



Министерство образования
Республики Беларусь

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Водоснабжение и водоотведение»

ГИДРОЛОГИЯ И РЕГУЛИРОВАНИЕ СТОКА

Методические указания
к выполнению курсового проекта

Минск 2009

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Водоснабжение и водоотведение»

ГИДРОЛОГИЯ И РЕГУЛИРОВАНИЕ СТОКА

Методические указания к выполнению курсового проекта
на тему «Водоохранилище сезонного регулирования»
для студентов дневной и заочной форм обучения
по специальности 1-70 04 03 «Водоснабжение,
водоотведение и охрана водных ресурсов»

Минск 2009

УДК 627.81:378.14 (075.8)

ББК 26.222ю6я7

Г 46

С о с т а в и т е л ь

Э.И. Михневич

Р е ц е н з е н т ы :

В.П. Рогунович, В.Н. Юхновец

В методических указаниях освещены вопросы гидрологических и водохозяйственных расчетов, связанных с регулированием стока. Приведены методики построения эмпирической и аналитической кривых обеспеченности, а также расчета полезного и мертвого объема водохранилища сезонного (годового) регулирования, потерь воды из водохранилища, определение его основных характеристик.

Приведены литературные источники, номограммы и таблицы, необходимые для выполнения курсового проекта.

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Выполнение курсового проекта помогает закрепить знания, полученные из курса лекций по гидрологии и регулированию стока, и приобрести навыки проведения гидрологических и водохозяйственных расчетов с использованием современных расчетных методов.

Гидрологические и водохозяйственные расчеты служат обоснованием для проведения мероприятий по обеспечению водоснабжения потребителей и рациональному использованию водных ресурсов. При выполнении этих расчетов следует установить необходимость регулирования стока реки, его вид и параметры водохранилища, обеспечивающего расчетную водоотдачу. При этом предусматриваются санитарные попуски воды в нижний бьеф.

Отчетные материалы по проекту состоят из одного листа чертежей и пояснительной записки объемом 25–30 страниц рукописного текста.

Чертеж курсового проекта должен содержать:

а) план и продольный разрез водохранилища в масштабе 1: 5000 – 1: 10000;

б) гидрографы притока и потребления;

в) кривые объемов и площадей водохранилища;

г) график работы водохранилища при регулировании стока.

Пояснительная записка должна содержать:

1 Построение многолетнего гидрографа расходов воды для календарного и статистического рядов. Построение эмпирической кривой обеспеченности (кривой распределения ежегодных вероятностей превышения) годового стока реки и подбор сглаживающей ее аналитической кривой.

2 Определение суммарных потребностей в воде и притока воды.

2.1. Определение потребностей в воде, построение гидрографа водопотребления.

2.2. Расчет среднемесячных расходов воды, построение гидрографа притока.

3 Расчет сезонного регулирования без стока учета потерь воды.

3.1. Расчет и построение морфометрических (батиграфических) кривых водохранилища.

3.2. Расчет полезного объема водохранилища таблично-цифровым способом без учета потерь воды.

3.3. Расчет заиления и мертвого объема водохранилища.

4 Расчет сезонного регулирования стока с учетом потерь воды.

4.1. Расчет потерь воды из водохранилища.

4.2. Расчет объема водохранилища с учетом потерь воды и построение графика его работы.

4.3. Определение сопряженных характеристик водохранилища и показателей регулирования стока.

Исходные данные по прил. 1–4 студенты заочной формы обучения принимают для варианта, номер которого равен сумме двух последних цифр шифра. Если последние две цифры шифра 00, то принимают вариант 1.

1. ПОСТРОЕНИЕ МНОГОЛЕТНЕГО ГИДРОГРАФА, ЭМПИРИЧЕСКОЙ И АНАЛИТИЧЕСКОЙ КРИВЫХ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ (КРИВЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЕЖЕГОДНЫХ ВЕРОЯТНОСТЕЙ ПРЕВЫШЕНИЯ) ГОДОВОГО СТОКА РЕКИ

Раздел включает следующий объем работ: формирование статистического ряда, построение многолетнего гидрографа годового стока, проверку однородности ряда наблюдений, построение эмпирической кривой, определение параметров и построение аналитической кривой, установку погрешности определения ее параметров.

1.1. Формирование статистического ряда.

Построение многолетнего гидрографа годового стока

Из прил. 1 в графы 2 и 3 таблицы 1.1 заносят данные о средних значениях расходов воды за каждый календарный год. Формируют статистический ряд, размещая в графе 4 значения годовых расходов воды (из графы 3) в убывающем порядке от наибольшего к наименьшему (далее графа – гр.). Для наглядности строят ступенчатый многолетний гидрограф расходов воды для календарного и статистического рядов, по оси абсцисс откладывают годы, а по оси ординат – расходы (рисунок 1.1).

Таблица 1.1 – Расчет координат эмпирической кривой обеспеченности годового стока реки и исходных данных для определения статистик λ

№ п/п	Календарный ряд		Убывающий ряд				
	год	$Q_{год i}$, м ³ /с	$Q_{год i}$, м ³ /с	$p = [m/(n+1)] \times 100 \%$	$K_i = Q_{год i} / \bar{Q}_{год}$	$\lg K_i$	$K_i \lg K_i$
1	2	3	4	5	6	7	8
1							
2							
3							
·							
n							
			$\sum_1^n Q_{год i} =$		$\sum_1^n K_i =$	$\sum_1^n \lg K_i =$	$\sum_1^n K_i \lg K_i$

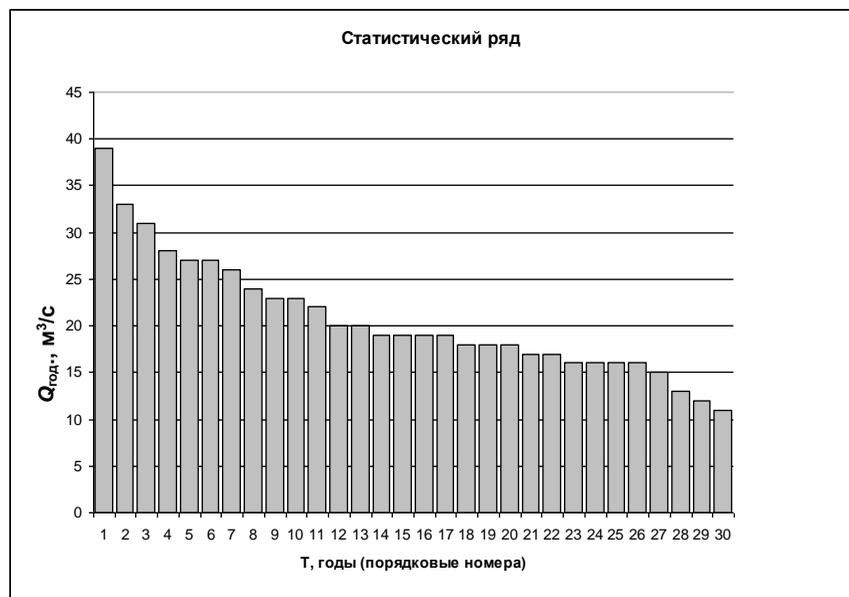
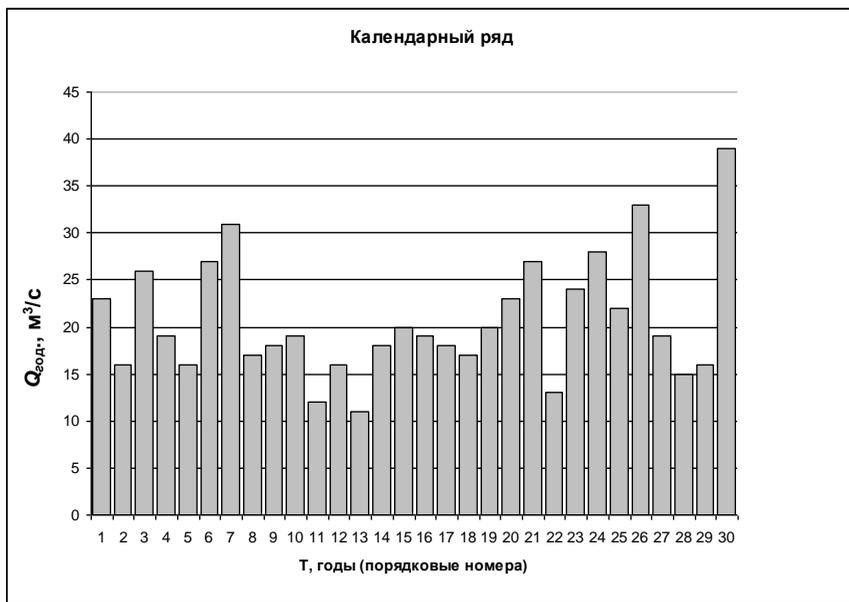


Рисунок 1.1 – Многолетний гидрограф годового стока реки

1.2. Определение среднемноголетнего расхода воды и модульных коэффициентов

Находят сумму значений расходов всех n членов убывающего ряда $\sum_1^n Q_{\text{год } j}$ и записывают ее внизу гр. 4 (см. таблицу 1.1).

Определяют первый параметр данного ряда – его среднее значение за многолетний период:

$$\bar{Q}_{\text{год}} = \sum_1^n Q_{\text{год } j} / n.$$

Выражают значения всех параметров убывающего ряда в модульных коэффициентах (в долях среднего значения) K_j и записывают в гр. 6:

$$K_j = Q_{\text{год } j} / \bar{Q}_{\text{год}}.$$

Для контроля вычислений находят сумму значений $\sum_1^n K_j$, которая должна быть равна числу членов ряда n .

1.3. Проверка однородности ряда наблюдений

Выявляют, нет ли в составе данного ряда нерепрезентативных (резко отклоняющихся) членов вследствие естественных обстоятельств, не характерных для периода наблюдений заданной продолжительности, или вследствие каких-то грубых ошибок. Для этого используют непараметрический критерий Диксона. Находят его значения для крайних членов выборки – наибольшего и наименьшего

$$r_{\max} = (K_1 - K_3) / (K_1 - K_{n-2});$$

$$r_{\min} = (K_{n-2} - K_n) / (K_3 - K_n)$$

где K_1, K_3 – значения модульных коэффициентов первого и третьего членов статистического ряда;

K_n, K_{n-2} – значения модульных коэффициентов последнего и третьего снизу членов ряда.

Для $n = 30$

$$r_{\max} = (K_1 = K_3) / (K_1 - K_{28});$$

$$r_{\min} = (K_{28} - K_{30}) / (K_3 - K_{30}).$$

Если оба или одно из вычисленных значений по v_{\max} v_{\min} окажутся больше 0,457 (критериального значения 1 %-й значимости при $n = 30$), то гипотеза об однородности членов ряда отвергается. Если они окажутся меньше 0,457, но больше 0,366 (критериального значения 5 %-й значимости), то гипотеза сомнительна. Если же вычисленные значения меньше 0,366, то гипотеза принимается.

В случае отклонения гипотезы из ряда исключают проверяемый член. Проверяют на однородность ряд из оставшихся членов и при положительном исходе включают их в дальнейшую обработку.

1.4. Построение эмпирической кривой обеспеченности

Ординатами точек эмпирической кривой являются значения K_i всех членов ряда. Абсциссы определяют по выражению

$$p_i = [m_i / (n+1)] \cdot 100\%,$$

где p_i – обеспеченность рассматриваемого члена со значением K_i ;

m_i – номер члена K_i в убывающем ряду;

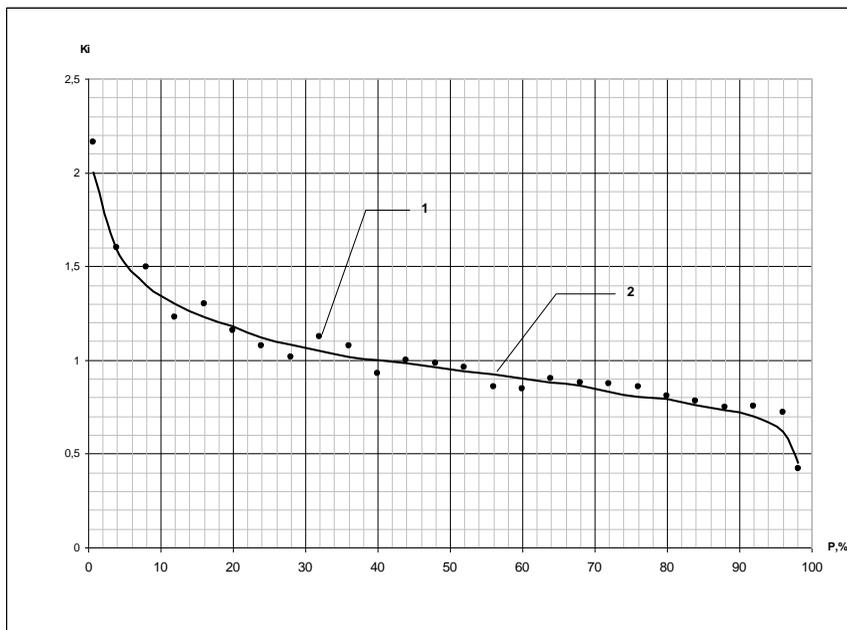
n – общее число членов ряда.

По полученным данным (p_i , K_i) наносят точки эмпирической кривой (рисунок 1.2). Необходимо визуально убедиться, что не осталось резко отклоняющихся точек, свидетельствующих о неоднородности соответствующих членов ряда.

Повторяемость N расхода заданной обеспеченности (число лет N , в течение которых такой расход повторяется в среднем один раз) можно определять по формулам:

$$p < 50\% \quad (\text{многоводные годы}) \quad N = 100/p;$$

$$p > 50\% \quad (\text{маловодные годы}) \quad N = 100/(100-p).$$



1 – точки эмпирической кривой

2 – аналитическая кривая

Рисунок 1.2 – Кривая обеспеченности годового стока

1.5. Расчет и построение аналитической кривой обеспеченности

Для построения аналитической кривой обеспеченности необходимо определить два остальных ее параметра: коэффициенты вариации C_V и асимметрии C_S . Коэффициент вариации характеризуется отношением среднего квадратичного отклонения ряда к его среднему арифметическому: $C_V = \sigma_x / \bar{x}$, а коэффициент асимметрии – отношением среднего значения отклонений в кубе (среднее кубическое отклонение) к среднему квадратическому в кубе: $C_S = M_3 / \sigma_x^3$. Численные значения C_V и C_S могут определяться различными методами. В проекте используют метод наибольшего правдоподобия. Для этого вычисляют значения второй λ_2 и третьей λ_3 статистик:

$$\lambda_2 = \sum_1^n \lg K_i / (n-1); \quad \lambda_3 = \sum_1^n K_i \lg K_i / (n-1).$$

По номограммам (прил. 5) определяют значения параметров C_v и C_s аналитической кривой обеспеченности трехпараметрического гамма-распределения.

Пользуясь таблицами ординат кривых трехпараметрического гамма-распределения (прил. 6) и прибегая при необходимости к интерполяции, вписывают в таблицу 1.2 координаты аналитической кривой p_i, K_i по установленным значениям коэффициента C_v и соотношения C_s/C_v . По этим координатам строят кривую, совмещают ее на одном графике с эмпирической кривой и визуально оценивают степень согласования (см. рисунок 1.2).

Таблица 1.2 – Координаты аналитической кривой обеспеченности годового стока

$p_i, \%$	0,1	0,5	1	3	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95	97	99	99,9
K_i																		

1.6. Определение средней квадратичной погрешности расчета параметров кривой обеспеченности

Относительную среднюю квадратичную погрешность расчета параметров кривой обеспеченности определяют по выражениям:

- для среднего значения

$$E_{\bar{Q}} = \pm \sqrt{(1 + C_v^2) / 2n} \cdot 100\% ;$$

- для коэффициента C_v

$$E_{C_v} = \pm \sqrt{3 / [2n(3 + C_v^2)]} \cdot 100\% .$$

Следует отметить, достаточна ли продолжительность наблюдений в n лет для обеспечения в условиях данной изменчивости стока допустимой погрешности: $|E_{\bar{Q}}| < 10\%$ и $|E_{C_v}| < (10-15)\%$.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУММАРНЫХ ПОТРЕБНОСТЕЙ В ВОДЕ И ПРИТОКА ВОДЫ. ПОСТРОЕНИЕ ГИДРОГРАФА СРЕДНЕМЕСЯЧНЫХ РАСХОДОВ И ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ

Раздел включает следующий объем работ: определение минимального допускаемого расхода для обеспечения требований охраны природы, установление общих потребностей в воде, определение приточности воды в расчетный маловодный год, построение гидрографа среднemesячных расходов и потребления воды.

2.1. Определение потребностей в воде, построение гидрографа водопотребления

Исходные данные для установления потребностей в воде, приведенные в прил. 2, отражают суммарные потребности в воде для различных целей (водоснабжения, мелиорации, рыбного хозяйства и др.). Проверяют, достаточны ли заданные попуски в нижний бьеф для обеспечения требований охраны природы.

В условиях Беларуси необходимо, чтобы расходы воды в реках не опускались ниже минимально допустимых $Q_{\text{мин.доп}}$:

$$Q_{\text{мин.доп}} = 0,75 Q_{\text{мин.мес}5},$$

где $Q_{\text{мин.мес}95} = K_{95} \bar{Q}_{\text{мин.мес}}$ – минимальные среднемесячные расходы в году 95 %-й обеспеченности отдельно для летне-осеннего и зимнего периодов:

$$\bar{Q}_{\text{мин.мес}} = \bar{q}_{\text{мин.мес}} \cdot F / 10^3,$$

где $\bar{q}_{\text{мин.мес}}$ – модуль минимального месячного стока, л/(с·км²), значения которого приведены в задании для летне-осенней и зимней межени (прил. 2), и величину $Q_{\text{мин.доп}}$ определяют соответственно для летне-осенней и зимней межени.

Для определения модульного коэффициента K_{95} используют соответствующую таблицу координат аналитических кривых обеспеченности (прил. 5) при заданных C_V и C_S для летне-осенней и зимней межени.

Данные о необходимых расходах воды во все месяцы заносят в соответствующие графы 2, 3, 4 табл. 2.1. В гр. 5 заносят расчетные значения потребностей в нижнем бьефе (большие из указанных для каждого месяца в гр. 3 и 4). Суммарные потребности (суммы гр. 2 и 5) в гр. 6 выражают в м³/с, а затем переводят в объемы, млн. м³ (гр. 7). Продолжительность соответствующих месяцев составляет 2,68; 2,42 или 2,59 млн. с (в зависимости от числа суток в месяце). На основании таблицы 2.1 строят гидрограф водопотребления (рисунок 2.1).

Таблица 2.1 – Определение потребностей в воде

Месяц	Утилитарные потребности в воде, м ³ /с		Попуск в НБ для целей охраны природы, $Q_{\text{мин.доп.}}$, м ³ /с	Расчетный попуск в НБ $Q_{\text{нб,р}}$, м ³ /с	Суммарные потребности в воде	
	Забор из верхнего бьефа $Q_{\text{вб}}$	Попуск в нижний бьеф $Q_{\text{нб}}$			гр.2+гр.5, Q_i , м ³ /с	U_i , млн.м ³
1	2	3	4	5	6	7
III						
IV						
V						
VI						
VII						
VIII						
IX						
X						
XI						
XII						
I						
II						
						$\sum U_i = U$

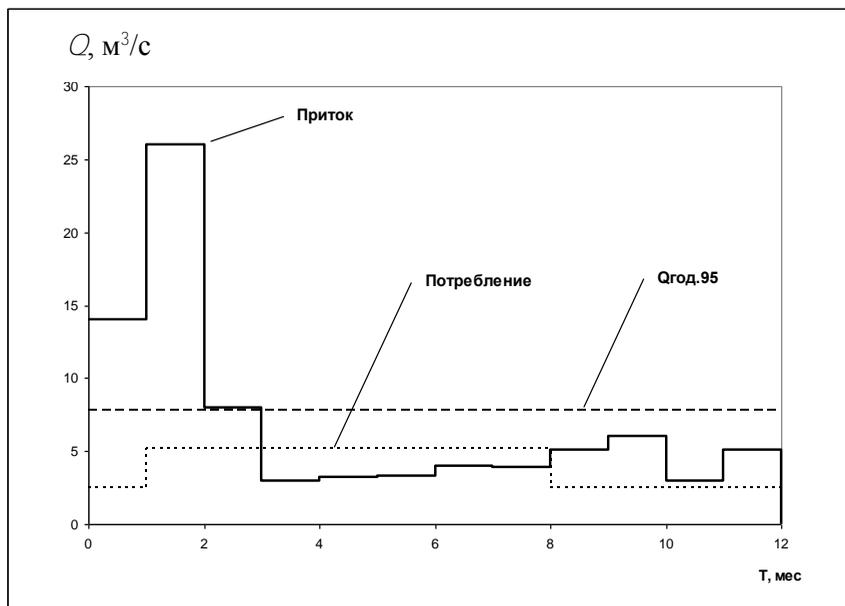


Рис. 2.1 – Гидрограф среднемесячных расходов притока и потребления воды

2.2 Расчет среднемесячных расходов воды, построение гидрографа притока

Полагая, что среди водопотребителей имеются принадлежащие к I категории надежности, в качестве расчетной принимают приточность маловодного года 95 %-й обеспеченности. Средний для такого года расход находят по аналитической кривой обеспеченности годового стока: $Q_{\text{год.95}} = K_{95} \bar{Q}_{\text{год}}$.

Объем стока за расчетный маловодный год определяют по выражению

$$W_{\text{год.95}} = 31,54 Q_{\text{год.95}}, \text{ млн. м}^3,$$

где 31,54 – продолжительность года, млн. с.

Сопоставление этой величины с суммарными потребностями в воде (см. таблицу 2.1) показывает возможность обеспечения потребителей

водными ресурсами. Если суммарные потребности U меньше стока расчетного маловодного года $W_{\text{год.95}}$, то регулирование стока обеспечивают созданием водохранилища сезонного регулирования.

Для построения гидрографа притока необходимо заполнить таблицу 2.2.

Таблица 2.2 – Среднемесячные расходы воды в реке в маловодный год $p = 95 \%$

Месяц	Месячный сток от годового стока заданной обеспеченности $W_{\text{мес.}i} \%$	Объем стока за месяц, $W_{\text{мес.}i}$, млн.м ³	Количество секунд в месяце t_i , млн.с	Среднемесячный расход $Q_{\text{ср.мес.}i}$, м ³ /с
1	2	3	4	5
III				
IV				
V				
VI				
VII				
VIII				
IX				
X				
XI				
XII				
I				
II				
	$\sum W_{\text{мес.}i} = 100\%$	$\sum W_{\text{мес.}i} = W_{\text{год.95}}$	$\sum t_i = 31,54$ млн.с	$\sum Q_{\text{ср.мес.}i} / 12 = Q_{\text{год.95}}$

Расчет ведут по водохозяйственному году, за начало которого принимают март – начало многоводного сезона.

Для заполнения гр. 2 используют типовое внутригодовое распределение стока (прил. 3). Из него в гр. 2 переносят относительные значения месячного стока $W_{\text{мес.}i}$ (в %), а затем в гр. 3 заносят абсолютные значения, которые вычисляют по выражению

$$W_{\text{мес.}i} = \frac{W_{\text{год.95}} W_{\text{мес.}i}}{100}, \text{ млн.м}^3.$$

Контролем правильности вычисления является совпадение сумм месячных значений за год соответственно со 100 % и $W_{\text{год.95}}$.

Для нахождения среднемесячных расходов в гр. 4 записывают количество секунд в соответствующем месяце, а затем по формуле $Q_{\text{ср.мес.}i} = W_{\text{мес.}}/t_i$ находят среднемесячный расход $Q_{\text{ср.мес.}i}$ (гр. 5). По значениям среднемесячного расхода строят гидрограф притока (см. рисунок 2.1), который совмещают с гидрографом водопотребления.

3. РАСЧЕТ СЕЗОННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ СТОКА БЕЗ УЧЕТА ПОТЕРЬ ВОДЫ

В разделе выполняются следующие работы: расчет и построение морфометрических кривых водохранилища, расчет полезной емкости водохранилища таблично-цифровым способом без учета потерь воды, определение мертвого объема водохранилища.

3.1. Расчет и построение морфометрических (батиграфических) кривых водохранилища

К основным морфометрическим характеристикам водохранилища относят батиграфические зависимости площади водной поверхности Ω и объема воды в водохранилище V от уровня H . Кривую $\Omega = f(H)$ называют кривой площадей водной поверхности водохранилища; кривую $V = f(H)$ – кривой объемов водохранилища, а вместе – батиграфическими кривыми. Для построения этих кривых заполняют таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Координаты кривых объемов и площадей водохранилища

Отметка уровня водохранилища H_i , м	Площадь зеркала Ω_i , км ²	Средняя площадь зеркала $\Omega_{\text{ср.}i}$, км ²	Высота слоя ΔH_i , м	Объем слоя ΔV_i , млн.м ³	Объем водохранилища V , млн.м ³
1	2	3	4	5	6
135	0				0,0
137,5	4,53	3,02	2,5	7,55	7,55
140	11	7,53	2,5	18,22	26,38

Для заполнения граф 1 и 2 используют данные, приведенные в прил/ 4.

Послойно определяют объемы воды между смежными горизонталями. Объем слоя ΔV_i (гр. 5) находят по формуле

$$\Delta V_i = \Omega_{срi} \Delta H_i,$$

где $\Omega_{срi}$ – средняя площадь зеркала воды между смежными горизонталями, км².

Объем первого придонного слоя речной долины ΔV_1 определяют по формуле усеченного параболоида:

$$\Delta V_1 = \frac{2}{3} \Omega_1 \Delta H_1,$$

соответственно $\Omega_{ср1} = \frac{2}{3} \Omega_1$.

Для остальных горизонталей значения $\Omega_{срi}$ (гр. 3) вычисляют по формуле усеченной пирамиды:

$$\Omega_{срi} = \frac{\Omega_i + \sqrt{\Omega_i \Omega_{i+1}} + \Omega_{i+1}}{3}.$$

Высоту слоя воды ΔH_i (гр. 4) определяют как разность между отметками H_i (гр. 1) соседних (верхней и нижней) горизонталей:

$$\Delta H_i = H_{i+1} - H_i.$$

Последовательно суммируя объемы слоев воды ΔV_i , получают объемы V_i (гр. 6), вмещаемые в чаше будущего водохранилища ниже горизонталей с отметками H_i . Для первой горизонтали $V_1 = \Delta V_1$, а для последующих

$$V_i = \sum_{H_0}^{H_i} \Delta V_i.$$

Полный объем воды, находящийся ниже отметки верхней горизонтали последнего слоя, равен сумме всех частных объемов, расположенных ниже этого уровня: $V = \Sigma \Delta V_i$.

По данным таблицы 3.1 (гр. 1, 2, 6) строят кривые объемов и площадей водохранилища (рисунок 3.1).

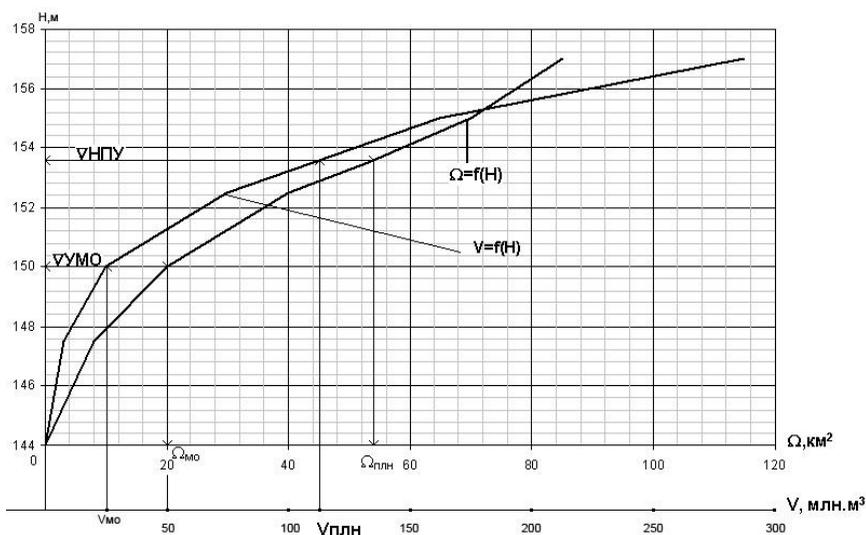


Рисунок 3.1 – Морфометрические кривые водохранилища

3.2. Расчет полезного объема водохранилища таблично-цифровым способом без учета потерь воды

Определение параметров водохранилища можно вести двумя способами: графическим и таблично-цифровым. Графический способ основан на использовании интеграционных кривых стока и потребления. На практике он применяется редко.

Балансовые расчеты водохранилищ таблично-цифровым способом широко распространены в практике водохозяйственного проектирования, их рекомендуется вести по форме таблицы 3.2. Расчет годового регулирования стока удобно проводить по водохозяйственному году, за начало которого принимают начало многоводного сезона. Данные о расчетном стоке $W_p = W_{мес}$, отдаче U заносят в хронологической последовательности из таблиц 2.2 и 2.1 в гр. 2 и 3 таблицы 3.2.

Таблица 3.2 – Расчет полезного объема водохранилища без учета потерь воды

Месяц	Расчетный сток W_{pi} млн.м ³	Потребность в воде (отдача) U_i млн.м ³	Сток минус отдача $W_{pi}-U_i$ млн.м ³		$\Sigma(W_{pi}-U_i)$, млн.м ³	Наполнение водохранилища, млн.м ³	
			Избыток воды $W_{изб}$	Дефицит воды W_d		Объем воды в конце месяца V_{ki}	Холостой сброс $V_{сбi}$
1	2	3	4	5	6	7	8
III			34,14		34,14	17,87	16,27
IV			69,95		104,09	71,54	16,28
V				2,16	101,93	69,38	
VI				12,49	89,44	56,89	
VII				16,26	73,18	40,63	
VIII				16,36	56,82	24,27	
IX				13,30	43,52	10,97	
X				10,19	33,33	0,78	
XI			4,31		37,64	5,09	
XII			0,27		37,91	5,36	
I				1,90	36,01	3,46	
II				3,46	32,55	0	
Σ	$\Sigma W_{pi} =$ $= W_{год.95}$	$\Sigma U_i = U$					$\Sigma V_{сбi} =$ $= V_{сб}$

Сопоставляют ежемесячно сток и отдачу и вычисляют избытки $W_{изб.} = (W_p - U)$ и дефициты $W_d = - (W_p - U)$ и записывают их соответственно в гр. 4 и 5.

Расчет полезного объема $V_{плз}$ выполняют следующим образом. Вначале выбирают месяц на исходе межени (обычно февраль или октябрь), в конце которого можно полностью (до нуля) сработать воду в пределах полезной емкости. Затем, начиная с этого месяца, последовательно прибавляют значения дефицитов (ходом «снизу вверх») и определяют объем воды, который может покрыть все дефициты до конца межени. Этот объем воды, представляющий наибольшую сумму дефицитов, и является полезным объемом водохранилища $V_{плз}$ (без учета потерь).

Второй этап расчета состоит в вычислении месячных объемов наполнения установленной емкости водохранилища. Он ведется уже «сверху вниз» с месяца, следующего за месяцем полной сработки полезной емкости. Последовательно суммируя избытки, указанные в гр. 4, пополняют запасы воды в пределах полезной емкости. Если сумма избытков превышает полезный объем, то в гр. 7 записывают, его значение, установленное выше, а остальную часть избытков воды направляют в холостой сброс и заносят в гр. 8.

Контролем правильности расчетов таблицы 3.2 является баланс сумм годового притока, годовой потребности (отдачи) и всех холостых сбросов, т. е. гр.2 = гр. 3 + гр. 8.

Отметим, что могут быть случаи, когда начавшийся осенью процесс заполнения водохранилища чередуется с его частичной сработкой в конце зимы (вычитается из суммы избытков) и заканчивается окончательным весенним заполнением.

Полезный объем водохранилища можно также определить как разницу между максимальным и минимальным значениями суммы избытков и дефицитов в течение года (гр. 6), т.е. $V_{плз} = \sum (W_{pi} - U_i)_{\max} - \sum (W_{pi} - U_i)_{\min}$. На интегральном ступенчатом графике $\sum (W_{pi} - U_i) = f(T)$ (рисунок 3.2) разность между наивысшей и наинизшей (при $V_{ki} = 0$ ординатами равна полезному объему. Для проверки: $\sum (W_{pi} - U_i)_{\max} - V_{сб} = V_{плз}$.

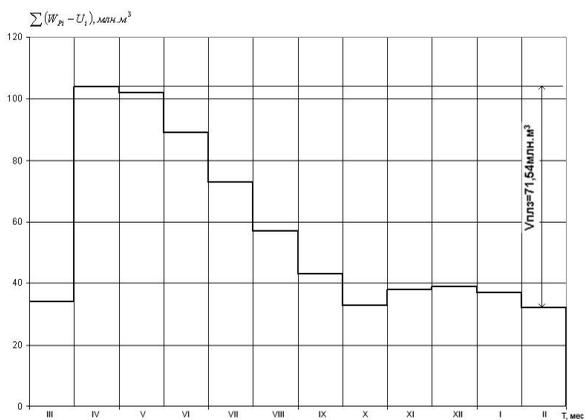


Рисунок 3.2 – Интегральный график $\sum (W_{pi} - U_i) = f(T)$
(построен по данным гр. 6 таблицы 3.2)

Если заполнить установленную полезную емкость не удастся, то это значит, что сезонное (годовое) регулирование недостаточно. Необходимо переходить к многолетнему регулированию стока или сокращению круга водопотребителей.

3.3. Расчет заиления и мертвого объема водохранилища

Процесс отложения наносов в водохранилище называется заилением. При расчетах заиления задаются сроком службы водохранилища $t_{\text{сл}}$ – время, в течение которого наносами заполняется мертвый объем или большая его часть, но при этом обеспечивается необходимая подача воды потребителям из регулирующей емкости. При заданном сроке $t_{\text{сл}}$ может решаться задача по назначению соответствующего мертвого объема $V_{\text{мо}}$. Для водохранилищ, сооружаемых для целей водоснабжения, можно принимать $t_{\text{сл}} = 50\text{--}75$ лет.

Среднемноголетний объем наносов $V_{\text{н}}$ реки, впадающей в водохранилище, в общем виде можно представить как сумму объемов взвешенных $V_{\text{взв}}$ и влекомых (донных) $V_{\text{вл}}$ наносов.

Расчет ведется в следующем порядке.

По указанному в задании значению средней мутности реки ρ_0 определяют средний расход взвешенных наносов $\bar{R}_{\text{н}}$ по формуле

$$\bar{R}_{\text{н}} = \frac{\rho_0 \cdot \bar{Q}_{\text{год}}}{10^3}, \text{ кг/с,}$$

где $\bar{Q}_{\text{год}}$ – среднемноголетний расход воды, $\text{м}^3/\text{с}$;

ρ_0 – среднемноголетняя расчетная мутность воды, $\text{г}/\text{м}^3$, при отсутствии данных принимается $250\text{--}350 \text{ г}/\text{м}^3$.

Определяют среднемноголетний объем за год взвешенных наносов по зависимости

$$\bar{V}_{\text{взв.год}} = \frac{31,54 \cdot \bar{R}_{\text{н}}}{\rho_{\text{взв}}}, \text{ млн. м}^3,$$

где $\rho_{\text{взв}}$ – плотность взвешенных наносов, изменяется в пределах $1000\text{--}1500 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Определяют объем взвешенных наносов, заполняющий ложе водохранилища за $t_{\text{сл}}$ лет, по формуле

$$V_{\text{взв}} = \bar{V}_{\text{взв.год}}(1-\delta)t_{\text{сл}}, \text{ млн. м}^3,$$

где δ – транзитная часть взвешенных наносов, выносимых в НБ, принимается $\delta = 0,20-0,30$, соответственно $(1-\delta)$ – та часть наносов, которая отложится в водохранилище.

Определяют объем влекомых по дну наносов, заполняющий ложе водохранилища за $t_{\text{сл}}$ лет, по зависимости

$$V_{\text{вл}} = 31,54 \cdot R_{\text{Н}} \frac{\beta}{\rho_{\text{вл}}} t_{\text{сл}}, \text{ млн. м}^3,$$

где β – отношение массы влекомых наносов к массе взвешенных наносов, для равнинных рек можно принимать $0,05-0,1$;

$\rho_{\text{вл}}$ – плотность влекомых наносов: $1500-1800 \text{ кг/м}^3$.

Определяют объем водохранилища, занимаемый взвешенными и влекомыми наносами, как сумму ($V_{\text{взв}} + V_{\text{вл}}$), которую умножают на коэффициент $\varphi = 1,1-1,15$, приближенно учитывающий дополнительное поступление наносов за счет разрушения берегов, а также склоновой и ветровой эрозии, т. е.

$$V_{\text{н}} = \varphi(V_{\text{взв}} + V_{\text{вл}}), \text{ млн. м}^3.$$

Из условия заиления водохранилища мертвый объем принимают $V_{\text{мо}} = V_{\text{н}}$.

Проверяют необходимый мертвый объем водохранилища, исходя из санитарно-технических требований, который с учетом опыта эксплуатации водоемов в Беларуси принимается в среднем $0,25 V_{\text{плз}}$. Если окажется, что рассчитанный из условия заиления $V_{\text{мо}} < 0,25 V_{\text{плз}}$, то окончательно за расчетный принимают $V_{\text{мо}} = 0,25 V_{\text{плз}}$.

4. РАСЧЕТ СЕЗОННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ СТОКА С УЧЕТОМ ПОТЕРЬ ВОДЫ. ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКА РАБОТЫ ВОДОХРАНИЛИЩА

Раздел включает следующий объем работ: расчет потерь воды из водохранилища на испарение, фильтрацию и льдообразование; определение полезного и полного объемов с учетом потерь воды; построение графика работы водохранилища; определение сопряженных характеристик водохранилища и показателей регулирования стока.

4.1. Расчет потерь воды из водохранилища

Учет потерь воды необходим для правильного определения объема водохранилища и составления водного баланса водных ресурсов при регулировании стока. Основными видами потерь являются испарение с водной поверхности и фильтрация. Дополнительно учитываются временные потери на льдообразование в период зимней сработки водохранилища.

4.1.1. Потери на испарение

В расчетах учитывают дополнительное испарение как разницу между испарением с поверхности водоема E_v и с поверхности суши до создания водохранилища E_c . Среднегодовой слой испарения заданной обеспеченности с поверхности зеркала водохранилища за безледоставный период определяют по формуле

$$E_v = K_{100-p} E_{20} K_n K_z K_\omega,$$

где K_{100-p} – модульный коэффициент, соответствующий заданной обеспеченности $(100-p)$ испарения при обеспеченности осадков $p = 95\%$. Для зоны Беларуси можно принимать $K_{100-p} = K_5 = 1,20$;

E_{20} – слой среднемноголетнего испарения с бассейна-эталона площадью 20 м^2 , для Беларуси равный $500\text{--}550 \text{ мм}$ в год (за безледоставный период);

K_n – поправочный коэффициент на глубину водоема (таблица 4.1);

K_z – коэффициент защищенности, принимаемый $0,8\text{--}0,9$;

K_ω – поправочный коэффициент на площадь водоема (таблица 4.2).

Таблица 4.1 – Поправочные коэффициенты на глубину водоема

Глубина водоема, м	Меньше или равно 5	10	15	20	25
Коэффициент K_n	0,99	0,97	0,95	0,94	0,92

Таблица 4.2 – Поправочные коэффициенты на площадь водоема

Площадь водоема, км ²	0,00002	0,01	0,05	0,1	0,5	1,0	2,0	5,0	10
Коэффициент K_{ω}	1,0	1,03	1,08	1,11	1,18	1,21	1,23	1,26	1,28

Глубину водохранилища находят по морфометрической кривой объемов водохранилища при $V_{\text{плн}} = V_{\text{мо}} + V_{\text{плз}}$.

Площадь водоема определяют по морфометрической кривой площадей водохранилища при $V_{\text{плн}}$.

Слой испарения с поверхности водоема за месяц $E_{вi}$ принимают как часть испарения за год $E_{в}$ в соответствии с его внутригодовым распределением, приведенным в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Испарение с поверхности малых водоемов по месяцам (в процентах от годового слоя $E_{в}$ за безледоставный период)

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$E_{вi}, \%$	-	-	-	5	15	20	21	19	12	6	2	-

Расчетный слой испарения с поверхности суши до затопления речной долины водохранилищем за месяц E_{ci} находят по формуле

$$E_{ci} = K_p \cdot \bar{X}(1 - \alpha_c) / 12, \text{ мм,}$$

где K_p – модульный коэффициент слоя осадков в засушливом году расчетной обеспеченностью 95 %, который определяют по таблице ординат кривой обеспеченности, полагая $C_v = 0,15$ и $C_s = 2 C_v$, принимают $K_{95} = 0,75$;

\bar{X} – среднегодовое количество осадков, для Беларуси $\bar{X} = 600$ –750 мм в год;

α_c – коэффициент стока со склонов речной долины, для средних условий принимают равным: 0,5 – для весны; 0,2 – для лета; 0,3 – для осени.

Дополнительное испарение за месяц

$$E_{Д/} = E_{в/} - E_{с/}.$$

Объем испарения за каждый месяц $v_{исп./}$ определяют по формуле

$$v_{исп./} = E_{Д/} \cdot \Omega_{ср./} \cdot 10^{-3}, \text{ млн. м}^3,$$

где $\Omega_{ср./}$ – средняя за месяц площадь зеркала водохранилища, которую находят по морфометрической кривой при $V_{ср./}$ (гр. 4 таблицы 4.5) или определяют по формуле

$$\Omega_{ср./} = 0,5(\Omega_{н/} + \Omega_{к/}),$$

где $\Omega_{н/}$ – площадь зеркала в начале i -го месяца, равная площади в конце предшествующего месяца, т.е. $\Omega_{н/} = \Omega_{к/i-1}$;

$\Omega_{к/}$ – площадь зеркала водохранилища, соответствующая объему (отдаче) в конце данного месяца $V_{к/}$ (гр.7 таблицы 3.2, и соответственно гр. 3 таблицы 4.5) с учетом мертвого объема, находят по морфометрическим кривым. $\Omega_{ср./}$ заносят в гр. 7 таблицы 4.5.

Если значение $V_{исп./} < 0$, то дополнительные потери на дополнительное испарение в этом месяце не учитывают, т.е. приравнивают нулю.

4.1.2. Потери на фильтрацию

Основные утечки происходят через борта и ложе водохранилища и частично – через тело и основание плотины. Приближенно ожидаемые потери на фильтрацию за каждый месяц выражают через некоторый объем воды $V_{ф/}$, принимаемый как часть среднего за месяц объема водохранилища $V_{ср/}$, включающего регулируемую емкость и мертвый объем.

Для оценки значения $V_{\phi i}$ руководствуются следующими рекомендациями:

- в хороших гидрогеологических условиях (практически водонепроницаемые грунты в основании ложа водохранилища, УГВ на отметке или выше нормального подпорного уровня (НПУ)) объем потерь на фильтрацию за месяц $V_{\phi i}$ принимают $(0,5-1) \%$ от среднего объема в этом месяце $V_{ср.i}$

- в средних условиях (в основном залегают маловодопроницаемые грунты, УГВ выше уровня мертвого объема (УМО)) $V_{\phi i} = (1-1,5) \%$ $V_{ср.i}$;

- в плохих условиях (водопроницаемые, преимущественно песчаные грунты, УГВ ниже УМО) $V_{\phi i} = (1,5-3,0) \%$ $V_{ср.i}$.

Средний объем воды за месяц $V_{ср.i}$ получают как среднее значение из регулирующих объемов на начало и конец месяца с учетом мертвого объема $V_{мо}$:

$$V_{ср.i} = 0,5(V_{нi} + V_{кi}) + V_{мо},$$

где $V_{нi}$ – объем воды в начале i -го месяца, равный объему в конце предшествующего месяца, т.е. $V_{нi} = V_{к,i-1}$;

$V_{кi}$ – объем воды в конце i -го месяца в пределах полезного объема (гр. 7 таблицы 3.2 и соответственно гр. 3 таблицы 4.5).

Учитывая, что в «средних» и «плохих» условиях расположения водохранилища, как правило, предусматривают противифльтрационные мероприятия, принимать в проекте рекомендуется $V_{\phi i} = (0,5 - 1) \%$ $V_{ср.i}$.

4.1.3. Потери на льдообразование

Потери такого вида учитывают в те периоды, когда процесс льдообразования протекает одновременно со сработкой водохранилища, при этом уровень падает и часть льда оседает на берегах. В расчетах водохранилища сезонного регулирования эти потери следует принимать во внимание, поскольку уменьшается запас воды в самый напряженный период зимней межени.

Объем потерь на льдообразование за i -й месяц $V_{лi}$ составляет

$$V_{лi} = (\Omega_{нi} - \Omega_{кi}) h_{лi} \rho'_{лi} \cdot K_{лi}, \text{ млн м}^3,$$

где $(\Omega_{нi} - \Omega_{кi})$ – разность площадей зеркала водохранилища в начале и конце i -го месяца в период ледостава, км^2 (гр. 8 таблицы

4.5); если $(\Omega_{н.і} - \Omega_{к.і}) < 0$, т. е. $\Omega_{к.і} > \Omega_{н.і}$, то имеет место подъем уровня и потери на льдообразование в этом месяце не учитывают;
 $h_{л.і}$ – толщина льда в конце i -го месяца; определяется по формуле

$$h_{л.і} = 0,11 \sqrt{|\sum t^0|}, \text{ м,}$$

$|\sum t^0|$ – модуль суммы среднемесячных отрицательных температур воздуха с начала ледостава по i -й месяц включительно, значения t^0 приведены для различных бассейнов рек в таблице 4.4;

$\rho'_{л}$ – относительная плотность льда: $\rho'_{л} = \rho_{л}/\rho_{в}$ ($\rho_{л}$ – плотность льда, $\rho_{в}$ – плотность воды); принимается $\rho'_{л} = 0,916$;

$K_{л} = 0,65$ – коэффициент постепенности нарастания льда за период сработки воды.

Таблица 4.4 – Среднемесячные температуры воздуха в период льдообразования, °С

Наименование бассейна реки	Месяц				
	XI	XII	I	II	III
Верховье Днепра	-1,6	-9,2	-9,5	-7,7	-3,6
Березина	-0,1	-4,5	-7,3	-5,8	-1,1
Припять	-0,5	-3,5	-6,0	-4,7	-0,8
Зап. Двина	-0,5	-8,5	-7,1	-5,2	-1,9

Расчеты всех потерь воды из водохранилища сводят в таблицу 4.5.

Суммарные потери воды за каждый месяц $V_{пот.і}$ определяют как сумму

$$V_{пот.і} = V_{исп.і} + V_{ф.і} + V_{л.і} \text{ (гр. 16 таблицы 4.5), а потери за год } V_{пот} = \sum V_{пот.і}$$

Устанавливают, какой процент (α , %) от полезного объема составляют различные виды потерь:

$$\alpha_{исп} = (V_{исп}/V_{плз})100 \%;$$

$$\alpha_{ф} = (V_{ф}/V_{плз})100 \%;$$

$$\alpha_{л} = (V_{л}/V_{плз})100 \%;$$

$$\alpha_{\Sigma} = \alpha_{исп} + \alpha_{ф} + \alpha_{л} \text{ или } \alpha_{\Sigma} = (V_{пот} / V_{плз})100 \% .$$

Таблица 4.5 – Потери воды из водохранилища

Месяц	Месячный объем воды в водохранилище, млн. м ³			Месячная площадь зеркала водохранилища, км ²				Потери на испарение				Потери на фильтрацию $V_{ф.i}$ млн.м ³	Потери на льдообразование		Суммарные потери $V_{пот.i}$ млн.м ³
	$V_{нi}$	$V_{кi}$	$V_{спi}$	$\Omega_{нi}$	$\Omega_{кi}$	$\Omega_{срi}$	$\Omega_{нi} - \Omega_{кi}$	$E_{вi}$ мм	$E_{сi}$ мм	$E_{дi}$ мм	$V_{испi}$ млн.м ³		$h_{лi}$, мм	$V_{лi}$ млн.м ³	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
III															
IV															
V															
VI															
VII															
VIII															
IX															
X															
XI															
XII															
I															
II															
Σ								$\Sigma E_{вi} = E_{в}$	$\Sigma E_{сi} = E_{с}$	$\Sigma E_{дi} = E_{д}$	$\Sigma V_{испi} = V_{исп}$	$\Sigma V_{ф.i} = V_{ф}$		$\Sigma V_{лi} = V_{л}$	$\Sigma V_{пот.i} = V_{пот}$

4.2. Расчет объема водохранилища с учетом потерь воды и построение графика его работы

Расчет производят балансовым таблично-цифровым способом. Все расчеты сводят в таблицу 4.6.

Таблица 4.6 – Расчет объема водохранилища с учетом потерь воды

Месяцы	Расчетный приток $W_{p,i}$, млн. м ³	Потребность в воде (отдача) U_i , млн. м ³	Объем потерь $V_{пот,i}$, млн. м ³	Отдача с учетом потерь $U_i + U_{пот,i}$, млн. м ³	Наполнение с учетом потерь, млн.м ³			
					$W_{p,i} - U_i - V_{пот,i}$		Объем воды в конце месяца $V_{к,i}$	Холостой сброс $V_{сб,i}$
					Избыток воды $W_{изб}$	Дефицит воды $W_{д}$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
III								
IV								
V								
VI								
VII								
VIII								
IX								
X								
XI								
XII								
I								
II								
Σ	$W_{год,95}$	U	$V_{пот}$					$V_{сб}$

Данные о притоке и общем потреблении воды заносят в гр. 2 и 3 таблицы 4.6 из соответствующих граф таблицы 3.2. Суммарный объем потерь $V_{пот}$ заносят в гр. 4 таблицы 4.6 из гр. 16 таблицы 4.5. Устанавливают значения месячного потребления (отдачу) воды с учетом потерь ($U + V_{пот}$) и заносят эти значения в гр. 5 таблицы 4.6. Расчеты избытков и дефицитов воды производят аналогично таблице 3.2, только с учетом потерь (гр. 6 и 7 таблицы 4.6).

Предполагая, что в расчетном маловодном году может осуществляться строительство водохранилища и заполнение его мертвого объема, объем воды в конце маловодного месяца, в котором полезный объем полностью срабатывается, принимают равным мертвому объему $V_{\text{мо}}$. Начиная с этого месяца, ходом «снизу вверх» последовательно прибавляют дефициты, которые суммируют и получают полезный, и соответственно полный объем водохранилища с учетом потерь и мертвого объема.

Расчет наполнения водохранилища производят так же, как в таблице 3.2, ходом «сверху вниз», заканчивая последним месяцем многоводного периода. Излишки воды направляют на сброс (гр. 9 таблицы 4.6). При этом следует стремиться, чтобы холостые сбросы были по возможности равномерно распределены по многоводным месяцам (для уменьшения параметров водосливных и водосбросных отверстий).

Правильность вычислений проверяют по составленному уравнению водного баланса за год:

$$W_p - U - V_{\text{пот}} - V_{\text{сб}} - V_{\text{мо}} = 0.$$

Если окажется, что воды не хватает для заполнения водохранилища:

$$W_p < (U + V_{\text{пот}} + V_{\text{мо}}),$$

то заполнение мертвого объема в расчетный маловодный год не представляется возможным и тогда объем воды в конце маловодного месяца принимают за нуль (полезный объем срабатывается до нуля, а не до УМО). Если после этого окажется, что $W_p < (U + V_{\text{пот}})$, то уменьшают водопотребление и расчеты повторяют.

Выполненный расчет потерь воды из водохранилища следует рассматривать как первое приближение. Фактические потери будут несколько выше в связи с увеличением площади зеркала и объема водохранилища за счет учета потерь. Поэтому для уточнения его параметров выполняют расчеты во втором, а если нужно – последующих приближениях по аналогичной методике, до получения достоверного значения объема с учетом потерь, отличающегося от предыдущего не более чем на 5 %. При этом в ходе последующего расчета потери воды определяют в зависимости от наполнения водохранилища,

вычисленного в предшествующем приближении. Как правило, в практических расчетах достаточно второго приближения. Поскольку методика последующих расчетов ничем не отличается от первого приближения, то в целях снижения их трудоемкости, в курсовом проекте можно ограничиться первым приближением.

По данным таблично-цифрового расчета, приведенным в таблице 4.6, строят график работы водохранилища (рисунок 4.1). По оси абсцисс откладывают месяцы в хронологической последовательности от того, который принят за начало водохозяйственного года (полная сработка полезного объема), а по оси ординат – объемы наполнения на конец каждого месяца с учетом потерь, т. е. данные гр. 8.

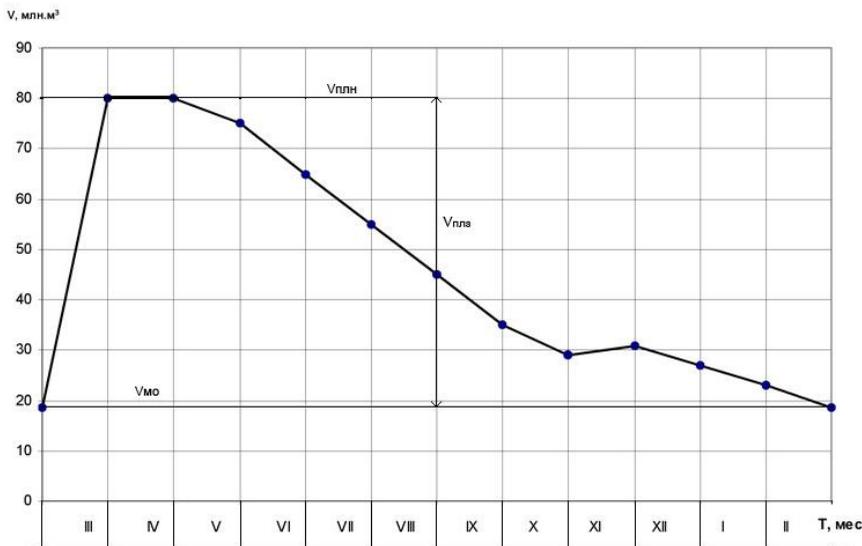


Рисунок 4.1 – График работы водохранилища

4.3. Определение сопряженных характеристик водохранилища и показателей регулирования стока

Рассчитанные с учетом потерь значения объемов $V_{плн}$, $V_{плз}$ и $V_{мо}$ необходимо нанести на морфометрическую кривую объемов водохранилища (см. рисунок 3.1) и установить сопряженные характеристики:

- отметку нормального подпорного уровня ($\nabla_{НПУ}$), соответствующую полному объему водохранилища $V_{плн}$;

- площадь зеркала водохранилища при данной отметке (величина затопления) $\Omega_{\text{нпу}}$;

- среднюю глубину при НПУ $h_{\text{ср НПУ}} = V_{\text{плн}} / \Omega_{\text{нпу}}$;

- отметку уровня мертвого объема $\nabla_{\text{УМО}}$;

- площадь зеркала при УМО $\Omega_{\text{УМО}}$;

- среднюю глубину при УМО $h_{\text{ср УМО}} = V_{\text{МО}} / \Omega_{\text{УМО}}$;

Глубину призмы сработки $h_{\text{сраб}} = \nabla_{\text{НПУ}} - \nabla_{\text{УМО}}$.

Необходимо также определить следующие показатели регулирования стока:

- коэффициент регулирующей емкости β , представляющий собой отношение полезного объема к среднему объему годового стока:

$$\beta = \frac{V_{\text{плз}}}{W_0},$$

где $W_0 = 31,54 \bar{Q}_{\text{год}}$;

- коэффициент зарегулированной отдачи α – отношение годовой суммарной потребности в воде к среднему годовому стоку:

$$\alpha = \frac{U}{W_0};$$

- удельное затопление $\omega_{\text{уд}}$ на 1 млн. м³ увеличения регулирующей емкости – отношение площади зеркала воды при НПУ к полезному объему:

$$W'_{\text{уд}} = \frac{\Omega_{\text{НПУ}}}{V_{\text{плз}}}, \text{ км}^2 \text{ на } 1 \text{ млн. м}^3;$$

- удельное затопление $W'_{\text{уд}}$ на 1 м³/с прироста зарегулированных расходов:

$$W'_{\text{уд}} = \frac{\Omega_{\text{НПУ}}}{Q_{\text{год. потр}}}, \text{ км}^2 \text{ на } 1 \text{ м}^3/\text{с},$$

где $Q_{\text{год. потр}} = \frac{U}{31,54}$, м³/с (U – в млн. м³).

Обычно для Республики Беларусь $W'_{\text{уд}} = 4\text{--}6 \text{ км}^2 \text{ на } 1 \text{ м}^3/\text{с}$.

Литература

1. Определение расчетных гидрологических характеристик: СНиП 2.01.14–83. – М., 1985. – 36 с.
2. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 448 с.
3. Определение расчетных гидрологических характеристик: пособие П1-98 к СНиП 2.01.14-83. – Минск: М-во строительства и архитектуры Респ. Беларусь, 2000. – 174 с.
4. Железняков, Г.В. Гидрология, гидрометрия и регулирование стока / Г.В. Железняков, Т.А. Неговская, Е.Е. Овчаров; под ред. Г.В. Железняка. – М.: Колос, 1984. – 205 с.
5. Гидрология и гидротехнические сооружения / под ред. Г.Н. Смирнова. – М.: Высшая школа., 1988. – 472 с.
6. Плешков, Я.Ф. Регулирование речного стока / Я.Ф. Плешков. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 560 с.
7. Логинов, В.Ф. Водный баланс речных водосборов Беларуси / В.Ф. Логинов, А.А. Волчек. – Минск: Тонпик, 2006. – 160 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Хронологические ряды среднегодовых расходов воды в реках

год	Средний годовой расход, м ³ /с, для вариантов																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		
1971	35,40	23,20	4,21	20,40	8,44	18,60	46,10	38,80	27,20	25,50	15,20	18,10	7,38	24,00	3,25	3,03	24,70	8,69	7,08	7,08	5,10	5,10		
1972	28,20	16,40	8,04	28,00	6,37	19,10	50,70	30,90	24,00	20,30	13,10	37,00	8,54	22,00	5,12	3,49	12,40	9,81	5,64	5,64	4,06	4,06		
1973	47,20	25,70	3,86	25,00	9,94	13,00	48,40	47,10	38,00	30,10	10,40	43,20	10,26	27,20	2,60	3,29	52,80	7,97	9,44	9,44	6,02	6,02		
1974	54,00	19,60	7,42	51,40	12,60	21,30	57,20	57,10	42,80	28,10	9,92	54,50	10,58	21,80	3,83	7,54	38,40	7,80	10,80	10,80	5,62	5,62		
1975	49,70	16,50	5,71	27,60	13,10	21,10	46,40	70,40	44,00	21,20	26,00	29,90	6,16	40,00	1,70	7,22	33,40	7,74	9,94	9,94	4,24	4,24		
1976	31,60	27,00	5,76	21,80	9,59	18,60	64,60	43,40	29,40	25,60	14,30	28,70	6,74	27,40	6,97	7,60	32,70	14,10	6,32	6,32	5,12	5,12		
1977	47,30	31,10	5,67	31,60	11,60	16,70	42,00	36,60	28,00	16,90	15,00	24,60	6,18	25,80	4,65	4,44	22,30	12,20	9,46	9,46	3,38	3,38		
1978	36,80	17,80	3,79	32,00	10,60	17,50	47,30	45,70	25,00	23,90	13,70	19,50	3,88	25,40	3,09	3,09	9,14	13,60	7,76	7,76	4,78	4,78		
1979	23,20	18,80	4,42	30,80	8,39	30,20	71,00	36,80	21,60	23,70	10,50	21,50	5,58	22,20	2,92	4,62	20,20	10,00	4,64	4,64	4,74	4,74		
1980	30,60	19,50	4,11	25,00	7,74	26,60	55,60	34,80	21,20	22,80	11,50	12,50	3,18	23,00	3,20	3,34	23,30	8,85	6,12	6,12	4,56	4,56		
1981	17,70	12,50	2,80	22,00	6,17	28,30	66,80	33,70	22,40	20,50	9,48	23,50	7,86	24,00	7,10	3,67	15,79	10,00	3,54	3,54	4,10	4,10		
1982	43,20	16,10	3,33	20,00	7,14	19,20	48,60	33,20	31,20	18,20	16,80	26,20	4,04	36,40	5,30	3,69	24,20	8,65	8,64	8,64	3,64	3,64		
1983	36,60	10,70	2,60	39,00	14,70	20,90	70,40	34,20	23,80	39,00	9,03	31,40	5,62	25,80	6,20	4,00	17,70	7,75	7,32	7,32	7,80	7,80		
1984	53,60	17,50	2,65	27,60	11,50	20,10	48,50	40,00	26,00	31,90	10,80	25,80	5,74	21,00	6,70	3,87	9,73	7,92	10,72	10,72	6,38	6,38		
1985	44,60	19,80	6,14	24,00	7,67	21,10	41,00	62,40	30,00	32,20	16,00	24,50	4,58	24,00	6,02	3,28	10,60	9,07	8,92	8,92	6,44	6,44		
1986	39,80	18,60	4,66	21,20	8,54	14,20	41,40	42,80	21,60	24,40	9,73	18,50	3,16	22,80	5,17	2,67	29,90	8,40	7,96	7,96	4,88	4,88		
1987	54,40	16,60	3,38	22,60	8,34	14,40	39,60	36,70	20,40	21,30	11,40	14,40	2,94	26,00	4,00	1,99	15,20	6,77	10,88	10,88	4,26	4,26		
1988	32,60	15,80	3,56	27,00	9,38	12,10	39,20	38,10	20,00	24,10	8,86	14,40	2,84	25,20	3,91	2,29	11,50	6,18	6,52	6,52	4,82	4,82		
1989	47,20	20,20	3,79	36,80	11,90	18,40	48,70	41,00	22,40	22,00	12,00	24,40	4,36	24,60	7,39	3,98	19,00	10,50	9,44	9,44	4,40	4,40		
1990	58,70	23,70	5,41	26,00	9,30	13,80	39,70	54,90	25,80	20,40	11,20	14,20	2,12	23,20	1,95	2,04	9,22	6,98	11,74	11,74	4,08	4,08		
1991	31,80	25,80	4,34	33,60	12,80	15,10	43,90	52,50	35,00	22,30	18,80	31,10	4,36	22,60	4,83	3,12	20,70	9,48	6,36	6,36	4,46	4,46		
1992	47,70	13,60	4,45	30,40	7,72	10,70	36,20	35,80	30,40	24,50	9,94	19,70	2,14	23,60	2,60	1,07	9,13	4,07	9,54	9,54	4,90	4,90		
1993	51,90	24,80	5,42	34,20	13,80	15,70	52,60	48,40	22,40	26,30	12,10	19,10	3,14	52,00	4,97	3,31	23,50	8,46	10,38	10,38	5,26	5,26		
1994	49,20	27,40	3,67	36,40	15,90	21,40	59,50	47,50	37,80	28,00	18,20	25,70	5,18	26,00	6,71	5,39	29,70	11,40	9,84	9,84	5,60	5,60		
1995	67,50	21,20	5,45	27,20	13,60	16,10	56,60	47,20	30,60	24,60	14,40	23,00	4,26	21,20	6,16	3,48	14,10	8,89	13,50	13,50	4,92	4,92		
1996	36,60	32,70	5,90	35,80	15,70	33,30	63,90	69,80	48,20	22,50	22,40	50,00	11,68	44,20	11,30	7,26	37,10	15,60	7,32	7,32	4,50	4,50		
1997	34,10	19,20	6,35	20,00	8,53	14,00	38,00	33,40	23,20	18,40	9,56	19,60	4,12	38,00	5,06	2,75	20,70	7,98	6,82	6,82	3,68	3,68		
1998	39,00	15,30	5,79	25,20	6,85	20,10	51,40	38,90	24,60	27,60	10,50	16,98	2,44	37,40	4,57	2,64	7,24	8,43	7,80	7,80	5,52	5,52		
1999	65,60	16,60	3,78	26,00	7,88	15,80	38,60	41,80	20,80	20,10	10,60	18,60	2,52	30,60	4,34	2,63	10,30	8,46	13,12	13,12	4,02	4,02		
2000	52,70	38,40	2,91	52,60	13,60	18,90	58,60	81,70	44,60	23,20	21,30	32,00	5,80	22,80	4,70	4,99	27,20	11,10	10,54	10,54	4,64	4,64		

Год	Средний годовой расход, м3/с, для вариантов																					
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
1971	5,82	7,76	10,20	13,60	12,00	4,64	17,70	11,60	21,05	16,32	16,88	37,20	23,05	19,40	36,27	51,00	30,40	14,48	18,45	12,00	16,25	15,15
1972	4,64	6,18	14,00	12,00	11,00	3,28	14,10	8,20	40,20	22,40	12,74	38,20	25,35	15,45	32,00	40,60	26,20	29,60	21,35	11,00	25,60	17,45
1973	7,07	9,42	12,50	19,00	13,60	5,14	23,60	12,85	19,30	20,00	19,88	26,00	24,20	23,55	50,67	60,20	20,80	34,56	25,65	13,60	13,00	16,45
1974	8,57	11,4	25,70	21,40	10,90	3,92	27,00	9,80	37,10	41,12	25,20	42,60	28,60	28,55	57,07	56,20	19,84	43,60	26,45	10,90	19,15	37,70
1975	10,56	14,1	13,80	22,00	20,00	3,30	24,85	8,25	28,55	22,08	26,20	42,20	23,20	35,20	58,67	42,40	52,00	23,92	15,40	20,00	8,50	36,10
1976	6,51	8,68	10,90	14,70	13,70	5,40	15,80	13,50	28,80	17,44	19,18	37,20	32,30	21,70	39,20	51,20	28,60	22,96	16,85	13,70	34,85	38,00
1977	5,49	7,32	15,80	14,00	12,90	6,22	23,65	15,55	28,35	25,28	23,20	33,40	21,00	18,30	37,33	33,80	30,00	19,68	15,45	12,90	23,25	22,20
1978	6,86	9,14	16,00	12,50	12,70	3,58	19,40	8,90	18,95	25,60	21,20	35,00	23,65	22,85	33,33	47,80	27,40	15,60	9,70	12,70	15,45	15,45
1979	5,52	7,36	15,40	10,80	11,10	3,76	11,60	9,40	22,10	24,64	16,78	60,40	35,50	18,40	28,80	47,40	21,00	17,20	13,95	11,10	14,60	23,10
1980	5,22	6,96	12,50	10,60	11,50	3,90	15,30	9,75	20,55	20,00	15,48	53,20	27,80	17,40	28,27	45,60	23,00	10,00	7,95	11,50	16,00	16,70
1981	5,06	6,74	11,00	11,20	12,00	2,50	8,85	6,25	14,00	17,60	12,34	56,60	33,40	16,85	29,87	41,00	18,96	18,80	19,65	12,00	35,50	18,35
1982	4,98	6,64	10,00	15,60	18,20	3,22	21,60	8,05	16,65	16,00	14,28	38,40	24,30	16,60	41,60	36,40	33,60	20,96	10,10	18,20	26,50	18,45
1983	5,13	6,84	19,50	11,90	12,90	2,14	18,30	5,35	13,00	31,20	29,40	41,80	35,20	17,10	31,73	78,00	18,06	25,12	14,05	12,90	31,00	20,00
1984	6,00	8	13,80	13,00	10,50	3,50	26,80	8,75	13,25	22,08	23,00	40,20	24,25	20,00	34,67	63,80	21,60	20,64	14,35	10,50	33,50	19,35
1985	9,36	12,48	12,00	15,00	12,00	3,96	22,30	9,90	30,70	19,20	15,34	42,20	20,50	31,20	40,00	64,40	32,00	19,60	11,45	12,00	30,10	16,40
1986	6,42	8,56	10,60	10,80	11,40	3,72	19,90	9,30	23,30	16,96	17,08	28,40	20,70	21,40	28,80	48,80	19,46	14,80	7,90	11,40	25,85	13,35
1987	5,51	7,34	11,30	10,20	13,00	3,32	27,20	8,30	16,90	18,08	16,68	28,80	19,80	18,35	27,20	42,60	22,80	11,52	7,35	13,00	20,00	9,95
1988	4,77	7,62	13,50	10,00	12,60	3,16	16,30	7,90	17,80	21,60	18,76	24,20	19,60	19,05	26,67	48,20	17,72	11,52	7,10	12,60	19,55	11,45
1989	6,15	8,2	18,40	11,20	12,30	4,04	23,60	10,10	18,95	29,44	23,80	36,80	24,35	20,50	29,87	44,00	24,00	19,52	10,90	12,30	36,95	19,90
1990	8,24	10,98	13,00	12,90	11,60	4,74	29,35	11,85	27,05	20,80	18,60	27,60	19,85	27,45	34,40	40,80	22,40	11,36	5,30	11,60	9,75	10,20
1991	7,88	10,60	16,80	17,50	11,30	5,16	15,90	12,90	21,70	26,88	25,60	30,20	21,95	26,25	46,67	44,60	37,60	24,88	10,90	11,30	24,15	15,60
1992	5,37	7,16	15,20	15,20	11,80	2,72	23,85	6,80	22,25	24,32	15,44	21,40	18,10	17,90	40,53	49,00	19,88	15,76	5,35	11,80	13,00	5,35
1993	7,26	9,68	17,10	11,20	26,00	4,96	25,95	12,40	27,10	27,36	27,60	31,40	26,30	24,20	29,87	52,60	24,20	15,28	7,85	26,00	24,85	16,55
1994	7,13	9,5	18,20	18,90	13,00	5,48	24,60	13,70	18,35	29,12	31,80	42,80	29,75	23,75	50,40	56,00	36,40	20,56	12,95	13,00	33,55	26,95
1995	7,08	9,44	13,60	15,30	10,60	4,24	33,75	10,60	27,25	21,76	27,20	32,20	28,30	23,60	40,80	49,20	28,80	18,40	10,65	10,60	30,80	17,40
1996	10,47	13,96	17,90	24,10	22,10	6,54	18,30	16,35	29,50	28,64	31,40	66,60	31,95	34,90	64,27	45,00	44,80	40,00	29,20	22,10	56,50	36,30
1997	5,01	6,68	10,00	11,60	19,00	3,84	17,05	9,60	31,75	16,00	17,06	28,00	19,00	16,70	30,93	36,80	19,12	15,68	10,30	19,00	25,30	13,75
1998	5,84	7,78	12,60	12,30	18,70	3,06	19,50	7,65	28,95	20,16	13,70	40,20	25,70	19,45	32,80	55,20	21,00	13,52	6,10	18,70	22,85	13,20
1999	6,27	8,36	13,00	10,40	15,30	3,32	32,80	8,30	18,90	20,80	15,76	31,60	19,30	20,90	27,73	40,20	21,20	14,88	6,30	15,30	21,70	13,15
2000	12,26	16,34	26,30	22,30	11,40	7,68	26,35	19,20	14,55	42,08	27,20	37,80	29,30	40,85	59,47	46,40	42,60	25,60	14,50	11,40	23,50	24,95

Год	Средний годовой расход, м3/с, для вариантов																					
	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66
1971	12,35	17,38	17,70	14,16	12,75	25,50	19,40	15,52	20,40	27,20	24,00	23,20	16,84	14,76	13,00	12,12	14,16	10,20	20,40	15,52	18,56	11,1
1972	6,20	19,62	14,10	11,28	10,15	20,30	15,45	12,36	28,00	24,00	22,00	16,40	32,16	17,08	20,48	13,96	11,28	8,12	16,24	12,36	13,12	12,8
1973	26,40	15,94	23,60	18,88	15,05	30,10	23,55	18,84	25,00	38,00	27,20	25,70	15,44	20,52	10,40	13,16	18,88	12,04	24,08	18,84	20,56	15,4
1974	19,20	15,20	27,00	21,60	14,05	28,10	28,55	22,84	51,40	42,80	21,80	19,60	29,68	21,16	15,32	30,16	21,60	11,24	22,48	22,84	15,68	15,9
1975	16,70	15,48	24,85	19,88	10,60	21,20	35,20	28,16	27,60	44,00	40,00	16,50	22,84	12,32	6,80	28,88	19,88	8,48	16,96	28,16	13,20	9,24
1976	16,35	28,20	15,80	12,64	12,80	25,60	21,70	17,36	21,80	29,40	27,40	27,00	23,04	13,48	27,88	30,40	12,64	10,24	20,48	17,36	21,60	10,1
1977	11,15	24,40	23,65	18,92	8,45	16,90	18,30	14,64	31,60	28,00	25,80	31,10	22,68	12,36	18,60	17,76	18,92	6,76	13,52	14,64	24,88	9,27
1978	4,57	27,20	19,40	15,52	11,95	23,90	22,85	18,28	32,00	25,00	25,40	17,80	15,16	7,76	12,36	12,36	15,52	9,56	19,12	18,28	14,24	5,82
1979	10,10	20,00	11,60	9,28	11,85	23,70	18,40	14,72	30,80	21,60	22,20	18,80	17,68	11,16	11,68	18,48	9,28	9,48	18,96	14,72	15,04	8,37
1980	11,65	17,70	15,30	12,24	11,40	22,80	17,40	13,92	25,00	21,20	23,00	19,50	16,44	6,36	12,80	13,36	12,24	9,12	18,24	13,92	15,60	4,77
1981	7,90	20,00	8,85	7,08	10,25	20,50	16,85	13,48	22,00	22,40	24,00	12,50	11,20	15,72	28,40	14,68	7,08	8,20	16,40	13,48	10,00	11,8
1982	12,10	17,30	21,60	17,28	9,10	18,20	16,60	13,28	20,00	31,20	36,40	16,10	13,32	8,08	21,20	14,76	17,28	7,28	14,56	13,28	12,88	6,06
1983	8,85	15,50	18,30	14,64	19,50	39,00	17,10	13,68	39,00	23,80	25,80	10,70	10,40	11,24	24,80	16,00	14,64	15,60	31,20	13,68	8,56	8,43
1984	4,87	15,84	26,80	21,44	15,95	31,90	20,00	16,00	27,60	26,00	21,00	17,50	10,60	11,48	26,80	15,48	21,44	12,76	25,52	16,00	14,00	8,61
1985	5,30	18,40	22,30	17,84	16,10	32,20	31,20	24,96	24,00	30,00	24,00	19,80	24,56	9,16	24,08	13,12	17,84	12,88	25,76	24,96	15,84	6,87
1986	14,95	16,80	19,90	15,92	12,20	24,40	21,40	17,12	21,20	21,60	22,80	18,60	18,64	6,32	20,68	10,68	15,92	9,76	19,52	17,12	14,88	4,74
1987	7,60	13,54	27,20	21,76	10,65	21,30	18,35	14,68	22,60	20,40	26,00	16,60	13,52	5,88	16,00	7,96	21,76	8,52	17,04	14,68	13,28	4,41
1988	5,75	12,36	16,30	13,04	12,05	24,10	19,05	15,24	27,00	20,00	25,20	15,80	14,24	5,68	15,64	9,16	13,04	9,64	19,28	15,24	12,64	4,26
1989	9,50	21,00	23,60	18,88	11,00	22,00	20,50	16,40	36,80	22,40	24,60	20,20	15,16	8,72	29,56	15,92	18,88	8,80	17,60	16,40	16,16	6,54
1990	4,61	13,96	29,35	23,48	10,20	20,40	27,45	21,96	26,00	25,80	23,20	23,70	21,64	4,24	7,80	8,16	23,48	8,16	16,32	21,96	18,96	3,18
1991	10,35	18,96	15,90	12,72	11,15	22,30	26,25	21,00	33,60	35,00	22,60	25,80	17,36	8,72	19,32	12,48	12,72	8,92	17,84	21,00	20,64	6,54
1992	4,57	8,14	23,85	19,08	12,25	24,50	17,90	14,32	30,40	30,40	23,60	13,60	17,80	4,28	10,40	4,28	19,08	9,80	19,60	14,32	10,88	3,21
1993	11,75	16,92	25,90	20,76	13,15	26,30	24,20	19,36	34,20	22,40	52,00	24,80	21,68	6,28	19,88	13,24	20,76	10,52	21,04	19,36	19,84	4,71
1994	14,85	22,80	24,60	19,68	14,00	28,00	23,75	19,90	36,40	37,80	26,00	27,40	14,68	10,36	26,84	21,56	19,68	11,20	22,40	19,00	21,92	7,77
1995	7,05	17,78	33,75	27,00	12,30	24,60	23,60	18,88	27,20	30,60	21,20	21,20	21,80	8,52	24,64	13,92	27,00	9,84	19,68	18,88	16,96	6,39
1996	18,55	31,20	18,30	14,64	11,25	22,50	34,90	27,92	35,80	48,20	11,20	32,70	23,60	23,36	45,20	29,04	14,64	9,00	18,00	27,92	26,16	17,5
1997	10,35	15,96	17,05	13,64	9,20	18,40	16,70	13,36	20,00	23,20	38,00	19,20	25,40	8,24	20,24	11,00	13,64	7,36	14,72	13,36	15,36	6,18
1998	3,62	16,86	19,50	15,60	13,80	27,60	19,45	15,56	25,20	24,60	37,40	15,30	23,16	4,88	18,28	10,56	15,60	11,04	22,08	15,56	12,24	3,66
1999	5,15	16,92	32,80	26,24	10,05	20,10	20,90	16,72	26,00	20,80	30,60	16,60	15,12	5,04	17,36	10,52	26,24	8,04	16,08	16,72	13,28	3,78
2000	13,60	22,20	26,35	21,08	11,60	23,20	40,85	32,68	52,60	44,60	22,80	38,40	11,64	11,60	18,80	19,96	21,08	9,28	18,56	32,68	30,72	8,7

Исходные данные для установления потребностей в воде: площадь водосбора реки F , км²; модули q , л/ (с.км²) и коэффициенты C_v и C_s минимального месячного стока за летне-осенний и зимний периоды; забор из верхнего $Q_{ВВ}$ и попуск в нижний $Q_{НБ}$ бьефы, м³/с

Варианты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
Площадь, F , км ²	5220	3330	618	4240	1460	3070	6840	6390	5160	4050	2160	5010	880	6200	1450	910	5260	2010	822	1044	805	810	
Летне-осенняя межень	$q_{\text{Л-О}}$ $Q_{\text{мин.мес.}}$	1,69	2,31	2,39	0,95	3,24	2,58	3,52	1,85	1,90	2,65	1,60	1,07	0,69	0,64	0,98	0,51	0,53	1,55	1,69	2,31	2,39	0,95
	$C_v^{\text{Л-О}}$	0,44	0,47	0,49	0,59	0,40	0,31	0,22	0,31	0,40	0,24	0,44	0,47	0,50	0,65	0,93	0,78	0,95	0,51	0,44	0,47	0,49	0,59
	$C_s^{\text{Л-О}}$	0,68	0,67	0,73	0,87	1,80	1,20	1,30	1,24	1,20	0,53	1,23	1,40	1,30	2,20	1,83	1,80	2,53	1,83	0,88	0,87	0,73	0,87
Зимняя межень	$q_{\text{ЗИМ}}$ $Q_{\text{мин.мес.}}$	1,22	2,55	3,34	1,90	4,50	2,68	3,74	1,37	2,30	3,08	1,50	1,31	1,12	1,10	1,25	1,08	1,18	2,02	1,22	2,55	3,34	1,90
	$C_v^{\text{ЗИМ}}$	0,49	0,44	0,50	0,76	0,45	0,27	0,30	0,39	0,30	0,22	0,37	0,37	0,58	0,58	0,75	0,64	0,87	0,40	0,49	0,44	0,50	0,76
	$C_s^{\text{ЗИМ}}$	1,23	0,37	0,90	1,52	0,90	0,53	0,60	1,00	0,40	0,47	0,87	0,93	1,16	1,13	1,30	0,87	1,74	1,60	1,23	0,37	0,90	1,52
Забор из ВБ $Q_{ВВ}$	IV-X	14,90	6,94	1,57	8,40	3,70	6,46	18,30	15,50	8,00	8,85	4,54	6,92	0,82	4,80	1,16	0,99	3,17	2,56	1,90	2,80	1,34	1,37
	XI-III	7,47	3,47	0,78	4,20	1,85	3,23	9,51	8,04	4,00	4,59	2,35	3,59	0,42	2,40	0,60	0,51	1,64	1,52	1,50	1,80	0,72	0,68
Попуск в НБ $Q_{НБ}$	IV-X	8,89	4,13	0,93	7,00	2,20	3,85	11,30	9,57	6,00	5,46	2,80	4,27	0,51	3,00	0,71	0,61	1,96	1,46	1,35	1,90	0,80	0,83
	XI-III	4,62	2,15	0,49	3,60	1,15	2,00	5,69	4,98	2,00	2,84	1,46	2,22	0,26	1,60	0,37	0,32	1,02	0,96	0,90	1,10	0,53	0,49

Варианты	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	
Площадь, F , км ²	739	1278	2120	2580	3100	666	2610	1665	3090	8480	2920	6140	3420	3195	10320	8100	4320	10020	3400	3100	7250	4550	
Летне-осенняя межень	$q_{\text{Л-О}}$ $Q_{\text{мин.мес.}}$	3,24	2,58	3,52	1,85	1,86	2,65	1,69	2,31	2,39	0,95	3,24	2,58	3,52	1,85	1,90	2,65	1,60	1,07	0,69	0,64	0,98	0,51
	$C_v^{\text{Л-О}}$	0,40	0,31	0,22	0,31	0,43	0,24	0,44	0,47	0,49	0,59	0,40	0,31	0,22	0,31	0,40	0,24	0,44	0,47	0,50	0,65	0,93	0,78
	$C_s^{\text{Л-О}}$	1,80	1,20	1,30	1,24	1,20	0,53	0,68	0,67	0,73	0,87	1,80	1,20	1,30	1,24	1,20	0,53	1,23	1,40	1,30	2,20	1,83	1,80
Зимняя межень	$q_{\text{ЗИМ}}$ $Q_{\text{мин.мес.}}$	4,50	2,68	3,74	1,37	2,25	3,08	1,22	2,55	3,34	1,90	4,50	2,68	3,74	1,37	2,30	3,08	1,50	1,31	1,12	1,10	1,25	1,08
	$C_v^{\text{ЗИМ}}$	0,45	0,27	0,30	0,39	0,32	0,22	0,49	0,44	0,50	0,76	0,45	0,27	0,30	0,39	0,30	0,22	0,37	0,37	0,58	0,58	0,75	0,64
	$C_s^{\text{ЗИМ}}$	0,90	0,53	0,60	1,00	0,43	0,47	1,23	0,37	0,90	1,52	0,90	0,53	0,60	1,00	0,40	0,47	0,87	0,93	1,16	1,13	1,30	0,87
Забор из ВБ $Q_{ВВ}$	IV-X	1,60	3,60	4,10	4,00	3,90	1,20	7,45	3,47	7,85	6,72	7,40	12,92	9,15	7,75	14,00	14,70	9,08	6,92	2,55	3,40	5,80	3,95
	XI-III	1,20	1,80	2,20	2,10	1,90	0,80	3,74	1,74	3,90	3,36	3,70	6,46	4,76	4,02	8,00	9,18	4,70	3,59	1,30	1,90	3,00	2,55
Попуск в НБ $Q_{НБ}$	IV-X	1,40	2,20	2,80	2,70	2,40	0,70	4,45	2,07	4,65	4,00	4,40	7,70	5,65	4,79	12,00	10,92	5,60	4,27	1,60	2,50	3,55	3,05
	XI-III	0,90	1,20	1,70	1,50	1,20	0,40	2,31	1,08	2,45	2,08	2,30	4,00	2,85	2,49	6,00	5,68	2,92	2,22	0,80	1,20	1,85	1,60

Варианты	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	
Площадь, F, км ²	2630	4020	2610	2088	2025	4050	3195	2556	4240	5160	6200	3330	2472	2720	5800	3640	2088	1620	3240	2556	2664	1300	
Летне-осенняя межень	Q _V ^{Л-О} мин.мес.	0,53	1,55	1,69	2,31	2,39	0,95	3,24	2,58	3,52	1,85	1,86	2,65	2,39	0,69	0,98	0,51	1,69	2,39	0,95	3,24	2,65	0,72
	C _V ^{Л-О}	0,95	0,51	0,44	0,47	0,49	0,59	0,40	0,31	0,22	0,31	0,43	0,24	0,49	0,50	0,93	0,78	0,44	0,49	0,59	0,40	0,24	0,46
	C _S ^{Л-О}	2,53	1,83	0,88	0,87	0,73	0,87	1,80	1,20	1,30	1,24	1,20	0,53	0,73	1,30	1,83	1,80	0,44	0,73	0,87	1,80	0,53	1,44
Зимняя межень	Q _V ^{ЗИМ} мин.мес.	1,18	2,02	1,22	2,55	3,34	1,90	4,50	2,68	3,74	1,37	2,25	3,08	3,34	1,12	1,25	1,08	1,22	3,34	1,90	4,50	3,08	1,1
	C _V ^{ЗИМ}	0,87	0,40	0,49	0,44	0,50	0,76	0,45	0,27	0,30	0,39	0,32	0,22	0,50	0,58	0,75	0,64	0,49	0,50	0,76	0,45	0,22	0,54
	C _S ^{ЗИМ}	1,74	1,60	1,23	0,37	0,90	1,52	0,90	0,53	0,60	1,00	0,43	0,47	0,90	1,16	1,30	0,87	1,23	0,90	1,52	0,90	0,47	1,08
Забор из ВБ Q _{ВБ}	IV-X	1,59	4,72	8,00	5,60	4,20	6,85	9,00	7,20	8,20	8,80	7,80	6,00	6,28	2,04	4,64	3,96	6,40	3,36	5,48	7,20	4,80	1,2
	XI-III	0,82	6,76	5,50	3,60	2,25	3,40	7,00	3,60	4,40	4,20	3,80	4,00	3,12	1,04	2,40	2,04	4,40	1,80	2,72	5,60	3,20	0,64
Попуск в НБ Q _{НБ}	IV-X	0,98	2,92	4,50	3,80	2,50	4,15	5,50	4,40	5,60	5,40	4,80	3,50	3,72	1,28	2,84	2,44	3,60	2,00	3,32	6,80	2,80	0,75
	XI-III	0,51	2,52	3,00	2,20	1,65	2,45	4,50	2,40	2,80	3,00	2,40	2,00	1,96	0,64	1,48	1,28	2,40	1,32	1,96	3,60	1,60	0,42

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Расчетное распределение месячного стока рек в очень маловодные годы (в процентах от годового стока)

Номер варианта	Месячный сток											
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II
1–5	4,8	55,8	21,6	4,6	2,1	1,4	1,3	2	3,1	1,3	1,1	0,9
6–10	9,8	33,3	19,1	5,8	3,7	2,8	3,4	5,5	6,5	4,3	3,1	2,7
11–15	18,6	55,7	6,4	3,2	1,4	0,7	1,0	2,9	4,4	3,1	1,6	1,0
16–20	17,0	24,7	10,1	5,7	3,9	4,4	3,5	4,4	6,5	8,8	6,1	4,9
21–27	16,9	26,5	11,8	7,1	5,3	4,7	4,3	4,8	6,0	5,5	3,9	3,2
28–30	6,5	63,5	13,3	2,5	1,8	1,4	1,7	2,1	2,6	1,8	1,5	1,3
31–35	17,8	33,8	8,4	3,9	2,5	2,1	2,2	3,5	6,0	8,5	5,4	5,9
36–40	16,5	28,6	9,0	3,8	4,1	4,4	4,9	4,7	5,7	7,3	5,3	5,7
41–45	17,5	49,0	5,0	3,3	2,2	1,9	2,5	2,9	5,7	4,2	3,1	2,7
46–50	18,6	47,6	6,5	4,5	2,6	1,9	2,1	3,6	4,9	3,4	2,3	2,0
51–55	25,5	43,3	13,4	2,4	1,7	1,2	1,2	1,4	2,2	4,0	2,4	1,3
56–60	20,9	42	8,2	3,2	1,6	1,3	2,1	3,6	6,4	4,6	3,6	2,5
61–66	43,4	21,7	8,1	4,1	1,8	1,3	1,9	4,6	6,1	3,4	2,0	1,6

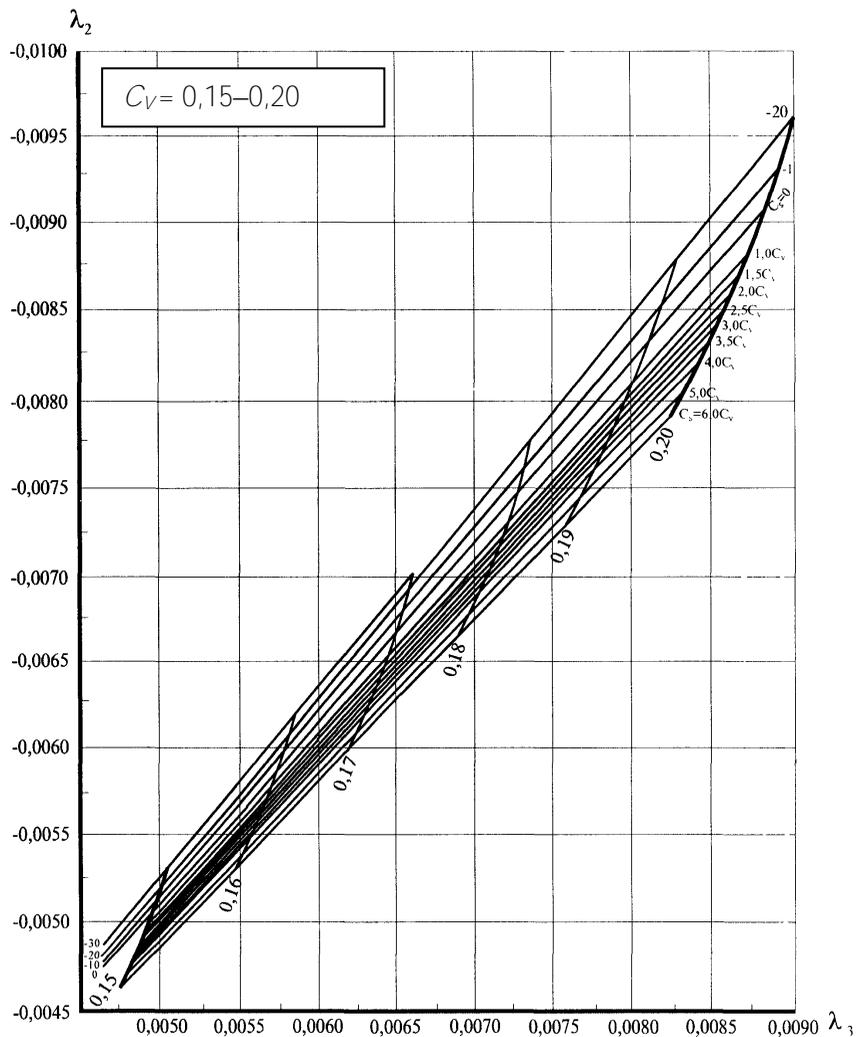
ПРИЛОЖЕНИЕ 4

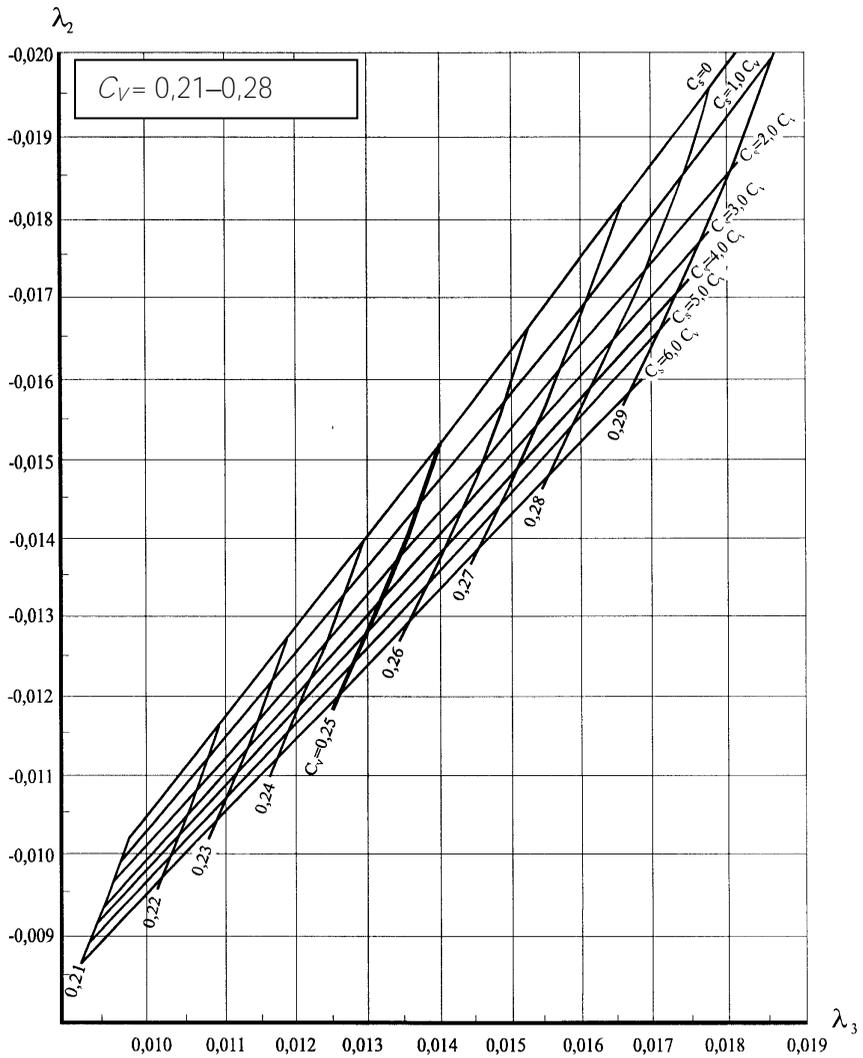
Топографические характеристики речных долин

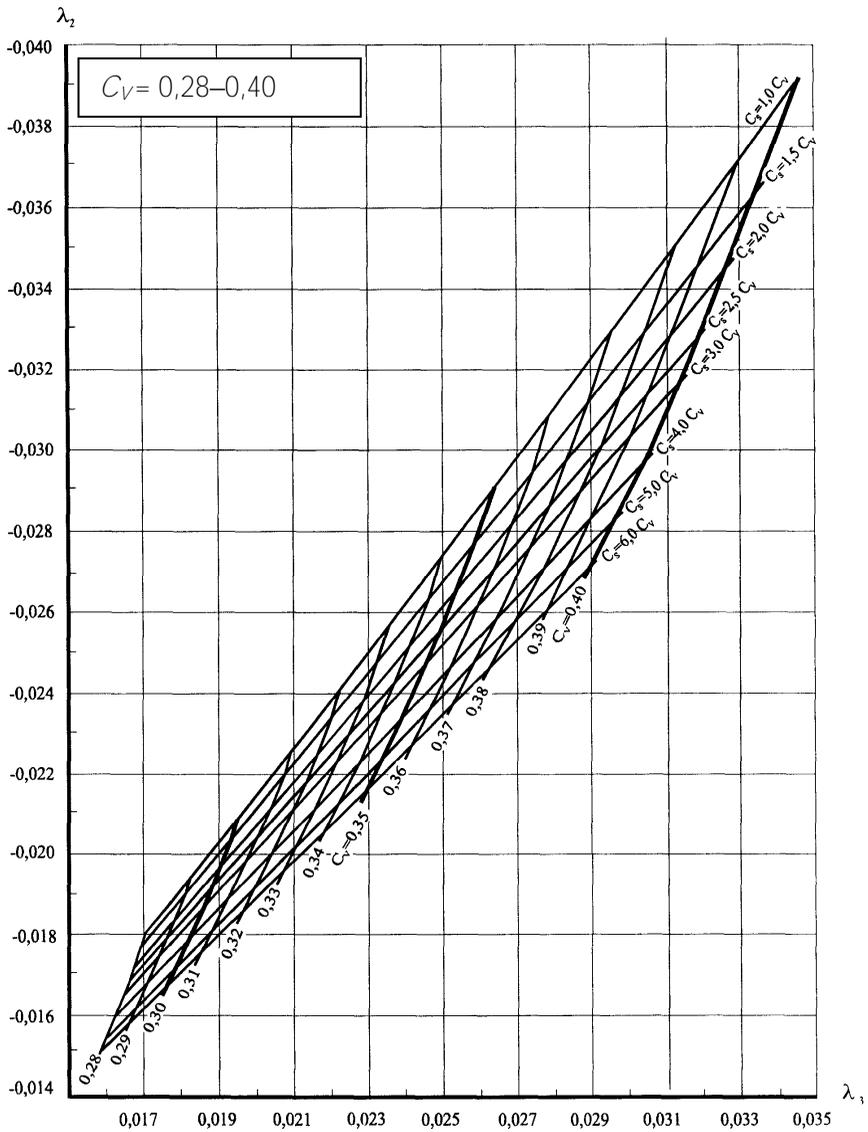
Номера вариантов	2, 6, 10, 26 27, 29, 31, 36, 43, 44, 46, 50, 52, 55, 61, 63, 64, 65	$H, м$	157,5	160,0	162,5	165,0	170,0	175,0
		$\Omega, км^2$	0	1,25	14,9	52,4	70,7	105
	1, 7, 8, 9, 12, 14, 32, 34, 35, 37, 38, 39, 40, 53, 54, 51	$H, м$	117,5	120,0	122,5	125,0	127,5	130,0
		$\Omega, км^2$	0	1,04	18,7	50,4	75,0	128
	4, 5, 11, 17, 18, 20, 24, 25, 30, 33, 41, 42, 45, 47, 48, 49, 56, 57, 58, 59, 60, 62	$H, м$	135,0	137,5	140,0	142,5	145,0	147,5
		$\Omega, км^2$	0	4,53	11,0	18,1	35,9	82,4
3, 13, 15, 16, 19, 21, 22, 23, 28, 66	$H, м$	185,0	187,5	190,0	192,5	195,0	197,5	
	$\Omega, км^2$	0	2,54	7,86	12,3	17,2	24,7	

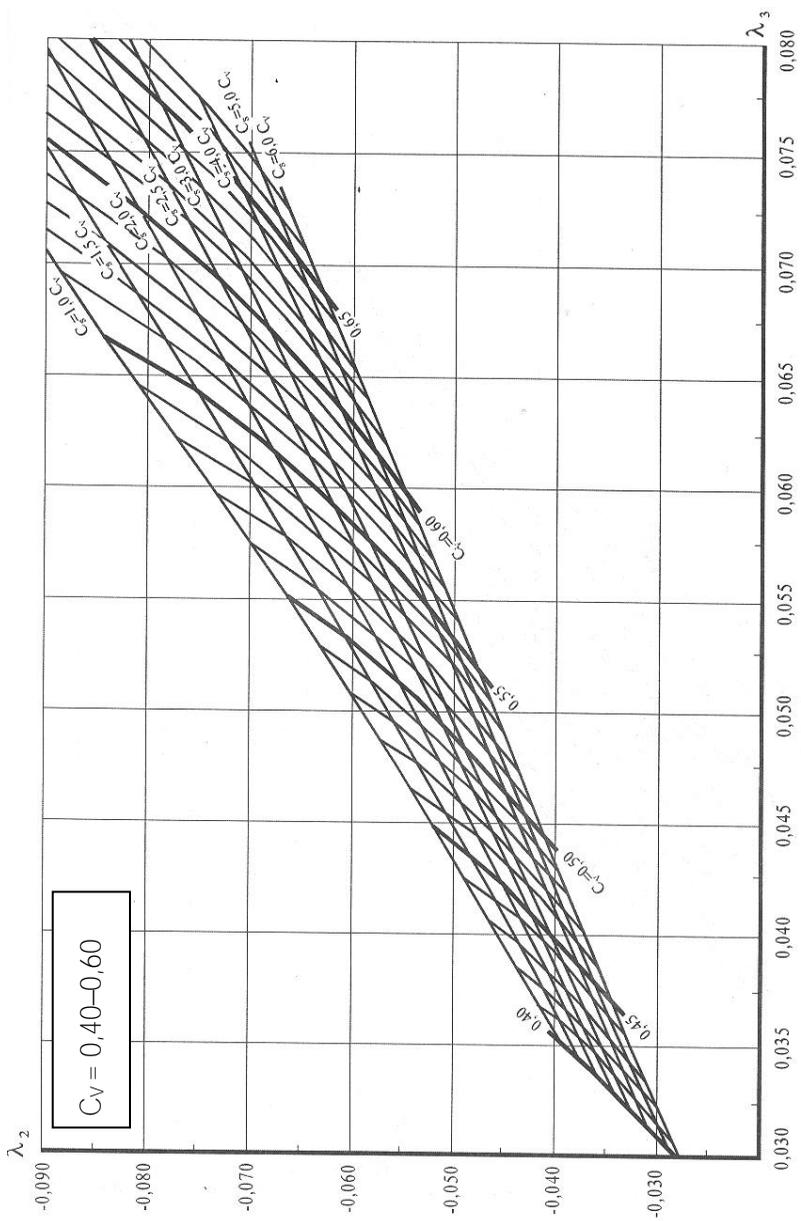
ПРИЛОЖЕНИЕ 5

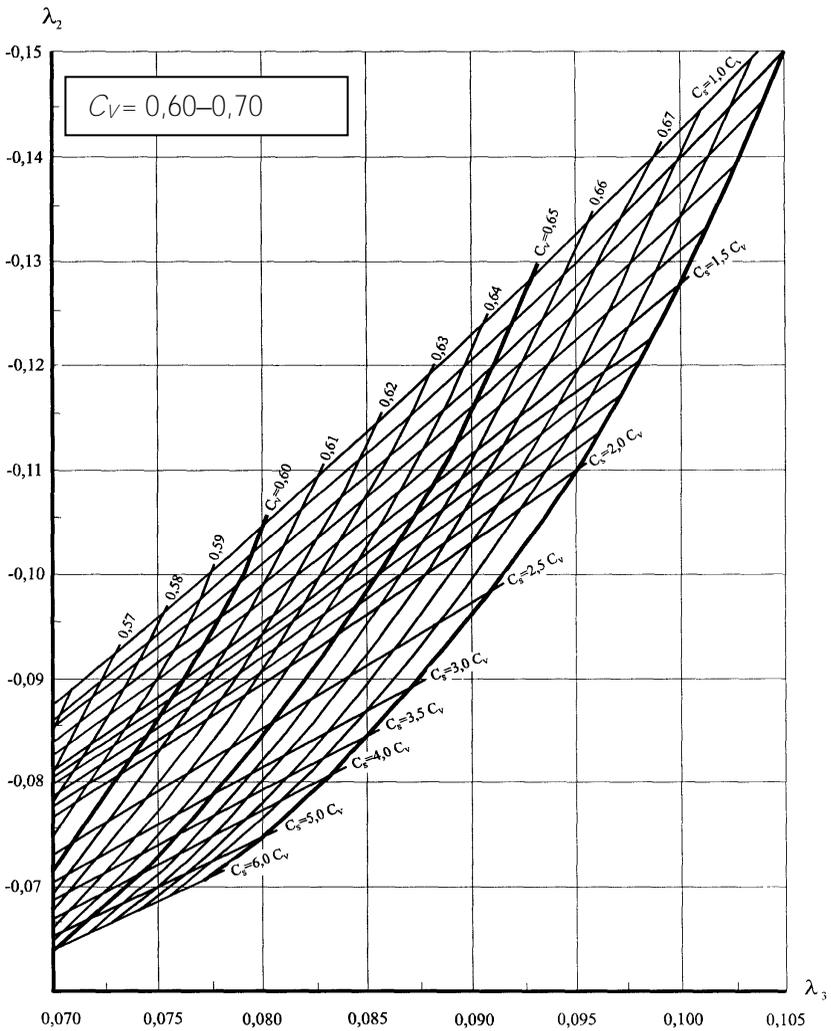
**Номограммы для вычисления параметров
трехпараметрического гамма-распределения (C_V) и (C_S)
методом наибольшего правдоподобия при $C_V = 0,15-1,10$**

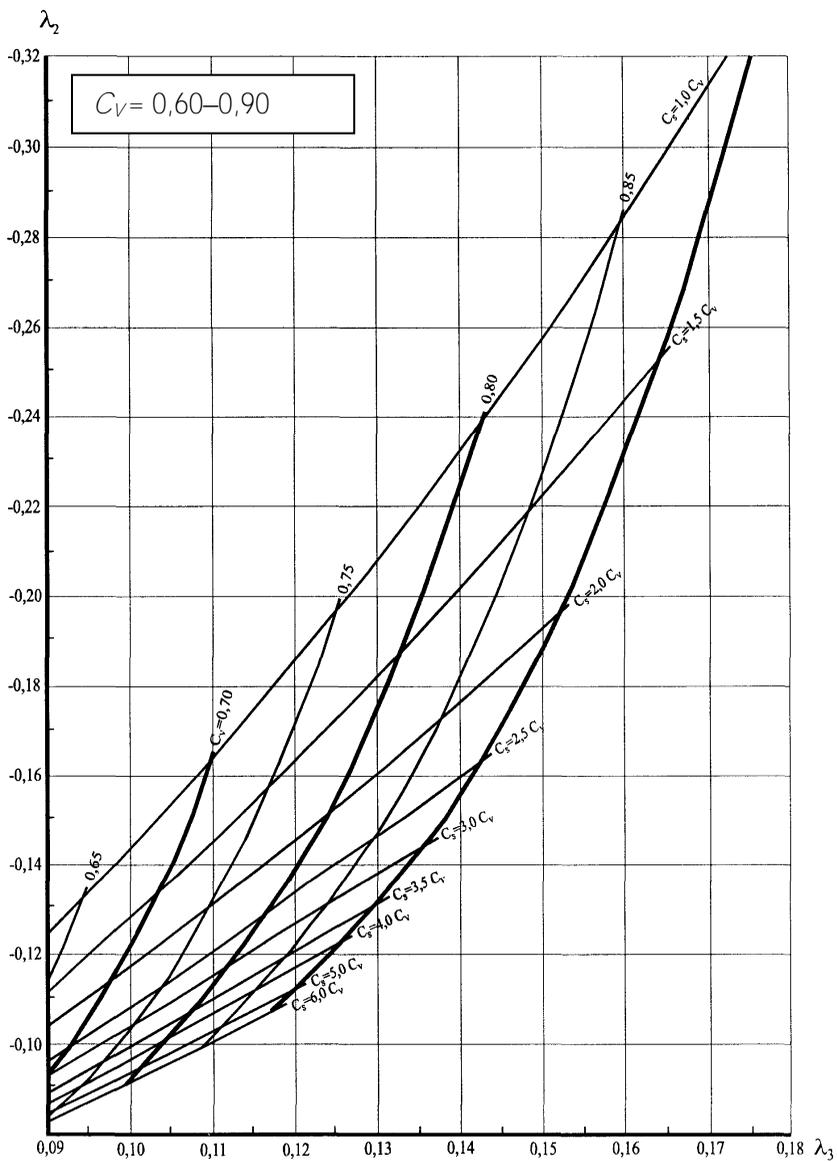


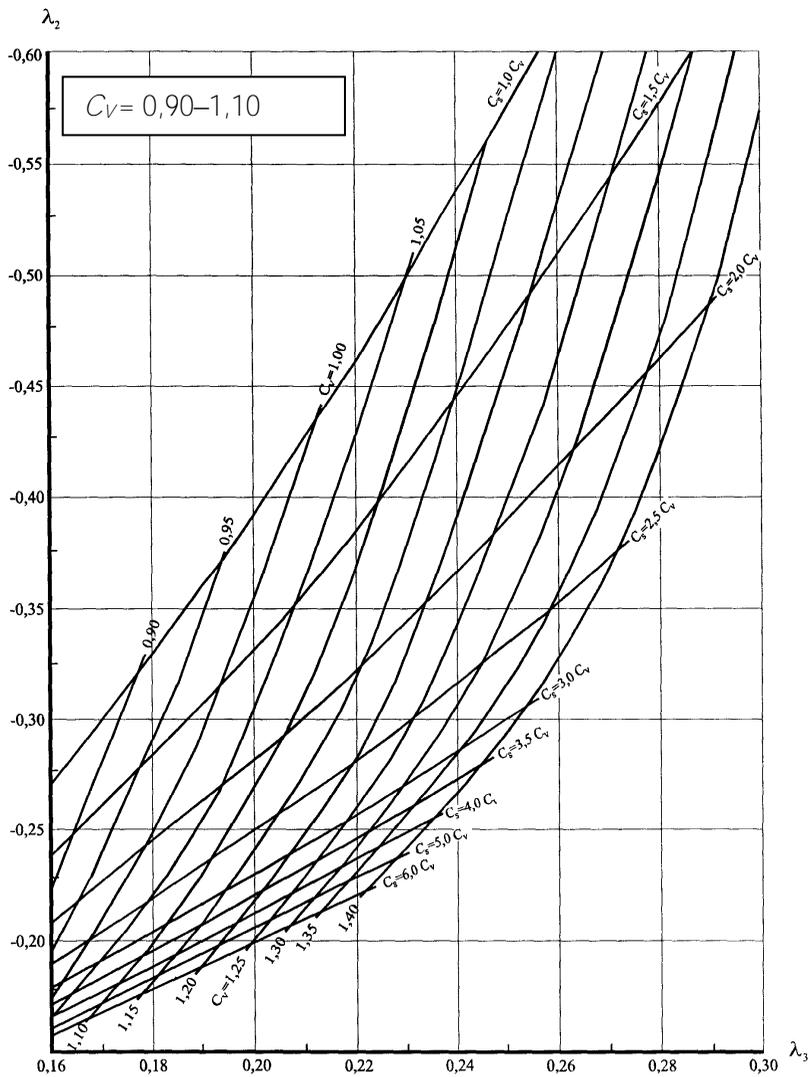












**Ординаты (значения модульных коэффициентов)
кривой трехпараметрического гамма-распределения**

P, %	C_V				
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
$C_S = 0$					
0,1	1,31	1,60	1,88	2,09	2,20
0,3	1,27	1,54	1,79	2,00	2,12
0,5	1,26	1,51	1,74	1,95	2,08
1	1,23	1,46	1,68	1,87	2,01
3	1,19	1,37	1,56	1,73	1,88
5	1,16	1,33	1,49	1,65	1,80
10	1,13	1,26	1,39	1,52	1,66
20	1,08	1,17	1,26	1,36	1,47
25	1,07	1,14	1,21	1,29	1,39
30	1,05	1,11	1,16	1,23	1,31
40	1,03	1,05	1,08	1,12	1,16
50	1,00	1,00	1,00	1,01	1,01
60	0,975	0,949	0,923	0,895	0,855
70	0,947	0,894	0,838	0,775	0,690
75	0,932	0,864	0,792	0,709	0,603
80	0,916	0,830	0,740	0,637	0,511
90	0,872	0,742	0,606	0,459	0,305
95	0,835	0,670	0,501	0,331	0,182
97	0,812	0,624	0,436	0,261	0,125
99	0,768	0,540	0,326	0,156	0,055
99,5	0,743	0,494	0,271	0,112	0,033
99,7	0,726	0,464	0,237	0,088	0,023
99,9	0,693	0,405	0,178	0,053	0,010

$P, \%$	C_V						
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
$C_S = 0.5C_V$							
0,1	1,31	1,63	1,95	2,25	2,5	2,69	2,74
0,3	1,28	1,56	1,85	2,12	2,36	2,55	2,64
0,5	1,26	1,53	1,79	2,05	2,28	2,48	2,59
1	1,24	1,48	1,72	1,95	2,17	2,37	2,5
3	1,19	1,38	1,58	1,78	1,97	2,16	2,33
5	1,17	1,33	1,51	1,68	1,86	2,03	2,22
10	1,13	1,26	1,39	1,53	1,67	1,83	2,01
0	1,08	1,17	1,25	1,35	1,44	1,56	1,7
25	1,07	1,13	1,2	1,27	1,35	1,45	1,56
30	1,05	1,1	1,16	1,21	1,27	1,34	1,42
40	1,02	1,05	1,07	1,1	1,12	1,15	1,16
50	0,999	0,997	0,993	0,988	0,98	0,962	0,92
60	0,974	0,946	0,915	0,881	0,839	0,78	0,69
70	0,947	0,882	0,834	0,769	0,693	0,596	0,476
75	0,932	0,862	0,789	0,709	0,615	0,503	0,376
80	0,915	0,829	0,74	0,643	0,533	0,409	0,282
90	0,872	0,744	0,615	0,48	0,343	0,215	0,115
95	0,837	0,676	0,517	0,362	0,221	0,113	0,047
97	0,814	0,633	0,458	0,295	0,16	0,07	0,024
99	0,772	0,554	0,354	0,189	0,08	0,025	0,006
99,5	0,748	0,511	0,302	0,144	0,051	0,013	0,002
99,7	0,732	0,482	0,269	0,117	0,037	0,008	0,001
99,9	0,7	0,428	0,21	0,076	0,019	0,003	0

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

$P, \%$	C_V									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$C_S = 1.5 C_V$										
0,1	1,33	1,70	2,11	2,54	3,02	3,52	4,06	4,62	5,22	5,84
0,3	1,29	1,61	1,97	2,34	2,74	3,17	3,62	4,10	4,61	5,14
0,5	1,27	1,57	1,90	2,24	2,61	3,00	3,41	3,85	4,31	4,80
1	1,24	1,51	1,79	2,09	2,42	2,76	3,11	3,49	3,89	4,30
3	1,19	1,40	1,62	1,85	2,09	2,34	2,60	2,88	3,16	3,46
5	1,17	1,35	1,53	1,72	1,92	2,13	2,34	2,57	2,80	3,03
10	1,13	1,26	1,40	1,54	1,68	1,82	1,97	2,11	2,26	2,41
20	1,08	1,16	1,25	1,32	1,40	1,47	1,54	1,61	1,67	1,72
25	1,07	1,13	1,19	1,25	1,30	1,35	1,39	1,43	1,46	1,48
30	1,05	1,10	1,14	1,18	1,21	1,24	1,27	1,28	1,28	1,28
40	1,02	1,04	1,06	1,06	1,06	1,06	1,05	1,03	0,994	0,952
50	0,998	0,990	0,977	0,958	0,934	0,902	0,862	0,814	0,756	0,69
60	0,972	0,940	0,903	0,860	0,812	0,757	0,695	0,627	0,553	0,475
70	0,946	0,888	0,826	0,760	0,690	0,616	0,538	0,457	0,376	0,298
75	0,931	0,860	0,785	0,708	0,630	0,545	0,46	0,377	0,297	0,223
80	0,915	0,829	0,741	0,652	0,562	0,472	0,384	0,299	0,223	0,156
90	0,874	0,751	0,632	0,518	0,409	0,31	0,222	0,148	0,092	0,053
95	0,840	0,689	0,548	0,419	0,305	0,207	0,13	0,074	0,038	0,018
97	0,819	0,651	0,498	0,363	0,247	0,155	0,088	0,045	0,02	0,008
99	0,780	0,581	0,410	0,268	0,160	0,084	0,038	0,015	0,005	0,001

$P, \%$	C_V										
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
	$C_S = 2C_V$										
0,1	1	1,34	1,73	2,19	2,70	3,27	3,87	4,56	5,30	6,08	6,91
0,3	1	1,30	1,64	2,02	2,45	2,91	3,42	3,96	4,55	5,16	5,81
0,5	1	1,28	1,59	1,94	2,32	2,74	3,20	3,68	4,19	4,74	5,30
1	1	1,25	1,52	1,82	2,16	2,51	2,89	3,29	3,71	4,15	4,60
3	1	1,20	1,41	1,64	1,87	2,13	2,39	2,66	2,94	3,21	3,51
5	1	1,17	1,35	1,54	1,74	1,94	2,15	2,36	2,57	2,78	3,00
10	1	1,13	1,26	1,40	1,54	1,67	1,80	1,94	2,06	2,19	2,30
20	1	1,08	1,16	1,24	1,31	1,38	1,44	1,50	1,54	1,58	1,61
25	1	1,06	1,13	1,18	1,23	1,28	1,31	1,34	1,37	1,38	1,39
30	1	1,05	1,09	1,13	1,16	1,19	1,21	1,22	1,22	1,22	1,20
40	1	1,02	1,04	1,05	1,05	1,04	1,03	1,01	0,984	0,955	0,916
50	1	0,997	0,986	0,970	0,948	0,918	0,886	0,846	0,800	0,748	0,693
60	1	0,972	0,938	0,898	0,852	0,803	0,748	0,692	0,632	0,568	0,511
70	1	0,945	0,886	0,823	0,760	0,691	0,622	0,552	0,488	0,424	0,357
75	1	0,931	0,858	0,784	0,708	0,634	0,556	0,489	0,416	0,352	0,288
80	1	0,915	0,830	0,745	0,656	0,574	0,496	0,419	0,352	0,280	0,223
90	1	0,873	0,754	0,640	0,532	0,436	0,352	0,272	0,208	0,154	0,105
95	1	0,842	0,696	0,565	0,448	0,342	0,256	0,181	0,120	0,082	0,051
97	1	0,821	0,660	0,517	0,392	0,288	0,202	0,139	0,088	0,046	0,030
99	1	0,782	0,594	0,436	0,304	0,206	0,130	0,076	0,040	0,019	0,010
99,5	1	0,761	0,560	0,394	0,269	0,166	0,099	0,054	0,027	0,012	0,005
99,7	1	0,748	0,537	0,374	0,240	0,144	0,082	0,042	0,019	0,008	0,003
99,9	1	0,719	0,492	0,319	0,192	0,107	0,052	0,027	0,008	0,004	0,001

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

$P, \%$	C_V										
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
	$C_S = 3C_V$										
0,100	1,000	1,360	1,810	2,350	3,010	3,740	4,560	5,440	6,38	7,370	8,410
0,300	1,000	1,310	1,690	2,120	2,650	3,210	3,820	4,480	5,170	5,880	6,610
0,500	1,000	1,280	1,630	2,030	2,480	2,970	3,500	4,060	4,640	5,240	5,840
1,000	1,000	1,250	1,550	1,900	2,260	2,660	3,070	3,500	3,960	4,410	4,870
3,000	1,000	1,200	1,420	1,660	1,910	2,170	2,430	2,690	2,950	3,210	3,470
5,000	1,000	1,170	1,360	1,550	1,750	1,950	2,140	2,340	2,520	2,700	2,880
10,000	1,000	1,130	1,260	1,400	1,520	1,650	1,760	1,870	1,970	2,060	2,150
20,000	1,000	1,080	1,160	1,230	1,290	1,340	1,380	1,420	1,450	1,470	1,490
25,000	1,000	1,070	1,120	1,170	1,210	1,240	1,260	1,280	1,280	1,290	1,290
30,000	1,000	1,050	1,090	1,120	1,140	1,150	1,160	1,160	1,150	1,140	1,130
40,000	1,000	1,020	1,030	1,030	1,030	1,010	0,995	0,972	0,946	0,915	0,883
50,000	1,000	0,997	0,981	0,959	0,930	0,898	0,862	0,823	0,783	0,741	0,699
60,000	1,000	0,972	0,933	0,890	0,843	0,794	0,745	0,695	0,646	0,597	0,549
70,000	1,000	0,945	0,884	0,822	0,758	0,696	0,636	0,578	0,523	0,471	0,422
75,000	1,000	0,931	0,858	0,786	0,715	0,647	0,583	0,522	0,465	0,412	0,363
80,000	1,000	0,915	0,830	0,748	0,669	0,596	0,528	0,465	0,407	0,354	0,306
90,000	1,000	0,876	0,761	0,656	0,563	0,479	0,406	0,341	0,284	0,235	0,193
95,000	1,000	0,844	0,708	0,588	0,487	0,400	0,326	0,263	0,210	0,166	0,129
97,000	1,000	0,825	0,675	0,548	0,443	0,355	0,282	0,221	0,171	0,131	0,099
99,000	1,000	0,786	0,618	0,484	0,369	0,283	0,213	0,158	0,116	0,083	0,058
99,500	1,000	0,769	0,588	0,446	0,334	0,249	0,182	0,131	0,092	0,064	0,043
99,700	1,000	0,756	0,568	0,422	0,312	0,228	0,163	0,114	0,079	0,053	0,034
99,900	1,000	0,732	0,531	0,381	0,273	0,192	0,131	0,088	0,057	0,036	0,022

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

$P, \%$	C_V										
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$C_S = 4C_V$											
0,1	0	1,38	1,88	2,53	3,29	4,15	5,07	6,05	7,08	8,15	9,26
0,3	0	1,32	1,74	2,24	2,82	3,44	4,09	4,79	5,50	6,22	6,96
0,5	0	1,29	1,67	2,12	2,61	3,13	3,68	4,26	4,85	5,43	6,03
1	0	1,25	1,58	1,94	2,31	2,75	3,17	3,59	4,03	4,47	4,91
3	0	1,20	1,44	1,68	1,93	2,18	2,43	2,68	2,92	3,16	3,39
5	0	1,17	1,36	1,56	1,75	1,94	2,12	2,29	2,46	2,62	2,78
10	0	1,13	1,26	1,39	1,51	1,62	1,72	1,81	1,90	1,98	2,05
20	0	1,08	1,15	1,22	1,27	1,31	1,34	1,37	1,40	1,41	1,42
25	0	1,07	1,12	1,16	1,19	1,21	1,23	1,24	1,24	1,24	1,24
30	0	1,05	1,08	1,11	1,12	1,13	1,13	1,13	1,12	1,11	1,10
40	0	1,02	1,02	1,02	1,01	0,996	0,967	0,954	0,929	0,902	0,873
50	0	0,997	0,976	0,950	0,920	0,888	0,853	0,818	0,781	0,744	0,707
60	0	0,972	0,929	0,885	0,839	0,793	0,747	0,702	0,658	0,614	0,572
70	0	0,945	0,883	0,821	0,761	0,704	0,649	0,597	0,548	0,501	0,457
75	0	0,931	0,858	0,788	0,722	0,660	0,601	0,546	0,495	0,448	0,403
80	0	0,915	0,832	0,754	0,681	0,614	0,553	0,496	0,443	0,395	0,351
90	0	0,877	0,767	0,671	0,586	0,511	0,444	0,384	0,331	0,284	0,243
95	0	0,846	0,719	0,611	0,519	0,440	0,372	0,312	0,261	0,217	0,180
97	0	0,829	0,690	0,576	0,481	0,400	0,332	0,274	0,224	0,182	0,147
99	0	0,790	0,638	0,516	0,417	0,336	0,269	0,214	0,168	0,132	0,102
99,5	0	0,776	0,612	0,485	0,386	0,305	0,239	0,186	0,144	0,110	0,083
99,7	0	0,762	0,594	0,466	0,366	0,286	0,221	0,170	0,129	0,097	0,072
99,9	0	0,742	0,561	0,430	0,331	0,252	0,189	0,141	0,104	0,075	0,054

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

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

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

Общие указания	3
1. Построение многолетнего гидрографа, эмпирической и аналитической кривых обеспеченности (кривых распределения ежегодных вероятностей превышения) годового стока реки	5
1.1. Формирование статистического ряда. Построение многолетнего гидрографа годового стока.....	5
1.2. Определение среднеемноголетнего расхода воды и модульных коэффициентов	7
1.3. Проверка однородности ряда наблюдений.....	7
1.4. Построение эмпирической кривой обеспеченности	8
1.5. Расчет и построение аналитической кривой обеспеченности.....	9
1.6. Определение средне и квадратичной погрешности расчета параметров кривой обеспеченности	10
2. Определение суммарных потребностей в воде и притока воды. Построение гидрографа среднемесячных расходов и водопотребления	11
2.1. Определение потребностей в воде, построение гидрографа водопотребления.....	11
2.2. Расчеты среднемесячных расходов воды, построение гидрографа притока	13
3. Расчет сезонного регулирования стока без учета потерь воды	15
3.1. Расчет и построение морфометрических (батиграфических) кривых водохранилища.....	15
3.2. Расчет полезного объема водохранилища таблично-цифровым способом без учета потерь воды	17
3.3. Расчет заиливания и мертвого объема водохранилища	20
4. Расчет сезонного регулирования стока с учетом потерь воды. Построение графика работы водохранилища	22
4.1. Расчет потерь воды из водохранилища	22
4.2. Расчет объема водохранилища с учетом потерь воды и построение графика его работы	28
4.3. Определение сопряженных характеристик водохранилища и показателей регулирования стока	30
Литература	32
ПРИЛОЖЕНИЯ	33

Учебное издание

**ГИДРОЛОГИЯ
И РЕГУЛИРОВАНИЕ СТОКА**

Методические указания к выполнению курсового проекта
на тему «Водоохранилище сезонного регулирования»
для студентов дневной и заочной форм обучения
по специальности 1-70 04 03 «Водоснабжение,
водоотведение и охрана водных ресурсов»

С о с т а в и т е л ь
МИХНЕВИЧ Эдуард Иванович

Редактор Т.Н. Микулик
Компьютерная верстка Д.К. Измайлович

Подписано в печать 15.12.2009.

Формат 60×84¹/₁₆. Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 3,49. Уч.-изд. л. 2,73. Тираж 150. Заказ 473.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Белорусский национальный технический университет.

ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009.

Проспект Независимости, 65. 220013, Минск.