

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Кудрявцев Александр Александрович
Должность: Проректор по образовательным процессам
Дата подписания: 20.03.2025 11:01:40
Уникальный программный ключ:
790a1a8df2525774421adc1fc96453f0e

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ МИНИСТЕРСТВА СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ НАРОДНОГО
ХОЗЯЙСТВА ИМЕНИ В.И. ВЕРНАДСКОГО»**

(Университет Вернадского)

Факультет электроэнергетики и технического сервиса.

Кафедра Кафедра природообустройства и водопользования.

Методические указания по курсовой работе

ГИДРОЛОГИЯ, МЕТЕОРОЛОГИЯ И КЛИМАТОЛОГИЯ

Направление подготовки 21.03.02 Землеустройство и кадастры

Направленность (профиль) программы Землеустройство и кадастры

Квалификация Бакалавр

Форма обучения заочная

Балашиха 2023 г.

Раздел 1. ЗАДАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ЕЕ ВЫПОЛНЕНИЮ

1.1. Методические указания по выполнению курсовой работы

Учебной программой дисциплины «Гидрология, метеорология и климатология» предусматривается выполнение курсовой работы.

Курсовая работа должна быть отпечатана (20-30 страниц) на стандартных листах белой писчей бумаги формата А4 (297 × 210). Форматирование текста: шрифт - Times New Roman; размер шрифта - 14 или 12 (для таблиц - 12); начертание - обычный шрифт; интервал межстрочный - полуторный; отступ – 1,27 см; номера страниц – сверху справа. Титульный лист включается в общую нумерацию, но номер на нем не ставится. Параметры страницы: поля - верхнее и нижнее - 2 см, правое – 1,0 и левое - 2,5 см; переплет – 0. Для написания формул необходимо использовать программу «Редактор формул», либо набирать формулы в Word.

Рисунки, схемы, чертежи и таблицы, размещаемые в текстовой части работы, выполняются карандашом или черной гелиевой ручкой. Нумерация иллюстраций в тексте последовательная, ссылка на рисунки, таблицы и проч. обязательна.

Текст должен быть написан четко, ясно, грамотно, с соблюдением научно-технической терминологии. Основная часть пояснительной записки делится на разделы, подразделы, пункты. Заголовки разделов пишутся симметрично тексту прописными буквами, заголовки подразделов пишут с абзаца, отступив 15-17 мм от начала строки, строчными буквами (кроме первой прописной). Расстояние между заголовком и текстом должно быть 15 мм. Подчеркивать заголовки не допускается. Каждый раздел начинается с нового листа (страницы). Разделы должны иметь порядковую нумерацию, подразделы нумеруются арабскими цифрами в пределах каждого раздела, например 2.1 (первый подраздел второго раздела и т.д.). При выполнении расчетов необходимо придерживаться единой системы измерения величин (например, Международной системы единиц – СИ).

При подготовке курсовой работы не допускается:

- два и более пробелов;
- формирование красной строки и постановка выравнивания по центру с помощью пробелов и табуляции;
- использование нескольких видов маркированных списков;
- точки в конце заголовков и названий таблиц;
- использовать знак «№» при нумерации таблиц.

Курсовая работа не допускается к защите:

- если работа носит несамостоятельный характер;
- основные вопросы не раскрыты или изложены фрагментарно;
- текст напечатан или написан небрежно и содержит ошибки;

- научный аппарат (графики, таблицы, схемы и т.д.) оформлен неправильно.

При выполнении курсовой работы студентам необходимо письменно ответить на вопрос в соответствии с содержанием модуля 1 и выполнить расчетно-графическую работу в соответствии с содержаниями модулей 2,3,4. При необходимости следует обращаться за методической помощью и консультацией на кафедру.

Студенту необходимо осветить вопрос (**раздела.1.1.1. «Задания для теоретической работы»**), номер которого определяется по двум последним цифрам его учебного шифра. На пересечении номера строки (предпоследняя цифра учебного шифра) и номера столбца (последняя цифра учебного шифра) в таблице 2 приведен номер вопроса, который необходимо раскрыть студенту.

Таблица 2

Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0, 5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1, 6	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
2, 7	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
3, 8	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
4, 9	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50

1.1.1. Задания для теоретической части

1. Организация метеорологических наблюдений.
2. Атмосферное давление. Методы и приборы для измерения давления
3. Радиационный баланс. Тепловой баланс.
4. Атмосферные осадки.
5. Снежный покров, его характеристики.
6. Циклоны и антициклоны.
7. Опасные метеорологические явления.
8. Понятие о климате и микроклимате. Классификации климатов.
9. Климатические пояса Земного шара и России.
10. Антропогенное влияние на климат Земли.
11. Практическое значение метеорологии и климатологии
12. Законы Кирхгофа, Вина, Стефана-Больцмана

13. Облака. Генетическая классификация облаков. Генезис образования кучевообразных, волнообразных и слоистообразных облаков. Различие облачности теплого и облачности холодного фронтов.

14. Причины образования туманов. Классы туманов по происхождению. Свойства различных классов туманов.

15. Электрические свойства облаков и осадков.

16. Дымка, облака, туманы.

17. Электрическое поле атмосферы.

18. Уравнение статики атмосферы.

19. Барическая ступень.

20. Адиабатические изменения состояния воздуха в атмосфере.

21. Ветер и турбулентность.

22. Рассеяние солнечной радиации в атмосфере. Явления, связанные с рассеянием радиации.

23. Радиационный баланс земной поверхности. Методы измерения радиации.

24. Барическое поле и ветер.

25. Фронты в атмосфере. Типы фронтов. Фронт и струйное течение.

26. Тепловой баланс земной поверхности.

27. Различия в тепловом режиме почвы и водоемов.

28. Континентальность климата.

29. Геофизическое распределение температуры воздуха у земной поверхности.

30. Тепловой баланс системы «Земля – атмосфера».

31. Испарение и насыщение.

32. Характеристики влажности. Измерение влажности воздуха.

33. Конденсация в атмосфере.

34. Гипотезы для объяснения изменения климата в XX - XXI вв.

35. Дымка, туман, мгла.

36. Образование осадков.

37. Гроза. Молния и гром.

38. Снежный покров. Климатическое значение снежного покрова.

39. Пассаты. Погода пассатов. Антипассаты.

40. Муссоны.

41. Погода в циклоне. Антициклон.

42. Местные ветры.

43. Служба погоды. Синоптический анализ. Использование спутников информации в синоптическом анализе. Прогноз погоды.

44. Теории климата. Микроклимат.

45. Микроклимат пересеченной местности. Микроклимат леса. Микроклимат города.

46. Туманы и смог в городах.

47. Классификация климатов.

48. Антропогенные изменения климата.
 49. Влияние климата на сельское хозяйство
 50. Современный этап развития метеорологии

Расчетно-графическая работа выполняется по одному из вариантов, включающих десятилетний срок наблюдений за речным стоком, определяемому по двум последним цифрам шифра из таблицы 3 и приложения 1.

Например, для студента с учебным шифром 2415 условный период наблюдения находится на пересечении строки 1 по горизонтали со строкой 5 по вертикали – это период с 16 по 25 из приложения 1.

Т а б л и ц а 3

Условный период наблюдений

Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1-10	2-11	3-12	4-13	5-14	6-15	7-16	8-17	9-18	10-19
1	11-20	12-21	13-22	14-23	15-24	16-25	17-26	18-27	19-28	20-29
2	21-30	22-31	23-32	24-33	25-34	26-35	27-36	28-37	29-38	30-39
3	10-19	9-18	8-17	7-16	6-15	5-14	4-13	3-12	2-11	1-10
4	20-29	19-28	18-27	17-26	16-25	15-24	14-23	13-22	12-21	11-20
5	30-39	29-38	28-37	27-36	26-35	25-34	24-33	23-32	22-31	21-30
6	2-11	4-13	6-15	8-17	10-19	11-20	13-22	15-24	17-26	19-28
7	21-30	23-32	25-34	27-36	29-38	1-10	3-12	5-14	7-16	9-18
8	12-21	14-23	16-25	18-27	20-29	22-31	24-33	26-35	28-37	30-39
9	19-28	17-26	6-15	26-35	14-23	23-32	23-32	1-10	11-20	8-17

Студенту необходимо составить таблицу исходных данных в соответствии с заданием, в которую записываются данные среднемесячных расходов воды, и подсчитываются среднегодовые расходы, а также модули стока за данный период (см. табл. 4).

П р и м е р. Площадь водосбора $F = 4950 \text{ км}^2$, залесенность 78%, заболоченность 21%, среднее многолетнее количество осадков за год 750 мм.

Средняя многолетняя величина годового стока (норма)

$$M_{0a} = 8,1 \text{ л/с} \cdot \text{км}^2, C_V = 0,26.$$

Задание 1. Определить характеристики годового стока:

а) размерные:

норма стока – среднемноголетняя величина годового стока Q_0 :

$$Q_0 = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n}, \text{ м}^3/\text{с}$$

где Q_i – среднегодовой сток за i -й год;
 n – число лет наблюдений.

В рассматриваемом примере

$$Q_0 = \frac{385,5}{10} = 38,55 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Средний многолетний расход Q_0 (норму стока) требуется выразить через другие характеристики стока: объем, модуль, слой и коэффициент стока:

объем стока – объем воды, стекающей с водосбора за определенный интервал времени,

$$W = Q_0 \cdot T = 38,55 \cdot 31,54 \cdot 10^6 = 121,59 \cdot 10^7 \text{ м}^3,$$

где T – число секунд в году, равное $31,54 \times 10^6$, с;

модуль стока – объем воды, стекающей с единицы площади водосбора в единицу времени,

$$M_0 = \frac{Q_0 \cdot 10^3}{F} = \frac{38,55 \cdot 10^3}{4950} = 7,79 \text{ л/с} \cdot \text{км}^2;$$

слой стока – объем стока с водосбора за определенный интервал времени, равный толщине слоя, равномерно распределенного по площади водосбора,

$$h_0 = \frac{W_0}{F \cdot 10^3} = \frac{1215,9 \cdot 10^6}{4950 \cdot 10^3} = 0,24564 \cdot 10^3 = 245,64 \text{ мм/год}.$$

Среднемесячные и среднегодовые расходы воды и модули стока

Условный период наблюд.	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Год	М, л/с • км ²	М _а , л/с • км ²
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
40	17,1	14,7	17,7	144	132	37,9	21,7	17,9	18,0	32,6	34,3	20,6	42,4	8,57	7,82
41	16,5	13,0	12,6	107	167	52,5	36,6	21,7	20,8	46,6	73,4	66,2	52,2	10,6	10,2
42	24,2	17,7	16,7	119	97,1	29,2	17,8	14,8	23,2	33,4	21,8	17,6	36,0	7,21	6,42
43	16,7	17,7	14,4	87,2	152	42,8	22,8	19,3	22,9	35,0	28,4	19,2	39,9	8,06	6,46
44	13,2	11,9	10,7	94,0	74,8	26,1	14,7	11,9	11,5	12,2	9,29	19,2	25,9	5,23	4,18
45	12,0	10,3	11,3	106	53,7	19,6	13,2	10,9	14,0	13,7	12,2	12,8	24,1	4,87	3,86
46	10,8	10,9	24,5	21,5	158	37,7	17,3	17,9	14,4	16,7	37,4	33,1	32,3	6,53	5,92
47	31,0	24,2	11,4	148	48,5	26,0	18,5	14,8	13,3	13,8	15,0	13,6	32,6	6,59	6,14
48	14,2	11,8	11,1	52,7	225	109	63,0	58,5	28,7	21,3	18,5	16,1	53,5	10,6	8,86
49	14,0	11,5	13,9	100	136	56,8	25,6	20,6	25,0	44,5	74,3	38,7	46,6	9,43	8,89

б) безразмерные:

коэффициент стока – отношение величины стока (объема, слоя) к количеству осадков, выпавших на водосбор,

$$\alpha_0 = \frac{h_0}{x_0} = \frac{245,64}{750,0} = 0,328,$$

где x_0 – средняя многолетняя величина осадков в год, мм;

коэффициент изменчивости годового стока C_v – отклонение стока в отдельные годы от нормы стока,

$$C_v = \frac{\delta_Q}{Q_0},$$

где δ_Q – среднеквадратичное отклонение годовых расходов от нормы стока.

$$\delta_Q = \sqrt{\frac{\sum(Q_i - Q_0)^2}{n}} \quad \text{для длительного ряда наблюдений}$$

(n > 30 лет);

$$\delta_Q = \sqrt{\frac{\sum(Q_i - Q_0)^2}{n-1}} \quad \text{при } n < 30 \text{ лет;}$$

модульный коэффициент – отношение показателей стока к их норме,

$$k = \frac{Q_i}{Q_0} = \frac{W_i}{W_0} = \frac{M_i}{M_0} = \frac{h_i}{h_0}.$$

Задание 2. Подсчитать коэффициенты изменчивости C_v , выражая сток за отдельные годы в виде модульного коэффициента

$$k = \frac{Q_i}{Q_0},$$

$$\text{тогда } C_v = \sqrt{\frac{\sum(k-1)^2}{n}} \quad \text{при } n > 30 \text{ лет}$$

$$\text{или } C_v = \sqrt{\frac{\sum(k-1)^2}{n-1}} \quad \text{при } n < 30 \text{ лет}$$

Заполнить таблицу 5.

Данные для подсчета C_V

№ п. п.	Условный период наблюдений	Годовые расходы, m^3/c	Модульный коэффициент, k	$k - 1$	$(k - 1)^2$
1	40	42,4	1,09	0,09	0,0081
2	41	52,2	1,36	0,36	0,1296
3	42	36,0	0,93	- 0,07	0,0049
4	43	39,9	1,04	0,04	0,0016
5	44	25,9	0,67	- 0,33	0,1089
6	45	24,1	0,62	- 0,38	0,1444
7	46	32,3	0,84	- 0,16	0,0256
8	47	32,6	0,85	- 0,15	0,0225
9	48	53,5	1,39	0,39	0,1521
10	49	46,6	1,21	0,21	0,0441
Σ		385,5	10,00	0,00	0,6418

Коэффициент изменчивости C_V годового стока реки условного периода наблюдений с 40 по 49 равен:

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum(k-1)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,6418}{9}} = 0,27.$$

Относительная средняя квадратическая ошибка средней многолетней величины годового стока равна:

$$\varepsilon_Q = \frac{C_v}{\sqrt{n}} \cdot 100\% = \frac{0,27}{\sqrt{10}} \cdot 100\% = 8,53\%.$$

Относительная средняя квадратическая ошибка коэффициента изменчивости C_V при его определении методом моментов равна:

$$\varepsilon_{C_v} = \sqrt{\frac{1 + C_v^2}{2n}} \cdot 100\%.$$

В рассматриваемом примере

$$\varepsilon_{C_v} = \sqrt{\frac{1 + 0,27^2}{2 \cdot 10}} \cdot 100\% = 23,2\%.$$

Длина ряда считается достаточной для определения Q_0 и C_v , если $\varepsilon_Q \leq 5-10\%$, а $\varepsilon_{C_v} \leq 10-15\%$. В противном случае ряд наблюдений недостаточный, необходимо его удлинить.

Задание 3. Определить норму стока при недостаточности ряда наблюдений методом гидрологической аналогии.

Река-аналог должна иметь многолетний период наблюдений и не менее 5-6 лет параллельных наблюдений с исследуемой рекой, находиться в сходных физико-географических и климатических условиях, при соотношении площадей водосбора не более чем в 10 раз, обладать однородностью условий формирования стока, однотипностью почв (грунтов) и гидрогеологических условий, по возможности близкой степенью озерности, залесенности, необходимо отсутствие факторов, искажающих естественный речной сток (регулирование стока, изъятие воды на орошение и т.п.).

По данным из приложения 1 для вариантных лет наблюдений построить график связи модулей исследуемой реки и реки-аналога (рис 1).

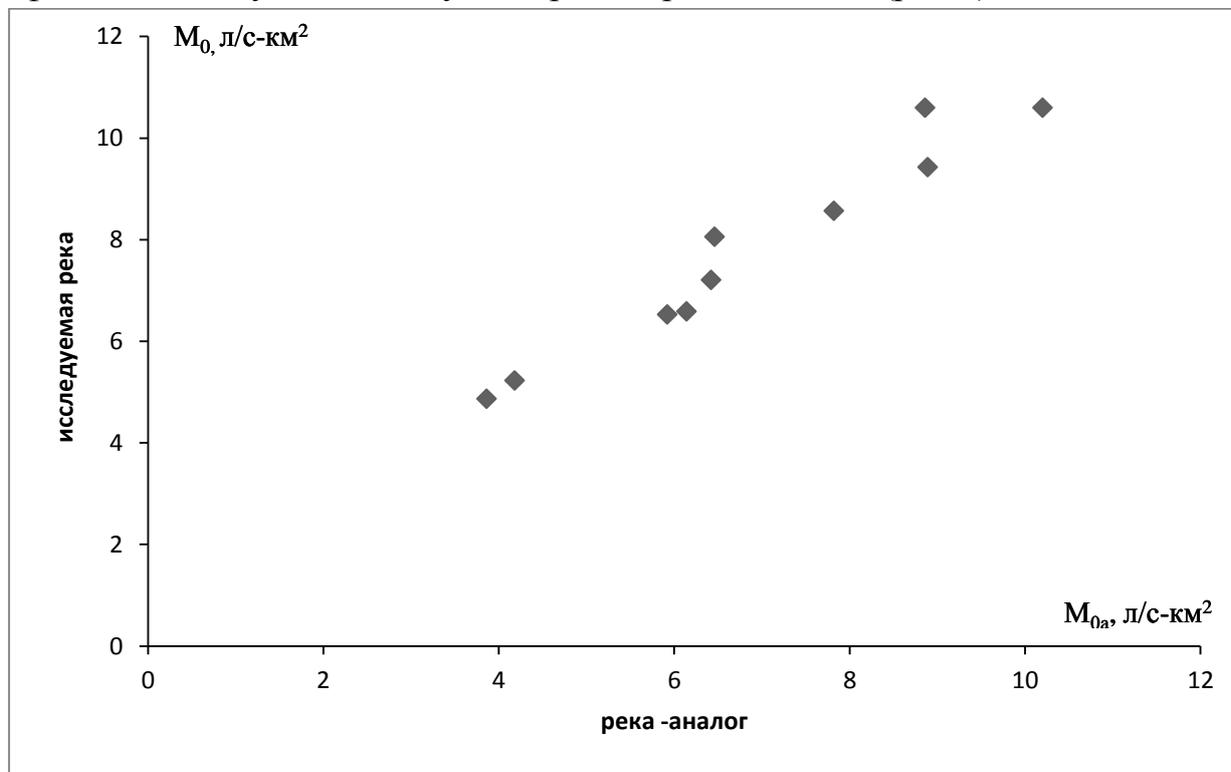


Рис. 1. График связи среднегодовых модулей стока.

Через точки, нанесенные на график, проводится осредняющая прямая линия. Зависимость считается удовлетворительной, если отклонения большинства точек от средней линии не превышают $\pm 15\%$.

Зная модуль стока реки-аналога, по графику связи модулей определить модуль стока исследуемой реки. Далее подсчитать норму стока, выраженную через модуль изучаемой реки:

$$Q_0 = \frac{M_0 F}{10^3} = \frac{8,4 \cdot 4950}{10^3} = 41,58 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$C_v = A \cdot \frac{M_{0a}}{M_0} \cdot C_{va} = \frac{8,1}{8,4} \cdot 0,26 = 0,25,$$

где C_v и C_{va} – коэффициенты изменчивости стока в расчетном створе и створе реки-аналога;

M_{0a} – среднемноголетняя величина годового стока реки-аналога;

A – тангенс угла наклона графика связи.

Окончательно принимаем:

$$M_0 = 8,4 \text{ л/с} \cdot \text{км}^2; \quad Q_0 = 41,58 \text{ м}^3/\text{с}; \quad C_v = 0,25.$$

Задание 4. Построить и проверить кривую обеспеченности годового стока (для характеристики возможных колебаний стока и определения расчетных расходов).

Обеспеченностью заданного значения гидрологической характеристики называется вероятность превышения ее среди совокупности всех возможных значений. При однородности ряда гидрометрических наблюдений характеристики рекомендуется определять с помощью двух типов аналитических кривых: трехпараметрического гамма-распределения и биномиального распределения.

Кривые обеспеченности стока за длительный период определяются тремя параметрами: x – средняя величина (норма); C_v – коэффициент изменчивости (вариации) и C_s – коэффициент асимметрии. В работе для построения теоретической кривой используется таблица С.Н. Крицкого и М.Ф. Менкеля – ординаты кривых трехпараметрического гамма-распределения, принимая $C_s = C_v$ (приложение 2). Для повышения точности необходимо учитывать сотые доли C_v путем интерполяции между соседними столбцами цифр.

П р и м е р.

$$C_v = 0,25.$$

Т а б л и ц а 6

Ординаты теоретической кривой обеспеченности
среднегодовых расходов

Обеспеченность $P, \%$	0,01	0,1	1	5	10	25	50	80	90	95	99	99,9
Ординаты кривой k_p	2,22	1,96	1,67	1,45	1,33	1,16	0,98	0,79	0,7	0,59	0,52	—

По данным таблицы 5 построить график зависимости k_p от P , откладывая по оси абсцисс P (1 см – 5%), а по оси ординат – k_p . Теоретическая кривая проверяется данными фактических наблюдений. Для этого модульные коэффициенты k годовых расходов (из табл. 3) расположить в убывающем порядке и рассчитать фактическую обеспеченность P (табл. 5) по формуле:

$$P = m / (n + 1) \cdot 100\%,$$

где P – обеспеченность члена ряда, расположенного в порядке убывания;
 m – порядковый номер члена ряда;
 n – число членов ряда.

Т а б л и ц а 7

Данные для проверки теоретической кривой

Условный период наблюдений	Модульные коэффициенты по убыванию k	Фактическая обеспеченность $P, \%$
48	1,39	9,1
41	1,36	18,2
49	1,21	27,3
40	1,09	36,4
43	1,04	45,5
42	0,93	54,5
47	0,85	63,6
46	0,84	72,7
44	0,67	81,8
45	0,62	90,9

Нанести полученные фактические данные на график зависимости k_p от P . При совпадении точек теоретической кривой и экспериментальных данных (табл. 6 и 7) делается вывод о правильности соотношения C_s и C_v . В противном случае изменяется соотношение: $C_s = 1,5 C_v$; $C_s = 2,0 C_v$.

Задание 5. Расчет внутригодового распределения стока методом компоновки с расчетной вероятностью превышения $P = 80\%$.

Среднемесячные расходы воды берутся по варианту из приложения 1.

Расчет делится на 2 части.

1. Межсезонное распределение стока, делящееся на многоводный и маловодный (меженный) периоды.

Период года и сезон, в котором естественный сток может лимитировать водопотребление, т.е. наиболее напряженные с точки зрения водохозяйственного использования, назначаются лимитирующими.

Продолжительность сезонов: весна – апрель, май, июнь; лето – осень – июль, август, сентябрь, октябрь, ноябрь; зима – декабрь настоящего, январь, февраль, март следующего года.

Основное условие метода компоновки - равенство $Q_{\text{рас год}} = \sum Q_{\text{рас сез}}$.

$$Q_{\text{рас вес}} = Q_{\text{рас год}} - Q_{\text{рас меж}}$$

$$Q_{\text{рас зим}} = Q_{\text{рас меж}} - Q_{\text{рас ло}}$$

Расчет проводится по гидрологическим годам, т.е. по годам, начинающимся с многоводного сезона.

$$Q_{\text{ло}} = \frac{\sum Q_{\text{плл}}}{n}, \text{ м}^3/\text{с} \quad Q_{\text{меж}} = \frac{\sum Q_{\text{меж}}}{n}, \text{ м}^3/\text{с}$$

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum(k-1)^2}{n-1}}$$

$$C_s = C_v;$$

$$Q_{\text{рас год}} = k_p \cdot 12 \cdot Q_0, \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q_{\text{рас меж}} = k'_p \cdot Q_{\text{меж}}, \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q_{\text{рас ло}} = k''_p \cdot Q_{\text{ло}}, \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q_{\text{рас вес}} = Q_{\text{рас год}} - Q_{\text{рас меж}}, \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q_{\text{рас зим}} = Q_{\text{рас меж}} - Q_{\text{рас ло}}, \text{ м}^3/\text{с},$$

где k_p , k'_p , k''_p – ординаты кривых трехпараметрического гамма-распределения (см. приложение 2), соответственно для C_V годового, меженного стока, C_V для стока за лето-осень.

Вычисления производятся методом моментов в табл. 8 по схеме, изложенной выше для годового стока (см. табл. 5).

$$Q_{\text{рас год}} = k_p \cdot 12 \cdot Q_0 = 391,68 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q_{\text{рас меж}} = k'_p \times Q_{\text{меж}} = 0,7 \cdot 196,099 = 137,27 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q_{\text{рас ло}} = k''_p \times Q_{\text{ло}} = 0,64 \cdot 124,62 = 76,02 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q_{\text{рас вес}} = Q_{\text{рас год}} - Q_{\text{рас меж}} = 391,68 - 137,27 = 254,41 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q_{\text{рас зим}} = Q_{\text{рас меж}} - Q_{\text{рас ло}} = 137,27 - 76,02 = 61,25 \text{ м}^3/\text{с};$$

2. Внутрисезонное распределение (по месяцам и декадам) принимается осредненным по группам водности (многоводная – включающая годы с обеспеченностью стока за сезон $P < 33\%$; средняя по водности – $33 < P < 66\%$; маловодная – $P > 66\%$).

Суммарные расходы за сезоны расположить (гр. 24-26 табл. 8) по убыванию и показать их фактическую обеспеченность (гр. 27 табл. 8).

Поскольку расчетная обеспеченность ($P = 80\%$) соответствует маловодной группе, дальнейший расчет следует производить для лет, входящих в эту группу (т.е. для лет с $P > 66\%$), и выписать соответствующие расходы по сезонам в убывающем порядке в графу 2 табл. 7. Среднемесячные расходы внутри сезона расположить в убывающем порядке с указанием календарных месяцев, к которым они относятся. Сумму сезонного стока принять за 100% и вычислить относительное распределение стока $A \%$ по месяцам (в процентах от стока за сезон), а в графу «Месяц» записать тот, который чаще повторяется. Если повторений нет, выписать любой из встречающихся месяцев, но так, чтобы был представлен каждый месяц, входящий в сезон.

Затем, умножая расчетный расход за сезон (табл. 8) на процентную долю каждого месяца $A \%$ (табл. 9), вычислить расчетный расход каждого месяца.

Т а б л и ц а 8

Расчет внутригодового распределения стока методом компоновки (межсезонное распределение)

Условный период наблюдений	Расходы за лимитирующий сезон лето-осень $Q_{i, \text{м}^3/\text{с}}$					Σ сток лето-осень $Q_{i \text{ло}}, \text{м}^3/\text{с}$	$k = \frac{Q_{i \text{ло}}}{Q_{0 \text{ло}}}$	$k - 1$	$(k - 1)^2$	Расходы за сезон весна $Q_i, \text{м}^3/\text{с}$			Σ весенний сток $Q_i \text{вес}$
	VII	VIII	IX	X	XI					IV	V	VI	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
40	21,7	17,9	18,0	32,6	34,3	124,5	1,00	0,00	0,00	144,0	132	37,9	313,9
41	36,6	21,7	20,8	46,6	73,4	199,1	1,6	0,6	0,36	107,0	167	52,5	326,5
42	17,8	14,8	23,2	33,4	21,8	111,0	0,88	-0,12	0,0144	119,0	97,1	29,2	245,3
43	22,8	19,3	22,9	35,0	28,4	128,4	1,02	0,02	0,0004	87,2	152	42,8	282,0
44	14,7	11,9	11,5	12,2	9,79	60,09	0,48	-0,52	0,2704	94,0	74,8	26,1	194,9
45	13,2	10,9	14,0	13,7	12,2	64,0	0,52	-0,48	0,2304	106,0	53,7	19,6	179,3
46	17,3	17,9	14,4	16,7	37,4	103,7	0,83	-0,17	0,0289	21,5	158	37,7	217,2
47	18,5	14,8	13,3	13,8	15,0	75,4	0,61	-0,39	0,1521	148,0	48,5	26,0	222,5
48	63,0	58,5	28,7	21,3	18,55	190,0	1,53	0,53	0,2809	52,7	225	109,0	386,7
49	25,6	20,6	25,0	44,5	74,3	190,0	1,53	0,53	0,2809	100,0	136	56,8	292,8
Σ						1246,19	10,00	0,00	1,6184				

Условный период наблюдений	Расходы за сезон зима Q_i , $м^3/с$				\sum зимний сток Q_i <i>зима</i>	\sum сток за маловодный меженьный период (<i>зима + лето + осень</i>)	$k = \frac{Q_{i\text{меж}}}{Q_{0\text{меж}}}$	$k - 1$	$(k - 1)^2$	Расходы в убывающем порядке, Q \sum сток, $м^3/с$			$P = \frac{m}{n+1} \cdot 100\%$
	XII	I	II	III						зима	весна	Лето-осень	
1	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
40	20,6	16,5	13,0	12,6	62,7	187,2	085	-0,05	0,0025	124,8	386,7	199,1	9,1
41	66,2	24,2	17,7	16,7	124,8	323,9	1,65	0,65	0,3969	99,7	326,5	190,0	18,2
42	17,6	16,7	17,7	14,4	66,4	177,4	0,90	-0,1	0,01	88,2	313,9	190,0	27,3
43	19,2	13,2	11,9	10,7	55,0	183,4	0,94	-0,06	0,0036	66,4	292,8	128,4	36,4
44	19,2	12,0	10,3	11,3	52,8	112,89	0,58	-0,42	0,1764	62,7	282,0	124,5	45,5
45	12,8	10,8	10,9	24,5	59,0	123,0	0,63	-0,37	0,1369	59,0	245,3	111,0	54,5
46	33,1	31,0	24,2	11,4	99,7	203,4	1,04	0,04	0,0016	55,5	222,5	103,7	63,6
47	13,6	14,2	11,8	11,1	50,7	126,1	0,64	-0,36	0,1296	55,5	217,2	75,4	72,7
48	16,1	14,0	11,5	13,9	55,5	245,5	1,25	0,25	0,0625	52,8	194,9	64,0	81,8
49	38,7	17,1	14,7	17,7	88,2	278,2	1,42	0,42	0,1764	50,7	179,3	60,09	90,9
Σ						1960,99	10,00	0,00	1,0964				

$$Q_{0\text{ло}} = \frac{\sum Q_{\text{ло}}}{n} = 124,62 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum(k-1)^2}{n-1}} = 0,42;$$

$$C_s = C_v = 0,42;$$

$$Q_{0\text{меж}} = \frac{\sum Q_{\text{меж}}}{n} = 196,099 \text{ м};$$

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum(k-1)^2}{n-1}} = 0,35;$$

$$C_s = C_v = 0,35$$

$$\text{Например, } Q_{\text{расIV}} = \frac{Q_{\text{расвес}} \cdot A\%_{\text{IV}}}{100\%}, \text{ м}^3/\text{с}$$

По таблице 9 расчетных расходов строится расчетный гидрограф $P = 80\%$ изучаемой реки (по горизонтали откладываются месяцы года с I по XII, по вертикали – расход по полученным данным).

Пример построения гидрографа показан на рисунке 2.

Т а б л и ц а 9

Расчет внутрисезонного распределения стока

Условный период наблюдений	Суммарный срок по убыванию	$P, \%$	Q_1	месяц	Q_2	месяц	Q_3	месяц	Q_4	месяц	Q_5	месяц
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1. За весенний сезон												
46	217,2	72,7	158,0	V	37,7	VI	21,5	IV				
44	194,9	81,8	94,0	IV	74,8	V	26,1	VI				
45	179,3	90,9	106,0	IV	53,7	V	19,6	VI				
Σ	591,4		358,0		166,2		67,2					
%	100		60,5	IV	28,1	V	11,4	VI				
2. За летне-осенний период												
47	75,4	72,7	18,5	VII	15,0	XI	14,8	VIII	13,8	X	13,3	IX
45	64,0	81,8	14,0	IX	13,7	X	13,2	VII	12,2	XI	10,9	VIII
44	60,09	90,9	14,7	VII	12,2	X	11,9	VIII	11,5	IX	9,79	XI
Σ	199,49		47,2		40,9		39,9		37,5		33,99	
%	100		23,66	VII	20,5	X	20,0	VIII	18,8	IX	17,04	IX
3. За зимний сезон												
43	55,0	72,7	19,2	XII	13,2	I	11,9	II	10,7	III		
44	52,8	81,8	19,2	XII	12,0	I	11,3	III	10,3	II		
47	50,7	90,9	14,2	I	13,6	II	11,8	II	11,1	III		
Σ	158,5		52,6		38,8		35,0		32,1			
%	100		33,19	XII	24,48	I	22,08	II	20,25	III		

Расчетные расходы по месяцам

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
13,8	12,5	11,5	153,9	71,5	29,0	19,1	16,1	13,8	16,5	15,2	18,8

Расчетные объемы по месяцам

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
36,98	30,25	30,82	398,6	191,62	75,11	51,19	43,15	35,74	44,22	39,37	50,38

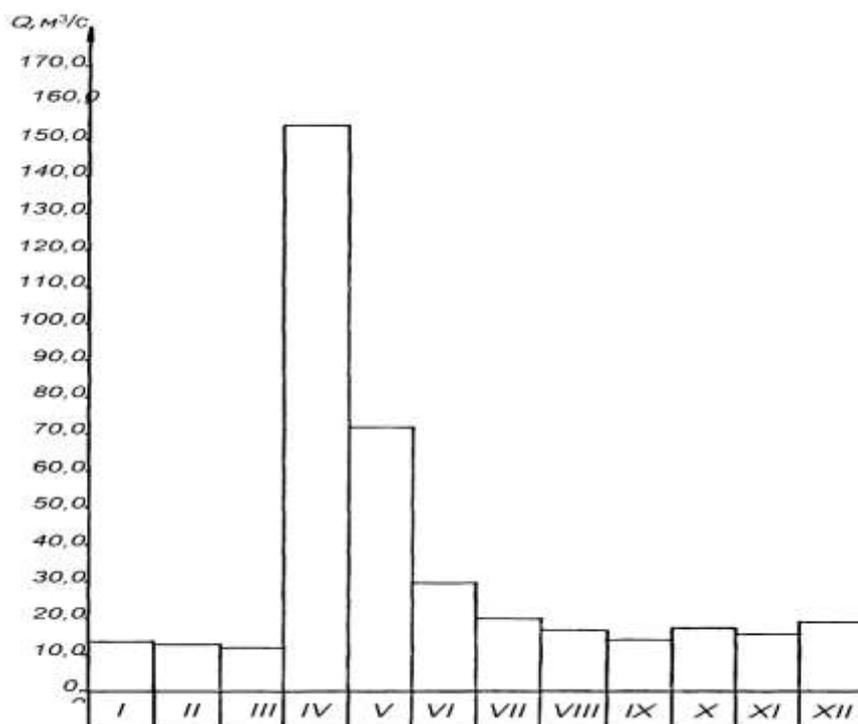


Рис. 2. Расчетный гидрограф реки.

Для перехода от расходов к объемам стока следует соответствующие величины расходов умножить на коэффициенты:

- для 31-дневного месяца – 2,68
- 30-дневного месяца – 2,59
- 28-дневного месяца – 2,42.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Площадь водосбора $F=28600 \text{ км}^2$, залесенность 25%, заболоченность 1%, среднее многолетнее количество осадков за год 650 мм.

Среднемесячные и среднегодовые расходы воды и модули стока

Условный период наблюд.	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Год	М, л/с·км ²	М _а , л/с·км ²
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	31,9	23,6	26,4	1040	391	34,9	62,2	34,4	29,6	34,6	45,5	36,6	149	5,21	4,9
2	25,3	23,3	25	693	339	77,3	43	37,8	30	30,2	29,4	20,7	115	4,02	4,33
3	26	21,8	25,6	499	319	66,1	38,1	34,2	31,2	34	32,6	83,1	101	3,53	3,68
4	47,2	36,1	153	963	95,6	40,2	36,3	29,6	33,1	35,2	60,9	30,2	130	4,55	4,06
5	34,1	32,2	36,1	970	157	66,8	104	54,8	46,2	54,4	82,8	50,7	141	5,05	4,25
6	47,6	42,6	44,9	699	259	94,7	66,8	60,8	51	49,7	44,3	42,5	125	4,48	4,23
7	37,9	41,2	56,1	574	148	71,4	53,3	50,1	46,8	48,4	45,1	55,2	102	3,66	3,54
8	46,4	42,9	141	380	85,5	55,6	47,6	42,2	42,3	43,1	43,9	37,2	83,9	3,01	2,66
9	27,6	33,2	36,3	332	94,6	53,9	44,4	46,1	38,4	40,4	36,9	31,4	67,9	2,43	2,47
10	32,8	27,2	48,9	767	113	72,1	79	45,3	42,2	45,2	51,8	15,4	112	4,01	3,72

11	27,4	23	20	636	104	68,1	67,4	52,4	45,5	64,9	76,8	73,7	105	3,76	2,42
12	54,5	55,1	48,8	1120	137	77,5	54,7	48,1	48,9	52,3	66,2	44,7	151	5,41	4,24
13	43,8	40,3	95,6	565	104	58,6	51,8	42	36,7	48,4	60,1	63,4	101	3,62	2,88
14	32,7	26,4	48,6	333	67,4	51,2	44,6	26,2	27,4	37,2	48,1	60,6	67	2,4	1,71
15	34,3	32	37,3	308	86,4	56,6	56,1	66,2	57,8	66,9	94,4	57,9	79,5	2,85	2,4
16	52,5	48,8	138	398	128	84,9	71,8	61,2	50	50,8	75,4	59,2	102	3,66	3,02
17	48,3	48,3	85,6	263	66,6	44,2	37,9	45,1	40,5	41,3	36,6	44,3	66,8	2,39	2,17
18	44,8	44,5	53,8	485	118	83,2	94,9	118	81,8	82,4	87,4	78,9	114	4,09	3,45
19	62,8	56,4	113	1090	131	82,6	71,1	57,7	56,4	65,3	77,4	52,3	160	5,73	5,25
20	59,1	51,2	107	479	165	121	115	80,1	77	96,9	103	68	127	4,55	4,5
21	61,9	70	74,7	634	861	210	103	84,7	63	67	99,4	133	205	7,35	5,12
22	57,7	60,5	78,4	714	206	94,7	70,8	52,1	61,1	62,5	91,2	89,9	137	4,91	3,64
23	79,5	84,5	135	565	135	79,6	64	101	71,6	66,9	82,1	61,4	127	4,55	3,64
24	23,7	26,4	32,8	831	197	45,1	27,5	32,3	28,2	32,2	33	26,6	111	3,88	3,87
25	28,2	25,9	28,8	1060	107	49,2	38	36,5	27,5	39,6	34,3	27,7	125	4,37	4,4
26	19,5	16,8	15,2	575	146	58,4	63,2	38,5	33,1	44,9	52	79,9	95,2	3,33	3,75

27	35,7	33,1	36,6	1200	190	56,8	36	28,2	30,6	34,3	46,9	37,5	147	5,14	5,2
28	32,1	31,4	42,8	571	99,9	35,6	33,6	23,2	24	32,2	42,5	50,4	84,9	2,97	3,16
29	27,7	20	46,8	319	74	29,8	22,6	16,2	16	23,7	28,2	39,7	55,3	1,93	1,79
30	27	22,3	28,5	475	68	30,9	24	27,1	28,9	35,8	68,2	52,3	75	2,59	2,56
31	46,2	38,2	115	785	190	89,3	68,4	42	32,9	31,6	42,3	34,1	126	4,41	4,13
32	36,4	38,6	72,9	391	58	27,5	20,9	23,2	25,9	25,9	28,5	30,5	64,9	2,27	2,34
33	30,2	27,6	30,2	369	177	63,3	61,4	93,3	80,1	54,4	50,7	103	95	3,32	3,21
34	72,1	44,8	90,3	1060	118	36,7	49,4	37,6	37,4	56,4	81,4	66,4	146	5,1	4,92
35	49,6	40,9	97,6	789	134	80	99,1	73,9	53,3	101	110	71,5	142	4,96	4,91
36	43,2	56,2	55,6	1170	858	58,1	46,9	45,2	88	89,5	87,8	193	233	8,15	7,84
37	67,8	53	48,5	718	447	155	92,5	74,8	92	61,8	89,5	118	168	5,87	5,21
38	114	122	99,7	1320	294	58,3	39,2	30,3	33	89,8	58,9	73,5	190	6,64	6,39

Бассейн аналог: средняя многолетняя величина стока (норма) $M_{0a}=3,5$ л/м·км², $C_v=0,30$

Приложение 2

Ординаты кривых трехпараметрического гамма-распределения
 $C_s=2C_v$

P, %	Ординаты к кривой гамма-распределения при коэффициенте изменчивости														
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
0,01	1,42	1,92	2,52	3,2	3,98	4,85	5,81	6,85	7,98	9,21	10,5	11,8	13,2	14,7	16,4
0,03	1,38	1,83	2,36	2,96	3,64	4,39	5,22	6,11	7,08	8,11	9,2	10,3	11,6	12,9	14,3
0,05	1,36	1,79	2,29	2,85	3,48	4,18	4,95	5,77	6,66	7,6	8,61	9,65	10,8	11,9	13,1
0,1	1,34	1,73	2,19	2,7	3,27	3,87	4,56	5,3	6,08	6,91	7,75	8,65	9,6	10,6	11,6
0,3	1,3	1,64	2,02	2,45	2,91	3,42	3,96	4,55	5,16	5,81	6,47	7,1	7,98	8,7	9,5
0,5	1,28	1,59	1,94	2,32	2,74	3,2	3,68	4,19	4,74	5,3	5,9	6,5	7,13	7,8	8,42
1	1,25	1,52	1,82	2,16	2,51	2,89	3,21	3,71	4,15	4,6	5,05	5,53	6,02	6,55	7,08
3	1,2	1,41	1,64	1,87	2,13	2,39	2,66	2,91	3,21	3,51	3,8	4,12	4,42	4,71	4,98
5	1,17	1,35	1,54	1,74	1,94	2,15	2,36	2,57	2,78	3	3,22	3,4	3,6	3,8	3,96
10	1,13	1,26	1,4	1,54	1,67	1,8	1,94	2,06	2,19	2,3	2,4	2,5	2,57	2,64	2,7
20	1,08	1,16	1,24	1,31	1,38	1,44	1,5	1,54	1,58	1,6	1,62	1,63	1,62	1,61	1,59
25	1,6	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
30	1,05	1,09	1,13	1,16	1,19	1,21	1,22	1,22	1,22	1,2	1,18	1,14	1,11	1,08	1,04
40	1,02	1,04	1,05	1,05	1,04	1,03	1,01	0,98	0,96	0,92	0,87	0,83	0,77	0,72	0,67

50	1	0,99	0,97	0,95	0,92	0,98	0,85	0,8	0,75	0,69	0,64	0,58	0,52	0,46	0,4
60	0,97	0,94	0,9	0,85	0,8	0,75	0,69	0,68	0,57	0,51	0,45	0,39	0,33	0,28	0,23
70	0,94	0,89	0,82	0,76	0,69	0,62	0,55	0,49	0,42	0,36	0,3	0,25	0,2	0,16	0,12
75	0,93	0,86	0,78	0,71	0,63	0,56	0,49	0,42	0,35	0,29	0,24	0,19	0,15	0,11	0,08
80	0,92	0,83	0,74	0,66	0,57	0,5	0,42	0,35	0,28	0,22	0,18	0,13	0,09	0,06	0,05
90	0,87	0,75	0,64	0,53	0,44	0,35	0,27	0,21	0,15	0,1	0,07	0,05	0,03	0,02	0,01
95	0,82	0,66	0,52	0,39	0,29	0,2	0,14	0,09	0,05	0,03	0,02	0,1	0	0	0
97	0,8	0,62	0,48	0,33	0,2	0,15	0,11	0,06	0,03	0,02	0,01	0	0	0	0
99	0,78	0,59	0,44	0,3	0,21	0,13	0,08	0,04	0,02	0,01	0	0	0	0	0

