193	-0,0412
26	1991	39,7	33,8	74,3	0,620	-0,380	0,1445	-0,0549
27	1992	22,8	29,9	77,1	0,548	-0,452	0,2040	-0,0922
28	1993	45,4	28,1	80,0	0,515	-0,485	0,2349	-0,1139
29	1994	66,8	26,1	82,9	0,479	-0,521	0,2718	-0,1417
30	1995	43	25,6	85,7	0,469	-0,531	0,2815	-0,1493
31	1996	65,8	22,8	88,6	0,418	-0,582	0,3386	-0,1970
32	1997	18,9	21,7	91,4	0,398	-0,602	0,3625	-0,2182
33	1998	42	21,3	94,3	0,391	-0,609	0,3714	-0,2263
34	1999	85,9	18,9	97,1	0,347	-0,653	0,4269	-0,2790
35	2000	35,7	16,4	100,0	0,301	-0,699	0,4890	-0,3419
Сумма		1909			35,0	0,0	9,69	3,846
Среднее		54,5						

По полученным значения вычисляем смещенные коэффициенты вариации и асимметрии по формулам 1.8 и 1.9.

$$\tilde{C}_v = \sqrt{\frac{9,69}{35-1}} = 0,53,$$

$$\tilde{C}_s = \frac{35 \cdot 3,846}{0,53^3 \cdot (35-1)(35-2)} = 0,79,$$

$$\frac{\tilde{C}_s}{\tilde{C}_v} = \frac{0,79}{0,53} = 1,5.$$

Определяем средние квадратические ошибки нормы максимального стока и коэффициента вариации без учета автокорреляции по формулам 1.14 и 1.10.

$$\sigma_{\bar{Q}} = \pm \frac{0,53}{\sqrt{35}} \cdot 100\% = \pm 8,96\% ,$$

$$\sigma_{C_v} = \pm \sqrt{\frac{3}{2 \cdot 35 \cdot (3 + 0,53^2)}} \cdot 100 \% = \pm 11,4 \% .$$

Полученная ошибка нормы стока не превышает допустимого значения $8,96 \% < 20 \%$, следовательно продолжительность рассматриваемого периода достаточна.

Так как $C_v=0,53 < 0,6$ и $C_s=0,79 < 1,0$ коэффициенты вариации и асимметрии допускается определять по формулам (1.8) и (1.9) без введения поправок.

По принятым параметрам $C_s = 0,79$ и норме стока вычисляем ординаты биномиальной кривой распределения (табл. 1.4). Число Фостера (Φ_p) определяем по Приложению Д. Модульный коэффициент рассчитываем по формуле:

$$k_p = \Phi_p \cdot C_v + 1, \quad (1.16)$$

где Φ – нормированное отклонение ординаты кривой обеспеченности.

Таблица 1.4 – Ординаты аналитической кривой биномиального распределения максимальных расходов воды весеннего половодья р. Оресса – д. Андреевка (для метода моментов)

P, %	0,01	0,1	1	3	5	10	25	50
Φ_p	5,478	4,226	2,883	2,177	1,838	1,340	0,582	-0,129
k_p	3,903	3,240	2,528	2,154	1,974	1,710	1,308	0,932
$Q_p, \text{ м}^3/\text{с}$	213	177	138	117	108	93,2	71,3	50,8

По полученным данным на клетчатке вероятности строятся аналитические кривые трехпараметрического гамма-распределения (табл. 1.2) и биномиального распределения (табл. 1.4), а также наносятся эмпирические точки (табл. 1.1, графа 4) максимальных расходов воды весеннего половодья р. Оресса – д. Андреевка. Анализируя рис. 1.1 делаем вывод, что наибольшее соответствие эмпирическим точкам наблюдается у кривой биномиального распределения, по которой снимаем искомое значение максимального стока заданной обеспеченности $Q_{5\%} = 109 \text{ м}^3/\text{с}$.

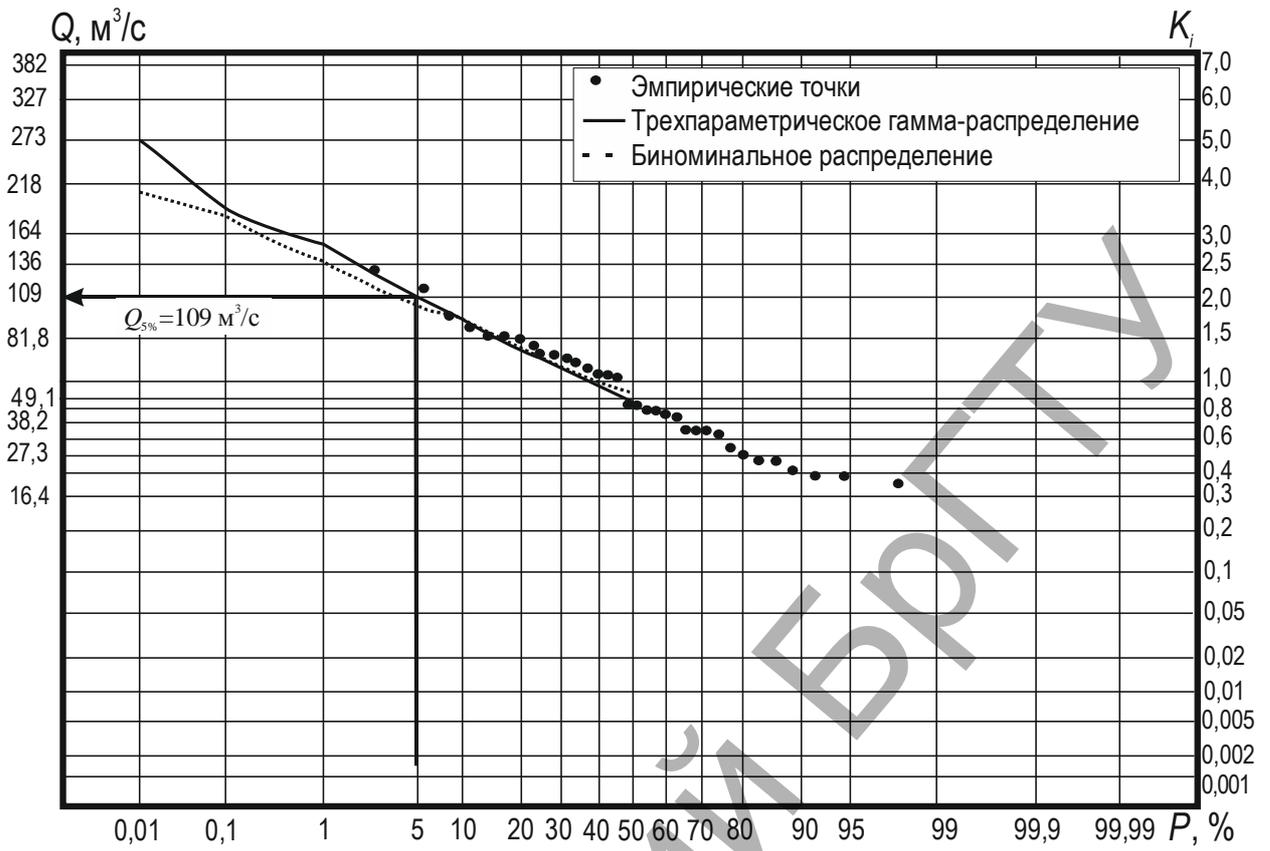


Рисунок 1.1 – Кривые распределения максимальных расходов воды р. Орсса – д. Андреевка

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ ВЕСЕННИХ ПОЛОВОДИЙ И ДОЖДЕВЫХ ПАВОДКОВ ПРИ НЕДОСТАТОЧНОСТИ ДАННЫХ ГИДРОМЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Цель работы: Определить максимальные расходы воды весеннего половодья и дождевого паводка при недостаточности данных гидрометрических наблюдений.

Общие сведения

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

Приведение к многолетнему периоду осуществляют в случаях, когда средняя квадратическая погрешность расчетного значения гидрологической характеристики для максимального стока превышает 20 %.

При выборе рек-аналогов необходимо учитывать следующие требования:

- однотипность стока реки-аналога и исследуемой реки;
- возможную географическую 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, близкую степень озерности, залесенности, заболоченности и распаханности водосборов;
- отсутствие факторов, существенно искажающих естественный речной сток (регулирование стока, сбросы и изъятие воды);
- соблюдение условия:

$$\frac{L}{A^{0,56}} \approx \frac{L_a}{A_a^{0,56}}, \quad (2.1)$$

$$i \cdot A^{0,50} \approx i_a \cdot A_a^{0,50}, \quad (2.2)$$

где L и L_a – длина исследуемой реки и реки-аналога соответственно, км; i и i_a – уклон водной поверхности исследуемой реки и реки-аналога соответственно, ‰; A и A_a – площади водосборов исследуемой реки и реки-аналога соответственно, км².

Основным критерием при выборе пункта-аналога 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.

Приведение гидрологических рядов и их параметров распределения к многолетнему периоду, как правило, осуществляют аналитическими методами. Для предварительного приведения допускается использование графических и графоаналитических методов.

Ход выполнения работы

Задание. Продлить ряды максимальных расходов воды весенних половодий и дождевых паводков с привлечением рек-аналогов к многолетнему периоду (в соответствии с вариантом – табл. А.3 и А.4 приложения А). Определить норму максимального стока для

полученного ряда. Для выполнения работы использовать данные приложения А.

Ниже приведен пример продления ряда максимальных расходов воды весенних половодий р. Оресса – д. Андреевка при недостаточности данных гидрометрических наблюдений. Исходные данные р. Оресса – д. Андреевка приведены в табл. 2.1. В качестве реки-аналога рассматривается р. Припять – г. Мозырь.

Таблица 2.1 – Максимальные расходы воды весенних половодий р. Оресса – д. Андреевка за 1966–1975 гг., A=3580 км².

№ члена ряда	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Год	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975
Q _i , м ³ /с	132	71,5	85,9	77,2	119	82,8	21,3	35,7	26,1	28,1

Ряд наблюдений по реке-аналогу р. Припять – г. Мозырь приведен в табл. 2.2.

Таблица 2.2 – Максимальные расходы воды весенних половодий за 1966–2000 гг.

Годы	Q	Годы	Q	Годы	Q	Годы	Q	Годы	Q	Годы	Q
1966	3090	1972	598	1978	1820	1984	383	1990	507	1996	1490
1967	1790	1973	853	1979	4310	1985	907	1991	836	1997	458
1968	1330	1974	703	1980	964	1986	998	1992	942	1998	1030
1969	1830	1975	2068	1981	1900	1987	847	1993	1334	1999	3270
1970	4140	1976	2240	1982	1340	1988	783	1994	1790	2000	1220
1971	2340	1977	1190	1983	1210	1989	430	1995	746		

По формуле 1.5 определяем норму максимального стока р. Оресса – д. Андреевка:

$$\bar{Q} = \frac{679,6}{10} = 68,0 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Для определения репрезентативности ряда находим среднюю квадратическую ошибку по формуле 1.14 и коэффициент изменчивости стока по формуле 1.10. Расчеты сводим в таблицу 2.3.

Таблица 2.3 – Определение модульных коэффициентов р. Оресса – д. Андреевка

№ п/п	Год	Q _i , м ³ /с	k _i	k _i -1	(k _i -1) ²
1	1966	132	1,941	0,941	0,886
2	1967	71,5	1,051	0,051	0,003
3	1968	85,9	1,263	0,263	0,069
4	1969	77,2	1,135	0,135	0,018
5	1970	119	1,750	0,750	0,563
6	1971	82,8	1,218	0,218	0,047
7	1972	21,3	0,313	-0,687	0,472
8	1973	35,7	0,525	-0,475	0,226
9	1974	26,1	0,384	-0,616	0,380
10	1975	28,1	0,413	-0,587	0,344
Сумма		679,6	14	0	3,920

По формуле 1.8 находим коэффициент вариации:

$$\tilde{C}_v = \sqrt{\frac{3,920}{10-1}} = 0,66,$$

тогда средняя квадратическая ошибка будет равна:

$$\sigma_{\bar{q}} = \pm \frac{0,66}{\sqrt{10}} \cdot 100 = 20,9 \% .$$

Полученная ошибка $\sigma_{\bar{q}} = 20,9 \% > 20 \%$ больше допустимой, следовательно, гидрологический ряд недостаточен для корректного определения гидрологических характеристик и требует продления.

Для продления короткого ряда наблюдений по исследуемой реке подсчитывается коэффициент корреляции и параметры уравнения регрессии. Расчеты сведем в табл. 2.3.

Используем аналитический (по уравнению регрессии) метод продления.

Определим среднее квадратические отклонения рядов:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{11214990,0}{9}} = 1116,3, \quad (2.7)$$

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{13905,1}{9}} = 39,3. \quad (2.8)$$

Коэффициент корреляции определится из формулы (1.9):

$$R = \frac{\sum [(y_i - \bar{y}) \cdot (x_i - \bar{x})]}{\sqrt{\sum \Delta x^2 \cdot \sum \Delta y^2}} = \frac{323742,2}{\sqrt{13905,1 \cdot 11214990,0}} = 0,82 \quad (2.9)$$

Таблица 1.3 – Определение коэффициента корреляции и параметров уравнения регрессии

Годы	Расходы воды, м ³ /с		Δy	Δx	Δy^2	Δx^2	$\Delta y \cdot \Delta x$
	$Q(y)$	$Q_A(x)$					
1966	132	3090	64,0	1216	4096,0	1478656	77824
1967	71,5	1790	3,5	-84	12,3	7056	-294
1968	85,9	1330	17,9	-544	320,4	295936	-9737,6
1969	77,2	1830	9,2	-44	84,6	1936	-404,8
1970	119	4140	51,0	2266	2601,0	5134756	115566
1971	82,8	2340	14,8	466	219,0	217156	6896,8
1972	21,3	598	-46,7	-1276	2180,9	1628176	59589,2
1973	35,7	853	-32,3	-1021	1043,3	1042441	32978,3
1974	26,1	703	-41,9	-1171	1755,6	1371241	49064,9
1975	28,1	2068	-39,9	194	1592,0	37636	-7740,6
Сумма	679,6	18742	0	0	13905,1	11214990,0	323742,2
Среднее	68,0	1874					

Вероятная ошибка коэффициента корреляции:

$$E_p = \pm 0,674 \cdot \frac{1-R^2}{\sqrt{n}} = \pm 0,674 \cdot \frac{1-0,82}{\sqrt{10}} = \pm 0,04. \quad (2.10)$$

Наиболее вероятное значение коэффициента корреляции:

$$R = 0,82 \pm 0,04.$$

Коэффициент регрессии, представляющий тангенс угла наклона линии связи к оси абсцисс, определяем по формуле:

$$K_{y/x} = R \frac{\sigma_y}{\sigma_x} = 0,82 \cdot \frac{39,3}{1116,3} = 0,029. \quad (2.11)$$

Уравнение прямой регрессии

$$\begin{aligned} (Q - \bar{Q}) &= K_{y/x} \cdot (Q_A - \bar{Q}_A) \\ (Q - 68,0) &= 0,029 \cdot (Q_A - 1874) \\ Q &= 0,029 \cdot Q_A + 13,65 \end{aligned} \quad (2.12)$$

Восстановленные по уравнению значения расходов воды рассчитаем по уравнению прямой регрессии. Согласно ТКП 45-3.04-168-2009 систематическое преуменьшение коэффициента вариации исключается путем дополнительного расчета погодичных значений Q_i по формуле:

$$Q_i = \frac{(Q_i - \bar{Q}_n)}{R} + \bar{Q}_n, \quad (2.13)$$

где Q_i – погодичные значения максимального расхода, рассчитанные по уравнению регрессии; \bar{Q}_n – норма максимального стока для исследуемой реки, вычисленная за период совместных наблюдений с рекой-аналогом; R – коэффициент корреляции.

Все значения заносим в табл. 2.4. Для дальнейших расчетов принимается гидрологический ряд расходов из последней графы табл. 2.4. Норма стока при этом составит $\bar{Q} = 53,9 \text{ м}^3/\text{с}$.

Таблица 2.4 – Восстановленные и наблюдаемые максимальные расходы воды весеннего половодья р. Оресса – д. Андреевка

№ п/п	Годы	$Q_A, \text{ м}^3/\text{с}$	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$ (по уравнению)	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$ (принятые к расчету)
1	1966	3090	132	132
2	1967	1790	71,5	71,5
3	1968	1330	85,9	85,9
4	1969	1830	77,2	77,2
5	1970	4140	119	119
6	1971	2340	82,8	82,8
7	1972	598	21,3	21,3
8	1973	853	35,7	35,7
9	1974	703	26,1	26,1
10	1975	2068	28,1	28,1
11	1976	2240	(78,6)	(80,9)
12	1977	1190	(48,2)	(43,8)
13	1978	1820	(66,4)	(66,1)
14	1979	4310	(139)	(154)
15	1980	964	(41,6)	(35,8)
16	1981	1900	(68,8)	(68,9)
17	1982	1340	(52,5)	(49,1)
18	1983	1210	48,7)	(44,5)
19	1984	383	(24,8)	(15,3)
20	1985	907	(40,0)	(33,8)
21	1986	998	(42,6)	(37,0)
22	1987	847	(38,2)	(31,7)

№ п/п	Годы	Q _A , м ³ /с	Q, м ³ /с(по уравнению)	Q, м ³ /с (принятые к расчету)
23	1988	783	(36,4)	(29,4)
24	1989	430	(26,1)	(16,9)
25	1990	507	(28,4)	(19,7)
26	1991	836	(37,9)	(31,3)
27	1992	942	(41,0)	(35,0)
28	1993	1334	(52,3)	(48,9)
29	1994	1790	(65,6)	(65,0)
30	1995	746	(35,3)	(28,1)
31	1996	1490	(56,9)	(54,4)
32	1997	458	(26,9)	(17,9)
33	1998	1030	(43,5)	(38,1)
34	1999	3270	(108)	(117)
35	2000	1220	(49,0)	(44,9)
Среднее		1477	54,9	53,9

Затем по продленному полному ряду наблюдений рассчитывают максимальные расходы воды требуемых обеспеченностей согласно методике, приведенной в практической работе № 1.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ ВЕСЕННИХ ПОЛОВОДИЙ ПРИ ОТСУТСТВИИ ДАННЫХ ГИДРОМЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Цель работы: Определить максимальные расходы воды весеннего половодья обеспеченностью 1, 5, 10, 25 % при отсутствии данных гидрометрических наблюдений.

3.1 Определение максимальных расходов воды весенних половодий нормативными методами

Общие сведения

При отсутствии данных гидрометрических наблюдений в расчетном створе параметры распределения и расчетные значения гидрологических характеристик определяют с помощью следующих методов:

- водного баланса;
- гидрологической аналогии;
- осреднения в однородном районе;
- построения карт изолиний;
- построения региональных зависимостей стоковых характеристик от основных физико-географических факторов водосборов;
- построения зависимостей между погодичными стоковыми характеристиками и стокоформирующими факторами.

Методы определения расчетных характеристик максимального стока весенних половодий и дождевых паводков подразделяют на две группы:

- а) при наличии одной или нескольких рек-аналогов;
- б) при отсутствии рек-аналогов.

При использовании нескольких независимых (не более трех) методов расчета окончательное расчетное значение рассматриваемой гидрологической характеристики G , определяют по формуле:

$$G = \frac{\sum_{i=1}^k \frac{1}{\sigma_i^2} g_i}{\sum_{i=1}^k \frac{1}{\sigma_i^2}}, \quad (3.1)$$

где g_i – значение рассматриваемой гидрологической характеристики, определенное различными методами; y_i^2 – абсолютная дисперсия погрешности расчетных значений для каждого метода; k – число методов.

В настоящее время в строительном проектировании расчетная схема определения максимальных расходов воды половодий при отсутствии данных наблюдений основана на эмпирической редуцированной формуле, учитывающей редукцию коэффициента дружности половодья по площади водосбора.

При наличии рек-аналогов расчетный максимальный расход талых вод Q_p на равнинных реках определяется по формуле:

$$Q_p = \frac{K_0 \cdot \mu \cdot h_p \cdot \delta_{oz} \cdot \delta_b \cdot \delta_l}{(A + A_1)^{n_1}} \cdot A, \quad (3.2)$$

где K_0 – коэффициент, характеризующий дружность половодья; μ – коэффициент, учитывающий различие коэффициентов вариации слоя стока и максимальных расходов воды половодья (неравенство статистических параметров), определяется по табл. 3.1; h_p – слой суммарного весеннего стока (без срезки подземного питания) той же обеспеченности, мм; $\delta_{оз}$ – коэффициент, учитывающий снижение максимальных расходов воды на реках, зарегулированных водохранилищами, прудами и проточными озерами; $\delta_б$ и $\delta_л$ – коэффициенты, учитывающие снижение максимальных расходов воды на заболоченных и залесенных водосборах соответственно; A – площадь водосбора до расчетного створа, км²; A_1 – площадь водосбора, начиная с которой наблюдается редукция стока по площади, принимается равной 1, км²; n_1 – показатель степени редукции, принимается равной 0,20.

Коэффициент дружности весеннего половодья определяется по рекам-аналогам из формулы (3.2) при известных остальных параметрах. В случае невозможности подобрать реку-аналог, коэффициент дружности половодья допускается определять по формуле:

$$K_0 = \frac{h_{1\%}^{0,817} \cdot i_B^{0,211} \cdot H_{ср}^{0,521}}{117100 \cdot \delta_л \cdot \delta_б \cdot \rho^{0,138} \cdot (A_{лес} + 1)^{0,109}}, \quad (3.3)$$

где i_B – уклон водосбора, ‰; $H_{ср}$ – средняя высота водосбора, м; ρ – густота речной сети, км/км²; $A_{лес}$ – площадь водосбора, занятая лесом, км².

Таблица 3.1 – Значения коэффициента μ , учитывающего неравенство параметров слоя стока и максимальных расходов

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

Расчетный слой весеннего половодья определяется по формуле:

$$h_p = k_p \cdot \bar{h}, \quad (3.4)$$

где k_p – модульный коэффициент расчетной обеспеченности, определяемый по Приложению Г 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 приложению Е (рис. Е.1). Соотношение C_s/C_v принимается по табл. 3.2; \bar{h} – средний многолетний слой стока весеннего половодья, определяемый по рис. Е.2 (приложение Е), мм.

Таблица 3.2 – Соотношения C_s / C_v для водосборов Беларуси

Территория	Значение соотношения C_s / C_v
Бассейн Западной Двины	2
Бассейн Немана и левобережные притоки р. Припять	3
Бассейны Днепра, Сожа, Березины, правобережные притоки р. Припять	4

При обосновании в формулу (3.2) допускается введение дополнительных параметров, учитывающих влияние естественных и искусственных факторов на формирование максимального стока рек весеннего половодья.

Коэффициент $\delta_{оз}$, учитывающий влияние озер, определяется по формуле:

$$\delta_{оз} = \frac{1}{1 + c \cdot A_{оз}}, \quad (3.5)$$

где c – коэффициент, принимаемый в зависимости от среднего многолетнего слоя стока весеннего половодья \bar{h} , определяется по табл. 3.3; $A_{оз}$ – средневзвешенный коэффициент озерности, %.

Таблица 3.3 – Значения коэффициента c в формуле (3.5)

Среднемноголетний слой стока весеннего половодья	$h_0 \geq 100$ мм	$h_0 \leq 50$ мм	$50 \text{ мм} < h_0 < 100$ мм
c	0,20	0,30	0,25

Коэффициент $\delta_б$, учитывающий влияние болот, определяется по формуле:

$$\delta_б = 1 - \beta \cdot \lg(0,1 \cdot A_б + 1), \quad (3.6)$$

где β – коэффициент, учитывающий тип болот и преобладающий механический состав, определяется по табл. 3.4; $A_б$ – относительная площадь болот и заболоченных лесов и лугов в бассейне, %.

Таблица 3.4 – Значения коэффициента β в формуле (3.6)

Типы болот и почвогрунтов на водосборе	β
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

Коэффициент $\delta_л$, учитывающий влияние леса, определяется по формуле:

$$\delta_л = \frac{\alpha_1}{(A_{лес} + 1)^{n_2}}, \quad (3.7)$$

где α_1 – коэффициент, зависящий от природной зоны и расположения леса на водосборе, определяется по табл. 3.5; $A_{лес}$ – залесенность водосбора, %; n_2 – коэффициент, зависящий от почвогрунтов под лесом.

Таблица 3.5 – Значения коэффициента α_1 в формуле (3.7)

Расположение леса на водосборе	Залесенность водосбора $A_{лес}$, %		
	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

Ход выполнения работы

Задание. Рассчитать максимальный расход воды весеннего половодья заданной обеспеченности (в соответствии с вариантом) с использованием эмпирической редуцированной формулы.

Ниже приведен пример расчета максимальных расходов воды весеннего половодья

1, 5, 10 и 25 %-ных обеспеченностей р. Оресса – д. Андреевка.

Определение максимальных расходов воды весеннего половодья при отсутствии данных наблюдений производим в следующей последовательности:

1) На гидрографической карте Беларуси находим исходную р. Орессу, которая является левым притоком Припяти. По табл. 3.1 определяем коэффициент μ для заданных обеспеченностей: $\mu_{1\%} = 1,0$; $\mu_{5\%} = 0,90$; $\mu_{10\%} = 0,84$; $\mu_{25\%} = 0,75$.

2) По рис. Е.1 (приложение Е) определяем коэффициент вариации $C_v = 0,62$. Затем по табл. 3.2 находим соотношение $C_s / C_v = 3$. Далее по Приложению Г вычисляем модульные коэффициенты требуемых обеспеченностей: $k_{1\%} = 3,156$; $k_{5\%} = 2,18$; $k_{10\%} = 1,782$; $k_{25\%} = 1,264$. По рис. Е. 2 (приложение Е) определяем средний многолетний слой стока весеннего половодья $\bar{h} = 50$ мм. Далее по формуле (3.4) рассчитываем слой суммарного весеннего стока каждой обеспеченности:

$$\begin{aligned} h_{1\%} &= 3,156 \cdot 50 = 158 \text{ мм}; & h_{5\%} &= 2,18 \cdot 50 = 109 \text{ мм}; \\ h_{10\%} &= 1,782 \cdot 50 = 89,1 \text{ мм}; & h_{25\%} &= 1,264 \cdot 50 = 63,2 \text{ мм}. \end{aligned}$$

3) Определяем коэффициент $\delta_{оз}$, учитывающий влияние озер по формуле (3.5), в которой коэффициент $c = 0,30$ находим по табл. 3.3 при $\bar{h} = 50$ мм, коэффициент озерности $A_{оз} = 1$ %:

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

4) Определяем коэффициент δ_b , учитывающий влияние болот, по формуле (3.6) $A_b = 25$ % (суммарная площадь болот, заболоченных земель и заболоченного леса), коэффициент, учитывающий тип болот и преобладающий механический состав, определяем по табл. 3.4 $\beta = 0,7$:

$$\delta_b = 1 - 0,7 \cdot \lg(0,1 \cdot 25 + 1) = 0,54.$$

5) Определяем коэффициент δ_l , учитывающий влияние леса, по формуле (3.7) $A_l = 36$ %. Коэффициент, зависящий от природной зоны и расположения леса на водосборе, определяем по табл. 3.5 $\alpha_1 = 1,0$:

$$\delta_l = \frac{1,0}{(36 + 1)^{0,22}} = 0,45.$$

6) Определяем коэффициент дружности весеннего половодья K_0 по формуле (3.3):

$$K_0 = \frac{158^{0,817} \cdot 0,23^{0,211} \cdot 147^{0,521}}{117100 \cdot 0,45 \cdot 0,54 \cdot 0,61^{0,138} \cdot (1074 + 1)^{0,109}} = 0,011$$

Площадь леса на водосборе определяем как 30 % от площади водосбора (для Беларуси) $A_{лес} = 0,3 \cdot A = 0,3 \cdot 3580 = 1074 \text{ км}^2$.

7) Рассчитываем максимальные расходы воды весеннего половодья заданных обеспеченностей, подставляя полученные значения коэффициентов в формулу (3.2), $A = 3580 \text{ км}^2$:

$$Q_{1\%} = \frac{0,011 \times 1,0 \times 158 \times 0,77 \times 0,54 \times 0,45}{(3580 + 1)^{0,20}} \times 3580 = 227 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$Q_{5\%} = \frac{0,011 \times 0,90 \times 109 \times 0,77 \times 0,54 \times 0,45}{(3580 + 1)^{0,20}} \times 3580 = 141 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$Q_{10\%} = \frac{0,011 \times 0,84 \times 89,1 \times 0,77 \times 0,54 \times 0,45}{(3580 + 1)^{0,20}} \times 3580 = 107 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$Q_{25\%} = \frac{0,011 \times 0,75 \times 63,2 \times 0,77 \times 0,54 \times 0,45}{(3580 + 1)^{0,20}} \times 3580 = 68,0 \text{ м}^3/\text{с}$$

3.2 Расчет максимальных расходов воды весенних половодий с использованием гидрографических характеристик водосборов рек

Общие сведения

Максимальные расходы воды весеннего половодья при отсутствии данных гидрометрических наблюдений можно определять также с использованием гидрографических характеристик водосборов без учета другой дополнительной гидрометеорологической информации. В табл. 3.5 приведены уравнения региональных моделей, позволяющих определять максимальные расходы воды весеннего половодья 1 %-ной обеспеченности рек Беларуси с использованием гидрографических характеристик водосборов рек.

Таблица 3.5 – Уравнения региональных моделей максимальных модулей стока 1 %-ной обеспеченности рек Беларуси

Бассейн реки	Модель	№ формулы
Западная Двина	$Q_{1\%} = (0,5760 \cdot i_p \cdot H_{\text{ср}} - 58,3215 \cdot \lg A_{\text{лес}} + 169,6141) \cdot A \cdot 10^{-3}$	(3.8)
Днепр	$Q_{1\%} = (721,49 \cdot \lg A - 1577,48 \cdot \lg L - 25,18(A_b + A_{\text{заблес}}) - 437,54 \cdot \lg(i_p \cdot A_{\text{лес}}) + 1743,93) \cdot A \cdot 10^{-3}$	(3.9)
Припять	$Q_{1\%} = (0,4178 \cdot i_p \cdot H_{\text{ср}} - 1,5178 \cdot (A_b + A_{\text{лес}}) - 0,7911 \cdot A_{\text{лес}} + 167,8656) \cdot A \cdot 10^{-3}$	(3.10)
Беларусь в целом	$Q_{1\%} = \left(\frac{58,18 \cdot (\phi + 400)^{0,479} \cdot (i_p \cdot A_{\text{лес}} + 1)^{0,293}}{(A_{\text{оз}} + 1)^{0,220} \cdot (A_{\text{сух.лес}} + 1)^{0,560} \cdot (A_{\text{сум.б}} + 1)^{0,250}} \right) \cdot A \cdot 10^{-3}$	(3.11)

где $Q_{1\%}$ – максимальный расход воды весеннего половодья 1 %-ной обеспеченности, $\text{м}^3/\text{с}$; A – площадь водосбора, км^2 ; $A_{\text{лес}}$ – доля водосбора, занятая лесом, %; L – длина реки, км ; $A_{\text{сум.б}}$ – доля водосбора, занятая болотами, включая заболоченные земли и лес, %; A_b – доля водосбора, занятая болотами, %; $A_{\text{заблес}}$ – доля водосбора, занятая заболоченным лесом, %; i_p – средний уклон реки, ‰; $H_{\text{ср}}$ – средняя высота водосбора, м ; ϕ – широта центра тяжести водосбора для расчетного створа в прямоугольной системе координат с началом координат в г. Минск, км ; $A_{\text{оз}}$ – доля водосбора, занятая озерами, %; $A_{\text{сух.лес}}$ – доля водосбора, занятая сухим лесом, %.

Для определения максимальных расходов воды весеннего половодья других обес-

печенностей используются соответствующие переходные коэффициенты: $Q_{P5\%} - 0,96$, $Q_{P10\%} - 0,91$, $Q_{P25\%} - 0,76$.

Ход выполнения работы

Задание. Определить максимальные расходы воды весеннего половодья 1, 5, 10 и 25 %-ных обеспеченностей с использованием гидрографических характеристик водосборов рек. При этом использовать данные табл. А.5 (приложение А).

Ниже приведен пример расчета максимальных расходов воды весеннего половодья р. Оресса – д. Андреевка. Порядок расчета следующий:

1) По карте Беларуси находим р. Оресса, которая является левым притоком Припяти. По табл. А.5 (приложение А) определяем гидрографические характеристики водосбора реки.

2) Поскольку р. Оресса – приток Припяти, для расчета максимального расхода воды весеннего половодья 1 %-ной обеспеченности используем формулу (3.10):

$$Q_{1\%} = (0,4178 \cdot 0,23 \cdot 147 - 1,5178 \cdot (7 + 54) - 0,7911 \cdot 54 + 167,8656) \cdot 3580 \cdot 10^{-3} = 167 \text{ м}^3/\text{с}.$$

3) Используя переходные коэффициенты, рассчитываем максимальные расходы воды весеннего половодья других обеспеченностей:

$$Q_{5\%} = 167 \cdot 0,96 = 160 \text{ м}^3/\text{с},$$

$$Q_{10\%} = 167 \cdot 0,91 = 152 \text{ м}^3/\text{с},$$

$$Q_{25\%} = 167 \cdot 0,76 = 127 \text{ м}^3/\text{с}.$$

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4
ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ ДОЖДЕВЫХ ПАВОДКОВ
ПРИ ОТСУТСТВИИ ДАННЫХ ГИДРОМЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Цель работы: Определить максимальные расходы воды дождевого паводка обеспеченностью 1, 5, 10, 25 % при отсутствии данных наблюдений.

4.1 Определение максимальных расходов воды дождевых паводков
нормативными методами

Общие сведения

Выбор типа расчетной формулы для определения максимального срочного расхода воды дождевого паводка заданной вероятности превышения $Q_{p\%}$ следует производить согласно табл. 4.1.

Таблица 4.1 – Условия применения расчетных формул по определению максимального расхода воды дождевого паводка заданной обеспеченности

Тип расчетной формулы	Расчетная формула	Площадь водосбора реки	Учитываемые характеристики бассейна	Методические возможности расчетной формулы
I	Эмпирическая редуцированная формула (4.1) при наличии реки-аналога	$A > 50 \text{ км}^2$	Гидрографические характеристики русла, озерность, заболоченность, средняя высота водосбора	Расчет $Q_{\max, P\%}$ без учета наиболее вероятных календарных сроков его прохождения
II	Эмпирическая редуцированная формула (4.9) при отсутствии реки-аналога	$A > 0 \text{ км}^2$	То же	То же
III	Формула предельной интенсивности стока (4.11): – 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	То же
IV	Объемные, генетические и другие формулы, основанные на расчете стока по осадкам, в том числе через индексы предшествующего 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 увлажненности почв	Расчет $Q_{\max, P\%}$ с учетом календарных сроков летне-осеннего сезона и имеющихся представлений о формировании потерь стока

Расчетная формула типа I (редуцированная) для определения максимального срочного расхода воды дождевого паводка $Q_{p\%}$, м³/с, при наличии одной или нескольких рек-аналогов имеет вид:

$$Q_{P\%} = q_{P\%,a} \cdot \phi_M \frac{\delta \cdot \delta_2}{\delta_a \cdot \delta_{2a}} \cdot A, \quad (4.1)$$

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:

$$q_{P\%,a} = \frac{Q_{P\%,a}}{A_a}, \quad (4.2)$$

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

$$k_\phi \approx \frac{L \cdot A_a^{0,56}}{A^{0,56} \cdot L_a}, \quad (4.3)$$

где L и L_a – длина водотока для исследуемой реки и реки-аналога соответственно, км ; A и A_a – площадь водосбора для исследуемой реки и реки-аналога соответственно, км^2 .

Значение коэффициента ϕ_M определяют по формуле:

$$\phi_M = \begin{cases} \left(\frac{A_a}{A}\right)^n & \text{при } k_\phi \leq 1,5; \\ \left(\frac{\Phi_a}{\Phi}\right)^{n_1} & \text{при } k_\phi > 1,5, \end{cases} \quad (4.4)$$

где Φ и Φ_a – гидроморфометрический параметр русла для исследуемой реки и реки-аналога соответственно; определяют по формуле:

$$\Phi = \frac{1000 \cdot L}{m_p \cdot i_{\text{срвз}}^{1/3} \cdot A^{1/4}}, \quad (4.5)$$

где L и A – то же, что в формуле (4.3); m_p – гидравлический параметр, характеризующий состояние и шероховатость русла водотока; определяют согласно табл. 4.2.

Таблица 4.2 – Гидравлический параметр, характеризующий состояние и шероховатость русла водотока m_p

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

$i_{\text{срвз}}$ – средневзвешенный уклон русла водотока, ‰; n и n_1 – степенные коэффициенты, отражающие редукцию максимального модуля стока дождевого паводка $q_{1\%}$ с увеличением площади водосбора A , км^2 ; приведены в табл. 4.3.

Таблица 4.3 – Коэффициенты редукии 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	1,10

δ , δ_a – соответственно, для исследуемой реки и реки-аналога коэффициенты, учитывающие снижение максимальных расходов воды проточными озерами; определяются по формуле (4.6) при $c = 0,2$, при наличии сведений только об относительной озерности $c = 0,11$:

$$\delta = \frac{1}{1 + c \cdot A_{оз}}, \quad (4.6)$$

где c – коэффициент, принимаемый в зависимости от среднего многолетнего слоя дождевого паводка 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, %, определяется по формуле:

$$A_{оз} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i \cdot A_i}{A^2} \cdot 100, \quad (4.7)$$

где S_i – площади зеркал озер, км²; A_i – площади водосборов озер, км²; A – площадь водосбора до расчетного створа реки, км².

δ_2 , δ_{2a} – соответственно, для исследуемой реки и реки-аналога коэффициенты, учитывающие снижение максимального расхода воды вследствие заболоченности водосбора; определяются по формуле:

$$\delta_2 = 1 - \beta \cdot \lg(0,1 \cdot A_б + 1), \quad (4.8)$$

где $A_б$ – заболоченность водосбора, %, β – коэффициент, учитывающий тип болот и преобладающий механический состав почв (грунтов) вокруг болота и заболоченных земель; приведен в табл. 3.4.

При заболоченности менее 3 % или проточной средневзвешенной озерности более 6 % коэффициент δ_2 принимают равным единице.

При невозможности подобрать реку-аналог, максимальные мгновенные расходы воды дождевых паводков Q_p , м³/с, 10 %-ной обеспеченности определяются по формуле типа II, которая имеет вид:

$$Q_p = \frac{a_{10\%} \cdot \delta \cdot \lambda_{P\%}}{\Phi^{0,8}} \cdot A, \quad (4.9)$$

где $a_{10\%}$ – параметр, характеризующий модуль максимального срочного расхода воды паводка 10 %-ной обеспеченности, определяется по карте приложения Ж; Φ – гидро-морфометрический параметр русла; определяется по формуле (4.5); A – то же, что в формуле (4.7); δ – то же, что в формуле (4.1); $\lambda_{P\%}$ – переходный коэффициент от максимальных срочных расходов воды ежегодной вероятности превышения $P = 10$ % к значениям другой вероятности превышения $P \leq 25$ %; назначают по данным гидрологически изученных рек в исследуемом районе на основе установления соотношения (4.10) или по значениям, приведенным в табл. 4.5.

$$\lambda_{P\%} = \frac{Q_{P\%}}{Q_{10\%}} \quad (4.10)$$

Таблица 4.5 – Переходный коэффициент $\lambda_{P\%}$

Бассейн реки	Переходный коэффициент $\lambda_{P\%}$ при обеспеченности P (%), равной			
	1	5	10	25
Западной Двины	1,88	1,35	1	0,60
Немана	2,04	1,30	1	0,70
Днепра	2,74	1,52	1	0,65
Припяти и Западного Буга	2,10	1,33	1	0,60

Расчетная формула типа III для определения максимального мгновенного расхода воды дождевого паводка $Q_{P\%}$, м³/с на водосборах площадью менее 50 км² имеет вид:

$$Q_{P\%} = q'_{1\%} \cdot \varphi \cdot H'_{1\%} \cdot \delta \cdot \lambda_P \cdot A, \quad (4.11)$$

где $q'_{1\%}$ – относительный модуль максимального срочного расхода воды ежегодной вероятности превышения $P = 1\%$, м³/(с·км²), представляющий отношение

$$q'_{1\%} = \frac{q_{1\%}}{\varphi \cdot H'_{1\%}}; \quad (4.12)$$

определяют для исследуемого района в зависимости от гидроморфометрического параметра русла Φ_P , рассчитываемого по формуле (4.13), и продолжительности склонового добега $\tau_{ск}$, мин (допускается принимать: 60 при заболоченности менее 20 %; 100 при заболоченности от 20 до 40 %; 50 – при заболоченности более 40 %) по данным табл. 4.6.

$$\Phi_P = \frac{1000 \cdot L}{m_p \cdot i_{срвз}^{1/3} \cdot A^{1/4} \cdot (\varphi \cdot H'_{1\%})^{1/4}}, \quad (4.13)$$

где m_p , $i_{срвз}$, A – то же, что в формуле (4.5).

Таблица 4.6 – Максимальные модули стока $q'_{1\%}$, ежегодной вероятностью превышения 1 %, выраженные в долях произведения $\varphi \cdot H'_{1\%}$, при $\delta = 1$

Продолжительность склонового добега $\tau_{ск}$, мин	Значение $q'_{1\%}$ при Φ_P								
	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

окончание таблицы 4.6

Продолжительность склонового добега (тск), мин	Значение $q'_{1\%}$ при Φ_p							
	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

$H'_{1\%}$ – максимальный суточный слой осадков вероятностью превышения $P = 1\%$, мм; определяют по данным ближайших метеорологических станций или по карте приложения И; $\lambda_{p\%}$ – переходной коэффициент от максимальных мгновенных расходов воды ежегодной вероятностью $P = 1\%$, к максимальным расходам другой вероятности превышения, принимается аналогично формуле (4.10) или по значениям, приведенным в табл. 4.7.

Таблица 4.7 – Переходный коэффициент $\lambda_{p\%}$

Бассейн реки	Переходный коэффициент $\lambda_{p\%}$ при обеспеченности P (%), равной			
	1	5	10	25
Западной Двины	1,0	0,72	0,53	0,32
Немана	1,0	0,64	0,49	0,34
Днепра	1,0	0,55	0,36	0,24
Припяти и Западного Буга	1,0	0,63	0,48	0,29

δ , A – то же, что в формуле (4.9); ϕ – сборный коэффициент стока, определяемый при отсутствии рек-аналогов по формуле:

$$\phi = \frac{1,2 \cdot \phi_0}{(A + 1)^{0,07}} \cdot \left(\frac{i_{ск}}{50} \right)^{n_2}, \quad (4.14)$$

где ϕ_0 – сборный коэффициент стока для водосбора; $i_{ск}$ – средний уклон склонов реки, ‰; n_2 – степенной коэффициент, определяемый в зависимости от механического состава почв, приведен в табл. 4.8.

Таблица 4.8 – Коэффициенты ϕ_0 и n_2 в зависимости от типа почв

Механический состав почв	Значения коэффициентов	
	ϕ_0	n_2
Глинистые и тяжелосуглинистые	0,56	0,50
Среднесуглинистые и суглинистые	0,38	0,65
Супесчаные, песчаные	0,30	0,80

Расчетный слой дождевого паводка $h_{p\%}$ для водосборов площадью менее 50 км² при отсутствии рек-аналогов следует определять по формуле:

$$h_{p\%} = \phi \cdot H'_{1\%} \cdot \lambda_{p\%}^*, \quad (4.15)$$

где ϕ и $H'_{1\%}$ – то же, что в формуле (4.11); $\lambda_{p\%}^*$ – переходный коэффициент от слоя стока дождевого паводка обеспеченностью $P = 1\%$ к слоям стока других обеспеченностей; оп-

ределяют по формуле (4.16) или по табл. 4.9

$$\lambda_{P\%}^* = \frac{H'_{P\%}}{H'_{1\%}}, \quad (4.16)$$

где $H'_{P\%}$ – слой максимальных суточных осадков обеспеченностью P (%), мм; определяют по кривым распределения суточных осадков.

Таблица 4.9 – Переходный коэффициент $\lambda_{P\%}^*$

Вероятность превышения, %	1	5	10	25
Переходный коэффициент $\lambda_{P\%}^*$ при обеспеченности P , %, равной	1	0,63	0,49	0,32

Ход выполнения работы

Задание 1. Рассчитать максимальный расход воды дождевого паводка заданной обеспеченности (в соответствии с вариантом) при отсутствии данных гидрометрических наблюдений при наличии реки-аналога.

Ниже приведен пример расчета максимального расхода воды дождевого паводка 10 %-ной обеспеченности р. Волма – д. Корзуны (левый приток р. Свислочь). Характеристики водосбора следующие: $A = 365 \text{ км}^2$, $L = 43 \text{ км}$, $i_{\text{срвз}} = 0,69 \text{ ‰}$, $H_{\text{ср}} = 202 \text{ м}$, $A_{\text{оз}} = 1 \text{ ‰}$, $A_{\text{б}} = 6 \text{ ‰}$.

Используем редуцированную формулу типа I (4.1). Подбираем реку-аналог с учетом предъявляемых требований. В нашем случае в качестве реки-аналога будем использовать р. Бобр – д. Куты, характеристики водосбора которой следующие (приложение А): $A = 374 \text{ км}^2$, $L = 35 \text{ км}$, $i_{\text{срвз}} = 0,70 \text{ ‰}$, $H_{\text{ср}} = 194 \text{ м}$, $A_{\text{оз}} = 1 \text{ ‰}$, $A_{\text{б}} = 4 \text{ ‰}$.

Определение максимального расхода воды дождевого паводка 10 %-ной обеспеченности р. Волма – д. Корзуны производим в следующей последовательности:

1) Для определения модуля максимального расхода воды реки-аналога q_a (р. Бобр – д. Куты) находим максимальный расход воды паводка 10 %-ной обеспеченности $Q_{10\%,a} = 19,4 \text{ м}^3/\text{с}$. Используя формулу (4.2) рассчитываем: $q_{10\%,a} = \frac{19,4}{374} = 0,052 \text{ м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$.

2) Для расчета коэффициента ϕ_m находим коэффициент k_ϕ по формуле (4.3):

$$k_\phi \approx \frac{43 \cdot 374^{0,56}}{365^{0,56} \cdot 35} = 1,25.$$

Поскольку $k_\phi \leq 1,5$, коэффициент $\phi_m = \left(\frac{374}{365}\right)^{0,30} = 1,01$ (формула (4.4)), где степен-

ной коэффициент n находим по табл. 4.3.

3) Определяем коэффициенты δ и δ_a , учитывающие снижение максимального расхода воды проточными озерами, по формуле (4.6), в которой принимаем $s = 0,11$:

$$\delta = \frac{1}{1 + 0,11 \cdot 1} = 0,9; \quad \delta_a = \frac{1}{1 + 0,11 \cdot 1} = 0,9.$$

4) Определяем коэффициенты δ_2 и δ_{2a} , учитывающие снижение максимального расхода воды вследствие заболоченности водосбора, по формуле (4.8):

$$\delta_2 = 1 - 0,7 \cdot \lg(0,1 \cdot 6 + 1) = 0,86; \quad \delta_{2a} = 1 - 0,7 \cdot \lg(0,1 \cdot 4 + 1) = 0,90,$$

где коэффициент $\beta = 0,7$ (по табл. 3.4).

5) Рассчитываем максимальный расход воды дождевого паводка 10 %-ной обеспеченности р. Волма – д. Корзуны, подставляя полученные значения в формулу (4.1).

$$Q_{10\%} = 0,052 \cdot 1,01 \cdot \frac{0,9 \cdot 0,86}{0,9 \cdot 0,9} \cdot 365 = 18,3 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Задание 2. Рассчитать максимальный расход воды дождевого паводка заданной обеспеченности (в соответствии с вариантом) при отсутствии данных гидрометрических наблюдений и рек-аналогов.

Ниже приведен пример расчета максимальных расходов воды дождевых паводков 1, 5, 10 и 25 %-ных обеспеченностей р. Оресса – д. Андреевка.

Для определения максимального расхода воды паводка используем формулу (4.9). Расчеты выполняем в следующем порядке:

1) Определяем по карте приложения Ж параметр, характеризующий модуль максимального срочного расхода воды паводка 10 %-ной обеспеченности $a_{10\%} = 7$.

2) По формуле (4.6) определяем коэффициент δ , учитывающий снижение максимальных расходов воды проточными озерами, где коэффициент $s = 0,11$, коэффициент озерности $A_{оз} = 1 \%$:

$$\delta = \frac{1}{1 + 0,11 \cdot 1} = 0,9.$$

3) По табл. 4.5 находим переходные коэффициенты $\lambda_{P\%}$ от максимальных расходов воды паводков 10 %-ной обеспеченности к требуемым расчетным обеспеченностям: $\lambda_{1\%} = 2,1$; $\lambda_{5\%} = 1,33$; $\lambda_{10\%} = 1$; $\lambda_{25\%} = 0,6$.

4) По формуле (4.5) рассчитываем гидроморфометрический параметр русла Φ . По табл. А.1 (приложение А) определяем $L = 119$ км, $A = 3580$ км², $i_{срвз} = 0,15 \%$. По табл. 4.2 определяем параметр $m_p = 11$ м/мин.

$$\Phi = \frac{1000 \cdot 119}{11 \cdot 0,15^{1/3} \cdot 3580^{1/4}} = 2632.$$

5) Рассчитываем максимальные расходы воды дождевых паводков заданных обеспеченностей, подставляя полученные значения коэффициентов в формулу (4.9):

$$Q_{1\%} = \frac{7 \cdot 0,9 \cdot 2,1}{2632^{0,8}} \cdot 3580 = 86,9 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$Q_{5\%} = \frac{7 \cdot 0,9 \cdot 1,33}{2632^{0,8}} \cdot 3580 = 55,1 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$Q_{10\%} = \frac{7 \cdot 0,9 \cdot 1}{2632^{0,8}} \cdot 3580 = 41,4 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$Q_{25\%} = \frac{7 \cdot 0,9 \cdot 0,6}{2632^{0,8}} \cdot 3580 = 24,8 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Задание 3. Определить максимальные расходы воды дождевого паводка 1, 5, 10 и 25 %-ных обеспеченностей реки, имеющей площадь водосбора менее 50 км².

Ниже приведен пример расчета максимальных расходов воды дождевых паводков ручья без названия (бассейн Немана). Характеристики водосбора следующие: $A = 9,8$ км²,

$L = 3,5$ км, $i_{срвз} = 4,91$ ‰, $A_{оз} = 0$, $i_B = 19,9$ ‰, $\rho = 1,12$ км/км², грунты – супесчаные.

Для определения максимальных расходов воды паводков используем формулу (4.11). Расчет производим в следующей последовательности:

1) По формуле (4.14) и табл. 4.8 находим сборный коэффициент стока ϕ :

$$\phi = \frac{1,2 \cdot 0,3}{(9,8 + 1)^{0,07}} \cdot \left(\frac{19,9}{50} \right)^{0,8} = 0,15.$$

2) Определяем гидроморфометрический параметр русла Φ_P по формуле (4.13). При этом $m_p = 11$, $H'_{1\%} = 90$ мм (по карте приложения И).

$$\Phi_P = \frac{1000 \cdot 3,5}{11 \cdot 4,91^{1/3} \cdot 9,8^{1/4} \cdot (0,15 \cdot 90)^{1/4}} = 55,2.$$

3) Определяем коэффициент δ , учитывающий снижение максимального расхода воды проточными озерами, по формуле (4.6), в которой принимаем $c = 0,11$:

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

4) По табл. 4.6 находим значения $q'_{1\%}$ в зависимости от Φ_P и $\tau_{СК} = 100$ мин, которое составляет $q'_{1\%} = 0,045$ мин.

5) По табл. 4.9 определяем переходные коэффициенты $\lambda^*_{P\%}$: $\lambda^*_{1\%} = 1$, $\lambda^*_{5\%} = 0,63$, $\lambda^*_{10\%} = 0,49$, $\lambda^*_{25\%} = 0,32$.

6) Рассчитываем максимальные расходы воды дождевых паводков заданных обеспеченностей, подставляя полученные значения коэффициентов в формулу (4.11):

$$\begin{aligned} Q_{1\%} &= 0,036 \cdot 0,15 \cdot 90 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 9,8 = 4,76 \text{ м}^3/\text{с}, \\ Q_{5\%} &= 0,036 \cdot 0,15 \cdot 90 \cdot 1 \cdot 0,63 \cdot 9,8 = 2,92 \text{ м}^3/\text{с}, \\ Q_{10\%} &= 0,036 \cdot 0,15 \cdot 90 \cdot 1 \cdot 0,49 \cdot 9,8 = 2,27 \text{ м}^3/\text{с}, \\ Q_{25\%} &= 0,036 \cdot 0,15 \cdot 90 \cdot 1 \cdot 0,32 \cdot 9,8 = 1,48 \text{ м}^3/\text{с}. \end{aligned}$$

4.2 Расчет максимальных расходов воды дождевых паводков с использованием гидрографических характеристик водосборов рек

Общие сведения

Максимальные расходы воды дождевых паводков при отсутствии данных гидрометрических наблюдений можно определять также с использованием гидрографических характеристик водосборов без учета другой дополнительной гидрометеорологической информации. В табл. 4.10 приведены уравнения региональных моделей, позволяющих определять максимальные расходы воды дождевых паводков 10 %-ной обеспеченности рек Беларуси с использованием гидрографических характеристик водосборов рек.

Таблица 4.10 – Уравнения региональных моделей определения максимальных расходов воды дождевых паводков 10%-ной обеспеченности $Q_{10\%}$, м³/с

Бассейн реки	Модель	№ формулы
Западная Двина	$Q_{10\%} = (8,74 \cdot i_p + 0,13 \cdot L - 2,81 \cdot A_{оз} - 0,002 \cdot A + 28,5) \cdot A \cdot 10^{-3}$	(4.17)
Неман	$Q_{10\%} = (6,63 \cdot i_p + 0,0005 \cdot A - 0,08 \cdot L - 0,55 \cdot A_{оз} + 26,1) \cdot A \cdot 10^{-3}$	(4.18)
Днепр	$Q_{10\%} = (30,1 \cdot i_p + 1,64 \cdot A_б + 0,29 \cdot H_{ср} - 7,55 \cdot A_{оз} - 48,5) \cdot A \cdot 10^{-3}$	(4.19)
Припять и Западный Буг	$Q_{10\%} = \frac{10^{3,57} \cdot i_p^{0,38}}{H_{ср}^{1,94} \cdot A^{0,15} \cdot (A_{оз} + 1)^{0,43} \cdot (\phi - 50)^{0,72}} \cdot A$	(4.20)
Беларусь в целом	$Q_{10\%} = \frac{0,057 \cdot i_p^{0,37} \cdot L^{0,16}}{A^{0,18}} \cdot A$	(4.21)

где $Q_{10\%}$ – максимальный расход воды дождевого паводка 10 %-ной обеспеченности; i_p – средний уклон реки, ‰; L – длина реки от истока до пункта наблюдений, км; $A_{оз}$ – озерность водосбора, ‰; A – площадь водосбора, км²; $A_б$ – заболоченность водосбора, ‰; $H_{ср}$ – средняя высота водосбора, м; ϕ – широта створа, км.

Для определения максимальных расходов воды дождевых паводков других обеспеченностей используются соответствующие коэффициенты (табл. 4.5).

Ход выполнения работы

Задание. Определить максимальные расходы воды дождевого паводка 1, 5, 10 и 25 %-ных обеспеченностей с использованием гидрографических характеристик водосборов рек. При этом использовать данные табл. А.3 (приложение А).

Ниже приведен пример расчета максимальных расходов воды дождевого паводка р. Нача – д. Нача. Порядок расчета следующий:

1) По карте Беларуси находим р. Нача, которая является левым притоком Западной Двины. По табл. А.3 (приложение А) определяем гидрографические характеристика водосбора реки.

2) Поскольку р. Нача – приток Западной Двины, для расчета максимального расхода воды дождевого паводка 10 %-ной обеспеченности используем формулу (4.17):

$$Q_{10\%} = (8,74 \cdot 1,6 + 0,13 \cdot 5 - 2,81 \cdot 4 - 0,002 \cdot 234 + 28,5) \cdot 234 \cdot 10^{-3} = 7,38 \text{ м}^3/\text{с}.$$

3) Используя переходные коэффициенты $\lambda_{P\%}$ (табл. 4.5), рассчитываем максимальные расходы воды паводков других обеспеченностей:

$$Q_{1\%} = 7,38 \cdot 1,88 = 13,9 \text{ м}^3/\text{с},$$

$$Q_{5\%} = 7,38 \cdot 1,35 = 9,96 \text{ м}^3/\text{с},$$

$$Q_{25\%} = 7,38 \cdot 0,60 = 4,43 \text{ м}^3/\text{с}.$$

II. ПОСТРОЕНИЕ ГИДРОГРАФОВ ВЕСЕННИХ ПОЛОВОДИЙ И ДОЖДЕВЫХ ПАВОДКОВ

Расчетные гидрографы стока воды рек весеннего половодья и дождевых паводков необходимо рассчитывать при пропуске высоких вод через дорожные и другие искусственные сооружения.

Форма расчетных гидрографов принимается по моделям наблюдаемых 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 или 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.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5

ПОСТРОЕНИЕ ГИДРОГРАФОВ ВЕСЕННИХ ПОЛОВОДИЙ

- Цель работы:** 1) Определить ординаты расчетного гидрографа максимального стока.
2) Построить гидрограф весеннего половодья при отсутствии данных наблюдений

Общие сведения

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

Форму расчетного гидрографа нормами проектирования рекомендуется принимать по моделям наблюдавшихся половодий в расчетном створе или на реке-аналоге. При отсутствии или недостаточности наблюдений применяют различные способы схематизации расчетных гидрографов половодья (паводка). Расчетные гидрографы строят по равнообеспеченным объемам половодья (паводка) и максимальному расходу.

Для расчета гидрографов половодий используют среднесуточные расходы воды. Максимальный среднесуточный расход определяется по формуле:

$$Q_{\max}^{\text{сут}} = \frac{Q_{\max}}{k_t}, \quad (5.1)$$

где $Q_{\max}^{\text{сут}}$ – максимальный среднесуточный расход воды весеннего половодья, м³/с;

Q_{\max} – максимальный мгновенный расход весеннего половодья, м³/с; k_t – коэффициент полноты формы гидрографа, определяется по табл. 5.1.

Таблица 5.1 – Значения коэффициента полноты формы гидрографа k_t

Водосбор	Значения коэффициента k_t при различной площади водосбора, км ²		
	100	500	1500
Бассейн Западной Двины	1,15	1,0	1,0
Прочие реки Беларуси	1,4	1,15	1,0

Примечание: для водосборов площадью более 1500 км² $k_t = 1,0$.

Волна половодья рассчитывается по уравнению, предложенному Г.А. Алексеевым:

$$y = 10 \frac{a(1-x)^2}{x}, \quad (5.2)$$

где y – ордината расчетного гидрографа, выраженная в долях среднесуточного максимального расхода воды заданной вероятности превышения; a – параметр, зависящий от k_s , характеризующий форму расчетного гидрографа; x – абсцисса расчетного гидрографа, выраженная в долях условной продолжительности подъема паводка (половодья).

Координаты x и y определяют по табл. 5.2 в зависимости от коэффициента несимметричности, вычисляемого по данным рек-аналогов.

Коэффициент несимметричности гидрографа $k_{s,a}$ рассчитывается по формуле:

$$k_{s,a} = \frac{h_{n,a}}{h}, \quad (5.3)$$

где $h_{п.а}$ – слой стока за период подъема половодья на реке-аналоге, мм; h_a – суммарный слой стока половодья на реке-аналоге, мм.

Ординаты и абсциссы расчетного гидрографа определяют по следующим формулам:

$$Q_i = y \cdot Q_{\max}^{\text{сут}}, \quad (5.4)$$

$$t_i = x \cdot t_n, \quad (5.5)$$

где t_n – продолжительность подъема весеннего половодья, сут, определяемая по формуле:

$$t_n = \frac{0,0116 \cdot \lambda \cdot h_p}{q_p}, \quad (5.6)$$

где λ – коэффициент, учитывающий форму гидрографа, для Беларуси принимают $\lambda=0,6$; h_p – слой стока расчетной обеспеченности, мм; q_p – расчетный модуль максимального среднего суточного расхода воды весеннего половодья, $\text{м}^3/\text{с} \cdot \text{км}^2$, определяется по формуле:

$$q_p = \frac{Q_{\max}^{\text{сут}}}{A}, \quad (5.7)$$

где A – площадь водосбора, км^2 .

$$h_p = K_p \cdot \bar{h}, \quad (5.8)$$

где K_p – модульный коэффициент расчетной обеспеченности, определяемый по приложению Г; \bar{h} – средний многолетний слой стока весеннего половодья, определяемый по рис. Е.2 (приложение Е), мм.

Ход выполнения работы

Задание. Построить гидрограф весеннего половодья требуемой обеспеченности.

Ниже приведен пример построения гидрографа весеннего половодья обеспеченностью 5 % р. Оресса – д. Андреевка.

Для определения координат гидрографа весеннего половодья р. Оресса – д. Андреевка находим максимальный среднесуточный расход по формуле (5.1), где $Q_{\max}^{\text{сут}} = 141 \text{ м}^3/\text{с}$ максимальный мгновенный расход весеннего половодья принимаем из практической работы № 4 при $P = 5 \%$, а коэффициент полноты формы гидрографа определяем по табл. 5.1, т.к. площадь водосбора $3580 \text{ км}^2 > 1500 \text{ км}^2$, то $k_t = 1,0$:

$$Q_{\max}^{\text{сут}} = \frac{141}{1,0} = 141 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Далее определяем расчетный модуль максимального среднего суточного расхода воды весеннего половодья по формуле (5.7):

$$q_p = \frac{141}{3580} = 0,04 \text{ м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2).$$

Слой стока 5 %-ной обеспеченности находим из практической работы № 4 $h_{5\%} = 2,18 \cdot 50 = 109 \text{ мм}$ или по формуле (5.8).

Таблица 5.2 – Относительные ординаты расчетного гидрографа стока воды $y = Q_i/Q_p$, для $x = t_i/t_n$, при различных значениях коэффициентов (λ) и (k_s)

$x = \frac{t_i}{t_n}$	Значения $y = Q_i/Q_p$ при различных $\lambda = q \cdot t_n / (0,0116 \cdot h_p)$, равных																				
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2	2,4	2,6
0,1	0,023	0,002	0	0	0																
0,2	0,21	0,091	0,034	0,011	0,003	0	0	0	0												
0,3	0,45	0,29	0,18	0,099	0,050	0,022	0,009	0,003	0,001	0	0	0	0								
0,4	0,66	0,51	0,39	0,28	0,19	0,12	0,076	0,043	0,024	0,013	0,006	0,003	0,001	0	0	0	0	0			
0,5	0,78	0,69	0,59	0,49	0,40	0,31	0,24	0,18	0,13	0,088	0,059	0,039	0,025	0,015	0,009	0,005	0,003	0,002	0	0	0
0,6	0,88	0,82	0,75	0,69	0,61	0,54	0,47	0,39	0,33	0,27	0,22	0,18	0,14	0,12	0,088	0,066	0,049	0,036	0,017	0,009	0,004
0,7	0,94	0,91	0,87	0,83	0,79	0,74	0,69	0,64	0,59	0,54	0,48	0,43	0,39	0,34	0,30	0,26	0,22	0,19	0,14	0,094	0,062
0,8	0,97	0,96	0,95	0,93	0,91	0,89	0,87	0,84	0,81	0,78	0,75	0,72	0,69	0,66	0,62	0,59	0,55	0,52	0,46	0,40	0,34
0,9	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98	0,97	0,97	0,96	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88	0,87	0,84	0,82	0,79
1,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,1	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,97	0,97	0,97	0,96	0,96	0,95	0,94	0,93	0,93	0,92	0,91	0,90	0,87	0,87	0,85	0,82
1,2	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94	0,92	0,91	0,89	0,87	0,85	0,83	0,80	0,78	0,76	0,73	0,70	0,68	0,65	0,60	0,54	0,49
1,3	0,97	0,95	0,93	0,91	0,88	0,85	0,82	0,78	0,75	0,71	0,68	0,64	0,60	0,56	0,52	0,48	0,44	0,41	0,34	0,28	0,22
1,4	0,95	0,92	0,89	0,85	0,81	0,77	0,72	0,67	0,62	0,57	0,52	0,48	0,43	0,38	0,34	0,30	0,26	0,23	0,17	0,12	0,084
1,5	0,92	0,88	0,84	0,79	0,74	0,68	0,62	0,56	0,50	0,44	0,39	0,34	0,29	0,25	0,21	0,17	0,14	0,12	0,075	0,046	0,027
1,6	0,90	0,85	0,79	0,73	0,66	0,59	0,52	0,46	0,39	0,34	0,28	0,23	0,19	0,15	0,12	0,092	0,071	0,054	0,030	0,016	0,008
1,7	0,87	0,81	0,74	0,66	0,59	0,51	0,44	0,37	0,30	0,25	0,20	0,15	0,12	0,089	0,066	0,047	0,034	0,024	0,011	0,005	0,002
1,8	0,84	0,77	0,69	0,60	0,52	0,44	0,36	0,29	0,23	0,18	0,13	0,10	0,072	0,050	0,035	0,023	0,015	0,010	0,004	0,001	0
1,9	0,81	0,73	0,64	0,55	0,46	0,37	0,29	0,23	0,17	0,13	0,089	0,063	0,043	0,028	0,018	0,011	0,007	0,004	0,001		
2,0	0,78	0,69	0,59	0,49	0,40	0,31	0,24	0,18	0,13	0,088	0,059	0,039	0,025	0,015	0,009	0,005	0,003	0,002	0		
2,2	0,73	0,61	0,50	0,40	0,30	0,22	0,15	0,10	0,066	0,042	0,025	0,014	0,008								
2,4	0,67	0,54	0,42	0,32	0,22	0,15	0,096	0,058	0,034	0,019	0,010	0,005	0,002								
2,6	0,62	0,48	0,35	0,25	0,16	0,10	0,060	0,032	0,017	0,008	0,004	0,002	0,001								
2,8	0,57	0,42	0,29	0,19	0,12	0,068	0,036	0,018	0,008	0,004	0,001	0,001	0								
3,0	0,53	0,37	0,24	0,15	0,086	0,045	0,022	0,010	0,004	0,002	0	0									
3,5	0,43	0,26	0,15	0,079	0,037	0,016	0,006	0,002	0	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	0														
6,0	0,13	0,044	0,012	0,003	0																
8,0	0,052	0,010	0,002	0																	
$k_s = h_n/h_p = f(\lambda)$	0,19	0,23	0,26	0,29	0,31	0,33	0,34	0,36	0,37	0,38	0,38	0,39	0,40	0,40	0,41	0,42	0,42	0,42	0,43	0,43	0,44

Далее по формуле (5.6), подставляя полученные значения, определяем продолжительность подъема весеннего половодья:

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

Дальнейший расчет ведем в табличной форме (табл. 5.3). Определяем координаты расчетного гидрографа по формулам (5.4) и (5.5), используя относительные ординаты из табл. 5.2 при $\lambda = 0,6$ (для территории Беларуси).

Таблица 5.3 – Координаты расчетного гидрографа стока воды весеннего половодья р. Оресса – д. Андреевка

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

По результатам расчета (по графам 3 и 4) строится расчетный гидрограф стока весеннего половодья (рис. 5.1).

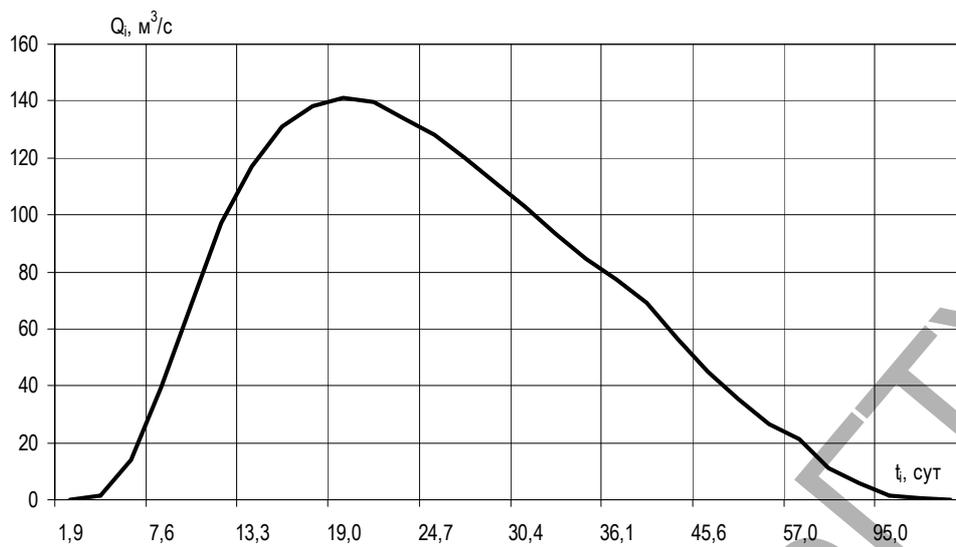


Рисунок 5.1 – Расчетный гидрограф весеннего половодья р. Орса – д. Андреевка

Практическая работа № 6

ПОСТРОЕНИЕ ГИДРОГРАФОВ ДОЖДЕВЫХ ПАВОДКОВ

Цель работы: Построить гидрограф дождевого паводка при отсутствии данных гидрометрических наблюдений.

Общие сведения

Построение гидрографов дождевых паводков при отсутствии данных гидрометрических наблюдений осуществляется с использованием уравнения, предложенного Г.А. Алексеевым (5.2).

Определение коэффициента несимметричности гидрографа дождевого паводка k_s следует осуществлять по табл. 6.1.

Таблица 6.1 – Коэффициенты несимметричности k_s гидрографов дождевых паводков рек Беларуси

Бассейн реки	Значения коэффициентов k_s
Западной Двины, Немана	0,29
Днепра, левобережных притоков Припяти, Западного Буга	0,31
Правобережных притоков Припяти	0,33

Определение слоя стока за паводок h , мм, осуществляется по карте (рис. 6.1).

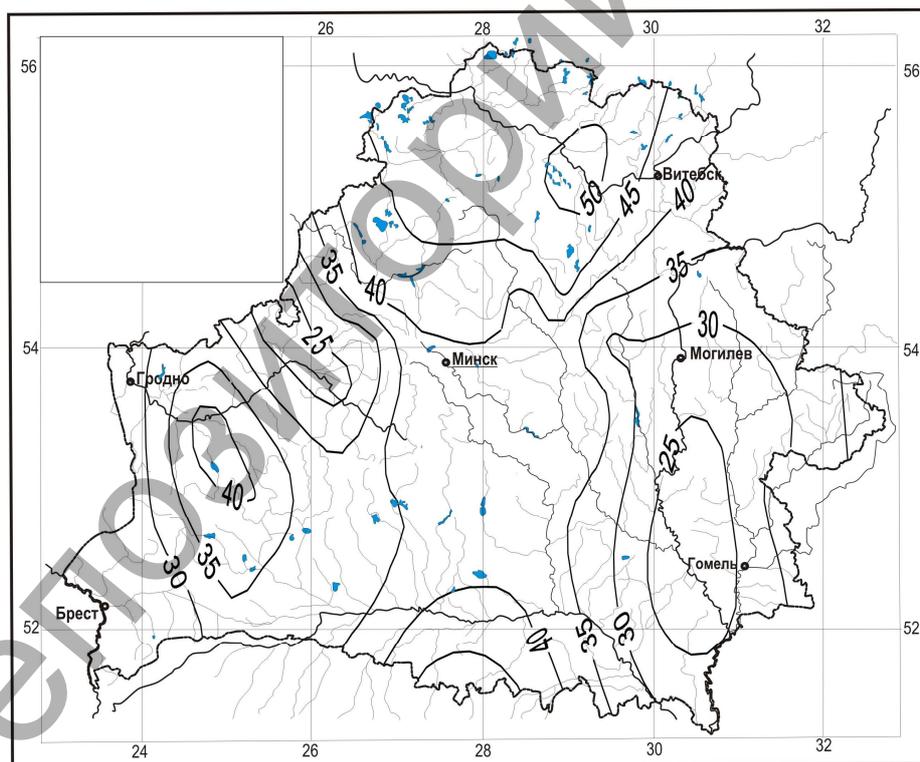


Рисунок 6.1 – Слой стока за паводок 10 %-ной обеспеченности

Для определения слоев стока за паводок другой расчетной обеспеченности используются коэффициенты λ''_p (табл. 6.2).

Таблица 6.2 – Коэффициенты перехода λ''_P слоя стока дождевых паводков от 10 %-ной к другим обеспеченностям

Вероятность превышения, %	1	5	10	25
Переходный коэффициент λ''_P при обеспеченности P, %, равной	2,03	1,28	1,00	0,65

Таким образом, расчетный слой дождевого паводочного стока h_P требуемой обеспеченности P, %, рассчитывается по соотношению:

$$h_P = \lambda''_P \cdot h_{10\%}, \quad (6.1)$$

где $h_{10\%}$ – величина слоя стока за паводок 10 %-ной обеспеченности определяется по карте (рис. 6.1); λ''_P – коэффициент перехода к слою стока требуемой обеспеченности, принимаемый по табл. 6.2.

В связи с тем, что параметры максимальных расходов воды паводков и соответствующие им слои стока не совпадают, в формулу по определению продолжительности подъёма паводка (5.6) введен коэффициент μ_P , значения которого определяются по табл. 6.3. Тогда формула (5.6) примет вид:

$$t_n = \frac{0,0116 \cdot \lambda \cdot h_P \cdot \mu_P}{q_P} \quad (6.2)$$

где μ_P – коэффициент, учитывающий неравенство статистических параметров слоя стока за паводок и максимальных расходов воды.

Таблица 6.3 – Значения коэффициента μ_P , учитывающего неравенство параметров слоя стока и максимальных расходов воды дождевых паводков

Бассейн реки	Значение коэффициента μ_P при обеспеченности P, %, равной				
	1	5	10	20	25
Западной Двины, Немана, Западного Буга	1,0	0,98	0,95	0,89	0,86
Днепра и Припяти	1,0	0,97	0,94	0,87	0,83

Коэффициент формы гидрографа λ , абсцисса x и ордината y расчетного гидрографа принимают по табл. 5.2 в зависимости от коэффициента несимметричности k_s (табл. 6.4).

Ход выполнения работы

Задание. Построить гидрограф дождевого паводка требуемой обеспеченности.

Ниже приведен пример построения гидрографа дождевого паводка обеспеченностью 25 % р. Полота – д. Янково.

Построение гидрографов дождевых паводков при отсутствии данных гидрометрических наблюдений осуществляют в следующей последовательности:

1) По карте определяем местоположение изучаемой реки и площадь водосбора в замыкающем створе, а также гидрографические характеристики. Полота – правый приток Западной Двины. Характеристики водосбора следующие: $A = 618 \text{ км}^2$, $L = 77 \text{ км}$, $i_p = 0,39 \text{ ‰}$; $A_{03} = 4 \text{ ‰}$.

2) Рассчитываем модуль максимального среднесуточного расхода воды дождевого паводка 10 %-ной обеспеченности $q_{10\%}$ с использованием гидрографических характеристик водосбора с использованием формул (4.17)–(4.21) путем деления расходов воды на площадь водосбора. Поскольку Полота – приток Западной Двины, модуль максимального расхода воды дождевого паводка 10 %-ной обеспеченности определяем по уравнению (4.17):

$$q_{10\%} = (8,74 \cdot 0,39 + 0,13 \cdot 77 - 2,81 \cdot 4 - 0,002 \cdot 618 + 28,5) \cdot 10^{-3} = 0,029 \text{ м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2).$$

3) Осуществляем переход к модулю максимального расхода воды требуемой расчетной обеспеченности с помощью коэффициента $\lambda_{P\%} = 0,60$ (табл. 4.5). Рассчитываем модуль максимального расхода воды паводка 25 %-ной обеспеченности:

$$q_{25\%} = 0,029 \cdot 0,6 = 0,017 \text{ м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2).$$

4) Определяем слой стока за паводок 10 %-ной обеспеченности $h_{10\%}$ по карте (рис. 6.1): $h_{10\%} = 45 \text{ мм}$.

5. Осуществляем переход от слоя стока 10 %-ной обеспеченности к слою стока требуемой расчетной обеспеченности по соотношению (формула 6.1):

$$h_{25\%} = 45 \cdot 0,65 = 29,3 \text{ мм}.$$

6) Находим коэффициент несимметричности гидрографа дождевого паводка k_s (табл. 6.1): $k_s = 0,29$.

7) Определяем коэффициент μ_P , учитывающий неравенство параметров слоя стока и максимальных расходов воды дождевых паводков (табл. 6.3): $\mu_P = 0,86$;

8) Рассчитываем продолжительность подъема дождевого паводка t_n по формуле (6.2):

$$t_n = \frac{0,0116 \cdot 0,6 \cdot 29,3 \cdot 0,86}{0,017} = 10,3 \text{ сут.}$$

9) Находим максимальный расход воды дождевого паводка 25 %-ной обеспеченности как произведение модуля максимального расхода воды на площадь водосбора: $Q_{25\%} = 0,017 \cdot 618 = 10,5 \text{ м}^3/\text{с}$.

10) Дальнейший расчет ведем в табличной форме (табл. 6.4). В зависимости от коэффициента несимметричности гидрографа k_s по табл. 5.2 определяем относительные абсциссы x и ординаты у расчетного гидрографа.

11) По формулам (5.4) и (5.5) рассчитываем абсциссы и ординаты расчетного гидрографа.

12) По результатам расчета (по графам 3 и 4) строим расчетный гидрограф стока дождевого паводка (рис. 6.2).

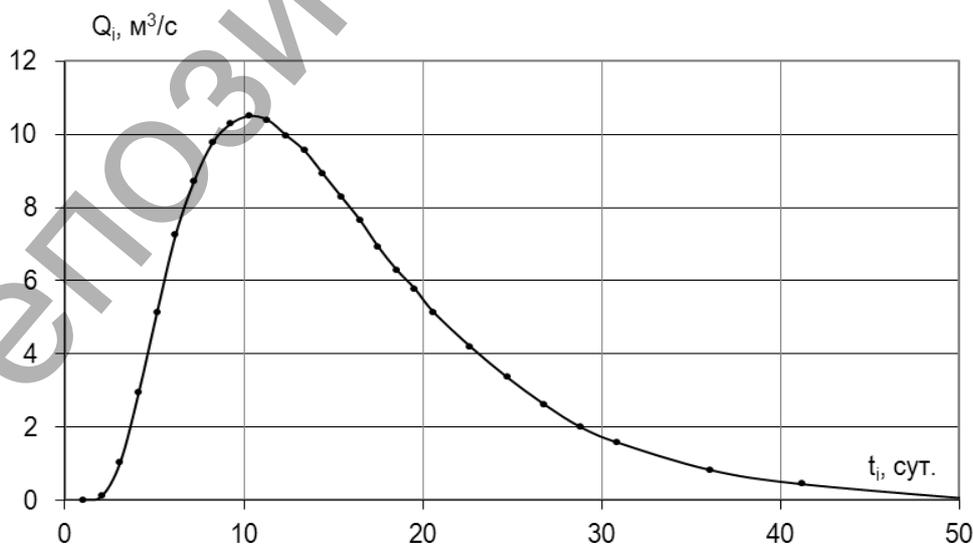


Рисунок 6.2 – Расчетный гидрограф дождевого паводка р. Полота – д. Янково

Таблица 6.4 – Координаты расчетного гидрографа стока воды дождевого паводка р. Полота – д. Янково

х	у	t _i , сут	Q _i , м ³ /с
0,1	0	1,03	0
0,2	0,011	2,06	0,12
0,3	0,099	3,09	1,04
0,4	0,28	4,12	2,94
0,5	0,49	5,15	5,15
0,6	0,69	6,18	7,25
0,7	0,83	7,21	8,72
0,8	0,93	8,24	9,77
0,9	0,98	9,27	10,3
1,0	1,00	10,3	10,5
1,1	0,99	11,3	10,4
1,2	0,95	12,4	9,98
1,3	0,91	13,4	9,56
1,4	0,85	14,4	8,93
1,5	0,79	15,5	8,30
1,6	0,73	16,5	7,67
1,7	0,66	17,5	6,93
1,8	0,60	18,5	6,30
1,9	0,55	19,6	5,78
2,0	0,49	20,6	5,15
2,2	0,40	22,7	4,20
2,4	0,32	24,7	3,36
2,6	0,25	26,8	2,63
2,8	0,19	28,8	2,00
3,0	0,15	30,9	1,58
3,5	0,079	36,1	0,83
4,0	0,042	41,2	0,44
5,0	0,011	51,5	0,12
6,0	0,003	61,8	0,03
8,0	0	82,4	0

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А.1 – Максимальные расходы воды весенних половодий за 1966–2010 гг.

Река	З.Двина	Улла	Кривинка	Полота	Нача	Дисна	Березовка	Дрыса	Нища
Створ	Витебск	Бочейково	Добригоры	Янково	Нача	Шарковщина	Саутки	Дерновичи	Соколище
1966	2090	126	10,7	26,1	11,4	172	35,2	209	70,1
1967	1670	106	9,50	22,4	7,69	276	45,4	146	45,6
1968	1830	182	22,3	26,8	14,9	373	76,4	212	71,2
1969	1100	91,6	8,58	14,4	2,91	133	15,7	141	49,2
1970	2210	182	27,4	37,0	14,9	351	71,0	231	62,0
1971	1400	142	17,2	20,2	11,2	229	43,5	154	62,4
1972	798	61,4	6,01	11,4	3,12	54,3	10,6	76,2	20,6
1973	1130	88,4	18,9	14,5	4,5	114	35,5	101	24,2
1974	702	77,4	5,46	8,52	4,45	88,9	24,9	69,1	24,4
1975	1310	66,6	10,4	18,3	6,26	158	31,0	134	48,1
1976	953	56,6	7,98	13,4	3,82	138	33,0	103	26,6
1977	1570	62,1	9,13	15,0	4,01	132	24,3	94,7	33,5
1978	1490	100	15,2	20,8	8,62	185	37,2	172	68,4
1979	1410	144	21,7	22,4	12,9	323	32,8	194	47,6
1980	1130	75,9	14,1	17,0	10,1	225	60,5	114	49,4
1981	1130	103	15,8	20,3	7,57	164	24,4	181	39,4
1982	1160	97,0	15,8	21,2	9,71	246	46,1	165	55,3
1983	1240	142	14,5	25,3	12,5	292	53,9	234	70,1
1984	1030	392	8,30	17,2	3,46	104	23,1	152	43,6
1985	1210	127	24,4	25,1	12,9	254	54,5	160	40,2
1986	2000	141	26,4	23,2	11,3	230	43,8	200	69,6
1987	1430	101	19,3	20,0	8,06	228	45,0	128	44,4
1988	1480	114	16,7	25,4	9,74	224	42,8	220	51,6
1989	1130	74,8	9,17	16,7	4,71	78,9	10,8	151	48,4
1990	1340	69,4	9,11	21,8	5,22	124	17,0	164	47,4
1991	892	69,1	9,59	19,7	4,99	141	19,0	150	48,2
1992	1430	48,7	6,68	17,6	4,87	109	12,2	139	42,4
1993	1190	69,7	9,21	15,1	4,06	107	19,3	106	37,5
1994	2270	117	14,9	45,0	12,7	229	38,8	269	79,0
1995	1190	53,8	7,48	20,8	3,94	115	16,6	127	42,4
1996	843	97,3	10,9	19,7	9,92	263	48,3	109	41,7
1997	592	46,5	5,93	12,2	4,64	116	27,6	80,7	27,4
1998	845	56,1	9,02	7,16	6,98	120	69,8	107	33,6
1999	1890	179	18,6	29,2	13,1	255	19,8	213	58,6
2000	1650	88,0	14,0	15,6	5,20	52,1	12,6	95,9	28,5
2001	1170	109	14,2	16,6	5,61	115	38,5	96,8	30,5
2002	900	98,9	7,64	21,2	7,99	206	34,2	133	41,5
2003	600	27,1	3,46	7,09	1,57	42,8	5,98	49,7	15,9
2004	2030	162	22,4	27,1	13,4	320	70,8	180	61,5
2005	1380	82,9	8,08	18,9	7,08	176	26,5	139	41,2
2006	1020	85,2	8,11	8,51	8,07	149	37,4	138	44,9
2007	1140	76,2	9,83	19,2	7,62	122	29,1	132	37,9
2008	818	68,3	9,14	21,4	6,13	105	21,2	151	39,6
2009	1360	91,6	10,2	20,3	6,24	49,3	13,9	131	42,0
2010	1500	153	17,8	34,7	15,5	291	58,6	221	68,2

Репозиторий БРГТУ

продолжение таблицы А.1

Река	Эса	Ушача	Мяделка	Дрыса	Неман	Неман	Щара	Котра	Вилия
Створ	Гадивля	Толкачи	Русаки	Демехи	Столб- цы	Белица	Слоним	Сахкомби- нат	Стеши- цы
1966	22,3	37,0	20,5	75,1	335	682	146	55,7	48,0
1967	44,8	26,1	35,0	41,2	91,0	518	92,7	46,4	35,7
1968	43,1	59,7	58,8	62,2	124	763	104	70,0	122
1969	11,0	18,1	13,4	42,6	93,1	479	67,6	17,0	15,2
1970	41,3	55,8	48,7	85,6	440	1050	196	81,6	127
1971	23,8	38,8	24,2	38,8	146	434	108	51,5	42,1
1972	9,76	15,0	6,83	29,3	65,3	204	42,6	20,1	21,4
1973	21,8	27,8	15,7	37,6	90,4	313	49,2	25,9	42,6
1974	15,1	23,6	10,7	21,5	52,6	242	47	34,3	33,3
1975	13,6	24,2	16,4	40,2	66,6	286	71,2	41,0	27,2
1976	15,7	26,2	15,0	34,3	185	504	77,2	50,7	53,9
1977	8,48	16,4	18,1	31,1	83,5	321	54,2	25,7	25,0
1978	18,7	29,9	36,7	51,8	93,1	423	114	41,8	47,8
1979	26,6	50,1	41,4	57,7	340	1320	243	118	91,0
1980	16,9	37,6	32,0	52,7	135	507	73,0	47,7	54,3
1981	17,3	30,0	21,2	49,1	89,7	310	77,2	33,7	45,1
1982	18,7	32,3	31,2	49,1	123	289	61,2	36,1	85,5
1983	36,5	60,6	37,1	58,6	102	345	67,6	36,7	69,1
1984	17,9	21,8	9,77	35,8	58,9	267	37,2	14,6	38,9
1985	34,3	54,6	39,6	41,7	138	487	95,3	36,1	69,1
1986	32,1	37,8	35,4	60,4	116	477	73,3	53,0	74,6
1987	14,4	25,0	30,8	48,2	145	495	82,5	66,4	58,2
1988	22,3			48,6	102	547	86,7	80,2	67,6
1989	14,1			40,2	26,8	161	35,7	20,5	15,5
1990	12,7			58,3	38,6	201	44,9	18,9	21,6
1991	17,1			47,8	50,2	257	63,2	27,8	20,3
1992	8,15			56,0	37,8	218	42,5	13,3	14,1
1993	11,8			39,2	55,4	297	54,7	35,0	21,5
1994	31,0			111	180	543	72,4	54,7	70,9
1995	9,96			38,9	41,8	247	43,0	32,9	25,7
1996	23,7			28,6	142	405	119	75,5	66,0
1997	9,73			29,3	30,5	190	33,1	13,6	19,1
1998	10,7			38,3	27,3	184	34,5	21,0	19,1
1999	38,7			77,1	123	498	87,3	71,3	87,7
2000	14,2			38,3	38,5	174	46,3	19,3	25,1
2001	16,9				40,7	175	36,9	18,2	25,1
2002	15,0				58,9	299	45,9	34,0	25,2
2003	5,90				96,0	243	44,5	31,8	18,7
2004	35,1				110	394	45,8	37,8	68,0
2005	22,5				61,8	252	44,8	31,6	23,0
2006	16,5				105	395	51,9	35,4	49,5
2007	12,4				52,2	268	43,6	41,6	28,0
2008					27,8	167	38,9	18,4	23,4
2009					44,6	171	45,5	21,7	21,5
2010					166	396	73,6	36,3	77,1

продолжение таблицы А.1

Река	Виляя	Нарочь	Нарочь	Ошмянка	Ольшанка	Ислочь	Гавья	Дитва	Свислочь
Створ	Михалишки	Черемшицы	Нарочь	Б.Яцыны	Богданово	Боровиковщи-на	Лубинята	Поречаны	Сухая Долина
1966	309	3,52	66,7	115	12,7	58,5	51,5	57,3	71,3
1967	313	5,06	89,6	68,1	10,5	39,6	32,3	45,8	107
1968	639	4,87	123	99,8	39,8	135	50,0	77,1	54,9
1969	153	3,04	27,0	54,0	7,33	14,3	17,2	32,8	50,7
1970	534	4,32	83,1	111	23,4	110	75,2	55,2	76,2
1971	328	55,4	55,4	57,1	11,1	30,3	28,8	30,2	54,9
1972	142	21,3	21,3	28,5	6,42	22,5	14,5	8,90	38,5
1973	226	33,0	33,0	38,2	11,3	71,2	18,1	15,5	32,5
1974	124	35,2	27,6	24,8	15,5	45,2	18,0	9,30	49,8
1975	215	35,9	35,9	31,3	2,84	19,3	29,2	14,4	48,1
1976	203	2,59	51,5	93,7	52,4	114	77,2	34,6	54,7
1977	108	3,69	39,3	25,1	3,62	129	18,4	16,9	45,1
1978	214	3,99	55,2	69,6	10,6	160	40,3	42,6	39,0
1979	506	6,05	140	156	52,4	149	101	73,5	160
1980	239	5,12	80,6	83,4	17,7	140	52,8	38,0	133
1981	203	4,69	64,4	64,9	24,0	60,2	58,3	40,7	52,1
1982	162	4,83	62,2	30,0	8,65	39,8	20,7	25,6	87,9
1983	236	5,26	71,9	45,6	8,24	44,9	24,4	19,2	29,0
1984	155	2,89	36,5	65,0	25,7	40,3	41,7	13,8	53,0
1985	206	5,07	70,8	59,0	37,0	76,4	39,4	29,3	79,6
1986	234	5,84	75,0	62,0	28,2	72,2	50,7	36,8	27,6
1987	266	4,25	52,6	77,0	13,8	38,9	39,7	37,7	84,4
1988	297	4,25	73,4	110	21,0	46,8	47,2	35,6	84,3
1989	139	3,62	21,6	15,4	2,60	11,1	10,7	7,86	8,42
1990	126	4,55	25,2	17,8	2,22	11,6	13,3	9,60	13,1
1991	145	4,22	33,6	27,7	8,33	23,2	22,6	17,5	26,9
1992	71,6	3,10	22,8	16,0	5,37	18,4	12,8	9,43	15,5
1993	86,2	2,69	21,7	23,6	9,20	25,7	25,3	17,3	29,8
1994	389	4,81	60,7	152	23,5	106	46,4	33,5	45,4
1995	114	4,10	26,9	25,0	8,62	19,2	18,2	13,4	25,4
1996	258	4,25	61,1	85,6	17,0	38,6	37,9	20,9	175
1997	126	3,22	20,7	19,1	5,70	17,8	13,4	7,48	16,8
1998	151	4,17	22,5	18,9	4,05	11,9	14,1	8,79	18,0
1999	258	4,55	69,3	92,7	18,8	60,1	45,5	35,6	66,5
2000	125	2,81	23,6	26,0	7,11	10,01	15,0	10,0	37,0
2001	99,0	2,92	26,2	18,1	3,07	17,8	13,5	8,66	19,4
2002	152	3,11	36,3	19,4	2,01	18,2	24,1		28,9
2003	73,0	2,50	21,9	47,7	9,80	18,0	26,9		81,3
2004	256	5,66	66,9	49,2	13,9	83,2	26,9		27,0
2005	130	4,67	37,3	25,7	4,32	17,4	17,3		35,2
2006	208	4,43	46,7	67,6	13,5	44,0	31,7		121
2007	142	3,67	37,8	34,3	3,87	18,6	21,6		48,9
2008	113	3,24	24,7	22,4	3,61	9,00	14,3		15,1
2009	89,6	2,74	22,2	21,5	4,38	24,2	10,8		29,6
2010	396	6,15	70,9	130	30,2	83,2	40,7		52,8

продолжение таблицы А.1

Река	Днепр	Днепр	Ухлясть	Друть	Березина	Бобр	Свислочь	Сушанка	Остер
Створ	Орша	Речица	Радьков	Городище	Борисов	Куты	Теребуты	Суша	Ходунь
1966	817	1300	27,2	268	156	18,0	124	10,8	174
1967	825	1270	18,3	84,4	109	13,7	125	8,59	339
1968	813	1980	15	443	225	40,6	212	9,81	164
1969	529	1050	14,5	118	75,8	13,6	88,0	5,02	112
1970	1010	3300	29,6	504	249	45,7	327	26,4	421
1971	574	1270	9,54	119	180	20,1	144	13,0	164
1972	568	801	9,46	73,1	79,5	10,1	45,0	3,50	105
1973	448	931	13,4	170	94,5	33,4	101	5,03	120
1974	304	487	2,84	58,2	67,5	21,0	35,0	3,94	58,4
1975	542	1020	7,56	43,9	81,6	11,8	35,0	5,68	66,1
1976	521	1270	14,8	223	110	17,3	221	2,62	154
1977	650	925	7,46	51,7	66,3	9,46	58,0	2,13	164
1978	531	919	10,1	92,8	93,2	20,0	139	7,26	156
1979	787	2080	14,3	260	180	29,8	216	7,26	279
1980	449	960	10,3	136	121	18,6	154	3,34	169
1981	616	1040	10,1	113	100	25,4	148	9,20	295
1982	627	1070	7,12	92,5	122	24,4	113	34,1	89,9
1983	524	1170	10,9	174	171	44,9	125	8,16	253
1984	364	704	9,09	184	73,4	24,6	116	2,70	81,9
1985	705	1360	14,7	372	140	77,2	167	7,21	239
1986	754	1680	12,9	421	146	72,4	154	8,19	255
1987	562	1210	11,5	151	103	13,7	159	6,89	96,0
1988	644	966	8,40	130	131	37,2	143	5,18	138
1989	477	790	4,65	58,3	64,9	19,9	40,0	6,19	80,7
1990	541	823	3,01	44,4	86,7	9,48	44,0	5,60	74,8
1991	399	717	4,88	46,9	76,4	19,1	82,0	5,16	85,0
1992	476	713	3,94	52,3	62,3	8,09	44,0	5,40	92,0
1993	433	786	6,45	101	80,6	17,4	49,0	5,82	93,5
1994	840	1520	11,2	254	174	20,5	208	11,0	249
1995	431	731	6,51	59,2	74,4	8,45	98,0	2,90	103
1996	431	790	8,79	147	116	21,5	122	3,90	81,9
1997	258	506	2,95	31,3	56,4	10,6	43,0	2,06	46,0
1998	440	752	2,99	38,7	70,5	7,21	46,0	3,47	114
1999	846	1640	8,5	352	193	24,9	208	20,5	191
2000	676	932	6,13	48,8	85,2	15,0	41,4	4,99	175
2001	500	891	8,26	142	69,4	18,6	43,5	7,75	86,4
2002	357	755	6,37	72,4	84,1	12,2	65,8	8,02	69,2
2003	369	574	3,68	60,9	46,8	6,21	48,6	3,53	68,9
2004	841	1830	16,9	345	165	17,5	154	23,2	297
2005	491	944	8,31	154	82,0	22,3	80,7	11,2	131
2006	394	1390	15,4	363	91,2	15,5	103	5,78	105
2007	530	802	6,04	42,2	82,5	9,99	50,7	5,05	77,9
2008	341	676	4,18	48,7	72,6	12,6	44,2	5,20	78,8
2009	413	714	5,19	82,0	75,9	14,1	63,2	5,50	98,6
2010	654	1900	9,70	295	163	34,3	152	16,2	103

продолжение таблицы А.1

Река	Проня	Поросица	Беседь	Жадунька	Уза	Сож	Припять	Ясельда	Ясельда
Створ	Летяги	Горки	Светиловичи	Костюковичи	Прибор	Славгород	Мозырь	Береза	Сенин
1966	420	18,6	472	55,4	72,2	831	3090	42,6	143
1967	507	36,0	640	71,0	37,2	2160	1790	45,7	168
1968	838	31,9	423	57,8	75,2	1500	1330	62,2	144
1969	264	26,5	509	44,3	81,8	693	1830	27,6	82,1
1970	955	43,8	1110	97,9	127	2760	4140	78,5	198
1971	361	12,8	584	38,2	47,6	877	2340	44,2	230
1972	318	20,9	232	40,9	26,8	820	598	9,90	31,7
1973	380	23,3	135	28,5	9,46	590	853	10,6	34,5
1974	73,4	6,97	35,3	5,50	2,72	242	703	22,5	38,7
1975	81,4	5,02	124	22,4	8,53	270	1780	19,0	82,5
1976	536	29,2	168	41,8	31,8	785	2240	41,5	69,3
1977	139	19,4	107	15,4	13,3	510	1190	15,0	52,7
1978	222	10,7	228	40,1	19,2	490	1820	32,8	120
1979	660	29,2	511	47,7	50,9	1620	4310	50,4	168
1980	274	17,7	233	28,6	33,5	925	964	20,6	35,1
1981	298	18,0	356	31,6	42,5	808	1900	17,8	126
1982	115	22,7	125	18,9	11,4	441	1340	16,0	49,1
1983	215	9,98	416	45,6	22,2	670	1210	15,1	55,7
1984	349	18,4	74,2	14,8	10,2	411	383	4,50	34,6
1985	772	31,1	380	43	35,5	1210	907	11,3	54,1
1986	874	19,9	549	44,3	24,2	1620	998	16,2	68,0
1987	220	8,09	374	42,7	38,8	704	847	10,5	52,7
1988	269	10,6	350	35,8	18,5	808	783	19,5	65,0
1989	166		130	13,6	9,56	530	950	8,42	54,2
1990	76,8		89,9	11,0	4,01	382	507	7,38	32,6
1991	93,5		152	17,5	12,0	590	836	8,80	49,7
1992	116		71,5	7,8	9,99	480	515	3,09	25,4
1993	255		128	30,3	12,5	600	1170	16,3	39,4
1994	490		353	51,8	25,9	1440	1790	7,96	46,6
1995	125		125	16,2	5,67	550	746	7,96	34,0
1996	335		112	22,1	24,9	620	1490	13,8	92,7
1997	54,2		41,8	3,77	5,31	211	458	4,88	26,3
1998	132		298	13,4	19,1	620	1030	8,88	52,8
1999	603		401	23,2	16,0	962	3270	12,4	78,7
2000	196		199	23,4	12,1	751	1220	9,90	43,8
2001	260		264	30,2	25,2	630	935	8,57	34,5
2002	141		111	19,7	10,1	528	919	7,53	43,4
2003	130		53,3	15,2	15,7	315	749	9,48	51,7
2004	632		590	39,3	35,7	1100	1140	7,07	35,0
2005	237		187	17,3	15,3	526	1790	7,17	26,5
2006	637		288	49,6	51,0	854	1450	9,56	53,5
2007	104		150	22,2	10,8	741	1040	8,85	53,2
2008	114		145	10,2	9,73	398	1010	8,36	36,2
2009	98,8		107	18,3	10,1	256	908	8,70	44,2
2010	456		280	19,8	42,0	1090	1700	12,2	58,9

окончание таблицы А.1

Река	кан.Винец	Цна	Случь	Уборть	Шать	Оресса	Копаявка	Лесная	Пульва
Створ	Рыгали	Дятловичи	Ленин	Краснобережье	Шацк	Андреевка	Черск	Каменец	Высокое
1966	9,46	36,1	145	655	2,20	132	13,9	72,1	17,1
1967	17,5	15,4	117	114	10,5	71,5	19,4	123	28,5
1968	12,0	37,4	254	129	27,1	85,9	9,52	113	20,3
1969	10,8	51,2	184	315	18,6	77,2	6,99	58,3	15,2
1970	24,3	87,6	423	498	38,1	119	16,4	118	25
1971	11,8	39,0	169	391	25,1	82,8	13,2	34,2	17,5
1972	1,99	10,6	47,0	63,9	3,43	21,3	1,65	47,9	1,83
1973	2,37	25,2	80,8	51,3	9,66	35,7	3,31	22,0	7,68
1974	3,26	15,2	26,4	34,3	4,09	26,1	2,52	30,6	13,8
1975	1,11	31,1	124	28,3	3,94	28,1	5,91	12,0	4,62
1976	7,32	28,2	180	463	10,5	88,4	6,26	35,3	37,3
1977	9,88	15,5	61,5	253	3,55	33,8	5,76	28,8	47,6
1978	7,86	51,0	113	346	9,25	57,8	8,36	57,0	50,8
1979	21,2	68,7	283	548	15,0	92,1	19,1	138	57,1
1980	8,23	23,3	96,0	114	9,90	75,6	4,66	61,8	68,3
1981	6,66	39,3	103	93,0	3,59	75,5	6,90	29,6	7,89
1982	4,58	31,5	62,0	87,9	6,14	44,2	5,65	28,9	12,7
1983	2,97	17,1	76,3	2,19	5,90	61,2	7,82	25,1	4,46
1984	1,24	5,10	16,2	81,9	3,49	16,4	2,49	9,16	5,56
1985	14,5	18,1	53,6	171	13,3	41,1	5,52	35,1	19,6
1986	5,54	18,6	47,8	154	5,28	36,2	8,70	37,7	7,99
1987	10,4	21,2	98,5	99,3	5,95	63,5	6,92	47,7	21,7
1988	8,77	15,9	56,2	118	10,3	29,9	7,74	53,8	15,1
1989	1,22	10,5	34,4	39,5	1,76	21,7	2,24	12,8	1,60
1990	1,16	15,8	32,3	54,6	2,72	25,6	1,87	15,1	3,67
1991	2,30	15,2	43,2	89,0	4,36	39,7	1,82	25,4	4,41
1992	0,80	11,6	26,9	35,1	2,28	22,8	1,10	11,6	2,73
1993	3,82	21,3	53,6	94,2	5,04	45,4	5,28	28,3	7,58
1994	2,79	32,5	150	216	9,30	66,8	7,05	30,2	11,8
1995	2,98	15,1	44,2	40,5	3,41	43,0	4,40	19,7	3,52
1996	13,2	22,0	139	194	13,3	65,8	6,51	66,2	42,8
1997	0,81	5,50	26,0	63,5	2,10	18,9	2,40	9,54	3,12
1998	1,35	16,3	53,0	107	2,35	42,0	5,38	15,9	4,07
1999	6,66	36,0	207	307	10,5	85,9	10,6	43,8	25,2
2000	3,76	9,79	32,4	147	3,92	35,7	10,3	24,9	6,7
2001	1,50	11,9	35,3	85,9	3,82	48,6	2,72	12,8	1,82
2002	2,78	11,9	43,5	53,5	5,27	61,4	6,46	31,8	12,0
2003	5,55	12,8	46,6	44,8	4,78	57,1	3,81	25,6	21,4
2004	2,89	21,0	133	138	8,45	61,7	4,27	22,1	6,84
2005	4,49	21,3	95,0	240	6,31	78,1	8,32	26,1	12,2
2006	6,71	15,8	94,5	203	9,11	61,9	8,66	27,9	18,0
2007	3,20	14,9	35,4	97,3	3,56	62,0	7,21	26,0	6,36
2008	2,49	13,0	20,0	143	2,38	34,9	4,34	14,7	2,48
2009	2,38	15,7	43,5	45,7	3,01	29,5	8,42	18,6	4,23
2010	4,89	29,4	155	100	12,2	66,3	14,1	30,0	12,7

Таблица А.2 – Максимальные расходы воды дождевых паводков за 1966–2010 гг.

Река	З.Двина	Улла	Кривинка	Полота	Нача	Дисна	Березовка	Дрыса	Нища
Створ	Витебск	Бочейково	Добригоры	Янково	Нача	Шарковщина	Саутки	Дерновичи	Соколище
1966	56,7	31,2	2,88	6,80	0,22	43,7	7,10	21,1	12,5
1967	200	49,9	6,25	8,30	2,12	32,7	4,33	36,4	12,7
1968	114	51,7	3,44	11,7	3,24	33,8	5,91	35,6	49,4
1969	557	20,4	2,95	6,65	1,51	47,0	6,83	44,8	18,3
1970	112	25,5	2,03	7,49	2,03	37,3	11,7	47,6	17,0
1971	287	64,6	13,5	4,24	0,51	9,20	5,64	19,6	4,94
1972	683	25,3	7,00	11,6	0,42	49,2	6,77	46,8	12,7
1973	415	44,1	6,50	13,0	2,63	39,6	7,27	80,8	20,6
1974	539	24,2	4,74	6,91	0,49	93,7	3,54	37,2	8,55
1975	285	21,0	2,86	5,36	0,66	19,0	1,47	32,8	11,4
1976	381	25,3	1,47	5,02	0,61	15,0	2,00	19,8	16,3
1977	336	37,4	8,80	9,95	2,41	59,9	26,2	50,9	14,4
1978	461	100	15,2	19,5	8,73	231	37,2	137	19,8
1979	133	26,2	2,51	7,37	1,15	26,7	22,9	29,3	5,55
1980	594	18,6	1,52	11,5	3,22	87,3	11,2	87,0	25,6
1981	415	51,3	2,80	10,1	1,53	34,0	3,74	56,1	15,3
1982	349	30,9	7,03	13,4	3,30	19,7	3,06	44,9	13,1
1983	125	11,4	0,80	2,60	0,22	7,30	1,03	14,0	5,20
1984	482	14,8	0,74	5,45	0,42	16,3	1,69	40,3	14,9
1985	349	23,2	6,62	10,9	1,79	36,5	8,53	73,4	23,2
1986	546	9,49	0,44	2,90	0,62	25,4	0,80	27,7	10,2
1987	1080	11,7	1,54	19,0	2,62	59,6	7,71	107	37,1
1988	390	31,1	2,40	11,5	0,77	37,3	5,71	51,0	22,7
1989	544	37,3	3,15	6,57	2,58	33,3	11,7	69,4	18,2
1990	570	3,56	3,56	8,87	2,22	84,0	7,89	71,6	24,5
1991	683	44,2	4,30	19,9	5,05	52,1	4,22	115	28,4
1992	155	11,0	1,72	2,91	0,98	8,48	1,32	18,3	6,82
1993	618	34,4	4,80	10,8	1,66	72,1	12,4	48,0	21,5
1994	698	90,5	8,12	15,4	3,19	46,5	10,9	124	45,3
1995	194	27,5	1,76	3,01	0,73	18,6	1,86	21,0	8,17
1996	108	14,1	0,80	4,06	0,43	12,9	1,52	20,3	8,32
1997	661	49,8	3,65	8,63	3,72	42,4	3,95	61,3	24,6
1998	767	71,9	6,39	12,8	3,98	48,7	18,0	104	44,9
1999	113	10,4	2,48	2,51	0,31	6,60	2,21	15,3	17,3
2000	628	24,9	1,32	7,57	1,70	18,8	2,63	62,8	24,8
2001	428	18,7	1,50	4,40	1,23	13,4	4,94	35,9	13,5
2002	81,1	13,6	3,45	2,39	0,20	5,03	0,84	13,9	5,61
2003	614	29,7	3,13	7,93	1,44	44,8	13,2	77,4	22,1
2004	274	22,6	0,55	6,76	0,76	20,0	2,66	53,5	16,1
2005	1040	126	11,6	29,6	12,0	259	53,3	223	72,4
2006	1020	50,6	5,27	16,8	2,54	55,5	17,8	106	19,6
2007	493	26,5	2,65	10,9	3,42	44,6	11,4	58,9	20,1
2008	712	54,5	9,01	10,4	2,19	27,3	7,62	57,5	18,1
2009	726	46,0	4,81	17,3	4,91	68,2	38,0	138	48,5
2010	399	49,2	5,48	7,48	1,64	70,3	6,82	41,8	8,32

продолжение таблицы А.2

Река	Эса	Ушача	Мяделка	Дрыса	Неман	Неман	Щара	Котра	Вилия
Створ	Гадивля	Толкачи	Русаки	Демехи	Столб- цы	Белица	Слоним	Сахкомби- нат	Стеши- цы
1966	5,64	3,46	7,07	10,3	23,0	137	25,4	26,3	15,1
1967	32,5	11,3	2,92	15,2	27,3	166	22,0	25,4	12,7
1968	11,0	11,3	3,21	16,6	22,2	145	27,4	13,7	17,1
1969	5,07	7,29	3,70	16,8	15,0	111	18,2	11,5	12,3
1970	5,82	7,70	5,48	11,7	58,7	219	72,5	33,7	15,7
1971	22,1	5,32	1,76	9,46	13,5	113	37,6	17,9	9,16
1972	5,52	7,02	8,13	18,4	26,4	153	32,4	23,8	13,1
1973	10,3	11,8	7,55	24,6	30,6	162	29,7	27,4	17,3
1974	9,11	4,98	9,31	15,7	47,6	238	77,0	41,8	15,8
1975	4,41	5,56	2,12	14,9	66,6	259	71,2	38,9	26,9
1976	5,83	4,42	2,90	17,5	17,4	109	40,5	13,2	9,70
1977	11,5	14,0	4,87	15,9	31,4	253	42,1	25,7	27,6
1978	21,4	39,9	29,7	20,3	30,8	231	32,8	32,2	40,7
1979	6,32	6,96	4,58	8,72	30,4	124	19,5	29,3	36,3
1980	3,94	11,2	9,56	25,0	31,7	215	65,4	32,2	20,9
1981	7,77	11,5	4,89	28,1	50,4	146	35,4	13,8	16,0
1982	9,17	14,6	2,90	14,4	70,4	169	28,1	12,9	22,0
1983	2,62	3,14	1,25	5,47	25,2	94	29,2	5,36	7,23
1984	2,60	4,49	1,59	15,9	17,1	120	27,0	19,7	8,13
1985	6,03	8,96	7,90	23,7	22,5	350	44,9	21,8	13,7
1986	2,70	3,00	2,30	13,1	19,6	108	22,9	7,69	6,84
1987	1,85	6,16	7,79	44,5	10,9	150	32,4	12,6	12,1
1988	5,52			16,1	16,7	151	35,2	21,9	26,2
1989	9,91			13,5	19,0	128	22,0	9,05	42,3
1990	7,60			24,1	30,8	208	51,9	21,4	15,1
1991	8,32			28,4	46,6	165	26,3	7,45	51,9
1992	3,33			13,0	12,7	102	25,0	11,3	5,82
1993	6,32			22,9	35,4	171	25,0	16,3	13,3
1994	18,5			33,1	31,8	150	16,2	23,8	23,5
1995	4,90			11,2	9,82	84,6	16,6	13,8	8,25
1996	6,54			9,36	12,2	199	20,2	19,0	21,4
1997	12,2			19,4	15,4	97,4	16,8	11,7	22,1
1998	18,4			27,8	35,0	179	27,8	19,6	59,8
1999	2,60			7,07	10,7	57,2	23,7	17,3	10,1
2000	5,52			5,60	11,4	104	23,0	8,67	11,1
2001	4,39				14,0	92,3	21,1	9,16	8,37
2002	4,16				16,3	101	25,0	9,40	8,73
2003	3,91				21,8	121	15,9	14,0	15,4
2004	5,47				20,9	113	19,2	11,9	10,4
2005	19,2				51,0	231	55,1	27,7	35,2
2006	8,53				38,7	158	22,3	11,6	38,1
2007	5,64				15,7	121	41,7	23,6	8,05
2008	32,5				20,7	142	24,8	19,0	12,9
2009	11,0				34,8	111	31,8	42,5	20,0
2010	5,07				25,8	127	27,0	19,7	18,9

продолжение таблицы А.2

Река	Виляя	Нарочь	Нарочь	Ошмянка	Ольшанка	Ислочь	Гавья	Дитва	Свислочь
Створ	Михалишки	Черемшицы	Нарочь	Б.Яцыны	Богданово	Боровиковщина	Лубинята	Поречаны	Сухая Долина
1966	103	2,09	28,1	27,7	3,66	11,8	10,4	9,94	16,6
1967	107	1,81	20,2	23,2	2,44	8,40	14,6	28,6	30,6
1968	103	1,53	13,5	18,5	2,75	4,11	12,1	15,5	15,8
1969	78,6	1,60	14,5	22,0	1,94	4,68	13,2	6,63	18,1
1970	102	1,93	19,9	35,7	4,12	25,7	13,6	10,0	24,9
1971	62,4	1,82	17,8	14,9	4,90	5,15	18,6	5,80	12,2
1972	109	1,95	16,2	16,5	2,54	6,30	8,13	9,65	31,9
1973	119	2,28	18,9	26,0	5,37	15,3	19,7	20,6	31,6
1974	107	2,10	24,1	35,6	3,36	13,2	17,2	11,9	45,1
1975	209	2,36	34,5	27,3	5,33	18,6	28,4	14,4	47,6
1976	52,5	0,87	7,96	12,8	1,91	6,26	10,4	4,41	15,3
1977	190	3,04	31,0	53,1	16,8	63,9	27,3	15,5	23,7
1978	205	2,92	55,5	42,9	6,73	27,3	23,8	15,5	23,8
1979	78,1	2,69	27,3	25,4	4,66	11,6	19,1	11,3	25,9
1980	114	2,36	23,8	21,2	20,8	12,5	29,0	20,7	42,6
1981	97,6	2,20	20,7	15,8	5,79	18,8	9,05	5,77	19,6
1982	103	3,03	23,7	15,0	4,02	27,5	12,0	4,52	9,84
1983	33,8	0,94	6,41	8,95	1,93	12,9	7,88	3,40	19,0
1984	44,2	1,49	11,6	13,5	2,11	4,20	10,2	9,25	18,3
1985	135	2,01	27,3	44,1	24,4	9,74	21,7	13,9	14,0
1986	52,5	1,35	10,4	10,0	2,92	5,46	8,42	4,21	8,26
1987	91,5	1,02	25,7	22,4	3,99	8,08	8,46	8,75	8,61
1988	59,2	1,31	10,7	10,6	2,07	5,75	8,78	2,44	10,8
1989	110	2,54	25,1	18,6	3,03	8,06	11,3	3,17	7,00
1990	116	1,74	14,8	22,2	3,92	23,9	19,1	15,4	12,7
1991	148	2,78	40,2	14,1	3,10	21,4	9,04	2,97	6,42
1992	41,1	0,92	9,00	11,4	3,02	3,99	9,28	6,56	11,3
1993	97,0	1,71	19,8	21,4	4,67	27,5	13,0	11,9	11,7
1994	100	4,11	20,3	12,4	3,47	12,4	11,1	7,77	28,0
1995	46,9	1,00	11,0	10,9	1,54	4,34	6,79	3,86	17,0
1996	113	1,04	16,8	18,1	5,40	5,92	12,6	6,54	29,2
1997	105	1,48	21,0	9,83	1,76	5,66	7,79	4,25	8,85
1998	155	2,46	20,6	24,6	7,36	16,6	19,9	7,78	15,0
1999	34,8	0,87	6,07	8,54	1,30	4,09	7,83	2,50	30,5
2000	64,5	1,22	7,39	23,6	3,54	3,12	14,7	3,83	6,39
2001	40,9	0,76	8,94	9,93	1,94	3,30	10,7	1,64	10,1
2002	44,0	0,74	7,91	10,6	1,47	3,59	9,13		10,1
2003	76,0	1,94	19,7	15,3	2,32	5,03	10,3		25,3
2004	81,2	2,31	14,0	21,9	3,23	4,18	16,3		13,5
2005	276	4,08	43,2	104	57,0	21,9	34,7		21,7
2006	182	2,22	29,3	26,0	4,12	13,2	12,2		17,1
2007	48,6	1,88	8,25	12,5	2,55	4,18	13,8		13,8
2008	100	2,81	16,9	22,4	3,17	4,82	12,5		10,9
2009	122	2,76	21,3	23,9	2,99	7,29	8,75		23,1
2010	125	4,26	29,0	20,1	2,42	8,48	9,44		18,8

продолжение таблицы А.2

Река	Днепр	Днепр	Ухлясть	Друть	Березина	Бобр	Свислочь	Сушанка	Остер
Створ	Орша	Речица	Радьков	Городище	Борисов	Куты	Теребуты	Суша	Ходунь
1966	40,7	177	1,26	13,5	25,9	3,46	21,2	0,89	8,38
1967	75,5	224	5,84	14,8	44,1	2,90	34,5	1,67	13,3
1968	57,9	196	2,00	19,2	30,0	6,01	41,6	1,97	14,1
1969	324	529	4,40	17,6	51,4	3,64	31,8	1,50	50,0
1970	105	389	1,96	26,7	49,9	7,48	50,1	1,96	15,2
1971	201	349	3,31	35,0	32,6	38,6	30,3	2,32	29,3
1972	114	287	1,76	14,8	28,7	5,20	29,2	2,96	12,4
1973	149	366	11,2	70,6	52,8	25,8	53,0	5,70	21,2
1974	307	500	16,4	38,3	44,7	9,78	38,9	2,03	106
1975	88,9	335	5,91	31,7	34,0	9,24	81,0	5,44	8,32
1976	142	219	4,71	25,2	21,7	4,00	25,0	3,02	29,9
1977	119	340	2,30	35,4	47,3	22,3	57,6	3,54	24,0
1978	134	290	2,46	30,8	36,2	18,2	37,9	9,20	28,2
1979	91,2	206	2,17	11,0	27,8	3,64	30,4	1,03	2,51
1980	286	508	3,49	19,4	34,8	3,86	34,2	3,01	43,5
1981	175	449	1,86	33,5	50,5	14,1	54,5	1,32	26,5
1982	157	433	6,80	30,5	46,1	21,3	89,4	5,64	12,4
1983	114	213	6,91	20,6	27,4	3,15	37,8	0,91	11,8
1984	147	281	2,18	14,1	31,1	3,56	33,1	1,51	30,2
1985	367	386	3,94	21,0	46,8	4,87	41,2	1,51	55,8
1986	206	278	3,1	10,7	25,6	1,62	37,6	1,50	19,4
1987	355	420	4,28	12,0	13,2	1,69	39,7	1,29	49,3
1988	190	411	1,53	36,8	42,9	15,5	41,3	5,00	14,4
1989	314	375	1,58	17,4	50,2	4,28	41,8	1,98	29,1
1990	263	470	6,92	77,1	55,9	7,60	55,5	5,05	48,1
1991	499	601	2,36	23,0	46,8	4,48	50,0	2,23	45,8
1992	131	304	1,79	23,1	25,0	2,67	31,9	0,84	15,5
1993	244	358	1,92	22,1	34,8	6,51	39,3	1,02	39,2
1994	134	434	3,67	23,4	55,3	11,5	42,8	5,00	114
1995	105	264	2,15	22,1	35,6	4,94	29,6	1,40	23,9
1996	67,7	192	0,73	11,4	26,4	7,89	29,7	1,89	18,8
1997	222	446	1,60	43,6	51,1	4,45	53,9	2,75	34,4
1998	372	796	3,65	50,7	84,0	7,17	96,8	4,36	100
1999	98,0	255	1,25	15,3	24,6	1,89	32,0	0,40	14,7
2000	238	382	1,86	21,3	29,1	4,51	27,7	1,28	28,3
2001	171	382	1,71	18,9	36,6	3,29	29,6	1,58	20,9
2002	91,3	288	1,87	7,56	27,1	5,48	33,4	1,29	15,9
2003	240	404	2,22	20,1	24,9	2,05	30,8	1,56	32,9
2004	115	278	1,58	13,2	30,6	3,38	35,7	0,48	12,1
2005	312	963	6,22	58,1	92,7	17,4	117	8,23	53,4
2006	512	651	3,85	20,8	69,2	3,31	43,9	1,02	31,8
2007	174	202	2,85	15,80	18,6	3,30	28,3	1,27	19,2
2008	382	627	6,81	53,8	56,0	12,4	49,8	3,79	25,1
2009	376	581	6,31	52,7	72,1	3,75	55,9	11,6	59,5
2010	205	347	2,68	20,3	46,6	5,76	56,8	2,14	25,5

продолжение таблицы А.2

Река	Проня	Пороси-ца	Беседь	Жадунька	Уза	Сож	Припять	Ясель-да	Ясель-да
Створ	Летя-ги	Горки	Светилови-чи	Костюковичи	Прибор	Славго-род	Мозырь	Береза	Сенин
1966	16,5	1,40	11,1	1,39	2,17	52,2	256	3,25	16,9
1967	42,7	0,91	27,7	1,42	8,24	94,6	174	6,44	14,2
1968	33,1	0,99	15,3	1,20	2,54	49,3	317	3,44	22,3
1969	91,0	0,99	175	10,3	15,7	188	484	2,78	12,3
1970	25,8	1,33	36,2	6,59	7,22	96,6	775	24,8	72,6
1971	28,1	0,69	50,5	4,15	6,25	109	494	8,85	52,5
1972	21,2	3,19	17,9	13,3	5,17	80,7	408	9,90	23,5
1973	23,6	2,28	19,6	2,67	2,96	82,3	355	6,95	28,1
1974	56,2	0,78	87,5	26,4	20,9	274	1580	28,8	120
1975	47,8	3,46	13,8	5,29	7,31	82,3	1770	19,0	82,5
1976	32,7	2,27	22,0	2,66	4,31	82,3	311	5,54	28,1
1977	18,9	4,04	26,5	3,64	4,26	80,0	628	6,56	34,6
1978	47,3	5,03	34,7	6,83	10,2	141	444	6,08	20,4
1979	2,55	0,46	5,42	1,88	1,89	31,9	224	16,1	8,00
1980	29,8	5,52	29,4	2,43	7,25	121	723	23,3	93,9
1981	22,7	2,61	29,5	2,91	2,16	89,3	510	10,0	20,4
1982	29,1	3,38	26,3	3,24	3,54	76,4	610	4,43	33,6
1983	26,1	2,26	10,4	1,53	1,34	77,2	207	2,72	14,0
1984	36,4	1,70	22,9	4,03	1,95	131	343	6,07	21,0
1985	233	15,7	65,5	13,9	2,92	396	293	9,31	42,2
1986	18,5	0,29	58,5	12,6	1,98	92,3	229	11,2	21,4
1987	38,5	2,93	59,1	8,41	2,56	216	356	11,4	22,9
1988	26,7	0,60	26,9	1,32	3,06	110	877	19,7	40,8
1989	32,9	0,34	24,3	3,11	1,70	179	366	10,8	19,5
1990	84,6	4,18	74,5	8,47	6,35	209	475	14,1	39,6
1991	44,4	5,95	94,2	10,1	9,70	208	582	10,0	31,6
1992	27,8		20,4	2,74	3,91	107	258	10,6	21,2
1993	32,2		66,8	7,28	2,79	134	1260	10,9	20,3
1994	23,0		21,3	2,77	3,27	127	637	8,11	10,7
1995	45,4		55,7	10,3	1,87	199	277	9,72	14,5
1996	10,3		16,2	2,90	4,68	108	296	10,9	10,4
1997	20,9		17,9	2,09	1,16	144	407	11,9	27,5
1998	94,6		100	10,8	3,17	406	998	13,4	37,9
1999	36,0		14,3	6,18	2,69	113	279	9,70	23,1
2000	29,7		71,4	3,20	4,52	166	340	9,78	15,8
2001	18,4		15,2	2,54	7,08	92,8	340	8,44	15,9
2002	25,8		18,9	1,74	2,73	83,9	281	10,1	20,3
2003	48,6		39,9	7,39	2,64	167	308	5,95	14,9
2004	62,6		52,8	1,66	1,42	56,3	246	9,12	11,7
2005	117		85,9	6,23	8,82	264	300	10,5	35,6
2006	41,1		37,8	5,89	5,63	239	451	6,51	36,0
2007	19,0		24,40	4,47	3,11	113	545	4,52	46,6
2008	43,9		25,7	4,00	5,47	217	424	11,5	24,1
2009	214		61,1	5,91	11,2	257	471	7,32	23,2
2010	31,2		21,7	2,70	4,52	109	403	7,58	37,9

окончание таблицы А.2

Река	кан.Винец	Цна	Случь	Уборть	Шать	Оресса	Копаяю- ка	Лесная	Пульва
Створ	Рыгали	Дятловичи	Ле- нин	Краснобережье	Шацк	Андреевка	Черск	Каме- нец	Высо- кое
1966	0,99	1,66	13,5	51,3	1,83	16,8	5,33	17,0	4,92
1967	0,93	1,66	17,1	110	1,76	36,5	8,4	30,1	8,20
1968	1,27	5,32	13,8	39,3	3,02	21,2	3,12	13,9	2,58
1969	0,49	2,86	14,3	41,8	1,44	19,5	2,84	13,4	3,85
1970	6,60	14,0	70,5	158	3,90	63	9,01	30,5	7,37
1971	1,73	9,58	30,0	93,6	1,22	26,6	3,43	15,2	3,46
1972	1,31	8,12	22,8	71,1	1,90	33,9	2,70	18,0	10,8
1973	1,24	7,13	21,0	49,8	3,52	23,8	1,81	14,4	1,99
1974	6,49	27,9	61,5	142	2,24	48,2	19,1	63,4	19,1
1975	3,94	31,1	124	212	4,36	78,8	6,50	18,7	11,0
1976	1,36	3,49	14,0	31,9	1,90	35,5	2,43	11,1	4,66
1977	2,31	15,5	51,2	88,0	5,42	44,5	3,43	20,1	7,33
1978	1,82	5,88	25,5	49,1	1,85	46,3	3,39	23,6	5,67
1979	4,98	2,06	20,4	44,7	1,17	27,5	8,86	27,6	7,54
1980	3,31	15,8	44,4	96,2	3,09	54,9	14,1	31,3	16,6
1981	1,28	3,81	27,7	80,0	3,59	31,8	2,75	9,67	2,17
1982	1,42	15,9	29,7	129	6,14	51,6	1,37	13,5	2,68
1983	0,85	2,13	11,3	47,2	2,61	14,8	0,96	6,73	1,51
1984	3,15	1,47	10,8	27,3	1,38	15,2	3,41	11,6	4,05
1985	1,38	7,90	16,6	88,0	1,96	19,5	6,06	9,67	3,28
1986	0,64	2,52	13,8	33,2	1,28	20,0	1,20	7,35	2,48
1987	0,96	7,46	15,1	29,2	1,43	15,3	1,11	5,20	1,08
1988	4,13	15,9	24,1	82,1	1,04	46,9	6,59	18,0	2,21
1989	0,71	5,21	12,4	39,5	1,17	19,0	2,18	10,6	2,47
1990	1,46	9,36	26,7	83,5	3,45	39,6	1,10	6,79	2,74
1991	0,79	11,5	21,8	66,1	2,81	37,0	1,82	6,69	1,18
1992	1,46	1,13	5,34	53,5	0,55	13,9	3,20	8,18	2,05
1993	0,60	21,3	44,5	64,6	1,10	50,4	0,84	5,18	0,79
1994	0,61	2,39	41,9	37,2	2,93	36,3	1,22	6,22	3,38
1995	1,58	1,96	16,9	27,7	1,37	13,9	1,90	15,4	2,26
1996	0,60	1,90	12,1	56,9	0,95	12,6	2,59	5,51	2,29
1997	0,81	5,37	25,1	62,4	2,14	31,4	4,06	17,7	11,1
1998	1,89	14,5	51,0	122	3,44	67,3	2,59	10,4	1,82
1999	1,09	3,09	6,74	25,7	0,79	33,9	1,01	5,38	1,35
2000	0,78	3,86	14,0	30,5	0,79	20,2	2,80	5,15	1,19
2001	1,13	1,72	12,1	83,8	0,96	16,6	2,49	5,74	1,76
2002	0,75	3,43	20,5	45,2	1,36	19,4	1,42	7,86	1,29
2003	1,14	6,09	30,0	35,6	1,70	13,7	3,90	5,46	1,22
2004	0,67	2,76	12,7	68,4	1,71	16,2	4,20	9,36	4,11
2005	2,57	26,4	102	116	6,41	45,5	6,80	12,8	4,11
2006	1,18	3,49	17,0	45,9	2,09	27,1	6,29	9,77	2,91
2007	1,35	17,8	8,10	27,0	0,62	11,6	2,02	5,50	1,78
2008	0,80	5,78	15,7	30,6	1,46	31,9	4,35	5,53	4,51
2009	1,47	12,6	28,1	96,2	3,08	33,1	8,49	15,7	5,55

2010	1,98	7,40	14,7	50,8	5,16	12,9	3,13	21,7	5,05
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Репозиторий БРГТУ

Таблица А.3 – Варианты заданий для выполнения практической работы № 2 по расчету максимальных расходов воды весенних половодий

№ варианта	Исходная река – створ	Период наблюдений	Река – аналог	Период наблюдений
1	Ушача – д. Толкачи	1966–1980	Березина – г. Борисов	1966–2000
2	Дрыса – д. Демехи	1970–1987	Полота – д. Янково	1969–2003
3	Щара – г. Слоним	1980–1996	Неман – г. Столбцы	1980–2010
4	Котра – Сахкомбинат	1966–1981	Неман – д. Белица	1968–2000
5	Кривинка – д. Добригоры	1971–1986	Нача – д. Нача	1970–2010
6	Ошмянка – д. Большие Яцны	1985–1998	Неман – г. Столбцы	1970–2005
7	Ислочь – д. Боровиковщина	1980–1996	Гавья – д. Лубинята	1970–2005
8	Эса – д. Гадивля	1966–1981	Дисна – п.г.т. Шарковщина	1966–2005
9	Ольшанка – д. Богданово	1966–1981	Гавья – д. Лубинята	1968–2000
10	Гавья – д. Лубинята	1966–1981	Неман – д. Белица	1970–2005
11	Ухлясть – д. Радьков	1970–1986	Днепр – г. Речица	1970–2005
12	Мяделка – д. Русаки	1967–1983	Березовка – д. Саутки	1966–2002
13	Уза – д. Прибор	1967–1983	Шать – д. Шацк	1966–2000
14	Жадунька – г. Костюковичи	1966–1981	Днепр – г. Орша	1966–2000
15	Ясельда – г. Береза	1966–1981	Ясельда – д. Сенин	1966–2000
16	Бобр – д. Куты	1978–1994	Друть – д. Городище	1970–2005
17	кан. Винец – д. Рыгали	1969–1985	Сож – г. Славгород	1966–2002
18	Цна – д. Дятловичи	1967–1983	Случь – д. Ленин	1966–2000
19	Шать – д. Шацк	1970–1986	Ухлясть – д. Радьков	1970–2005
20	Нарочь – д. Нарочь	1980–1995	Березовка – д. Саутки	1975–2010
21	Копаяювка – д. Черск	1969–1984	Щара – г. Слоним	1966–2000
22	Свислочь – д. Сухая Долина	1966–1980	Нарочь – д. Нарочь	1968–2000
23	Пульва – г. Высокое	1971–1986	Ислочь – д. Боровиковщина	1970–2010
24	Случь – д. Ленин	1967–1981	Проня – д. Летяги	1966–2004
25	Дитва – д. Поречаны	1977–1992	Щара – г. Слоним	1975–2005
26	Ислочь – д. Боровиковщина	1970–1986	Пульва – г. Высокое	1969–2003
27	Лесная – г. Каменец	1975–1990	Копаяювка – д. Черск	1975–2005
28	Полота – д. Янково	1971–1986	Нача – д. Нача	1970–2005
29	Эса – д. Гадивля	1970–1986	Березина – г. Борисов	1970–2010
30	Шать – д. Шацк	1975–1991	Нарочь – д. Нарочь	1975–2005
31	Ницца – д. Соколище	1972–1987	Дрыса – д. Дерновичи	1970–2005
32	Котра – Сахкомбинат	1970–1985	Неман – д. Белица	1970–2005
33	Ошмянка – д. Большие Яцны	1966–1982	Щара – г. Слоним	1966–2000
34	Уза – д. Прибор	1971–1986	Беседь – д. Светиловичи	1966–2002
35	Щара – г. Слоним	1966–1980	Неман – д. Белица	1966–2005
36	Ушача – д. Толкачи	1968–1985	Дисна – п.г.т. Шарковщина	1968–2005
37	Ольшанка – д. Богданово	1975–1992	Ухлясть – д. Радьков	1966–2002
38	Кривинка – д. Добригоры	1966–1981	Улла – д. Бочейково	1966–2000
39	Дрыса – д. Демехи	1967–1982	Дрыса – д. Дерновичи	1966–2002
40	Ухлясть – д. Радьков	1972–1990	Свислочь – д. Теребуты	1969–2003
41	Ясельда – г. Береза	1969–1986	Ясельда – д. Сенин	1969–2003
42	кан. Винец – д. Рыгали	1973–1987	Лесная – г. Каменец	1970–2010
43	Мяделка – д. Русаки	1966–1980	Дисна – п.г.т. Шарковщина	1966–2000
44	Нарочь – д. Нарочь	1970–1985	Неман – д. Белица	1970–2005
45	Гавья – д. Лубинята	1970–1986	Неман – д. Белица	1969–2003
46	Бобр – д. Куты	1975–1993	Друть – д. Городище	1966–2002
47	Случь – д. Ленин	1975–1991	Припять – г. Мозырь	1970–2005
48	Эса – д. Гадивля	1969–1983	Березина – г. Борисов	1969–2003
49	Котра – Сахкомбинат	1980–1996	Вилия – д. Михалишки	1966–2002

№ варианта	Исходная река – створ	Период наблюдений	Река – аналог	Период наблюдений
50	Копаявка – д. Черск	1974–1988	Нарочь – д. Нарочь	1966–2002
51	Поросица – г. Горки	1967–1982	Ухлясть – д. Радьков	1966–2000
52	Цна – д. Дятловичи	1974–1990	Ясельда – д. Сенин	1970–2010
53	Дрыса – д. Демехи	1983–2000	Полота – д. Янково	1980–2010
54	Ислочь – д. Боровиковщина	1966–1983	Пульва – г. Высокое	1969–2003
55	Шать – д. Шацк	1966–1982	Случь – д. Ленин	1966–2002
56	Ошмянка – д. Большие Яцыны	1970–1986	Гавья – д. Лубинята	1970–2010
57	Дитва – д. Поречаны	1970–1986	Неман – д. Белица	1970–2010
58	Уза – д. Прибор	1979–1995	Оресса – д. Андреевка	1975–2005
59	Жадунька – г. Костюковичи	1971–1986	Ухлясть – д. Радьков	1965–2000
60	Щара – г. Слоним	1971–1986	Вилия – д. Михалишки	1970–2004
61	Ушача – д. Толкачи	1972–1986	Березина – г. Борисов	1972–2010
62	Лесная – г. Каменец	1969–1984	Неман – д. Белица	1968–2000
63	Свислочь – д. Сухая Долина	1973–1986	Неман – д. Белица	1966–2002
64	Случь – д. Ленин	1972–1987	Ясельда – г. Береза	1970–2010
65	Копаявка – д. Черск	1972–1987	Вилия – д. Михалишки	1970–2010
66	Бобр – д. Куты	1981–1996	Друть – д. Городище	1980–2010
67	Котра – Сахкомбинат	1975–1991	Вилия – д. Михалишки	1975–2010
68	Цна – д. Дятловичи	1976–1991	Ясельда – д. Сенин	1975–2010
69	Гавья – д. Лубинята	1975–1991	Неман – г. Столбцы	1966–2002
70	Ошмянка – д. Большие Яцыны	1975–1993	Котра – Сахкомбинат	1966–2002
71	Кривинка – д. Добригоры	1969–1984	Дисна – п.г.т. Шарковщина	1968–2005
72	Шать – д. Шацк	1971–1986	Ясельда – д. Сенин	1970–2010
73	Ольшанка – д. Богданово	1970–1987	Гавья – д. Лубинята	1970–2010
74	Мяделка – д. Русаки	1970–1986	Полота – д. Янково	1970–2010
75	Жадунька – г. Костюковичи	1969–1984	Сож – г. Славгород	1966–2000
76	кан. Винец – д. Рыгали	1979–1995	Ясельда – г. Береза	1978–2010
77	Ясельда – г. Береза	1972–1987	Припять – г. Мозырь	1970–2005
78	Нарочь – д. Нарочь	1966–1981	Вилия – д. Михалишки	1966–2000
79	Пульва – г. Высокое	1969–1984	Ислочь – д. Боровиковщина	1968–2005
80	Уза – д. Прибор	1980–1996	Ухлясть – д. Радьков	1975–2010
81	Лесная – г. Каменец	1971–1984	Щара – г. Слоним	1970–2005
82	Копаявка – д. Черск	1977–1992	Лесная – г. Каменец	1975–2005
83	Нарочь – д. Нарочь	1975–1991	Неман – г. Столбцы	1966–2002
84	Цна – д. Дятловичи	1970–1985	Ясельда – г. Береза	1975–2007
85	Сушанка – д. Суша	1967–1981	Случь – д. Ленин	1966–2005
86	Ухлясть – д. Радьков	1977–1991	Друть – д. Городище	1975–2005
87	Случь – д. Ленин	1969–1984	Беседь – д. Светиловичи	1966–2002
88	кан. Винец – д. Рыгали	1966–1980	Ясельда – д. Сенин	1968–2000
89	Котра – Сахкомбинат	1985–2000	Вилия – д. Стешицы	1980–2010
90	Ушача – д. Толкачи	1970–1987	Дисна – п.г.т. Шарковщина	1970–2005
91	Ясельда – г. Береза	1976–1992	Случь – д. Ленин	1966–2002
92	Свислочь – д. Сухая Долина	1978–1993	Неман – г. Столбцы	1975–2010
93	Ислочь – д. Боровиковщина	1975–1990	Пульва – г. Высокое	1975–2005
94	Щара – г. Слоним	1975–1989	Неман – д. Белица	1975–2005
95	Бобр – д. Куты	1968–1982	Березина – г. Борисов	1968–2000
96	Полота – д. Янково	1966–1981	Зап. Двина – г. Витебск	1966–2002
97	Дрыса – д. Демехи	1974–1990	Полота – д. Янково	1970–2010
98	Дитва – д. Поречаны	1966–1983	Ошмянка – д. Большие Яцыны	1970–2005
99	Ошмянка – д. Большие Яцыны	1980–1997	Вилия – д. Михалишки	1975–2010
100	Нарочь – д. Черемшицы	1980–1998	Нача – д. Нача	1980–2010

Таблица А.4 – Варианты заданий для выполнения практической работы № 2 по расчету максимальных расходов воды дождевых паводков

№ варианта	Исходная река – створ	Период наблюдений	Река-аналог	Период наблюдений
1	Ушача – д. Толкачи	1966–1987	Нача – д. Нача	1966–2010
2	Дрыса – д. Демехи	1979–2000	Полота – д. Янково	1966–2005
3	Щара – г. Слоним	1974–1992	Котра – Сахкомбинат	1970–2005
4	Котра – Сахкомбинат	1970–1988	Свислочь – д. Сухая Долина	1970–2010
5	Нарочь – д. Черемшицы	1966–1985	Вилия – д. Стешницы	1966–2000
6	Ошмянка – д. Большие Яцны	1984–2005	Ольшанка – д. Богданово	1975–2010
7	Ислочь – д. Боровиковщина	1980–1996	Неман – д. Стобцы	1970–2010
8	Эса – д. Гадивля	1968–1987	Улла – д. Бочейково	1966–2000
9	Ольшанка – д. Богданово	1990–2010	Ошмянка – д. Большие Яцны	1970–2010
10	Гавья – д. Лубинята	1973–1988	Котра – Сахкомбинат	1970–2010
11	Ухлясть – д. Радьков	1989–2010	Друть – д. Городище	1970–2010
12	Мяделка – д. Русаки	1966–1987	Дисна – п.г.т. Шарковщина	1966–2005
13	Уза – д. Прибор	1966–1984	Жадунька – г. Костюковичи	1966–2000
14	Сушанка – д. Суша	1989–2010	Проня – д. Летяги	1975–2010
15	Ясельда – г. Береза	1966–1982	кан.Винец – д. Рыгали	1966–2000
16	Бобр – д. Куты	1978–1994	Сушанка – д. Суша	1975–2010
17	кан. Винец – д. Рыгали	1966–1985	Ясельда – г. Береза	1966–2000
18	Цна – д. Дятловичи	1966–1984	Случь – д. Ленин	1966–2000
19	Шать – д. Шацк	1971–1989	Свислочь – д. Теребуты	1970–2005
20	Нарочь – д. Нарочь	1966–1983	Вилия – д. Стешницы	1966–2000
21	Копаявка – д. Черск	1966–1982	Лесная – г. Каменец	1966–1995
22	Свислочь – д. Сухая Долина	1966–1983	Котра – Сахкомбинат	1966–2000
23	Пульва – г. Высокое	1966–1984	Копаявка – д. Черск	1966–2000
24	Случь – д. Ленин	1966–1982	Цна – д. Дятловичи	1966–2000
25	Дитва – д. Поречаны	1977–2001	Гавья – д. Лубинята	1966–2002
26	Нача – д. Нача	1968–1985	Полота – д. Янково	1966–2005
27	Лесная – г. Каменец	1966–1984	Копаявка – д. Черск	1966–2000
28	Поросица – г. Горки	1966–1991	Проня – д. Летяги	1966–2010
29	Эса – д. Гадивля	1971–1990	Кривинка – д. Добригоры	1970–2010
30	Шать – д. Шацк	1966–1984	Свислочь – д. Теребуты	1966–2000
31	Нача – д. Нача	1993–2010	Дисна – п.г.т. Шарковщина	1970–2010
32	Котра – Сахкомбинат	1966–1983	Свислочь – д. Сухая Долина	1966–2005
33	Ошмянка – д. Большие Яцны	1991–2010	Гавья – д. Лубинята	1970–2010
34	Уза – д. Прибор	1973–1990	Ясельда – д. Сенин	1970–2005
35	Щара – г. Слоним	1980–2005	Гавья – д. Лубинята	1970–2010
36	Ушача – д. Толкачи	1969–1987	Дисна – п.г.т. Шарковщина	1966–2005
37	Ольшанка – д. Богданово	1985–2005	Ошмянка – д. Большие Яцны	1966–2005
38	Нарочь – д. Черемшицы	1992–2010	Нарочь – д. Нарочь	1970–2010
39	Дрыса – д. Демехи	1970–1987	Нища – д. Соколище	1970–2010
40	Ухлясть – д. Радьков	1987–2005	Щара – г. Слоним	1966–2005
41	Ясельда – г. Береза	1970–1986	Копаявка – д. Черск	1966–2005
42	кан.Винец – д. Рыгали	1971–1986	Копаявка – д. Черск	1970–2005
43	Мяделка – д. Русаки	1968–1987	Нача – д. Нача	1966–2010
44	Нарочь – д. Нарочь	1970–1989	Нача – д. Нача	1970–2010
45	Гавья – д. Лубинята	1975–1993	Котра – Сахкомбинат	1966–2000
46	Бобр – д. Куты	1971–1986	Кривинка – д. Добригоры	1970–2010
47	Случь – д. Ленин	1970–1990	Уборть – д. Краснобережье	1970–2010
48	Эса – д. Гадивля	1992–2010	Кривинка – д. Добригоры	1970–2007
49	Котра – Сахкомбинат	1985–2010	Сушанка – д. Суша	1966–2010
50	Копаявка – д. Черск	1970–1990	Лесная – г. Каменец	1970–2010

№ варианта	Исходная река – створ	Период наблюдений	Река-аналог	Период наблюдений
51	Поросица – г. Горки	1970–1988	Ольшанка – д. Богданово	1970–2010
52	Цна – д. Дятловичи	1973–1992	Уборть – д. Краснобережье	1970–2005
53	Дрыса – д. Демехи	1980–2000	Дрыса – д. Дерновичи	1966–2000
54	Ислочь – д. Боровиковщина	1982–2000	Неман – д. Столбцы	1966–2000
55	Шать – д. Шацк	1978–1995	Неман – д. Столбцы	1970–2010
56	Ошмянка – д. Большие Яцыны	1985–2005	Березовка – д. Саутки	1966–2005
57	Дитва – д. Поречаны	1976–1997	Котра – Сахкомбинат	1970–2005
58	Уза – д. Прибор	1974–1990	Ухлясть – д. Радьков	1970–2010
59	Пульва – г. Высокое	1970–1989	Лесная – г. Каменец	1970–2010
60	Нача – д. Нача	1970–1986	Дрыса – д. Дерновичи	1966–2000
61	Березовка – д. Саутки	1993–2010	Полота – д. Янково	1966–2010
62	Лесная – г. Каменец	1970–1990	Копаявка – д. Черск	1966–2005
63	Свислочь – д. Сухая Долина	1975–1993	Гавья – д. Лубинята	1970–2005
64	Случь – д. Ленин	1977–1997	Оресса – д. Андреевка	1966–2005
65	Копаявка – д. Черск	1977–1994	Пульва – г. Высокое	1966–2000
66	Бобр – д. Куты	1983–1999	Сушанка – д. Суша	1970–2000
67	Котра – Сахкомбинат	1972–1989	Лесная – г. Каменец	1966–2000
68	Цна – д. Дятловичи	1974–1990	Случь – д. Ленин	1970–2010
69	Гавья – д. Лубинята	1977–1993	Ошмянка – д. Большие Яцыны	1975–2007
70	Улла – д. Бочейково	1969–1987	Кривинка – д. Добригоры	1966–2000
71	Нарочь – д. Черемшицы	1981–1999	Кривинка – д. Добригоры	1966–2005
72	Кривинка – д. Добригоры	1989–2007	Ницца – д. Соколище	1970–2010
73	Ольшанка – д. Богданово	1980–2003	Гавья – д. Лубинята	1966–2005
74	Мяделка – д. Русаки	1968–1987	Дрыса – д. Дерновичи	1966–2005
75	Сушанка – д. Суша	1977–1997	Кривинка – д. Добригоры	1970–2005
76	кан. Винец – д. Рыгали	1977–1995	Лесная – г. Каменец	1975–2010
77	Ясельда – г. Береза	1974–1993	Копаявка – д. Черск	1970–2010
78	Нарочь – д. Нарочь	1973–1992	Нарочь – д. Черемшицы	1966–2005
79	Пульва – г. Высокое	1979–1998	Лесная – г. Каменец	1966–2005
80	Березовка – д. Саутки	1986–2005	Дисна – п.г.т. Шарковщина	1970–2010
81	Полота – д. Янково	1969–1987	Дрыса – д. Дерновичи	1966–2000
82	Копаявка – д. Черск	1970–1985	Ясельда – г. Береза	1966–2000
83	Полота – д. Янково	1992–2010	Дрыса – д. Дерновичи	1970–2010
84	Кривинка – д. Добригоры	1970–1987	Эса – д. Гадивля	1966–2000
85	Сушанка – д. Суша	1978–2005	Нача – д. Нача	1970–2010
86	Ухлясть – д. Радьков	1966–1979	Остер – д. Ходунь	1966–2000
87	Улла – д. Бочейково	1978–1998	Эса – д. Гадивля	1966–2005
88	кан. Винец – д. Рыгали	1970–1990	Копаявка – д. Черск	1970–2010
89	Вилия – д. Стешицы	1975–1992	Нарочь – д. Черемшицы	1966–2005
90	Ушача – д. Толкачи	1966–1984	Дрыса – д. Дерновичи	1966–2000
91	Кривинка – д. Добригоры	1970–1988	Улла – д. Бочейково	1966–2005
92	Свислочь – д. Сухая Долина	1974–1991	Котра – Сахкомбинат	1970–2010
93	Ислочь – д. Боровиковщина	1994–2010	Вилия – д. Стешицы	1975–2010
94	Щара – г. Слоним	1974–1991	Свислочь – д. Сухая Долина	1966–2000
95	Бобр – д. Куты	1966–1984	Кривинка – д. Добригоры	1966–2000
96	Поросица – д. Горки	1970–1990	Проня – д. Летяги	1970–2005
97	Вилия – д. Стешицы	1969–1986	Нарочь – д. Нарочь	1967–2005
98	Дитва – д. Поречаны	1971–1994	Гавья – д. Лубинята	1970–2010
99	Улла – д. Бочейково	1988–2007	Ницца – д. Соколище	1970–2010
100	Жадунька – г. Костюковичи	1976–1997	Беседь – д. Светиловичи	1970–2010

Таблица А.5 – Гидрографические характеристики водосборов рек Беларуси

№	Река–створ	Площадь водосбора, А, км ²	Длина реки от истока до пункта наблюдений, L, км	Средняя высота водосбора, Н _{ср} , м	Уклон реки, ‰		Средний уклон водосбора, i _в , ‰	Озерность водосбора, А _{оз} , %	Заболоченность водосбора, А _б , %	Лес, %		Густота речной сети, ρ, км/км ²	Ширина створа, Ф, км	Долгота створа, Λ, км
					средний (i _p)	средневзвешенный (i _{срвз})				заболоченный, А _{з.лес}	сухой, А _{с.лес}			
1.	Зап. Двина – г. Витебск	27300	398	183	0,28	0,25	9,51	2	7	15	33	0,45	55,47	31,48
2.	Зап. Двина – г. Полоцк	41700	546	176	0,23	0,24	9,51	2	7	13	30	0,45	55,36	30,59
3.	Кривинка – д. Добригоры	238	16	157	1,82	0,62	12,5	2	7	14	13	0,48	54,50	29,40
4.	Улла – д. Бочейково	3330	83	172	0,32	0,3	14,3	3	6	11	22	0,43	54,44	29,03
5.	Эса – д. Гадивля	530	58	182	0,35	0,32	9,6	0	8	16	24	0,45	54,37	28,51
6.	Оболь – п.г.т. Оболь	2520	123	165	0,35	0,3	9,95	2	11	12	18	0,42	55,34	29,45
7.	Полота – д. Янково	618	77	150	0,39	0,32	10,4	4	10	27	27	0,44	55,42	29,11
8.	Ушача – д. Толкачи	830	70	164	0,59	0,41	22,0	3	3	9	34	0,37	55,21	28,21
9.	Нача – д. Нача	234	5	164	1,60	1,4	10,4	4	3	11	17	0,47	55,21	28,21
10.	Дисна – п.г.т. Шарковщина	4720	113	157	0,46	0,23	6,1	5	7	11	12	0,52	55,18	26,48
11.	Мяделка – д. Русаки	462	35	169	0,85	0,63	12,0	5	8	1	9	0,37	55,03	26,51
12.	Березовка – д. Саутки	554	26	170	1,40	1,2	14,3	1	4	3	8	0,54	55,11	27,39
13.	Дрыса – д. Дерновичи	4580	122	142	0,27	0,21	5,53	4	6	32	29	0,53	55,58	29,02
14.	Дрыса – д. Демехи	1810	21	167	0,44	0,22	5,53	5	6	26	29	0,47	56,06	29,30
15.	Нища – д. Соколище	1290	76	150	0,55	0,35	18,6	4	4	40	32	0,49	56,05	28,48
16.	Неман – г. Столбцы	3070	83	193	0,93	0,36	11,8	0	13	6	26	0,52	53,28	28,08
17.	Неман – д. Белица	16700	266	185	0,54	0,22	11,8	1	12	5	21	0,5	53,44	26,16
18.	Неман – г. Мосты	25600	339	177	0,47	0,19	11,8	1	9	6	22	0,5	53,39	25,55
19.	Неман – г. Гродно	33600	423	171	0,41	0,18	11,8	1	9	5	21	0,5	53,31	25,34
20.	Ольшанка – д. Богданово	201	32	219	2,40	1,9	32,5	1	9	3	15	0,44	54,17	25,58
21.	Ислочь – д. Боровиковщина	624	46	254	3,40	1,6	26,8	0	6	1	14	0,41	54,01	26,58
22.	Гавья – д. Лубинята	920	70	187	0,77	0,63	10,7	0	6	2	20	0,42	54,11	25,48
23.	Дитва – д. Поречаны	810	62	154	0,44	0,27	7,8	1	21	1	6	0,44	54,01	25,06
24.	Щара – г. Слоним	4970	230	165	0,29	0,23	6,13	1	19	10	21	0,48	53,00	25,46
25.	Свислочь – д. Сухая Долина	1720	125	157	0,63	0,25	19,1	1	9	0	7	0,44	53,16	23,57
26.	Котра – Сахкомбинат	2000	120	133	0,23	0,11	9,18	1	11	8	30	0,55	53,45	24,77
27.	Вилия – д. Стешицы	1230	55	204	1,30	0,86	9,26	1	7	5	41	0,44	54,33	27,42
28.	Вилия – г. Вилейка	4190	108	202	0,86	0,45	9,26	1	7	5	30	0,44	54,33	27,28
29.	Вилия – д. Михалишки	10300	238	190	0,54	0,31	9,26	2	10	4	28	0,44	54,36	26,56
30.	Нарочь – д. Черемшицы	321	6	177	0,33	0,33	14,9	32	6	5	21	0,28	54,52	26,52
31.	Нарочь – д. Нарочь	1480	50	176	0,56	0,41	10,1	7	14	9	33	0,39	54,48	26,53
32.	Ошмянка – д. Бол. Яцыны	1480	97	191	0,96	0,58	18,9	1	10	2	17	0,41	54,32	26,03
33.	Копаявка – д. Черск	218	27	160	0,37	0,35	2,66	1	22	3	32	0,43	51,35	23,47
34.	Мухавец – г. Брест	6590	121	154	0,24	0,15	3,81	2	31	5	20	0,36	52,06	24,23
35.	Рыта – д. Мал. Радваничи	1600	72	160	0,31	0,21	-	5	32	7	30	0,36	51,45	24,06
36.	Лесная – г. Каменец	1840	12	164	0,41	0,35	10,3	0	18	6	33	0,4	52,32	23,55
37.	Пульва – г. Высокое	317	26	170	0,98	0,77	10,8	1	14	0	16	0,35	52,25	23,21
38.	Днепр – г. Орша	18000	557	210	0,17	0,09	7,58	1	6	4	28	0,47	55,02	32,36
39.	Днепр – г. Могилев	20800	649	204	0,16	0,09	7,58	1	5	4	27	0,4	54,54	32,19
40.	Днепр – г. Жлобин	30300	860	187	0,14	0,09	7,58	1	6	5	29	0,4	54,37	31,43
41.	Днепр – г. Речица	58200	997	182	0,13	0,09	7,58	1	7	10	31	0,39	54,05	30,19
42.	Ухлясть – д. Радьков	258	30	156	0,58	0,47	7	0	16	2	29	0,45	53,30	30,38
43.	Друть – д. Городище	2850	157	190	0,54	0,32	-	1	5	1	18	0,39	54,05	29,46
44.	Березина – г. Борисов	5690	204	189	0,22	0,14	9,32	1	8	22	37	0,34	54,28	28,18
45.	Березина – г. Бобруйск	20300	438	189	0,15	0,09	9,32	1	8	17	37	0,35	54,04	28,37
46.	Бобр – д. Куты	374	35	194	1,40	0,7	13,8	1	4	9	29	0,46	54,30	29,23
47.	Свислочь – д. Теребуты	4050	218	194	0,51	0,29	-	1	10	9	24	0,39	53,16	28,37

№	Река-створ	Площадь водосбора, А, км ²	Длина реки от истока до пункта наблюдений, L, км	Средняя высота водосбора, Н _{ср} , м	Уклон реки, ‰		Средний уклон водосбора, i, ‰	Озерность водосбора, А _{оз} , %	Заболоченность водосбора, Аб, %	Лес, %		Густота речной сети, ρ, км/км ²	Ширина створа, Ф, км	Долгота створа, λ, км
					средний (i _р)	средневзвешенный (i _{срвз})				заболоченный, А _{заб.лес}	сухой, А _{с.лес}			
48.	Сушанка – д. Суша	153	15	166	0,93	0,81	3,2	0	6	38	49	0,22	53,58	29,30
49.	Сож – г. Славгород	17700	352	188	0,28	0,16	9,82	1	6	2	20	0,41	53,59	31,40
50.	Сож – г. Гомель	38900	543	179	0,21	0,11	9,82	1	8	2	22	0,39	53,31	31,42
51.	Остер – д. Ходунь	3250	242	198	0,33	0,11	11,8	1	5	1	20	0,47	54,00	32,33
52.	Проня – д. Летяги	4570	146	186	0,59	0,37	10,5	1	4	1	19	0,47	54,01	30,54
53.	Поросица – г. Горки	90	24	208	1,8	1,1	14,1	0	1	0	8	1,0	54,25	31,05
54.	Беседь – д. Светиловичи	5010	210	162	0,34	0,23	9,62	1	9	2	17	0,37	53,17	31,56
55.	Жадунька – г. Костюковичи	300	31	176	0,97	0,89	13,2	0	7	2	24	0,37	53,26	31,54
56.	Уза – д. Прибор	760	65	136	0,32	0,26	6,5	1	14	0	4	0,28	52,35	30,42
57.	Припять – д. Чернички	74000	418	200	0,11	0,08	5,31	1	17	12	15	0,41	51,23	26,08
58.	Припять – г. Мозырь	101000	590	188	0,10	0,08	5,31	1	14	16	19	0,41	51,35	26,38
59.	Неслуха – д. Рудск	340	25	149	0,57	0,48	4,95	1	18	2	15	0,54	52,10	25,25
60.	Ясельда – г. Береза	916	72	164	0,31	0,27	4,7	1	35	7	30	0,39	52,42	24,40
61.	Ясельда – д. Сенин	5110	189	156	0,18	0,16	4,17	1	32	12	22	0,42	52,31	25,12
62.	кан. Винец – д. Рыгали	205	27	161	0,36	0,29	8,3	1	20	0	9	0,58	52,30	24,41
63.	Меречанка – д. Красеево	131	21	153	0,94	0,86	9,74	0	24	0	19	0,51	52,12	25,57
64.	Цна – д. Дятловичи	969	95	155	0,58	0,37	3,6	1	17	46	20	0,4	52,36	26,34
65.	Горынь – д. М.Викоровичи	27000	589	233	0,36	0,2	-	1	7	5	16	0,45	50,29	26,51
66.	Случь – д. Ленин	4480	154	162	0,22	0,22	8,34	1	17	17	15	0,47	52,55	27,27
67.	Уборть – д. Краснобережье	5260	248	177	0,35	0,29	7,06	1	11	37	28	0,38	51,21	27,57
68.	Птичь – д. Дараганово	2010	195	186	0,70	0,39	7,45	1	8	15	22	0,44	53,32	27,46
69.	Птичь – д. Лучицы	8770	360	165	0,47	0,23	7,45	1	7	15	34	0,49	52,59	28,17
70.	Шать – д. Шацк	208	23	178	0,59	0,57	7,1	0	31	8	12	0,44	53,26	27,36
71.	Оресса – д. Андреевка	3580	119	147	0,23	0,15	4,62	1	7	18	36	0,54	52,48	28,11
72.	Словечна – д. Кузьмичи	914	82	171	2,20	0,74	10,6	0	12	20	49	0,38	51,31	28,36

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

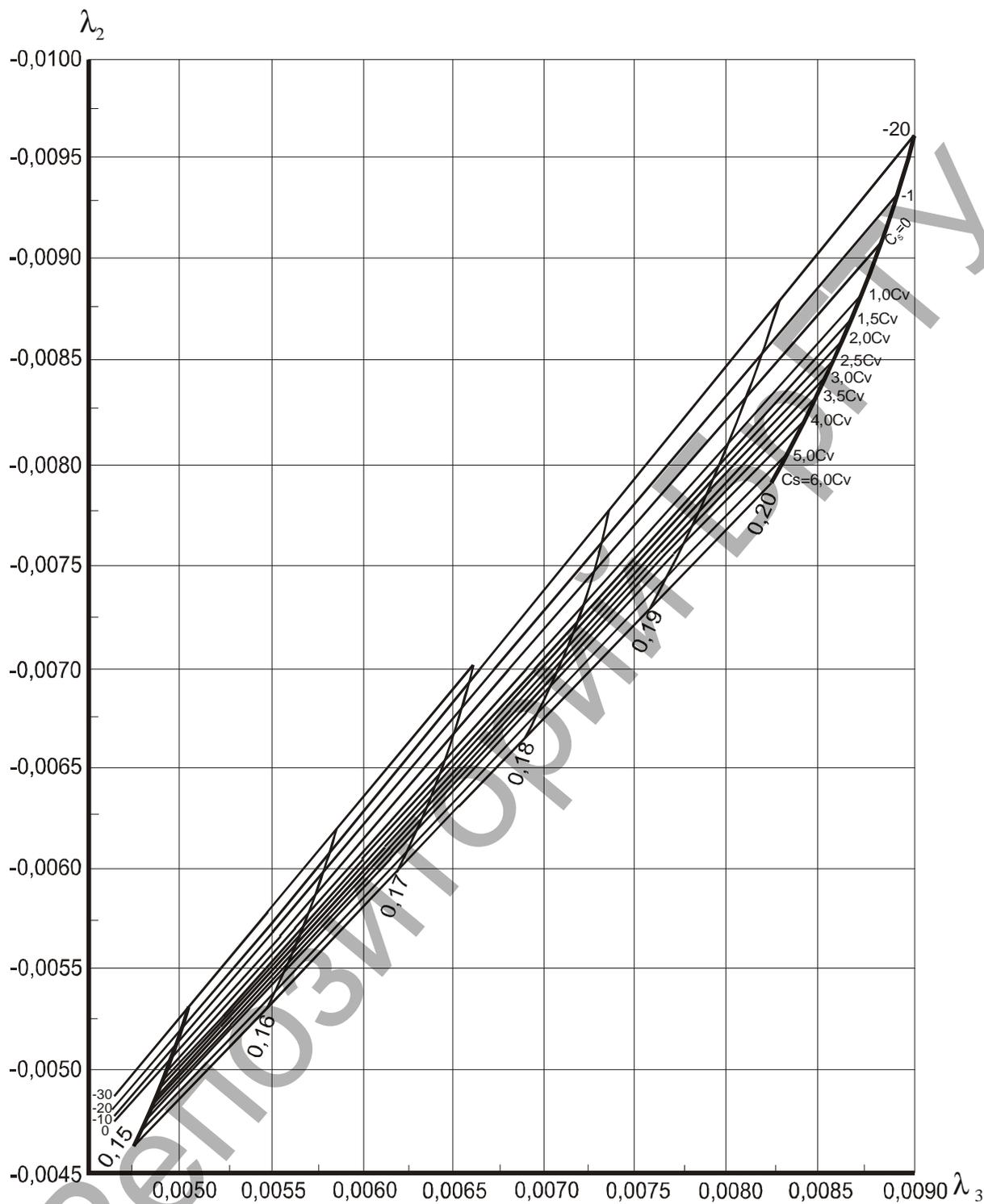


Рисунок Б.1 – Номограмма для вычисления параметров трехпараметрического гаммараспределения (C_v) и (C_s) методом приближенного наибольшего правдоподобия при $C_v = 0,15-0,20$

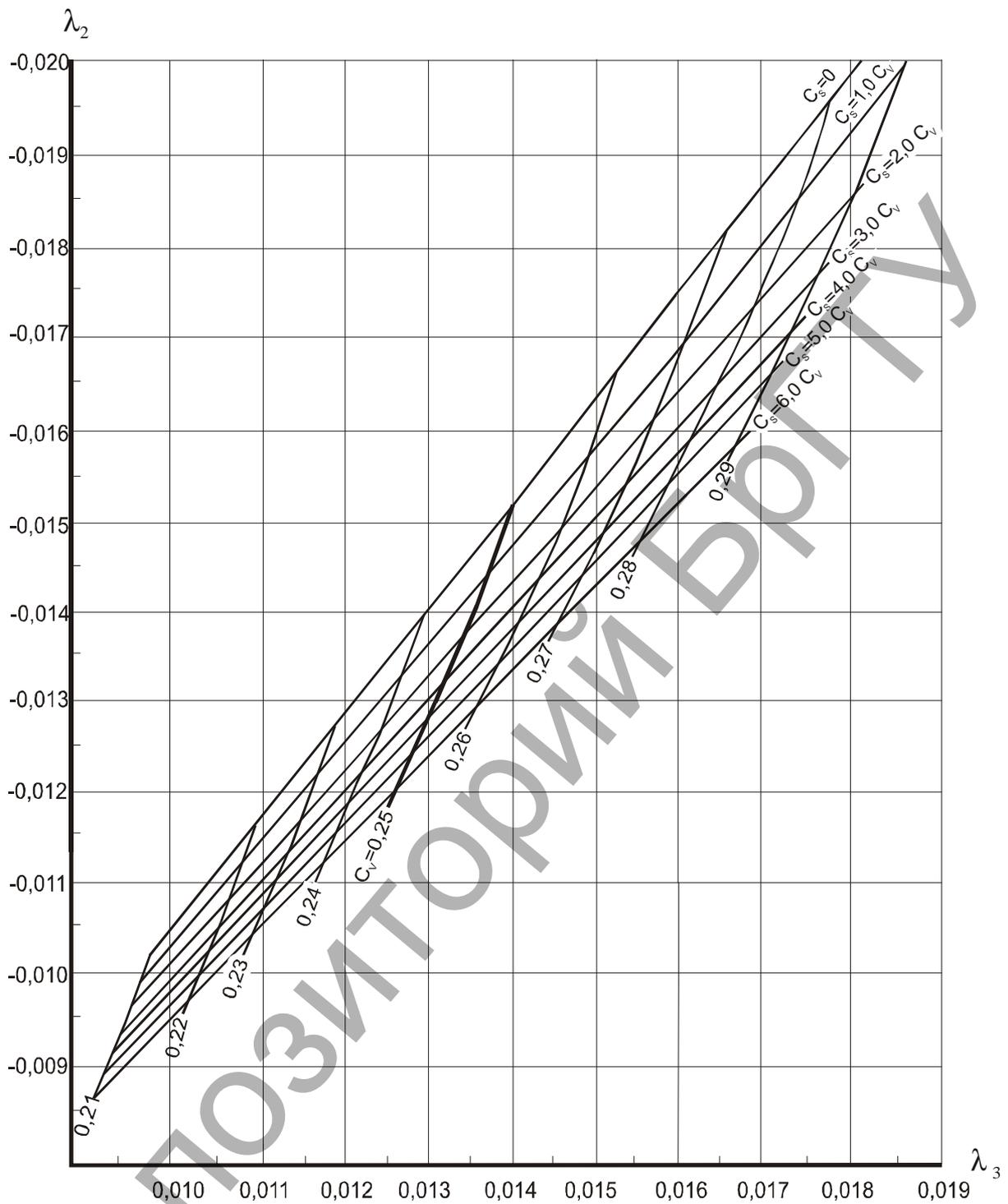


Рисунок Б.2 – Номограмма для вычисления параметров трехпараметрического гаммараспределения (C_v) и (C_s) методом приближенного наибольшего правдоподобия при $C_v=0,21-0,28$

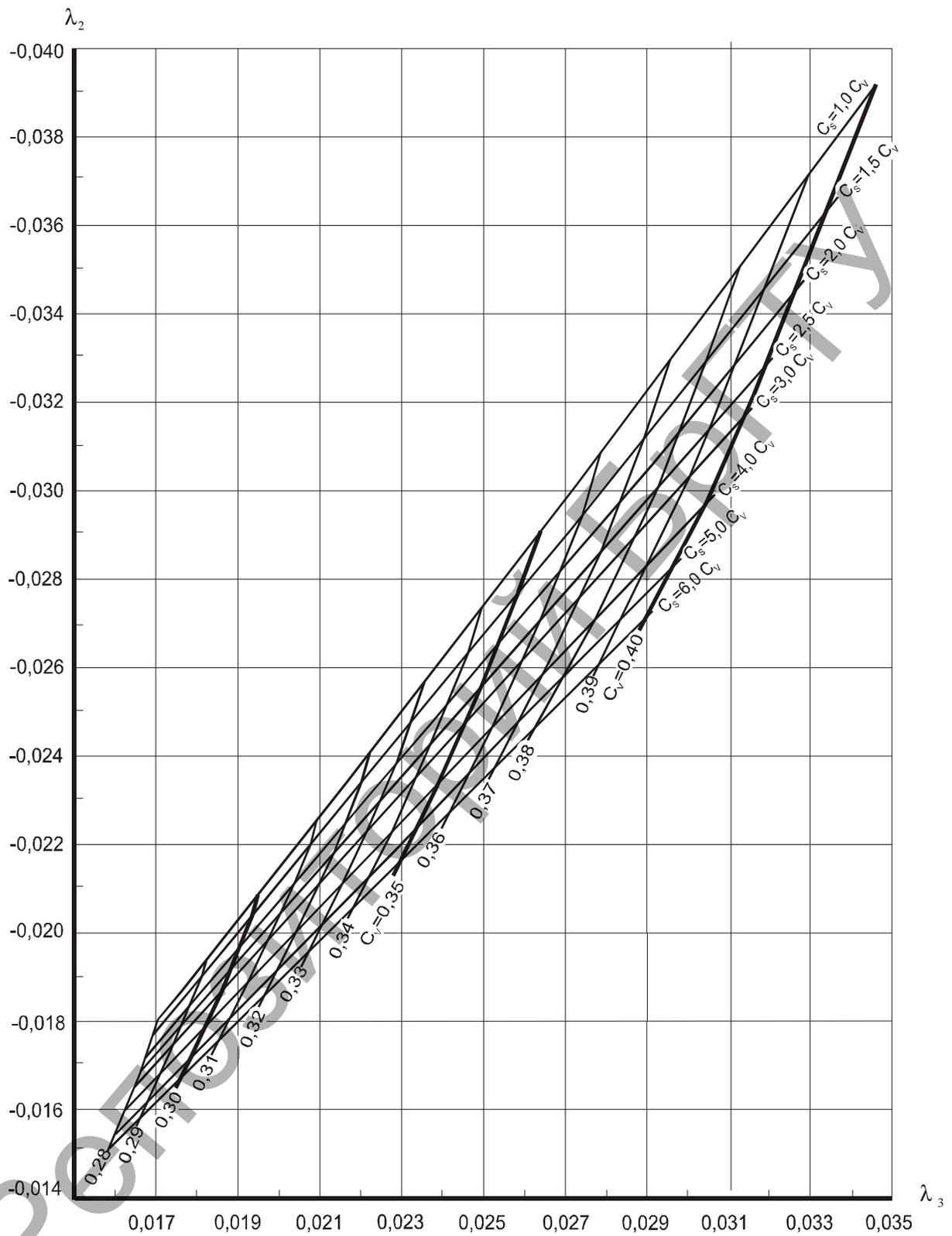


Рисунок Б.3 – Номограмма для вычисления параметров трехпараметрического гамма-распределения (C_v) и (C_s) методом приближенного наибольшего правдоподобия при $C_v = 0,28-0,40$

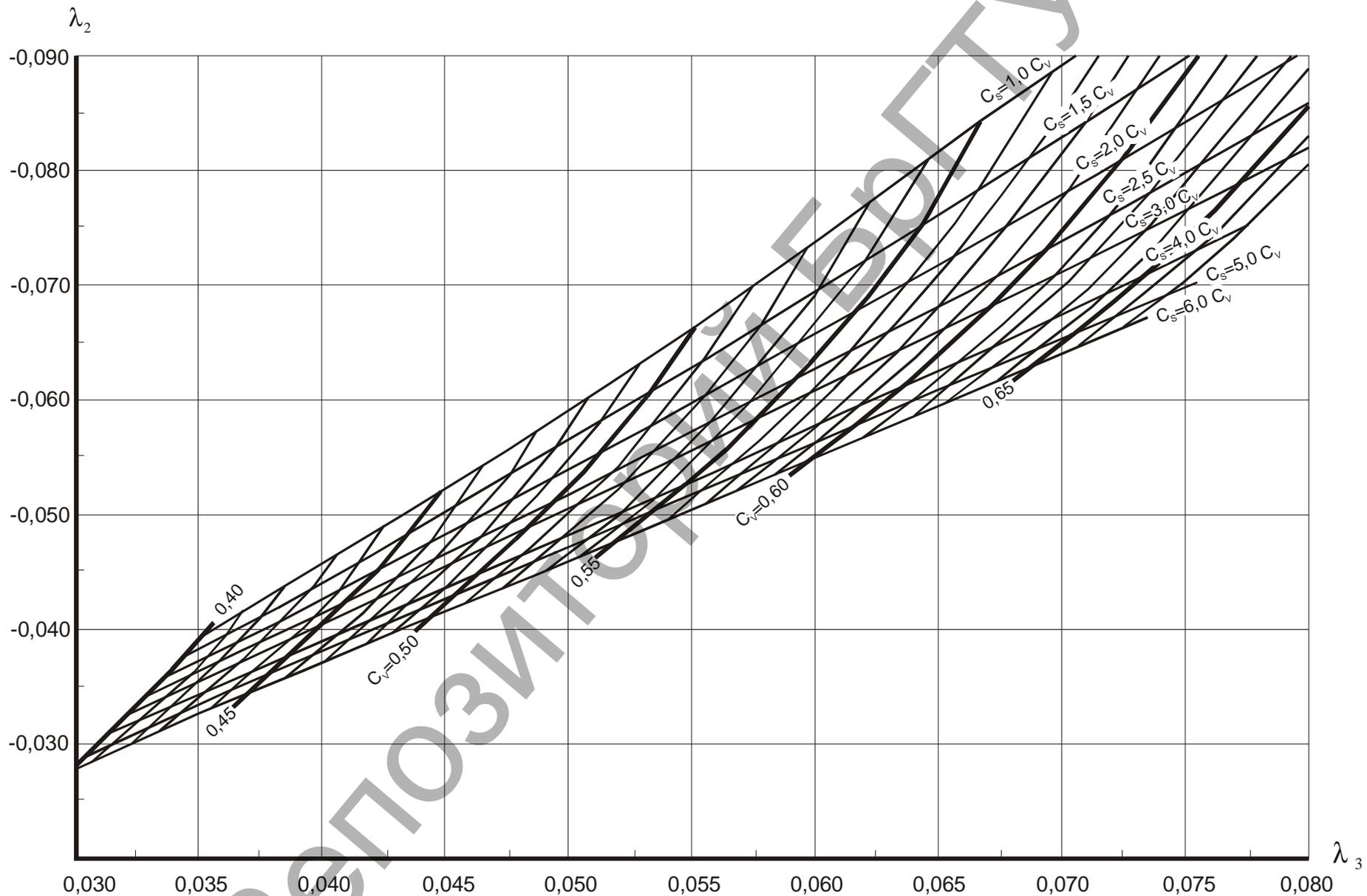


Рисунок Б.4 – Номограмма для вычисления параметров трехпараметрического гаммараспределения (C_V) и (C_S) методом приближенного наибольшего правдоподобия при $C_V = 0,40-0,60$

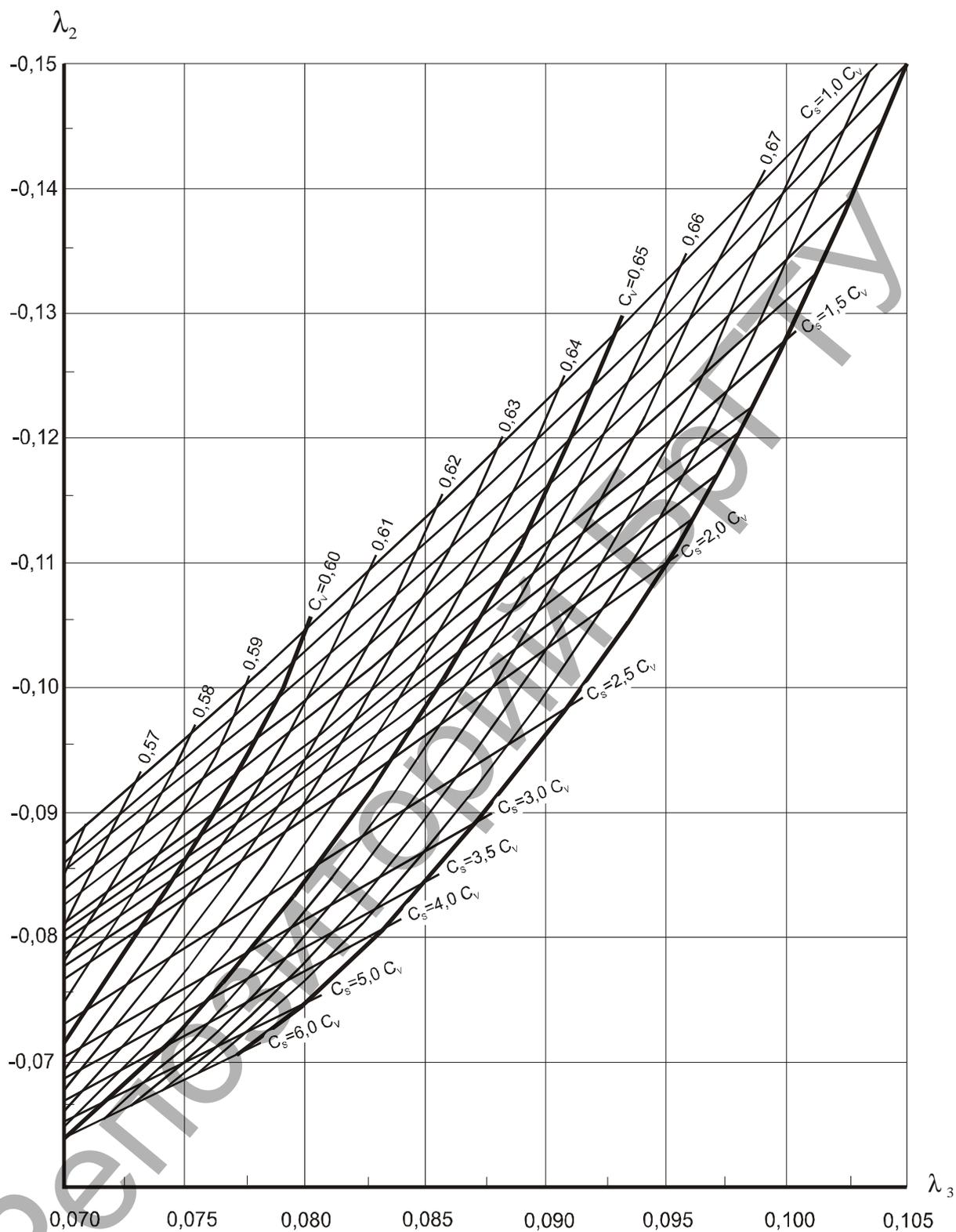


Рисунок Б.5 – Номограмма для вычисления параметров трехпараметрического гамма-распределения (C_v) и (C_s) методом приближенного наибольшего правдоподобия при $C_v = 0,60-0,70$

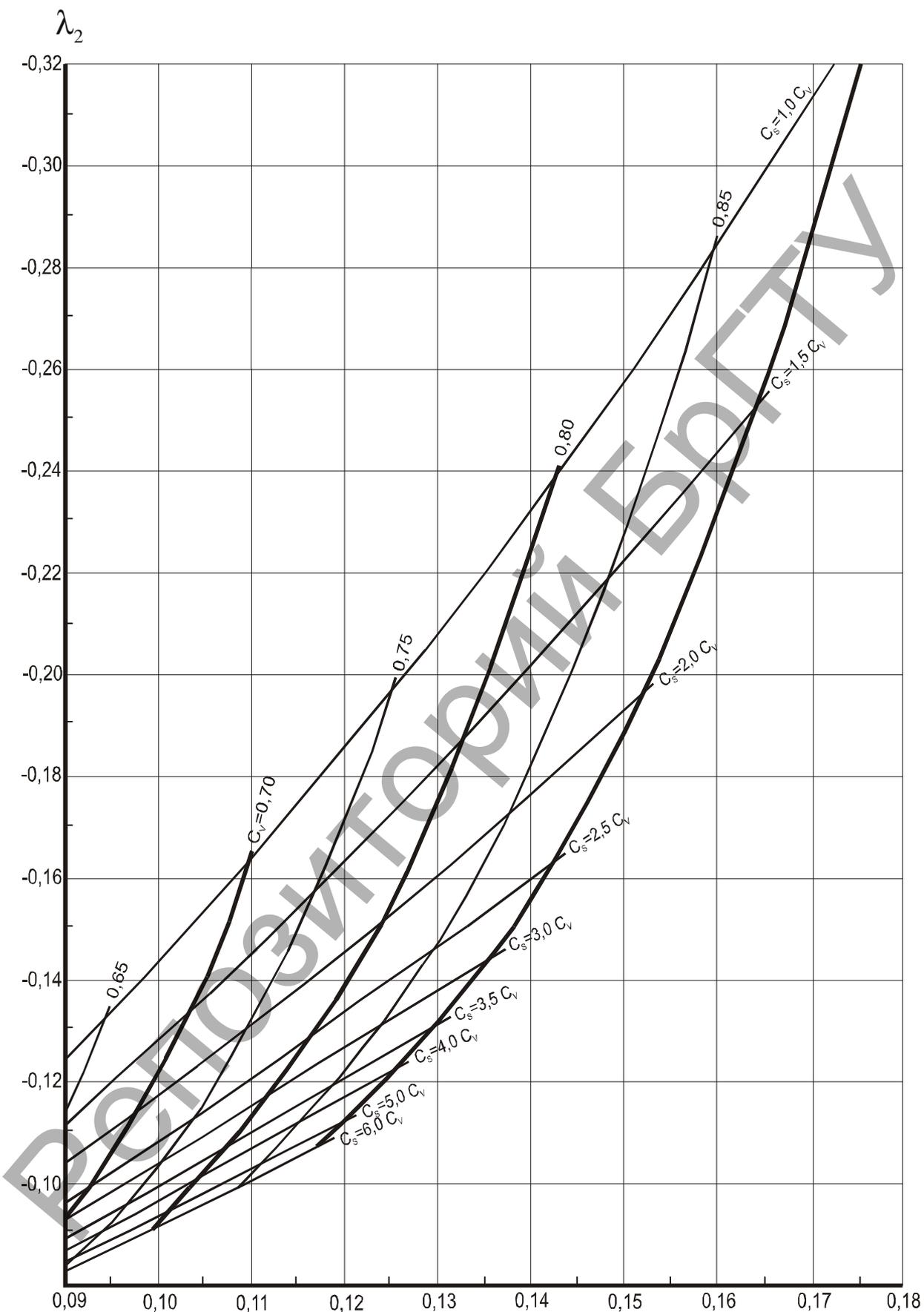


Рисунок Б.6 – Номограма для вычисления параметров трехпараметрического гаммараспределения (C_v) и (C_s) методом приближенного наибольшего правдоподобия при $C_v = 0,60-0,90$

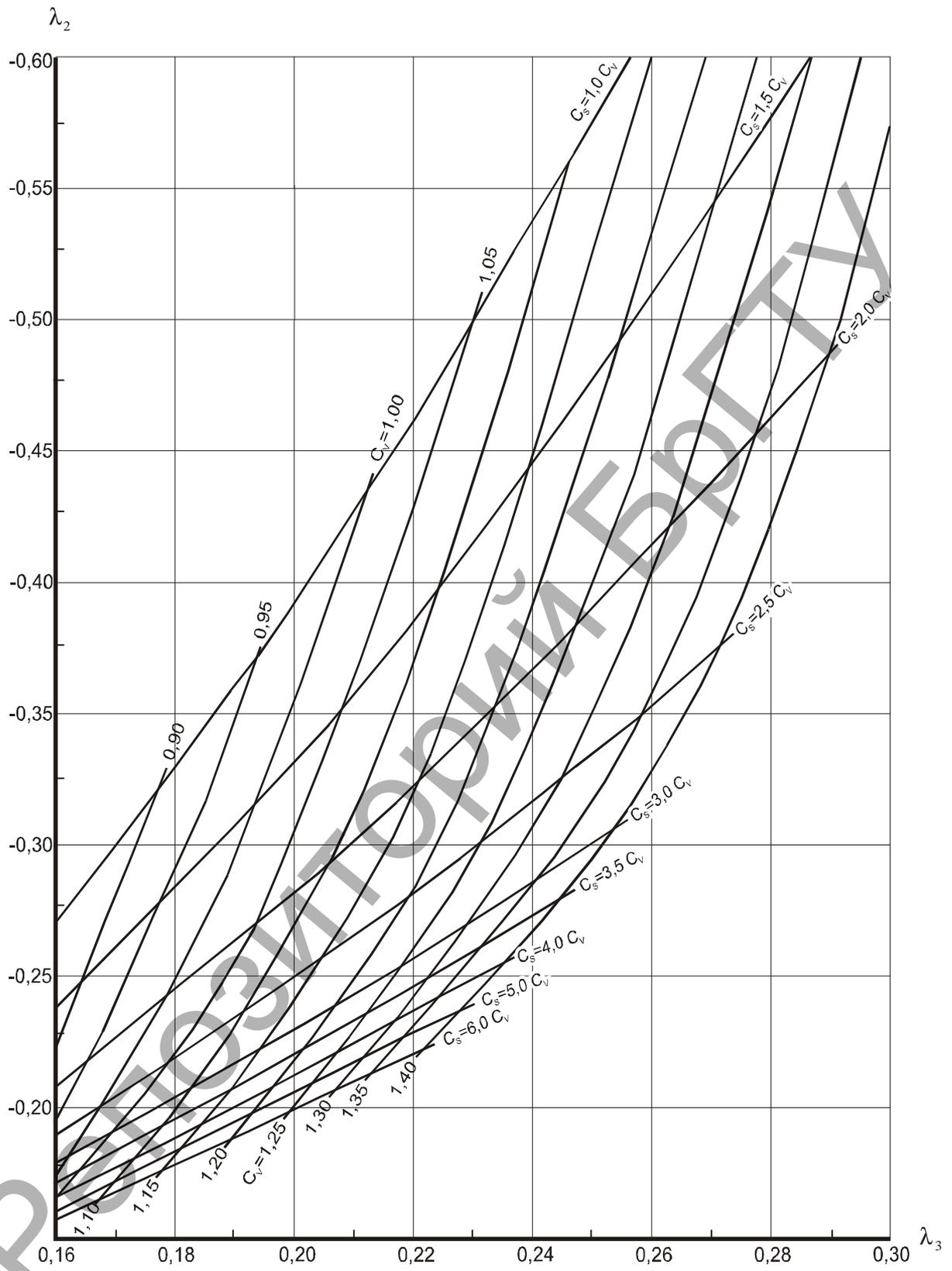


Рисунок Б.7 – Номограмма для вычисления параметров трехпараметрического гаммараспределения (C_v) и (C_s) методом приближенного наибольшего правдоподобия при $C_v = 0,90-1,10$

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица В.1 – Коэффициенты (a_i) в формуле (1.6)

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	0,22	0,99	-0,41	0,01	1,51
	0,5	0	0,18	0,98	0,41	0,02	1,47
3	0,0	0	0,69	0,98	-4,34	0,01	6,78
	0,3	0	1,15	1,02	-7,53	-0,04	12,38
	0,5	0	1,75	1,00	-11,79	-0,05	21,13
4	0,0	0	1,36	1,02	-9,68	-0,05	15,55
	0,3	-0,02	2,61	1,13	-19,85	-0,22	34,15
	0,5	-0,02	3,47	1,18	-29,71	-0,41	58,08

Таблица В.2 – Коэффициенты (b_i) в формуле (1.7)

$r(1)$	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	0,03	1,77	0,93	-3,45	0,03	8,03
0,5	0,03	1,63	0,92	-0,97	0,03	7,94

Таблица В.3 – Доверительные границы (в процентах) для эмпирической ежегодной вероятности превышения

Вероятность доверительной границы P , %	Число лет наблюдений, n , лет											
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Для наибольшего члена ряда наблюдений												
5	0,5	0,27	0,20	0,15	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	0,03
95	25,9	13,4	9,8	7,7	6,0	5,0	4,3	3,7	3,3	3,0	2,0	1,6
Для наименьшего члена ряда наблюдений												
5	74,1	87,0	90,0	92,2	94,0	95,0	95,7	96,3	98,7	97,0	97,8	98,5
95	99,50	99,72	99,81	99,86	99,90	99,91	99,92	99,93	99,94	99,95	99,96	99,97

Таблица Г – Значения модульных коэффициентов (k_p) для трехпараметрического гамма-распределения

Обеспеченность (P) в процентах	Значения модульных коэффициентов (k_p) для трехпараметрического гамма-распределения при величинах (C_v), равных																				
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
$C_s = 2,0C_v$																					
0,001	1	1,49	2,09	2,82	3,68	4,67	5,78	7,03	8,40	9,89	11,50	13,20	15,10	17,20	19,30	21,60	23,90	26,20	28,60	31,30	34,40
0,01	1	1,42	1,92	2,52	3,20	3,98	4,85	5,81	6,85	7,98	9,21	10,50	11,80	13,20	14,70	16,40	18,20	20,20	22,20	24,40	26,60
0,03	1	1,38	1,83	2,36	2,96	3,64	4,39	5,22	6,11	7,08	8,11	9,20	10,30	11,60	12,90	14,30	15,60	17,00	18,50	20,00	21,40
0,05	1	1,36	1,79	2,29	2,85	3,48	4,18	4,95	5,77	6,66	7,60	8,61	9,65	10,80	11,90	13,10	14,20	15,50	16,70	18,00	19,40
0,1	1	1,34	1,73	2,19	2,70	3,27	3,87	4,56	5,30	6,08	6,91	7,75	8,65	9,60	10,60	11,60	12,50	13,50	14,60	15,80	17,00
0,3	1	1,30	1,64	2,02	2,45	2,91	3,42	3,96	4,55	5,16	5,81	6,47	7,10	7,98	8,70	9,50	10,50	11,00	11,90	12,70	13,60
0,5	1	1,28	1,59	1,94	2,32	2,74	3,20	3,68	4,19	4,74	5,30	5,90	6,50	7,13	7,80	8,42	9,00	9,50	10,10	10,80	11,40
1	1	1,25	1,52	1,82	2,16	2,51	2,89	3,29	3,71	4,15	4,60	5,05	5,53	6,02	6,55	7,08	7,50	8,00	8,60	9,20	9,80
3	1	1,20	1,41	1,64	1,87	2,13	2,39	2,66	2,94	3,21	3,51	3,80	4,12	4,42	4,71	4,98	5,20	5,50	5,80	6,20	6,50
5	1	1,17	1,35	1,54	1,74	1,94	2,15	2,36	2,57	2,78	3,00	3,22	3,40	3,60	3,80	3,96	4,00	4,30	4,50	4,70	5,00
10	1	1,13	1,26	1,40	1,54	1,67	1,80	1,94	2,06	2,19	2,30	2,40	2,50	2,57	2,64	2,70	2,70	2,60	2,60	2,60	2,60
20	1	1,08	1,16	1,24	1,31	1,38	1,44	1,50	1,54	1,58	1,61	1,62	1,63	1,62	1,61	1,59	1,60	1,60	1,56	1,50	2,50
25	1	1,06	1,13	1,18	1,23	1,28	1,31	1,34	1,37	1,38	1,39	1,39	1,35	1,33	1,31	1,28	1,26	1,24	1,22	1,20	1,18
30	1	1,05	1,09	1,13	1,16	1,19	1,21	1,22	1,22	1,22	1,20	1,18	1,14	1,11	1,08	1,04	1,015	0,980	0,950	0,920	0,890
40	1	1,02	1,04	1,05	1,05	1,04	1,03	1,01	0,984	0,955	0,916	0,870	0,830	0,770	0,725	0,670	0,625	0,580	0,530	0,480	0,440
50	1	0,997	0,986	0,970	0,948	0,918	0,886	0,846	0,800	0,748	0,693	0,640	0,580	0,520	0,460	0,405	0,355	0,310	0,265	0,230	0,200
60	1	0,972	0,938	0,898	0,852	0,803	0,748	0,692	0,632	0,568	0,511	0,450	0,390	0,334	0,283	0,234	0,190	0,160	0,130	0,105	0,085
70	1	0,945	0,886	0,823	0,760	0,691	0,622	0,552	0,488	0,424	0,357	0,300	0,250	0,203	0,155	0,120	0,090	0,070	0,060	0,050	0,045
75	1	0,931	0,858	0,784	0,708	0,634	0,556	0,489	0,416	0,352	0,288	0,241	0,193	0,146	0,106	0,077	0,060	0,050	0,040	0,030	0,025
80	1	0,915	0,830	0,745	0,656	0,574	0,496	0,419	0,352	0,280	0,223	0,175	0,130	0,094	0,065	0,046	0,035	0,027	0,020	0,015	0,010
90	1	0,873	0,754	0,640	0,532	0,436	0,352	0,272	0,208	0,154	0,105	0,074	0,049	0,030	0,016	0,009	0,005	0,004	0,003	0,002	0,001
95	1	0,842	0,696	0,565	0,448	0,342	0,256	0,181	0,120	0,082	0,051	0,030	0,016	0,009	0,004	0,002	0,001	2,0·10 ⁻⁴	8,0·10 ⁻⁵	5,0·10 ⁻⁵	2,0·10 ⁻⁵
97	1	0,821	0,660	0,517	0,392	0,288	0,202	0,139	0,088	0,046	0,030	0,016	0,008	0,004	0,002	0,001	2,0·10 ⁻⁴	8,0·10 ⁻⁵	5,0·10 ⁻⁵	2,0·10 ⁻⁵	5,0·10 ⁻⁶
99	1	0,782	0,594	0,436	0,304	0,206	0,130	0,076	0,040	0,019	0,010	0,005	0,002	0,001	2,0·10 ⁻⁴	8,0·10 ⁻⁵	5,0·10 ⁻⁵	2,0·10 ⁻⁵	1,0·10 ⁻⁵	5,0·10 ⁻⁶	1,0·10 ⁻⁶
99,5	1	0,761	0,560	0,394	0,269	0,166	0,099	0,054	0,027	0,012	0,005	0,002	0,001	2,0·10 ⁻⁴	5,0·10 ⁻⁵	2,0·10 ⁻⁵	5,0·10 ⁻⁶	1,0·10 ⁻⁶	0	0	0
99,7	1	0,748	0,537	0,374	0,240	0,144	0,082	0,042	0,019	0,008	0,003	0,001	3,0·10 ⁻⁴	8,0·10 ⁻⁵	2,0·10 ⁻⁵	1,0·10 ⁻⁵	1,0·10 ⁻⁶	0	0	0	0
99,9	1	0,719	0,492	0,319	0,192	0,107	0,052	0,027	0,008	0,004	0,001	2,0·10 ⁻⁴	4,0·10 ⁻⁵	1,0·10 ⁻⁵	5,0·10 ⁻⁶	1,0·10 ⁻⁶	0	0	0	0	0

Продолжение таблицы Г

Обеспеченность (P) в процентах	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	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
$C_s = 2,5C_v$																				
0,001	1,52	2,18	3,05	4,13	5,41	6,90	8,61	10,50	12,60	14,80	17,20	19,90	22,60	25,60	28,70	32,10	35,80	39,70	43,90	48,40
0,01	1,44	1,98	2,67	3,49	4,45	5,54	6,76	8,10	9,55	11,10	12,80	14,60	16,40	18,40	20,40	22,50	24,70	27,00	29,30	31,90
0,03	1,40	1,88	2,48	3,18	4,00	4,91	5,93	7,02	8,20	9,46	10,80	12,20	13,70	15,20	16,80	18,50	20,20	22,10	24,00	26,00
0,05	1,38	1,83	2,39	3,04	3,79	4,62	5,54	6,53	7,59	8,72	9,92	11,20	12,50	13,80	15,20	16,70	18,20	19,80	21,50	23,20
0,1	1,35	1,77	2,27	2,85	3,51	4,24	5,04	5,90	6,80	7,76	8,76	9,81	10,90	12,00	13,20	14,40	15,70	17,00	18,40	19,80
0,3	1,30	1,66	2,08	2,55	3,07	3,64	4,26	4,91	5,58	6,28	7,02	7,78	8,56	9,36	10,20	11,10	12,00	13,00	14,10	15,20
0,5	1,28	1,61	1,99	2,41	2,87	3,36	3,90	4,46	5,03	5,63	6,25	6,89	7,54	8,20	8,88	9,56	10,30	11,00	11,80	12,60
1	1,25	1,54	1,86	2,21	2,59	3,00	3,42	3,87	4,32	4,78	5,26	5,73	6,22	6,71	7,20	7,70	8,20	8,71	9,22	9,74
3	1,20	1,42	1,65	1,90	2,15	2,42	2,69	2,96	3,23	3,50	3,77	4,04	4,30	4,56	4,81	5,06	5,30	5,54	5,78	6,01
5	1,17	1,35	1,55	1,74	1,95	2,15	2,35	2,55	2,75	2,94	3,13	3,31	3,48	3,65	3,81	3,96	4,11	4,26	4,39	4,52
10	1,13	1,26	1,40	1,53	1,66	1,78	1,90	2,01	2,12	2,22	2,31	2,39	2,46	2,53	2,59	2,64	2,69	2,73	2,76	2,79
20	1,08	1,16	1,23	1,30	1,36	1,41	1,45	1,49	1,52	1,54	1,55	1,56	1,56	1,55	1,54	1,52	1,50	1,47	1,44	1,41
25	1,07	1,12	1,18	1,22	1,26	1,28	1,31	1,32	1,33	1,33	1,32	1,31	1,29	1,27	1,24	1,21	1,17	1,14	1,10	1,05
30	1,05	1,09	1,13	1,15	1,17	1,18	1,18	1,18	1,17	1,16	1,14	1,11	1,08	1,05	1,01	0,972	0,931	0,888	0,843	0,797
40	1,02	1,04	1,04	1,04	1,03	1,01	0,989	0,962	0,930	0,895	0,857	0,816	0,773	0,729	0,684	0,638	0,592	0,545	0,497	0,447
50	0,997	0,984	0,964	0,938	0,906	0,870	0,830	0,787	0,742	0,695	0,648	0,600	0,552	0,505	0,459	0,415	0,373	0,332	0,295	0,259
60	0,972	0,935	0,893	0,847	0,797	0,745	0,692	0,639	0,586	0,533	0,482	0,432	0,385	0,340	0,298	0,259	0,224	0,191	0,162	0,136
70	0,945	0,885	0,822	0,758	0,693	0,629	0,567	0,506	0,449	0,395	0,344	0,297	0,254	0,215	0,180	0,149	0,122	0,099	0,079	0,062
75	0,931	0,858	0,785	0,712	0,640	0,571	0,505	0,443	0,385	0,332	0,283	0,238	0,199	0,164	0,133	0,107	0,085	0,066	0,051	0,039
80	0,915	0,830	0,745	0,663	0,585	0,512	0,444	0,381	0,324	0,272	0,226	0,185	0,149	0,119	0,094	0,072	0,055	0,041	0,030	0,022
90	0,875	0,757	0,648	0,549	0,459	0,381	0,310	0,250	0,198	0,155	0,118	0,089	0,066	0,047	0,033	0,023	0,015	0,010	0,006	0,004
95	0,843	0,702	0,576	0,467	0,373	0,293	0,227	0,172	0,128	0,093	0,066	0,046	0,030	0,020	0,012	0,008	0,004	0,002	0,001	0,001
97	0,823	0,667	0,533	0,420	0,325	0,247	0,184	0,134	0,095	0,065	0,044	0,028	0,018	0,011	0,006	0,003	0,002	0,001	4,0·10 ⁻⁴	2,0·10 ⁻⁴
99	0,784	0,606	0,459	0,341	0,248	0,175	0,120	0,080	0,052	0,032	0,019	0,011	0,006	0,003	0,001	0,001	3,0·10 ⁻⁴	1,0·10 ⁻⁴	4,0·10 ⁻⁵	4,0·10 ⁻⁵
99,9	0,727	0,513	0,353	0,235	0,151	0,093	0,055	0,030	0,016	0,008	0,004	0,001	0,001	2,0·10 ⁻⁴	6,0·10 ⁻⁵	2,0·10 ⁻⁵	6,0·10 ⁻⁶	1,0·10 ⁻⁶	4,0·10 ⁻⁷	9,0·10 ⁻⁸

Продолжение таблицы Г

Обеспеченность (P) в процентах	Значения модульных коэффициентов (k_p) для трехпараметрического гамма-распределения при величинах (C_v), равных																				
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
$C_s = 3,0C_v$																					
0,001	1	1,54	2,29	3,32	4,63	6,24	8,14	10,30	12,70	15,40	18,20	21,30	24,50	27,90	31,50	35,30	39,30	43,40	47,80	52,50	57,40
0,01	1	1,46	2,05	2,83	3,80	4,94	6,26	7,70	9,30	11,00	12,80	14,80	16,80	19,00	21,20	23,50	25,90	28,40	31,00	33,70	36,50
0,03	1	1,41	1,93	2,59	3,42	4,35	5,39	6,58	7,85	9,19	10,60	12,10	13,70	15,30	17,00	18,80	20,60	22,40	24,30	26,30	28,40
0,05	1	1,39	1,88	2,49	3,24	4,09	5,04	6,08	7,21	8,40	9,65	11,00	12,40	13,80	15,20	16,80	18,30	19,90	21,50	23,30	25,10
0,1	1	1,36	1,81	2,35	3,01	3,74	4,56	5,44	6,38	7,37	8,41	9,49	10,60	11,80	13,00	14,20	15,40	16,70	18,00	19,40	20,80
0,3	1	1,31	1,69	2,12	2,65	3,21	3,82	4,48	5,17	5,88	6,61	7,37	8,15	8,94	9,75	10,60	11,40	12,30	13,10	14,00	14,80
0,5	1	1,28	1,63	2,03	2,48	2,97	3,50	4,06	4,64	5,24	5,84	6,47	7,10	7,75	8,41	9,07	9,74	10,40	11,10	11,80	12,40
1	1	1,25	1,55	1,90	2,26	2,66	3,07	3,50	3,96	4,41	4,87	5,33	5,79	6,26	6,74	7,21	7,68	8,14	8,61	9,07	9,53
3	1	1,20	1,42	1,66	1,91	2,17	2,43	2,69	2,95	3,21	3,47	3,73	3,98	4,20	4,44	4,67	4,89	5,10	5,31	5,51	5,70
5	1	1,17	1,36	1,55	1,75	1,95	2,14	2,34	2,52	2,70	2,88	3,05	3,22	3,37	3,52	3,66	3,8	3,92	4,04	4,15	4,26
10	1	1,13	1,26	1,40	1,52	1,65	1,76	1,87	1,97	2,06	2,15	2,23	2,30	2,36	2,42	2,47	2,51	2,55	2,58	2,60	2,62
20	1	1,08	1,16	1,23	1,29	1,34	1,38	1,42	1,45	1,47	1,49	1,50	1,50	1,50	1,49	1,48	1,46	1,45	1,42	1,40	1,37
25	1	1,07	1,12	1,17	1,21	1,24	1,26	1,28	1,28	1,29	1,29	1,28	1,27	1,25	1,23	1,20	1,18	1,15	1,12	1,08	1,05
30	1	1,05	1,09	1,12	1,14	1,15	1,16	1,16	1,15	1,14	1,13	1,11	1,08	1,06	1,03	0,997	0,964	0,929	0,892	0,855	0,818
40	1	1,02	1,03	1,03	1,03	1,01	0,995	0,972	0,946	0,915	0,883	0,848	0,812	0,775	0,736	0,697	0,659	0,620	0,581	0,544	0,507
50	1	0,997	0,981	0,959	0,930	0,898	0,862	0,823	0,783	0,741	0,699	0,656	0,614	0,572	0,531	0,491	0,452	0,415	0,379	0,345	0,313
60	1	0,972	0,933	0,890	0,843	0,794	0,745	0,695	0,646	0,597	0,549	0,503	0,459	0,417	0,377	0,339	0,304	0,271	0,240	0,212	0,186
70	1	0,945	0,884	0,822	0,758	0,696	0,636	0,578	0,523	0,471	0,422	0,375	0,333	0,293	0,257	0,224	0,194	0,166	0,142	0,121	0,102
75	1	0,931	0,858	0,786	0,715	0,647	0,583	0,522	0,465	0,412	0,363	0,318	0,277	0,239	0,206	0,176	0,149	0,125	0,105	0,087	0,071
80	1	0,915	0,830	0,748	0,669	0,596	0,528	0,465	0,407	0,354	0,306	0,263	0,224	0,190	0,160	0,133	0,110	0,090	0,073	0,059	0,047
90	1	0,876	0,761	0,656	0,563	0,479	0,406	0,341	0,284	0,235	0,193	0,156	0,126	0,100	0,078	0,061	0,047	0,035	0,026	0,019	0,014
95	1	0,844	0,708	0,588	0,487	0,400	0,326	0,263	0,210	0,166	0,129	0,100	0,076	0,057	0,042	0,030	0,022	0,015	0,010	0,007	0,004
97	1	0,825	0,675	0,548	0,443	0,355	0,282	0,221	0,171	0,131	0,099	0,073	0,054	0,038	0,027	0,018	0,012	0,008	0,005	0,003	0,002
99	1	0,786	0,618	0,484	0,369	0,283	0,213	0,158	0,116	0,083	0,058	0,040	0,027	0,017	0,011	0,007	0,004	0,002	0,001	0,001	4,0·10 ⁻⁴
99,5	1	0,769	0,588	0,446	0,334	0,249	0,182	0,131	0,092	0,064	0,043	0,028	0,018	0,011	0,006	0,004	0,002	0,001	6,0·10 ⁻⁴	3,0·10 ⁻⁴	1,0·10 ⁻⁴
99,7	1	0,756	0,568	0,422	0,312	0,228	0,163	0,114	0,079	0,053	0,034	0,022	0,014	0,008	0,004	0,002	0,001	6,0·10 ⁻⁴	3,0·10 ⁻⁴	1,0·10 ⁻⁴	6,0·10 ⁻⁵
99,9	1	0,732	0,531	0,381	0,273	0,192	0,131	0,088	0,057	0,036	0,022	0,013	0,007	0,004	0,002	0,001	4,0·10 ⁻⁴	2,0·10 ⁻⁴	8,0·10 ⁻⁵	3,0·10 ⁻⁵	1,0·10 ⁻⁵

Продолжение таблицы Г

Обеспеченность (P) в процентах	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	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
$C_s = 3,5C_v$																				
0,001	1,56	2,39	3,59	5,23	7,26	9,65	12,3	15,20	18,20	21,60	25,10	28,90	32,80	36,90	41,20	45,7	50,30	55,10	60,10	65,40
0,01	1,48	2,12	2,99	4,12	5,46	6,94	8,60	10,40	12,30	14,40	16,50	18,80	21,10	23,50	26,00	28,6	31,30	34,00	36,80	39,90
0,03	1,43	1,98	2,71	3,63	4,64	5,85	7,17	8,56	10,00	11,60	13,20	14,80	16,60	18,40	20,20	22,1	24,10	26,10	28,10	30,20
0,05	1,40	1,93	2,58	3,41	4,33	5,38	6,54	7,77	9,04	10,40	11,80	13,20	14,70	16,30	17,80	19,4	21,10	22,80	24,50	26,20
0,1	1,37	1,84	2,43	3,14	3,93	4,79	5,75	6,77	7,82	8,90	10,00	11,20	12,40	13,60	14,90	16,1	17,40	18,80	20,10	21,40
0,3	1,31	1,71	2,16	2,75	3,36	4,00	4,67	5,36	6,08	6,83	7,59	8,37	9,17	9,97	10,80	11,6	12,40	13,30	14,10	15,00
0,5	1,29	1,65	2,07	2,55	3,06	3,62	4,18	4,76	5,35	5,97	6,59	7,22	7,86	8,50	9,14	9,79	10,40	11,10	11,80	12,40
1	1,25	1,57	1,93	2,31	2,71	3,13	3,56	4,00	4,45	4,90	5,36	5,80	6,26	6,71	7,16	7,61	8,05	8,49	8,92	9,36
3	1,20	1,43	1,68	1,93	2,18	2,43	2,68	2,94	3,19	3,43	3,67	3,90	4,12	4,34	4,55	4,75	4,95	5,14	5,32	5,50
5	1,17	1,36	1,56	1,75	1,94	2,13	2,31	2,49	2,66	2,83	2,98	3,14	3,28	3,42	3,55	3,67	3,78	3,89	3,99	4,08
10	1,13	1,26	1,39	1,52	1,63	1,74	1,84	1,93	2,02	2,10	2,17	2,23	2,29	2,34	2,38	2,42	2,46	2,48	2,51	2,52
20	1,08	1,16	1,22	1,28	1,32	1,36	1,39	1,42	1,44	1,45	1,46	1,46	1,46	1,45	1,44	1,43	1,41	1,39	1,37	1,35
25	1,07	1,12	1,16	1,20	1,22	1,24	1,25	1,26	1,26	1,26	1,25	1,24	1,22	1,21	1,18	1,16	1,14	1,11	1,08	1,05
30	1,05	1,08	1,11	1,13	1,14	1,14	1,14	1,13	1,12	1,11	1,09	1,07	1,04	1,02	0,989	0,960	0,929	0,897	0,864	0,831
40	1,02	1,03	1,03	1,02	1,00	0,984	0,960	0,935	0,907	0,877	0,845	0,812	0,777	0,743	0,708	0,673	0,638	0,604	0,570	0,537
50	0,997	0,978	0,954	0,925	0,892	0,856	0,819	0,781	0,742	0,703	0,664	0,625	0,587	0,549	0,513	0,477	0,443	0,410	0,379	0,350
60	0,972	0,931	0,887	0,841	0,793	0,745	0,698	0,652	0,606	0,562	0,520	0,479	0,440	0,403	0,368	0,335	0,303	0,274	0,247	0,222
70	0,945	0,883	0,821	0,760	0,700	0,643	0,588	0,537	0,488	0,442	0,398	0,358	0,321	0,286	0,254	0,225	0,199	0,175	0,153	0,134
75	0,931	0,858	0,787	0,719	0,654	0,593	0,536	0,482	0,432	0,386	0,343	0,304	0,268	0,236	0,206	0,180	0,156	0,135	0,116	0,099
80	0,915	0,831	0,751	0,676	0,606	0,541	0,482	0,427	0,377	0,332	0,290	0,253	0,219	0,189	0,163	0,139	0,118	0,100	0,084	0,070
90	0,877	0,764	0,664	0,576	0,496	0,427	0,366	0,311	0,263	0,221	0,185	0,154	0,127	0,104	0,085	0,069	0,055	0,044	0,035	0,027
95	0,840	0,713	0,600	0,504	0,422	0,351	0,290	0,239	0,195	0,158	0,127	0,101	0,080	0,062	0,048	0,037	0,028	0,021	0,016	0,011
97	0,827	0,683	0,563	0,463	0,380	0,309	0,249	0,201	0,160	0,126	0,098	0,076	0,058	0,044	0,033	0,024	0,018	0,013	0,009	0,006
99	0,788	0,629	0,499	0,396	0,312	0,244	0,186	0,145	0,110	0,082	0,061	0,044	0,032	0,022	0,016	0,011	0,007	0,005	0,003	0,002
99,9	0,737	0,548	0,408	0,303	0,224	0,165	0,118	0,083	0,057	0,039	0,026	0,016	0,010	0,006	0,004	0,002	0,001	0,001	3,0·10 ⁻⁴	2,0·10 ⁻⁴

Продолжение таблицы Г

Обеспеченность (P) в процентах	Значения модульных коэффициентов (k_p) для трехпараметрического гамма-распределения при величинах (C_v), равных																				
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
$C_s = 4,0C_v$																					
0,001	0	1,59	2,49	3,90	5,80	8,15	10,90	13,90	17,20	20,80	24,60	28,60	32,80	37,20	41,80	46,60	51,50	56,60	61,80	67,20	72,80
0,01	0	1,50	2,18	3,17	4,43	5,91	7,58	9,41	11,40	13,40	15,50	17,90	20,30	22,80	25,40	28,00	30,80	33,60	36,50	39,40	42,40
0,03	0	1,44	2,04	2,86	3,86	5,02	6,30	7,67	9,14	10,70	12,30	14,00	15,80	17,60	19,40	21,30	23,30	25,30	27,30	29,40	31,50
0,05	0	1,41	1,97	2,72	3,61	4,63	5,76	6,96	8,22	9,56	11,00	12,40	13,90	15,40	17,00	18,60	20,30	21,90	23,70	25,40	27,20
0,1	0	1,38	1,88	2,53	3,29	4,15	5,07	6,05	7,08	8,15	9,26	10,40	11,60	12,80	14,00	15,30	16,60	17,90	19,20	20,60	21,90
0,3	0	1,32	1,74	2,24	2,82	3,44	4,09	4,79	5,50	6,22	6,96	7,73	8,53	9,31	10,10	10,90	11,70	12,50	13,30	14,20	15,00
0,5	0	1,29	1,67	2,12	2,61	3,13	3,68	4,26	4,85	5,43	6,03	6,65	7,29	7,91	8,53	9,16	9,79	10,40	11,00	11,70	12,30
1	0	1,25	1,58	1,94	2,31	2,75	3,17	3,59	4,03	4,47	4,91	5,34	5,79	6,22	6,66	7,09	7,52	7,95	8,37	8,78	9,19
3	0	1,20	1,44	1,68	1,93	2,18	2,43	2,68	2,92	3,16	3,39	3,62	3,83	4,04	4,25	4,45	4,64	4,83	5,01	5,18	5,35
5	0	1,17	1,36	1,56	1,75	1,94	2,12	2,29	2,46	2,62	2,78	2,93	3,07	3,21	3,34	3,46	3,57	3,68	3,78	3,87	3,96
10	0	1,13	1,26	1,39	1,51	1,62	1,72	1,81	1,90	1,98	2,05	2,12	2,18	2,24	2,28	2,32	2,36	2,39	2,42	2,44	2,45
20	0	1,08	1,15	1,22	1,27	1,31	1,34	1,37	1,40	1,41	1,42	1,43	1,44	1,43	1,43	1,42	1,41	1,39	1,38	1,36	1,33
25	0	1,07	1,12	1,16	1,19	1,21	1,23	1,24	1,24	1,24	1,24	1,23	1,22	1,21	1,19	1,17	1,15	1,13	1,10	1,08	1,05
30	0	1,05	1,08	1,11	1,12	1,13	1,13	1,13	1,12	1,11	1,10	1,08	1,06	1,04	1,01	0,985	0,958	0,929	0,900	0,871	0,841
40	0	1,02	1,02	1,02	1,01	0,996	0,976	0,954	0,929	0,902	0,873	0,843	0,812	0,781	0,748	0,716	0,684	0,652	0,62	0,588	0,558
50	0	0,997	0,976	0,950	0,920	0,888	0,853	0,818	0,781	0,744	0,707	0,670	0,634	0,598	0,562	0,529	0,495	0,464	0,433	0,403	0,375
60	0	0,972	0,929	0,885	0,839	0,793	0,747	0,702	0,658	0,614	0,572	0,532	0,494	0,457	0,421	0,388	0,356	0,327	0,299	0,273	0,249
70	0	0,945	0,883	0,821	0,761	0,704	0,649	0,597	0,548	0,501	0,457	0,416	0,377	0,341	0,308	0,277	0,248	0,223	0,199	0,177	0,157
75	0	0,931	0,858	0,788	0,722	0,660	0,601	0,546	0,495	0,448	0,403	0,362	0,325	0,290	0,258	0,230	0,203	0,179	0,158	0,139	0,121
80	0	0,915	0,832	0,754	0,681	0,614	0,553	0,496	0,443	0,395	0,351	0,311	0,274	0,242	0,212	0,185	0,162	0,140	0,122	0,105	0,090
90	0	0,877	0,767	0,671	0,586	0,511	0,444	0,384	0,331	0,284	0,243	0,207	0,176	0,148	0,125	0,104	0,087	0,072	0,060	0,049	0,040
95	0	0,846	0,719	0,611	0,519	0,440	0,372	0,312	0,261	0,217	0,180	0,148	0,121	0,098	0,080	0,064	0,051	0,041	0,032	0,025	0,019
97	0	0,829	0,690	0,576	0,481	0,400	0,332	0,274	0,224	0,182	0,147	0,119	0,095	0,075	0,059	0,046	0,036	0,028	0,021	0,016	0,012
99	0	0,790	0,638	0,516	0,417	0,336	0,269	0,214	0,168	0,132	0,102	0,078	0,060	0,045	0,034	0,025	0,018	0,013	0,009	0,006	0,004
99,5	0	0,776	0,612	0,485	0,386	0,305	0,239	0,186	0,144	0,110	0,083	0,062	0,046	0,034	0,024	0,017	0,012	0,008	0,006	0,004	0,003
99,7	0	0,762	0,594	0,466	0,366	0,286	0,221	0,170	0,129	0,097	0,072	0,053	0,038	0,027	0,019	0,013	0,009	0,006	0,004	0,003	0,002
99,9	0	0,742	0,561	0,430	0,331	0,252	0,189	0,141	0,104	0,075	0,054	0,038	0,026	0,018	0,012	0,008	0,005	0,003	0,002	0,001	0,001

Продолжение таблицы Г

Обеспеченность (P) в процентах	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	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
	$C_s = 4,5C_v$										$C_s = 5,0C_v$								
0,001	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,67	2,75	4,38	6,87	9,90	13,35	17,05	21,15	25,30
0,01	1,48	2,26	3,35	4,74	6,36	8,15	10,10	12,20	14,40	16,70	1,54	2,34	3,43	4,91	6,65	8,70	10,70	12,71	15,05
0,03	1,44	2,09	2,98	4,07	5,30	6,65	8,09	9,62	11,20	12,90	1,47	2,15	3,07	4,23	5,50	6,95	8,43	9,96	11,60
0,05	1,41	2,02	2,82	3,78	4,86	6,03	7,27	8,58	9,95	11,40	1,43	2,06	2,87	3,9	5,05	6,24	7,51	8,82	10,25
0,1	1,38	1,92	2,61	3,41	4,30	5,25	6,26	7,31	8,40	9,53	1,40	1,95	2,66	3,51	4,44	5,40	6,43	7,54	8,64
0,3	1,33	1,76	2,29	2,88	3,52	4,18	4,87	5,58	6,31	7,06	1,34	1,78	2,31	2,92	3,52	4,22	4,91	5,69	6,41
0,5	1,30	1,69	2,15	2,66	3,19	3,74	4,31	4,89	5,48	6,08	1,31	1,70	2,16	2,69	3,21	3,77	4,34	4,93	5,52
1	1,27	1,59	1,97	2,36	2,77	3,19	3,61	4,04	4,47	4,90	1,27	1,61	1,98	2,38	2,79	3,21	3,65	4,06	4,50
3	1,21	1,44	1,69	1,93	2,18	2,42	2,66	2,90	3,12	3,35	1,20	1,44	1,67	1,93	2,17	2,42	2,62	2,88	3,10
5	1,18	1,37	1,56	1,75	1,93	2,10	2,27	2,44	2,59	2,74	1,17	1,36	1,55	1,74	1,90	2,08	2,22	2,41	2,54
10	1,13	1,26	1,39	1,50	1,60	1,70	1,79	1,88	1,95	2,02	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	1,26	1,30	1,33	1,36	1,38	1,40	1,41	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	1,18	1,20	1,21	1,22	1,23	1,23	1,23	1,06	1,11	1,15	1,17	1,20	1,20	1,20	1,22	1,22
30	1,05	1,08	1,10	1,11	1,12	1,12	1,12	1,11	1,10	1,09	1,05	1,08	1,09	1,10	1,10	1,11	1,10	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	1,02	1,02	1,01	1,00	0,980	0,970	0,940	0,920	0,900
50	0,993	0,974	0,947	0,917	0,885	0,851	0,817	0,782	0,746	0,711	0,990	0,970	0,940	0,920	0,880	0,850	0,820	0,780	0,750
60	0,968	0,928	0,883	0,838	0,793	0,749	0,705	0,663	0,621	0,581	0,970	0,930	0,880	0,840	0,790	0,750	0,710	0,670	0,630
70	0,943	0,882	0,822	0,763	0,708	0,655	0,605	0,557	0,512	0,469	0,940	0,880	0,820	0,770	0,710	0,660	0,610	0,560	0,520
75	0,930	0,858	0,790	0,726	0,666	0,609	0,556	0,506	0,460	0,417	0,930	0,860	0,790	0,730	0,670	0,620	0,560	0,510	0,470
80	0,915	0,833	0,757	0,687	0,622	0,562	0,507	0,456	0,409	0,366	0,910	0,830	0,750	0,690	0,630	0,570	0,520	0,470	0,420
90	0,878	0,771	0,677	0,596	0,523	0,458	0,399	0,347	0,301	0,260	0,880	0,770	0,680	0,610	0,530	0,470	0,410	0,360	0,320
95	0,849	0,724	0,620	0,532	0,455	0,388	0,330	0,279	0,235	0,197	0,840	0,730	0,630	0,550	0,470	0,400	0,340	0,290	0,250
97	0,831	0,696	0,587	0,495	0,417	0,350	0,292	0,242	0,200	0,165	0,820	0,700	0,600	0,510	0,430	0,360	0,310	0,260	0,220
99	0,798	0,648	0,530	0,435	0,355	0,289	0,233	0,187	0,149	0,118	0,78	0,660	0,550	0,450	0,370	0,310	0,250	0,200	0,160
99,5	0,781	0,622	0,502	0,405	0,326	0,260	0,206	0,162	0,127	0,098	0,760	0,630	0,520	0,420	0,340	0,280	0,230	0,180	0,140
99,7	0,769	0,606	0,483	0,386	0,307	0,242	0,190	0,147	0,113	0,086	0,750	0,620	0,510	0,410	0,320	0,260	0,210	0,160	0,120
99,9	0,746	0,575	0,449	0,352	0,274	0,211	0,161	0,122	0,091	0,067	0,730	0,590	0,470	0,370	0,290	0,230	0,180	0,140	0,100

Окончание таблицы Г

Обеспеченность (P) в процентах	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	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
	$C_s = 5,5C_v$										$C_s = 6,0C_v$								
0,001	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,80	3,02	5,20	8,10	11,50	15,30	19,30	23,80	28,00
0,01	1,52	2,41	3,70	5,30	7,12	9,10	11,20	13,40	15,80	18,20	1,60	2,48	3,75	5,48	7,30	9,39	11,50	13,80	16,40
0,03	1,46	2,20	3,22	4,43	5,77	7,21	8,72	10,30	12,00	13,70	1,52	2,25	3,25	4,54	5,90	7,37	8,90	10,53	12,30
0,05	1,43	2,11	3,01	4,07	5,22	6,45	7,74	9,10	10,50	12,00	1,47	2,15	3,05	4,15	5,25	6,57	7,85	9,26	10,70
0,1	1,40	1,99	2,75	3,62	4,55	5,54	6,56	7,63	8,73	9,87	1,41	2,02	2,80	3,68	4,58	5,54	6,57	7,63	8,79
0,3	1,34	1,81	2,37	2,99	3,64	4,31	4,99	5,70	6,42	7,15	1,35	1,83	2,38	2,98	3,64	4,31	5,00	5,66	6,38
0,5	1,31	1,73	2,21	2,73	3,26	3,81	4,37	4,94	5,52	6,11	1,32	1,74	2,22	2,73	3,26	3,82	4,38	4,93	5,51
1	1,27	1,62	2,00	2,40	2,81	3,21	3,63	4,04	4,46	4,87	1,29	1,63	2,01	2,40	2,81	3,22	3,63	4,03	4,44
3	1,21	1,45	1,69	1,93	2,17	2,40	2,63	2,86	3,08	3,29	1,21	1,45	1,68	1,92	2,14	2,38	2,60	2,82	3,04
5	1,18	1,37	1,56	1,74	1,91	2,08	2,24	2,39	2,54	2,68	1,18	1,37	1,55	1,73	1,89	2,05	2,20	2,36	2,51
10	1,13	1,26	1,38	1,48	1,58	1,68	1,76	1,84	1,91	1,98	1,14	1,26	1,37	1,47	1,56	1,66	1,73	1,82	1,90
20	1,08	1,15	1,20	1,24	1,28	1,31	1,33	1,36	1,37	1,38	1,08	1,14	1,19	1,23	1,27	1,30	1,32	1,34	1,36
25	1,06	1,11	1,14	1,16	1,18	1,20	1,21	1,21	1,21	1,21	1,07	1,10	1,13	1,16	1,18	1,19	1,20	1,21	1,20
30	1,04	1,07	1,09	1,10	1,10	1,11	1,10	1,10	1,09	1,07	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	0,997	0,981	0,963	0,942	0,920	0,896	0,870	1,02	1,02	1,01	0,990	0,980	0,960	0,940	0,920	0,890
50	0,991	0,970	0,942	0,912	0,881	0,850	0,817	0,784	0,751	0,717	0,990	0,970	0,940	0,910	0,880	0,850	0,820	0,790	0,750
60	0,967	0,925	0,882	0,838	0,795	0,753	0,711	0,671	0,632	0,594	0,960	0,920	0,880	0,840	0,800	0,760	0,720	0,680	0,640
70	0,943	0,882	0,823	0,768	0,715	0,664	0,616	0,570	0,527	0,486	0,940	0,880	0,830	0,770	0,720	0,670	0,630	0,580	0,540
75	0,929	0,859	0,794	0,732	0,675	0,621	0,570	0,522	0,478	0,436	0,930	0,860	0,800	0,740	0,680	0,630	0,580	0,530	0,490
80	0,915	0,835	0,762	0,696	0,634	0,577	0,523	0,474	0,429	0,387	0,910	0,840	0,770	0,700	0,640	0,580	0,530	0,480	0,440
90	0,880	0,777	0,689	0,612	0,542	0,479	0,422	0,370	0,325	0,284	0,880	0,780	0,700	0,620	0,550	0,490	0,430	0,380	0,330
95	0,852	0,734	0,637	0,553	0,479	0,413	0,355	0,304	0,260	0,222	0,850	0,740	0,650	0,560	0,490	0,430	0,370	0,320	0,270
97	0,835	0,708	0,606	0,52	0,444	0,377	0,319	0,269	0,226	0,190	0,830	0,720	0,620	0,530	0,460	0,390	0,330	0,280	0,240
99	0,804	0,664	0,555	0,464	0,386	0,319	0,262	0,214	0,175	0,142	0,80	0,670	0,570	0,480	0,400	0,330	0,280	0,230	0,190
99,5	0,788	0,641	0,529	0,437	0,358	0,291	0,236	0,189	0,152	0,121	0,780	0,650	0,550	0,450	0,370	0,310	0,250	0,200	0,170
99,7	0,777	0,626	0,513	0,419	0,340	0,274	0,219	0,174	0,138	0,108	0,760	0,640	0,530	0,430	0,360	0,290	0,240	0,190	0,150
99,9	0,757	0,599	0,482	0,388	0,309	0,244	0,191	0,148	0,114	0,088	0,750	0,610	0,500	0,400	0,330	0,260	0,210	0,160	0,120

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Таблица Д – Значения нормированных отклонений от среднего значения ординат распределения Пирсона III-го типа (биномиальная кривая распределения)

Коэффициент асимметрии C_s	Значения (Φ_p) при вероятности превышения (P) в процентах																			$\Phi_{5\%}$ - $-\Phi_{95\%}$	Коэффициент скошенности (S)	
	0,01	0,1	1,0	3,0	5,0	10	20	25	30	40	50	60	70	75	80	90	95	97	99			99,9
-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	-0,120	-0,010	-0,210	-0,960	-1,90	-2,65	-4,34	-8,17	2,40	-0,93
-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	-0,095	-0,032	-0,240	-1,00	-1,90	-2,65	-4,29	-7,97	2,43	-0,91
-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	-0,072	-0,064	-0,280	-1,03	-1,93	-2,66	-4,24	-7,72	2,49	-0,89
-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	-0,036	-0,110	-0,310	-1,06	-1,94	-2,66	-4,18	-7,54	2,53	-0,86
-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	-0,006	-0,150	-0,350	-1,09	-1,96	-2,66	-4,11	-7,35	2,58	-0,83
-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	-0,027	-0,190	-0,390	-1,13	-1,97	-2,66	-4,05	-7,10	2,64	-0,80
-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	-0,057	-0,220	-0,440	-1,18	-2,00	-2,65	-3,86	-6,86	2,71	-0,76
-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	-0,085	-0,250	-0,480	-1,21	-2,00	-2,63	-3,86	-6,54	2,76	-0,71
-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	-0,120	-0,290	-0,520	-1,25	-2,00	-2,60	-3,78	-6,37	2,82	-0,67
-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	-0,160	-0,350	-0,570	-1,27	-2,02	-2,54	-3,68	-6,14	2,90	-0,62
-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	-0,200	-0,390	-0,610	-1,30	-2,00	-2,51	-3,60	-5,91	2,95	-0,57
-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	-0,240	-0,420	-0,640	-1,32	-1,99	-2,46	-3,50	-5,64	3,01	-0,51
-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	-0,280	-0,460	-0,680	-1,33	-1,97	-2,42	-3,39	-5,37	3,07	-0,45
-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	-0,310	-0,490	-0,710	-1,34	-1,95	-2,37	-3,27	-5,09	3,12	-0,39
-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	-0,350	-0,520	-0,730	-1,34	-1,92	-2,31	-3,15	-4,81	3,16	-0,34
-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	-0,380	-0,550	-0,760	-1,34	-1,88	-2,25	-3,02	-4,53	3,20	-0,27
-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	-0,410	-0,580	-0,790	-1,34	-1,84	-2,18	-2,89	-4,24	3,22	-0,22
-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	-0,440	-0,610	-0,800	-1,33	-1,80	-2,12	-2,75	-3,96	3,25	-0,17
-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	-0,470	-0,630	-0,820	-1,32	-1,75	-2,04	-2,61	-3,66	3,27	-0,11
-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	-0,500	-0,650	-0,830	-1,30	-1,70	-1,96	-2,47	-3,38	3,28	-0,05
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	-0,520	-0,670	-0,840	-1,28	-1,64	-1,88	-2,33	-3,09	3,28	0,00
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	-0,550	-0,690	-0,850	-1,26	-1,58	-1,79	-2,81	-2,81	3,28	0,06
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	-0,570	-0,71	-0,850	-1,23	-1,52	-1,70	-2,03	-2,54	3,27	0,11
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	-0,590	-0,72	-0,850	-1,20	-1,45	-1,61	-1,88	-2,27	3,25	0,17
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	-0,600	-0,73	-0,860	-1,17	-1,38	-1,52	-1,74	-2,02	3,22	0,22
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	-0,620	-0,730	-0,850	-1,13	-1,32	-1,42	-1,59	-1,79	3,20	0,28

Продолжение таблицы Д

Коэффициент асимметрии C_s	Значения (Φ_r) при вероятности превышения (P) в процентах																			$\Phi_{5\%}$ - $-\Phi_{95\%}$	Коэффициент скошенности (S)	
	0,01	0,1	1,0	3,0	5,0	10	20	25	30	40	50	60	70	75	80	90	95	97	99			99,9
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	-0,630	-0,740	-0,840	-1,08	-1,24	-1,33	-1,45	-1,58	3,16	0,34
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	-0,640	-0,730	-0,830	-1,04	-1,17	-1,23	-1,32	-1,39	3,12	0,39
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	-0,640	-0,730	-0,810	-0,990	-1,10	-1,14	-1,2	-1,24	3,07	0,45
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	-0,640	-0,720	-0,800	-0,940	-1,02	-1,06	-1,09	-1,11	3,01	0,51
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	-0,640	-0,710	-0,780	-0,900	-0,950	-0,970	-0,990	-1,00	2,95	0,57
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	-0,640	-0,690	-0,750	-0,842	-0,882	-0,895	-0,905	-0,910	2,89	0,62
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	-0,620	-0,670	-0,720	-0,792	-0,820	-0,826	-0,830	-0,833	2,82	0,67
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	-0,610	-0,660	-0,700	-0,746	-0,764	-0,766	-0,770	-0,770	2,76	0,72
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	-0,600	-0,640	-0,670	-0,703	-0,711	-0,714	-0,715	-0,715	2,71	0,76
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	-0,590	-0,620	-0,640	-0,661	-0,665	-0,666	-0,666	-0,667	2,64	0,80
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	-0,570	-0,590	-0,610	-0,621	-0,625	-0,625	-0,625	-0,625	2,59	0,83
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	-0,550	-0,570	-0,580	-0,586	-0,587	-0,588	-0,588	-0,588	2,53	0,86
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	-0,540	-0,540	-0,550	-0,555	-0,556	-0,556	-0,556	-0,556	2,48	0,89
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	-0,510	-0,520	-0,520	-0,526	-0,526	-0,526	-0,526	-0,527	2,43	0,91
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	-0,490	-0,490	-0,500	-0,500	-0,500	-0,500	-0,500	-0,500	2,40	0,92
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	-0,470	-0,473	-0,475	-0,476	-0,476	-0,476	-0,477	-0,477	2,36	0,94
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	-0,451	-0,454	-0,455	-0,455	-0,455	-0,455	-0,455	-0,455	2,32	0,95
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	-0,432	-0,432	-0,435	-0,435	-0,435	-0,435	-0,435	-0,435	2,28	0,97
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	-0,416	-0,416	-0,416	-0,416	-0,416	-0,416	-0,417	-0,417	2,23	0,98
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	-0,399	-0,400	-0,400	-0,400	-0,400	-0,400	-0,400	-0,400	2,18	0,98
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	-0,384	-0,385	-0,385	-0,385	-0,385	-0,385	-0,385	-0,385	2,12	0,98
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	-0,370	-0,370	-0,370	-0,370	-0,370	-0,370	-0,370	-0,370	2,07	1,00
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	-0,360	-0,360	-0,360	-0,360	-0,360	-0,360	-0,360	-0,360	2,03	1,00
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	-0,350	-0,350	-0,350	-0,350	-0,350	-0,350	-0,350	-0,350	1,99	1,00
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	-0,340	-0,340	-0,340	-0,340	-0,340	-0,340	-0,340	-0,340	1,94	1,00
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	-0,340	-0,340	-0,340	-0,340	-0,340	-0,340	-0,340	-0,340	1,90	1,00
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	-0,330	-0,330	-0,330	-0,330	-0,330	-0,330	-0,330	-0,330	1,85	1,00

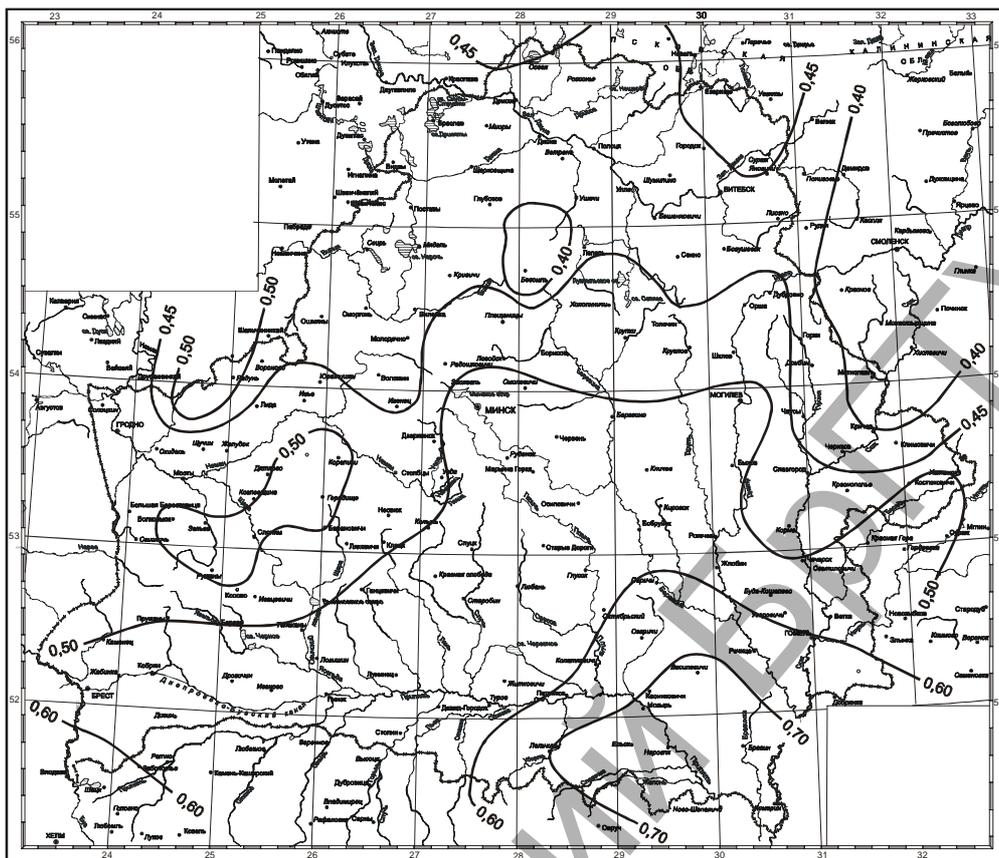


Рисунок Е.1 – Карта коэффициентов вариации слоя стока весеннего половодья, мм

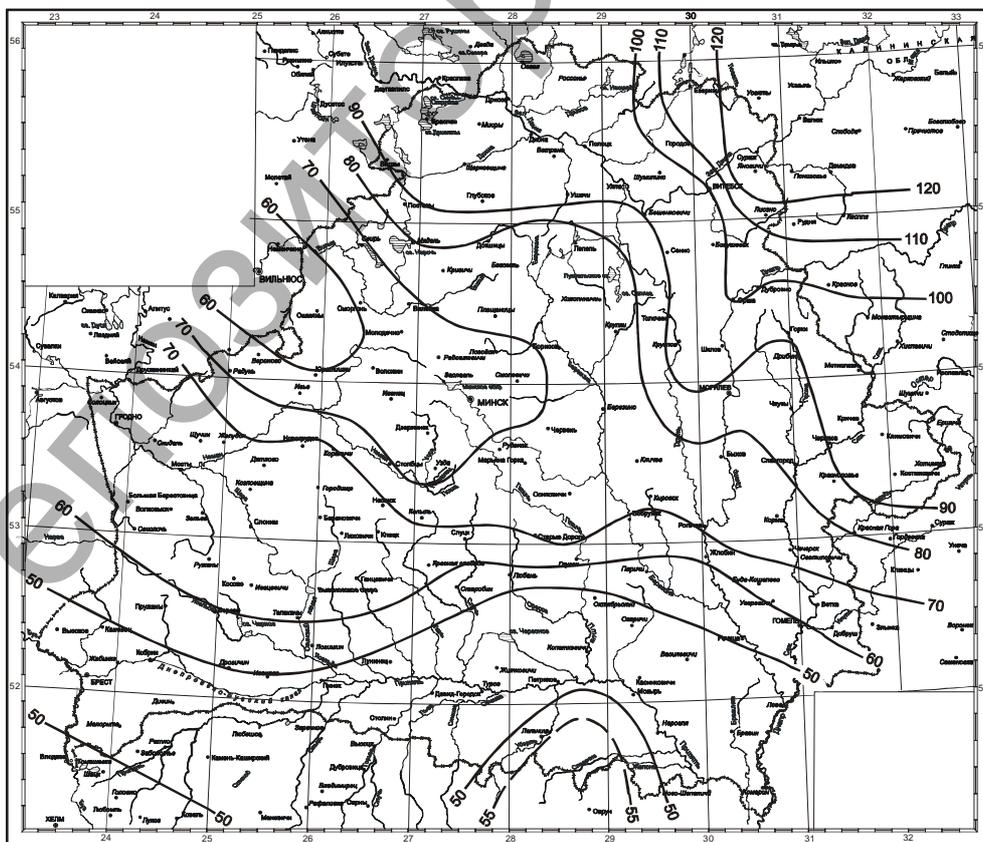


Рисунок Е.2 – Карта среднемноголетнего слоя стока весеннего половодья, мм

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

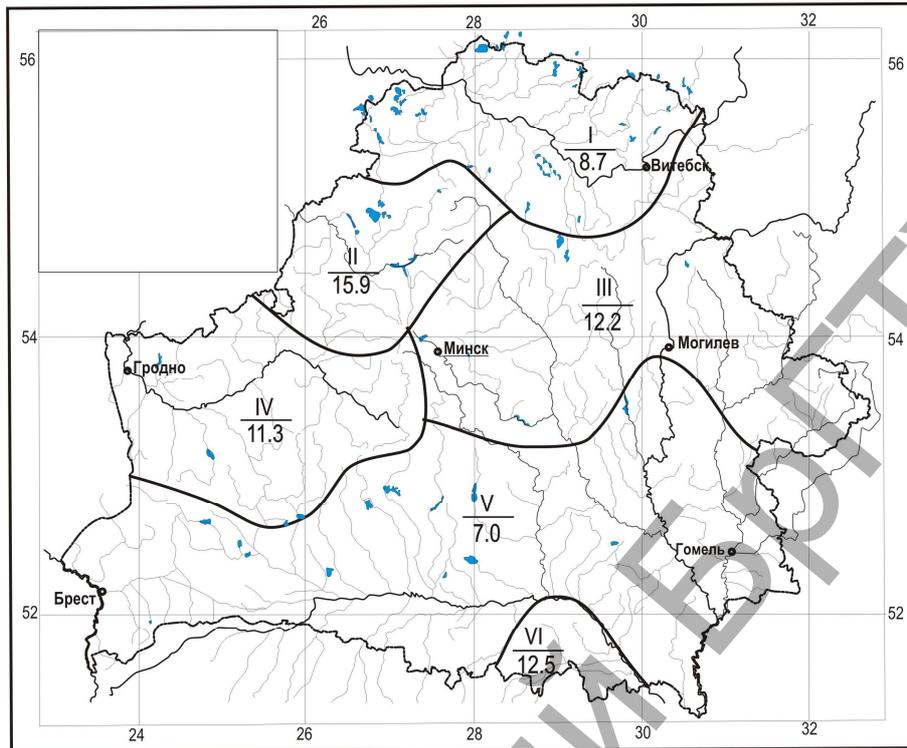


Рисунок – Параметр a в формуле (4.9)

ПРИЛОЖЕНИЕ И

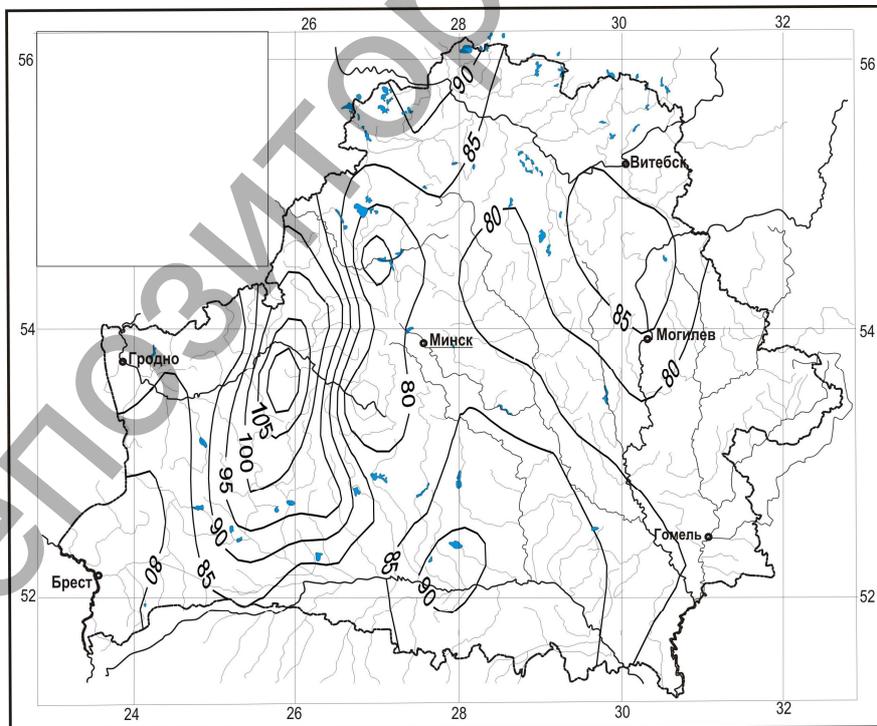


Рисунок – Максимальный суточный слой осадков 1 %-ной обеспеченности