

Д.Е. Клименко

# РЕЧНОЙ СТОК И ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ

Практикум по курсу



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Пермский государственный национальный  
исследовательский университет»

Д.Е. Клименко

**РЕЧНОЙ СТОК И ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ  
РАСЧЕТЫ  
(ПРАКТИКУМ ПО КУРСУ)**

Пермь 2014

УДК 556.166  
ББК 2.26.222.5  
К 492

Клименко Д.Е. Речной сток и гидрологические расчеты  
К 492 (практикум по курсу) / Д.Е. Клименко; Перм. гос. нац.  
исслед. ун-т. – Пермь, 2014. – 143 с. : ил.

ISBN \*\*\*

Даются рекомендации по выполнению практических работ по курсу «Речной сток и гидрологические расчеты». Рассматриваются методы расчета основных гидрологических характеристик в соответствии с действующим нормативом СП 33-101-2003. Приводятся примеры расчетов, прилагаются справочные материалы.

Издание предназначено для студентов вузов, обучающихся по направлениям «Гидрометеорология», «Прикладная гидрометеорология», а также специалистов в области инженерно-гидрометеорологических изысканий.

**УДК 556.166**  
**ББК 2.26.222.5**

Печатается по постановлению редакционно-издательского совета Пермского государственного национального исследовательского университета.

*Рецензенты: профессор, д.г.н. В.М. Евстигнеев (МГУ им. М.В. Ломоносова, кафедра гидрологии суши); ООО НИПППД "Недра"*

ISBN \*\*\*\*\*

© Клименко Д.Е., 2014  
© Пермский государственный  
национальный исследовательский  
университет, 2014

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Работа №1. Вычисление ежедневных расходов воды; оценка точности и достоверности исходной гидрометрической информации.....	6
Работа №2. Оценка гидрологических рядов на независимость и однородность.....	21
Работа №3. Определение нормы и статистических параметров стока при недостаточности данных наблюдений (периоды совместных наблюдений более 6 лет).....	28
Работа №4. Определение нормы и коэффициента вариации стока при недостаточности данных наблюдений (периоды совместных наблюдений менее 6 лет).....	42
Работа №5. Оценка статистических параметров стока по материалам многолетних наблюдений.....	47
Работа №6. Расчет внутригодового распределения стока.....	58
Работа №7. Расчет внутригодового распределения суточного стока воды и коэффициента естественной зарегулированности стока.....	68
Работа №8. Определение максимальных расходов воды весеннего половодья при отсутствии материалов наблюдений.....	75
Работа №9. Определение максимальных расходов воды дождевых паводков при отсутствии материалов наблюдений (формулы I, II типов, для водосборов площадью более 200 км <sup>2</sup> ).....	82
Работа №10. Определение максимальных расходов воды дождевых паводков при отсутствии материалов наблюдений (формула III типа, для водосборов площадью менее 200 км <sup>2</sup> ).....	85
Работа №11. Определение минимальных расходов воды летне-осенней и зимней межени.....	90
Работа №12. Расчет гидрографов весеннего половодья и дождевых паводков.....	97
Работа №13. Учет исторических максимумов при определении расчетных гидрологических характеристик.....	103
Работа №14. Расчет высших уровней воды различного генезиса на неизученных реках и озерах.....	108
Список литературы.....	112
Приложение 1. Координаты нормального распределения вероятностей.....	114
Приложение 2. Координаты распределения статистики Фишера F.....	115
Приложение 3. Координаты распределения статистики Стьюдента t.....	116
Приложение 4. $\alpha$ %-ные критические значения статистики Смирнова-Граббса ( $G_N$ ).....	117
Приложение 5. Клетчатки вероятности, спрямляющая кривые обеспеченности при Cs=0.....	119
Приложение 6. Нормированные отклонения от среднего значения ординат биномиального распределения Пирсона III типа.....	125
Приложение 7. Ординаты кривых трехпараметрического гамма-распределения С.Н. Крицкого и М.Ф. Менкеля.....	127

## Введение

Курс «Речной сток и гидрологические расчеты» является важнейшим в подготовке специалистов-гидрологов. Исследования речного стока – центральная задача инженерной гидрологии и инженерно-гидрометеорологических изысканий. Последнее пособие по данному курсу, изданное на кафедре гидрологии Пермского университета более 20 лет назад (составители А.М. Комлев, И.А. Старков, 1988 г.), опиралось на методы расчета, закрепленные в СНиП 2.01.14-83 (в настоящее время отменен), и позднее не обновлялось и не переиздавалось.

Настоящее пособие разработано в соответствии с программой курса и содержит рекомендации по выполнению наиболее характерных видов гидрологических расчетов в составе инженерно-гидрометеорологических изысканий (всего 14 практических работ). Рассматриваются вопросы обработки материалов годичных гидрометрических наблюдений и подсчета ежедневных расходов воды; оценки стационарности и однородности временных рядов; определения расчетных характеристик стока и статистических параметров их распределения в случае наличия или недостаточности материалов наблюдений; расчета внутригодового распределения стока различными способами. Большое внимание уделяется методам определения характеристик максимального и минимального стока, высших уровней воды в случае отсутствия материалов наблюдений.

Представленные в пособии рекомендации опираются на методы расчета стока, закрепленные в нормативе «Определение основных расчетных гидрологических характеристик» (СП 33-101-2003). Однако, в настоящее время территориальные строительные нормы к СП 33-101-2003, касающиеся абсолютного большинства регионов России, не разработаны (не говоря уже о странах ближнего зарубежья). Исходя из этого издание (как и СП 33-101-2003) в отдельных случаях ссылается на пособие по определению расчетных гидрологических характеристик и приложения к нему, а также на региональные справочники «Ресурсы поверхностных вод СССР». Вместе с тем приводятся рекомендации по самостоятельному определению расчетных параметров (например, коэффициентов редукции) на основании опубликованных материалов наблюдений.

Издание снабжено справочным материалом (координаты статистических распределений, клетчатки вероятностей и т.п.), облегчающим поиск информации при выполнении расчетов стока, а также примерами. Исходными данными для выполнения расчетов в большинстве случаев являются издания государственного водного

кадастра (гидрологические ежегодники, основные гидрологические характеристики, многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод), «Ресурсы поверхностных вод СССР», Атлас расчетных карт и номограмм (приложение 1 к «Пособию по определению расчетных гидрологических характеристик»).

Работа №1 по содержанию соответствует программе курса «Методы и средства гидрометеорологических измерений», направлена на закрепление ранее полученных знаний и применение их при анализе точности и достоверности исходной гидрометрической информации.

Представленное издание не является нормативным документом.

Для облегчения процедуры выполнения практических работ студентам рекомендуется соблюдать следующие требования:

1) при выполнении практических работ каждому учащемуся желательно использовать одни и те же расчетные створы и створы-аналоги;

2) посты и расчетные периоды не должны повторяться у разных студентов одной и той же группы;

3) каждая практическая работа оформляется в соответствии с требованиями к оформлению курсовых и дипломных работ, утвержденными на кафедре гидрологии и охраны водных ресурсов ПГНИУ, и сдается в распечатанном и скрепленном виде;

4) для проверки правильности расчетов преподаватель имеет право попросить предоставить выкопировки исходных данных, а также расчетные файлы в электронном виде.

Автор выражает благодарность профессору кафедры гидрологии суши МГУ Валерию Михайловичу Евстигнееву за знакомство с рукописью и конструктивные замечания по содержанию практических работ.

Работа №1. Вычисление ежедневных расходов воды; оценка точности и достоверности исходной гидрометрической информации

Использование в гидрологических расчетах характеристик стока по постам сопряжено с анализом их точности и достоверности. В отдельных случаях возникает необходимость пересчета ежедневных расходов воды. Данная практическая работа направлена на формирования навыков анализа и обработки исходной гидрометрической информации.

### ***Исходные данные***

Используются таблицы ежедневных расходов воды (ЕРВ) и измеренных расходов воды (ИРВ) по выбранному посту за расчетный год, а также за смежные годы (период наблюдений по расчетному створу должен быть не менее 20 лет, что необходимо для использования результатов в дальнейших расчетах).

### ***Рекомендации по выбору исходных данных***

В качестве исходных данных используются стандартные таблицы по выбранному посту, опубликованные в гидрологических ежегодниках. Приступая к выбору исходных данных, следует помнить, что ИРВ публиковались с 1936 до 1974 г. включительно.

Выбор расчетного поста и расчетного года следует начинать с анализа описания участка поста, помещенного в начале гидрологического ежегодника; описания явлений, которые приводятся в подвале таблицы ЕУВ; имеющегося картографического материала по участку поста и расчетному водосбору. Анализ производится для установления причин, искажающих естественный уровеньный и ледовый режимы реки, характер зарастания русла и русловых деформаций, нарушающих нормальную связь расходов и уровней воды.

К числу таких причин относятся: 1) подпор от нижележащего водного объекта (реки, водохранилища, моста и т.п.) и переменный подпор; 2) наличие регуляционных сооружений выше по течению (плотин, регулирующих сток); 3) заторы, зажоры, наледи, приводящие к повышению уровня воды, не связанного с увеличением расхода воды; 4) молевой сплав леса, приводящий к заломам; 5) существенные естественные или искусственные деформации русла;

- наличие широкой затопляемой поймы, покрытой лесной или кустарниковой растительностью.

Кроме факторов, искажающих естественный ход уровня, следует обращать внимание на подъемы уровня в период формирования ледяного покрова осенью (в эти периоды возникает необходимость

выполнения срезок уровней), на периоды с низким качеством наблюдений.

При анализе таблицы ИРВ следует учитывать следующие требования:

- измерения в течение всего года должны проводиться в одном и том же гидростворе;

- измеренные расходы воды в период открытого русла (т.е. расходы, измеренные при состоянии реки «св») должны освещать амплитуду уровней не менее чем на 75% (в случае, если верхняя часть кривой расходов не освещена наблюдениями текущего года, могут потребоваться данные измерений смежных лет, выполненные при максимальных уровнях воды);

- количество измеренных расходов воды в период открытого русла должно быть достаточным для освещения кривой расходов (обычно 15-20 измерений); в период ледостава и зарастания русла должно быть измерено не менее 1-го расхода воды в месяц (в идеальном случае расходы измеряются ежедекадно); для подсчета стока за зимний период следует обязательно использовать сведения о последнем измеренном расходе воды предыдущего года и первом расходе последующего года;

- при наличии мертвых пространств для анализа используется общая площадь водного сечения, а не площадь живого сечения; аналогично следует поступать при наличии погруженного льда (используется общая площадь при заданном уровне, а не только площадь водного сечения).

На основании указанных требований составляется описание исходных данных.


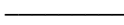





### ***Методические указания по ходу выполнения работы***

#### **1. Построение кривых $Q=f(H)$ , $F=f(H)$ , $v_{cp}=f(H)$**

Ежедневные расходы воды (ЕРВ) рассчитываются для одного выбранного гидроствора на посту за период с достаточным количеством измеренных расходов, а также с учетом надежных сведений по ЕУВ. Приступая к построению кривых по данным таблицы ЕУВ, определяется период открытого русла, а также высший и низший срочные уровни за период наблюдений. При определении экстремальных уровней воды необходимо ориентироваться на срочные значения (в подвале таблицы ЕУВ приводятся срочные данные, отличающиеся от среднесуточных ежедневных величин). В таблице ИРВ анализируются расходы воды периода открытого русла (т.е. расходы, измеренные при состоянии реки «св»).



При определении периода открытого русла необходимо ориентироваться на условные обозначения в таблице ЕУВ, расположенные справа от значений уровня воды:

Условный знак в таблице ЕУВ	Условный знак на комплексном графике	Обозначение
)		- забереги
:		- сало
x		- шугоход редкий
*		- шугоход густой
○		- ледоход редкий
●		- ледоход густой и средний
		- ледостав
		- вода поверх льда
п		- подвижка льда

По данным таблицы ИРВ выполняется предварительное построение графиков связи вида  $Q=f(H)$ ,  $F=f(H)$ ,  $v_{cp}=f(H)$ . Образец чертежа представлен на рис. 1.1. Особенностью данного чертежа является наличие единой оси уровней ( $H$ , см) для всех зависимостей. Построение графика ведется либо вручную на миллиметровке с использованием лекало, либо средствами AutoCAD. Для предварительных построений возможно использование средств Microsoft Excel, однако представление окончательных графиков, выполненных таким образом, недопустимо.

Результаты измерений наносятся на графики с использованием следующих условных знаков (размеры всех условных знаков составляют 2 мм):

- - расходы воды, измеренные при открытом русле;
- - расход воды, измеренный в зарастающем русле;
- - расход воды, измеренный в период ледостава.

По центрам тяжести нанесенных на график точек строят плавные кривые. При этом масштаб для построения кривых выбирается таким образом, чтобы они наиболее полно занимали площадь листа формата А3, кривая расходов должна проходить приблизительно под углом 45° и иметь (наряду с кривой площадей) положительную выпуклость во всем диапазоне измерений (т.е. все точки кривой должны лежать ниже любой ее касательной). Кривая скоростей может иметь сложную форму.



Кривые зависимостей  $Q$ ,  $F$ ,  $v=f(H)$   
 Река Большая Инзер Пункт х. Калышта Год 1952

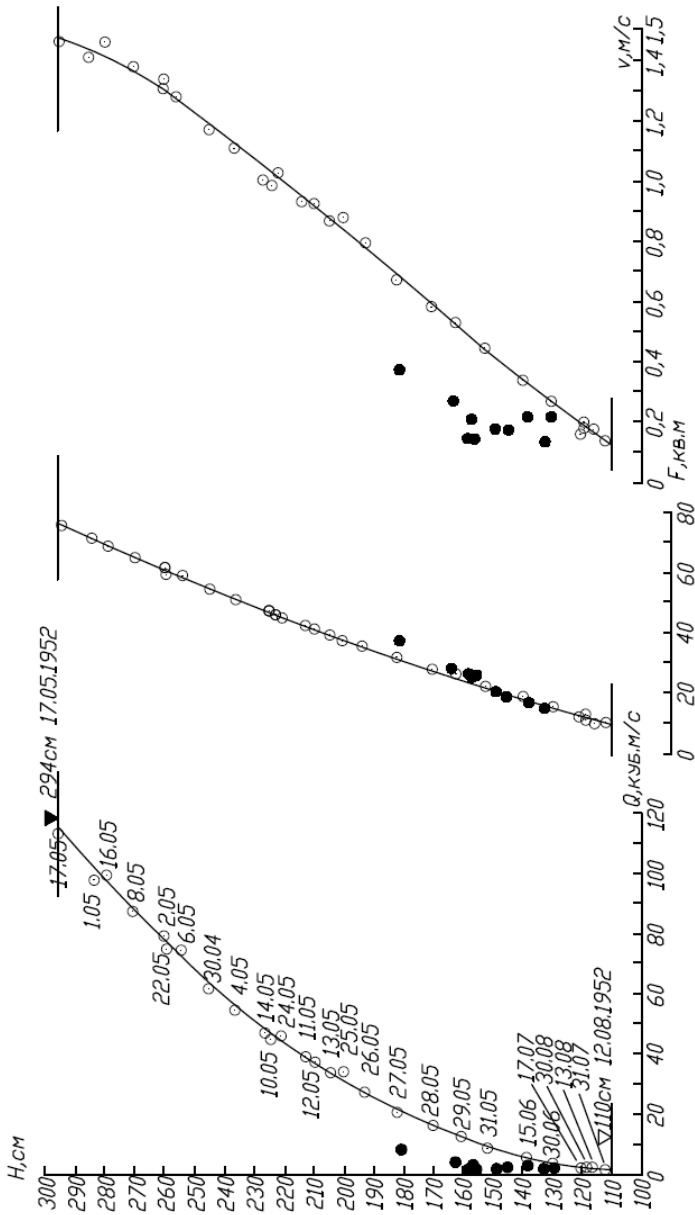


Рис. 1.1. Пример оформления кривых зависимостей  $Q$ ,  $F$ ,  $v=f(H)$



Точки, соответствующие измерениям при ледоставе и зарастающем русле, учитываются только при построении кривых площадей (при этом данные точки наносятся на все зависимости).

Таблица 1.1

Исходные данные по уровням воды (ЕУВ)

1952 г.												
101. р. БОЛЬШОЙ ИНЗЕР – х. КАЛЫШТА												
<i>Отметка нуля графика 410,72 м абс.</i>												
Число	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	153 I	153I	149I	152I	278	147	128	111	118	119	138I	138I
2	153 I	153I	149I	151I	256	144	126	111	119	119	138I	138I
3	152 I	153I	149I	151I	239	142	123	111	124	120	138I	138I
4	152 I	152I	149I	150I	235	140	124	111	126	134	136I	138I
5	152 I	152I	149I	151I	239	144	130	111	122	136	138I	140I
6	150 I	152I	149I	151I	256	143	136	111	120	175	138I	141I
7	150 I	151I	148I	151I	252	153	129	111	118	154	138I	142I
8	149 I	151I	148I	152I	268	156	129	111	116	142	138I	143I
9	148 I	151I	148I	152I	266	164	126	111	115	135	134I	146I
10	148 I	150I	148I	154I	229	158	132	111	114	131	138I	148I
11	149 I	150I	148I	156I	216	154	137	110	114	128	138I	148I
12	148 I	150I	148I	157I	210	166	138	110	113	126	136I	150I
13	148 I	149I	147I	156I	207	157	130	114	113	125	128I	150I
14	147 I	149I	147I	157I	220	146	126	116	113	124	130I	149I
15	147 I	149I	147I	158I	242	139	124	138	113	123	128I	149I
16	147 I	148I	148I	158I	272	134	122	128	113	124	134I	149I
17	147 I	148I	148I	158I	285	133	120	122	113	122 ●	134I	149I
18	148 I	148I	148I	158I	280	138	119	120	113	116 ●	134I	148I
19	148 I	149I	149I	160I	273	206	118	118	114	120)●	133I	148I
20	149 I	149I	150I	163I	272	170	117	118	115	122)●	134I	147I
21	150 I	149I	151I	164I	276	155	116	116	114	125)●	136I	147I
22	150 I	149I	151I	168I	258	146	116	114	115	120	136I	147I
23	151 I	148I	151I	174I	242	140	115	114	115	122	138I	146I
24	151 I	149I	152I	177I	222	139	114	114	116	122 ●	140I	146I
25	152 I	149I	151I	182I	204	137	114	116	118	122)●	141I	145I
26	152 I	149I	151I	194I	194	132	113	117	118	116)●	142I	145I
27	152 I	149I	152I	246●	186	130	113	118	118	122)●	141I	144I
28	152 I	149I	152I	271●	172	128	113	120	118	122)●	141I	143I
29	152 I		153I	250	164	132	112	120	120	149)●	140I	143I
30	152 I		152I	251	155	130	112	118	119	138I	139I	145I
31	152 I		152I		152		112	117		132I		145I
Средн	150	150	149	172	233	147	122	116	117	129	137	145
Наиб	153	153	153	277	294	220	141	140	127	178	142	150
Наим	147	148	147	150	150	128	112	110	113	115	128	138

Средний годовой 147. Высший 294 17/V. Низший 110 11, 12/VIII.  
13-26/IV закраины; 27,28/IV затор льда ниже водпоста; 29/X загор.



## 2. Увязка кривых $Q=f(H)$ , $F=f(H)$ , $v_{cp}=f(H)$

Поскольку кривая расходов характеризуется определенным разбросом точек, выполняется ее увязка. Для этого составляется специальная таблица (табл. 1.2), в которую для определенных значений уровня, кратных 10 см и выбираемых через 10 или 20 см, записываются снятые с кривых  $F=f(H)$ ,  $v_{cp}=f(H)$  соответствующие значения  $F$  и  $v_{cp}$ . Произведение площади водного сечения  $F$  на среднюю скорость  $v_{cp}$  для выбранных значений уровня воды  $H$  определяет в итоге вычисленный расход воды  $Q_{выч}$ . Эти данные заносятся в таблицу. Затем для тех же значений уровня воды  $H$  с кривой  $Q=f(H)$  снимаются значения «расходов с кривой»  $Q_{кр}$  и заносятся в таблицу. Сравнивая величины  $Q_{выч}$  и  $Q_{кр}$ , вычисляются значения расхождений между ними, %:

$$\Delta = \frac{2 \cdot (Q_{кр} - Q_{выч})}{(Q_{кр} + Q_{выч})} \cdot 100\% . \quad (1.1)$$

Эти расхождения заносятся в таблицу. По абсолютной величине расхождения не должны превышать 2%, а сумма должна быть близка к 0 (не более 1,5%).

Для контроля положительной выпуклости кривой  $Q=f(H)$  вычисляются приращения расходов в выбранных интервалах уровня воды (10 или 20 см). Вначале вычисляются величины  $\Delta Q$  (как разница значений расходов воды, снятых с кривой при двух смежных уровнях воды), затем – величины  $\Delta\Delta Q$  (определяются путем деления величины  $\Delta Q$  на разницу смежных значений уровня воды, т.е. на величину приращения уровня).

*Для обычных (непетлеобразных) кривых расходов величины  $\Delta\Delta Q$  должны быть либо постоянными в определенных диапазонах уровня воды (прямолинейные участки), либо постепенно возрастающими от минимальных значений уровня воды к максимальным. С ростом уровня воды величина  $\Delta\Delta Q$  убывать не может.*

При увязке кривых следует исходить из того, что наиболее надежной является зависимость  $F=f(H)$ , а наименее надежной –  $v_{cp}=f(H)$ . В тех случаях, когда величины  $\Delta Q$  превышают допустимые пределы, выполняется корректировка кривых. При корректировке кривых необходимо стремиться к такому их наведению, чтобы величины отклонений эмпирических точек от кривой в обе стороны были равновеликими.

Таблица 1.2

Пример заполнения таблицы увязки кривых  $Q=f(H)$ ,  $F=f(H)$ ,  $v_{cp}=f(H)$   
(р. Б. Инзер – х. Кальшта, 1952 г.)

№ п/п	$H$ , см	$Q_{кр}$ , м <sup>3</sup> /с	$\Delta Q$ , м <sup>3</sup> /с	$\Delta\Delta Q$ , м <sup>3</sup> /с	$F$ , м <sup>2</sup>	$v$ , м/с	$Q_{выч}$ , м <sup>3</sup> /с	$\Delta$ , %
1	120	2,15			12,1	0,18	2,18	1,30
2	130	4,10	1,95	0,195	15,0	0,27	4,05	-1,22
3	140	6,40	2,30	0,230	18,9	0,34	6,43	0,41
4	150	9,20	2,80	0,280	22,0	0,42	9,24	0,43
5	160	12,7	3,50	0,350	25,1	0,51	12,8	0,80
6	170	16,8	4,10	0,410	28,2	0,6	16,9	0,71
7	180	21,1	4,30	0,430	31,3	0,68	21,3	0,87
8	190	26,2	5,10	0,510	34,4	0,76	26,1	-0,21
9	200	32,0	5,80	0,580	37,7	0,84	31,7	-1,04
10	210	37,9	5,90	0,590	41,4	0,92	38,1	0,50
11	220	44,7	6,80	0,680	45,1	0,99	44,6	-0,11
12	230	52,1	7,40	0,740	49,0	1,07	52,4	0,63
13	240	61,5	9,40	0,940	53,0	1,16	61,5	-0,03
14	250	71,0	9,50	0,950	57,5	1,23	70,7	-0,39
15	260	80,8	9,80	0,980	62,0	1,3	80,6	-0,25
16	270	90,6	9,80	0,980	66,0	1,37	90,4	-0,20
17	280	100	9,80	0,980	70,0	1,42	99,4	-1,00
18	290	110	9,90	0,990	74,9	1,44	108	-1,00
Сумма $\Delta$ , %								0,21

### 3. Оценка процентного отклонения измеренных расходов воды $Q_{изм}$ от кривой $Q_{кр}=f(H)$

Завершающим этапом анализа кривой  $Q=f(H)$  является оценка степени рассеивания точек, соответствующих измеренным при открытом русле расходам воды. Результаты заносятся в таблицу отклонений измеренных расходов от расходов, вычисленных по кривой (табл. 1.3). Графы 1-4 таблицы заполняются на основании



таблицы ИРВ (используются величины расходов открытого русла). Величина  $Q_{кр}$  (графа 5) снимается для соответствующего уровня  $H$ . Далее вычисляются абсолютные (графа 6) и относительные (графа 7) отклонения  $Q_{изм}$  от  $Q_{кр}$ .

Наибольшие величины отклонений в верхней части кривой не должны превышать 6% по абсолютной величине, а в нижней – 12%. Сумма отклонений не должна превышать 4% (т.е. суммы положительных и отрицательных отклонений должны быть равновелики). Средняя вероятная ошибка построения кривой вычисляется по формуле

$$\sigma = 0,674 \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta_i)^2}{n}}, \quad (1.2)$$

где  $\Delta_i$  – относительное отклонение, %;  $n$  – число расходов, принятых для построения кривой. Величина вероятной ошибки должна находиться в пределах 2-4%.

В случае, если допустимые отклонения, их сумма и вероятная ошибка превышают допустимые пределы, выполняется корректировка кривой. При этом неизбежно заново выполняется увязка кривых на основании новых (откорректированных) координат кривой  $Q=f(H)$ . После увязки и корректировки кривая расходов экстраполируется в область максимальных уровней (до отметки наивысшего срочного уровня воды). Экстраполяция кривой  $Q=f(H)$  производится посредством графической экстраполяции кривых  $F=f(H)$  и  $v_{cp}=f(H)$ . В случае, если необходима экстраполяция на величину более 20% полной амплитуды уровней, необходимо нанести на графики расходы воды смежных лет, измеренные при высших уровнях воды. Законченный вариант корректировки кривых обсуждается с преподавателем и оформляется. После этого заполняется таблица координат кривой.

#### 4. Заполнение таблицы координат кривой $Q=f(H)$

Таблица координат кривой (табл. 1.4) составляется для удобства вычисления ежедневных расходов воды. В первую графу вносятся значения уровней с интервалом 10 см, во вторую – соответствующие им расходы воды. После заполнения всех таблиц расходы воды при одних и тех же уровнях должны быть идентичными по всем таблицам практической работы.

Таблица 1.3

Процентное отклонение измеренных расходов воды ( $Q_{изм}$ ) от вычисленных по кривой  $Q=f(H)$  (р. Б. Инзер – х. Калышта, 1952 г.)

№ п/п	Дата измерения расхода	H, см	$Q_{изм}, M^3/c$	$Q_{кр}, M^3/c$	$Q_{кр} - Q_{изм}$	$\Delta_i = (Q_{кр} - Q_{изм}) \times 100 / Q_{кр}, \%$
6	30/IV	245	64,0	66,3	2,30	3,5
7	1/V	284	101	104	2,00	1,9
8	2/V	260	81,7	80,8	-1,60	-2,0
9	4/V	236	56,8	57,7	0,70	1,2
10	6/V	254	75,3	74,9	-0,40	-0,5
11	8/V	270	88,9	90,6	1,20	1,3
12	10/V	224	46,5	47,7	1,00	2,1
13	11/V	213	40,2	39,9	-0,20	-0,5
14	12/V	210	38,6	37,9	-0,70	-1,8
15	13/V	204	34,3	34,4	-0,10	-0,3
16	14/V	225	47,1	48,4	1,10	2,3
17	16/V	279	101	99,4	-2,00	-2,0
18	17/V	294	111	114	2,00	1,8
19	22/V	260	79,3	80,8	0,80	1,0
20	24/V	222	46,9	46,2	-0,90	-1,9
21	25/V	200	33,1	32,0	-1,10	-3,4
22	26/V	193	28,4	27,9	-0,40	-1,4
23	27/V	182	21,6	22,1	0,40	1,8
24	28/V	170	16,6	16,8	0,20	1,2
25	29/V	162	13,9	13,5	-0,40	-3,0
26	31/V	152	9,90	9,90	0,00	0,0
27	15/VI	139	6,33	6,17	-0,13	-2,1
28	30/VI	130	4,13	4,10	-0,03	-0,7
29	17/VII	120	2,15	2,15	0,00	0,0
30	31/VII	112	1,41	1,31	0,00	0,0
31	13/VIII	117	2,01	1,84	0,00	0,0
32	30/VIII	119	2,25	2,05	-0,05	-2,4
33	28/IX	119	2,16	2,05	0,04	2,0
						$\Sigma = -2,20$



Таблица 1.4

Координаты кривой расходов воды (р. Б. Инзер – х. Калышта, 1952 г.)

$H$ , см	$\Delta Q$ , м <sup>3</sup> /с 10 см	Значения расходов $Q$ , м <sup>3</sup> /с при уровнях воды $H$ , см									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
110		1,10	1,21	1,31	1,42	1,52	1,63	1,73	1,84	1,94	2,05
	0,105										
120		2,15	2,35	2,54	2,74	2,93	3,13	3,32	3,52	3,71	3,91
	0,195										
130		4,10	4,33	4,56	4,79	5,02	5,25	5,48	5,71	5,94	6,17
	0,230										
140		6,40	6,68	6,96	7,24	7,52	7,80	8,08	8,36	8,64	8,92
	0,280										
150		9,20	9,55	9,90	10,3	10,6	11,0	11,3	11,7	12,0	12,4
	0,350										
160		12,7	13,1	13,5	13,9	14,3	14,8	15,2	15,6	16,0	16,4
	0,410										
170		16,8	17,2	17,7	18,1	18,5	19,0	19,4	19,8	20,2	20,7
	0,430										
180		21,1	21,6	22,1	22,6	23,1	23,7	24,2	24,7	25,2	25,7
	0,510										
190		26,2	26,8	27,4	27,9	28,5	29,1	29,7	30,3	30,8	31,4
	0,580										
200		32,0	32,6	33,2	33,8	34,4	35,0	35,5	36,1	36,7	37,3
	0,590										
210		37,9	38,6	39,3	39,9	40,6	41,3	42,0	42,7	43,3	44,0
	0,680										
220		44,7	45,4	46,2	46,9	47,7	48,4	49,1	49,9	50,6	51,4
	0,740										
230		52,1	53,0	54,0	54,9	55,9	56,8	57,7	58,7	59,6	60,6
	0,940										
240		61,5	62,5	63,4	64,4	65,3	66,3	67,2	68,2	69,1	70,1
	0,950										
250		71,0	72,0	73,0	73,9	74,9	75,9	76,9	77,9	78,8	79,8
	0,980										
260		80,8	81,8	82,8	83,7	84,7	85,7	86,7	87,7	88,6	89,6
	0,980										
270		90,6	91,6	92,6	93,5	94,5	95,5	96,5	97,5	98,4	99,4
	0,980										
280		100	101	102	103	104	105	106	107	108	109
	0,990										
290		110	111	112	113	114	–	–	–	–	–

### 5. Вычисление коэффициентов $K_{зим}$ и $K_{зар}$

Подсчет стока за период ледостава производится с использованием кривой расходов воды и переходных коэффициентов  $K_{зим}$  и  $K_{зар}$ , которые представляют собой отношение измеренного расхода воды ( $Q_{изм}$ ) к расходу воды, снятому с кривой ( $Q_{кр}$ ), при одном и том же уровне воды. Коэффициент  $K_{зим}$  вводится при формировании первых ледовых явлений осенью до окончания ледовых явлений

весной (в даты начала и окончания ледовых явлений коэффициент принимается равным 1). Для вычисления величин  $K_{зим}$  в начале и в конце года необходимо использовать измеренные расходы смежных с расчетным годом лет. Коэффициент  $K_{зар}$  вводится с появлением растительности в русле до момента понижения температуры воды ниже 10°C, соответствующего отмиранию водной растительности (в даты появления и начала отмирания водной растительности величина  $K_{зар}$  принимается равной 1). Результаты вычислений заносятся в табл. 1.5.

Таблица 1.5

Вычисление коэффициентов  $K_{зим}$  (р. Б. Инзер – х. Кальшта, 1952 г.)

№ расхода	Дата	H, см	$Q_{изм}, M^3/c$	$Q_{кр}, M^3/c$	$K_{зим}$
Год 1951					
1	8/II	160	1,2	12,7	0,09
Год 1952					
1	13/IV	156	1,81	11,3	0,16
2	16/IV	158	1,92	12,0	0,16
3	18/IV	157	2,64	11,7	0,23
4	21/IV	163	4,30	13,9	0,31
5	25/IV	181	8,96	21,6	0,41
34	31/X	132	1,80	4,56	0,39
35	8/XI	138	3,26	5,94	0,55
36	14/XI	130	2,36	4,10	0,58
37	14/XII	149	1,75	8,92	0,20
38	30/XII	145	1,41	7,80	0,18
Год 1953					
1	15/I	143	1,70	7,24	0,23
2	20/II	163	1,72	13,9	0,12
3	15/III	163	1,99	13,9	0,14

## 6. Построение комплексного графика гидрометрических наблюдений

Для построения комплексного графика используется лист формата А3. Построение графика рекомендуется вести либо вручную на миллиметровке, либо с использованием компьютерных программ, позволяющих вести построение хронологических графиков с единой осью абсцисс («Autocad», «Реки-Режим», «Графер» и др.) На графике вычерчивается единая временная шкала (1 мм в масштабе графика, как правило, соответствует одному дню). Вертикальными линиями отчерчиваются границы месяцев. В правой части графика



вычерчиваются координатные оси для уровней, расходов воды и коэффициента  $K_{зим}$  (рис. 1.2).

Прежде всего на график наносятся сведения о ежедневных уровнях воды (по данным таблицы ЕУВ), на котором «флажками» отмечаются даты измерения расходов воды, и графически отображается ледовая обстановка (с использованием условных знаков, приведенных в п. 1). Затем наносятся хронологические графики изменения коэффициентов  $K_{зим}$  и  $K_{зар}$  (по данным табл. 1.5). Начало и окончание графиков  $K_{зим}$  корректируется по значениям  $K_{зим}$  декабря предыдущего и января последующего годов. Значение  $K_{зим}=1,0$  принимается для первого дня очищения реки ото льда весной (или дня начала редкого ледохода) и первого дня устойчивых ледовых явлений осенью. С использованием данных хронологического графика  $K_{зим}$  и  $K_{зар}$  вычисляются ежедневные расходы за период ледостава и зарастания русла. По данным составленной таблицы ЕРВ строится график изменения ежедневных расходов воды (гидрограф), на который условными знаками наносятся величины фактически измеренных расходов. Эти точки могут отклоняться от линии гидрографа, отображая факт отклонения эмпирических точек от линии  $Q=f(H)$ . График оформляется в соответствии с примером (рис. 1.1).

## 7. Вычисление ежедневных расходов воды и заполнение таблицы ЕРВ

Ежедневные расходы воды вычисляются на основании таблицы ЕУВ и таблицы координат кривой  $Q=f(H)$ . Для ежедневных значений уровня за период открытого русла из таблицы координат выбираются соответствующие им значения расхода воды.

Для вычисления ежедневных расходов воды за период ледостава составляются специальные таблицы для каждого месяца расчетного периода (табл. 1.6). Значения уровней воды  $H$  выписываются из таблицы ЕУВ; соответствующие им расходы воды определяются по таблице координат кривой расходов; значения  $K_{зим}$  и  $K_{зар}$  определяются по хронологическому графику; значения среднесуточных расходов воды  $Q$  определяют как  $Q=Q_{кр} \cdot K_{зим}$ .

Таблица 1.6

Вычисление расходов воды с применением коэффициентов  $K_{зим}$  и  $K_{зар}$

Дата	Месяц							
	январь				февраль			
	$H$ , см	$Q_{кр}$ , м <sup>3</sup> /с	$K_{зим}$ , $K_{зар}$	$Q$ , м <sup>3</sup> /с	$H$ , см	$Q_{кр}$ , м <sup>3</sup> /с	$K_{зим}$ , $K_{зар}$	$Q$ , м <sup>3</sup> /с

Комплексный график результатов гидрометрических наблюдений  
 Река Большая Инзер Пункт х. Калышта Год 1952

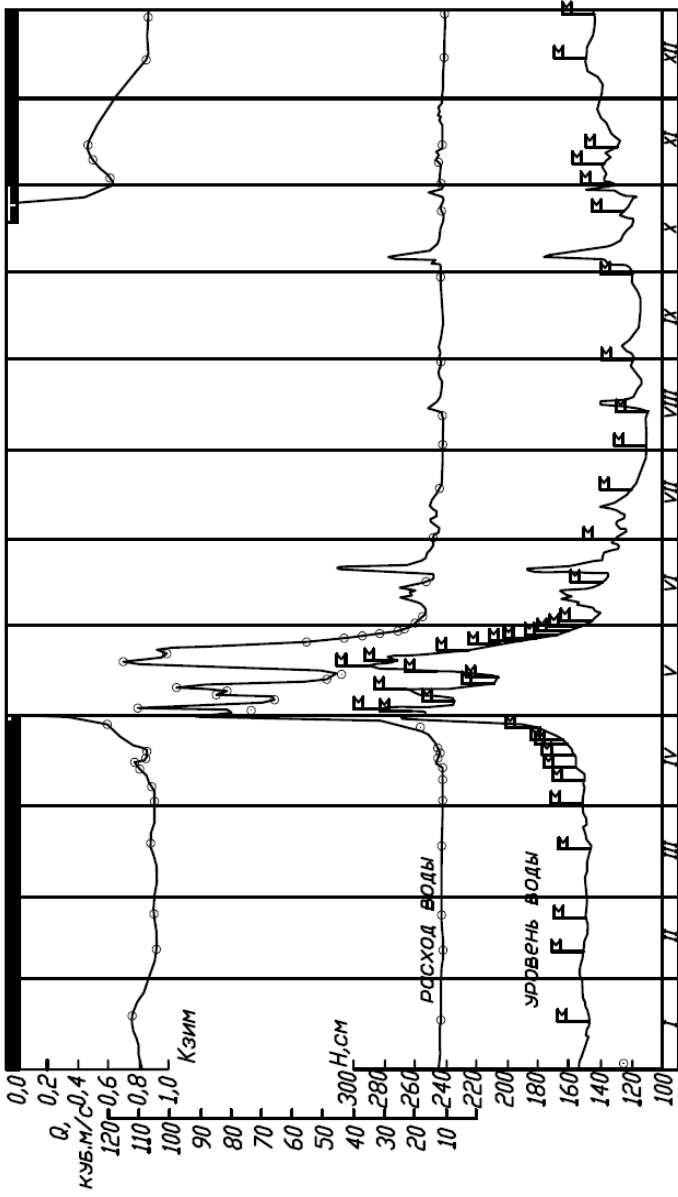


Рис. 1.2. Пример оформления комплексного графика гидрометрических наблюдений



Итоговая таблица ежедневных расходов воды (табл. 1.7) заполняется по форме, принятой в ежегодных выпусках Государственного водного кадастра. По ней на комплексном графике вычерчивается гидрограф. Вычисляются все итоговые характеристики (среднемесячные, среднедекадные, среднегодовой расход), экстремальные значения расходов (высшие и низшие за месяц).

Таблица 1.7

Пример заполнения таблицы «Ежедневные расходы воды»

1952 г.												
101. р. БОЛЬШОЙ ИНЗЕР – х.КАЛЬШТА												
Площадь водосбора 1020 км <sup>2</sup>												
Число	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	1,92I	1,21I	1,17I	1,09I	98,4	8,36	3,71	1,21	1,94	2,05	2,62I	2,26I
2	2,02I	1,11I	1,17I	1,15I	76,9	7,52	3,32	1,21	2,05	2,05	2,74I	2,20I
3	1,98I	1,11I	1,17I	1,15I	60,6	6,96	2,74	1,21	2,93	2,15	2,86I	2,14I
4	1,98I	1,09I	1,17I	1,10I	56,8	6,40	2,93	1,21	3,32	5,02	2,55I	2,02I
5	2,08I	0,99I	1,17I	1,25I	60,6	7,52	4,10	1,21	2,54	5,48	2,98I	2,11I
6	2,02I	0,99I	1,17I	1,34I	76,9	7,24	5,48	1,21	2,15	19,0	3,09I	2,18I
7	2,02I	0,86I	1,12I	1,44I	73,0	10,3	3,91	1,21	1,94	10,6	3,15I	2,10I
8	1,98I	0,86I	1,12I	1,68I	88,6	11,3	3,91	1,21	1,73	6,96	3,27I	2,02I
9	1,98I	0,86I	1,20I	1,78I	86,7	14,3	3,32	1,21	1,63	5,25	2,69I	2,11I
10	2,06I	0,83I	1,20I	2,06I	51,4	12,0	4,56	1,21	1,52	4,33	3,33I	2,15I
11	2,16I	0,83I	1,20I	2,42I	42,0	10,6	5,71	1,10	1,52	3,71	3,39I	2,06I
12	2,06I	0,92I	1,20I	2,58I	37,9	15,2	5,94	1,10	1,42	3,32	3,02I	2,12I
13	2,06I	0,90I	1,16I	1,76I	36,1	11,7	4,10	1,52	1,42	3,13	2,03I	1,84I
14	1,99I	0,90I	1,16I	1,79I	44,7	8,08	3,32	1,73	1,42	2,93	2,38I	1,71I
15	1,99I	0,90I	1,16I	1,89I	63,4	6,17	2,93	5,94	1,42	2,74	2,00I	1,71I
16	1,99I	0,95I	1,20I	1,89I	92,6	5,02	2,54	3,71	1,42	2,93	2,69I	1,62I
17	1,83I	0,95I	1,12I	2,36I	105	4,79	2,15	2,54	1,42	2,54 ●	2,64I	1,62I
18	1,89I	1,03I	1,12I	2,83I	100	5,94	2,05	2,15	1,42	1,73 ●	2,59I	1,55I
19	1,81I	1,08I	1,08I	3,30I	93,5	35,5	1,94	1,94	1,52	2,15)●	2,44I	1,55I
20	1,80I	1,08I	1,10I	4,06I	92,6	16,8	1,84	1,94	1,63	2,54)●	2,50I	1,49I
21	1,84I	1,08I	1,15I	4,43I	96,5	11,0	1,73	1,73	1,52	3,13)●	2,60I	1,49I
22	1,66I	1,08I	1,15I	5,44I	78,8	8,08	1,73	1,52	1,63	2,15	2,55I	1,49I
23	1,73I	1,03I	1,15I	6,66I	63,4	6,40	1,63	1,52	1,63	2,54	2,86I	1,46I
24	1,63I	1,08I	1,19I	8,00I	46,2	6,17	1,52	1,52	1,73	2,54 ●	3,07I	1,46I
25	1,58I	1,08I	1,06I	9,24I	34,4	5,71	1,52	1,73	1,94	2,54)●	3,13I	1,44I
26	1,58I	1,08I	1,06I	13,7I	28,5	4,56	1,42	1,84	1,94	1,64)●	3,15I	1,44I
27	1,49I	1,08I	1,09I	40,3●	24,2	4,10	1,42	1,94	1,94	2,03)●	2,99I	1,37I
28	1,39I	1,17I	1,09I	82,3●	17,7	3,71	1,42	2,15	1,94	1,65)●	2,86I	1,30I
29	1,39I		1,11I	71,0	14,3	4,56	1,31	2,15	2,15	4,91)●	2,62I	1,30I
30	1,29I		1,09I	72,0	11,0	4,10	1,31	1,94	2,05	2,67I	2,48I	1,44I
31	1,29I		1,09I		9,90		1,31	1,84		1,78I		1,44I
Средн	1,82	1,00	1,14	11,7	60,1	9,00	2,80	1,80	1,83	3,81	2,77	1,75
Наиб	2,16	1,21	1,20	82,3	114	44,7	6,68	6,40	3,52	20,2	3,39	2,26
Наим	1,29	0,83	1,06	1,09	9,20	3,71	1,31	1,10	1,42	1,64	2,00	1,30
Средний годовой 8,29. Наибольший 114 17/V. Наименьший 0,83 10-11/II.												

При вычислении экстремальных характеристик следует иметь в виду, что они определяются по данным экстремальных значений уровня воды за период открытого русла, приведенных в подвале таблице ЕУВ, а не выбираются из колонки месячных значений как максимальные и минимальные.

В готовую таблицу ЕРВ вносятся сведения о ледовых явлениях и зарастании русла с использованием условных знаков, представленных в п. 1.

### ***Оформление результатов***

Результаты расчетов должны содержать:

- выкопировки таблиц исходных данных (ЕУВ, ИРВ);
- таблицы с результатами расчетов;
- кривые зависимостей  $Q, F, v=f(H)$ ;
- комплексный график гидрометрических наблюдений;
- описание методики расчетов;
- описание методики подсчета стока.

Все таблицы и чертежи оформляются по формам, приведенным в методических указаниях к данной практической работе.

Работа №2. Оценка гидрологических рядов на независимость и однородность

### ***Исходные данные***

В качестве исходных данных используются расходы воды (максимальные весеннего половодья или средние годовые) по расчетному створу за период наблюдений не менее 40 лет. Желательно, чтобы ряд, использованный в данной работе, был задействован в других практических работах.

### ***Задание***

Выполнить оценку статистической однородности и случайности (независимости) ряда наблюдений над характеристиками речного стока различными методами.

### ***Методические указания по ходу выполнения работы***

#### **1. Оценка случайности ряда характерных расходов воды с использованием автокорреляционных функций (АКФ)**

В практике гидрологических расчетов многолетних колебаний речного стока производится оценка случайности с использованием автокорреляционных функций (АКФ), частным случаем которых является коэффициент автокорреляции между смежными членами ряда  $r(1)$  [6], определяемый по формулам (5.9), (5.10). АКФ представляет собой функция  $r(t)$ , где  $t$  – интервал времени между наблюдениями (для величины  $r(1)$   $t=1$ ). Ввиду больших случайных погрешностей расчета коэффициента автокорреляции по индивидуальным рядам наблюдений оценка этого параметра производится по группе рек аналогов с наиболее продолжительными наблюдениями в однородном гидрологическом районе, или по данным приведенным к многолетнему периоду. Если групповая оценка коэффициента автокорреляции между смежными членами ряда окажется равной нулю, то рассматриваемые гидрологические характеристики признаются случайными независимыми последовательностями. Если групповая оценка статистически значимо отличается от нуля, то это обстоятельство следует учесть при оценке однородности рассматриваемых эмпирических данных в дальнейших расчетах.

В данной работе требуется выполнить построение АКФ для расчетного ряда (рис. 2.1)



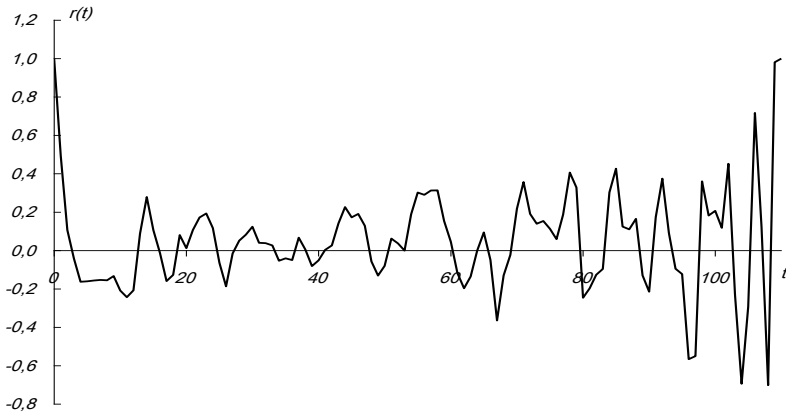


Рис. 2.1. Автокорреляционная функция ряда средних годовых расходов воды по посту р. Ницца – г. Ирбит за период 1892-2003 гг. (112 лет)

## 2. Оценка случайности ряда характерных расходов воды с использованием критерия Вальда-Вольфовица

В данной работе оценка случайности производится с использованием критерия Вальда-Вольфовица (следует иметь в виду, что для оценки случайности также существуют критерии общего количества и наибольшей длины серий, числа повышений и понижений и др.), который базируется на теореме, согласно которой случайные элементы  $Q_i$  большой выборки ( $N > 40$ ) формируют сумму

$$R = Q_1 \cdot Q_N + \sum_{i=1}^{N-1} (Q_i \cdot Q_{i+1}), \quad (2.1)$$

распределенную по нормальному закону с математическим ожиданием (нормой):

$$\bar{Q}_N(R) = \frac{S_1^2 - S_2}{N - 1} \quad (2.2)$$

и средним квадратическим отклонением

$$\sigma_N(R) = \sqrt{\frac{S_2^2 - S_4}{N - 1} + \frac{S_1^4 + 4 \cdot S_1 \cdot S_3 + S_2^2 - 2 \cdot S_4}{(N - 1) \cdot (N - 2)} - \bar{Q}_N^2(R)}, \quad (2.3)$$

где

$$S_1 = \sum_{i=1}^N Q_i; S_2 = \sum_{i=1}^N Q_i^2; S_3 = \sum_{i=1}^N Q_i^3; S_4 = \sum_{i=1}^N Q_i^4. \quad (2.4)$$

При оценке случайности ряда в практической работе определяются параметры  $z$  и  $\alpha$  (уровень значимости):

$$z = \frac{[R - \bar{Q}_N(R)]}{\sigma_N(R)}; \quad (2.5)$$

$$\alpha = [1 - F(z)] \cdot 200\%, \quad (2.6)$$

где  $F(z)$  – функция нормального распределения вероятностей, определяемая с использованием приложения 1 в зависимости от аргумента  $z$ .

Гипотеза о случайности считается подтвержденной, если выполняется условие  $\alpha \geq 5\%$ .

### 3. Оценка однородности выборочных дисперсий

Данная проверка на однородность выполняется с использованием критерия Фишера. Критерий Фишера определяется по формуле:

$$F = \frac{\sigma_x^2}{\sigma_y^2}, \quad (2.7)$$

где  $\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$  и  $\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (y_i - \bar{y})^2}{m-1}}$  – стандартные

отклонения двух частей выборки  $x$  и  $y$  (при  $\sigma_x \geq \sigma_y$ );  $\bar{x}$ ;  $\bar{y}$  – выборочные средние значения исходного ряда.

Распределение значений статистики  $F$  описывается законом распределения вероятностей Фишера, представленным в табличной форме (приложение 2). В зависимости от принятого уровня значимости  $\alpha$  (обычно 5%), объема выборок  $m$  и  $n$  (чаще всего эти величины равны) и коэффициента автокорреляции ряда  $r(1)$  устанавливается допустимое значение критерия Фишера  $F_\alpha$ . При  $F \leq F_\alpha$  ряд считается однородным по критерию Фишера.

### 4. Оценка однородности выборочных средних

Оценка однородности выборочных средних значений ряда производится с использованием критерия Стьюдента. Критерий Стьюдента  $t$  определяется по формуле:

$$t = |\bar{x} - \bar{y}| \cdot \sqrt{\frac{m \cdot n \cdot (m + n - 2)}{(m + n) \cdot (n \cdot \sigma_x^2 + m \cdot \sigma_y^2)}}. \quad (2.8)$$

Распределение значений статистики  $t$  описывается законом распределения вероятностей Стьюдента (приложение 3). В зависимости от принятого уровня значимости  $\alpha$  (обычно 5%), объема выборок  $m$  и  $n$  (чаще всего эти величины равны) и коэффициента автокорреляции ряда  $r(1)$  устанавливается допустимое значение критерия Стьюдента  $t_\alpha$ . При  $t \leq t_\alpha$  ряд считается однородным по критерию Стьюдента.

### 5. Оценка принадлежности двух выборок одной генеральной совокупности с использованием критерия типа Колмогорова-Смирнова

Однородность двух выборок можно оценить по критерию типа Колмогорова-Смирнова, который является свободным от вида распределения сравниваемых выборок. Исходный ряд разбивается на две равные совокупности, по каждой из которых строятся эмпирические кривые обеспеченности (построение необходимо вести не в величинах расходов воды, а в величинах модульных коэффициентов  $k_i$ , определенных по формуле (3.4) для каждой из совокупностей отдельно). Статистика критерия типа Колмогорова-Смирнова рассчитывается по формуле (принимается максимальное значение по модулю):

$$D = \max |P_1 - P_2|, \quad (2.9)$$

где  $P_1$  и  $P_2$  – эмпирические обеспеченности двух сравниваемых выборок  $m$  и  $n$ , % [6], определяемые для такого значения  $k_i$ , при котором кривые обеспеченности отклоняются друг от друга на максимальную величину.

Таблица 2.1

Критические значения статистики однородности Колмогорова-Смирнова  $D_\alpha$

$\alpha$ , %	$r(1)$	$n$ , лет						
		7	10	20	30	50	70	100
5	0,0	0,54	0,49	0,37	0,31	0,25	0,23	0,19
	0,5	0,73	0,64	0,51	0,43	0,34	0,29	0,24
	0,9	1,07	1,03	0,92	0,85	0,72	0,63	0,53
10	0,0	0,48	0,42	0,33	0,28	0,23	0,20	0,17
	0,5	0,66	0,58	0,44	0,39	0,30	0,26	0,21
	0,9	0,97	0,94	0,82	0,74	0,62	0,54	0,46
20	0,0	0,41	0,37	0,29	0,24	0,19	0,17	0,15
	0,5	0,58	0,50	0,37	0,31	0,25	0,22	0,19
	0,9	0,86	0,81	0,69	0,62	0,51	0,44	0,38



Критерий однородности Колмогорова-Смирнова наиболее чувствителен к изменению выборочных средних. В зависимости от принятого уровня значимости  $\alpha$  (обычно 5%), объема выборок  $m$  и  $n$  (чаще всего эти величины равны) и коэффициента автокорреляции ряда  $r(1)$  устанавливается допустимое значение критерия  $D_\alpha$ . При  $D \leq D_\alpha$  гипотеза об однородности принимается. Обобщенные значения статистик критерия типа Колмогорова-Смирнова представлены в табл. 2.1.

### **6. Оценка принадлежности двух выборок одной генеральной совокупности с использованием критерия Уилкоксона-Манна-Уитни**

Данная оценка производится с использованием рангово-суммарного критерия Уилкоксона (Уилкоксона-Манна-Уитни), являющегося непараметрическим критерием.

Две части исходного ряда  $x$  и  $y$  объединяются в общую последовательность, ранжируются в порядке возрастания, и каждому значению присваивается порядковый номер (ранг)  $r$ . Затем ранговые номера вновь разностаются по выборкам  $x$  и  $y$  и для каждой из них подсчитываются суммы рангов:

$$\omega_x = \sum_{i=1}^n r_i; \quad \omega_y = \sum_{i=1}^m r_i. \quad (2.10); (2.11)$$

При этом должно выполняться условие

$$\omega_x + \omega_y = \frac{N \cdot (N + 1)}{2}. \quad (2.12)$$

На основании полученных сумм рангов определяются статистики  $U$ , являющиеся числом инверсий:

$$U_x = n \cdot m + \frac{n \cdot (n + 1)}{2} - \omega_x; \quad (2.13)$$

$$U_y = n \cdot m + \frac{m \cdot (m + 1)}{2} - \omega_y. \quad (2.14)$$

При этом должно выполняться условие:

$$U_x + U_y = n \cdot m. \quad (2.15)$$

Распределение значений статистики  $U$  является симметричным; математическое ожидание определяется как:

$$M(U) = \frac{n \cdot m}{2}, \quad (2.16)$$

а среднее квадратическое отклонение – как

$$\sigma(U) = \sqrt{\frac{n \cdot m \cdot (n + m + 1)}{12}}. \quad (2.17)$$

При  $n \geq 8$  и  $m \geq 8$  функция распределения нормированной величины статистики  $U$  может быть аппроксимирована стандартным нормальным распределением. Доверительный интервал при уровне значимости  $2 \cdot \alpha$  (принимается величина  $2 \cdot \alpha = 10\%$ ) имеет вид

$$M(U) - z_{1-\alpha} \cdot \sigma(U) \leq U_{\min} \leq M(U) + z_{1-\alpha} \cdot \sigma(U), \quad (2.18)$$

где  $U_{\min}$  – минимальное значение, выбираемое из  $U_x$  и  $U_y$ ;  $z_{1-\alpha}$  – квантиль стандартного нормального распределения определяемый по приложению 1 в зависимости от величины  $\alpha$ , принимаемой равной величине  $F(z)$  (при  $\alpha = 5\%$  квантиль определяется не для величины функции  $F(z) = 5\%$ , а для величины функции  $F(z) = 95\%$ , т.е. для  $1 - \alpha$ ; в приложении 1 величины  $F(z)$  приводятся не в %, а в долях от единицы – т.е. для  $F(z) = 0,95$  величина  $z$  составляет 1,64).

Если полученное значение  $U$  попадает в доверительный интервал, то гипотеза об однородности принимается.

## 7. Оценка принадлежности двух выборок одной генеральной совокупности с использованием критерия Зигеля-Тьюки

Оценка производится с использованием непараметрического критерия Зигеля-Тьюки.

Две части исходного ряда  $x$  и  $y$  объединяются в общую последовательность, ранжируются в порядке возрастания, и каждому значению присваивается порядковый номер (ранг)  $r$ . 1-й ранг получает наименьшее значение; 2-й и 3-й ранги – два наибольших значения; 4-й и 5-й ранги – последующие два наименьших значения; 6-й и 7-й ранги – последующие наибольшие значения и т.д. Если объем исходной выборки  $N$  – четное число, то средний элемент выборки получает наивысший ранг; если  $N$  – нечетное число, то оставшийся элемент выборки не получает никакого ранга, а объем соответствующей части ( $x$  или  $y$ ) следует сократить на единицу.

Должна выполняться следующая ранговая сумма:

$$R_x + R_y = \frac{(m+n) \cdot (m+n+1)}{2}, \quad (2.19)$$

где  $R_x$  и  $R_y$  – суммы рангов для выборок  $x$  и  $y$ , имеющих длину  $n$  и  $m$ , соответственно.

Если выполняется условие  $n > 9$  и  $m > 9$ , то в качестве тестовой статистики допускается использовать величину

$$z = \frac{2 \cdot R_{\min} - n \cdot (n+m+1) + a}{\sqrt{\frac{n \cdot m \cdot (n+m+1)}{3}}}, \quad (2.20)$$

где  $R_{\min}$  – сумма рангов меньшей по объему выборки. В случае, когда  $2 \cdot R_{\min} \geq n \cdot (n+m+1)$ , параметр  $a$  принимает значение «+1», при невыполнении данного неравенства  $a$  принимает значение «-1».

Статистика  $z$  с достаточной точностью аппроксимируется (при соблюдении указанных условий) стандартным нормальным распределением (приложение 1).

Для  $\alpha = [1 - F(z)] \cdot 200\%$ , где  $F(z)$  – функция нормального распределения вероятностей, определяемая с использованием приложения 1 в зависимости от аргумента  $z$ , гипотеза о случайности считается подтвержденной, если выполняется условие  $\alpha \geq 5\%$ .

Все расчеты, описанные в данной работе, могут быть выполнены средствами Microsoft Excel. Для этого в меню «Сервис», пункт «Надстройки» необходимо подключить надстройки «Analysis ToolPak VBA» и «Пакет анализа». После этого в меню «Сервис» следует выбрать пункт «Анализ данных». В предложенном списке инструментов анализа оценке однородности по критерию Фишера соответствует пункт «Двухвыборочный F-тест для дисперсии», по критерию Стьюдента – «Двухвыборочный t-тест для средних», по непараметрическим критериям – «Двухвыборочный z-тест для средних с известными дисперсиями». Консультацию по использованию средств Microsoft Excel следует получить у преподавателя.

### **Оформление результатов**

Результаты расчетов заносятся в таблицу или оформляются в виде текста с описанием методики расчетов.



Работа №3. Определение нормы и статистических параметров стока при недостаточности данных наблюдений (периоды совместных наблюдений более 6 лет)

### ***Исходные данные***

Определение нормы стока следует проводить по рядам средних годовых или максимальных расходов воды весеннего половодья (для удобства выполнения дальнейших практических работ рекомендуется использовать ряды максимального стока весеннего половодья). В качестве исходных данных используются расходы воды по расчетному створу за период наблюдений не менее 10 лет и по трем створам-аналогам за весь период наблюдений (не менее 20 лет, при этом хотя бы по одному из постов продолжительность ряда наблюдений должна быть не менее 30-40 лет). Для сопоставления полученных результатов расчетов с опубликованными ранее гидрологическими характеристиками рекомендуется использовать Атлас расчетных карт и номограмм (приложение к «Пособию по определению расчетных гидрологических характеристик») и «Ресурсы поверхностных вод СССР».

### ***Рекомендации по выбору исходных данных***

Расчетный створ и створы-аналоги рекомендуется выбирать исходя из следующих условий:

1) наличие рядов наблюдений достаточной продолжительности за расчетной гидрологической характеристикой по выбранным створам (возможно использование рядов с перерывами в наблюдениях);

2) статистическая однородность и стационарность исходных данных, оцененная различными критериями;

3) соответствие выбранных створов требованиям к выбору створов-аналогов.

Выбор створов-аналогов должен производиться в соответствии с п. 4.10 СП 33-101-2003. Наиболее благоприятным расчетным случаем следует считать такой, когда створ-аналог находится на той же реке, что и расчетный створ.

При выборе рек-аналогов (створов-аналогов) необходимо учитывать следующие условия:

- площади водосборов различаются не более, чем в 5 раз;
- однотипность стока реки-аналога и исследуемой реки;
- географическая близость расположения водосборов;
- однородность условий формирования стока, сходство климатических условий, однотипность почв (грунтов) и гидрогеологических условий, близкая степень озерности, залесенности, заболоченности и распаханности водосборов;

– средние высоты водосборов не должны существенно отличаться, для горных и полугорных районов следует учитывать экспозицию склона и гипсометрию;

– отсутствие факторов, существенно искажающих естественный речной сток (регулирование стока, сбросы воды, изъятие стока на орошение и другие нужды).

Таблица 3.1  
Среднегодовые расходы на посту расчётной реки и на постах рек-аналогов,  $Q$ , м<sup>3</sup>/с

Год	Расчётный створ	Реки – аналоги		
	р. Волошка – д. Тороповская, $F=7040$ км <sup>2</sup>	р. Моша – д. Мышелово, $F=8110$ км <sup>2</sup>	р. Ледь– д. Зеленинская, $F=2240$ км <sup>2</sup>	р. Кена – д. Коровий Двор, $F=5550$ км <sup>2</sup>
1932	–	63,4	–	–
1933	–	62,0	–	44,1
1934	–	80,6	–	61,8
1935	–	73,0	–	81,8
1936	–	50,2	–	40,2
1937	–	41,3	10,7	30,6
1938	–	48,2	10,7	34,8
1939	–	41,3	9,80	24,6
1940	–	55,3	12,5	37,3
1941	78,5	97,4	26,2	41,3
1942	59,1	66,9	17,3	55,3
1943	55,0	62,5	16,2	45,2
1944	75,5	50,5	12,6	38,3
1945	66,6	69,7	18,7	51,0
1946	63,0	63,1	15,0	49,4
1947	71,2	61,6	21,9	37,3
1948	79,3	76,8	19,2	63,3
1949	61,8	68,6	16,2	58,3
1950	38,8	45,7	11,8	34,1
1951	71,4	67,0	17,1	39,4
1952	68,9	73,4	18,5	64,6
1953	88,8	73,1	18,8	58,6
1954	68,7	60,2	15,3	47,3
1955	89,9	83,2	20,5	56,4
1956	55,7	55,7	16,6	48,0
1957	99,4	93,1	22,9	74,9
1958	81,1	81,9	20,7	62,6
1959	49,3	46,6	12,9	35,3
1960	42,2	40,6	13,7	32,5
1961	104	78,4	18,7	72,0
1962	109	94,6	21,9	76,0

### **Задание**

Определить различными способами среднесуточную величину (норму) годового или максимального стока весеннего половодья, коэффициент вариации и выполнить анализ полученных результатов.

### **Методические указания по ходу выполнения работы**

#### **1. Подсчет статистических характеристик стока и вычисление эмпирической вероятности превышения ежегодных значений**

Исходные данные (годовичные расходы воды  $Q_i$  за каждый год наблюдений  $i$ ) по расчетной реке и всем рекам-аналогам заносятся в табл. 3.1 и вычисляются следующие характеристики:

– средний расход воды  $\bar{Q}_n$  (м<sup>3</sup>/с) за период фактических наблюдений  $n$  лет определяется по формуле (3.1)

$$\bar{Q}_n = \sum_{i=1}^n Q_i / n ; \quad (3.1)$$

– средний модуль стока  $\bar{q}_n$  (л/с км<sup>2</sup> с расчетной площади водосбора  $F$  (км<sup>2</sup>) определяется по формуле (3.2)

$$\bar{q}_n = \bar{Q}_n / F \cdot 10^3 ; \quad (3.2)$$

– коэффициент вариации  $\tilde{C}_v$  (смещённая оценка) определяется методом моментов по формулам (3.3) с использованием годовичного модульного коэффициента  $k_i$  (3.4)

$$\tilde{C}_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^2}{n - 1}} ; \quad (3.3)$$

$$k_i = \frac{Q_i}{\bar{Q}_n} . \quad (3.4)$$

При выполнении последующих расчетов, связанных с вычислением коэффициента вариации, необходимо помнить, что в данной работе речь идет о вычислении смещённой величины коэффициента методом моментов. Несмещённые оценки коэффициентов вариации и асимметрии определяются в зависимости от коэффициента автокорреляции исходного ряда в соответствии с пп.



5.4-5.7, 5.15-5.16 СП 33-101-2003. При смещенной оценке  $\tilde{C}_v < 0,6$  несмещенную величину коэффициента вариации  $C_v$  допускается принимать равной смещенной оценке (т.е. без введения поправок);

– относительная средняя квадратическая ошибка  $\sigma_{n\%}$  (%)

вычисления  $\bar{Q}_n$  определяется по формуле (3.5)

$$\sigma_{n\%} = \pm \frac{\tilde{C}_v}{\sqrt{n}} \cdot 100\% \quad (3.5)$$

(величина этой ошибки не должна превышать 5% по абсолютной величине);

– значения эмпирической ежегодной вероятности превышения ежегодных значений расходов воды определяются по формуле (3.6)

$$P_{m,\%} = \frac{m}{n+1} \cdot 100, \quad (3.6)$$

где  $m$  – порядковый номер членов ряда гидрологической характеристики, расположенных в убывающем порядке.

Таблица 3.2

Расчёт характеристик стока расчётной р. Волошка – д. Тороповская,  
 $F=7040 \text{ км}^2$

№ п/п	Год	$Q_i, \text{ м}^3/\text{с}$	$Q_i, \text{ м}^3/\text{в}$ в убыв. пор.	$k_i$	$(k_i - 1)$ "+"	$(k_i - 1)$ "-"	$(k_i - 1)^2$	$P_m, \%$
1	1941	78,5	109	1,09	–	0,09	0,01	4,35
2	1942	59,1	104	0,82	-0,18	–	0,03	8,70
3	1943	55,0	99,4	0,77	-0,23	–	0,05	13,04
4	1944	75,5	89,9	1,05	0,05	–	0,00	17,39
5	1945	66,6	88,8	0,93	-0,07	–	0,01	21,74
6	1946	63,0	81,1	0,88	-0,12	–	0,01	26,09
7	1947	71,2	79,3	0,99	-0,01	–	0,00	30,43
8	1948	79,3	78,5	1,11	–	0,11	0,01	34,78
9	1949	61,8	75,5	0,86	-0,14	–	0,02	39,13
10	1950	38,8	71,4	0,54	-0,46	–	0,21	43,48
11	1951	71,4	71,2	1,00	–	0,00	0,00	47,83
12	1952	68,9	68,9	0,96	–	-0,04	0,00	52,17
13	1953	88,8	68,7	1,24	–	0,24	0,06	56,52
14	1954	68,7	66,6	0,96	–	-0,04	0,00	60,87
15	1955	89,9	63,0	1,25	0,25	–	0,06	65,22
16	1956	55,7	61,8	0,78	-0,22	–	0,05	69,57
17	1957	99,4	59,1	1,39	0,39	–	0,15	73,91

Окончание таблицы 3.2

№ п/п	Год	$Q_i, \text{м}^3/\text{с}$	$Q_i, \text{м}^3/\text{в}$ в убыв. пор.	$k_i$	$(k_i - 1)$ "+"	$(k_i - 1)$ "-"	$(k_i - 1)^2$	$P_m, \%$
18	1958	81,1	55,7	1,13	–	0,13	0,02	78,26
19	1959	49,3	55,0	0,69	–	-0,31	0,10	82,61
20	1960	42,2	49,3	0,59	–	-0,41	0,17	86,96
21	1961	104	42,2	1,45	–	0,45	0,20	91,30
22	1962	109	38,8	1,52	–	0,52	0,27	95,65
Сумма	–	–	1577,2	–	-0,73	0,73	1,44	–
$\sum Q_i =$	1577,2							
$Q_n =$	71,7							
$q_n =$	10,2							
$C_v =$	0,26							
$\sigma_n \% =$	5,58							

## 2. Построение разностных интегральных кривых и оценка достаточной продолжительности периода наблюдений

Разностно-интегральная кривая (РИК) отклонений от середины модульных коэффициентов расходов воды используется для определения границ фаз и циклов водности реки и их продолжительности; для оценки меры синхронности колебания водности группы рек. Для построения РИК для расчетной реки и всех рек-аналогов заполняется табл. 3.3; все кривые строятся на едином

графике по вычисленным координатам нарастающей суммы  $\sum_{i=1}^n \frac{(k_i - 1)}{C_v}$  (рис. 3.1). При построении РИК следует иметь в виду, что кривые начинаются в значении «0» и заканчиваются в значении «0» (получение нулевого значения нарастающей суммы).

На основании построенной РИК выделяются границы фаз и циклов водности. Маловодной фазой следует считать убывающий участок РИК (такой, на котором нарастающая сумма идет на спад); многоводной фазой – считать возрастающий участок РИК. Границами фаз являются переломные точки кривой. Две фазы образуют полный цикл водности, продолжительность которого для рек лесной зоны составляет 40-60 лет.

Степень синхронности колебаний стока в расчетном створе и во всех створах-аналогах является показателем степени скоррелированности данных и правильности выбора аналогов.

РИК (как и последующие графики) рекомендуется строить с использованием средств Microsoft Excel.

Таблица 3.3

Ординаты интегральной кривой отклонений от середины модульных коэффициентов стока р. Моша – д. Мышелово,  $F=8110 \text{ км}^2$

№ п/п	Год	$Q_i, \text{ м}^3/\text{с}$	$k_i = \frac{Q_i}{Q_n}$	$(k_i - 1)$	$(k_i - 1)^2$	$\sum_{i=1}^n (k_i - 1)$	$\sum_{i=1}^n \frac{(k_i - 1)}{C_v}$
1	1932	63,4	0,97	-0,03	0,00	-0,03	-0,12
2	1933	62,0	0,95	-0,05	0,00	-0,08	-0,34
3	1934	80,6	1,23	0,23	0,05	0,15	0,63
4	1935	73,0	1,12	0,12	0,01	0,27	1,11
5	1936	50,2	0,77	-0,23	0,05	0,04	0,15
6	1937	41,3	0,63	-0,37	0,14	-0,33	-1,37
7	1938	48,2	0,74	-0,26	0,07	-0,59	-2,45
8	1939	41,3	0,63	-0,37	0,14	-0,96	-3,97
9	1940	55,3	0,85	-0,15	0,02	-1,12	-4,61
10	1941	97,4	1,49	0,49	0,24	-0,62	-2,58
11	1942	66,9	1,02	0,02	0,00	-0,60	-2,48
12	1943	62,5	0,96	-0,04	0,00	-0,64	-2,66
13	1944	50,5	0,77	-0,23	0,05	-0,87	-3,60
14	1945	69,7	1,07	0,07	0,00	-0,81	-3,33
15	1946	63,1	0,97	-0,03	0,00	-0,84	-3,47
16	1947	61,6	0,94	-0,06	0,00	-0,90	-3,71
17	1948	76,8	1,18	0,18	0,03	-0,72	-2,98
18	1949	68,6	1,05	0,05	0,00	-0,67	-2,78
19	1950	45,7	0,70	-0,30	0,09	-0,97	-4,02
20	1951	67,0	1,03	0,03	0,00	-0,95	-3,91
21	1952	73,4	1,12	0,12	0,02	-0,82	-3,41
22	1953	73,1	1,12	0,12	0,01	-0,71	-2,92
23	1954	60,2	0,92	-0,08	0,01	-0,78	-3,24
24	1955	83,2	1,27	0,27	0,07	-0,51	-2,11
25	1956	55,7	0,85	-0,15	0,02	-0,66	-2,72
26	1957	93,1	1,42	0,42	0,18	-0,23	-0,97
27	1958	81,9	1,25	0,25	0,06	0,02	0,08
28	1959	46,6	0,71	-0,29	0,08	-0,27	-1,11
29	1960	40,6	0,62	-0,38	0,14	-0,65	-2,67
30	1961	78,4	1,20	0,20	0,04	-0,45	-1,85
31	1962	94,6	1,45	0,45	0,20	0,00	0,00
<b>Сумма</b>		2025,9	31,00	0,00	1,76		
$\bar{Q}_n$	65,35						
$\tilde{C}_v$	0,24						

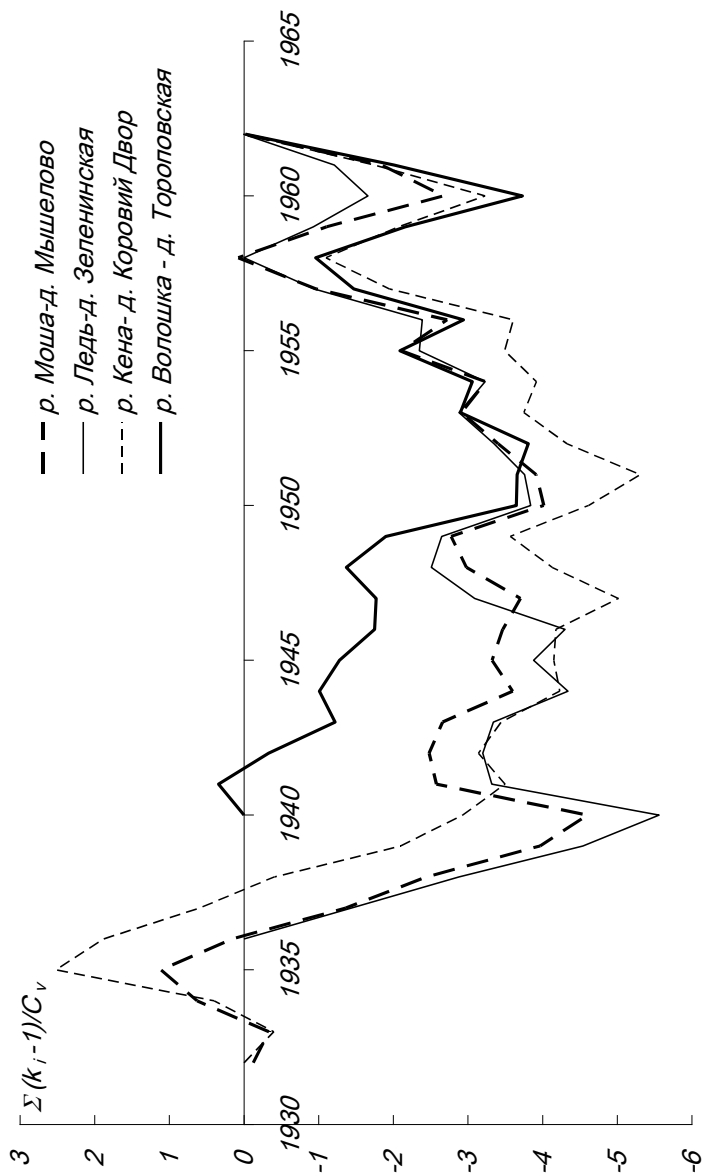


Рис. 3.1. Разностно-интегральные кривые отклонений от середины модульных коэффициентов годовых расходов воды исследуемых рек

### 3. Оценка коэффициента водности расчетного периода

Коэффициент водности за период наблюдений на расчетной реке  $K_{\epsilon,n}$  оценивается по всем рекам-аналогам по формуле (3.7)

$$K_{\epsilon,n} = \frac{\overline{Q}_{n,a}}{\overline{Q}_{N,a}}, \quad (3.7)$$

где  $\overline{Q}_{n,a}$  – средний расход воды ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) на реке-аналог за период  $n$  (период наблюдений, соответствующий датам начала и окончания наблюдений на расчетной реке);  $\overline{Q}_{N,a}$  – средний расход воды по тому же створу-аналогу за весь период наблюдений  $N$  лет (норма стока). В представленном примере приведены результаты расчета коэффициентов водности:

- 1)  $K_{\epsilon,n} = 1,41$  – р. Моша;
- 2)  $K_{\epsilon,n} = 1,18$  – р. Ледь;
- 3)  $K_{\epsilon,n} = 1,36$  – р. Кена.

### 4. Построение графиков связи ежегодных расходов воды (годовых или максимальных весеннего половодья) расчетной реки и рек-аналогов

Построение графиков связи за период одновременных наблюдений в расчетном створе и каждом из створов-аналогов с визуальной оценкой меры тесноты связи является обязательным этапом выполняемых расчетов (несмотря на то, что вычисление нормы стока и восстановление погодичных значений может быть произведено аналитическим способом, т.е. без построения графиков).

Графики строятся для расчетной реки и каждого из аналогов (т.е. количество графиков равно количеству аналогов). При построении зависимостей проводятся две линии связи: для функции  $y=f(x)$  и  $x=f(y)$ , т.е. в первом случае погодичные значения расчетной реки выступают в роли значения функции, а значения реки-аналога – в роли аргумента, а во втором случае – наоборот. При этом для построения второй зависимости полученное уравнение функции  $x=f(y)$  необходимо перевести в вид  $y=f(x)$ . Например, в случае, когда значениями « $y$ » выступают значения расчетной реки (р. Волошка – д.Тороповская), а значениями « $x$ » – реки-аналога (р. Ледь – д.Зеленинская) уравнение зависимости имеет вид  $y = 0,98x + 4,36$ ; при перемене аргумента и функции друг на друга (если построения выполняются в Excel, то под такой заменой понимается обычная



замена колонок исходных данных друг на друга) уравнение приобретет вид:  $x = 0,69y + 19,5$ . Переписывая это уравнение для  $y$ , получаем  $y = 1,45x - 28,3$ .

Первое и последнее уравнения являются искомыми функциями связи значений расчетной реки и реки-аналога; по этим уравнениям на график наносятся линии связи. Линии тренда пересекутся при этом в точке, соответствующей среднему значению за период  $n$  лет по расчетной реке и по реке-аналогу.

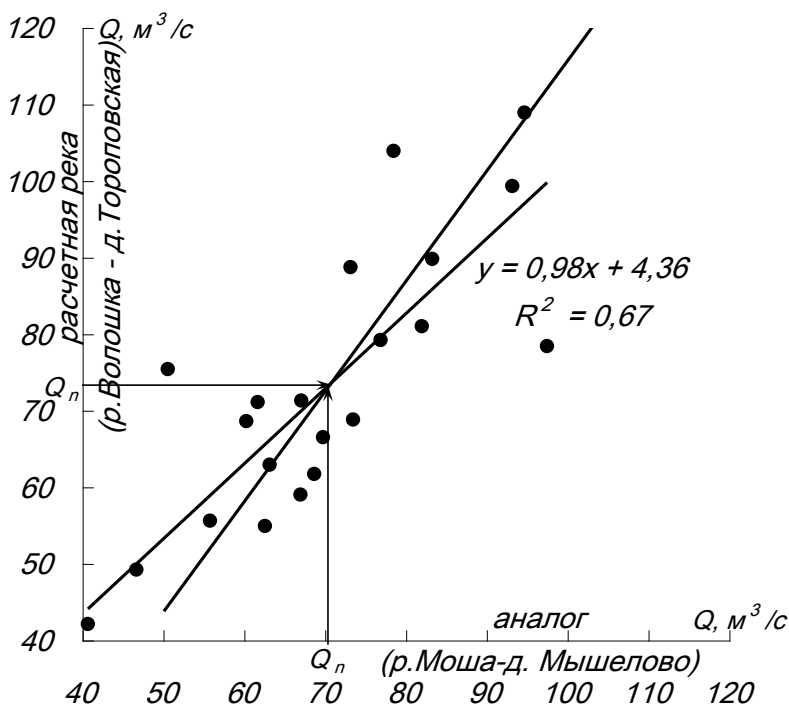


Рис. 3.2. График связи среднегодовых расходов воды расчётной реки и рек аналогов за период одновременных наблюдений и функции уравнений регрессии

Визуальный анализ графиков позволяет выявить вид связи (прямолинейная или криволинейная); эффекты ложной корреляции (когда большая часть эмпирических точек образуют облако, а меньшая часть – отстоит от этого облака точек и приводят к функциональной связи); наличие резко отклоняющихся точек. Все резко

отклоняющиеся от линии связи точки должны быть проанализированы и по результатам анализа откорректированы.

### 5. Определение качества связи значений стока расчетной реки и рек-аналогов (коэффициента корреляции и его вероятной ошибки)

При расчете параметров распределения и значений стока за отдельные годы  $Q_i$  с использованием аналитических методов, основанных на регрессионном анализе, должны соблюдаться следующие условия (3.8):

$$n' \geq 6 - 10; \quad r \geq 0,7; \quad k / \sigma_k \geq B_{кр}, \quad (3.8)$$

где  $n'$  – число совместных лет наблюдений в приводимом пункте и пунктах-аналогах ( $n' \geq 6$  при одном аналоге);

$r$  – коэффициент парной корреляции между значениями стока исследуемой реки и значениями стока в пунктах-аналогах;

$k$  – коэффициент уравнения регрессии;

$\sigma_k$  – средняя квадратическая погрешность коэффициента регрессии;

$B_{кр}$  – критическое значение отношения и  $k / \sigma_k$  соответственно (обычно задается равным 2,0).

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

В слабоизученном в гидрологическом отношении районе  $B_{кр}$  может быть уменьшена, а величина предельного коэффициента корреляции понижена.

В данной работе расчеты ведутся с использованием одного (наилучшего) аналога и парного коэффициента корреляции, определяемого по формуле

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (\Delta Q_i \cdot \Delta Q_{i,a})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (\Delta Q_i)^2 \cdot \sum_{i=1}^n (\Delta Q_{i,a})^2}}, \quad (3.9)$$

где  $\Delta Q_i = Q_i - \bar{Q}_n$ ;  $\Delta Q_{i,a} = Q_{i,a} - \bar{Q}_{n,a}$ ;  $Q_i$ ,  $Q_{i,a}$  – годовичные значения исследуемой характеристики стока расчетной реки и реки-аналога, соответственно;  $\bar{Q}_n$ ,  $\bar{Q}_{n,a}$  – средние за период совместных

наблюдений  $n$  значения исследуемой характеристики стока исследуемой реки и реки-аналога, соответственно.

Вероятностная ошибка определения парного коэффициента корреляции  $E_r$  вычисляется по формуле (3.10)

$$E_r = \frac{1-r^2}{\sqrt{n}}. \quad (3.10)$$

Коэффициент регрессии  $k$  может быть определен как для случая зависимости значений функции от значений аргумента вида  $Q_i = f(Q_{i,a}) (k_{Q_i/Q_{i,a}})$  (3.11):

$$k_{Q_i/Q_{i,a}} = r \cdot \frac{\sigma_n}{\sigma_{n,a}}, \quad (3.11)$$

так и для случая зависимости значений аргумента от значений функции  $Q_{i,a} = f(Q_i) (k_{Q_{i,a}/Q_i})$  (3.12):

$$k_{Q_{i,a}/Q_i} = r \cdot \frac{\sigma_{n,a}}{\sigma_n}. \quad (3.12)$$

В дальнейших расчетах используется уравнение первого вида (3.11).

Средняя квадратическая погрешность коэффициента регрессии  $\sigma_k$  определяется по формуле (3.13)

$$\sigma_k = \frac{\sigma_n}{\sigma_{n,a}} \cdot \sqrt{\frac{1-r^2}{n-1}}, \quad (3.13)$$

где  $\sigma_n, \sigma_{n,a}$  – средние квадратические отклонения гидрологической характеристики за совместный период  $n$  лет соответственно для исследуемой реки и реки-аналога, определяемые по формулам (3.17), (3.18).

На основании наибольшей величины коэффициента корреляции подбирается расчетный аналог.

Несмотря на то, что современная вычислительная техника дает возможность автоматически просчитать параметры коэффициента корреляции, как и сам коэффициент, в учебных целях необходимо заполнить табл. 3.4.

Таблица 3.4

Вычисление коэффициента корреляции и параметров уравнения  
регрессии

№ п/п	Год	$Q_i$	$Q_{i,a}$	$\Delta Q_i$	$\Delta Q_{i,a}$	$\Delta Q_i^2$	$\Delta Q_{i,a}^2$	$\frac{\Delta Q_i \cdot \Delta Q_{i,a}}$	$\Delta Q_i + \Delta Q_{i,a}$	$\left( \frac{\Delta Q_i + \Delta Q_{i,a}}{2} \right)^2$
1	1932		63,4		-5,26		27,7			
2	1933		62,0		-6,66		44,4			
3	1934		80,6		11,9		142			
4	1935		73,0		4,34		18,8			
5	1936		50,2		-18,4		340			
6	1937		41,3		-27,3		748			
7	1938		48,2		-20,4		418			
8	1939		41,3		-27,3		748			
9	1940		55,3		-13,3		178			
10	1941	78,5	97,4	6,81	28,7	46,3	825	195	35,5	1263
11	1942	59,1	66,9	-12,6	-1,76	158	3,11	22,2	-14,3	206
12	1943	55,0	62,5	-16,6	-6,16	278	37,9	102	-22,8	522
13	1944	75,5	50,5	3,81	-18,1	14,5	329	-69,1	-14,3	206
14	1945	66,6	69,7	-5,09	1,04	25,9	1,07	-5,28	-4,05	16,4
15	1946	63,0	63,1	-8,69	-5,56	75,5	30,9	48,5	-14,2	203
16	1947	71,2	61,6	-0,49	-7,06	0,24	49,8	3,47	-7,55	57,0
17	1948	79,3	76,8	7,61	8,14	57,9	66,2	61,9	15,7	247
18	1949	61,8	68,6	-9,89	-0,06	97,8	0,00	0,63	-9,95	99,1
19	1950	38,8	45,7	-32,8	-22,9	1080	527	755	-55,8	3119
20	1951	71,4	67,0	-0,29	-1,66	0,08	2,77	0,48	-1,95	3,82
21	1952	68,9	73,4	-2,79	4,74	7,79	22,4	-13,2	1,95	3,78
22	1953	88,8	73,1	17,1	4,44	292	19,6	75,9	21,5	464
23	1954	68,7	60,2	-2,99	-8,46	8,95	71,6	25,3	-11,4	131
24	1955	89,9	83,2	18,2	14,5	331	211	264	32,7	1072
25	1956	55,7	55,7	-15,9	-12,9	255	168	207	-28,9	838
26	1957	99,4	93,1	27,7	24,4	767	597	677	52,1	2719
27	1958	81,1	81,9	9,41	13,2	88,5	175	124	22,6	512
28	1959	49,3	46,6	-22,9	-22,0	501	486	494	-44,4	1976
29	1960	42,2	40,6	-29,4	-28,0	869	787	827	-57,5	3312
30	1961	104	78,4	32,3	9,74	1043	94,8	314	42,0	1767
31	1962	109	94,6	37,3	25,9	1391	672	967	63,2	4000
<b>Сумма</b>		<b>1577</b>	<b>1511</b>			<b>7397</b>	<b>5182</b>	<b>5081</b>	<b>0,00</b>	<b>22743</b>
<b>Ср.зн.</b>		<b>71,6</b>	<b>68,6</b>							

**6. Определение статистических параметров стока расчетной реки за многолетний период (нормы и коэффициента вариации)**

В случае одного пункта-аналога приведение среднего значения к более длительному периоду осуществляют по формуле (3.14)

$$\bar{Q}_N = \bar{Q}_n + r \cdot (\sigma_n / \sigma_{n,a}) \cdot (\bar{Q}_{N,a} - \bar{Q}_{n,a}), \quad (3.14)$$

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

$\bar{Q}_N, \bar{Q}_{N,a}$  – норма стока за  $N$ -летний период соответственно для исследуемой реки и реки-аналога;

$\sigma_n, \sigma_{n,a}$  – средние квадратические отклонения гидрологической характеристики за совместный период  $n$  лет соответственно для исследуемой реки и реки-аналога.

Относительную среднюю квадратическую погрешность приведенной к многолетнему периоду нормы стока определяют по формуле (3.15), %:

$$\varepsilon_{\bar{Q}_N} = \frac{100 \cdot \sigma_n}{\bar{Q}_N \cdot \sqrt{n} \cdot \sqrt{1 + r^2 \left( \frac{\sigma_{N,a}^2}{N \sigma_{n,a}^2} - 1 \right)}}. \quad (3.15)$$

Коэффициент вариации  $C_{v,N}$  определяют по формуле (3.16)

$$C_{v,N} = \frac{\sigma_n}{\bar{Q}_N \cdot \sqrt{1 - r^2 (1 - \sigma_{n,a}^2 / \sigma_{N,a}^2)}}, \quad (3.16)$$

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

Средние квадратические отклонения исходных рядов наблюдений расчетной реки  $\sigma$  и реки-аналога  $\sigma_a$  определяются по формулам (3.17), (3.18):

$$\sigma_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q}_n)^2}{n-1}}; \quad \sigma_{n,a} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_{i,a} - \bar{Q}_{n,a})^2}{n-1}}. \quad (3.17), (3.18)$$



Средние квадратические отклонения наблюдаемых данных от вычисленных по уравнению регрессии определяют по формулам (3.19), (3.20):

$$\sigma_{\bar{Q},N} = \sigma_n \cdot \sqrt{1 - r^2}; \quad (3.19)$$

$$\sigma_{\bar{Q},Na} = \sigma_{n,a} \cdot \sqrt{1 - r^2}, \quad (3.20)$$

где  $r$  – коэффициент корреляции для выбранного уравнения регрессии.

## 7. Оформление результатов расчета

Результаты расчетов нормы стока и его статистические параметры заносятся в табл. 3.5.

Таблица 3.5

Результаты расчетов

Принятая к расчету река-аналог		р. Моша – д. Мышелово	
Средние квадратические отклонения, м <sup>3</sup> /с	$\sigma_n$		18,8
	$\sigma_{n,a}$		15,7
Коэффициент регрессии	$k_{Q_i/Q_{i,a}}$		0,98
	$k_{Q_{i,a}/Q_i}$		0,69
Средние квадратические отклонения наблюдаемых данных от вычисленных по уравнению регрессии, м <sup>3</sup> /с	$\sigma_{\bar{Q},N}$		10,8
	$\sigma_{\bar{Q},Na}$		9,01
Коэффициент парной корреляции		$r$	0,82
Вероятная ошибка коэффициента корреляции		$E_r$	0,05
Относительная средняя квадратическая погрешность приведенной к многолетнему периоду нормы стока, %		$\varepsilon_{\bar{Q}_N}$	5,82
Среднее значение по короткому ряду, м <sup>3</sup> /с		$\bar{Q}_n$	71,7
Норма стока, м <sup>3</sup> /с	Определенная по уравнению регрессии	$\bar{Q}_N$	68,5
	Опубликованная в РПВ		
	Снятая с карт («Пособие...»)		
Коэффициент вариации	Определенная по уравнению регрессии	$C_{v,N}$	0,28
	По данным «Ресурсов» [12]		
	По данным «Пособия» [11]		

Работа №4. Определение нормы и коэффициента вариации стока при недостаточности данных наблюдений (периоды совместных наблюдений менее 6 лет)

### ***Исходные данные***

Определение нормы стока рекомендуется проводить по рядам средних годовых или максимальных расходов воды весеннего половодья. В качестве исходных данных используются расходы воды по расчетному створу за период наблюдений менее 6 лет (но не менее 2 лет) и по трем створам-аналогам за весь период наблюдений (не менее 20 лет, при этом хотя бы по одному из постов продолжительность ряда наблюдений должна быть не менее 30-40 лет). Для сопоставления полученных результатов расчетов с опубликованными ранее гидрологическими характеристиками рекомендуется использовать Атлас расчетных карт и номограмм (приложение к «Пособию по определению расчетных гидрологических характеристик») и «Ресурсы поверхностных вод СССР».

### ***Рекомендации по выбору исходных данных***

Для учебных целей рекомендуется использовать исходные данные работы №2: по расчетному ряду оставить 2-4 года наблюдений (таким образом, чтобы в этот период попадали годы с наибольшими и наименьшими значениями расхода воды); по наилучшему пункту-аналогу, выбранному в работе №2, использовать ряд без изменений.

Таблица 4.1

Среднегодовые расходы на посту расчётной реки и на постах рек-аналогов

Год	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	
	Расчётный створ р. Волошка – д. Тороповская, $F=7040 \text{ км}^2$	Река – аналог р. Ледь – д. Зеленинская, $F=2240 \text{ км}^2$
1937		10,7
1938		10,7
1939		9,80
1940		12,5
1941		26,2
1942		17,3
1943		16,2
1944		12,6
1945		18,7
1946		15,0
1947		21,9
1948		19,2
1949		16,2
1950		11,8
1951		17,1

## Окончание таблицы 4.1

Год	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	
	Расчётный створ р. Волошка – д. Тороповская, $F=7040 \text{ км}^2$	Река – аналог р. Ледь – д. Зеленинская, $F=2240 \text{ км}^2$
1952		18,5
1953		18,8
1954		15,3
1955		20,5
1956		16,6
1957		22,9
1958		20,7
1959		12,9
1960	42,2	13,7
1961	104	18,7
1962	109	21,9

**Задание**

Определить среднемноголетнюю величину (норму) годового или максимального стока весеннего половодья, коэффициент вариации и выполнить анализ полученных результатов.

**Методические указания по ходу выполнения работы****1. Определение вероятности превышения расходов воды за расчетные годы по расчетному створу**

Для этой цели выполняется ранжирование ряда исходных данных по створу-аналогу (при этом сохраняется привязка года к ранжированному расходу воды) (табл. 4.2). По результатам расчетов определяется обеспеченность лет наблюдений  $P_m$ , % по расчетной реке. Для корректных расчетов вероятности превышения должны различаться на величины не менее 25%.

**2. Определение коэффициентов водности за расчетные годы.**

На основании ряда наблюдений по реке-аналогу определяются коэффициенты водности каждого года периода совместных с расчетной рекой наблюдений (для погодичных значений коэффициент

водности является модульным коэффициентом  $k_i = \frac{Q_{i,a}}{Q_{N,a}}$ ) и общий

коэффициент водности за этот период. Расчеты производятся в соответствии с п. 3 методических указаний к работе №3.

Таблица 4.1

Определение вероятности превышения и модульных коэффициентов расходов воды за годы наблюдений на расчетной реке (р. Волошка – д. Тороповская) по реке-аналогу (р. Ледь – д. Зеленинская)

№ п/п	Год	$Q_i$ , м <sup>3</sup> /с	$Q_{is}$ , м <sup>3</sup> /в убыв. пор.	Соответственные годы наблюдений	$P_m$ , %	$k_i = \frac{Q_i}{Q_N}$
1	1937	10,7	26,2	1941	3,7	
2	1938	10,7	22,9	1957	7,4	
3	1939	9,8	21,9	1947	11,1	
4	1940	12,5	21,9	<b>1962</b>	<b>14,8</b>	<b>1,30</b>
5	1941	26,2	20,7	1958	18,5	
6	1942	17,3	20,5	1955	22,2	
7	1943	16,2	19,2	1948	25,9	
8	1944	12,6	18,8	1953	29,6	
9	1945	18,7	18,7	1945	33,3	
10	1946	15	18,7	<b>1961</b>	<b>37,0</b>	<b>1,11</b>
11	1947	21,9	18,5	1952	40,7	
12	1948	19,2	17,3	1942	44,4	
13	1949	16,2	17,1	1951	48,1	
14	1950	11,8	16,6	1956	51,9	
15	1951	17,1	16,2	1943	55,6	
16	1952	18,5	16,2	1949	59,3	
17	1953	18,8	15,3	1954	63,0	
18	1954	15,3	15	1946	66,7	
19	1955	20,5	13,7	<b>1960</b>	<b>70,4</b>	<b>0,82</b>
20	1956	16,6	12,9	1959	74,1	
21	1957	22,9	12,6	1944	77,8	
22	1958	20,7	12,5	1940	81,5	
23	1959	12,9	11,8	1950	85,2	
24	1960	13,7	10,7	1937	88,9	
25	1961	18,7	10,7	1938	92,6	
26	1962	21,9	9,8	1939	96,3	

### 3. Определение нормы стока расчетной реки

Расчет нормы стока осуществляется по методу отношений, основанному на приблизительном равенстве модульных коэффициентов в пункте с кратковременными наблюдениями и в пунктах-аналогах, по формуле (4.1)

$$\bar{Q}_N = \bar{Q}_n \cdot \frac{\bar{Q}_{N,a}}{\bar{Q}_{n,a}} = \frac{\bar{Q}_n}{K_{\text{в.н.а}}}, \quad (4.1)$$

где  $\bar{Q}_n$  и  $\bar{Q}_{n,a}$  – средние значения речного стока соответственно в пункте с кратковременными наблюдениями и в пункте-аналоге с регулярными наблюдениями за совместный период  $n$ ;

$\bar{Q}_N$  и  $\bar{Q}_{N,a}$  – норма речного стока соответственно в пункте с кратковременными наблюдениями и в пункте-аналоге с регулярными наблюдениями за многолетний период  $N$ .

#### 4. Определение коэффициентов вариации и асимметрии стока расчетной реки

Определение коэффициента асимметрии  $\tilde{C}_s$  в случае кратковременных наблюдений на расчетной реке производится путем вычисления среднего значения по группе рек-аналогов. Методика расчета  $\tilde{C}_s$  различными методами подробно изложена в описании практической работы №5.

Определение коэффициента вариации производится с использованием клетчаток вероятности, выбираемых в зависимости от соотношения  $\tilde{C}_s / \tilde{C}_v$  (приложение 5).

По рассчитанным значениям модульных коэффициентов погодичных значений расходов расчетной реки  $k_i$  и соответствующим им вероятностям превышения  $P_m$ , % на клетчатку наносятся эмпирические точки, по которым проводится осредненная прямая. Прямая продлевается влево и вправо (за пределы клетчатки), до пересечения со шкалами, с которых снимаются значения  $\tilde{C}_v$ ; осредненная величина дает искомое значение  $\tilde{C}_v$  по расчетной реке (рис. 4.1) (в представленном примере для  $\tilde{C}_s / \tilde{C}_v = 1,0$   $\tilde{C}_v = 0,32$ ).



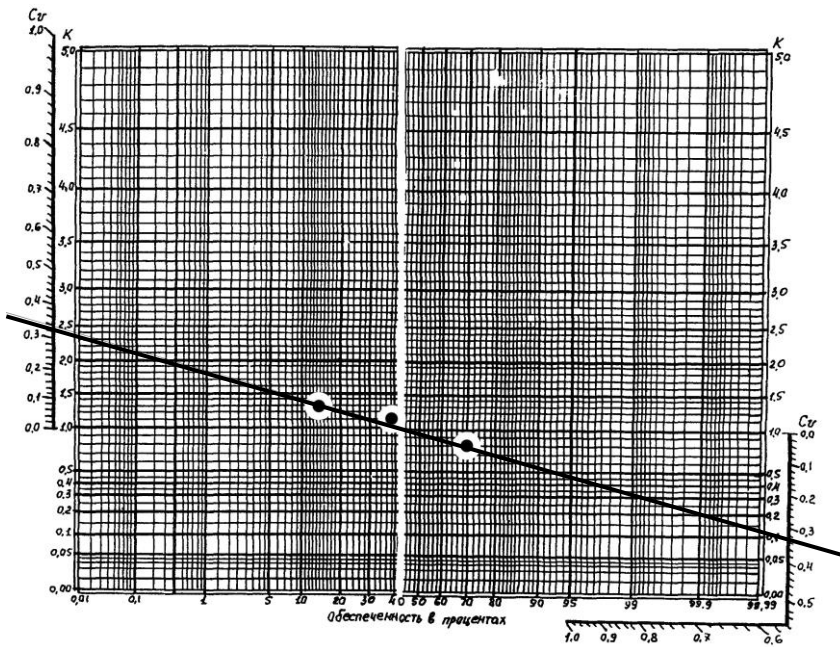


Рис. 4.1. Пример определения коэффициента вариации

### **Оформление результатов**

Результаты расчетов заносятся в таблицу или оформляются в виде текста с описанием методики расчетов, с обязательным приложением клетчатки вероятностей.

Работа №5. Оценка статистических параметров стока по материалам многолетних наблюдений

### ***Исходные данные.***

В качестве исходных данных используются расходы воды (средние годовые или максимальные весеннего половодья) по расчетному створу за период наблюдений не менее 30 лет (данные наблюдений по этому створу могут быть взяты из работы №3 для реки-аналога с продолжительным периодом наблюдений). Для сопоставления полученных результатов расчетов с опубликованными ранее гидрологическими характеристиками рекомендуется использовать Атлас расчетных карт и номограмм (приложение к «Пособию по определению расчетных гидрологических характеристик») и «Ресурсы поверхностных вод СССР».

### ***Рекомендации по выбору исходных данных***

При выборе ряда многолетних наблюдений, использованного в работе №3, рекомендуется выполнить оценку РИК. Предпочтение следует отдавать ряду, имеющему продолжительность наблюдений, достаточную для вычислений статистических параметров распределения без приведения ряда к многолетнему периоду (такой ряд охватывает полный цикл водности – т.е. маловодную и многоводную фазу и имеет продолжительность 40-60 лет).

### ***Задание***

Определить различными методами основные статистические параметры кривых распределения ежегодной вероятности превышения расходов воды (среднее многолетнее значение (норму), коэффициент вариации и коэффициент асимметрии); представить эти кривые на клетчатке вероятностей соответствующего типа; определить доверительные границы к эмпирическим вероятностям превышения; рассчитать максимальные расходы воды вероятностью превышения 1, 2, 5 и 10% или средние годовые расходы воды вероятностью превышения 50, 80, 95 и 99% (в зависимости от типа выбранных данных).

### ***Методические указания по ходу выполнения работы***

Конечной целью работы является определение расходов воды заданной вероятности превышения на основании оценки параметров аналитической и эмпирической кривых распределения характеристик стока (годового или максимального весенних половодий).

Статистические параметры гидрологических рядов определяются по данным многолетних наблюдений тремя методами:

- приближенно наибольшего правдоподобия;
- моментов;
- графоаналитическим методом Г.А. Алексеева.

Подробный пример выполнения расчетов представлен в «Пособии» (пример 1, с. 79-83).

### 1. Метод приближенно наибольшего правдоподобия

Коэффициент вариации  $C_v$  и коэффициент асимметрии  $C_s$  для трехпараметрического гамма-распределения Крицкого–Менкеля следует определять методом приближенно наибольшего правдоподобия в зависимости от статистик  $\lambda_2$  и  $\lambda_3$ , вычисляемых по формулам (5.1), (5.2)

$$\lambda_2 = \left( \sum_{i=1}^n \lg k_i \right) / (n-1), \quad (5.1)$$

$$\lambda_3 = \left( \sum_{i=1}^n k_i \lg k_i \right) / (n-1), \quad (5.2)$$

где  $k_i$  – модульный коэффициент рассматриваемой гидрологической характеристики, определяемый по формуле (5.3)

$$k_i = \frac{Q_i}{\bar{Q}_n}, \quad (5.3)$$

здесь  $Q_i$  – годовичные значения расходов воды;  $\bar{Q}_n$  – среднеарифметическое значение расходов воды, определяемое в зависимости от числа лет гидрометрических наблюдений по формуле (5.4)

$$\bar{Q}_n = \sum_{i=1}^n Q_i / n. \quad (5.4)$$

В том случае, если на основании анализа РИК в работе №3 установлено, что период наблюдений достаточен для оценки нормы по материалам наблюдений (т.е. охватывает полный цикл водности), полученное среднее значение будет являться нормой стока  $\bar{Q}_N$ . В противном случае требуется определение нормы стока методами, изложенными в работе №3.

По полученным значениям статистик  $\lambda_2$  и  $\lambda_3$  определяют коэффициенты вариации и асимметрии по номограммам приложения 1 к «Пособию» [11] (листы 24-28 Атласа).

*Необходимо иметь в виду, что коэффициент вариации возможно определить по номограммам, если его величина составляет не менее 0,15. В противном случае необходима консультация преподавателя.*

Определение параметров кривой обеспеченности (расходов воды заданных обеспеченностей) производится с использованием таблиц трехпараметрического гамма-распределения Крицкого-Менкеля (приложение 7). Для вычисленных статистических параметров  $C_v$  в зависимости от соотношения  $C_s/C_v$  из таблиц выбираются модульные коэффициенты  $k_{p\%}$ . Произведение модульных коэффициентов и нормы стока дает расходы заданной обеспеченности. При несовпадении  $C_v$  значениям, представленным в таблице, величины модульных коэффициентов находится методом интерполяции. При этом отношение  $C_s/C_v$  допускается округлять до 0,5. Результаты расчетов оформляются в виде табл. 5.1, 5.2. На основании значений определенных обеспеченных расходов воды на клетчатку наносятся координаты аналитической кривой обеспеченности Крицкого-Менкеля (методом приближенно наибольшего правдоподобия). Построение кривых допускается вести либо в величинах фактических расходов воды ( $Q_i; P_m$ ), либо в величинах их модульных коэффициентов ( $k_i; P_m$ ) (здесь  $P_m$  – вероятность превышения, %). Тип клетчатки выбирается в зависимости от соотношения  $C_s/C_v$  (приложение 5). На клетчатку также наносятся эмпирические точки и выполняется построение эмпирической кривой обеспеченности (рис. 5.1).

Для графических построений допускается использование программных продуктов «Гидрорасчеты» (разработчик НПО «Гидротехнологии»), «Гидра 2.5» (разработчик ТюменьПНИИС), StokStat (разработчик «ВНИИприрода») и др.

Таблица 5.1

Расчет параметров кривой распределения годового стока методом наибольшего правдоподобия (р. Ледь – д. Зеленинская,  $F=2240 \text{ км}^2$ )

Год	$Q_i, \text{ м}^3/\text{с}$	$q_i, \text{ л}/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$	$Q_i, \text{ м}^3/\text{в}$ убыв. пор.	$P_m, \%$	$k_i$	$\lg k_i$	$k_i \cdot \lg k_i$
1937	10,7	4,78	26,2	3,7	0,64	-0,20	-0,12
1938	10,7	4,78	22,9	7,4	0,64	-0,20	-0,12
1939	9,8	4,38	21,9	11,1	0,58	-0,23	-0,14

Окончание таблицы 5.1

Год	$Q_i, \text{ м}^3/\text{с}$	$q_i, \text{ л}/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$	$Q_i, \text{ м}^3/\text{В}$ убыв. пор.	$P_m, \%$	$k_i$	$\lg k_i$	$k_i \cdot \lg k_i$
1940	12,5	5,58	21,9	14,8	0,74	-0,13	-0,10
1941	26,2	11,7	20,7	18,5	1,56	0,19	0,30
1942	17,3	7,72	20,5	22,2	1,03	0,01	0,01
1943	16,2	7,23	19,2	25,9	0,97	-0,02	-0,01
1944	12,6	5,63	18,8	29,6	0,75	-0,12	-0,09
1945	18,7	8,35	18,7	33,3	1,11	0,05	0,05
1946	15,0	6,70	18,7	37,0	0,89	-0,05	-0,04
1947	21,9	9,78	18,5	40,7	1,30	0,12	0,15
1948	19,2	8,57	17,3	44,4	1,14	0,06	0,07
1949	16,2	7,23	17,1	48,1	0,97	-0,02	-0,01
1950	11,8	5,27	16,6	51,9	0,70	-0,15	-0,11
1951	17,1	7,63	16,2	55,6	1,02	0,01	0,01
1952	18,5	8,26	16,2	59,3	1,10	0,04	0,05
1953	18,8	8,39	15,3	63,0	1,12	0,05	0,06
1954	15,3	6,83	15	66,7	0,91	-0,04	-0,04
1955	20,5	9,15	13,7	70,4	1,22	0,09	0,11
1956	16,6	7,41	12,9	74,1	0,99	0,00	0,00
1957	22,9	10,2	12,6	77,8	1,36	0,13	0,18
1958	20,7	9,24	12,5	81,5	1,23	0,09	0,11
1959	12,9	5,76	11,8	85,2	0,77	-0,11	-0,09
1960	13,7	6,12	10,7	88,9	0,82	-0,09	-0,07
1961	18,7	8,35	10,7	92,6	1,11	0,05	0,05
1962	21,9	9,78	9,8	96,3	1,30	0,12	0,15
$\Sigma =$						-0,36	0,34
$q_{cp} =$		7,49					
$\lambda_2 =$	-0,014						
$\lambda_3 =$	0,014						
$C_v =$	0,26						
$C_s =$	0,78						
$C_s/C_v =$	3,00						

Таблица 5.2

Ординаты аналитической кривой трехпараметрического гамма-распределения ( $\bar{Q}_N = 16,8 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $C_s = 0,88$ ,  $C_v = 0,25$ ,  $C_s/C_v = 3,5$ )

$P_m, \%$	0,1	1	5	10	25	50	75	80	90	95	99
$k_{P\%}$	2,14	1,75	1,46	1,32	1,19	0,966	0,822	0,791	0,714	0,656	0,564
$Q_{P\%}, \text{ м}^3/\text{с}$	36,0	29,4	24,5	22,2	20,0	16,2	13,8	13,3	12,0	11,02	9,48
$Q_{P\%}, \text{ л}/\text{с км}^2$	16,1	13,1	11,0	9,9	8,93	7,25	6,17	5,93	5,36	4,92	4,23



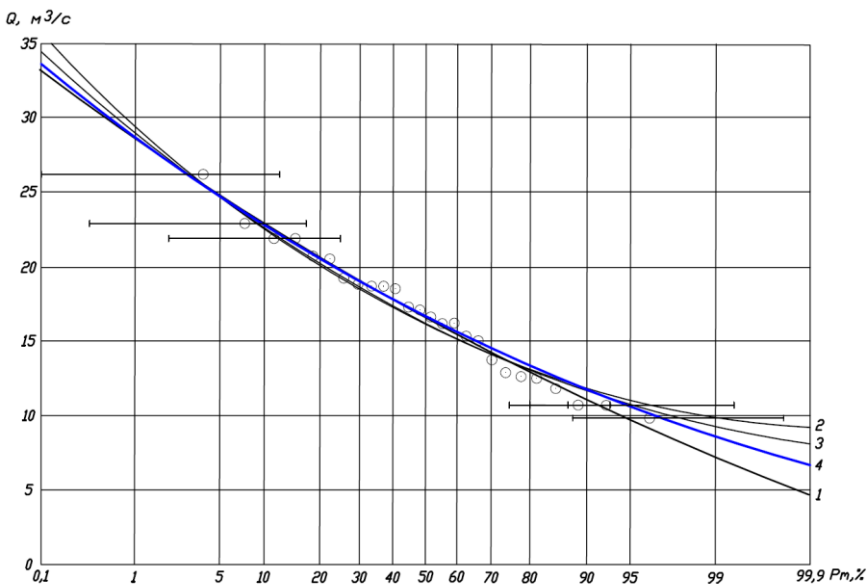


Рис. 5.1. Кривые обеспеченности стока р. Ледь – д. Зеленинская с 95%-ными доверительными интервалами к эмпирической вероятности превышения: 1 – сглаженная эмпирическая кривая; 2 – кривая трехпараметрического гамма-распределения (метод наибольшего правдоподобия); 3 – биномиальная кривая (метод моментов); 4 – биномиальная кривая (графоаналитический метод)

## 2. Метод моментов

Метод моментов используется для оценки статистических параметров распределения Крицкого-Менкеля и Пирсона III типа (т.е. данный метод применим при работе с рядами, имеющими отрицательную асимметрию, например, с рядами высших уровней воды на постах).

Коэффициенты вариации  $C_v$  и асимметрии  $C_s$  определяют методом моментов по формулам:

$$C_v = (a_1 + a_2/n) + (a_3 + a_4/n) \cdot \tilde{C}_v + (a_5 + a_6/n) \cdot \tilde{C}_v^2, \quad (5.5)$$

$$C_s = (b_1 + b_2/n) + (b_3 + b_4/n) \cdot \tilde{C}_s + (b_5 + b_6/n) \cdot \tilde{C}_s^2, \quad (5.6)$$

где  $a_1 \dots, a_6; b_1, \dots, b_6$  – коэффициенты, определяемые по табл. 5.3. Следует помнить, что в строгом соответствии с требованиями СП 33-101-2003 несмещенные оценки таким образом определяются только

для распределения Пирсона III типа. Однако в учебных целях допускается использовать эти формулы для распределения Крицкого-Менкеля;  $\tilde{C}_v$  и  $\tilde{C}_s$  – соответственно смещенные оценки коэффициентов вариации и асимметрии, определяемые по формулам (5.7), (5.8):

$$\tilde{C}_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^2}{n - 1}}, \quad (5.7)$$

$$\tilde{C}_s = \left[ \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n (k_i - 1)^3}{\tilde{C}_v^3 \cdot (n - 1) \cdot (n - 2)} \right]. \quad (5.8)$$

Таблица 5.3

Значения коэффициентов  $a$  и  $b$  в формулах (5.5), (5.6)

Значение $\tilde{C}_s / \tilde{C}_v$	$r(1)$	Коэффициент						
		$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$	$a_6$	
2	0	0	0,19	0,99	-0,88	0,01	1,54	
	0,3	0	0,22	0,99	-0,41	0,01	1,51	
	0,5	0	0,18	0,98	0,41	0,02	1,47	
3	0	0	0,69	0,98	-4,34	0,01	6,78	
	0,3	0	1,15	1,02	-7,53	-0,04	12,38	
	0,5	0	1,75	1,00	-11,79	-0,05	21,13	
4	0	0	1,36	1,02	-9,68	-0,05	15,55	
	0,3	-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	
	$r(1)$	Коэффициент						
		$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$	$b_5$	$b_6$	
		0	0,03	2,00	0,92	-5,09	0,03	8,10
		0,3	0,03	1,77	0,93	-3,45	0,03	8,03
		0,5	0,03	1,63	0,92	-0,97	0,03	7,94

При  $4 < \tilde{C}_s / \tilde{C}_v < 2$  рекомендуется использовать величины  $a$  для  $\tilde{C}_s / \tilde{C}_v$ , равных 4 и 2, соответственно. Несмещенную оценку коэффициента автокорреляции между смежными членами ряда  $r(1)$  определяют по формуле (5.9)

$$r(1) = -0,01 + 0,98 \cdot \tilde{r}(1) - 0,06 \cdot \tilde{r}(1)^2 + \left[ 1,66 + 6,46 \cdot \tilde{r}(1) + 5,69 \cdot \tilde{r}(1)^2 \right] \frac{1}{n}; \quad (5.9)$$

смешенную оценку определяют по формуле (5.10)

$$\tilde{r}(1) = \frac{\sum_{i=2}^n (Q_i - \bar{Q}_1)(Q_{i-1} - \bar{Q}_2)}{\sqrt{\sum_{i=2}^n (Q_i - \bar{Q}_1)^2 \sum_{i=1}^{n-1} (Q_i - \bar{Q}_2)^2}}, \quad (5.10)$$

где  $\bar{Q}_1 = \frac{\sum_{i=2}^n Q_i}{n-1}; \quad (5.11)$

$$\bar{Q}_2 = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} Q_i}{n-1}. \quad (5.12)$$

Определение коэффициента автокорреляции  $\tilde{r}(1)$  возможно выполнить средствами Microsoft Excel, используя функцию =КОРРЕЛ(массив 1; массив 2). При этом в качестве массива 1 используется ряд наблюдений с первого до предпоследнего значений, а в качестве массива 2 – со второго до последнего значений.

При  $C_v < 0,6$  и  $C_s < 1,0$  коэффициенты вариации и асимметрии допускается определять по формулам (5.7) и (5.8) без введения дополнительных поправок.

Все статистические параметры, определяемые методом моментов, могут быть рассчитаны посредством Microsoft Excel:

– среднее значение  $\bar{Q}_n$  по ряду определяется посредством функции =СРЗНАЧ(массив 1);

– коэффициент вариации (смешенная оценка)  $\tilde{C}_v$  определяется посредством функции =СТАНДОТКЛОН(массив 1)/СРЗНАЧ(массив 1);

– коэффициент асимметрии (смешенная оценка)  $\tilde{C}_s$  определяется посредством функции =СКОС(массив 1).

Кроме того, можно воспользоваться пакетом анализа данных «ToolPak VBA». Приступая к анализу данных (меню «Сервис» –

«Анализ данных») следует выбирать инструмент «Описательная статистика».

Определение параметров кривой обеспеченности (расходов воды заданных обеспеченностей) производится с использованием таблиц биномиального распределения Пирсона III типа (приложение 6). Для вычисленных статистических параметров  $C_s$  из таблицы выбираются значения ординат  $\Phi$  для требуемых вероятностей превышения  $P_m$ . Произведение модульных коэффициентов и нормы стока дает расходы заданной обеспеченности. Модульные коэффициенты  $k_{P\%}$  определяются по формуле

$$k_{P\%} = \Phi \cdot C_v + 1. \quad (5.13)$$

Результаты расчетов оформляются в виде табл. 5.4. На основании значений определенных обеспеченных расходов воды на клетчатку наносятся координаты аналитической кривой обеспеченности Пирсона III типа (методом моментов).

Таблица 5.4

Ординаты аналитической кривой трехпараметрического гамма-распределения ( $\bar{Q}_N = 16,8 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $C_s=0,18$ ,  $C_v=0,25$ ,  $C_v/C_s=0,74$ )

$P_m, \%$	0,1	1	5	10	25	50	75	80	90	95	99
$\Phi$	4,16	2,85	1,83	1,34	0,59	-0,12	-0,73	-0,86	-1,18	-1,40	-1,78
$\Phi \cdot C_v$	1,04	0,71	0,46	0,34	0,15	-0,030	-0,183	-0,215	-0,295	-0,350	-0,445
$k_{P\%}$	2,04	1,71	1,46	1,34	1,15	0,970	0,818	0,785	0,705	0,650	0,555
$Q_{P\%}, \text{ м}^3/\text{с}$	34,3	28,8	24,5	22,4	19,3	16,3	13,7	13,2	11,8	10,9	9,32
$q_{P\%}, \text{ л/с км}^2$	15,3	12,8	10,9	10,0	8,61	7,28	6,13	5,89	5,29	4,88	4,16

### 3. Графоаналитический метод Г.А. Алексеева

На начальных стадиях расчетов при изысканиях и проектировании допускается определение параметров биномиального распределения графоаналитическим методом. На основании сглаженной эмпирической кривой, построенной на начальных этапах выполнения практической работы, определяются значения расходов воды вероятности превышения 5, 50 и 95 % ( $Q_{5\%}$ ,  $Q_{50\%}$ ,  $Q_{95\%}$ ). На основании этих величин рассчитывается коэффициент скошенности  $S$ :

$$S = (Q_{5\%} + Q_{95\%} - 2Q_{50\%}) / (Q_{5\%} - Q_{95\%}). \quad (5.14)$$

Значение коэффициента асимметрии  $C_s$  определяют по функциональной зависимости от коэффициента  $S$  по таблице биномиального распределения (приложение 6).

Значение коэффициента вариации рассчитывается через величину среднего квадратического отклонения по формуле (5.15)

$$\sigma = \frac{Q_{5\%} - Q_{95\%}}{\Phi_{5\%} - \Phi_{95\%}}; \quad (5.15)$$

где  $\Phi_{5\%}$ ,  $\Phi_{95\%}$  – нормированные ординаты биномиальной кривой распределения, соответствующие вычисленному значению коэффициента скошенности  $S$  (определяются по приложению 6).

Величина нормы стока  $\bar{Q}_N$  определяется по формуле (5.16)

$$\bar{Q}_N = Q_{50\%} - \Phi_{50\%} \cdot \sigma, \quad (5.16)$$

где  $\Phi_{50\%}$  – нормированная ордината биномиальной кривой распределения.

Результаты расчета статистических параметров заносятся в табл. 5.5.

Таблица 5.5

Вычисление параметров кривой распределения годового стока графоаналитическим методом

$Q_{5\%}$	$Q_{50\%}$	$Q_{95\%}$	$S$	$\Phi_{5\%} - \Phi_{95\%}$	$\sigma$	$\Phi_{50\%}$	$\Phi_{50\%} \cdot \sigma$	$\bar{Q}_N$	$C_s$	$C_v$
24,8	16,6	9,60	0,08	3,27	4,64	-0,05	-0,23	16,8	0,29	0,28

Параметры кривой обеспеченности (расходов воды заданных обеспеченностей) определяются с использованием таблиц биномиального распределения Пирсона III типа (приложение 6). Расчеты производятся и оформляются так же, как при расчетах методом моментов.

Таблица 5.6

Ординаты аналитической кривой биномиального распределения, определенные графоаналитическим методом ( $\bar{Q}_N = 16,8 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $C_s = 0,29$ ,  $C_v = 0,28$ ,  $C_s/C_v = 1,00$ )

$P_m, \%$	0,1	1	5	10	25	50	75	80	90	95	99
$\Phi$	3,52	2,54	1,72	1,31	0,64	-0,05	-0,70	-0,85	-1,25	-1,55	-2,11
$\Phi \cdot C_v$	0,99	0,71	0,48	0,37	0,18	-0,01	-0,20	-0,24	-0,35	-0,43	-0,59
$k_{P\%}$	1,99	1,71	1,48	1,37	1,18	0,99	0,80	0,76	0,65	0,57	0,41
$Q_{P\%}, \text{ м}^3/\text{с}$	33,4	28,7	24,9	23,0	19,8	16,6	13,5	12,8	10,9	9,51	6,87
$q_{P\%}$	14,9	12,8	11,1	10,3	8,84	7,40	6,03	5,72	4,88	4,25	3,07

л/с км <sup>2</sup>											
---------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

#### 4. Определение доверительных границ к эмпирическим вероятностям превышения

Анализу и сопоставлению полученных кривых обеспеченностей, построенных различными методами, предшествует оценка статистической значимости отклонений эмпирических точек от аналитических кривых, основанная на вычислении доверительных границ.

Доверительные границы следует определить для трех первых и последних членов ряда, задаваясь значениями их эмпирической обеспеченности  $P_{m,\%}$ .

Доверительный интервал определяется верхней и нижней доверительными границами, определяемыми по номограмме (рис. 5.2) в зависимости от числа лет наблюдений  $n$  и эмпирической обеспеченности значения ряда. На номограмме верхние и нижние шкалы рисунка представляют собой эмпирическую обеспеченность, а левые и правые шкалы – значения верхней и нижней доверительных границ (%); подписи у кривых – число лет наблюдений. Доверительные границы для верхней части кривой обеспеченности ( $P_{m,\%} < 50\%$ ) определяются по нижней и левой шкалам, а для нижней части кривой обеспеченности – по верхней и правой шкалам. Схема расчетов (для  $P_{m,\%} = 5\%$ ;  $n=50$  лет) представлена на рис. 5.2.

Определенные доверительные границы наносятся на клетчатку вероятностей (рис. 5.1).

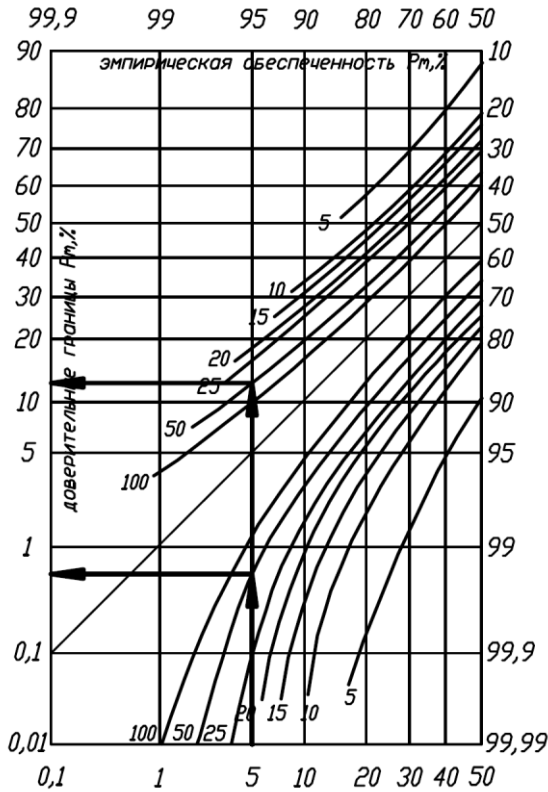


Рис. 5.2. Доверительные границы для эмпирической вероятности превышения 5%

### **Оформление результатов**

Результаты оформляются в виде таблиц с пояснением к ним и описанием методики расчетов. К работе в обязательном порядке должна быть приложена клетчатка с нанесенными кривыми обеспеченности, определенными разными методами.

Работа №6. Расчет внутригодового распределения стока

**Исходные данные**

В качестве исходных данных используются среднемесячные и средние годовые расходы воды по расчетному посту за период наблюдений не менее 15 лет.

**Рекомендации по выбору исходных данных**

Расчеты внутригодового распределения стока (ВГРС) рек производят по водохозяйственным годам (ВГ), начинающимся с первого месяца многоводного сезона. При расчетах внутригодового распределения стока целесообразно переводить расходы в объемы стока в км<sup>3</sup> или в тыс. м<sup>3</sup>, так как при этом учитывают различие в числе дней не высокосных и высокосных лет и в числе секунд в разные месяцы года. Исходные данные заносятся в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Пример записи исходных данных наблюдений по посту р. Волошка – д. Гороповская

Год	Месячные и годовой объемы стока, млн. м <sup>3</sup>												Год
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	
1941-1942	10,7	881	658	50,9	23,4	384	175	213	46,6	9,45	6,77	7,31	2466
1942-1943	176	862	199	61,3	61,9	25,3	228	176	66,7	15,8	9,77	11,2	1893
1943-1944	137	889	217	164	20,0	21,0	93,7	136	34,6	17,2	10,3	10,7	1750
1944-1945	26,4	865	858	209	16,6	51,6	161	136	28,4	10,4	9,82	11,3	2383
1945-1946	12,0	798	311	95,4	38,6	155	343	262	69,9	14,4	10,2	10,3	2119
1946-1947	147	1371	209	53,0	28,4	43,0	25,6	43,8	53,3	22,5	9,43	10,0	2016
1947-1948	314	1074	134	24,5	19,0	20,7	378	164	96,4	29,2	20,2	15,0	2289
1948-1949	500	956	159	56,8	19,6	37,3	297	303	118	60,8	37,7	35,1	2582
1949-1950	477	954	69,7	42,1	31,3	21,7	112	80,6	41,0	14,5	9,85	9,43	1862
1950-1951	433	348	180	72,6	17,8	17,4	53,6	28,0	39,1	20,7	13,3	14,0	1237
1951-1952	770	412	718	169	52,5	17,9	24,0	16,7	14,2	14,2	12,2	13,6	2234
1952-1953	182	986	277	54,4	19,7	199	284	94,3	50,4	31,1	17,3	16,2	2211
1953-1954	902	616	368	80,1	119	130	337	122	63,2	24,8	14,8	13,3	2791
1954-1955	73,1	761	148	105	173	104	196	505	60,3	20,5	15,8	16,0	2177
1955-1956	98,5	1679	550	127	28,1	27,7	119	144	35,1	15,3	9,89	8,41	2842
1956-1957	13,3	710	123	58,4	234	175,5	308	78,5	42,9	35,9	27,8	24,6	1831
1957-1958	98,0	1414	134	79,3	219	324	439	303	63,2	55,4	36,0	29,2	3194
1958-1959	67,4	1556	275	81,4	119	70,5	158	108	28,7	16,9	15,3	17,5	2514
1959-1960	170,8	908	129	103	16,5	31,4	105	40,4	14,9	9,83	8,13	9,13	1547
1960-1961	378	386	199	136,9	16,6	56,8	64,8	41,5	27,3	22,9	15,9	19,8	1365
1961-1962	25,2	1687	208	116,5	525	428	159	81,1	33,7	36,7	30,0	29,7	3360
Сумма	5011	20115	6123	1940	1799	2341	4060	3077	1028	499	341	332	46664
Среднее	239	958	292	92,4	85,7	111	193	147	48,9	23,7	16,2	15,8	2222
K <sub>м</sub>	1,29	5,17	1,57	0,50	0,46	0,60	1,04	0,79	0,26	0,13	0,09	0,09	12
Доля, %	10,7	43,1	13,1	4,16	3,85	5,02	8,70	6,59	2,20	1,07	0,73	0,71	100



### **Задание**

Рассчитать календарное внутригодовое распределение стока следующими методами:

- среднего распределения стока за годы характерной градации водности;
- реального года;
- компоновки.

### **Методические указания по ходу выполнения работы**

В зависимости от типа водного режима реки и преобладающего вида использования стока реки водохозяйственный год делят на два различающихся по длительности периода: лимитирующий (ЛП) и нелимитирующий (НП), а лимитирующий период, соответственно, на два сезона: лимитирующий (ЛС) и нелимитирующий (НС) (те же сезоны выделяют и внутри НП). Границы сезонов назначают едиными для всех лет с округлением до месяца. Назначение лимитирующего периода и сезона зависит от конкретной задачи. Так, для сельского хозяйства лимитирующим сезоном является лето-осень, для нужд водоснабжения лимитирующим будет самый маловодный сезон в году, для гидроэнергетики – самый многоводный. Границы расчетных сезонов определяются в соответствии с требованиями табл. 6.2.

Подробный пример выполнения расчетов представлен в «Пособии» (пример 9, с. 100-106).

Таблица 6.2

Сроки и продолжительность основных гидрологических сезонов

Район	Название сезона и число месяцев в сезоне (числитель); границы сезона (знаменатель)		
Крайний Север (севернее 64° с. ш.)...	<u>В (3)</u> *	<u>Л-О (4)</u>	<u>З (5)</u>
	V-VII	VIII-XI	XII-IV
Лесная зона (севернее 56° с. ш. и восточнее 30° в. д.)	<u>В (3)</u>	<u>Л-О (5)</u>	<u>З (4)</u>
	IV-VI	VII-XI	XII-III
Южная часть лесной зоны и лесостепная зона (севернее 49° с. ш.) .....	<u>В (3)</u>	<u>Л-О (6)</u>	<u>З (3)</u>
	III-V	VI-XI	XII-II
Степная зона (южнее 49° с. ш.) и юго-западная часть Прибалтики (южнее 57° с. ш. и западнее 24° в. д.)	<u>В (3)</u>	<u>Л-О (7)</u>	<u>З (2)</u>
	II-IV	V-XI	XII-I
Прикарпатье и Забайкалье	<u>В (3)</u>	<u>Л-О (6)</u>	<u>З (3)</u>
	III-V	VI-XI	XII-II
Горные районы Крыма	<u>З-В (6)</u>	<u>Л (3)</u>	<u>О (3)</u>
	XII-V	VI-VIII	IX-XI

\* В – весенний сезон; (3) – продолжительность сезона 3 месяца; V-VII – границы сезона: май – июль

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

Во всех методах расчета по значениям стока за отдельные водохозяйственные годы (а в методах компоновки и реального года и за расчетные внутригодовые интервалы времени: лимитирующий период, лимитирующий сезон, нелимитирующий сезон, лимитирующий месяц и др.) определяют расчетные квантили. Стандартными квантилями кривых распределения вероятностей стока являются следующие:

для многоводных лет, периодов, сезонов и месяцев – 1, 3, 5, 10 и 25%;

для маловодных лет, периодов, сезонов и месяцев – 75, 90, 95, 97 и 99%;

для средних по водности лет – 50%.

### **1. Расчет ВГРС методом среднего распределения стока за годы характерной градации водности**

Для выполнения расчетов используют ряд годовых объемов стока за водохозяйственные годы. Расчет выполняется в следующей последовательности:

1. Полученный ряд ранжируется и определяется эмпирическая обеспеченность  $P_m$ , % ежегодных значений годовых объемов стока.

2. В зависимости от расчетной обеспеченности и продолжительности наблюдений выбираются группы лет соответствующей группы водности (маловодные, средние по водности, многоводные).

3. По каждой группе лет рассчитываются средние месячные значения объемов стока, которые выражаются в долях ( $K_m$ ) или процентах от годового объема стока для данной группы. При этом сумма месячных значений  $K_m$  за водохозяйственный год должна быть равна 12 (при вычислении ежемесячных величин  $K_m$  отношения месячных объемов стока к годовому умножаются на 12), а процентное распределение в сумме должно давать 100%.

4. Вычисленные процентные распределения по группам лет принимаются в качестве модели относительного внутригодового распределения стока.

5. Расчетное ВГРС для года соответствующей обеспеченности вычисляют путем умножения месячных долей стока на годовой объем стока расчетной вероятности превышения, определяемый по аналитической кривой обеспеченности (рассчитанный методом моментов или приближенно наибольшего правдоподобия).

Результаты расчетов и примеры их оформления представлены в табл. 6.3-6.4.

Таблица 6.3

Расчет внутригодового распределения стока по месяцам в/х года для маловодной группы лет; р. Волошка – д. Тороповская (метод среднего распределения стока за годы характерной градации водности)

P %	В/х год	Месячный и годовой объем стока, млн м <sup>3</sup>												
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	год
68,2	1942-1943	176	862	199	61,3	61,9	25,3	228	176	66,7	15,8	9,77	11,2	1893
72,7	1949-1950	477	954	69,7	42,1	31,3	21,7	112	80,6	41,0	14,5	9,85	9,43	1862
77,3	1956-1957	13,3	710	123	58,4	234	176	308	78,5	42,9	35,9	27,8	24,6	1831
81,8	1943-1944	137	889	217	164	20	21	93,7	136	34,6	17,2	10,3	10,7	1750
86,4	1959-1960	171	908	129	103	16,5	31,4	105	40,4	14,9	9,83	8,13	9,13	1547
90,9	1960-1961	378	386	199	137	16,6	56,8	64,8	41,5	27,3	22,9	15,9	19,8	1365
95,5	1950-1951	433	348	180	72,6	17,8	17,4	53,6	28	39,1	20,7	13,3	14	1237
	Среднее	255	722	160	91,2	56,9	49,9	138	83,0	38,1	19,5	13,6	14,1	1641
	% от годового	15,5	44,0	9,72	5,56	3,47	3,04	8,40	5,06	2,32	1,19	0,83	0,86	100

Таблица 6.4

Расчетное внутригодовое распределение стока для маловодного года обеспеченности  $P = 90$  %; р. Волошка – д. Тороповская (метод среднего распределения стока за годы характерной градации водности)

Единица измерения	Месячный и годовой объем стока, млн м <sup>3</sup>												Год
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	
%	15,5	44,0	9,7	5,6	3,5	3,0	8,4	5,1	2,3	1,2	0,8	0,9	100,0
млн м <sup>3</sup>	218	616	136	77,8	48,5	42,6	117,6	70,8	32,5	16,7	11,6	12,1	1400
м <sup>3</sup> /с	84,0	230	52,5	29,1	18,1	16,4	43,9	27,3	12,1	6,23	4,79	4,50	44,1

## 2. Расчет ВГРС методом реального года

Расчеты методом реального года основаны на обработке четырех рядов значений объемов стока: за водохозяйственный год (ВГ); лимитирующий период (ЛП); лимитирующий сезон (ЛС) и лимитирующий месяц (ЛМ). Дальнейший расчет производится в следующем порядке.

1. Каждый ряд ранжируется и определяется эмпирическая обеспеченность  $P_m$ , % ежегодных значений объемов стока.

2. Для каждого ряда в зависимости от расчетной обеспеченности и продолжительности наблюдений выбираются группы лет соответствующей группы водности (маловодные, средние по водности, многоводные).

3. Выбор реального водохозяйственного года-модели производится на основе двух критериев из числа лет соответствующей группы водности:

- эмпирические обеспеченности объемов стока за ВГ, ЛП, ЛС и ЛМ должны быть наиболее близки к заданной расчетной обеспеченности;

- величина  $\Delta P_j$ , определяемая по формуле (6.1), для реального года. принимаемого к расчету, должна быть минимальна.

$$\Delta P_j = (P_{ВГ} - P_{расч})_j^2 + (P_{ЛП} - P_{расч})_j^2 + (P_{ЛС} - P_{расч})_j^2 + (P_{ЛМ} - P_{расч})_j^2 \quad (6.1)$$

4. Величины месячных объемов стока за принятый к расчету реальный ВГ выражаются в долях (или процентах) от объема годового стока и принимаются в качестве модели относительного ВГРС.

5. Расчетное ВГРС для года соответствующей обеспеченности вычисляются путем умножения месячных долей стока на годовой объем стока расчетной вероятности превышения, определяемый по аналитической кривой обеспеченности (рассчитанный методом моментов или приближенно наибольшего правдоподобия).

Результаты расчетов и примеры их оформления представлены в табл. 6.5-6.8.

Таблица 6.5

Выделение объемов стока за ВГ, ЛП, ЛС и ЛМ; р. Волошка – д. Тороповская (метод реального года)

№ п/п	В/х год	Объем стока, млн м <sup>3</sup>			
		Год IV-III	Лимитирующий период VII-III	Лимитирующий сезон XII-III	Лимитирующий месяц
1	1941-1942	2466	916	70,1	6,77
2	1942-1943	1893	656	103	9,77
3	1943-1944	1750	507	72,7	10,3
4	1944-1945	2383	634	59,9	9,82
5	1945-1946	2119	998	105	10,2
6	1946-1947	2016	289	95,3	9,43
7	1947-1948	2289	767	160,9	15,0
8	1948-1949	2582	966	251	35,1
9	1949-1950	1862	362	74,8	9,43
10	1950-1951	1237	276	87,0	13,3

Окончание таблицы 6.5

№ п/п	В/х год	Объем стока, млн м <sup>3</sup>			
		Год IV-III	Лимитирующий период VII-III	Лимитирующий сезон XII-III	Лимитирующий месяц
11	1951-1952	2234	334	54,3	12,2
12	1952-1953	2211	766	115	16,2
13	1953-1954	2791	905	116	13,3
14	1954-1955	2177	1195	113	15,8
15	1955-1956	2842	514	68,7	8,41
16	1956-1957	1831	985	131	24,6
17	1957-1958	3194	1549	184	29,2
18	1958-1959	2514	615	78,4	15,3
19	1959-1960	1547	339	42,0	8,13
20	1960-1961	1365	402	85,9	15,9
21	1961-1962	3360	1440	130	29,7

Таблица 6.6

Расчет вероятности превышения объемов стока за ВГ, ЛП, ЛС и ЛМ для маловодной группы лет; р. Волошка – д. Тороповская (метод реального года)

№ п/п	P %	Год		Лимитирующий период VII-III		Лимитирующий сезон XII-III		Лимитирующий месяц	
		IV-III		В/х	Объем стока, млн м <sup>3</sup>	В/х	Объем стока, млн м <sup>3</sup>	В/х	Объем стока, млн м <sup>3</sup>
		В/х	Объем стока, млн м <sup>3</sup>						
15	68,2	1942-1943	1893	1947-1948	767	1947-1948	161	1947-1948	15,0
16	72,7	1949-1950	1862	1946-1947	289	1946-1947	95,3	1946-1947	9,43
17	77,3	1956-1957	1831	1945-1946	998	1945-1946	105	1945-1946	10,2
18	81,8	1943-1944	1750	1944-1945	634	1944-1945	60,0	1944-1945	9,82
19	86,4	1959-1960	1547	1943-1944	507	1943-1944	72,7	1943-1944	10,3
20	90,9	1960-1961	1365	1942-1943	656	1942-1943	103	1942-1943	9,77
21	95,5	1950-1951	1237	1941-1942	916	1941-1942	70,1	1941-1942	6,77

Таблица 6.7

Пример выбора реального года на основе расчета величины  $\Delta P_j$  (принимаемый к расчету ВГ 1943-44 гг.)

В/х год	Обеспеченность, P %				$\Delta P_j$
	Год	Лимитирующий период	Лимитирующий сезон	Лимитирующий месяц	
1942-1943	68,2	90,9	90,9	90,9	479
1943-1944	81,8	86,4	86,4	86,4	107
1945-1946	59,1	77,3	77,3	77,3	1441

Таблица 6.8

Расчетное внутригодовое распределение стока для маловодного года обеспеченности  $P = 90\%$ ; р. Волошка – д. Тороповская (метод реального года, 1943-44 г.)

Единица измерения	Месячные и годовой объемы стока, млн м <sup>3</sup>												Год
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	
млн м <sup>3</sup> .	137	889	217	164	20,0	21,0	93,7	136	34,6	17,2	10,3	10,7	1750
%	7,82	50,8	12,4	9,35	1,14	1,20	5,36	7,75	1,97	0,98	0,59	0,61	100
млн м <sup>3</sup>	109	711	174	131	16,0	16,8	75,0	108	27,6	13,7	8,23	8,57	1400
м <sup>3</sup> /с	42,2	266	67,0	48,9	6,0	6,5	28,0	41,8	10,3	5,13	3,40	3,20	44,1

### 3. Расчет ВГРС методом компоновки

При использовании метода компоновки распределение стока по периодам и сезонам года определяют следующим образом. Расчетные значения стока за ВГ, ЛП, ЛС и ЛМ определяют по соответствующим аналитическим кривым распределения стока с использованием принципа равенства расчетных вероятностей превышения стока  $P_{расч}$  за водохозяйственный год  $P_{ВГ}$ , лимитирующий период  $P_{ЛП}$ , лимитирующий сезон  $P_{ЛС}$  и лимитирующий месяц  $P_{ЛМ}$ .

Объем стока ( $W$ ) за нелIMITирующий период (НП) определяют по разности расчетных значений объемов стока за ВГ и ЛП (т.е. объем стока за весну равен разнице объемов стока за в/х год и за лето-осень-зиму):

$$W_{НП} = W_{ВГ} - W_{ЛП}. \quad (6.2)$$

Объем стока за нелIMITирующий сезон (НС) внутри ЛП определяют по разности расчетных объемов стока за ЛП (лето-осень-зима) и ЛС (зима):

$$W_{НС} = W_{ЛП} - W_{ЛС}. \quad (6.3)$$

Суммарный объем стока всех нелIMITирующих месяцев внутри лимитирующего сезона – по разности расчетных объемов стока за ЛС и ЛМ.

Расчеты методом компоновки основаны на обработке четырех рядов значений объемов стока: за водохозяйственный год (ВГ); лимитирующий период (ЛП); лимитирующий сезон (ЛС) и лимитирующий месяц (ЛМ). Дальнейший расчет производится в следующем порядке.

1. Каждый ряд ранжируется и определяется эмпирическая обеспеченность  $P_m$ , % ежегодных значений объемов стока.

2. Для каждого ряда в зависимости от расчетной обеспеченности и продолжительности наблюдений выбираются группы лет соответствующей группы водности (маловодные, средние по водности, многоводные).

3. За весь период наблюдений для ВГ, ЛП, ЛС формируются отдельные таблицы. Месячные объемы стока внутри сезона за каждый год располагаются в убывающем по строке порядке; при этом для каждого значения указывается календарный месяц.

4. Для составного сезона лето-осень месячные расходы располагаются в порядке убывания отдельно для лета и для осени.

5. На основании полученных таблиц для каждого столбца рассчитывается средний объем стока и указывается месяц, наиболее часто встречающийся в этом столбце. В случае, когда частота месяцев

по столбцам таблицы оказывается одинаковой, при назначении номера календарного месяца следует придерживаться хронологического порядка месяцев внутри сезона.

6. Величины месячных объемов стока за принятый к расчету реальный ВГ выражаются в долях (или процентах) от объема годового стока (для этой цели используются величины месячных объемов стока в млн м<sup>3</sup>, определенные в табл. 6.13, выражаемые в процентах; за 100% принимается сумма расчетных ежемесячных объемов стока) и принимаются в качестве модели относительного ВГРС.

7. Расчетное ВГРС для года соответствующей обеспеченности вычисляют путем умножения месячных долей стока на годовой объем стока расчетной вероятности превышения.

Результаты расчетов и примеры их оформления представлены в табл. 6.9-6.14.

Таблица 6.9

Расчет вероятности превышения объемов стока за НЛП, НЛС, ЛС и ЛМ за весь период наблюдений; р. Волошка – д. Тороповская (метод компоновки)

№ п/п	P %	Весна		Лето-осень		Зима		Лимитирующий месяц	
		НЛП – IV-VI		НЛС – VII-XI		ЛС – XII-III		В/х год	Объем стока, млн м <sup>3</sup>
		В/х год	Объем стока, млн м <sup>3</sup>	В/х год	Объем стока, млн м <sup>3</sup>	В/х год	Объем стока, млн м <sup>3</sup>		
1	4,5	1955-1956	2327	1957-1958	1365	1948-1949	251	1961-1962	29,7
2	9,1	1961-1962	1921	1961-1962	1309	1957-1958	184	1960-1961	15,9
3	13,6	1951-1952	1900	1954-1955	1083	1947-1948	161	1959-1960	8,13
4	18,2	1958-1959	1898	1945-1946	894	1956-1957	131	1958-1959	15,3
5	22,7	1953-1954	1886	1956-1957	854	1961-1962	130	1957-1958	29,2
6	27,3	1944-1945	1750	1941-1942	846	1953-1954	116	1956-1957	24,6
7	31,8	1946-1947	1727	1953-1954	789	1952-1953	115	1955-1956	8,41
8	36,4	1957-1958	1646	1948-1949	714	1954-1955	113	1954-1955	15,8
9	40,9	1948-1949	1616	1952-1953	651	1945-1946	105	1953-1954	13,3
10	45,5	1941-1942	1550	1947-1948	606	1942-1943	103	1952-1953	16,2
11	50,0	1947-1948	1522	1944-1945	574	1946-1947	95,3	1951-1952	12,2
12	54,5	1949-1950	1500	1942-1943	552	1950-1951	87,0	1950-1951	13,3
13	59,1	1952-1953	1445	1958-1959	537	1960-1961	85,9	1949-1950	9,43
14	63,6	1943-1944	1243	1955-1956	446	1958-1959	78,4	1948-1949	35,1
Маловодная группа									
15	68,2	1942-1943	1237	1943-1944	434	1949-1950	74,8	1947-1948	15,0
16	72,7	1959-1960	1208	1960-1961	316	1943-1944	72,7	1946-1947	9,43
17	77,3	1945-1946	1121	1959-1960	297	1941-1942	70,1	1945-1946	10,2
18	81,8	1954-1955	982	1949-1950	287	1955-1956	68,7	1944-1945	9,82
19	86,4	1960-1961	963	1951-1952	280	1944-1945	59,9	1943-1944	10,3
20	90,9	1950-1951	961	1946-1947	194	1951-1952	54,3	1942-1943	9,77
21	95,5	1956-1957	846	1950-1951	189	1959-1960	42,0	1941-1942	6,77

Таблица 6.10

Расчет внутрисезонного распределения стока для весны по маловодной группе лет ( $P > 66,7\%$ ); р. Волошка – д. Тороповская (метод компоновки)

№ п/п	P %	В/х год	Сумма за сезон, млн м <sup>3</sup>	ВЕСНА					
				1		2		3	
				млн м <sup>3</sup>	месяц	млн м <sup>3</sup>	месяц	млн м <sup>3</sup>	месяц
15	68,2	1942-1943	1237	862	V	199	VI	176	IV
16	72,7	1959-1960	1208	908	V	171	IV	129	VI
17	77,3	1945-1946	1121	798	V	311	VI	12,0	IV
18	81,8	1954-1955	982	761	V	148	VI	73,1	IV
19	86,4	1960-1961	963	386	V	378	IV	199	VI
20	90,9	1950-1951	961	433	IV	348	V	180	VI
21	95,5	1956-1957	846	710	V	123	VI	13,3	IV
Среднее			1045	694	IV-1; V-6	240	IV-2; V-1; VI-4	112	IV-3; VI-4
Принятое распределение, % от сезонного стока			100	66,4	V	22,9	IV	10,7	VI

Таблица 6.11

Расчет внутрисезонного распределения стока для лета и осени по маловодной группе лет ( $P > 66,7\%$ ); р. Волошка – д. Тороповская (метод компоновки)

№ п/п	P %	В/х год	Сумма за сезон, млн м <sup>3</sup>	ЛЕТО				ОСЕНЬ					
				1		2		1		2		3	
				млн. м <sup>3</sup>	месяц	млн м <sup>3</sup>	месяц	млн м <sup>3</sup>	месяц	млн м <sup>3</sup>	месяц	млн м <sup>3</sup>	месяц
15	68,2	1943-1944	434	164	VII	20,0	VIII	136	XI	93,7	X	21,0	IX
16	72,7	1960-1961	316	137	VII	16,6	VIII	64,8	X	56,8	IX	41,5	XI
17	77,3	1959-1960	297	103	VII	16,5	VIII	105	X	40,4	XI	31,4	IX
18	81,8	1949-1950	287	42,1	VII	31,3	VIII	112	X	80,6	XI	21,7	IX
19	86,4	1951-1952	280	169	VII	52,5	VIII	24,0	X	17,9	IX	16,7	XI
20	90,9	1946-1947	194	53,0	VII	28,4	VIII	43,8	XI	43,0	IX	25,6	X
21	95,5	1950-1951	189	72,6	VII	17,8	VIII	53,6	X	28,0	XI	17,4	IX
Среднее			285	106	VII-7	26,2	VIII-8	77,0	X-5, XI-2	51,5	IX-3, X-1, XI-3	25,0	IX-4, X-1 XI-2
Принятое распределение, % от сезонного стока			100	37,1	VII	9,2	VIII	27,0	X	18,0	XI	8,70	IX



Таблица 6.12

Расчет внутрисезонного распределения стока для зимы по маловодной группе лет ( $P > 66,7\%$ ); р. Волошка – д. Тороповская (метод компоновки)

№ п/п	P %	в/х год	Сумма за сезон, млн м <sup>3</sup>	ЗИМА							
				1		2		3		4	
				млн м <sup>3</sup>	месяц	млн м <sup>3</sup>	месяц	млн м <sup>3</sup>	месяц	млн м <sup>3</sup>	месяц
15	68,2	1949-1950	74,8	41,0	ХП	14,5	I	9,85	II	9,43	III
16	72,7	1943-1944	72,7	34,6	ХП	17,2	I	10,7	III	10,3	II
17	77,3	1941-1942	70,1	46,6	ХП	9,45	I	7,31	III	6,77	II
18	81,8	1955-1956	68,7	35,1	ХП	15,3	I	9,89	II	8,41	III
19	86,4	1944-1945	59,9	28,4	ХП	11,3	III	10,4	I	9,82	II
20	90,9	1951-1952	54,3	14,2	ХП	14,2	I	13,6	III	12,2	II
21	95,5	1959-1960	42,0	14,9	ХП	9,83	I	9,13	III	8,13	II
Среднее			63,2	30,7	ХП-7	13,0	I-6, III-1	10,2	I-1, II-2, III-4	9,30	II-5, III-2
Принятое распределение, % от сезонного стока			100	48,5	ХП	20,7	I	16,1	III	14,7	II

Таблица 6.13

Расчетное внутрисезонное распределения стока для маловодной группы лет ( $P > 66,7\%$ ); р. Волошка – д. Тороповская (метод компоновки)

Размерность	ВЕСНА				ЛЕТО-ОСЕНЬ						ЗИМА				
	IV	V	VI	За сезон	VII	VIII	IX	X	XI	За сезон	XII	I	II	III	За сезон
% от сез.	22,9	66,4	10,7	100	37,1	9,2	8,7	27,0	18,0	100	48,5	20,7	14,7	16,1	100
млн м <sup>3</sup>	240	694	112	1045	106	26,2	51,5	77,0	25,0	285	30,7	13,0	9,30	10,2	63,2

Таблица 6.14

Расчетное распределение стока по месяцам для водохозяйственного года обеспеченности  $P = 90\%$  р. Волошка – д. Тороповская (метод компоновки)

Размерность	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	Годовой сток
Расчетные величины ежемесячных объемов стока по маловодной группе лет ( $P > 66,7\%$ )													
млн м <sup>3</sup>	240	694	112	106	26,2	51,5	77	25	30,7	13	9,3	10,2	1395
Расчетные величины ежемесячных объемов стока и расходов воды для года $P = 90\%$													
%	17,2	49,8	8,03	7,60	1,88	3,69	5,52	1,79	2,20	0,93	0,67	0,73	100
млн м <sup>3</sup>	241	697	112	106	26,3	51,69	77,28	25,09	30,81	13,05	9,334	10,24	1400
м <sup>3</sup> /с	92,9	260	43,4	39,7	9,82	19,9	28,9	9,68	11,50	4,87	3,86	3,82	44,0

### Оформление результатов

Результаты оформляются в виде таблиц с пояснением к ним и описанием методики расчетов. К работе в обязательном порядке должна быть приложена клетчатка с нанесенными кривыми обеспеченности для ВГ, ЛП, ЛС и ЛМ.

Работа №7. Расчет внутригодового распределения суточного стока воды и коэффициента естественной зарегулированности стока

### ***Исходные данные***

В качестве исходных данных используются таблицы ежедневных расходов воды (ЕРВ) за три характерных по водности года (обеспеченность среднегодового расхода воды 50, 80 и 90%), суточные расходы воды продолжительности стояния 1, 30, 90, 180, 270, 355, 365 сут. и средние годовые расходы воды (календарные) за весь период наблюдений в расчетном створе.

### ***Рекомендации по выбору исходных данных***

При выборе исходных данных следует использовать те же ряды наблюдений, по которым выполнен расчет ВГРС в работе №6. Данные по ежедневным расходам воды рекомендуется использовать за средний по водности год и годы с обеспеченностью годового стока 80 и 90%, определенные в работе №6.

### ***Задание***

Построить кривые продолжительности стояния суточных расходов воды за три характерных по водности года. Определить коэффициенты естественной зарегулированности стока графическим и аналитическим способами. Выполнить построение кривых обеспеченности суточных расходов воды всех продолжительностей стояния и, на основе первых, построить кривые продолжительности стояния равнообеспеченных расходов.

### ***Методические указания по ходу выполнения работы***

#### **1. Построение кривых продолжительности стояния расходов воды за годы обеспеченностью среднегодового расхода воды 50, 80 и 90%**

Для построения кривых ежедневные расходы (ЕРВ) воды ранжируются в убывающем порядке. Вся амплитуда колебания расходов воды разбивается на 15-20 интервалов (при этом допускается назначать неравные по величине интервалы: при максимальных расходах – большие, при минимальных – меньшие). Рассчитывается число случаев попадания ЕРВ в заданные интервалы и выполняется последовательное суммирование этих чисел. нарастающая сумма выражается общим числом суток в днях ( $m$ ) и в процентах (за 100%

принимается общее количество дней в году – 365 или 366). Результаты заносятся в таблицы по форме 7.1.

Таблица 7.1

Частота и суммарная повторяемость расходов воды в заданных интервалах; р.Юрюзань – пос. Атяш, 1962 г. (средний по водности)

№ п/п	Интервалы расходов	Частота м, дн.	Нарастающая сумма	
			Σm, дн.	Σm, %
0	310	-	-	0
1	310 - 290	1	1	0,27
2	289 - 270	0	1	0,27
3	269 - 250	0	1	0,27
4	249 - 230	3	4	1,09
5	229 - 210	7	11	3,01
6	209 - 190	5	16	4,37
7	189 - 170	5	21	5,74
8	169 - 150	2	23	6,28
9	149 - 130	4	27	7,38
10	129 - 110	8	35	9,56
11	109 - 90	15	50	13,7
12	80,9 - 80	9	59	16,1
13	70,9 - 70	10	69	18,9
14	60,9 - 60	18	87	23,8
15	50,9 - 50	25	112	30,6
16	40,9 - 40	46	158	43,2
17	30,9 - 30	39	197	53,8
18	20,9 - 25	47	244	66,7
19	24,9 - 20	50	294	80,3
20	19,9 - 12	35	329	89,9
21	11,9 - 10	37	366	100,0

На основании табл. 7.1 строятся кривые продолжительности (отдельно для каждого года). Кривые строятся на основании процентного распределения нарастающих сумм в процентах ( $\Sigma m, \%$ ) и нижних пределов назначенных интервалов. В верхней части, при  $\Sigma m=0\%$ , кривая выводится на значение, соответствующее максимуму в году расходу воды (рис. 7.1).

## 2. Расчет коэффициентов естественной зарегулированности стока $\varphi$

Вычисление величины коэффициента  $\varphi$  производится для выбранных трех лет графическим и аналитическим способами.

*Вычисление графическим способом.* Вся площадь фигуры (рис. 7.1), ограниченная кривой продолжительности и координатными осями, делится линией среднего годового расхода воды  $Q_n$  на две неравные части. Определяется общая площадь фигуры  $S$  и площадь,

лежащая ниже линии среднегодового расхода воды,  $s$ . Площади определяются любым удобным способом: с использованием планиметра, палетки, компьютерных программ. Коэффициент  $\varphi$  вычисляется по формуле (7.1)

$$\varphi = \frac{s}{S}. \quad (7.1)$$

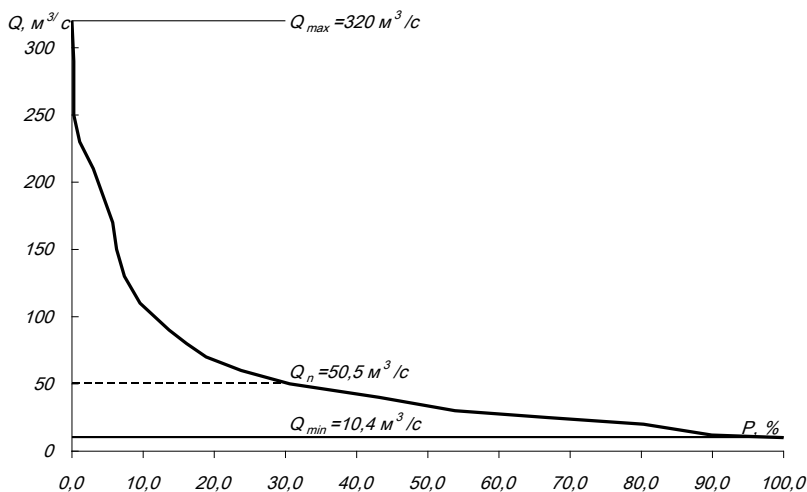


Рис. 7.1. Кривая продолжительности суточных расходов; р.Юрзаны – пос. Атнаш, 1962 г. (средний по водности)

*Вычисление аналитическим способом.* Расчеты ведутся с использованием данных о среднемесячных расходах воды за три расчетных года (среднемесячные расходы воды могут быть определены на основании имеющихся ежедневных расходов воды). Коэффициент  $\varphi$  может быть приближенно определен по формуле (7.2)

$$\varphi = \frac{\sum_{i=1}^{12} Q_i - \sum_{j=1}^n (Q_j - Q_n)}{\sum_{i=1}^{12} Q_i}, \quad (7.2)$$

где  $i$  – номер календарного расчетного месяца;  $j$  – номер календарного месяца, среднемесячный расход которого ( $Q_j$ , м³/с) превышает

среднегодовой для расчетного года;  $Q_i$  и  $Q_n$  – соответственно, величины среднемесячного и среднегодового расхода воды, м<sup>3</sup>/с.

Следует обратить внимание на то, что в расчетах по формуле используются только положительные значения разницы среднемесячных и среднегодового расходов воды:  $(Q_j - Q_n) \geq 0$ . Результаты расчета заносятся в табл. 7.2.

Таблица 7.2

Результаты расчета коэффициента естественной зарегулированности стока  $\varphi$  различными способами

Год	Графический способ	Аналитический способ

### 3. Вероятностная оценка продолжительности стояния суточных расходов воды

На основании собранных данных по расходам воды заданной продолжительности стояния заполняется табл. 7.3. При заполнении таблицы следует иметь в виду, что продолжительности стояния 1 сутки соответствует максимальный в году расход воды, а продолжительности стояния 365 суток – минимальный.

На основании этой таблицы ряды расходов воды равной продолжительности стояния ранжируются в порядке убывания; рассчитывается эмпирическая обеспеченность каждого года по формуле (3.6). Результаты расчетов заносятся в табл. 7.4.

С использованием спрямляющей клетчатки вероятностей для  $C_s/C_v=2$  выполняется построение эмпирических кривых обеспеченностей суточных расходов воды различной продолжительности стояния (рис. 7.2). С использованием эмпирических кривых рис. 7.2 определяются величины расходов воды заданных продолжительностей стояния вероятностью превышения 1, 10, 25, 50, 75, 90 и 99% (табл. 7.5). На основании определенных обеспеченных величин строятся кривые продолжительности стояния расходов воды для лет различной вероятности превышения (рис. 7.3).

Таблица 7.3

Суточные расходы воды заданной продолжительности стояния;  
(р.Юрюзань – пос. Атнаш)

№ п/п	Год	Расход воды ( $Q$ , м <sup>3</sup> /с) продолжительностью стояния, сут.						
		1	30	90	180	270	355	365
1	1932	606	139	46,4	25,1	15,4	8,42	8,09
2	1933	407	161	30,1	18,8	10,6	4,47	2,86
3	1934	534	132	47,8	15,7	7,02	3,60	2,95
4	1935	261	189	58,5	22,0	7,75	6,00	3,82
5	1936	360	58,2	19,6	9,79	5,64	3,01	2,04
6	1937	280	153	67,5	18,1	7,28	4,26	3,91
7	1938	461	167	54,4	19,4	9,25	5,30	5,04
8	1939	271	116	33,3	16,6	7,53	5,10	4,50
9	1940	231	118	36,8	8,79	6,21	4,47	3,16
10	1941	822	304	69	37,2	10,2	5,08	4,17
11	1942	600	211	98,4	35,9	15,7	10,5	9,04
12	1943	459	235	95,1	51,7	16,0	11,3	9,37
13	1944	372	165	45,1	28,1	8,97	7,24	6,78
14	1945	498	228	102	42,7	16,8	8,26	5,86
15	1946	538	233	98,1	54,4	21,7	13,6	12,6
16	1947	690	280	122	51,7	26,2	18,0	12,1
17	1948	726	208	67,0	34,2	23,9	16,6	9,12
18	1949	556	142	39,4	22,5	18,4	14,4	10,4
19	1950	246	119	60	36,5	14,8	12,0	10,3
20	1951	696	113	45,2	24,7	12,0	9,04	7,59
21	1952	357	165	30,3	14,3	11,4	8,50	3,70
22	1953	344	149	33,8	14,4	11,7	9,36	4,8
23	1954	371	140	40,0	16,0	12,6	6,51	5,92
24	1955	397	109	43,3	21,9	13,2	9,21	5,68
25	1956	492	156	70,6	37,3	12,5	9,19	8,62
26	1957	731	156	37,7	21,1	17,1	9,46	8,42
27	1958	367	215	42,8	18,8	15,0	11,7	10,3
28	1959	621	153	81,8	37,6	15,5	9,95	8,85
29	1960	436	185	75,0	28,1	16,8	11,4	8,27
30	1961	396	146	83,0	45,9	15,5	11,3	10,5
31	1962	320	126	59,1	33,0	23,2	11,2	10,4

### **Оформление результатов**

Результаты оформляются в виде таблиц с пояснением к ним и описанием методики расчетов. К работе в обязательном порядке прикладываются эмпирические кривые обеспеченности суточных расходов воды заданной продолжительности стояния; кривые продолжительности стояния суточных расходов воды в годы различной обеспеченности; кривые продолжительности стояния расходов воды за годы характерной водности.

Таблица 7.4

Суточные расходы воды заданной продолжительности стояния различной вероятности превышения (р.Юрюзань – пос. Атнаш)

№ п/п	P <sub>m</sub> , %	Расходы воды (Q, м <sup>3</sup> /с) продолжительностью стояния, сут.						
		1	30	90	180	270	355	365
1	3,13	822	304	122	54,4	26,2	18,0	12,6
2	6,25	731	280	102	51,7	23,9	16,6	12,1
3	9,38	726	235	98,4	51,7	23,2	14,4	10,5
4	12,5	696	233	98,1	45,9	21,7	13,6	10,4
5	15,6	690	228	95,1	42,7	18,4	12,0	10,4
6	18,8	621	215	83,0	37,6	17,1	11,7	10,3
7	21,9	606	211	81,8	37,3	16,8	11,4	10,3
8	25,0	600	208	75,0	37,2	16,8	11,3	9,37
9	28,1	556	189	70,6	36,5	16,0	11,3	9,12
10	31,3	538	185	69,0	35,9	15,7	11,2	9,04
11	34,4	534	167	67,5	34,2	15,5	10,5	8,85
12	37,5	498	165	67,0	33,0	15,5	9,95	8,62
13	40,6	492	165	60,0	28,1	15,4	9,46	8,42
14	43,8	461	161	59,1	28,1	15,0	9,36	8,27
15	46,9	459	156	58,5	25,1	14,8	9,21	8,09
16	50,0	436	156	54,4	24,7	13,2	9,19	7,59
17	53,1	407	153	47,8	22,5	12,6	9,04	6,78
18	56,3	397	153	46,4	22,0	12,5	8,50	5,92
19	59,4	396	149	45,2	21,9	12,0	8,42	5,86
20	62,5	372	146	45,1	21,1	11,7	8,26	5,68
21	65,6	371	142	43,3	19,4	11,4	7,24	5,04
22	68,8	367	140	42,8	18,8	10,6	6,51	4,80
23	71,9	360	139	40,0	18,8	10,2	6,00	4,50
24	75,0	357	132	39,4	18,1	9,25	5,30	4,17
25	78,1	344	126	37,7	16,6	8,97	5,10	3,91
26	81,3	320	119	36,8	16,0	7,75	5,08	3,82
27	84,4	280	118	33,8	15,7	7,53	4,47	3,70
28	87,5	271	116	33,3	14,4	7,28	4,47	3,16
29	90,6	261	113	30,3	14,3	7,02	4,26	2,95
30	93,8	246	109	30,1	9,79	6,21	3,60	2,86
31	96,9	231	58,2	19,6	8,79	5,64	3,01	2,04

Таблица 7.5

Координаты кривых продолжительности равнообеспеченных расходов воды (р.Юрюзань – пос. Атнаш)

№ п/п	P, %	Расход воды (Q, м <sup>3</sup> /с) продолжительностью стояния, сут.						
		1	30	90	180	270	355	365
1	1	970	340	190	87,0	32,0	22,0	14,5
2	10	705	245	92,0	47,0	21,7	14,7	11,2
3	25	555	200	74,5	33,0	16,0	11,5	9,10
4	50	445	150	49,0	24,5	12,5	9,00	7,00
5	75	360	125	39,0	17,0	9,50	6,20	4,00
6	90	280	100	27,5	12,5	7,00	4,20	3,00
7	99	170	90	23,0	7,0	4,50	1,80	1,00

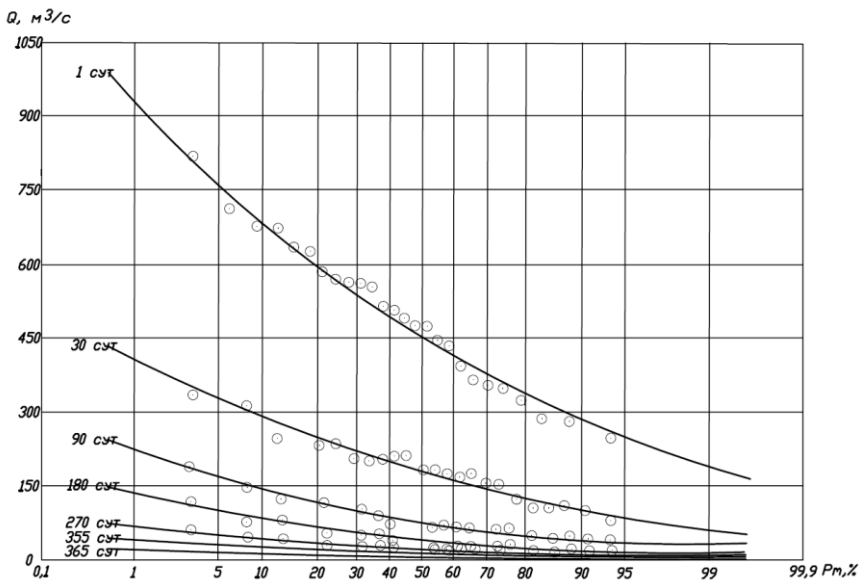


Рис. 7.2. Эмпирические кривые обеспеченности суточных расходов воды заданной продолжительности стояния (р. Юрюзань – пос. Атнаш)

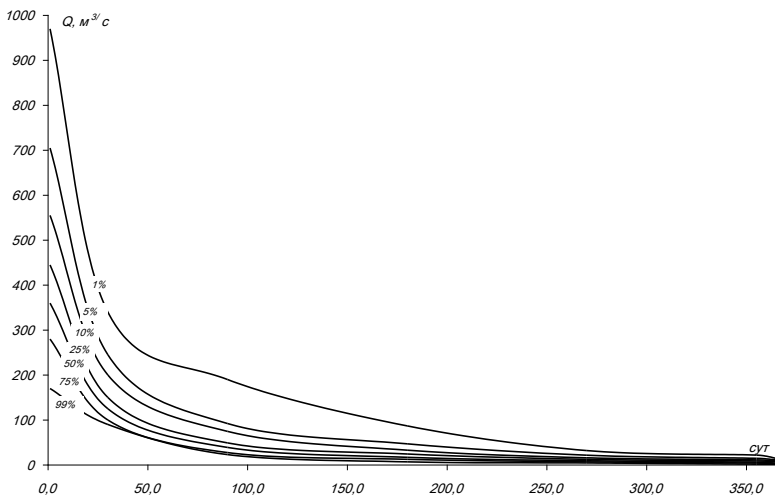


Рис. 7.3. Кривые продолжительности стояния суточных расходов воды в годы различной обеспеченности (р. Юрюзань – пос. Атнаш)



Работа №8. Определение максимальных расходов воды весеннего половодья при отсутствии материалов наблюдений

### ***Исходные данные***

В качестве исходных данных используются гидрографические характеристики расчетной реки и ее водосбора: площадь водосбора  $F$ , км<sup>2</sup>; средняя высота водосбора  $H$ , м; длина реки  $L$ , км; длина русловой сети  $\Sigma L$ , км; средневзвешенный уклон реки  $I_p$ , ‰; средневзвешенный уклон водосбора  $I_{\text{водсб}}$ , ‰; озерность  $f_{\text{оз}}$ , ‰; лесистость  $f_l$ , ‰; заболоченность  $f_b$ , ‰. Кроме того, в расчетах используются характеристики стока весенних половодий и гидрографические характеристики по 2-3 рекам-аналогам: слой стока и максимальный среднесуточный расход воды вероятностью превышения 1% ( $h_{1\%}$ , мм;  $Q_{1\%}$ , м<sup>3</sup>/с), необходимые для расчета величины коэффициента дружности  $K_0$ ; коэффициенты вариации и асимметрии слоя стока ( $C_v$  и  $C_s$ ), необходимые для расчета величин слоя стока заданной вероятности превышения. Для выполнения альтернативных расчетов рекомендуется использовать Атлас расчетных карт и номограмм (приложение к «Пособию по определению расчетных гидрологических характеристик») и «Ресурсы поверхностных вод СССР» [12].

### ***Рекомендации по выбору исходных данных***

Данные методические рекомендации ориентированы на расчет стока равнинных и полугорных рек. При выборе рек-аналогов следует руководствоваться требованиями, изложенными в рекомендациях к работе №3. Ввиду того, что при выполнении данной работы допускается использовать в качестве аналогов те же реки, что и в работе №3, расчетный водосбор должен соответствовать выбранным ранее аналогам. Определение гидрографических характеристик ведется по картам М 1:100 000 в соответствии с требованиями [13]. Площадь водосбора до замыкающего створа  $F$ , км<sup>2</sup> определяется по картам масштаба, выбираемого в соответствии с п. 7.8 СП 33-101-2003 [14]; в данной работе рекомендуется использовать реки с площадью водосбора не менее 200 км<sup>2</sup>. При поиске картографического материала рекомендуется использовать ресурсы сети Интернет (при работе с картографическим материалом возможно использование программы «SAS-planet»).

### ***Задание***

Определить максимальные расходы воды весеннего половодья вероятностью превышения 0,1; 1; 2; 3; 5 и 10% для неизученной реки.

Расчеты выполнить в соответствии с требованиями СП 33-101-2003 [14].

### **Методические указания по ходу выполнения работы**

Для расчета максимальных расходов воды рек с любыми площадями водосборов СП 33-101-2003 [14] рекомендована формула

$$Q_{p\%} = \frac{K_0 \cdot h_{p\%} \cdot \mu \cdot \delta \cdot \delta_1 \cdot \delta_2}{(F + 1)^n} F, \quad (8.1)$$

где  $Q_{p\%}$  – расчетный мгновенный среднесуточный расход воды, м<sup>3</sup>/с;

$K_0$  – параметр, характеризующий дружность весеннего половодья (для определения расчетных характеристик весеннего половодья значения  $K_0$  определяются с использованием слоя стока и модуля стока обеспеченностью 1% по аналогам);  $h_{p\%}$  – расчетный слой суммарного весеннего стока той же вероятности, что и расход воды, мм;  $\mu$  – коэффициент, учитывающий неравенство статистических параметров слоя стока и максимальны расходов воды;  $\delta$  – коэффициент, учитывающий влияние проточных озер;  $\delta_1$  – коэффициент, учитывающий снижение максимального расхода воды на залесенных водосборах;  $\delta_2$  – коэффициент, учитывающий снижение максимального расхода воды на заболоченных водосборах;  $F$  – площадь водосбора до замыкающего створа, км<sup>2</sup>;  $n$  – показатель степени редукции.

Данная формула применима для зональных рек. Для полизональных рек расчеты ведутся по материалам наблюдений над стоком по основной реке с учетом боковой приточности, рассчитываемой по приведенной выше формуле.

Расчет по данной формуле складывается из последовательного определения входящих в нее параметров.

### **1. Определение расчетного слоя стока заданной вероятности превышения**

Расчетный слой суммарного весеннего стока той же вероятности, что и расход воды  $h_{p\%}$ , мм, а также его коэффициенты вариации  $C_v$  и асимметрии  $C_s$  в данной работе рекомендуется принимать по рекам-аналогам. При выборе расчетного аналога следует руководствоваться географической близостью их с расчетным водосборов, сходством гидрографических характеристик; близостью средних высот и небольшими различиями в площадях водосборов. В том случае, когда все аналоги удовлетворяют предъявляемым к ним

требованиями, допускается принимать осредненные по группе аналогов статистические параметры слоя стока весеннего половодья. В случае, если расчетная река и аналоги располагаются в горах или предгорьях при назначении параметров слоя стока, необходима консультация преподавателя.

Определение величин слоя стока заданной вероятности превышения для каждого из аналогов и для расчетной реки  $h_{p\%}$ , мм ведется методом моментов, в соответствии с методическими рекомендациями к работе №5.

Для рек с площадью водосбора менее 200 км<sup>2</sup> к величине  $h_0$ , снятой с карт, вводится поправочный коэффициент 1,2. В значения коэффициента вариации, снятого с карт, также вводятся повышающие коэффициенты, определяемые по формуле  $k = 0,14 \cdot \ln(250 - F) + 0,5$  [2]. К слою стока весеннего половодья закарстованных рек следует вводить понижающие коэффициенты, определяемые в зависимости от относительной закарстованности  $f_{карст}$  по формуле  $\delta_{карст} = 1 - 0,004 \cdot f_{карст}$ .

## 2. Определение коэффициента дружности

Коэффициент дружности весеннего половодья  $K_0$  рекомендуется определять по формуле

$$K_0 = \frac{Q_{1\%} \cdot (F + 1)^n}{h_{1\%} \cdot \mu \cdot \delta \cdot \delta_1 \cdot \delta_2 \cdot F} \quad (8.2)$$

по данным наблюдений на реках-аналогах. При расчете данного коэффициента в формуле (8.2) используются значения расходов воды и слоев стока с вероятностью превышения 1%.

В расчетах следует использовать либо осредненную величину  $K_0$  по группе аналогов, либо значение  $K_0$ , определенное для реки-аналога, имеющей наиболее схожие с расчетной рекой гидрографические характеристики.

## 3. Определение коэффициента, учитывающего неравенство статистических параметров слоя стока и максимальных расходов воды

Коэффициент, учитывающий неравенство статистических параметров слоя стока и максимальных расходов воды  $\mu$ , определяется по табл. 8.1 [11].

Таблица 8.1

### Значения коэффициента $\mu$

Расчетная обеспеченность P, %							
0,1	1	3	5	10	25	50	75
1,02	1,00	0,97	0,96	0,93	0,90	0,86	0,82

#### 4. Определение коэффициента редукции

Для определения величины коэффициента редукции  $n$  необходимо вычислить уравнение зависимости вида  $\lg(q_0) = f[\lg(F+1)]$ , где  $q_0$  – средний многолетний модуль максимального стока весеннего половодья рек-аналогов, л/с км<sup>2</sup>, с использованием сведений, опубликованных в «Ресурсах поверхностных вод СССР» [12] по 15-20 пунктам. Построения выполняются средствами Microsoft Excel. Первый множитель в уравнении линии тренда полученной зависимости является искомой величиной коэффициента редукции  $n$ .

#### 5. Определение коэффициентов снижения максимальных расходов воды на водосборах, зарегулированных озерами, лесами, болотами

Коэффициент, учитывающий влияние проточных озер на водосборе  $\delta$ , определяется в зависимости от относительной озерности

$$f_{oz} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n S_i \cdot 100\right)}{F}, \% \quad (8.3)$$

Средневзвешенная озерность  $f'_{oz}$  определяется по одной из трех формул:

– при наличии сведений о площадях водосборов озер:

$$f'_{oz} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n 100 \cdot S_i \cdot f_i\right)}{F^2}, \% \quad (8.4)$$

– при отсутствии сведения о площадях озер и относительной озерности менее 50%

$$f'_{oz} = \frac{(f_{oz} - 2)}{2,8}, \% \quad (8.5)$$

– при относительной озерности более 50% и для случаев, когда река вытекает из озера:

$$f_{oz} = \frac{(f_{oz} - 2)}{0,92}, \% \quad (8.6)$$

Коэффициент снижения максимального расхода проточными озерами на водосборе определяется как

$$\delta = \frac{1}{1 + 0,2 \cdot f_{oz}} \quad (8.7)$$

При наличии непроточных озер вне зависимости от озерности  $\delta$  принимается равным 0,8 (непроточные озера внутри болот следует относить к площади болот). При наличии проточных и непроточных озер величина понижающего коэффициента принимается как среднее из двух значений, определенных двумя способами. При расчете максимальных расходов воды на водосборах, зарегулированным водохранилищами, расчет ведется с частичных площадей: до створа плотины и от створа плотины до расчетного створа. В створе плотины рассчитывается трансформированный расход (при этом естественный расход рассчитывается по основной формуле). За объем регулирующей призмы принимается полезный объем водохранилища (на нерегулируемых плотинах возможен расчет, аналогичный расчету стока рек, зарегулированных озерами). При относительной озерности менее 2% коэффициент принимается равным 1.

Коэффициент, учитывающий снижение максимального расхода воды на залесенных водосборах,  $\delta_1$ , определяется в зависимости от относительной лесистости  $f_l$  по формуле

$$\delta_1 = \frac{a}{(f_l + 1)^{n'}} \quad (8.8)$$

Параметры  $a$  и  $n'$  определяются по табл. 8.2.

При относительной озерности более 20% или относительной лесистости менее 3% пособием [11] рекомендовано принимать  $\delta_1$  равным 1.

Коэффициент, учитывающий снижение максимального расхода воды на заболоченных водосборах,  $\delta_2$ , определяется в зависимости от относительной заболоченности  $f_b$  по формуле

$$\delta_2 = 1 - \beta \cdot \lg(0,1 \cdot f_b + 1) \quad (8.9)$$

Величина  $\beta$  принимается: для низинных болот всех типов равной 0,8, для верховых болот на супесчаных почвах – 0,5, на суглинистых и глинистых – 0,3; при наличии на водосборе болот разных типов принимается равной 0,7 независимо от соотношения типов болот. При расчете относительной заболоченности в состав болот включаются все заболоченные пространства (как оконтуренные, так и не оконтуренные на топографических картах), а также непроточные внутриболотные озера. Территории, включенные в состав площади болот, при этом не могут входить в состав площадей леса. Суммарная относительная озерность, заболоченность и лесистость не может превышать 100%.

При относительной озерности более 20% или относительной заболоченности менее 3% пособием [11] рекомендовано принимать  $\delta_2$  равным 1.

Таблица 8.2  
Коэффициент редукции и параметр  $a$  в формуле (8.8) [11]

Природная зона	Расположение леса на водосборе	Значения параметра $a$ при $f_i, \%$			Коэффициент редукции $n'$ для почвогрунтов под лесом		
		3 – 9	10 – 19	20 – 30	различного механического состава	супесчаных	суглинистых
Лесная	А	1,0	1,0	1,0	0,22	–	–
	В	0,85	0,80	1,75	0,22	–	–
	С	1,20	1,25	1,30	0,22	–	–
Лесостепная	А, С	1,0	1,0	1,0	0,16	0,20	0,10
	В	1,25	1,30	1,40	0,16	0,20	0,10

Примечания: 1. Расположение леса на водосборе: А – равномерное, В – в верхней части водосбора; С - в нижней и прирусловой частях водосбора.

2. В лесной зоне из-за отсутствия сведений о преобладающих почвах (грунтах) значение  $n'$  принимается равным 0,22 независимо от почв (грунтов) под лесом.

3. При  $f_i > 30\%$   $a=1$ .

### Оформление результатов

Результаты оформляются в виде таблицы (табл. 8.3.) с пояснением к ним, описанием методики расчетов и всех расчетных параметров.

Таблица 8.3

#### Пример оформления результатов расчетов

Река - створ	$F$ , км <sup>2</sup>	$H$ , м	$I_{водсб}$ , ‰	$f_n$ , %	$f_{об}$ , %	$f_{оз}$ , %	$\sigma_{\square}$	$\sigma_2$	$\sigma$	Характеристика слоев стока			$K_0$
										$h_0$ , мм	$C_v$	$C_3/C_v$	
-	47,6	83	12,9	47	1	0	0,43	1,0	1	37,8	0,57	1,85	0,013
Расчетные характеристики расходов воды ( $Q$ , м <sup>3</sup> /с) и слоев стока весеннего половодья ( $h$ , мм) обеспеченностью $P$ , %													
Река - створ	$Q_{1\%}$	$Q_{2\%}$	$Q_{3\%}$	$Q_{5\%}$	$Q_{10\%}$	Река - створ	$h_{1\%}$	$h_{2\%}$	$h_{3\%}$	$h_{5\%}$	$h_{10\%}$		
-	20,4	17,5	16,0	14,0	11,1	-	148	129	120	106	87		

Работа №9. Определение максимальных расходов воды дождевых паводков при отсутствии материалов наблюдений (формулы I, II типов, для водосборов площадью более 200 км<sup>2</sup>)

### ***Исходные данные***

В качестве исходных данных используются максимальные *срочные* расходы воды дождевых паводков по расчетному створу и трем створам-аналогам за период наблюдений не менее 30 лет (при этом площади водосборов во всех створах должны быть не менее 200 км<sup>2</sup>). Для сопоставления полученных результатов расчетов с опубликованными ранее гидрологическими характеристиками рекомендуется использовать Атлас расчетных карт и номограмм (приложение к «Пособию по определению расчетных гидрологических характеристик») и «Ресурсы поверхностных вод СССР» [12].

### ***Рекомендации по выбору исходных данных***

В расчетах стока дождевых паводков необходимо использовать максимальные срочные расходы воды, а не среднесуточные.

Расчетную реку-аналог в учебных целях (но не в общем случае) рекомендуется выбирать таким образом, чтобы выполнялось условие  $\eta_\phi < 1,5$ , в котором  $\eta_\phi$  представляет собой соотношение коэффициентов формы водосбора исследуемой реки и реки-аналога:

$$\eta_\phi \approx \left( L \cdot F_a^{0,56} \right) / \left( L_a \cdot A^{0,56} \right), \quad (9.1)$$

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

Следует отметить, что в случаях  $\eta_\phi > 1,5$  СП 33-101-2003 рекомендует вести расчет по формуле I типа с использованием в формуле для определения  $\varphi_m$  не площадей водосбора, а гидроморфологических характеристик русла. Однако их расчет сопряжен с определением ряда дополнительных характеристик (гидрографические характеристики водосбора, время руслового и склонового добегаания), а потому привносит неоправданные дополнительные погрешности в итоговый результат.

### ***Задание***

Определить двумя методами максимальные расходы воды дождевых паводков вероятностью превышения 0,1; 1; 2; 3; 5 и 10% для неизученной реки с площадью водосбора более 200 км<sup>2</sup>; выполнить



сопоставление результатов расчета с характеристиками, определенными по данным наблюдений в расчетном створе

### **Методические указания по ходу выполнения работы**

Для расчета максимальных расходов воды дождевых паводков с водосборов площадью 200 км<sup>2</sup> СП 33-101-2003 рекомендованы два типа формул.

#### **1. Расчеты по формуле I типа (при наличии реки-аналога)**

Расчетная формула типа I (редукционная) для определения  $Q_{P\%}$  при наличии одной или нескольких рек-аналогов имеет вид

$$Q_{P\%} = q_{P\%,a} \cdot \varphi_m \cdot (\delta \cdot \delta_2 / \delta_a \cdot \delta_{2a}) \cdot F, \quad (9.2)$$

где  $q_{P\%,a}$  – модуль максимального срочного расхода воды реки-аналога расчетной вероятности превышения  $P$ , %, м<sup>3</sup>/с·км<sup>2</sup>,  $\varphi_m$  – коэффициент, учитывающий редукцию максимального модуля стока дождевого паводка ( $q_{1\%}$ ) с увеличением площади водосбора ( $F$ , км<sup>2</sup>) или продолжительности руслового времени добегаания ( $\tau_p$ , мин). В данном случае расчетное значение  $\varphi_m$  принимается по формуле:

$$\varphi_m = (F_a / F)^n, \quad (9.3)$$

где  $n$  – коэффициент редукции модуля максимального стока по площади водосбора. Величина коэффициента  $n$  принимается по листу 10 приложения 1 к «Пособию» [11];

$\delta$  и  $\delta_a$ ,  $\delta_2$  и  $\delta_{2a}$  – поправочные коэффициенты, учитывающие для исследуемой реки и реки-аналога регулирующее влияние соответственно озер (прудов, водохранилищ), а также болот и заболоченных земель, определяются по формулам (8.3)-(8.7), (8.9).

#### **2. Расчеты по формуле II типа (при отсутствии реки-аналога)**

Расчетная формула типа II для определения  $Q_{P\%}$ , при отсутствии рек-аналогов имеет вид:

$$Q_{P\%} = q_{200} \cdot (200 / F)^n \cdot \delta \cdot \delta_2 \cdot \lambda_{P\%} \cdot F, \quad (9.4)$$

где  $q_{200}$  – модуль максимального срочного расхода воды ежегодной вероятности превышения  $P=1$  %, приведенный к условной площади водосбора, равной 200 км<sup>2</sup> при  $\delta=\delta_2=1,0$ . Данная характеристика определяется на основе схемы распределения величины  $q_{200,1\%}$  (лист 12 приложения 1 к «Пособию» [11]);

$\lambda_{P\%}$  – переходный коэффициент от максимальных срочных расходов воды ежегодной вероятности превышения  $P=1\%$  к значениям другой вероятности превышения  $P<25\%$ . Величина коэффициента  $\lambda_{P\%}$  принимается по листу 13 приложения 1 и табл. 8 приложения 2 к «Пособию» [11].

Остальные обозначения в формуле – те же, что и в формулах (9.2)-(9.3).

### Оформление результатов

Результаты оформляются в виде таблицы (табл. 8.3) с пояснением к ним, описанием методики расчетов и всех расчетных параметров.

Таблица 9.1

Пример оформления результатов расчетов

Река - пост	$F, \text{ км}^2$	$f_{\text{б}}, \%$	$f_{\text{оз}}, \%$	$\sigma_2$	$\sigma$	$\varphi_m / q_{200}$	Характеристики модуля стока		
							$q_0, \text{ л/с км}^2$	$C_v$	$C_s/C_v$
р. Суда (формула I типа)	8750	27	1	0,55	1,00	0,842 / 0,20	128	0,35	4,8
р. Суда (формула II типа)	8750	27	1	0,55	1,00	0,842 / 0,20	128	0,35	4,8
По материалам наблюдений р.Суда-д.Куракино	Заполняется на основании данных «Ресурсов поверхностных вод СССР» [12]								
Принятые реки-аналоги									
р.Колпь-д. Верхний Двор	3160	33	0	0,49	1,00	1,00	17,4	0,74	1,9
Расчетные расходы воды, $\text{м}^3/\text{с}$ обеспеченностью $P, \%$					Расчетные модули стока, $\text{л/с км}^2$ обеспеченностью $P, \%$				
$Q_{1\%}$ ( $\lambda_{1\%}=1,00$ )	$Q_{2\%}$ ( $\lambda_{2\%}=0,90$ )	$Q_{3\%}$ ( $\lambda_{3\%}=0,86$ )	$Q_{5\%}$ ( $\lambda_{5\%}=0,80$ )	$Q_{10\%}$ ( $\lambda_{10\%}=0,69$ )	$q_{1\%}$	$q_{2\%}$	$q_{3\%}$	$q_{5\%}$	$q_{10\%}$
Вносятся результаты расчетов по формуле I типа									
Вносятся результаты расчетов по формуле II типа									
Принятые реки-аналоги									
281	256	230	206	172	56,7	51,6	46,5	41,7	34,8
Коэффициент редукции $n$ (вносится рассчитанная величина)									

Работа №10. Определение максимальных расходов воды дождевых паводков при отсутствии материалов наблюдений (формула III типа, для водосборов площадью менее 200 км<sup>2</sup>)

### ***Исходные данные***

В качестве исходных данных используются гидрографические характеристики расчетной реки и ее водосбора: площадь водосбора  $F$ , км<sup>2</sup>; средняя высота водосбора  $H$ , м; длина реки  $L_p$ , км; длина русловой сети  $\Sigma L$ , км; средневзвешенный уклон реки  $I_p$ , ‰; средневзвешенный уклон водосбора  $I_{вдсб}$ , ‰; озерность  $f_{оз}$ , ‰; лесистость  $f_l$ , ‰; заболоченность  $f_b$ , ‰. Кроме того, необходимо собрать сведения о природной зоне, в которой расположен расчетный водосбор, типе почв, типе редукции осадков (ТР), максимальном суточном слое осадков  $H_{1\%}$ , мм и дать морфологическое описание русла и поймы.

При сборе исходных данных следует использовать «Научно-прикладной справочник по климату СССР», «Ресурсы поверхностных вод СССР» (используется раздел, посвященный характеристике природных условий) и «Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик».

### ***Рекомендации по выбору исходных данных***

При выборе исходных данных следует руководствоваться рекомендациями к работе №8. Площадь расчетного водосбора должна быть менее 200 км<sup>2</sup>. Сведения о максимальном суточном слое осадков  $H_{1\%}$  принимаются по данным ближайшей к расчетной реке метеостанции.

### ***Задание***

Определить максимальные расходы воды дождевых паводков вероятностью превышения 0,1; 1; 2; 3; 5 и 10% для неизученной малой реки.

### ***Методические указания по ходу выполнения работы***

Расчетная формула типа III для определения  $Q_{p\%}$  на водосборах площадью менее 200 км<sup>2</sup> имеет вид

$$Q_{p\%} = q'_{1\%} \cdot \varphi \cdot H_{1\%} \cdot \delta \cdot \lambda_{p\%} \cdot F \quad (10.1)$$

где  $q'_{1\%}$  – относительный модуль максимального срочного расхода воды ежегодной вероятности превышения  $P=1\%$ , определяемый для исследуемого района в зависимости от гидроморфометрической

характеристики русла  $\Phi_p$ , продолжительности склонового добегаания  $\tau_{ск}$ , мин и типа кривой редукиции осадков;

$\varphi$  – сборный коэффициент стока;

$H_{1\%}$  – максимальный суточный слой осадков вероятности превышения  $P=1\%$ , мм;

$\delta$  – поправочный коэффициент, учитывающий снижение максимального стока за счет регулирующего влияния озер на реке и притоках;

$\lambda_{P\%}$  – переходный коэффициент от максимальных срочных расходов воды ежегодной вероятности превышения  $P=1\%$  к значениям другой вероятности превышения  $P<25\%$ ;

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

Расчет по формуле III типа ведется в следующей последовательности.

### 1. Определение сборного коэффициента стока $\varphi$

Сборный коэффициент стока  $\varphi$  для равнинных рек определяется по формуле

$$\varphi = \frac{c_2}{(F + 1)^{n_3}} \cdot \varphi_0 \cdot \left( \frac{I_{водсб}}{50} \right)^{n_2}, \quad (10.2)$$

где  $c_2$  — эмпирический коэффициент, который для тундры и лесной зоны принимают равным 1,2, для остальных природных зон – 1,3;

$\varphi_0$  – сборный коэффициент стока для условного водосбора с площадью  $F$ , равной 10 км<sup>2</sup>, и средним уклоном  $I_{ск}$ , равным 50‰, принимается в соответствии с табл. 10.1;

$n_2$  – степенной коэффициент, определяемый в зависимости от механического состава почв и природной зоны, принимается в соответствии с табл. 10.1;

$n_3$  – степенной коэффициент; принимают для лесотундры и лесной зоны равным 0,07, для остальных природных зон – 0,11.

Для водотоков со средним уклоном склонов более 150‰ сборный коэффициент стока  $\varphi$  рассчитывают при  $I_{водсб}$ , равном 150‰, а для водотоков со средним уклоном склонов менее 15‰ – при  $I_{водсб}$ , равном 15‰.

Таблица 10.1

Параметры  $\varphi_0$  и  $n_2$  в формуле ( )

Природная зона	Тип почв	Параметры $\varphi_0$ и $n_2$ в зависимости от типа почв, механический состав которых					
		глинистый и тяжелосуглинистый		среднесуглинистый и суглинистый		супесчаный, песчаный, меловой, трещиноватый	
		$\varphi_0$	$n_2$	$\varphi_0$	$n_2$	$\varphi_0$	$n_2$
Лесотундра, лесная	Глеево-подзолистые на плотных породах (включая глеево-мерзлотно-таежные), глеево-болотные оглеенные	0,42	0,50	0,28	0,65	0,23	0,80
	Тундрово-глеевые, глеево-болотные, подзолистые, серые лесные	0,56	0,50	0,38	0,65	0,30	0,80
Лесостепная	Подзолистые, серые лесные, черноземы мощные, на плотных породах, светло и темно-серые оподзоленные	0,66	0,60	0,54	0,70	0,27	0,90
	Черноземы выщелоченные, типичные, обыкновенные, южные, темно-каштановые	0,59	0,70	0,22	0,85	0,14	1,00
Степная и засушливых степей	Черноземы выщелоченные типичные, южные	0,18	0,80	0,10	0,90	0,05	1,00
	Каштановые, сероземы малокарбонатные, карбонатные	0,29	0,90	0,14	0,90	0,12	1,00
	Такыровидные почвы	0,30	1,00	0,20	1,00	-	-

## 2. Определение относительного модуля максимального срочного расхода воды $q'_{1\%}$

Данный параметр определяется по табл. 9 прил. 2 к «Пособию» [11] в зависимости от:

- 1) гидроморфологической характеристики русла  $\Phi_p$ ,
- 2) продолжительности склонового добегаания  $\tau_{ск}$ ;
- 3) номера района кривой редукции осадков, определяемого,

в свою очередь, по листу 14 прил. 1 к «Пособию».

### 2.1. Определение гидроморфологической характеристики русла $\Phi_p$

Гидроморфометрическую характеристику русла исследуемой реки  $\Phi_p$ , необходимую в дальнейших расчетах, определяют по формуле:

$$\Phi_p = \frac{1000 \cdot L}{m_p \cdot I_p^m \cdot F^{0,25} \cdot (\varphi \cdot H_{1\%})^{0,25}}, \quad (10.3)$$

где  $m$ ,  $m_p$  – гидравлические параметры, характеризующие состояние и шероховатость русла водотока (определяются по табл. 10.2);  $L$  – длина реки от истока, км.

Таблица 10.2

Гидравлические параметры, характеризующие состояние и шероховатость русла водотока

Характеристика русла и поймы	$m$	$m_p$ , м/мин
Реки и водотоки со средними уклонами $I_p < 35\%$ ; чистые русла постоянных равнинных рек; русла периодически пересыхающих водотоков (сухих логов)	1/3	11
Извилистые, частично заросшие русла больших и средних рек; периодически пересыхающие водотоки, несущие во время паводка большое количество наносов	1/3	9
Сильно засоренные и извилистые русла периодически пересыхающих водотоков	1/3	7
Реки и периодически пересыхающие водотоки со средними уклонами $I_p \geq 35\%$	1/7	10

## 2.2. Определение продолжительности склонового добегания $\tau_{ск}$

Продолжительность склонового  $\tau_{ск}$ , мин, необходимую в дальнейших расчетах, допускается приближенно определять согласно п. 7.46 (4) СП 33-101-2003 [14] в зависимости от природных зон равной следующим значениям:

- лесная и тундровая зоны:
- при заболоченности менее 20% – 60,
- при заболоченности от 20 до 40% – 100,
- при заболоченности более 40% – 150;
- лесостепная зона – 60;
- зона степей и засушливых степей – 30;
- полупустынная зона – 30;
- горные районы – 10.

## 3. Определение максимального суточного слоя осадков вероятности превышения $P=1\% H_{1\%}$ , мм

Данная характеристика определяется по данным наблюдений на ближайшей метеостанции, по данным климатических справочников [9]. Для контроля правильности принятия величины суточного слоя

осадков рекомендуется сопоставить принятые значения с данными карт «Пособия» [11] (лист 15) и карт «Ресурсов поверхностных вод СССР» [12].

#### 4. Определение переходного коэффициента от максимальных срочных расходов воды ежегодной вероятности превышения $P=1\%$ к другим вероятностям $\lambda_{P\%}$

Данный параметр определяется с использованием листа 13 прил. 1 и табл. 8 прил. 2 к «Пособию» [11].

Поправочный коэффициент, учитывающий снижение максимального стока за счет регулирующего влияния озер на реке и притоках  $\delta$ , определяется по формулам (8.3)-(8.7).

Длина безрусловых склонов ( $L_{ск}$ , км), используемая в расчетных формулах, определяется по формуле (10.4)

$$L_{ск} = \frac{F}{1,8 \cdot (\sum L + L_p)} \quad (10.4)$$

#### Оформление результатов

Результаты оформляются в виде таблицы (табл. 10.3) с пояснением к ним и описанием методики расчетов.

Таблица 10.3

Пример оформления результатов расчетов

№ п/п	Водоток	Пикет трассы	$F$ , км <sup>2</sup>	$I_{водоб}$ , ‰	$H_{1\%}$ , мм	$L_{ск}$ , км	$L_p$ , км	$I_p$ , ‰
1	р. Ершовка	5+07	0,90	33,8	68	0,0	0,1	44
2	Ручей б/н	27+11	0,42	32,0	68	0,0	0,4	28
Результаты расчета								
$\delta$	$\varphi_0 / n_2$	$\varphi$	$m$	$m_p$	$\Phi_{ск}$	$\tau_{ск}$	$\Phi_p$	$q'_{1\%}$ , м <sup>3</sup> /с·км <sup>2</sup>
1,0	0,38/0,65	0,34	0,33	10	61,2	200	0,1	0,062
1,0	0,38/0,65	0,33	0,33	7	21,3	200	10,7	0,053
Максимальные расходы воды, м <sup>3</sup> /с обеспеченностью $P$ , %								
1		2		3		4		5
1,28		1,15		1,10		1,03		0,88
0,50		0,45		0,43		0,40		0,35

Работа №11. Определение минимальных расходов воды летне-осенней и зимней межени

### ***Исходные данные***

В качестве исходных данных используются ряды минимальных среднемесячных или некалендарных 30-суточных расходов воды летне-осенней или зимней межени и суточных расходов воды за те же фазы водного режима по расчетному створу и створам-аналогам. По расчетному створу используются данные за период наблюдений не менее 10 лет; по трем створам-аналогам – за весь период наблюдений (не менее 30 лет).

Для расчетов в случае отсутствия данных необходимо собрать данные по гидрографическим характеристикам водосборов, описанным в рекомендациях к работе №8.

Для определения параметров формул, номеров расчетных районов, а также сопоставления полученных результатов расчетов с опубликованными ранее гидрологическими характеристиками рекомендуется использовать Атлас расчетных карт и номограмм (приложение к «Пособию по определению расчетных гидрологических характеристик» [11]) и «Ресурсы поверхностных вод СССР» [12].

### ***Рекомендации по выбору исходных данных***

При выборе исходных данных следует руководствоваться рекомендациями к работе №8. Выбор пунктов-аналогов производится в соответствии с методическими рекомендациями к работе №3. Площадь расчетного водосбора не должна превышать пределы, указанные в табл. 11.1.

Таблица 11.1

Наибольшие площади водосборов малых рек, км<sup>2</sup>

Район*	Летне-осенний период	Зимний период
А	1200	1200
Б	1500	1500
В	2000	1800
Г	2500	2000
Д	5000	2500
Е	10000	5000

\* – номер района определяется по листам 19, 20 приложения 1 к «Пособию» [11].

Минимальные среднемесячные расходы воды (вместо некалендарных 30-суточных) рекомендуется использовать в расчетах для территорий, приведенных в табл. 11.2. В том случае, если расчет



предполагается вести на основании некалендарных минимальных расходов воды, следует иметь в виду, что продолжительность непрерывного периода минимального стока (не нарушаемого волнами паводков) может быть сокращена не менее чем до 24 сут.

Исходные данные заносятся в табл. 11.3.

Таблица 11.2

Территории, расчеты минимального стока на которых рекомендуется выполнять на основании данных о минимальных среднемесячных (календарных) расходах воды

Зимний сезон	Летне-осенний сезон
Реки, находящиеся восточнее границы: Ладожское озеро – верховья рек Днепра и Оки – среднее течение Дона – устье Волги	Реки, находящиеся южнее границы: Санкт-Петербург – Пермь – Магнитогорск – Тюмень – Новосибирск – Барнаул, исключая реки Северного Кавказа

Таблица 11.3

Минимальные месячные и суточные расходы воды по расчетной реке и рекам-аналогам

№ п/п	Год	Расчетный створ: р. Волошка – д. Тороповская, $F=7040 \text{ км}^2$ $Q_{min}, \text{ м}^3/\text{с}$		$Q_{min,мес}, \text{ м}^3/\text{с}$ по створам-аналогам		
		мес.	сут.	р. Моша – д. Мышелово, $F=8110 \text{ км}^2$	р. Ледь– д. Зеленинская, $F=2240 \text{ км}^2$	р. Кена – д. Коровий Двор, $F=5550 \text{ км}^2$
1	1932-1933			10,3		
2	1933-1934			17,1		12,6
3	1934-1935			11,5		10,0
4	1935-1936			15,8		15,0
5	1936-1937			12,6		11,2
6	1937-1938			9,74	2,13	6,52
7	1938-1939			11,1	2,54	5,35
8	1939-1940			7,13	2,74	5,83
9	1940-1941			8,15	2,09	4,46
10	1941-1942	3,34	2,96	12,0	2,51	4,73
11	1942-1943	2,73	2,66	12,0	3,52	5,66
12	1943-1944	4,04	4,00	9,74	3,40	13,8
13	1944-1945	4,00	4,00	6,60	3,28	9,65
14	1945-1946	3,90	3,52	7,62	3,12	6,33
15	1946-1947	3,84	3,64	10,7	2,53	12,7
16	1947-1948	3,74	3,51	8,06	2,16	11,3
17	1948-1949	5,61	5,36	11,3	3,71	12,4
18	1949-1950	8,36	5,80	14,4	4,23	19,4

Окончание таблицы 11.3

№ п/п	Год	Расчетный створ: р. Волошка – д. Тороповская, $F=7040 \text{ км}^2$ $Q_{min}, \text{ м}^3/\text{с}$		$Q_{min,мес}, \text{ м}^3/\text{с}$ по створам-аналогам		
		мес.	сут.	р. Моша – д. Мышелово, $F=8110 \text{ км}^2$	р. Ледь– д. Зеленинская, $F=2240 \text{ км}^2$	р. Кена – д. Коровий Двор, $F=5550 \text{ км}^2$
19	1950-1951	3,52	3,10	11,3	2,42	8,29
20	1951-1952	5,22	4,12	9,63	2,63	7,99
21	1952-1953	5,06	4,41	10,0	2,43	11,2
22	1953-1954	6,06	5,09	13,3	3,70	12,1
23	1954-1955	4,97	4,37	11,2	2,54	11,7
24	1955-1956	5,97	5,32	14,6	4,26	11,4
25	1956-1957	3,14	2,24	11,8	3,51	7,03
26	1957-1958	9,19	7,72	13,7	4,26	13,4
27	1958-1959	10,70	7,57	18,4	4,08	14,3
28	1959-1960	5,56	3,88	11,0	2,93	11,1
29	1960-1961	3,36	2,87	10,2	2,96	8,51
30	1961-1962	6,57	5,97	14,9	3,66	11,4
Среднее		5,18	4,39	11,53	3,09	10,18
Наибольшее		10,7	7,72	18,4	4,26	19,4
Наименьшее		2,73	2,24	6,6	2,09	4,46

### Задание

Определить следующие характеристики минимального стока летне-осенней или зимней межени: 1) минимальный 30-суточный (или среднемесячный) расход воды вероятностью превышения 75, 80, 90, 95, 97% по данным наблюдений, с приведением короткого ряда к многолетнему периоду; 2) минимальный 30-суточный (или среднемесячный) расход воды вероятностью превышения 75, 80, 90, 95, 97% для случая отсутствия материалов наблюдений, с использованием редуцированной формулы; 3) минимальный суточный расход воды для случаев недостаточности и отсутствия материалов наблюдений; 4) наибольшую площадь водосбора, при которой следует ожидать полное прекращение стока (расходы воды менее  $0,001 \text{ м}^3/\text{с}$ ).

### Методические указания по ходу выполнения работы

#### 1. Определение минимальных месячных (30-суточных) расходов воды $Q_{min,P\%}$ по материалам наблюдений

На основании данных наблюдений в расчетном створе и створах-аналогах (табл. 11.3) строятся графики связи среднемесячных

(30-суточных) расходов воды. Для всех графиков рассчитывается коэффициент парной корреляции  $r$ ; в качестве расчетного аналога выбирается тот, для которого получена наибольшая величина  $r$ .

Для расчетного аналога строится эмпирическая кривая обеспеченности расчетных расходов воды. В случае наличия в ряду нулевых значений, эмпирическая обеспеченность  $P_m$  исходных данных определяется по формуле (11.1):

$$P_m = \frac{n_1 P_i}{(n_1 + n_2)}, \quad (11.1)$$

где  $n_1$  и  $n_2$  – продолжительность рядов ненулевых и нулевых значений, соответственно;  $P_i$  – эмпирическая обеспеченность, определенная по ряду ненулевых значений.

Далее для расчетного аналога по кривой обеспеченности определяются расходы воды требуемых вероятностей превышения, и на основании графика связи определяются соответствующие им расходы воды по расчетной реке. При выполнении расчетов следует использовать рекомендации к практической работе №3. Результаты расчетов заносятся в табл. 11.4.

Таблица 11.4

Минимальные месячные расходы воды различной вероятности превышения по расчетной реке (р. Волошка–д.Тороповская) и реке-аналогу (р. Моша–д.Мышелово)

Створ	Река – пункт	Минимальные месячные расходы воды $Q_{min}$ , м <sup>3</sup> /с вероятностью превышения $P$ , %				
		75	80	90	95	97
Аналог	р. Моша–д.Мышелово	9,26	8,87	7,84	7,20	6,79
Расчетный	р. Волошка–д.Тороповская	3,42	3,30	3,07	3,10	3,25

## 2. Определение минимальных месячных (30-суточных) расходов воды $Q_{min,P\%}$ при отсутствии материалов наблюдений

Исходной характеристикой при расчетах минимального стока при отсутствии материалов наблюдений является минимальный месячный (30-суточный) расход воды обеспеченностью 80%  $Q_{min,80\%}$ , определяемый по формуле (11.2) в соответствии с п. 7.59 СП 33-101-2003

$$Q_{min,P\%} = \frac{a \cdot (F + f_0)^n \cdot \lambda_{P\%}}{10^3 \cdot \delta \cdot \delta_2}, \quad (11.2)$$

где  $F$  – площадь водосбора, км<sup>2</sup>;  $f_0$  – дополнительная площадь водосбора: при положительном значении отражает дополнительное питание рек в период минимального стока за счет озерного

регулирования при относительной озерности водосбора до 5%; в случае отрицательного значения показывает площади водосбора с ежегодным отсутствием стока в течение 30 сут (определяется по табл. 17 приложения 2 к «Пособию» [11]);  $\delta$  – коэффициент, учитывающий увеличение минимальных расходов воды на водосборах, зарегулированных озерами, определяется по формулам (8.3)-(8.7);  $\delta_2$  – коэффициент, учитывающий увеличение минимальных расходов воды заболоченных водосборов, определяется по формуле (8.9);  $\lambda_{p\%}$  – переходный коэффициент от минимального 30-суточного расхода воды 80 %-ной к другим обеспеченностям (определяется по таблице 11.5);  $a$  и  $n$  – параметры, характеризующие степень истощения запасов грунтовых вод и степень редукции модуля минимального стока по площади водосбора.

Для определения величин параметров  $a$  и  $n$  необходимо выполнить построение уравнения зависимости вида  $\lg(q_{min})=f[\lg(F+1)]$ , где  $q_{min}$  – средний многолетний модуль минимального среднемесячного (30-суточного) стока летне-осенней или зимней межени рек-аналогов, л/с км<sup>2</sup> на основании данных по минимальному стоку, опубликованных в «Ресурсах поверхностных вод СССР» [12] по 15-20 пунктам. Построения выполняются средствами Microsoft Excel. Первый множитель первого слагаемого в уравнении линии тренда вида  $y=k \cdot x+b$  полученной зависимости является искомой величиной коэффициента редукции  $n$ ; второе слагаемое – десятичным логарифмом параметра  $a$  (для перехода от величины  $\lg a$  к значению этого параметра следует выполнить преобразование вида:  $a = 10^{\frac{1}{b}}$ ).

Определенные параметры рекомендуется сравнить с величинами, представленными в табл. 17 приложения 2 к «Пособию» [11] (выбор номера района производится по листу 20 приложения 1 к «Пособию» [11]). В случае резких различий расчетных параметров  $a$  и  $n$ , определенных двумя способами, в расчетах следует использовать минимальные значения.

При расчетах минимального стока необходимо иметь в виду, что в случаях, когда величина  $f_0$  принимает отрицательное значения и по модулю превышает  $F$ , значение расчетного расхода воды принимается равным нулю.

Таблица 11.5

Переходные коэффициенты  $\lambda_{P\%}$  для определения минимальных месячных (30-суточных) расходов воды различной вероятности превышения

Номер района	Вероятность превышения $P$ , %				
	75	80	90	95	97
1	1,05	1,00	0,95	0,87	0,83
2	1,05	1,00	0,87	0,80	0,75
3	1,06	1,00	0,86	0,78	0,70
4	1,06	1,00	0,83	0,71	0,62
5	1,09	1,00	0,80	0,63	0,54
6	1,14	1,00	0,73	0,55	0,44
Бассейн р. Лены до впадения р. Олёкмы	1,05	1,00	0,66	0,42	0,33
Эпизодически пересыхающие и перемерзающие реки	1,20	1,00	0,45	0,15	0,00
Бассейны рек Иртыша, Ишима, Тобола	1,20	1,00	0,56	0,35	0,00

### 3. Определение минимальных суточных расходов воды при отсутствии материалов наблюдений

Минимальные суточные расходы воды  $Q_{min,сут}$  определяются на основании минимальных месячных расходов  $Q_{min,P\%}$  путем умножения их на переходный коэффициент  $K$ , определяемый по табл. 11.6 в зависимости от номера района, определяемого по листу 21 приложения 1 к «Пособию» [11].

Таблица 11.5

Коэффициент  $K$  для перехода от минимальных месячных (30-суточных) расходов воды к минимальным суточным

Номер района	Зимний период	Летне-осенний период
I (1)	0,90	0,90
II (2)	0,84	0,85
III (3)	0,74	0,80
IV (4)	0,64	0,74
V (5)	0,53	0,64
VI (6)	0,41	0,52
VII (7)	0,25	0,45
- (8)	-	0,38

**4. Определение наибольшей площади водосбора, при которой возможно прекращение стока (промерзание или пересыхание)**

Данная характеристика определяется на основании формулы (11.2) путем последовательной подстановки в убывающем порядке значений площади водосбора  $F$  начиная с  $15 \text{ км}^2$ , с шагом в  $1 \text{ км}^2$ . В качестве искомой величины принимается значение площади водосбора  $F$ , при котором  $Q_{\min,80\%}$  не превышает  $0,001 \text{ м}^3/\text{с}$ .

**Оформление результатов**

Результаты оформляются в виде таблицы (табл. 11.6) с пояснением к ним и описанием методики расчетов; в обязательном порядке прилагаются графики характеристик стока в расчетном створе и створах-аналогах, эмпирическая кривая обеспеченности минимальных месячных (30-суточных) расходов воды по створу-аналогу, редуccionная зависимость.

Таблица 11.6

Пример оформления результатов расчетов минимального стока для створа: р. Волошка – д. Тороповская,  $F=7040 \text{ км}^2$

Расчетный случай	Характеристика	Вероятность превышения $P$ , %				
		75	80	90	95	97
Наличие материалов наблюдений	Минимальные месячные расходы воды $Q_{\min,P\%}$ , $\text{м}^3/\text{с}$	3,42	3,30	3,07	3,10	3,25
	Минимальные суточные расходы воды $Q_{\min,сут}$ , $\text{м}^3/\text{с}$ ( $K=0,90$ )	3,08	2,97	2,76	2,79	2,93
Отсутствие материалов наблюдений	$\lambda_{P\%}$ ( $a=0,56$ ; $n=1,04$ )	1,06	1,00	0,86	0,78	0,70
	Минимальные месячные расходы воды $Q_{\min,P\%}$ , $\text{м}^3/\text{с}$	5,96	5,62	4,83	4,38	3,93
	Минимальные суточные расходы воды $Q_{\min,сут}$ , $\text{м}^3/\text{с}$ ( $K=0,90$ )	5,36	5,06	4,35	3,94	3,54

Работа №12. Расчет гидрографов весеннего половодья и дождевых паводков

### ***Исходные данные***

В учебных целях используются ежедневные расходы воды (ЕРВ) за период весеннего половодья или дождевого паводка за год-модель по расчетной реке, а также значения максимального расхода воды и слоя стока (за период подъема, от даты начала половодья или паводка, и за всю фазу водного режима) обеспеченностью 1% за весеннее половодье (дождевой паводок) по тому же створу.

Для определения параметров формул рекомендуется использовать «Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик» [11].

### ***Рекомендации по выбору исходных данных***

При выборе гидрографа-модели по посту (расчетного года и значений ЕРВ) предпочтение следует отдавать годам с максимальными значениями расходов воды или слоя стока половодья (паводка) за доступный период наблюдений.

Датой начала половодья (паводка) считается дата начала интенсивного увеличения расходов воды (начало весеннего половодья может быть раньше даты вскрытия), а датой окончания – конец интенсивного уменьшения расходов воды (стабилизация расходов воды на уровне средних меженных). Эти даты, а также обеспеченные величины расхода воды и слоя стока по постам опубликованы в изданиях Государственного водного кадастра.

При расчетах гидрографов весеннего половодья используются данные по максимальным среднесуточным расходам воды, дождевого паводка – по максимальным срочным расходам воды.

### ***Задание***

Рассчитать координаты и выполнить построение расчетного гидрографа весеннего половодья (дождевого паводка) обеспеченностью максимального расхода воды  $P=1\%$  двумя способами: 1) по гидрографу-модели (случай наличия материалов наблюдений); 2) по типовому уравнению (случай отсутствия материалов наблюдений).

### ***Методические указания по ходу выполнения работы***

#### **1. Расчет гидрографа при наличии данных наблюдений**

Расчет гидрографов весеннего половодья и дождевых паводков производится в соответствии с требованиями СП 33-101-

2003 (пп. 5.32–5.39) путем перехода от гидрографа-модели к расчетному гидрографу с применением коэффициента  $k_I$ , определяемого по формуле (12.1)

$$k_I = Q_{P\%} / Q_M, \quad (12.1)$$

где  $Q_M$ ,  $Q_{P\%}$  – максимальные среднесуточные расходы воды заданной обеспеченности весеннего половодья или мгновенные для дождевого паводка соответственно для гидрографа-модели и расчетного гидрографа, м<sup>3</sup>/с;

и коэффициента  $k_t$ , определяемого по формуле (12.2)

$$k_t = (q_M / h_M)(h_{P\%} / q_{P\%}), \quad (12.2)$$

где  $q_M$ ,  $q_{P\%}$  – модуль максимального среднесуточного расхода воды соответственно для гидрографа-модели и расчетного гидрографа, м<sup>3</sup>/с·км<sup>2</sup>;

$h_M$ ,  $h_{P\%}$  – слой стока весеннего половодья (дождевого паводка) соответственно для гидрографа-модели и расчетного гидрографа, мм.

В случае построения гидрографов весеннего половодья используются максимальные среднесуточные расходы воды, дождевых паводков – срочные. Для перехода от срочных расходов (определенных расчетом или взятых из «Ресурсов поверхностных вод СССР» [12]) к среднесуточным первые необходимо разделить на коэффициент  $k_\tau$ . Значение коэффициента перехода от срочных к среднесуточным расходам воды  $k_\tau$  допускается определять по данным табл. 12.1.

Таблица 12.1

Переходные коэффициенты  $k_\tau$  (по данным [11])

Природная зона	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>									
	0,1	0,5	1	5	10	50	100	500	1000	2000
Тундры и северная часть лесной зоны (тайга)	1,9	1,7	1,6	1,4	1,3	1,2	1,15	1,05	1,00	1,00
Южная часть лесной зоны (смешанные и лиственные леса)	3,7	3,0	2,7	2,3	2,1	1,7	1,5	1,3	1,2	1,1
Лесостепная	4,4	3,6	3,3	2,7	2,5	2,0	1,9	1,4	1,3	1,15
Степная	5,5	4,4	4,0	3,0	2,8	2,1	1,9	1,4	1,3	1,15
Засушливые степи и полупустыни	9,5	7,0	6,0	4,3	3,7	2,6	2,0	1,5	1,4	1,3

Использование уравнений (12.3) позволяет сохранить форму гидрографа-модели.

$$\gamma_{P\%} = \gamma_M; k_{S,P\%} = k_{S,M}, \quad (12.3)$$



где  $\lambda_m, \lambda_{p\%}$  – коэффициент полноты (формы) для гидрографа-модели и расчетного гидрографа соответственно, определяемый по формуле (12.4)

$$\lambda = (q \cdot t_n) / (0,0116 \cdot h); \quad (12.4)$$

$k_{s,m}, k_{s,p\%}$  – коэффициент несимметричности соответственно для гидрографа-модели и расчетного гидрографа, определяемый по формуле (12.5):

$$k_s = h_n / h, \quad (12.5)$$

$q$  – модуль максимального среднего суточного расхода воды,  $\text{м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$ ;

$h$  – слой стока весеннего половодья (дождевого паводка), мм;

$t_n$  – продолжительность ветви подъема весеннего половодья (дождевого стока), сут;

$h_n$  – слой стока за период подъема весеннего половодья (дождевого паводка), мм.

Координаты расчетного гидрографа ( $Q_i; t_i$ ) определяются в зависимости от коэффициентов  $k_I$  и  $k_t$  на основании координат гидрографа-модели ( $Q_{i,m}; t_{i,m}$ ) по формулам (12.6), (12.7):

$$Q_i = Q_{i,m} \cdot k_I; \quad (12.6)$$

$$t_i = t_{i,m} \cdot k_t, \quad (12.7)$$

где  $Q_{i,m}, Q_i$  – расходы воды в  $i$ -ю единицу расчетного времени соответственно для гидрографа-модели и расчетного гидрографа,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$t_{i,m}$  и  $t_i$  – ордината времени (сут.) соответственно для гидрографа-модели и расчетного гидрографа. За начало отсчета времени  $t_{j,m}$  принимают начало подъема весеннего половодья (дождевого паводка).

## 2. Расчет гидрографа при отсутствии данных наблюдений

Расчет гидрографов по типовому уравнению выполняется в соответствии с пп. 7.51-7.54 СП 33-101-2003.

Одновершинный гидрограф стока воды весеннего половодья (дождевого паводка) рассчитывают согласно приложению Б СП-33-101-2003, табл. Б.10 [14] по значению коэффициента несимметричности  $k_s$ , определенного по данным реки-аналога по формуле (12.5). Величина  $\lambda$  может быть определена как функция от  $k_s$  по той же таблице.

Координаты расчетного гидрографа определяются по формулам:

$$Q_i = y \cdot Q_p, \quad (12.8)$$

$$t_i = x \cdot t_n, \quad (12.9)$$

где  $t_n$  – продолжительность подъема весеннего половодья (дождевого паводка), определяемая по формуле (12.10)

$$t_n = 0,0116 \cdot \lambda \cdot h_{P\%} / q_{P\%}; \quad (12.10)$$

$x, y$  – относительные координаты расчетного гидрографа стока воды, определяемые либо по приложению Б СП 33-101-2003, табл. Б.10, либо расчетом по формулам (12.11)-(12.12) (при этом значение параметра  $x$  задается произвольно от 0 до 10 с шагом 0,1);

$q_{P\%}$  – расчетный модуль максимального среднего суточного расхода воды весеннего половодья или максимального мгновенного расхода воды дождевого паводка,  $\text{м}^3/\text{с} \cdot \text{км}^2$ .

Расчетная ордината  $y$  определяется по формуле (12.11)

$$y = 10^{-a \cdot (1-x)^2 / x}, \quad (12.11)$$

где  $a$  – параметр, зависящий от  $k_s$ , определяемый по формуле (12.12):

$$a = \frac{4 \cdot 2.71^{22.7 \cdot k_s}}{10^4}. \quad (12.12)$$

### **Оформление результатов**

Результаты оформляются в виде расчетных гидрографов (рис. 12.1), определенных двумя способами, построенными на едином графике. При этом по продолжительности подъема, дате и величине максимального расхода воды гидрографы должны совпадать. Расчетные параметры представляются в виде таблиц (12.2, 12.3).

Таблица 12.2

Координаты гидрографа весеннего половодья, рассчитанного по типовому уравнению (для р. Сулем – с. Галашки ( $F=294 \text{ км}^2$ ) за 1950 г.  $k_s=0,44$ ;  $t_n=27,8$  сут)

$x_i$	$y_i$	$t_{i2}$ , сут	$Q_{i2}$ , $\text{м}^3/\text{с}$
0,6	0,006	16,7	0,48
0,7	0,082	19,5	7,04
0,8	0,378	22,2	32,4
0,9	0,806	25,0	69,0
1,0	1,000	27,8	85,6
1,1	0,838	30,6	71,7
1,2	0,523	33,4	44,8
1,3	0,260	36,1	22,3
1,4	0,108	38,9	9,29
1,5	0,039	41,7	3,36
1,6	0,013	44,5	1,08
1,7	0,004	47,3	0,32
1,8	0,001	50,0	0,09

Таблица 12.3

Координаты гидрографа весеннего половодья, рассчитанного по модели р. Сулем – с. Галашки ( $F=294 \text{ км}^2$ ) за 1950 г. (максимальный срочный расход  $29,04 Q'_m=90,2 \text{ м}^3/\text{с}$ ; максимальный среднесуточный –  $Q_m=79,5 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $k_r=0,88$ ; слой стока за половодье  $h_m=170 \text{ мм}$ ;  $Q_{1\%}=85,6 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $h_{1\%}=283 \text{ мм}$ )

Координаты гидрографа-модели		Координаты расчетного гидрографа		Координаты гидрографа-модели		Координаты расчетного гидрографа	
		$k_r=1,54$	$k_j=1,08$			$k_r=1,54$	$k_j=1,08$
дата	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	$t_i, \text{ сут}$	$Q_i, \text{ м}^3/\text{с}$	дата	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	$t_i, \text{ сут}$	$Q_i, \text{ м}^3/\text{с}$
12.04.1950	0,38	1,5	0,41	01.05.1950	39,5	30,9	42,5
13.04.1950	0,44	3,1	0,47	02.05.1950	28,2	32,4	30,3
14.04.1950	0,50	4,6	0,54	03.05.1950	21,9	34,0	23,6
15.04.1950	0,60	6,2	0,65	04.05.1950	14,8	35,5	15,9
16.04.1950	0,89	7,7	0,96	05.05.1950	9,02	37,1	9,71
17.04.1950	1,20	9,3	1,29	06.05.1950	7,65	38,6	8,23
18.04.1950	1,85	10,8	1,99	07.05.1950	6,60	40,2	7,10
19.04.1950	3,24	12,4	3,49	08.05.1950	4,86	41,7	5,23
20.04.1950	5,08	13,9	5,47	09.05.1950	4,16	43,2	4,48
21.04.1950	10,8	15,4	11,6	10.05.1950	3,74	44,8	4,02
22.04.1950	19,9	17,0	21,4	11.05.1950	3,46	46,3	3,72
23.04.1950	21,9	18,5	23,6	12.05.1950	3,04	47,9	3,27
24.04.1950	21,0	20,1	22,6	13.05.1950	3,32	49,4	3,57
25.04.1950	22,9	21,6	24,6	14.05.1950	3,32	51,0	3,57
26.04.1950	26,1	23,2	28,1	15.05.1950	3,32	52,5	3,57
27.04.1950	45,0	24,7	48,4	16.05.1950	3,18	54,1	3,42
28.04.1950	64,3	26,3	69,2	17.05.1950	3,18	55,6	3,42
29.04.1950	79,5	27,8	85,6	18.05.1950	3,18	57,1	3,42
30.04.1950	57,0	29,3	61,3	19.05.1950	3,60	58,7	3,87

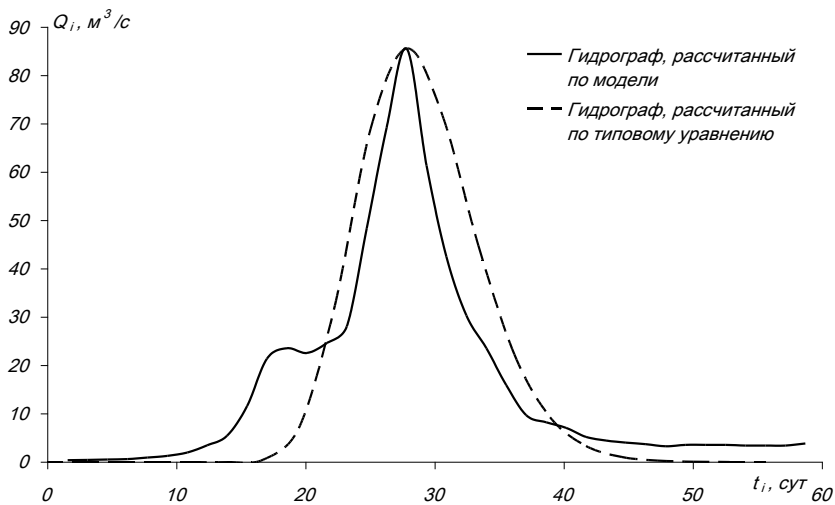


Рис. 12.1. Расчетные гидрографы весеннего половодья по посту р. Сулем – с. Галашки (P=1%)

Работа №13. Учет исторических максимумов при определении расчетных гидрологических характеристик

### ***Исходные данные***

В учебных целях используются данные по максимальным среднесуточным расходам воды весеннего половодья за период наблюдений не менее 60 лет. В расчетный ряд в обязательном порядке должны входить годы с экстремальными значениями максимальных расходов воды.

### ***Рекомендации по выбору исходных данных***

Характеристики максимального стока весеннего половодья по постам опубликованы в изданиях Государственного водного кадастра. При этом значение исторического максимума, не входящего в ряд наблюдений, устанавливается в процессе специальных изысканий и исследований. В учебных целях в качестве фиктивной величины следует принять удвоенное значение максимума, входящего в ряд наблюдений; год прохождения такого фиктивного максимума должен отстоять от начального года расчетного периода на удвоенную величину продолжительности ряда наблюдений, используемого в расчетах.

### ***Задание***

Выполнить построение теоретической кривой обеспеченности максимального стока весеннего половодья; оценить однородность экстремального значения; определить статистические параметры ряда (в двух вариантах: с учетом исторического максимума входящего в расчетный ряд и не входящего в него); определить максимальный расход воды вероятностью превышения 0,01% с учетом гарантированной поправки.

### ***Методические указания по ходу выполнения работы***

Параметры кривых распределения гидрологических характеристик при наличии обоснованных сведений о выдающихся значениях речного стока определяют в соответствии с п. 5.16 СП 33-101-2003 [14].

#### **1. Оценка однородности экстремального значения**

Для оценки статистической однородности применяются критерии резко отклоняющихся экстремальных значений в эмпирическом распределении (Смирнова-Граббса и Диксона) [6]. Существуют три основные причины подобной неоднородности:

- резко отклоняющиеся расходы воды имеют особые условия формирования, например, сформированы тайфунами, наложением дождя на снеговое половодье и т.д.;
- экстремальное событие имеет более редкую вероятность появления, чем та, которая определяется по эмпирической формуле при включении его в общую последовательность наблюдений;
- резко отклоняющаяся величина обусловлена погрешностью измерений.

Последовательность оценки однородности состоит в том, что вначале резко отклоняющиеся от эмпирического распределения максимумы проверяются по обобщенным статистическим критериям и в случае отклонения гипотезы однородности устанавливается ее причина на основе генетического анализа.

В учебных целях оценку однородности исторического максимума рекомендуется производить с использованием критерия Смирнова-Граббса, статистики которого рассчитываются для минимального члена ранжированной последовательности ( $Q_n$ ) по формуле:

$$G_n = (Q_n - \bar{Q}_n) / \sigma, \quad (13.1)$$

и для максимального ( $Q_1$ ) – по формуле:

$$G_1 = (\bar{Q}_n - Q_1) / \sigma, \quad (13.2)$$

где  $\bar{Q}_n$ ,  $\sigma$  – среднее значение и среднее квадратическое отклонение анализируемой выборки [6].

Оценка однородности по критериям состоит в сравнении расчетного значения статистики критерия, полученной по эмпирическим данным, с ее критическим обобщенным значением из таблиц (приложение 4) при заданном уровне значимости, объеме выборки, коэффициентах автокорреляции и асимметрии. Уровень значимости обычно задается равным 5%, что соответствует принятию нулевой гипотезы об однородности с вероятностью 95%. Коэффициенты автокорреляции и асимметрии в связи с их большими случайными выборочными погрешностями на практике определяются по совокупности рядов-аналогов в однородном районе; в учебных целях допускается их определение по фактическому ряду наблюдений на расчетной реке. В результате гипотеза однородности может быть принята в том случае, если расчетное значение статистики меньше соответствующего критического значения. Далее выполняется оценка статистических характеристик.

Исключение из ряда наблюдений резко отскакивающих точек на эмпирической кривой обеспеченности максимальных расходов воды, недопустимо. Экстремальные значения гидрологических характеристики представляют собой наиболее ценную информацию, которая используется при определении расчетных значений гидрологических характеристик. Статистический же анализ может оказаться недостаточным для исключения отскакивающих точек. В случае неоднородности исторического максимума необходима консультация преподавателя.

## 2. Учет исторического максимума, не входящего в ряд наблюдений

При учете одного выдающегося значения гидрологической характеристики  $Q_N$ , не входящего в непрерывный  $n$ -летний ряд данных гидрометрических наблюдений, статистические характеристики определяются:

а) методом приближенного наибольшего правдоподобия в зависимости от статистик  $\lambda_2$  и  $\lambda_3$ , определяемых по формулам:

$$\lambda_2 = \frac{1}{N} \cdot \left( \lg \frac{Q_N}{Q_n} + \frac{N-1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n \lg \frac{Q_i}{Q_n} \right); \quad (13.3)$$

$$\lambda_3 = \frac{1}{N} \cdot \left( \frac{Q_N}{Q} \cdot \lg \frac{Q_N}{Q} + \frac{N-1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{Q} \lg \frac{Q_i}{Q} \right); \quad (13.4)$$

б) методом моментов – по формулам:

$$\bar{Q}_N = \frac{1}{N} \cdot \left( Q_N + \frac{N-1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n Q_i \right); \quad (13.5)$$

$$C_v = \sqrt{\frac{1}{N} \cdot \left[ \left( \frac{Q_N}{Q_n} - 1 \right)^2 + \frac{N-1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n \left( \frac{Q_i}{Q_n} - 1 \right)^2 \right]}. \quad (13.6)$$

## 3. Учет исторического максимума, входящего в ряд наблюдений

При учете одного выдающегося значения гидрологической характеристики, входящего в  $n$ -летний ряд данных гидрометрических наблюдений  $Q_N$ , статистические характеристики определяются:

а) методом приближенно наибольшего правдоподобия в зависимости от статистик  $\lambda_2$  и  $\lambda_3$ , определяемых по формулам:

$$\lambda_2 = \frac{1}{N} \cdot \left( \lg \frac{Q_N}{Q_n} + \frac{N-1}{n-2} \cdot \sum_{i=1}^{n-1} \lg \frac{Q_i}{Q_n} \right); \quad (13.7)$$

$$\lambda_3 = \frac{1}{N} \cdot \left( \frac{Q_N}{Q_n} \cdot \lg \frac{Q_N}{Q_n} + \frac{N-1}{n-2} \cdot \sum_{i=1}^{n-1} \frac{Q_i}{Q_n} \cdot \lg \frac{Q_i}{Q_n} \right); \quad (13.8)$$

б) методом моментов — по формулам:

$$\bar{Q}_N = \frac{1}{N} \cdot \left( Q_N + \frac{N-1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^{n-1} Q_i \right); \quad (13.9)$$

$$C_v = \sqrt{\frac{1}{N} \cdot \left[ \left( \frac{Q_N}{Q_n} - 1 \right)^2 + \frac{N-1}{n-2} \cdot \sum_{i=1}^{n-1} \left( \frac{Q_i}{Q_n} - 1 \right)^2 \right]}. \quad (13.10)$$

В формулах (13.1)-(13.8):  $\bar{Q}_N$  – норма стока, рассчитанная с учетом выдающегося значения расхода воды;  $\bar{Q}_n$  – среднее значение по ряду, рассчитанное без учета выдающегося значения расхода воды;  $n$  – число лет непрерывных наблюдений;  $N$  – число лет, в течение которых выдающееся значение гидрологической характеристики не было превышено.

В практике инженерно-гидрометеорологических изысканий произвольное задание  $Q_N$  и  $N$  недопустимо.

#### 4. Расчет гарантированной поправки

К значениям расчетных максимальных расходов воды  $Q_{P\%}$  вероятностью превышения 0,01% следует прибавлять гарантийную поправку  $\Delta Q_{P\%}$  определяемую по формуле

$$\Delta Q_{0,01\%} = \frac{\alpha \cdot E_{0,01\%} \cdot Q_{0,01\%}}{\sqrt{N}}, \quad (13.11)$$

где  $\alpha$  – коэффициент, характеризующий гидрологическую изученность рек; принимают равным 1,0 для гидрологически изученных рек, когда выполняются условия 5.1, во всех остальных случаях – 1,5;

$N$  – число лет наблюдений с учетом приведения к многолетнему периоду;

$E_{0,01\%}$  – величина, характеризующая случайную среднюю квадратическую ошибку расчетного расхода воды ежегодной вероятности превышения  $P=0,01\%$ , определяемая по табл. 13.1.



Таблица 13.1

Значения  $E_{p\%}$  в формуле (13.9) [14]

Значения $C_v/C_v$	Значения $E_{p\%}$ при коэффициенте вариации $C_v$														
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
<b>Трехпараметрическое гамма-распределение</b>															
<i>Метод наибольшего правдоподобия</i>															
2	0,25	0,45	0,60	0,75	0,88	0,96	1,05	1,14	1,22	1,30	1,38	1,46	1,54	1,60	1,67
3	0,30	0,50	0,75	1,00	1,18	1,30	1,43	1,55	1,68	1,78	1,90	2,00	2,10	2,24	2,33
4	0,40	0,70	1,00	1,30	1,48	1,60	1,74	1,88	2,00	2,15	2,27	2,40	2,58	2,65	2,77
<i>Метод моментов</i>															
2	0,25	0,45	0,60	0,75	0,88	0,96	1,05	1,14	1,22	1,30	1,38	1,46	1,54	1,60	1,67
3	0,30	0,57	0,84	1,10	1,34	1,55	1,74	1,93	2,12	2,28	2,42	2,56	2,68	2,80	2,92
4	0,40	0,77	1,12	1,43	1,73	2,00	2,22	2,42	2,60	2,77	2,94	3,10	3,26	3,41	3,57
<b>Биномиальное распределение</b>															
<i>Метод моментов</i>															
2	0,25	0,45	0,62	0,78	0,92	1,05	1,16	1,27	1,39	1,49	1,60	1,70	1,80	1,92	2,01
3	0,28	0,52	0,75	0,97	1,19	1,35	1,59	1,63	1,96	2,14	2,31	2,49	2,66	2,84	3,01
4	0,30	0,61	0,91	1,20	1,49	1,66	2,04	2,30	2,56	2,82	3,09	3,35	3,62	3,89	4,15

Поправка  $\Delta Q_{0,01\%}$  должна приниматься равной не более чем 20% значения максимального расхода воды  $Q_{0,01\%}$ . Принимаемый расчетный расход с учетом гарантийной поправки не должен быть меньше, чем наибольший наблюденный расход.

### **Оформление результатов**

Результаты оформляются в соответствии с требованиями к работе №5, в виде таблиц с пояснением к ним и описанием методики расчетов. К работе в обязательном порядке должна быть приложена клетчатка с нанесенными кривыми обеспеченности, определенными двумя методами.

Работа №14. Расчет высших уровней воды различного генезиса на неизученных реках и озерах

### ***Исходные данные***

В учебных целях используются результаты расчетов, а также высшие уровни и максимальные расходы воды весеннего половодья за весь период наблюдений по посту, использованному в работе №1. Для расчета высших уровней воды озера необходимо подобрать картографический материал с изображением на карте проточного озера площадью не более 50 км<sup>2</sup> и его водосбора.

### ***Рекомендации по выбору исходных данных***

При соблюдении рекомендаций к выбору исходных данных по расходам воды в работе №1 сбор данных по стоку не представит затруднений. Данные по максимальным уровням весеннего половодья выбираются либо из каталогов высших уровней воды, а при их отсутствии – из гидрологических ежегодников.

### ***Задание***

Выполнить расчет высших уровней воды расчетной реки вероятностью превышения 1, 2, 5, 10% для случаев наличия и отсутствия материалов наблюдений; выполнить расчет высших уровней воды неизученного озера тех же вероятностей превышения.

### ***Методические указания по ходу выполнения работы***

#### **1. Расчет высших уровней воды рек по материалам наблюдений**

На основании ряда наблюдений над высшими уровнями весеннего половодья по посту строится сглаженная эмпирическая кривая обеспеченности (в расчетах используются значения уровней в сантиметрах над нулем графика поста). Обработка исходного ряда ведется в соответствии с рекомендациями к работе №5. Кривые обеспеченностей высших уровней часто обладают отрицательной асимметрией, поэтому при расчете теоретических кривых рекомендуется использовать метод моментов и биномиальное распределение Пирсона III типа.

При обработке высших уровней воды следует разделять уровни, сформированные при открытом русле, ледоходе или заторах (зажорах). Как правило, различный генезис формирования уровней приводит к неоднородности ряда, которая хорошо отражается в распределении точек на клетчатке вероятности.

При неоднородности ряда высших уровней воды (к примеру, когда часть уровней имеет заторную природу) производится его разделение на однородные совокупности, и для каждой из них на той же клетчатке вероятностей строятся свои эмпирические кривые. На основе полученных кривых методом композиции рассчитывается обобщенная кривая обеспеченности. Для этого для определенных значений уровня воды определяются их обеспеченности по собственным кривым ( $P_1$  и  $P_2$ , %); обобщенная обеспеченность каждого значения определяется по формуле (14.1)

$$P_{\text{общ}} = \frac{n_1 \cdot P_1 + n_2 \cdot P_2}{n_1 + n_2}, \quad (14.1)$$

где  $n_1$  и  $n_2$  – число лет наблюдений каждой из двух однородных совокупностей, лет.

В качестве расчетных высших уровней воды принимаются максимальные значения, определенные по эмпирической или аналитической кривым (как для случая однородного, так и неоднородного рядов).

## **2. Расчет высших уровней воды рек при отсутствии материалов наблюдений**

В случае отсутствия материалов наблюдений расчет высших уровней сводится к определению обеспеченных максимальных расходов воды, построению гидравлических кривых для выбранного створа (зависимости расходы воды от уровня) и определению по ним искомым уровням.

Для построения гидравлических кривых необходимы материалы гидроморфологических изысканий (профиль створа, определенные по меткам высоких вод высшие уровни воды, данные по измерению уклона водной поверхности и расхода воды при рабочем уровне). Расчет основан на использовании формулы А. Шези.

В учебных целях в качестве гидравлической кривой рекомендуется использовать кривую расходов воды, построенную при выполнении работы №1, графически экстраполированную в область высших уровней воды. На основании вычисленных обеспеченных максимальных расходов воды по выбранному створу (расчеты ведутся в соответствии с рекомендациями к работе №5) и кривой расходов  $Q=f(H)$  (из работы №1) определяются обеспеченные максимальные уровни воды.

Поскольку начало весеннего половодья может наступать раньше даты вскрытия рек, максимальный расход часто проходит при

ледоходе. Лед, в свою очередь, создает сопротивления в водном потоке, приводя к дополнительным подъемам уровня. Определение высших уровней воды весеннего ледохода ведется на основании рассчитанных обеспеченных величин максимальных расходов воды. При этом для каждого расчетного расхода открытого русла определяется соответствующий ему фиктивный расход воды для ледохода  $Q_{P\%,ф}$ :

$$Q_{P\%,ф} = Q_{P\%} \cdot K_{зим}, \quad (14.2)$$

где  $K_{зим}$  – переходный коэффициент, принимающий следующие значения: для малых рек (шириной менее 20 м) – 0,82; для средних рек (шириной от 20 до 100 м) – 0,87; для больших рек (шириной более 100 м) – 0,92 [11].

Методика определения заторных уровней в данных рекомендациях не рассматривается.

### 3. Расчет высших уровней воды озер при отсутствии материалов наблюдений

Высшие уровни воды проточных озер могут быть определены методом водного баланса либо рассчитаны для реки, вытекающей из озера, на основании расчетных максимальных расходов воды через гидравлическую кривую. Оба этих способа обладают значительными погрешностями расчета.

При полном отсутствии материалов наблюдений на озере расчет средней многолетней амплитуды колебаний уровня воды  $\bar{A}_N$  производится по формуле

$$\bar{A}_N = \alpha \cdot \left( \frac{F}{S} \right)^{0,5}, \quad (14.3)$$

где  $F$  – площадь водосбора озера, км<sup>2</sup>;  $S$  – площадь зеркала озера при меженном уровне, км<sup>2</sup> (на картах объекты гидрографии отображаются при меженных уровнях воды);  $\alpha$  – параметр, принимаемый для Европейского Севера равным 20, для лесной зоны Европейской части России и Западной Сибири – 32.

Переход от средней многолетней амплитуды к амплитуде расчетной вероятности превышения осуществляется с использованием таблиц биномиального распределения для  $C_s=0$  и  $C_v$ , который определяют по карте распределения коэффициента вариации слоя стока весеннего половодья (лист 8 приложения 1 к «Пособию» [11]). Уровни воды в Балтийской системе высот определяются как сумма

расчетной амплитуды колебания уровней воды и меженного уровня воды в озере, отображенного на карте.

### ***Оформление результатов***

Результаты оформляются в виде таблиц с пояснением к ним и описанием методики расчетов. К работе в обязательном порядке должны быть приложены клетчатка с нанесенными кривыми обеспеченности максимальных уровней и расходов воды, а также выкопировка с топографической карты, по которой определялись гидрографические характеристики озера и его водосбора.

## Список литературы

1. Гидрологические расчеты: лабораторные работы и методические указания / Перм. ун-т; сост. А.М. Комлев, И.А. Старков. Пермь, 1988. 56 с.
2. *Клименко Д.Е., Корепанов Е.П.* Максимальный сток рек Свердловской области: монография. Екатеринбург; Пермь: Изд-во «Раритет-Пермь», 2014. 180 с.
3. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при наличии данных гидрометрических наблюдений. – Нижний Новгород: Изд-во «Вектор-ТиС», 2007. 133 с.
4. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при недостаточности данных наблюдений. – СПб.: Ротапринт ГНЦ ААНИИ, 2007. 66 с.
5. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при отсутствии данных гидрометрических наблюдений. – СПб.: Изд-во «Нестор-История», 2009. 193 с.
6. Методические рекомендации по оценке однородности гидрологических характеристик и определению их расчетных значений по неоднородным данным. – СПб.: Изд-во «Нестор-История», 2010. 162 с.
7. Методические указания управлениям Гидрометеослужбы № 81. Л.: Гидрометеоиздат, 1971. 24 с.
8. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 6, Ч. I, II. Л.: Гидрометеоиздат, 1978.
9. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Многолетние данные. Вып. 9, ч. 1-6. Л.: Гидрометеоиздат, 1990.
10. Пособие к СНиП 2.05.03-84 «Мосты и трубы» по изысканиям и проектированию железнодорожных и автодорожных мостовых переходов через водотоки (ПМП-91). М., 1992.
11. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. Л.: Гидрометеоиздат, 1983. 448 с., приложения.
12. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 11. Средний Урал и Приуралье. Л.: Гидрометеоиздат, 1973.
13. Руководство по определению гидрографических характеристик картометрическим способом: практическое руководство. Л.: Гидрометеоиздат, 1986. 94 с.

14. Свод правил по проектированию и строительству. СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. М.: Госстрой России, 2004. 74 с.

15. *Сикан А.В.* Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. СПб.: Изд-во. РГГМУ, 2007. 279 с.

## Приложения

Приложение 1. Координаты нормального распределения вероятностей

$z$	$F(z)$	$z$	$F(z)$	$z$	$F(z)$	$z$	$F(z)$	$z$	$F(z)$
0,00	0,5000	0,51	0,6950	1,02	0,8461	1,53	0,9370	2,08	0,9812
0,01	0,5040	0,52	0,6985	1,03	0,8484	1,54	0,9382	2,10	0,9821
0,02	0,5080	0,53	0,7019	1,04	0,8508	1,55	0,9394	2,12	0,9830
0,03	0,5120	0,54	0,7054	1,05	0,8531	1,56	0,9406	2,14	0,9838
0,04	0,5160	0,55	0,7088	1,06	0,8554	1,57	0,9418	2,16	0,9846
0,05	0,5199	0,56	0,7123	1,07	0,8577	1,58	0,9429	2,18	0,9854
0,06	0,5239	0,57	0,7157	1,08	0,8599	1,59	0,9441	2,20	0,9861
0,07	0,5279	0,58	0,7190	1,09	0,8621	1,60	0,9452	2,22	0,9868
0,08	0,5319	0,59	0,7224	1,10	0,8643	1,61	0,9463	2,24	0,9875
0,09	0,5359	0,60	0,7257	1,11	0,8665	1,62	0,9474	2,26	0,9881
0,10	0,5398	0,61	0,7291	1,12	0,8686	1,63	0,9484	2,28	0,9887
0,11	0,5438	0,62	0,7324	1,13	0,8708	1,64	0,9495	2,30	0,9893
0,12	0,5478	0,63	0,7352	1,14	0,8729	1,65	0,9505	2,32	0,9898
0,13	0,5517	0,64	0,7389	1,15	0,8749	1,66	0,9515	2,34	0,9904
0,14	0,5557	0,65	0,7422	1,16	0,8770	1,67	0,9525	2,36	0,9909
0,15	0,5596	0,66	0,7454	1,17	0,8790	1,68	0,9535	2,38	0,9913
0,16	0,5636	0,67	0,7486	1,18	0,8810	1,69	0,9545	2,40	0,9918
0,17	0,5676	0,68	0,7517	1,19	0,8830	1,70	0,9554	2,42	0,9922
0,18	0,5714	0,69	0,7549	1,20	0,8849	1,71	0,9564	2,44	0,9927
0,19	0,5753	0,70	0,7580	1,21	0,8869	1,72	0,9572	2,46	0,9931
0,20	0,5793	0,71	0,7611	1,22	0,8888	1,73	0,9582	2,48	0,9934
0,21	0,5832	0,72	0,7642	1,23	0,8907	1,74	0,9591	2,50	0,9938
0,22	0,5871	0,73	0,7673	1,24	0,8925	1,75	0,9599	2,52	0,9941
0,23	0,5910	0,74	0,7703	1,25	0,8944	1,76	0,9608	2,54	0,9945
0,24	0,5948	0,75	0,7734	1,26	0,8962	1,77	0,9616	2,56	0,9948
0,25	0,5987	0,76	0,7764	1,27	0,8980	1,78	0,9625	2,58	0,9951
0,26	0,6026	0,77	0,7794	1,28	0,8997	1,79	0,9633	2,60	0,9953
0,27	0,6064	0,78	0,7823	1,29	0,9015	1,80	0,9641	2,62	0,9956
0,28	0,6103	0,79	0,7853	1,30	0,9032	1,81	0,9649	2,64	0,9959
0,29	0,6141	0,80	0,7881	1,31	0,9049	1,82	0,9656	2,66	0,9961
0,30	0,6179	0,81	0,7910	1,32	0,9066	1,83	0,9664	2,68	0,9963
0,31	0,6217	0,82	0,7939	1,33	0,9082	1,84	0,9671	2,70	0,9965
0,32	0,6255	0,83	0,7967	1,34	0,9099	1,85	0,9678	2,72	0,9967
0,33	0,6293	0,84	0,7995	1,35	0,9115	1,86	0,9686	2,74	0,9969
0,34	0,6331	0,85	0,8023	1,36	0,9131	1,87	0,9693	2,76	0,9971
0,35	0,6368	0,86	0,8051	1,37	0,9147	1,88	0,9699	2,78	0,9973
0,36	0,6406	0,87	0,8078	1,38	0,9162	1,89	0,9706	2,80	0,9974
0,37	0,6443	0,88	0,8106	1,39	0,9177	1,90	0,9713	2,82	0,9976
0,38	0,6480	0,89	0,8133	1,40	0,9192	1,91	0,9719	2,84	0,9977
0,39	0,6517	0,90	0,8159	1,41	0,9207	1,92	0,9726	2,86	0,9979
0,40	0,6554	0,91	0,8186	1,42	0,9222	1,93	0,9732	2,88	0,9980
0,41	0,6591	0,92	0,8212	1,43	0,9236	1,94	0,9738	2,90	0,9981
0,42	0,6628	0,93	0,8238	1,44	0,9251	1,95	0,9744	2,92	0,9982
0,43	0,6664	0,94	0,8264	1,45	0,9265	1,96	0,9750	2,94	0,9984
0,44	0,6700	0,95	0,8289	1,46	0,9279	1,97	0,9756	2,96	0,9985
0,45	0,6736	0,96	0,8315	1,47	0,9292	1,98	0,9761	2,98	0,9986
0,46	0,6772	0,97	0,8340	1,48	0,9306	1,99	0,9767	3,00	0,9987
0,47	0,6808	0,98	0,8365	1,49	0,9319	2,00	0,9772	3,02	0,9993
0,48	0,6844	0,99	0,8389	1,50	0,9332	2,01	0,9783	3,04	0,9996
0,49	0,6879	1,00	0,8413	1,51	0,9345	2,02	0,9793	3,06	0,9998
0,50	0,6915	1,01	0,8438	1,52	0,9357	2,03	0,9803	3,08	0,9999



Приложение 2. Координаты распределения статистики Фишера F

$r(1)$	$\alpha, \%$												
	0,2	1	2	5	10	20	30	50	70	80	90	95	99
$n=m=10$													
0,7	18,60	11,00	8,11	6,19	4,58	3,22	2,59	1,83	1,41	1,26	1,12	1,06	1,00
0,6	14,40	9,51	7,54	5,63	4,20	2,98	2,42	1,77	1,38	1,25	1,12	1,06	1,00
0,5	12,60	8,58	6,97	5,16	3,89	2,79	2,29	1,71	1,36	1,24	1,11	1,06	1,00
0,4	11,70	7,92	6,42	4,79	3,68	2,66	2,20	1,67	1,34	1,23	1,10	1,06	1,00
0,3	11,10	7,42	6,08	4,52	3,51	2,57	2,15	1,63	1,33	1,22	1,10	1,05	1,00
0,2	10,50	7,07	5,77	4,32	3,34	2,51	2,08	1,60	1,31	1,21	1,10	1,04	1,00
0,1	10,20	6,78	5,51	4,16	3,24	2,46	2,04	1,58	1,30	1,20	1,10	1,04	1,00
0,0	10,11*	6,54*	5,35*	4,03*	3,18*	2,44*	2,02	1,57	1,30	1,19	1,10	1,03	1,00
$n=m=25$													
0,7	7,17	5,18	4,39	3,44	2,86	2,22	1,92	1,70	1,88	1,20	1,06	1,02	1,00
0,6	5,82	4,42	3,80	3,00	2,53	2,04	1,79	1,52	1,24	1,18	1,06	1,02	1,00
0,5	4,99	3,85	3,39	2,73	2,31	1,90	1,69	1,42	1,22	1,16	1,05	1,02	1,00
0,4	4,55	3,54	3,11	2,53	2,16	1,80	1,60	1,36	1,19	1,14	1,05	1,02	1,00
0,3	4,24	3,28	2,90	2,40	2,08	1,75	1,55	1,34	1,17	1,12	1,05	1,02	1,00
0,2	4,04	3,12	2,76	2,34	2,03	1,72	1,54	1,33	1,17	1,12	1,05	1,02	1,00
0,1	3,88	3,02	2,68	2,29	2,00	1,71	1,53	1,32	1,17	1,11	1,05	1,02	1,00
0,0	3,74*	2,97*	2,66*	2,27*	1,98*	1,70*	1,53	1,32	1,17	1,11	1,05	1,02	1,00
$n=m=50$													
0,7	4,07	3,31	2,98	2,49	2,16	1,82	1,64	1,40	1,22	1,15	1,07	1,02	1,00
0,6	2,52	2,90	2,65	2,26	1,97	1,69	1,55	1,34	1,18	1,13	1,06	1,02	1,00
0,5	3,15	2,62	2,40	2,08	1,82	1,58	1,48	1,30	1,15	1,11	1,05	1,01	1,00
0,4	2,88	2,42	2,23	1,94	1,72	1,51	1,42	1,25	1,13	1,10	1,04	1,01	1,00
0,3	2,68	2,27	2,10	1,83	1,65	1,48	1,38	1,22	1,12	1,09	1,04	1,01	1,00
0,2	2,58	2,19	2,02	1,79	1,63	1,47	1,37	1,21	1,12	1,09	1,04	1,01	1,00
0,1	2,52	2,15	1,99	1,79	1,62	1,47	1,37	1,21	1,12	1,09	1,04	1,01	1,00
0,0	2,51*	2,15*	1,99*	1,79*	1,62*	1,47*	1,37	1,21	1,12	1,09	1,04	1,01	1,00
$n=m=100$													
0,7	3,02	2,49	2,28	1,93	1,72	1,52	1,40	1,24	1,13	1,10	1,03	1,00	1,00
0,6	2,66	2,20	2,03	1,76	1,59	1,44	1,36	1,23	1,12	1,09	1,02	1,00	1,00
0,5	2,40	2,00	1,85	1,64	1,51	1,39	1,31	1,21	1,11	1,09	1,02	1,00	1,00
0,4	2,20	1,87	1,76	1,56	1,46	1,36	1,28	1,19	1,10	1,08	1,02	1,00	1,00
0,3	2,06	1,80	1,70	1,53	1,42	1,34	1,26	1,18	1,10	1,07	1,02	1,00	1,00
0,2	1,98	1,76	1,67	1,52	1,41	1,33	1,25	1,17	1,10	1,06	1,02	1,00	1,00
0,1	1,94	1,74	1,65	1,52	1,41	1,32	1,24	1,16	1,09	1,06	1,02	1,00	1,00
0,0	1,91*	1,73*	1,64*	1,51*	1,41*	1,31*	1,22	1,16	1,08	1,05	1,02	1,00	1,00

\* - теоретические значения  $F_\alpha$

Приложение 3. Координаты распределения статистики Стьюдента t

r(1)	$\alpha, \%$												
	0,2	1	2	5	10	20	30	50	70	80	90	95	99
<i>n=m=10</i>													
0,7	10,0	9,14	7,19	6,35	5,18	4,21	3,22	2,63	1,66	0,93	0,62	0,81	0,13
0,6	8,25	7,57	5,74	5,25	4,31	3,51	2,73	2,18	1,38	0,79	0,52	0,26	0,12
0,5	6,80	6,24	4,91	4,34	3,56	2,93	2,24	1,82	1,17	0,68	0,45	0,21	0,10
0,4	5,93	5,43	4,24	3,79	3,10	2,58	1,95	1,59	1,02	0,59	0,39	0,19	0,09
0,3	5,18	4,78	3,77	3,33	2,75	2,27	1,72	1,40	0,91	0,51	0,35	0,18	0,08
0,2	4,65	4,33	3,38	3,02	2,47	2,07	1,56	1,26	0,82	0,47	0,32	0,16	0,05
0,1	4,23	3,94	3,07	2,76	2,26	1,90	1,43	1,16	0,75	0,43	0,29	0,14	0,03
0,0	3,92	3,61	2,88	2,55	2,10	1,73	1,33	1,07	0,69	0,39	0,26	0,12	0,02
<i>n=m=25</i>													
0,7	9,08	8,40	6,71	6,00	4,96	4,12	3,12	2,53	1,60	0,93	0,62	0,31	0,13
0,6	7,48	6,90	5,55	4,90	4,15	3,38	2,64	2,06	1,37	0,79	0,52	0,26	0,11
0,5	6,21	5,84	4,66	4,18	3,47	2,88	2,20	1,78	1,17	0,68	0,45	0,21	0,10
0,4	5,46	5,08	4,10	3,70	3,01	2,53	1,91	1,53	1,01	0,58	0,39	0,19	0,09
0,3	4,80	4,48	3,67	3,28	2,68	2,23	1,69	1,40	0,91	0,51	0,35	0,17	0,08
0,2	4,28	4,01	3,27	2,89	2,42	2,03	1,53	1,27	0,81	0,47	0,31	0,15	0,06
0,1	3,89	3,61	2,96	2,63	2,20	1,84	1,40	1,16	0,74	0,44	0,28	0,13	0,04
0,0	3,51	3,27	2,68	2,41	2,01	1,68	1,30	1,06	0,68	0,40	0,25	0,12	0,03
<i>n=m=50</i>													
0,7	7,96	7,48	6,22	5,68	4,78	4,01	3,11	2,53	1,60	0,93	0,62	0,31	0,13
0,6	6,88	6,40	5,27	4,78	4,00	3,31	2,62	2,06	1,37	0,78	0,52	0,26	0,11
0,5	5,90	5,51	4,52	4,07	3,36	2,82	2,19	1,78	1,17	0,68	0,45	0,21	0,10
0,4	5,17	4,84	3,98	3,55	2,92	2,46	1,91	1,53	1,01	0,59	0,38	0,18	0,09
0,3	4,60	4,35	3,50	3,10	2,59	2,18	1,69	1,39	0,91	0,51	0,34	0,16	0,08
0,2	4,10	3,86	3,17	2,79	2,36	1,98	1,53	1,24	0,81	0,48	0,31	0,15	0,06
0,1	3,72	3,48	2,88	2,55	2,16	1,81	1,40	1,13	0,74	0,44	0,29	0,14	0,05
0,0	3,39	1,18	2,63	2,37	1,99	1,66	1,29	1,04	0,68	0,40	0,26	0,13	0,04
<i>n=m=100</i>													
0,7	7,84	7,35	6,10	5,52	4,65	3,93	3,07	2,52	1,60	0,93	0,62	0,31	0,10
0,6	6,74	6,27	5,21	4,71	3,99	3,26	2,60	2,05	1,37	0,79	0,53	0,25	0,10
0,5	5,80	5,47	4,52	4,07	3,36	2,82	2,19	1,78	1,17	0,68	0,45	0,21	0,10
0,4	5,08	4,76	3,98	3,55	2,92	2,46	1,91	1,51	1,01	0,58	0,39	0,19	0,08
0,3	4,52	4,23	3,50	3,10	2,59	2,18	1,69	1,38	0,91	0,51	0,34	0,16	0,07
0,2	4,02	3,79	3,17	2,79	2,36	1,98	1,53	1,27	0,81	0,46	0,31	0,15	0,05
0,1	3,64	3,42	2,88	2,55	2,16	1,81	1,40	1,16	0,74	0,42	0,29	0,14	0,03
0,0	3,34	3,13	2,60	2,35	1,98	1,65	1,29	1,06	0,68	0,38	0,27	0,12	0,01

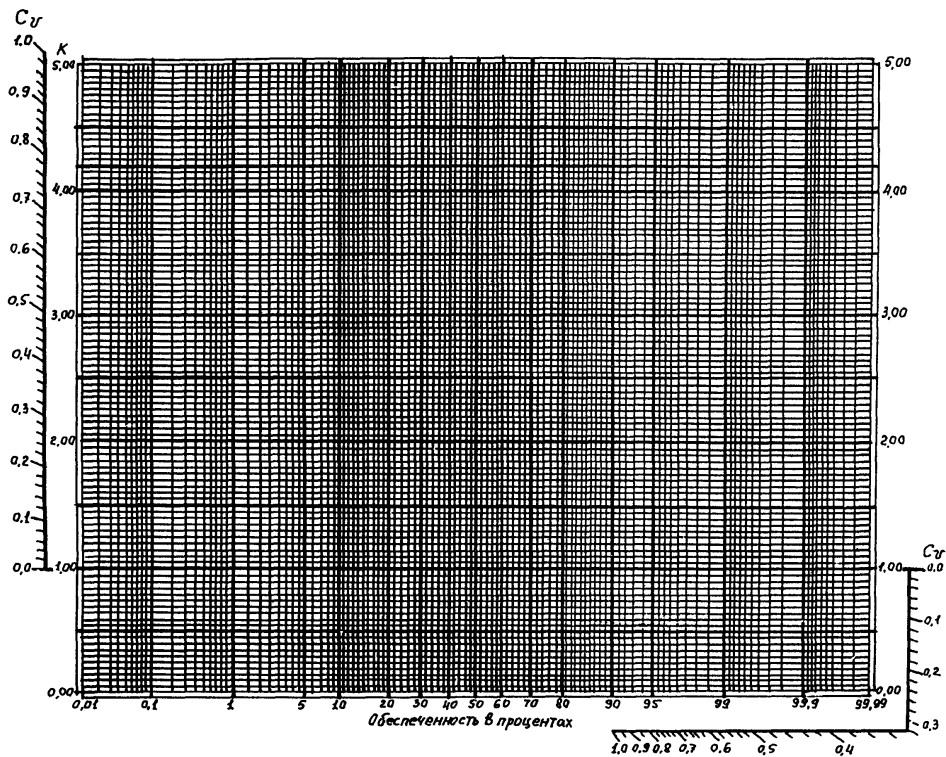
Приложение 4.  $\alpha$ -ные критические значения статистики Смирнова-Грabbса ( $G_N$ )

$\alpha$ , %	$r(1)$	Объем выборки n, лет							$\alpha$ , %	$r(1)$	Объем выборки n, лет						
		6	10	20	30	50	70	100			6	10	20	30	50	70	100
$C_s=0$									$C_s=1,5$								
1	0,0	1,95	2,43	2,94	3,17	3,38	3,52	3,54	1	0,0	2,02	2,71	3,73	4,29	5,06	5,54	5,86
	0,5	1,94	2,39	2,84	3,11	3,35	3,50	3,51		0,5	2,02	2,68	3,58	4,19	4,90	5,40	5,76
	0,9	1,92	2,30	2,67	2,86	3,08	3,10	3,18		0,9	1,98	2,57	3,25	3,70	4,18	4,54	4,70
5	0,0	1,84	2,17	2,60	2,79	3,00	3,10	3,21	5	0,0	1,97	2,57	3,42	3,87	4,43	4,81	5,06
	0,5	1,83	2,15	2,52	2,74	2,93	3,02	3,15		0,5	1,96	2,53	3,30	3,74	4,28	4,70	4,94
	0,9	1,80	2,10	2,37	2,51	2,67	2,79	2,90		0,9	1,89	2,38	2,86	3,15	3,57	3,92	4,17
10	0,0	1,75	2,04	2,44	2,60	2,85	2,91	3,02	10	0,0	1,92	2,47	3,23	3,66	4,14	4,46	4,77
	0,5	1,73	2,03	2,36	2,54	2,78	2,88	2,97		0,5	1,90	2,40	3,11	3,52	4,00	4,32	4,60
	0,9	1,70	1,99	2,22	2,34	2,52	2,62	2,72		0,9	1,80	2,22	2,66	2,96	3,35	3,59	3,87
$C_s=0,5$									$C_s=2,0$								
1	0,0	1,98	2,54	3,26	3,60	3,97	4,26	4,33	1	0,0	2,03	2,76	3,91	4,57	5,49	6,08	6,51
	0,5	1,98	2,50	3,17	3,52	3,90	4,21	4,30		0,5	2,03	2,75	3,85	4,48	5,31	5,97	6,39
	0,9	1,93	2,47	2,88	3,12	3,44	3,67	3,71		0,9	1,99	2,65	3,44	4,04	4,62	5,01	5,24
5	0,0	1,89	2,32	2,89	3,18	3,52	3,69	3,85	5	0,0	2,00	2,65	3,62	4,14	4,86	5,30	5,62
	0,5	1,88	2,29	2,80	3,10	3,43	3,61	3,74		0,5	1,99	2,62	3,51	4,04	4,67	5,14	5,50
	0,9	1,82	2,22	2,53	2,71	2,97	3,12	3,32		0,9	1,92	2,48	3,06	3,42	3,92	4,30	4,58
10	0,0	1,81	2,19	2,70	2,99	3,28	3,46	3,62	10	0,0	1,96	2,57	3,44	3,92	4,49	4,91	5,28
	0,5	1,79	2,16	2,64	2,88	3,20	3,39	3,52		0,5	1,95	2,52	3,33	3,79	4,35	4,79	5,08
	0,9	1,73	2,06	2,35	2,54	2,78	2,94	3,09		0,9	1,85	2,33	2,85	3,17	3,66	3,94	4,26
$C_s=1,0$									$C_s=3,0$								
1	0,0	2,00	2,64	3,53	3,96	4,59	4,96	5,16	1	0,0	2,04	2,82	4,10	4,93	6,06	6,88	7,63
	0,5	2,00	2,59	3,42	3,87	4,42	4,83	5,04		0,5	2,04	2,82	4,04	4,87	5,94	6,68	7,47
	0,9	1,96	2,52	3,06	3,36	3,72	4,10	4,18		0,9	2,03	2,80	3,94	4,51	5,23	5,95	6,37
5	0,0	1,93	2,46	3,18	3,54	4,00	4,24	4,47	5	0,0	2,03	2,77	3,91	4,59	5,51	6,11	6,63
	0,5	1,92	2,43	3,05	3,45	3,93	4,19	4,36		0,5	2,03	2,75	3,84	4,51	5,34	6,00	6,41
	0,9	1,85	2,29	2,68	2,92	3,25	3,50	3,74		0,9	2,00	2,67	3,56	4,00	4,61	5,10	5,50
10	0,0	1,87	2,34	2,98	3,34	3,74	3,98	4,22	10	0,0	2,01	2,72	3,76	4,38	5,15	5,67	6,23
	0,5	1,85	2,29	2,88	3,20	3,61	3,84	4,08		0,5	2,01	2,68	3,68	4,28	5,02	5,56	5,95
	0,9	1,77	2,13	2,49	2,74	3,05	3,26	3,47		0,9	1,94	2,54	3,30	3,69	4,25	4,70	5,12

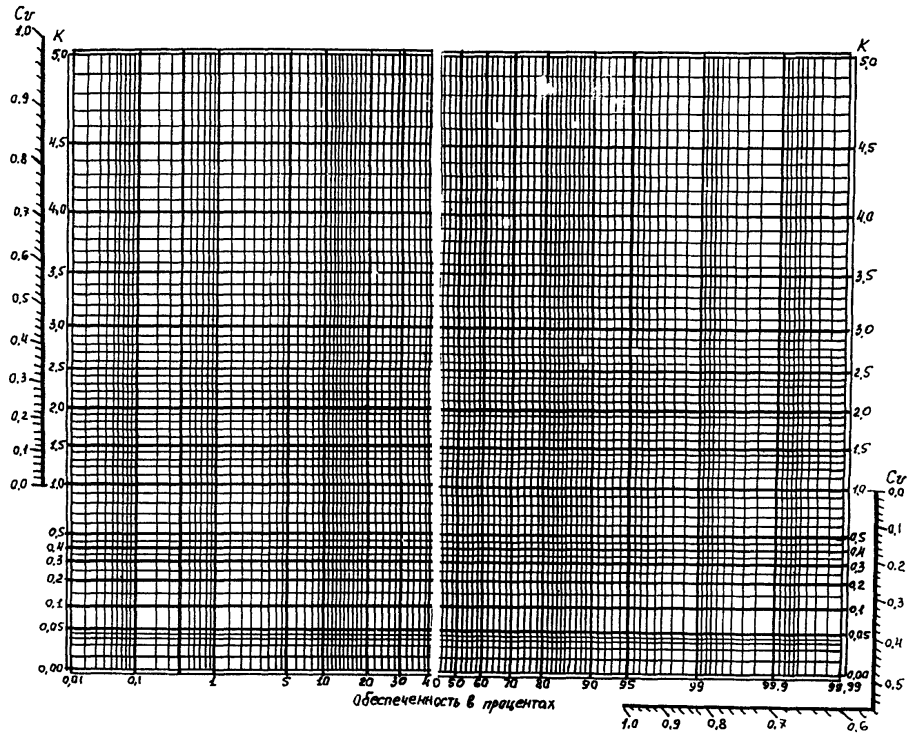
Окончание приложения 4.  $\alpha$ %-ные критические значения статистики  
Смирнова-Граббса ( $G_1$ )

$\alpha$ , %	$r(1)$	Объем выборки n, лет							$\alpha$ , %	$r(1)$	Объем выборки n, лет						
		6	10	20	30	50	70	100			6	10	20	30	50	70	100
$C_s=0$									$C_s=1,5$								
1	0,0	1,95	2,43	2,94	3,17	3,38	3,52	3,54	1	0,0	1,78	1,91	1,82	1,73	1,66	1,60	1,56
	0,5	1,94	2,39	2,84	3,11	3,35	3,50	3,51		0,5	1,83	1,93	1,87	1,81	1,70	1,66	1,61
	0,9	1,92	2,30	2,67	2,86	3,08	3,10	3,18		0,9	1,89	2,11	2,26	2,22	2,10	2,01	2,00
5	0,0	1,84	2,17	2,60	2,79	3,00	3,10	3,21	5	0,0	1,56	1,61	1,60	1,57	1,53	1,50	1,48
	0,5	1,83	2,15	2,52	2,74	2,93	3,02	3,15		0,5	1,62	1,69	1,68	1,62	1,58	1,54	1,51
	0,9	1,80	2,10	2,37	2,51	2,67	2,79	2,90		0,9	1,71	1,86	1,94	1,87	1,84	1,81	1,79
10	0,0	1,75	2,04	2,44	2,60	2,85	2,91	3,02	10	0,0	1,45	1,51	1,50	1,48	1,46	1,44	1,44
	0,5	1,73	2,03	2,36	2,54	2,78	2,88	2,97		0,5	1,52	1,57	1,56	1,53	1,51	1,48	1,47
	0,9	1,70	1,99	2,22	2,34	2,52	2,62	2,72		0,9	1,60	1,72	1,79	1,75	1,71	1,70	1,69
$C_s=0,5$									$C_s=2,0$								
1	0,0	1,88	2,27	2,50	2,51	2,53	2,55	2,57	1	0,0	1,70	1,71	1,53	1,44	1,35	1,28	1,24
	0,5	1,90	2,28	2,53	2,60	2,63	2,64	2,65		0,5	1,78	1,77	1,62	1,53	1,43	1,35	1,31
	0,9	1,93	2,29	2,56	2,64	2,72	2,74	2,86		0,9	1,88	2,04	2,10	1,97	1,84	1,73	1,71
5	0,0	1,74	2,00	2,22	2,28	2,36	2,39	2,42	5	0,0	1,46	1,46	1,35	1,30	1,25	1,20	1,17
	0,5	1,76	2,02	2,24	2,30	2,38	2,41	2,44		0,5	1,54	1,54	1,44	1,36	1,29	1,25	1,22
	0,9	1,78	2,04	2,26	2,32	2,40	2,44	2,48		0,9	1,66	1,79	1,78	1,69	1,61	1,56	1,52
10	0,0	1,66	1,88	2,09	2,17	2,27	2,29	2,32	10	0,0	1,34	1,34	1,27	1,23	1,18	1,15	1,15
	0,5	1,65	1,87	2,07	2,16	2,26	2,28	2,31		0,5	1,43	1,43	1,35	1,29	1,23	1,20	1,17
	0,9	1,64	1,86	2,06	2,15	2,25	2,27	2,30		0,9	1,55	1,63	1,63	1,59	1,50	1,46	1,43
$C_s=1,0$									$C_s=3,0$								
1	0,0	1,83	2,09	2,12	2,12	2,05	2,03	2,01	1	0,0	1,53	1,38	1,12	1,04	0,97	0,92	0,87
	0,5	1,87	2,10	2,17	2,13	2,11	2,11	2,04		0,5	1,65	1,52	1,28	1,15	1,04	0,96	0,92
	0,9	1,92	2,22	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40		0,9	1,83	1,87	1,84	1,64	1,46	1,35	1,31
5	0,0	1,66	1,80	1,91	1,91	1,91	1,91	1,91	5	0,0	1,26	1,17	1,02	0,94	0,89	0,85	0,82
	0,5	1,70	1,86	1,93	1,93	1,93	1,93	1,93		0,5	1,38	1,28	1,10	1,03	0,94	0,89	0,85
	0,9	1,74	1,94	2,09	2,09	2,10	2,10	2,13		0,9	1,76	1,63	1,52	1,41	1,28	1,21	1,12
10	0,0	1,56	1,70	1,78	1,80	1,83	1,83	1,83	10	0,0	1,15	1,08	0,95	0,89	0,84	0,81	0,80
	0,5	1,60	1,72	1,82	1,83	1,85	1,85	1,85		0,5	1,25	1,18	1,02	0,95	0,88	0,85	0,82
	0,9	1,65	1,81	1,95	1,95	1,96	1,98	1,99		0,9	1,50	1,46	1,38	1,30	1,17	1,10	1,04

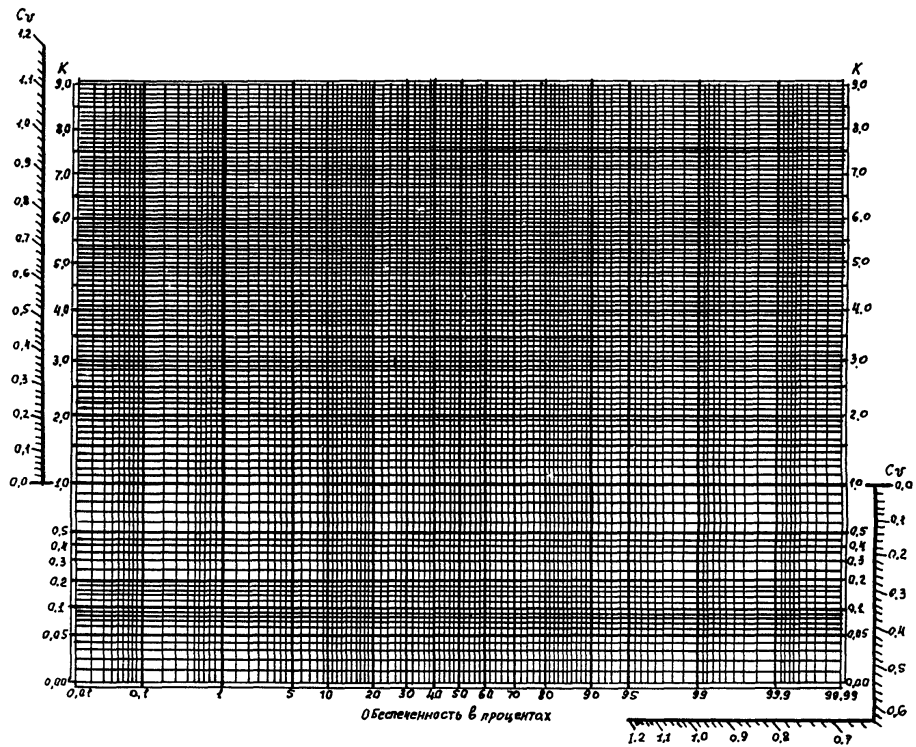
Приложение 5. Клетчатка вероятности, спрямляющая кривые обеспеченности при  $C_s=0$



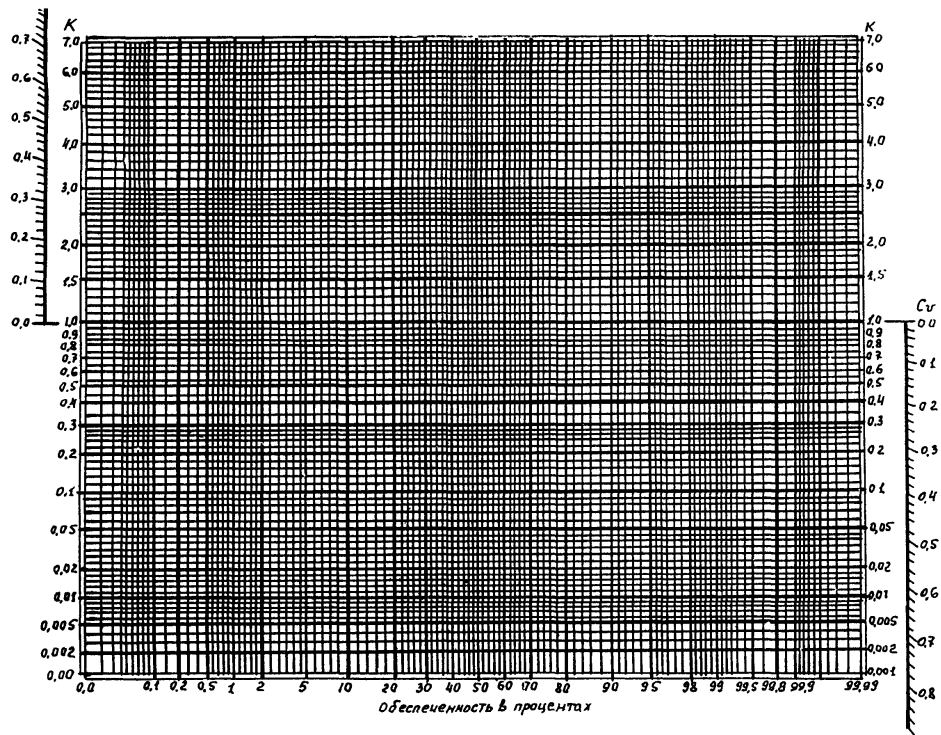
Продолжение приложения 5. Клетчатка вероятности, спрямляющая кривые обеспеченности при  $C_s=1,5C_v$



Продолжение приложения 5. Клетчатка вероятности, спрямляющая кривые обеспеченности при  $C_s=1,5C_v$

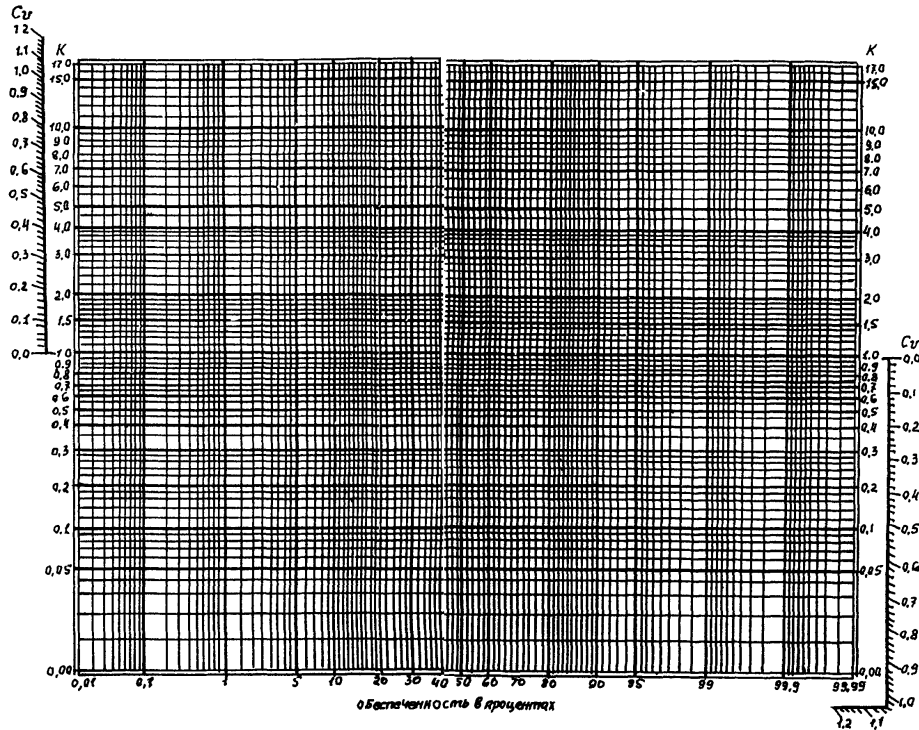


Продолжение приложения 5. Клетчатка вероятности, спрямляющая кривые обеспеченности при  $C_s=1,5C_v$

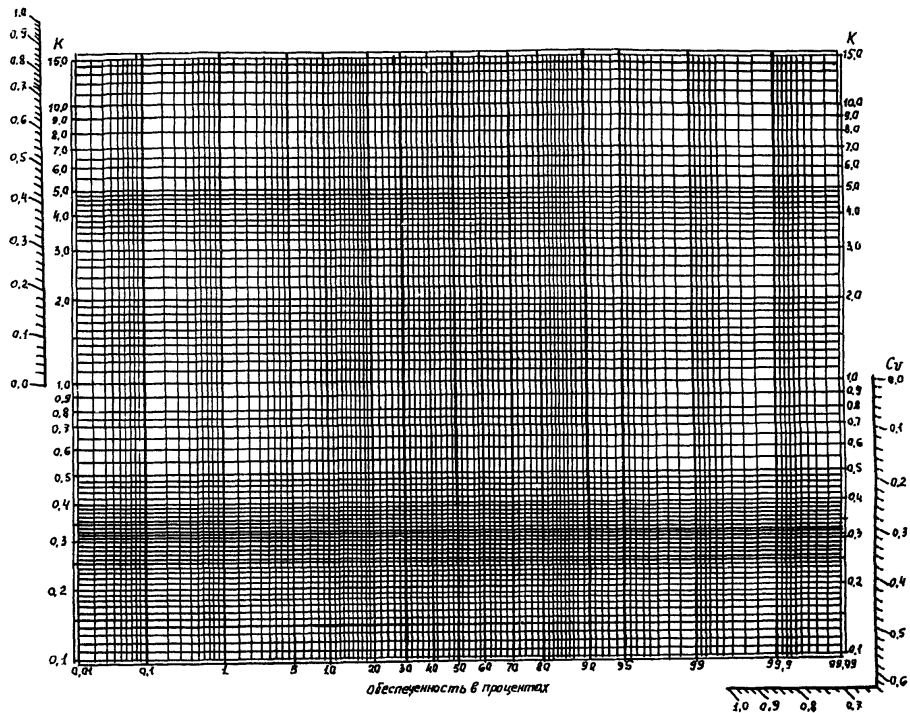




Продолжение приложения 5. Клетчатка вероятности, спрямляющая кривые обеспеченности при  $C_s=1,5C_v$



Окончание приложения 5. Клетчатка вероятности, спрямляющая кривые обеспеченности при  $C_s=1,5C_v$



Приложение 6. Нормированные отклонения от среднего значения ординат биномиального распределения Пирсона III типа

$$\Phi(P, C_s) = \frac{k_{P\%} - 1}{C_v}$$

C <sub>s</sub>	P, %								
	0,01	0,1	1,0	5,0	10,0	20,0	25,0	30,0	40,0
-2,6	0,770	0,770	0,770	0,764	0,746	0,700	0,660	0,610	0,510
-2,4	0,835	0,833	0,830	0,820	0,792	0,720	0,670	0,620	0,510
-2,2	0,914	0,910	0,905	0,882	0,842	0,750	0,690	0,640	0,500
-2,0	1,010	1,000	0,990	0,950	0,900	0,780	0,710	0,640	0,490
-1,8	1,110	1,110	1,090	1,020	0,940	0,800	0,720	0,640	0,480
-1,6	1,260	1,240	1,200	1,100	0,990	0,810	0,730	0,640	0,460
-1,4	1,410	1,390	1,320	1,170	1,040	0,830	0,730	0,640	0,440
-1,2	1,680	1,580	1,450	1,240	1,080	0,840	0,740	0,630	0,420
-1,0	1,920	1,790	1,590	1,320	1,130	0,850	0,730	0,620	0,390
-0,8	2,230	2,020	1,740	1,380	1,170	0,860	0,730	0,600	0,370
-0,6	2,570	2,270	1,880	1,450	1,200	0,850	0,720	0,590	0,340
-0,4	2,980	2,540	2,030	1,520	1,230	0,850	0,710	0,570	0,310
-0,2	3,370	2,810	2,180	1,580	1,260	0,850	0,690	0,550	0,280
0,0	3,720	3,090	2,330	1,640	1,280	0,840	0,670	0,520	0,250
0,2	4,160	3,380	2,470	1,700	1,300	0,830	0,650	0,500	0,220
0,4	4,610	3,660	2,610	1,750	1,320	0,820	0,630	0,470	0,190
0,6	5,050	3,960	2,750	1,800	1,330	0,800	0,610	0,440	0,160
0,8	5,500	4,240	2,890	1,840	1,340	0,780	0,580	0,410	0,120
1,0	5,960	4,530	3,020	1,880	1,340	0,760	0,550	0,380	0,090
1,2	6,410	4,810	3,150	1,920	1,340	0,730	0,520	0,350	0,050
1,4	6,870	5,090	3,270	1,950	1,340	0,710	0,490	0,310	0,020
1,6	7,310	5,370	3,390	1,970	1,330	0,680	0,460	0,280	-0,020
1,8	7,760	5,640	3,500	1,990	1,320	0,640	0,420	0,240	-0,050
2,0	8,210	5,910	3,600	2,000	1,300	0,610	0,390	0,200	-0,08
2,2	8,630	6,140	3,680	2,020	1,270	0,570	0,350	0,160	-0,120
2,4	9,000	6,370	3,780	2,000	1,250	0,520	0,290	0,120	-0,140
2,6	9,390	6,540	3,860	2,000	1,210	0,480	0,250	0,085	-0,170

Окончание приложения б.

Нормированные отклонения от среднего значения ординат  
 биномиального распределения Пирсона III типа  $\Phi(P, C_s) = \frac{k_{p\%} - 1}{C_v}$

P, %									S
50,0	60,0	70,0	75,0	80,0	90,0	95,0	99,0	99,9	
0,370	0,170	-0,085	-0,250	-0,480	-1,210	-2,000	-3,860	-6,540	-0,710
0,350	0,170	-0,120	-0,290	-0,520	-1,250	-2,000	-3,780	-6,370	-0,670
0,330	0,120	-0,160	-0,350	-0,570	-1,270	-2,020	-3,680	-6,140	-0,620
0,310	0,090	-0,200	-0,390	-0,610	-1,300	-2,000	-3,600	-5,910	-0,570
0,280	0,050	-0,240	-0,420	-0,640	-1,320	-1,990	-3,500	-5,640	-0,510
0,250	0,020	-0,280	-0,460	-0,680	-1,330	-1,970	-3,390	-5,370	-0,450
0,220	-0,020	-0,310	-0,490	-0,710	-1,340	-1,950	-3,270	-5,090	-0,390
0,190	-0,050	-0,350	-0,520	-0,730	-1,340	-1,920	-3,150	-4,810	-0,340
0,160	-0,090	-0,380	-0,550	-0,760	-1,340	-1,880	-3,020	-4,530	-0,270
0,130	-0,120	-0,410	-0,580	-0,790	-1,340	-1,840	-2,890	-4,240	-0,220
0,100	-0,160	-0,440	-0,610	-0,800	-1,330	-1,800	-2,750	-3,960	-0,170
0,070	-0,190	-0,470	-0,630	-0,820	-1,320	-1,750	-2,610	-3,660	-0,110
0,030	-0,220	-0,500	-0,650	-0,830	-1,300	-1,700	-2,470	-3,380	-0,050
0,000	-0,250	-0,520	-0,670	-0,840	-1,280	-1,640	-2,330	-3,090	0,000
-0,030	-0,280	-0,550	-0,690	-0,850	-1,260	-1,580	-2,180	-2,810	0,060
-0,070	-0,310	-0,570	-0,710	-0,850	-1,230	-1,520	-2,030	-2,540	0,110
-0,100	-0,340	-0,590	-0,720	-0,850	-1,200	-1,450	-1,880	-2,270	0,170
-0,130	-0,370	-0,600	-0,730	-0,860	-1,170	-1,380	-1,740	-2,020	0,220
-0,160	-0,390	-0,620	-0,730	-0,850	-1,130	-1,320	-1,590	-1,790	0,280
-0,190	-0,420	-0,630	-0,740	-0,840	-1,080	-1,240	-1,450	-1,580	0,340
-0,220	-0,440	-0,640	-0,730	-0,830	-1,040	-1,170	-1,320	-1,390	0,390
-0,250	-0,460	-0,640	-0,730	-0,810	-0,990	-1,100	-1,200	-1,240	0,450
-0,280	-0,480	-0,640	-0,720	-0,800	-0,940	-1,020	-1,090	-1,110	0,510
-0,310	-0,490	-0,640	-0,710	-0,780	-0,900	-0,950	-0,990	-1,000	0,570
-0,330	-0,500	-0,640	-0,690	-0,750	-0,842	-0,882	-0,905	-0,910	0,620
-0,350	-0,510	-0,620	-0,670	-0,720	-0,792	-0,820	-0,830	-0,833	0,670
-0,370	-0,510	-0,610	-0,660	-0,700	-0,746	-0,764	-0,770	-0,770	0,720

Приложение 7. Ординаты кривых трехпараметрического гамма-распределения С.Н. Крицкого и М.Ф. Менкеля

$$C_s=C_v$$

P, %	C <sub>v</sub>																			
	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
0,001	1,38	1,71	1,90	1,76																
0,01	1,35	1,64	1,82	1,73																
0,03	1,32	1,60	1,78	1,72																
0,05	1,31	1,58	1,76	1,71																
0,1	1,29	1,55	1,73	1,70																
0,3	1,26	1,50	1,67	1,67																
0,5	1,25	1,47	1,64	1,66																
1	1,22	1,43	1,59	1,64																
3	1,18	1,36	1,51	1,59																
5	1,16	1,32	1,46	1,56																
10	1,13	1,25	1,37	1,49																
20	1,08	1,17	1,26	1,39																
25	1,07	1,14	1,22	1,33																
30	1,05	1,11	1,18	1,28																
40	1,03	1,06	1,10	1,17																
50	1,00	1,01	1,02	1,05																
60	0,976	0,956	0,941	0,924																
70	0,949	0,899	0,850	0,782																
75	0,933	0,868	0,798	0,703																
80	0,916	0,832	0,740	0,617																
90	0,871	0,736	0,587	0,412																
95	0,833	0,657	0,466	0,275																
97	0,808	0,606	0,394	0,204																
99	0,760	0,510	0,274	0,108																
99,5	0,734	0,459	0,218	0,072																
99,7	0,715	0,425	0,184	0,053																
99,9	0,679	0,359	0,128	0,028																

Продолжение приложения 7

$C_s=0,5 C_v$

P, %	Cv																			
	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
0,001	1,39	1,76	2,02	2,11																
0,01	1,36	1,68	1,93	2,03																
0,03	1,33	1,63	1,87	1,98																
0,05	1,32	1,61	1,84	1,98																
0,1	1,30	1,58	1,80	1,96																
0,3	1,27	1,52	1,73	1,86																
0,5	1,25	1,49	1,69	1,83																
1	1,23	1,45	1,64	1,77																
3	1,19	1,37	1,53	1,67																
5	1,16	1,32	1,47	1,61																
10	1,13	1,25	1,38	1,51																
20	1,08	1,17	1,26	1,37																
25	1,07	1,14	1,21	1,31																
30	1,05	1,11	1,17	1,25																
40	1,03	1,06	1,09	1,14																
50	1,00	1,00	1,01	1,03																
60	0,975	0,952	0,932	0,910																
70	0,948	0,897	0,844	0,780																
75	0,933	0,866	0,795	0,708																
80	0,916	0,831	0,740	0,629																
90	0,871	0,739	0,597	0,435																
95	0,834	0,663	0,484	0,301																
97	0,810	0,615	0,415	0,230																
99	0,764	0,525	0,299	0,128																
99,5	0,739	0,476	0,243	0,089																
99,7	0,721	0,444	0,208	0,068																
99,9	0,686	0,381	0,150	0,038																

Продолжение приложения 7

$C_s=0$

P, %	$C_v$																			
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
0,001	1,41	1,81	2,15	2,38	2,42															
0,01	1,37	1,72	2,03	2,25	2,33															
0,03	1,34	1,67	1,96	2,18	2,27															
0,05	1,33	1,64	1,93	2,15	2,24															
0,1	1,31	1,60	1,88	2,09	2,20															
0,3	1,27	1,54	1,79	2,00	2,12															
0,5	1,26	1,51	1,74	1,95	2,08															
1	1,23	1,46	1,68	1,87	2,01															
3	1,19	1,37	1,56	1,73	1,88															
5	1,16	1,33	1,49	1,65	1,80															
10	1,13	1,26	1,39	1,52	1,66															
20	1,08	1,17	1,26	1,36	1,47															
25	1,07	1,14	1,21	1,29	1,39															
30	1,05	1,11	1,16	1,23	1,31															
40	1,03	1,05	1,08	1,12	1,16															
50	1,00	1,00	1,00	1,01	1,01															
60	0,975	0,949	0,923	0,895	0,86															
70	0,947	0,894	0,838	0,775	0,690															
75	0,932	0,864	0,792	0,709	0,6															
80	0,916	0,830	0,740	0,637	0,51															
90	0,872	0,742	0,606	0,459	0,31															
95	0,835	0,670	0,501	0,331	0,18															
97	0,812	0,624	0,436	0,261	0,13															
99	0,768	0,540	0,326	0,156	0,06															
99,5	0,743	0,494	0,271	0,112	0,03															
99,7	0,726	0,464	0,237	0,088	0,02															
99,9	0,693	0,405	0,178	0,053	0,010															

Cs=0,5 Cv

P, %	Cv																			
	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
0,001	1,42	1,87	2,29	2,66	2,94	3,08	3,00													
0,01	1,38	1,76	2,13	2,47	2,74	2,91	2,89													
0,03	1,35	1,71	2,05	2,37	2,64	2,81	2,83													
0,05	1,34	1,68	2,01	2,32	2,58	2,76	2,79													
0,1	1,31	1,63	1,95	2,25	2,50	2,69	2,74													
0,3	1,28	1,56	1,85	2,12	2,36	2,55	2,64													
0,5	1,26	1,53	1,79	2,05	2,28	2,48	2,59													
1	1,24	1,48	1,72	1,95	2,17	2,37	2,50													
3	1,19	1,38	1,58	1,78	1,97	2,16	2,33													
5	1,17	1,33	1,51	1,68	1,86	2,03	2,22													
10	1,13	1,26	1,39	1,53	1,67	1,83	2,01													
20	1,08	1,17	1,25	1,35	1,44	1,56	1,70													
25	1,07	1,13	1,20	1,27	1,35	1,45	1,56													
30	1,05	1,10	1,16	1,21	1,27	1,34	1,42													
40	1,02	1,05	1,07	1,10	1,12	1,15	1,16													
50	0,999	0,997	0,993	0,988	0,980	0,962	0,920													
60	0,974	0,946	0,915	0,881	0,839	0,780	0,690													
70	0,947	0,882	0,834	0,769	0,693	0,596	0,476													
75	0,932	0,862	0,789	0,709	0,615	0,503	0,376													
80	0,915	0,829	0,740	0,643	0,533	0,409	0,282													
90	0,872	0,744	0,615	0,480	0,343	0,215	0,115													
95	0,837	0,676	0,517	0,362	0,221	0,113	0,047													
97	0,814	0,633	0,458	0,295	0,160	0,070	0,024													
99	0,772	0,554	0,354	0,189	0,080	0,025	0,006													
99,5	0,748	0,511	0,302	0,144	0,051	0,013	0,002													
99,7	0,732	0,482	0,269	0,117	0,037	0,008	0,001													
99,9	0,700	0,428	0,210	0,076	0,019	0,003	0,000													



Cs= 1,0 Cv

P, %	Cv																			
	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
0,001	1,46	1,94	2,46	2,97	3,47	3,94	4,36	4,73	5,06	5,35	5,58	5,79	5,90	6,02	6,12	6,20	6,26	6,32	6,36	6,40
0,01	1,38	1,81	2,26	2,70	3,15	3,57	3,95	4,31	4,64	4,92	5,16	5,34	5,46	5,58	5,68	5,76	5,82	5,88	5,92	5,96
0,03	1,35	1,74	2,15	2,56	2,97	3,37	3,74	4,09	4,41	4,69	4,94	5,16	5,29	5,42	5,51	5,58	5,65	5,70	5,74	5,78
0,05	1,34	1,71	2,10	2,49	2,89	3,27	3,64	3,98	4,29	4,58	4,83	5,06	5,20	5,32	5,42	5,49	5,56	5,62	5,67	5,72
0,1	1,32	1,67	2,03	2,40	2,77	3,13	3,48	3,82	4,13	4,42	4,69	4,92	5,06	5,18	5,29	5,37	5,44	5,49	5,54	5,58
0,3	1,28	1,59	1,91	2,23	2,56	2,89	3,21	3,53	3,84	4,14	4,44	4,74	4,92	5,06	5,16	5,24	5,31	5,36	5,42	5,46
0,5	1,27	1,55	1,84	2,15	2,46	2,77	3,08	3,38	3,69	3,99	4,29	4,58	4,75	4,91	5,02	5,11	5,18	5,24	5,28	5,32
1	1,24	1,49	1,76	2,03	2,30	2,59	2,88	3,16	3,46	3,75	4,06	4,36	4,55	4,72	4,84	4,94	5,00	5,07	5,12	5,16
3	1,19	1,39	1,60	1,82	2,04	2,27	2,50	2,75	3,01	3,29	3,59	3,92	4,14	4,33	4,46	4,58	4,68	4,76	4,84	4,92
5	1,17	1,34	1,52	1,70	1,90	2,10	2,30	2,53	2,76	3,02	3,31	3,63	3,84	4,02	4,16	4,28	4,40	4,50	4,60	4,69
10	1,13	1,26	1,40	1,54	1,68	1,83	1,99	2,16	2,35	2,55	2,78	3,03	3,26	3,46	3,64	2,56	3,94	4,05	4,15	4,25
20	1,08	1,17	1,25	1,34	1,42	1,51	1,60	1,70	1,80	1,90	2,00	2,10	2,20	2,32	2,44	1,66	2,67	2,80	2,92	3,03
25	1,07	1,13	1,20	1,26	1,33	1,39	1,46	1,52	1,59	1,64	1,68	1,69	1,70	1,70	1,68	0,96	1,61	1,56	1,51	1,46
30	1,05	1,10	1,15	1,20	1,24	1,29	1,33	1,37	1,39	1,40	1,39	1,34	1,26	1,17	1,07	0,38	0,84	0,72	0,60	0,45
40	1,02	1,04	1,06	1,08	1,09	1,10	1,10	1,08	1,05	1,00	0,916	0,808	0,720	0,600	0,500	0,150	0,280	0,200	0,110	0,040
50	0,998	0,993	0,985	0,972	0,954	0,928	0,891	0,836	0,760	0,665	0,559	0,446	0,340	0,260	0,200	0,075	0,105	0,070	0,040	0,010
60	0,973	0,943	0,909	0,870	0,824	0,768	0,698	0,613	0,512	0,406	0,306	0,216	0,190	0,130	0,100	0,025	0,055	0,035	0,015	0
70	0,946	0,890	0,830	0,764	0,692	0,609	0,515	0,413	0,309	0,215	0,141	0,085	0,060	0,045	0,035	0,005	0,015	0,010	0	0
75	0,932	0,861	0,787	0,708	0,622	0,528	0,426	0,321	0,224	0,144	0,086	0,046	0,025	0,020	0,010	0	0	0	0	0
80	0,915	0,829	0,740	0,648	0,549	0,445	0,338	0,237	0,151	0,088	0,047	0,023	0,015	0,005	0	0	0	0	0	0
90	0,873	0,748	0,623	0,500	0,378	0,264	0,165	0,092	0,045	0,019	0,007	0,002	0	0	0	0	0	0	0	0
95	0,838	0,683	0,533	0,392	0,263	0,157	0,081	0,036	0,013	0,004	0,001	0	0	0	0	0	0	0	0	0
97	0,816	0,642	0,478	0,329	0,202	0,107	0,048	0,018	0,005	0,001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
99	0,775	0,568	0,383	0,229	0,115	0,047	0,015	0,004	0,001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
99,5	0,752	0,528	0,335	0,182	0,081	0,028	0,008	0,002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
99,7	0,737	0,502	0,303	0,154	0,062	0,019	0,004	0,001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
99,9	0,707	0,451	0,247	0,108	0,036	0,008	0,001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Cs= 1,5 Cv

P, %	Cv																			
	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
0,001	1,47	2,01	2,63	3,30	4,03	4,81	5,64	6,50	7,41	8,39	9,41	10,4	11,5	12,7	13,9					
0,01	1,40	1,86	2,38	2,94	3,55	4,19	4,88	5,61	6,38	7,19	8,03	8,92	9,83	10,8	11,8					
0,03	1,37	1,79	2,26	2,76	3,30	3,88	4,50	5,14	5,82	6,56	7,33	8,13	8,96	9,80	10,7					
0,05	1,35	1,75	2,20	2,68	3,18	3,73	4,31	4,93	5,58	6,26	6,95	7,67	8,43	9,22	10,1					
0,1	1,33	1,70	2,11	2,54	3,02	3,52	4,06	4,62	5,22	5,84	6,50	7,18	7,88	8,61	9,38					
0,3	1,29	1,61	1,97	2,34	2,74	3,17	3,62	4,10	4,61	5,14	5,72	6,32	6,95	7,60	8,25					
0,5	1,27	1,57	1,90	2,24	2,61	3,00	3,41	3,85	4,31	4,80	5,32	5,87	6,44	7,04	7,66					
1	1,24	1,51	1,79	2,09	2,42	2,76	3,11	3,49	3,89	4,30	4,74	5,21	5,70	6,24	6,78					
3	1,19	1,40	1,62	1,85	2,09	2,34	2,60	2,88	3,16	3,46	3,78	4,12	4,48	4,86	5,27					
5	1,17	1,35	1,53	1,72	1,92	2,13	2,34	2,57	2,80	3,03	3,28	3,55	3,83	4,12	4,44					
10	1,13	1,26	1,40	1,54	1,68	1,82	1,97	2,11	2,26	2,41	2,56	2,71	2,86	3,00	3,13					
20	1,08	1,16	1,25	1,32	1,40	1,47	1,54	1,61	1,67	1,72	1,76	1,80	1,82	1,83	1,83					
25	1,07	1,13	1,19	1,25	1,30	1,35	1,39	1,43	1,46	1,48	1,49	1,49	1,48	1,46	1,43					
30	1,05	1,10	1,14	1,18	1,21	1,24	1,27	1,28	1,28	1,28	1,26	1,24	1,20	1,16	1,10					
40	1,02	1,04	1,06	1,06	1,06	1,06	1,05	1,03	0,99	0,95	0,90	0,84	0,77	0,69	0,62					
50	0,998	0,990	0,977	0,958	0,934	0,902	0,862	0,814	0,756	0,690	0,618	0,541	0,46	0,39	0,32					
60	0,972	0,940	0,903	0,860	0,812	0,757	0,695	0,627	0,553	0,475	0,398	0,324	0,25	0,19	0,14					
70	0,946	0,888	0,826	0,760	0,690	0,616	0,538	0,457	0,376	0,298	0,228	0,168	0,12	0,08	0,05					
75	0,931	0,860	0,785	0,708	0,630	0,545	0,460	0,377	0,297	0,223	0,161	0,111	0,07	0,05	0,03					
80	0,915	0,829	0,741	0,652	0,562	0,472	0,384	0,299	0,223	0,156	0,105	0,067	0,04	0,02	0,01					
90	0,874	0,751	0,632	0,518	0,409	0,310	0,222	0,148	0,092	0,053	0,028	0,014	0,01	0	0					
95	0,840	0,689	0,548	0,419	0,305	0,207	0,130	0,074	0,038	0,018	0,008	0	0	0	0					
97	0,819	0,651	0,498	0,363	0,247	0,155	0,088	0,045	0,020	0,008	0	0	0	0	0					
99	0,780	0,581	0,410	0,268	0,160	0,084	0,038	0,015	0,005	0	0	0	0	0	0					
99,5	0,758	0,545	0,366	0,223	0,122	0,057	0,023	0,008	0	0	0	0	0	0	0					
99,7	0,744	0,520	0,337	0,205	0,108	0,043	0,016	0,005	0	0	0	0	0	0	0					
99,9	0,714	0,474	0,284	0,152	0,066	0,024	0,007	0	0	0	0	0	0	0	0					

Cs=2,0 Cv

P, %	Cv																			
	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
0,001	1,49	2,09	2,82	3,68	4,67	5,78	7,03	8,40	9,89	11,5	13,2	15,1	17,2	19,3	21,6	23,9	26,2	28,6	31,3	34,4
0,01	1,42	1,92	2,52	3,20	3,98	4,85	5,81	6,85	7,98	9,21	10,5	11,8	13,2	14,7	16,4	18,2	20,2	22,2	24,4	26,6
0,03	1,38	1,83	2,36	2,96	3,64	4,39	5,22	6,11	7,08	8,11	9,20	10,3	11,6	12,9	14,3	15,6	17,0	18,5	20,0	21,4
0,05	1,36	1,79	2,29	2,85	3,48	4,18	4,95	5,77	6,66	7,60	8,61	9,65	10,8	11,9	13,1	14,2	15,5	16,7	18,0	19,4
0,1	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	10,6	11,6	12,5	13,5	14,6	15,8	17,0
0,3	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	10,5	11,0	11,9	12,7	13,6
0,5	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	10,1	10,8	11,4
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	1,20	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	1,17	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	1,13	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	1,08	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	1,06	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	1,05	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	1,02	0,980	0,950	0,920	0,890
40	1,02	1,04	1,05	1,05	1,04	1,03	1,01	0,98	0,96	0,92	0,870	0,830	0,770	0,725	0,670	0,625	0,580	0,530	0,480	0,440
50	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	0,2
60	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	0,11	0,09
70	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	0,05	0,05
75	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	0,04	0,03	0,03
80	0,915	0,830	0,745	0,656	0,574	0,496	0,419	0,352	0,280	0,223	0,18	0,13	0,09	0,07	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01
90	0,873	0,754	0,640	0,532	0,436	0,352	0,272	0,208	0,154	0,150	0,07	0,05	0,03	0,02	0,01	0,01	0	0	0	0
95	0,842	0,696	0,565	0,448	0,342	0,256	0,181	0,120	0,082	0,051	0,03	0,02	0,01	0	0	0	0	0	0	0
97	0,821	0,660	0,517	0,392	0,288	0,202	0,139	0,088	0,046	0,030	0,02	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0
99	0,782	0,594	0,436	0,304	0,206	0,130	0,076	0,040	0,019	0,01	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0
99,5	0,761	0,560	0,394	0,269	0,166	0,099	0,054	0,027	0,01	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
99,7	0,748	0,537	0,374	0,240	0,144	0,082	0,042	0,019	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
99,9	0,719	0,492	0,319	0,192	0,107	0,052	0,027	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Cs=2,5 Cv

P, %	Cv																			
	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
0,001	1,52	2,18	3,05	4,13	5,41	6,90	8,61	10,5	12,6	14,8	17,2	19,9	22,6	25,6	28,7	32,1	35,8	39,7	43,9	48,4
0,01	1,44	1,98	2,67	3,49	4,45	5,54	6,76	8,10	9,55	11,1	12,8	14,6	16,4	18,4	20,4	22,5	24,7	27,0	29,3	31,9
0,03	1,40	1,88	2,48	3,18	4,00	4,91	5,93	7,02	8,20	9,46	10,80	12,2	13,7	15,2	16,8	18,5	20,2	22,1	24,0	26,0
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	12,5	13,8	15,2	16,7	18,2	19,8	21,5	23,2
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	10,9	12,0	13,2	14,4	15,7	17,0	18,4	19,8
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	11,1	12,0	13,0	14,1	15,2
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	11,0	11,8	12,6
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	4,10	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	1,44	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	0,97	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
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	0	0
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	0	0	0	0
99,5	0,765	0,574	0,422	0,303	0,212	0,143	0,094	0,059	0,036	0,020	0,011	0,006	0,003	0	0	0	0	0	0	0
99,7	0,752	0,558	0,398	0,278	0,189	0,123	0,078	0,047	0,028	0,015	0,008	0,004	0,002	0	0	0	0	0	0	0
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	0	0	0	0	0	0	0

Cs=3,0 Cv

P, %	Cv																			
	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
0,001	1,54	2,29	3,32	4,63	6,24	8,14	10,3	12,7	15,4	18,2	21,3	24,5	27,9	31,5	35,3	39,3	43,4	47,8	52,5	57,4
0,01	1,46	2,05	2,83	3,80	4,94	6,26	7,70	9,30	11,0	12,8	14,8	16,8	19,0	21,2	23,5	25,9	28,4	31,0	33,7	36,5
0,03	1,41	1,93	2,59	3,42	4,35	5,39	6,58	7,85	9,19	10,6	12,1	13,7	15,3	17,0	18,8	20,6	22,4	24,3	26,3	28,4
0,05	1,39	1,88	2,49	3,24	4,09	5,04	6,08	7,21	8,40	9,65	11,0	12,4	13,8	15,2	16,8	18,3	19,9	21,5	23,3	25,1
0,1	1,36	1,81	2,35	3,01	3,74	4,56	5,44	6,38	7,37	8,41	9,49	10,6	11,8	13,0	14,2	15,4	16,7	18,0	19,4	20,8
0,3	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	11,4	12,3	13,1	14,0	14,8
0,5	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	11,1	11,8	12,4
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	1,20	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	1,17	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	3,80	3,92	4,04	4,15	4,26
10	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	1,08	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	1,07	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	1,05	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	1,00	0,96	0,929	0,892	0,855	0,818
40	1,02	1,03	1,03	1,03	1,01	1,00	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	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	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	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	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	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	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	0,844	0,708	0,588	0,487	0,440	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	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	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	0
99,5	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	0	0	0
99,7	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	0	0	0	0
99,9	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	0	0	0	0	0

Cs=3,5 Cv

P, %	Cv																			
	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
0,001	1,56	2,39	3,59	5,23	7,26	9,65	12,3	15,2	18,2	21,6	25,1	28,9	32,8	36,9	41,2	45,7	50,3	55,1	60,1	65,4
0,01	1,48	2,12	2,99	4,12	5,46	6,94	8,60	10,4	12,3	14,4	16,5	18,8	21,1	23,5	26,0	28,6	31,3	34,0	36,8	39,9
0,03	1,43	1,98	2,71	3,63	4,64	5,85	7,17	8,56	10,0	11,6	13,2	14,8	16,6	18,4	20,2	22,1	24,1	26,1	28,1	30,2
0,05	1,40	1,93	2,58	3,41	4,33	5,38	6,54	7,77	9,04	10,40	11,8	13,2	14,7	16,3	17,8	19,4	21,1	22,8	24,5	26,2
0,1	1,37	1,84	2,43	3,14	3,93	4,79	5,75	6,77	7,82	8,90	10,00	11,2	12,4	13,6	14,9	16,1	17,4	18,8	20,1	21,4
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	12,4	13,3	14,1	15,0
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	10,4	11,1	11,8	12,4
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	0,98	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
99,5	0,773	0,601	0,467	0,362	0,280	0,214	0,160	0,121	0,089	0,064	0,046	0,032	0,022	0,015	0,010	0,006	0,004	0,003	0,002	0,001
99,7	0,759	0,582	0,446	0,341	0,260	0,196	0,146	0,106	0,077	0,054	0,038	0,026	0,017	0,011	0,007	0,004	0,003	0,002	0,001	0
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	0	0

Cs= 4,0 Cv

P, %	Cv																			
	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
0,001	1,59	2,49	3,90	5,80	8,50	10,9	13,9	17,2	20,8	24,6	28,6	32,8	37,2	41,8	46,6	51,5	56,6	61,8	67,2	72,8
0,01	1,50	2,18	3,17	4,43	5,91	7,58	9,41	11,4	13,4	15,5	17,9	20,3	22,8	25,4	28,0	30,8	33,6	36,5	39,4	42,4
0,03	1,44	2,04	2,86	3,86	5,02	6,30	7,67	9,14	10,7	12,3	14,0	15,8	17,6	19,4	21,3	23,3	25,3	27,3	29,4	31,5
0,05	1,41	1,97	2,72	3,61	4,63	5,76	6,96	8,22	9,56	11,0	12,4	13,9	15,4	17,0	18,6	20,3	21,9	23,7	25,4	27,2
0,1	1,38	1,88	2,53	3,29	4,15	5,07	6,05	7,08	8,15	9,26	10,4	11,6	12,8	14,0	15,3	16,6	17,9	19,2	20,6	21,9
0,3	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	10,1	10,9	11,7	12,5	13,3	14,2	15,0
0,5	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	10,4	11,0	11,7	12,3
1	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	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	5,34
5	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	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	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	1,07	1,12	1,16	1,19	1,21	1,23	1,24	1,24	1,24	1,23	1,22	1,21	1,21	1,19	1,17	1,15	1,13	1,10	1,08	1,05
30	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	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	0,620	0,588	0,558
50	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	0,972	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	0,945	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	0,931	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	0,915	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	0,877	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	0,846	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	0,829	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	0,790	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	0,776	0,612	0,485	0,386	0,035	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	0,762	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	0,742	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

Cs=4,5 Cv

P, %	Cv																			
	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
0,001																				
0,01	1,48	2,26	3,53	4,74	6,36	8,15	10,1	12,2	14,4	16,7	19,1	21,8	24,3	26,9	29,6	32,5	35,4	38,4	41,4	44,5
0,03	1,44	2,09	2,98	4,07	5,30	6,65	8,09	9,62	11,2	12,9	14,6	16,5	18,4	20,3	22,2	24,2	26,2	28,3	30,4	32,6
0,05	1,41	2,02	2,82	3,78	4,86	6,03	7,27	8,58	9,95	11,4	12,8	14,4	16,0	17,6	19,2	20,9	22,5	24,3	26,0	27,8
0,1	1,38	1,92	2,61	3,41	4,30	5,25	6,26	7,31	8,40	9,53	10,7	11,9	13,1	14,3	15,6	16,9	18,2	19,5	20,8	22,2
0,3	1,33	1,76	2,29	2,88	3,52	4,18	4,87	5,58	6,31	7,06	7,82	8,60	9,31	10,2	10,9	11,7	12,5	13,3	14,1	14,9
0,5	1,30	1,69	2,15	2,66	3,19	3,74	4,31	4,89	5,48	6,08	6,68	7,30	7,88	8,53	9,14	9,76	10,4	11,0	11,6	12,2
1	1,27	1,59	1,97	2,36	2,77	3,19	3,61	4,04	4,47	4,90	5,33	5,75	6,17	6,61	7,03	7,44	7,85	8,26	8,66	9,05
3	1,21	1,44	1,69	1,93	2,18	2,42	2,66	2,90	3,12	3,35	3,57	3,77	3,98	4,18	4,37	4,55	4,73	4,90	5,06	5,22
5	1,18	1,37	1,56	1,75	1,93	2,10	2,27	2,44	2,59	2,74	2,89	3,01	3,15	3,27	3,39	3,50	3,60	3,69	3,78	3,86
10	1,13	1,26	1,39	1,50	1,60	1,70	1,79	1,88	1,95	2,02	2,09	2,14	2,19	2,24	2,28	2,31	2,34	2,37	2,39	2,40
20	1,08	1,15	1,21	1,26	1,30	1,33	1,36	1,38	1,40	1,41	1,41	1,14	1,41	1,41	1,40	1,39	1,38	1,36	1,34	1,32
25	1,06	1,11	1,15	1,18	1,20	1,21	1,22	1,23	1,23	1,22	1,21	1,20	1,18	1,16	1,14	1,12	1,10	1,07	1,05	
30	1,05	1,08	1,10	1,11	1,12	1,12	1,11	1,10	1,09	1,07	1,05	1,03	1,01	0,982	0,957	0,930	0,903	0,876	0,848	
40	1,02	1,02	1,02	1,01	0,989	0,970	0,949	0,925	0,899	0,871	0,843	0,814	0,783	0,753	0,722	0,692	0,662	0,632	0,602	0,573
50	0,993	0,974	0,947	0,917	0,885	0,851	0,817	0,782	0,746	0,711	0,676	0,642	0,607	0,573	0,541	0,509	0,479	0,449	0,421	0,394
60	0,968	0,928	0,883	0,838	0,793	0,749	0,705	0,663	0,621	0,581	0,542	0,507	0,470	0,436	0,404	0,373	0,345	0,318	0,292	0,269
70	0,943	0,882	0,822	0,763	0,708	0,655	0,605	0,557	0,512	0,469	0,429	0,394	0,357	0,324	0,294	0,267	0,241	0,218	0,196	0,176
75	0,930	0,858	0,790	0,726	0,666	0,609	0,556	0,506	0,460	0,417	0,377	0,343	0,306	0,275	0,247	0,221	0,197	0,176	0,156	0,139
80	0,915	0,833	0,757	0,687	0,622	0,562	0,507	0,456	0,409	0,366	0,327	0,294	0,258	0,229	0,203	0,179	0,158	0,138	0,121	0,106
90	0,878	0,771	0,677	0,596	0,523	0,458	0,399	0,347	0,301	0,260	0,224	0,195	0,165	0,141	0,120	0,102	0,086	0,073	0,061	0,051
95	0,848	0,724	0,620	0,532	0,455	0,388	0,330	0,279	0,235	0,197	0,165	0,140	0,114	0,094	0,077	0,063	0,052	0,042	0,034	0,027
97	0,831	0,696	0,587	0,495	0,417	0,350	0,292	0,242	0,200	0,165	0,135	0,113	0,089	0,072	0,058	0,046	0,037	0,029	0,023	0,018
99	0,798	0,648	0,530	0,435	0,355	0,289	0,233	0,187	0,149	0,118	0,093	0,075	0,056	0,043	0,033	0,025	0,019	0,014	0,011	0,008
99,5	0,781	0,622	0,502	0,405	0,326	0,260	0,206	0,162	0,127	0,098	0,075	0,060	0,044	0,033	0,024	0,018	0,013	0,010	0,007	0,005
99,7	0,769	0,606	0,483	0,386	0,307	0,242	0,190	0,147	0,113	0,086	0,065	0,051	0,036	0,027	0,020	0,014	0,010	0,007	0,005	0,003
99,9	0,746	0,575	0,449	0,352	0,274	0,211	0,161	0,122	0,091	0,067	0,049	0,038	0,025	0,018	0,013	0,009	0,006	0,004	0,003	0,002



Cs= 5,0 Cv

P, %	Cv																			
	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
0,001	1,67	2,75	4,38	6,87	9,90	13,4	17,1	21,2	25,3											
0,01	1,54	2,34	3,43	4,91	6,65	8,70	10,70	12,7	15,1	17,5	20,0	22,6	25,4	28,3	31,2	34,1	37,1	40,1	43,2	46,3
0,03	1,47	2,15	3,07	4,23	5,50	6,95	8,43	9,96	11,6	13,4	15,1	17,0	18,8	20,9	22,8	24,8	26,9	29,0	31,1	33,3
0,05	1,43	2,06	2,87	3,90	5,05	6,24	7,51	8,82	10,25	11,7	13,2	14,7	16,3	18,0	19,6	21,3	23,0	24,7	26,5	28,3
0,1	1,40	1,95	2,66	3,51	4,44	5,40	6,43	7,54	8,64	9,73	10,9	12,1	13,3	14,6	15,8	17,1	18,4	19,7	21,0	22,4
0,3	1,34	1,78	2,31	2,92	3,52	4,22	4,91	5,69	6,41	7,12	7,87	8,63	9,40	10,2	11,0	11,7	12,5	13,3	14,1	14,9
0,5	1,31	1,70	2,16	2,69	3,21	3,77	4,34	4,93	5,52	6,10	6,70	7,30	7,90	8,50	9,12	9,71	10,3	10,9	11,6	12,1
1	1,27	1,61	1,98	2,38	2,79	3,21	3,65	4,06	4,50	4,89	5,31	5,73	6,14	6,54	6,97	7,37	7,77	8,16	8,54	8,92
3	1,20	1,44	1,67	1,93	2,17	2,42	2,62	2,88	3,10	3,32	3,53	3,73	3,93	4,10	4,30	4,48	4,65	4,61	4,97	5,12
5	1,17	1,36	1,55	1,74	1,90	2,08	2,22	2,41	2,54	2,71	2,85	2,98	3,10	3,21	3,33	3,44	3,53	3,62	3,71	3,79
10	1,13	1,26	1,37	1,49	1,60	1,70	1,79	1,86	1,94	2,00	2,06	2,11	2,16	2,20	2,24	2,28	2,31	2,33	2,35	2,36
20	1,08	1,15	1,21	1,25	1,30	1,32	1,34	1,36	1,36	1,39	1,40	1,40	1,40	1,39	1,39	1,38	1,37	1,35	1,33	1,32
25	1,06	1,11	1,15	1,17	1,20	1,20	1,20	1,22	1,22	1,12	1,21	1,20	1,19	1,17	1,16	1,14	1,12	1,10	1,07	1,05
30	1,05	1,08	1,09	1,10	1,10	1,11	1,10	1,10	1,09	1,08	1,06	1,04	1,03	1,00	0,981	0,957	0,932	0,906	0,880	0,854
40	1,02	1,02	1,01	1,00	0,980	0,970	0,940	0,920	0,900	0,870	0,843	0,815	0,786	0,758	0,728	0,699	0,670	0,641	0,613	0,586
50	0,990	0,970	0,940	0,920	0,880	0,850	0,820	0,780	0,750	0,714	0,680	0,647	0,614	0,584	0,551	0,520	0,491	0,463	0,435	0,409
60	0,970	0,930	0,880	0,840	0,790	0,750	0,710	0,670	0,630	0,588	0,550	0,514	0,480	0,450	0,416	0,387	0,359	0,323	0,308	0,284
70	0,940	0,880	0,820	0,770	0,710	0,660	0,610	0,560	0,520	0,479	0,440	0,403	0,369	0,341	0,303	0,281	0,256	0,232	0,211	0,191
75	0,930	0,860	0,790	0,730	0,670	0,620	0,560	0,510	0,470	0,428	0,389	0,353	0,319	0,292	0,261	0,235	0,212	0,190	0,171	0,153
80	0,910	0,830	0,750	0,690	0,630	0,570	0,520	0,470	0,420	0,378	0,339	0,304	0,272	0,246	0,217	0,193	0,171	0,152	0,135	0,119
90	0,880	0,770	0,680	0,610	0,530	0,470	0,410	0,360	0,320	0,274	0,238	0,206	0,178	0,157	0,133	0,114	0,098	0,084	0,071	0,061
95	0,840	0,730	0,630	0,550	0,470	0,400	0,340	0,290	0,250	0,211	0,178	0,150	0,126	0,109	0,088	0,073	0,061	0,050	0,042	0,034
97	0,820	0,700	0,600	0,510	0,430	0,360	0,310	0,260	0,220	0,178	0,148	0,122	0,101	0,085	0,068	0,055	0,045	0,036	0,029	0,023
99	0,780	0,660	0,550	0,450	0,370	0,310	0,250	0,200	0,160	0,131	0,105	0,083	0,066	0,054	0,041	0,032	0,025	0,019	0,015	0,011
99,5	0,760	0,630	0,520	0,420	0,340	0,280	0,230	0,180	0,140	0,110	0,087	0,067	0,052	0,042	0,031	0,023	0,018	0,013	0,010	0,007
99,7	0,750	0,620	0,510	0,410	0,320	0,260	0,210	0,160	0,120	0,098	0,076	0,058	0,044	0,035	0,025	0,019	0,014	0,010	0,008	0,006
99,9	0,730	0,590	0,470	0,370	0,290	0,230	0,180	0,140	0,100	0,078	0,059	0,044	0,032	0,025	0,017	0,012	0,009	0,006	0,004	0,003

Cs=5,5 Cv

P, %	Cv																			
	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
0,001																				
0,01	1,52	2,41	3,70	5,30	7,12	9,10	11,20	13,4	15,8	18,2	20,8	23,4	26,1	29,0	31,9	34,9	38,0	41,2	44,4	47,6
0,03	1,46	2,20	3,22	4,43	5,77	7,21	8,72	10,30	12,0	13,7	15,5	17,4	19,3	21,2	23,2	25,2	27,3	29,4	31,6	33,8
0,05	1,43	2,11	3,01	4,07	5,22	6,45	7,74	9,10	10,50	12,0	13,5	15,0	16,6	18,2	19,9	21,6	23,3	25,0	26,8	28,6
0,1	1,40	1,99	2,75	3,62	4,55	5,54	6,56	7,63	8,73	9,87	11,0	12,2	13,4	14,7	16,0	17,3	18,6	19,9	21,2	22,5
0,3	1,34	1,81	2,37	2,99	3,64	4,31	4,99	5,70	6,42	7,15	7,90	8,66	9,42	10,2	11,0	11,7	12,5	13,3	14,0	14,8
0,5	1,31	1,73	2,21	2,73	3,26	3,81	4,37	4,94	5,52	6,11	6,70	7,29	7,89	8,48	9,07	9,65	10,2	10,8	11,4	12,0
1	1,27	1,62	2,00	2,40	2,81	3,21	3,63	4,04	4,46	4,87	5,28	5,70	6,10	6,51	6,91	7,31	7,68	8,07	8,44	8,81
3	1,21	1,45	1,69	1,93	2,17	2,40	2,63	2,86	3,08	3,29	3,49	3,69	3,88	4,07	4,25	4,44	4,58	4,74	4,89	5,04
5	1,18	1,37	1,56	1,74	1,91	2,08	2,24	2,39	2,54	2,68	2,82	2,95	3,07	3,18	3,29	3,40	3,48	3,57	3,65	3,73
10	1,13	1,26	1,38	1,48	1,58	1,68	1,76	1,84	1,91	1,98	2,04	2,09	2,14	2,18	2,22	2,26	2,28	2,30	2,32	2,33
20	1,08	1,15	1,20	1,24	1,28	1,31	1,33	1,36	1,37	1,38	1,39	1,39	1,39	1,39	1,38	1,37	1,36	1,34	1,33	1,31
25	1,06	1,11	1,14	1,16	1,18	1,20	1,21	1,21	1,21	1,21	1,20	1,19	1,18	1,17	1,15	1,13	1,11	1,09	1,07	1,05
30	1,04	1,07	1,09	1,10	1,10	1,11	1,10	1,10	1,09	1,07	1,06	1,04	1,02	1,00	0,980	0,957	0,933	0,909	0,884	0,859
40	1,02	1,02	1,01	1,00	0,981	0,963	0,942	0,920	0,896	0,870	0,844	0,816	0,789	0,761	0,732	0,703	0,677	0,649	0,622	0,596
50	0,991	0,970	0,942	0,912	0,881	0,850	0,817	0,784	0,751	0,717	0,684	0,652	0,620	0,589	0,558	0,526	0,501	0,473	0,447	0,422
60	0,967	0,925	0,882	0,838	0,795	0,753	0,711	0,671	0,632	0,594	0,557	0,522	0,488	0,456	0,426	0,394	0,370	0,344	0,320	0,297
70	0,943	0,882	0,823	0,768	0,715	0,664	0,616	0,570	0,527	0,486	0,448	0,412	0,379	0,348	0,319	0,289	0,267	0,244	0,223	0,204
75	0,929	0,859	0,794	0,732	0,675	0,621	0,570	0,522	0,478	0,436	0,398	0,362	0,330	0,300	0,272	0,243	0,223	0,202	0,183	0,165
80	0,915	0,835	0,762	0,696	0,634	0,577	0,523	0,474	0,429	0,387	0,349	0,314	0,283	0,254	0,228	0,200	0,183	0,163	0,146	0,130
90	0,880	0,777	0,689	0,612	0,542	0,479	0,422	0,370	0,325	0,284	0,249	0,217	0,189	0,164	0,143	0,121	0,107	0,093	0,080	0,069
95	0,852	0,734	0,637	0,553	0,479	0,413	0,355	0,304	0,260	0,222	0,189	0,161	0,136	0,115	0,097	0,079	0,069	0,058	0,049	0,041
97	0,835	0,708	0,606	0,520	0,444	0,377	0,319	0,269	0,226	0,190	0,159	0,132	0,110	0,092	0,076	0,060	0,052	0,043	0,035	0,029
99	0,804	0,664	0,555	0,464	0,386	0,319	0,262	0,214	0,175	0,142	0,115	0,092	0,074	0,060	0,047	0,036	0,030	0,024	0,019	0,015
99,5	0,788	0,641	0,529	0,437	0,358	0,291	0,236	0,189	0,152	0,121	0,096	0,076	0,060	0,047	0,036	0,027	0,022	0,017	0,013	0,010
99,7	0,777	0,626	0,513	0,419	0,340	0,274	0,219	0,174	0,138	0,108	0,085	0,066	0,051	0,040	0,030	0,022	0,018	0,014	0,010	0,008
99,9	0,757	0,599	0,482	0,388	0,309	0,244	0,191	0,148	0,114	0,088	0,067	0,051	0,038	0,029	0,021	0,015	0,012	0,009	0,006	0,004

Cs= 6,0 Cv

P, %	Cv																			
	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
0,001	1,80	3,02	5,20	8,10	11,50	15,3	19,3	23,8	28,0											
0,01	1,60	2,48	3,75	5,48	7,30	9,39	11,50	13,8	16,4	18,8	21,4	24,0	26,8	29,6	32,6	35,7	39,1	41,9	45,1	48,4
0,03	1,52	2,25	3,25	4,54	5,90	7,37	8,90	10,53	12,3	14,0	15,8	17,7	19,6	21,6	23,6	25,6	27,8	29,8	32,0	34,2
0,05	1,47	2,15	3,05	4,15	5,25	6,57	7,85	9,26	10,70	12,2	13,7	15,2	16,8	18,4	20,1	21,8	23,6	25,2	27,0	28,8
0,1	1,41	2,02	2,80	3,68	4,58	5,54	6,57	7,63	8,79	9,97	11,1	12,3	13,6	14,8	16,0	17,3	18,6	19,9	21,2	22,5
0,3	1,35	1,83	2,38	2,98	3,64	4,31	5,00	5,66	6,38	7,18	7,92	8,67	9,42	10,2	10,9	11,7	12,5	13,0	14,0	14,7
0,5	1,32	1,74	2,22	2,73	3,26	3,82	4,38	4,93	5,51	6,11	6,69	7,28	7,86	8,45	9,04	9,61	10,2	10,7	11,3	11,9
1	1,29	1,63	2,01	2,40	2,81	3,22	3,63	4,03	4,44	4,85	5,26	5,67	6,07	6,46	6,85	7,24	7,59	7,96	8,35	8,71
3	1,21	1,45	1,68	1,92	2,14	2,38	2,60	2,82	3,04	3,26	3,46	3,66	3,85	4,03	4,20	4,37	4,51	4,68	4,83	4,97
5	1,18	1,37	1,55	1,73	1,89	2,05	2,20	2,36	2,51	2,66	2,79	2,92	3,04	3,15	3,25	3,35	3,43	3,53	3,60	3,68
10	1,14	1,26	1,37	1,47	1,56	1,66	1,73	1,82	1,90	1,96	2,02	2,07	2,12	2,16	2,20	2,23	2,25	2,28	2,29	2,31
20	1,08	1,14	1,19	1,23	1,27	1,30	1,32	1,34	1,36	1,37	1,38	1,38	1,38	1,38	1,37	1,36	1,35	1,34	1,32	1,31
25	1,07	1,10	1,13	1,16	1,18	1,19	1,20	1,21	1,20	1,20	1,20	1,19	1,18	1,16	1,15	1,13	1,11	1,09	1,07	1,05
30	1,04	1,07	1,08	1,10	1,10	1,10	1,10	1,09	1,08	1,07	1,06	1,04	1,02	1,00	0,973	0,957	0,935	0,910	0,887	0,863
40	1,02	1,02	1,01	0,99	0,980	0,960	0,940	0,920	0,890	0,870	0,844	0,818	0,791	0,764	0,736	0,703	0,684	0,655	0,630	0,604
50	0,990	0,970	0,940	0,910	0,880	0,850	0,820	0,790	0,750	0,720	0,688	0,656	0,625	0,594	0,565	0,536	0,511	0,481	0,456	0,432
60	0,960	0,920	0,880	0,840	0,800	0,760	0,720	0,680	0,640	0,598	0,562	0,528	0,495	0,464	0,434	0,406	0,382	0,353	0,330	0,308
70	0,940	0,880	0,830	0,770	0,720	0,670	0,630	0,580	0,540	0,493	0,455	0,420	0,387	0,357	0,328	0,302	0,280	0,353	0,233	0,214
75	0,930	0,860	0,800	0,740	0,680	0,630	0,580	0,530	0,490	0,443	0,406	0,371	0,338	0,309	0,281	0,256	0,236	0,211	0,192	0,175
80	0,910	0,840	0,770	0,700	0,640	0,580	0,530	0,480	0,440	0,395	0,357	0,323	0,291	0,263	0,237	0,213	0,195	0,172	0,155	0,139
90	0,880	0,780	0,700	0,620	0,550	0,490	0,430	0,380	0,330	0,293	0,257	0,226	0,198	0,173	0,152	0,132	0,188	0,100	0,088	0,076
95	0,850	0,740	0,650	0,560	0,490	0,430	0,370	0,320	0,270	0,231	0,198	0,169	0,145	0,123	0,105	0,089	0,078	0,064	0,055	0,046
97	0,830	0,720	0,620	0,530	0,460	0,390	0,330	0,280	0,240	0,199	0,167	0,141	0,118	0,099	0,083	0,069	0,060	0,048	0,040	0,033
99	0,800	0,670	0,570	0,480	0,400	0,330	0,280	0,230	0,190	0,151	0,123	0,100	0,081	0,066	0,053	0,043	0,036	0,027	0,022	0,018
99,5	0,780	0,650	0,550	0,450	0,370	0,310	0,250	0,200	0,170	0,129	0,104	0,083	0,066	0,053	0,042	0,033	0,027	0,020	0,016	0,012
99,7	0,760	0,640	0,530	0,430	0,360	0,290	0,240	0,190	0,150	0,117	0,092	0,073	0,057	0,045	0,035	0,027	0,022	0,016	0,013	0,010
99,9	0,750	0,610	0,500	0,400	0,330	0,260	0,210	0,160	0,120	0,096	0,074	0,057	0,044	0,033	0,025	0,019	0,015	0,011	0,008	0,006

*Учебное издание*

*Клименко Дмитрий Евгеньевич*

**РЕЧНОЙ СТОК И ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ  
РАСЧЕТЫ  
(ПРАКТИКУМ ПО КУРСУ)**

Редактор *Н.И. Стрекаловская*

Корректор *А.В. Цветкова*

Компьютерная верстка *Д.Е. Клименко*

Подписано в печать 15.12.2014. Формат 60×34/16.  
Усл.печ.л. . Уч.-изд.л. . Тираж 150 экз. Заказ

Редакционно-издательский отдел Пермского  
государственного национального исследовательского  
университета  
614 990. Пермь, ул. Букирева, 15.

Типография Пермского  
государственного национального исследовательского  
университета  
614 990. Пермь, ул. Букирева, 15.