

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
КАФЕДРА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ МЕЛИОРАЦИЙ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**для выполнения курсовой работы
по дисциплине «Комплексное использование и
охрана водных ресурсов»
студентами специальности
«Мелиорация и водное хозяйство»
факультета инновационной деятельности,
управления и финансов**

Брест 2009

УДК 626.823 (0.75.8)

Комплексное использование и охрана водных ресурсов: Методические указания / Брестский государственный технический университет/ Сост. М.Ф.Мороз, Ан.А.Волчек, Брест, 2009. с. 28

Предлагается методика определения годового объема водопотребления участниками ВХК и возможности их удовлетворения за счет водных ресурсов данного района. Рассматривается схема развития малой гидроэнергетики заданного района, обеспечивающая покрытие годового графика нагрузки энергосистемы. Разрабатывается комплекс природоохранных мероприятий по обеспечению экологического равновесия в зоне водохранилищного гидроузла, включая расчеты прогноза УГВ прилегающей территории и возможного биогенного загрязнения водохранилища. Технико-экономическое обоснование ВХК, осуществляется методом сравнительной экономической эффективности за проектированных мероприятий.

Рекомендовано методической комиссией факультета водоснабжения и гидрометеорологии.

Составители: **М.Ф.МОРОЗ, Ан.А.ВОЛЧЕК**

Рецензент: А.А. Белькевич, генеральный директор Государственного унитарного предприятия «Брестмелиоводхоз».

Современный специалист водохозяйственного строительства должен иметь глубокие теоретические знания и необходимые практические навыки по решению инженерных задач в области рационального использования природных ресурсов. Важное место в комплексе природоохранных мероприятий занимают мероприятия, направленные на охрану и комплексное использование водных ресурсов.

Курсовая работа выполняется с целью отработки у студентов навыков работы с нормативно-справочной литературой, закрепления теоретических знаний по курсу «Комплексное использование и охрана водных ресурсов» и приобретения самостоятельности в выборе принципов и методов оптимизации схем комплексного использования водных ресурсов в заданном административно-хозяйственном районе. Основными участниками водохозяйственного комплекса (ВХК) принимаются коммунально-бытовое хозяйство, агропромышленное производство, сельскохозяйственное производство и гидроэнергетика.

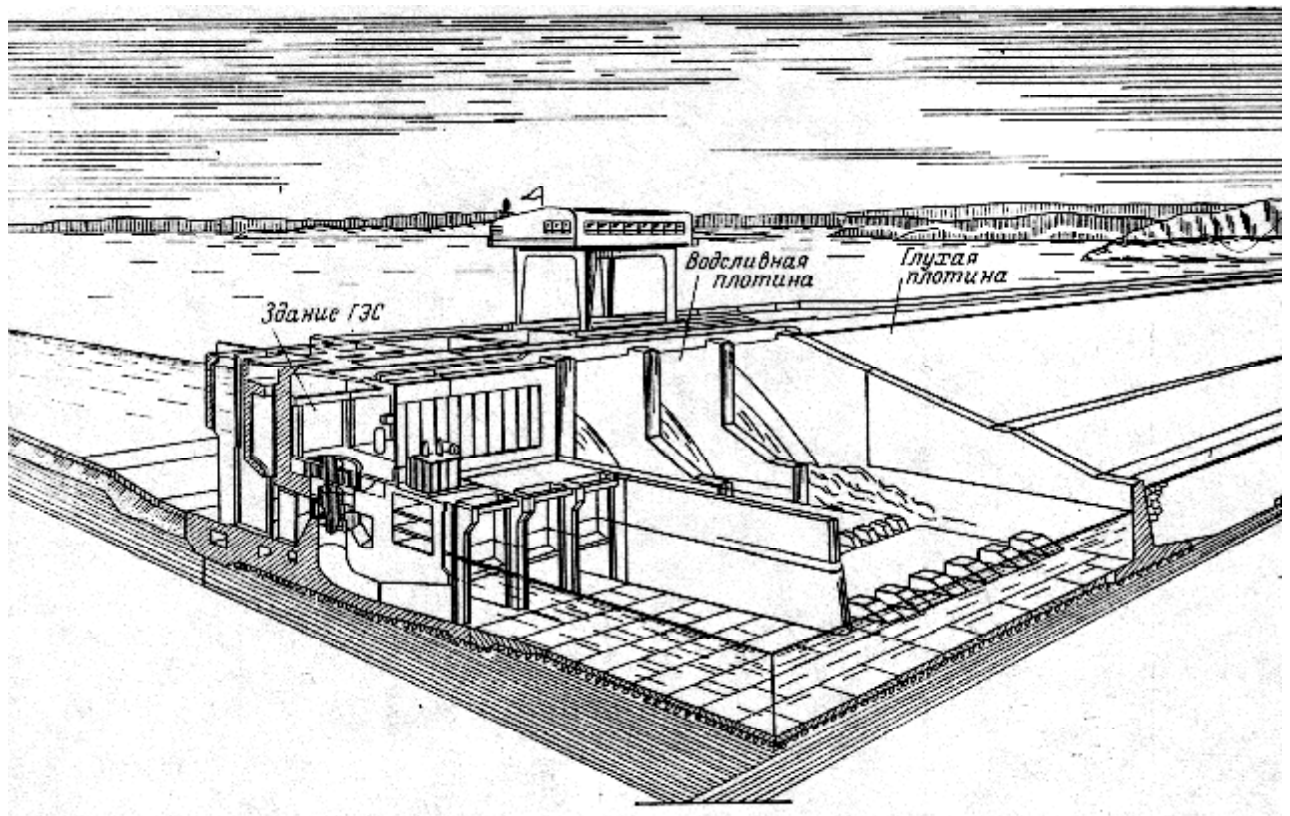


Рисунок 1. Схема компоновки сооружений по створу водохранилищного гидроузла.

В работе решаются вопросы по определению годового объема водопотребления участниками ВХК и возможности его удовлетворения за счет водных ресурсов данного района. Разрабатывается комплекс природоохранных мероприятий по обеспечению экологического равновесия в зоне водохранилищного гидроузла. Технико-экономическое обоснование ВХК осуществляется методом сравнительной экономической эффективности запроектированных мероприятий.

Курсовая работа выполняется в соответствии с шифром. Шифром задается преподавателем. Например, шифр задания 576. Этот шифр записывается несколько раз в числитель, а в знаменателе буквы алфавита. По таблице 1 выбирают соответствующие показатели.

5	7	6	5	7	6	5	7	6	5	7	6	5	7	6	5
А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л	М	Н	П	Р	С

Таблица 1. Исходные данные.

№ п/п	ПОКАЗАТЕЛИ	Вариант									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
А	Вид промышленности	7	4	3	1	2	7	5	6	3	1
Б	Объем промышленного производства, $V \cdot 10^4 \text{ м}^3$	65	58	52	74	50	70	42	68	60	48
В	Численность населения, $Z \cdot 10^4$, чел.	12	10	12	11	17	13	11	15	13	14
Г	Вид животных	1	5	2	3	4	2	3	4	5	1
Д	Количество голов, $K \cdot 10^4$	25	22	20	18	27	19	21	26	28	27
Е	Мощность энергосистемы, $P_{\text{сист}}$, кВт	120	158	210	240	300	188	340	267	168	188
Ж	Типовое распределение стока	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3
З	Номер топоплана	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2
И	Расход, $Q_{80\%}$, $\text{м}^3/\text{с}$	2,1	2,3	2,1	2,4	2,5	2,3	2,4	2,5	2,2	2,1
К	Площадь увлажнения, $F_{\text{увл}} \cdot 10^3$ га	1,2	1,4	1,6	1,8	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8
Л	Тип района увлажнения	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
М	Степень благоустроенности	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
Н	Тип связи $h_{\text{нб}} = \varphi(Q_{\text{max}})$	1	2	3	4	2	3	4	1	3	1

1.0 Природно-экономическая характеристика административно-хозяйственного района.

Приводятся сведения о климатических (атмосферные осадки, температура, ветер и их распределение в годовом разрезе) и гидрологических (расход расчетной обеспеченности, анализ внутригодового распределения речного стока) условиях. Раздел содержит также анализ условий экономических условий развития агропромышленного комплекса (вид и объемы выпускаемой продукции, удельные нормы водопотребления и система водоснабжения промышленных предприятий), сельскохозяйственного производства (вид и количество жи-

вотных, площади увлажняемых земель, распределение поливных норм), а также характеристика развития коммунально-бытового хозяйства, таблица 2.

Таблица 2. Природно-экономическая характеристика района.

№ п/п	Показатели	Единица измерения	Значения
1.0	<i>Коммунально-бытовое хозяйство</i>		
1.1	Численность населения	тыс. чел.	
1.2	Степень благоустроенности		
1.3	Норма водопотребления	л/сут	
2.0	<i>Агропромышленное производство</i>		
2.1	Вид выпускаемой продукции		
2.2	Объем выпускаемой продукции	тыс.	
2.3	Норма расхода воды на единицу выпускаемой продукции		
3.0	<i>Сельскохозяйственное производство</i>		
3.1	Вид животных		
3.2	Количество голов		
3.3	Норма водопотребления		
3.4	Площадь увлажняемых земель		
3.5	Тип района увлажнения		
4.0	<i>Мощность энергосистемы района</i>		

2.0 Водохозяйственные расчеты.

Под водохозяйственным расчетом водохранилища в составе ВХК понимают совокупность расчетов по установлению основных параметров водохранилища и режима его работы. К основным параметрам относят мертвый $V_{УМО}$, полезный $V_{плз}$ и полный $V_{полн}$ объемы.

Полный объем водохранилища соответствует отметке НПУ - наивысшему проектному уровню верхнего бьефа, который может поддерживаться в нормальных условиях эксплуатации гидроузла. Он складывается из мертвого и полезного,

$$V_{полн} = V_{УМО} + V_{плз}$$

Мертвый объем водохранилища – объем, заключенный между дном и зеркалом воды на отметке уровня мертвого объема (УМО) и в нормальных условиях эксплуатации водохранилищных гидроузлов не срабатывается и в регулировании стока не участвует. Мертвый объем должен удовлетворять ряду требований:

- обеспечивать аккумуляцию наносов, задерживаемых водохранилищем на протяжении всего периода предстоящей работы;
- обеспечивать судоходные глубины на вышерасположенном участке;
- должны соблюдаться санитарные условия, сводящиеся к недопущению образования мелководий во избежание очагов малярии, сильного перегрева во-

ды, сильного зарастания, для чего средняя глубина при УМО должна быть в пределах 1,5-2,0 м.

Полезный объем—основная часть объема водохранилища, предназначенная для регулирования стока. Он зависит от назначения водохранилища, вида регулирования стока и определяется на основе водохозяйственного и технико-экономического расчетов.

Методы водохозяйственных расчетов водохранилищ подразделяют на балансовые (основанные на использовании длительных наблюдений за стоком) и обобщенные (опирающиеся на математическую статистику и теорию вероятностей).

Сезонное (годовое) регулирование стока обусловлено неравномерностью внутригодового распределения стока и водопотребления. Годовой объем водопотребления при сезонном регулировании не должен превышать объем стока расчетного (маловодного) водохозяйственного года.

2.1 Построение топографических характеристик водохранилища.

Характеристиками водохранилища (или чаши водохранилища) принято называть графическое выражение зависимости объема, площади водной поверхности, средней глубины от отметок уровня воды в нем, т.е. зависимости вида

$$V = f(H), F = f_1(H), h_{\text{ср}} = f_2(H),$$

где V — объем воды при уровне H , м^3 ; F — площадь водного зеркала при уровне H ; $h_{\text{ср}}$ — средняя глубина водохранилища, м.

Нахождение топографических характеристик водохранилища ведем следующим образом. Имеется план местности района проектируемого водохранилища — выбирается по заданию на курсовое проектирование (номер топоплана по заданию см. таблицу 1). После выбора места и створа водохранилищного гидроузла (самое узкое место, перпендикулярно к горизонталям) производится измерение площади водного зеркала, соответствующего различным горизонталям плана. Измерения проводятся с помощью палетки. Для этого разбивается вся площадь на квадраты и подсчитывается количество квадратов внутри каждой замкнутой горизонтали. Считаются как полные, так и неполные квадраты. Зная площадь одного единичного квадрата в масштабе, находится площадь внутри каждой горизонтали. Эти площади F_i , заносятся в графу 2 таблицы 3. Первый от начальной плоскости элементарный объем для топоплана (см. рисунок 2), определяется по формуле усеченного параболоида

$$\Delta V_{1,2} = \frac{2}{3} \cdot (F_1 + F_2) \cdot \Delta H_{1,2} = \frac{2}{3} \cdot (0,0 + 0,07) \cdot 4 = 0,19 \text{ млн. м}^3.$$

Последующие объемы для любого значения H находятся по формуле

$$\Delta V_{i,i+1} = 0,5 \cdot (F_i + F_{i+1}) \cdot \Delta H_{i,i+1} = 0,5 \cdot (2,0 + 2,63) \cdot 4 = 9,26 \text{ млн. м}^3$$

где $\Delta V_{i,i+1}$ — частный объем водохранилища между горизонталями, м^3 ; F_i, F_{i+1} — площади зеркала водохранилища соответственно на отметках H_i, H_{i+1} , м^2 ; $\Delta H_{i,i+1}$ — разница отметок горизонталей, м.

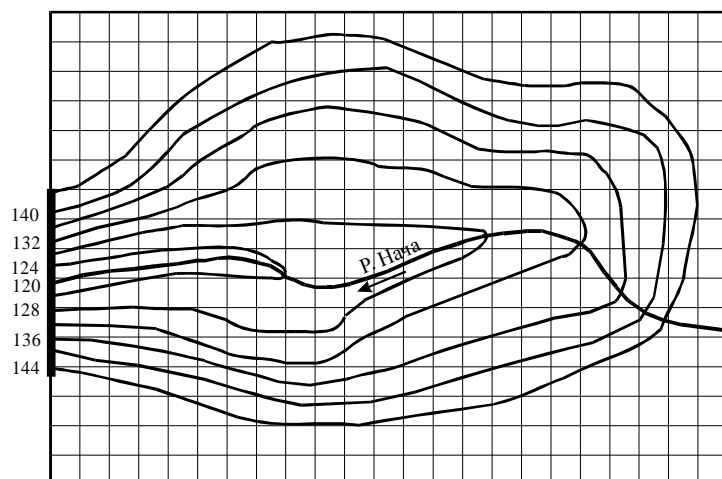


Рисунок 2. Топографические условия района строительства водохранилища М 1:20000 (сечение горизонталей 4 м).

Средняя глубина водохранилища при различных значениях $h_{\text{ср}}$ вычисляется путем деления объема воды на площадь зеркала при одной и той же отметке наполнения. Далее все вычисления сводим в таблицу 3.

Таблица 3. Определение данных к построению характеристик водохранилища.

H_i , м	ΔH_i , м	F_i , млн.м ²	$F_{\text{ср}}$, млн.м ²	ΔV_i , млн.м ³	V_i , млн.м ³	$h_{\text{ср}}$, м
1	2	3	4	5	6	7
120		0,00			0,00	0,00
	4		0,05	0,19		
124		0,07			0,19	2,71
	4		0,31	1,24		
...
140		2,00			17,08	8,54
	4		2,32	9,26		
144		2,63			26,34	10,02

По результатам выполненных расчетов, строят топографические зависимости, рисунок 3.

2.2 Определение характерных объемов и отметок воды в водохранилище.

Величину мертвого объема определяем по топографическим характеристикам из санитарно-технических условий считая, что они будут обеспечены при средней глубине воды в водохранилище равной $h_{\text{ср}} = 1,5 \dots 2,0$ м.

Полный объем воды в водохранилище определяем из водохозяйственного расчета, который выполняем балансовым методом из условия максимально возможной его водоотдачи, при условии, что суммарная величина холостых сбросов за год не превышает 5% объема годового притока воды в водохранилище, $\sum W_{\text{сбр}} \leq 0,05 \cdot \sum W_{\text{прит.}}$. Объем притока воды для каждого i -го месяца, при известной его продолжительности $t = 2,6 \cdot 10^6$ с, определяется из условия, $W_{\text{прит.}i} = Q_i \cdot t$. Расчетный расход i -го месяца, при заданной в исходных данных $Q_{80\%}$, определяют по формуле:

$$Q_i = \frac{Q_{80\%} \cdot 12 \cdot a}{100}$$

где a - доля расхода воды i -го месяца, %.

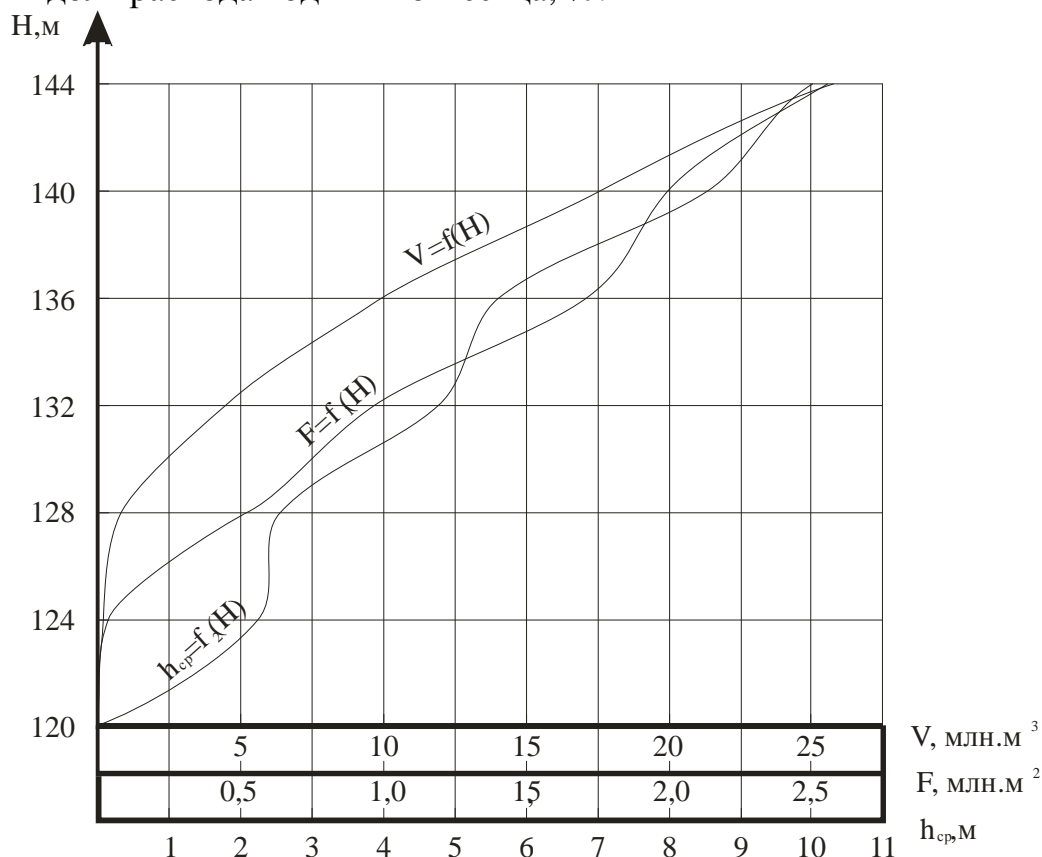


Рисунок 3. Топографические характеристики водохранилища.

Например, для $Q_{80\%}=8,5\text{м}^3/\text{с}$, расчет по определению объема притока воды в водохранилище приводится в таблице 4.

Таблица 4. Расчет притока воды в водохранилище.

Показатели	Месяцы												Год, Σ
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
$c, \%$	2,4	2,1	4,7	42,2	22,8	5,8	1,4	1,3	3,4	4,5	6,0	3,4	100
$Q_i, \text{м}^3/\text{с}$	2,4	2,1	4,7	43	23	6,0	1,4	1,3	3,5	4,6	6,1	3,5	
$W_{\text{прит.}}, \text{млн.м}^3$	6,24	5,46	12,22	111,8	59,8	15,6	3,64	3,4	9,1	11,96	15,9	9,1	258,22

Величина водопотребления для i -го месяца $W_{\text{вод},i}$ определяется исходя из суммарной величины водопотребления за год, из условия что $\Sigma W_{\text{вод}} \approx 0,9 \cdot \Sigma W_{\text{прит.}}$.

Расчет начинают с момента опорожнения водохранилища «ходом назад» (против часовой стрелки) для i -го месяца, вычитая избытки и прибавляя недостатки и потери ($W_{\text{пот},i} \approx 0,01 \cdot W_{\text{прит},i}$) до получения к началу какого-то месяца наибольшей величины объема (после чего объем начнет уменьшаться). Эта наибольшая величина объема и будет равна полному объему водохранилища $W_{\text{полн}}$, включающему величину мертвого объема и полезного $W_{\text{полез.}}$. Величина сброса, для i -го месяца, определяется по формуле

$$W_{\text{сбр}} = W_{\text{оконч.}} + (W_{\text{прит}} - W_{\text{вод}}) - W_{\text{полн}} - W_{\text{пот}}$$

В таблице 5 приводится пример водохозяйственного расчета, при $W_{\text{УМО}}=3,0$ млн.м³

Таблица 5. Расчет водохранилища годового регулирования стока.

Месяцы	Объем, млн.м ³		Разность, млн.м ³		Предв. объем, млн.м ³	Потери, W _{пот.} , млн.м ³	Оконч. объем, W _{оконч.} , млн.м ³	Сброс, W _{сбр.} , млн.м ³
	W _{вод}	W _{вод}	+	-				
					3,0		3,0	
IV	111,8	21	90,8			1,1		
					93,8		92,7	
V	59,8	21	38,8			0,6		3,6
					127,14		127,3	
VI	15,6	21		5,4		0,16		
					121,7		121,74	
VII	3,64	21		17,36		0,04		
					104,31		104,34	
VIII	3,4	21		17,6		0,03		
					86,62		86,71	
IX	3,1	21		17,9		0,09		
					68,6		68,72	
X	11,96	21		9,04		0,12		
					59,4		59,56	
XI	15,9	21		5,1		0,16		
					54,21		54,3	
XII	9,1	21		11,9		0,09		
					42,25		42,31	
I	6,24	21		14,76		0,06		
					27,44		27,49	
II	5,46	21		15,54		0,05		
					11,78		11,9	
III	12,22	21		8,78		0,12		
					3,0		3,0	
Σ	258,22	252				2,62		3,6

$$W_{\text{полез.}} = W_{\text{полн}} - W_{\text{УМО}} = 127,3 - 3,0 = 124,3 \text{ млн.м}^3$$

$$W_{\text{сбр.}} = 92,7 + (59,8 - 21,0) - 127,3 - 0,6 = 3,6 \text{ млн.м}^3$$

По результатам расчета проводится проверка правильности выполненных расчетов

$$\sum W_{\text{прит.}} = \sum W_{\text{вод.}} + \sum W_{\text{пот}} + \sum W_{\text{сбр}}$$

$$258,22 = 252 + 2,62 + 3,6$$

3.0 Определение годового объёма водопотребления участниками ВХК.

3.1 Агропромышленное производство.

Один из направлений интенсификации сельскохозяйственного производства является создание агропромышленных объединений и предприятий по переработке сельскохозяйственной продукции. Они потребляют воду в технических целях, для мойки сырья, производства пара и других нужд.

Объем водопотребления предприятиями сельскохозяйственной промышленности определяется в зависимости от объема и вида выпускаемой продукции, характера использования воды, принятой технологии производства и системы промышленного водоснабжения. Объем водопотребления сельскохозяйственной промышленности определяется по формуле:

$$W_{\text{пр}} = \frac{q_{\text{пр}} \cdot V_{\text{пр}}}{\eta_{\text{пр}}}$$

где $q_{\text{пр}}$ – удельная норма водопотребления на единицу выпускаемой продукции; $V_{\text{пр}}$ – годовой объем выпускаемой продукции рассматриваемого промышленного предприятия; $\eta_{\text{пр}}$ – к.п.д. системы водоснабжения предприятия, принимаем $\eta_{\text{пр}} = 0,75 \dots 0,85$.

Принимая равномерное распределение годового объема промышленного водопотребления в течении года, определим месячное значение водопотребления:

$$W_{\text{пр}}^{\text{м}} = \frac{W_{\text{пр}}}{12}$$

3.2 Коммунально – бытовое хозяйство.

Нормы хозяйственного среднесуточного водопотребления определяются в зависимости от степени благоустроенности городского населения. Для каждого конкретного случая нормы потребления на одного жителя и коэффициенты неравномерности определяются по приложению. Расход воды на хозяйственные нужды определяется по формуле:

$$Q_{\text{кб}} = \frac{Z \cdot q_{\text{н}} \cdot K_{\text{с}} \cdot K_{\text{ч}}}{86,4 \cdot 10^6}, \text{ м}^3/\text{с}$$

где Z – численность населения в заданном административно-хозяйственном районе; $q_{\text{н}}$ норма среднесуточного водопотребления на одного жителя; $K_{\text{с}}, K_{\text{ч}}$ – коэффициенты суточной и часовой. Объем месячного водопотребления коммунально-бытовым хозяйством с учетом к.п.д. системы водоснабжения $\eta_{\text{кб}} = 0,7 \dots 0,8$, определится как $W_{\text{кб}}^{\text{м}} = Q_{\text{кб}} \cdot t / \eta_{\text{кб}}$, где t – продолжительность месяца в секундах, $t = 2,6 \cdot 10^6 \text{ с}$. Годовой объем, при условии равномерного водопотребления определим $W_{\text{кб}}^{\text{г}} = W_{\text{кб}}^{\text{м}} \cdot 12$.

3.3 Сельскохозяйственное производство.

По объему потребления воды сельское хозяйство значительно превосходит все другие отрасли. Использование воды распределяется следующим образом (%): 75- орошение, увлажнение и обводнение; 18- производственные нужды, животноводство; 7- сельскохозяйственное водоснабжение и хозяйственно-питьевые нужды.

Месячный объем воды сельскохозяйственного водозабора $W_{\text{сх}}^{\text{м}}$ характеризуется объемами необходимыми для водообеспечения животноводства $W_{\text{ж}}^{\text{м}}$ и увлажнения сельскохозяйственных земель $W_{\text{увл}}^{\text{м}}$

3.4 Гидроэнергетика.

Для определения долевого участия гидроэнергетики в комплексном использовании водных ресурсов заданного административно – хозяйственного района, составляется уравнение водного баланса на каждый расчётный период времени (t)

$$W_{\text{вод}(t)} + W_{\text{сбр}(t)} = W_{\text{пр}(t)} + W_{\text{кб}(t)} + W_{\text{сх}(t)} + W_{\text{ГЭС}(t)}$$

где $W_{\text{вод}(t)}, W_{\text{сбр}(t)}$ – ежемесячная гарантированная водоотдача водохранилищного гидроузла и объём сброса, установленные на основании водохозяйственного расчёта.

Объём воды, который может быть использован для получения потенциальной мощности гидроэлектростанции, определяется из выражения, считая, что гидроэнергетика является заключительным элементом в уравнении водного баланса

$$W_{\text{ГЭС}(t)} = W_{\text{вод}(t)} + W_{\text{сбр}(t)} - [W_{\text{пр}(t)} + W_{\text{сх}(t)} + W_{\text{кб}(t)}]$$

Таблица 7. Определение годового объёма воды для гидроэнергетики

t, мес.	$W_{\text{вод.}}$ МЛН. М ³	$W_{\text{сбр.}}$ МЛН. М ³	$W_{\text{пр.}}$ МЛН. М ³	$W_{\text{к/б.}}$ МЛН. М ³	$W_{\text{с/х.}}$ МЛН. М ³	$W_{\text{ГЭС.}}$ МЛН. М ³	$\Sigma W_{\text{ГЭС.}}$ МЛН. М ³
1	2	3	4	5	6	7	8

По результатам выполненных расчётов строится результирующий график годового объёма водопотребления частниками ВХК.

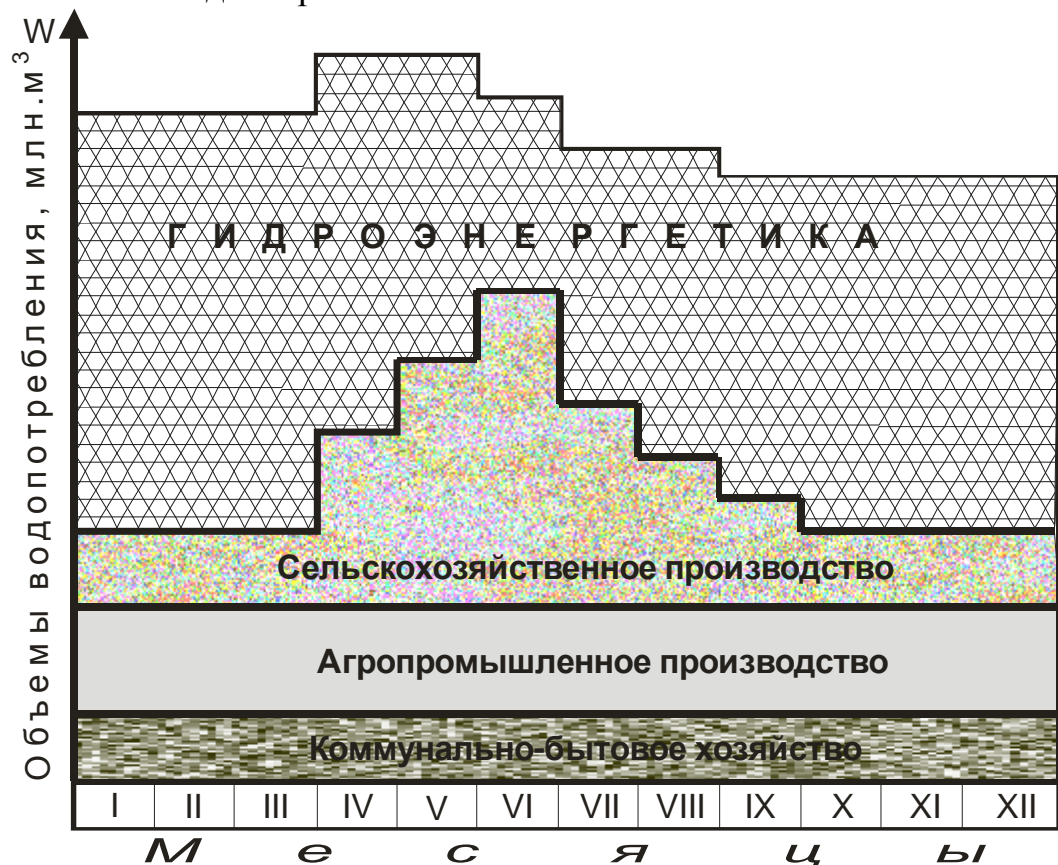


Рисунок 4. Результирующий график водопотребления по административно-хозяйственному району.

4.0 Водно-энергетические расчеты.

При водно-энергетическом регулировании выполняют перераспределение речного стока внутри года с целью покрытия графика нагрузки энергосистемы. Мощность ГЭС, как известно, является функцией не только напора, но и расхода, поэтому водно-энергетическое регулирование *увязывает* режим изменения уровней воды и расходов.

$$N = 9,81 \cdot Q_{\text{ГЭС}} \cdot H \cdot \eta$$

где η - коэффициент полезного действия гидросилового оборудования, $\eta=0,8$;
 $Q_{\text{ГЭС}}$ - расход воды для гидроэнергетики; H - напор на пороге ГЭС.

4.1 Построение годового и суточных графиков нагрузки энергосистемы.

Интегральные кривые.

Годовой график нагрузки энергосистемы представляет собой графическую зависимость, характеризующую изменение нагрузки в течение года. Годовое изменение нагрузки происходит вследствие специфики тех или иных производств, особенностей сезонности их работы.

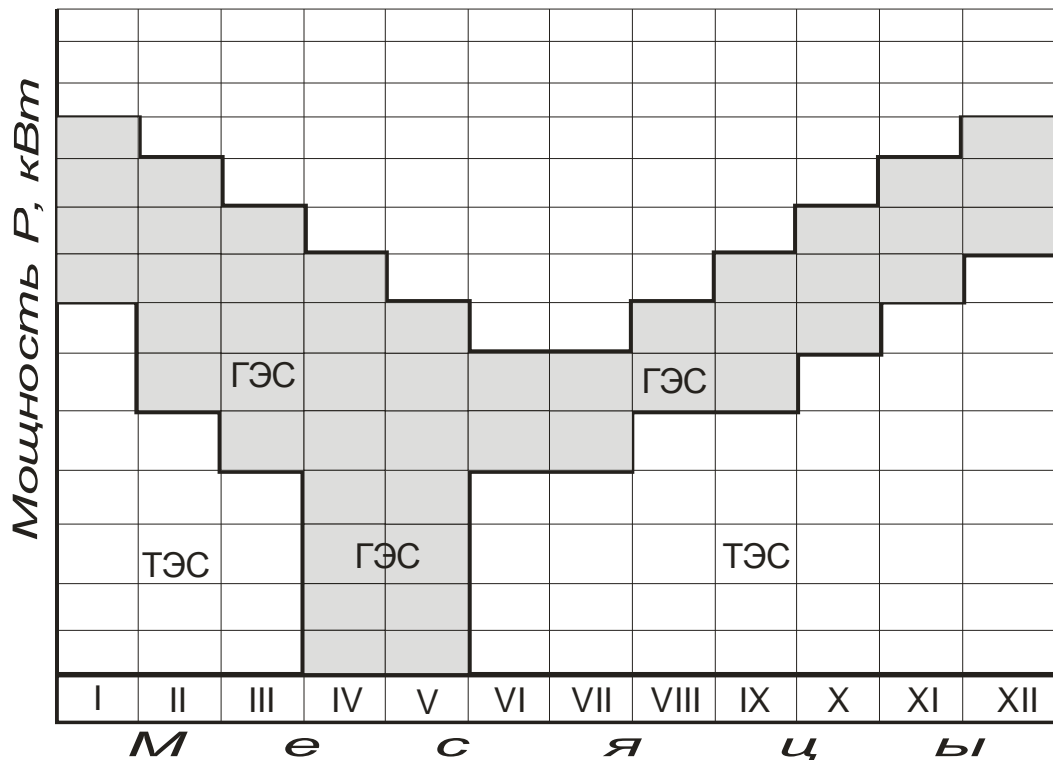


Рисунок 5. Годовой график нагрузки энергосистемы.

При построении годового и суточных графиков нагрузки энергосистемы используются распределения мощности энергосистемы заданного административно – хозяйственного района, выражаемые в процентах от номинального значения мощности системы $P_{\text{сист.}}$ для годового графика, а для суточных – от наибольших значений мощности соответствующего месяца. Так, для мая месяца годового графика нагрузки энергосистемы имеем, $P_V = 0,83 \cdot P_{\text{сист.}}$. Расчеты проводим в табличной форме, результаты представлены на рисунке 5.

Таблица 8. Расчёт годового графика нагрузки энергосистемы.

t, мес.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$P_r, \%$	100	95	90	87	83	78	78	83	87	90	95	100
$P_r, \text{кВт}$												

Суточные колебания вызываются в основном резким изменением в расходовании энергии на разные бытовые и коммунальные нужды.

Таблица 9 Расчёт суточного графика нагрузки энергосистемы.

часы	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	0
$P, \%$	55	60	64	75	95	80	85	90	100	95	90	70	55
$P_{\text{сут}}, \text{кВт}$													

Для определения роли ГЭС в покрытии графиков нагрузки энергосистемы строится интегральная кривая, координаты которой определяют в табличной форме, таблица 10. Для чего, суточный график нагрузки каждого месяца разбивается на горизонтальные полосы с одинаковой по высоте мощность ΔP .

Таблица 10. Определение координат интегральной кривой.

№ п/п	Мощность в возрастающем порядке, P , кВт	Мощность слоя, ΔP , кВт	Продолжительность нагрузки, Δt , час	Энергия слоя, $\Delta \mathcal{E}$, кВт.час	Координаты кривой, \mathcal{E}_i , кВт.час

Энергия слоя определится из условия $\Delta \mathcal{E} = \Delta P \cdot \Delta t$. Координаты кривой определяются для соответствующих значений мощности по интегрирующей зависимости. Максимальному значению мощности суточного графика нагрузки соответствует значение энергии, называемой энергией системы $\mathcal{E}_{\text{сист}}$.

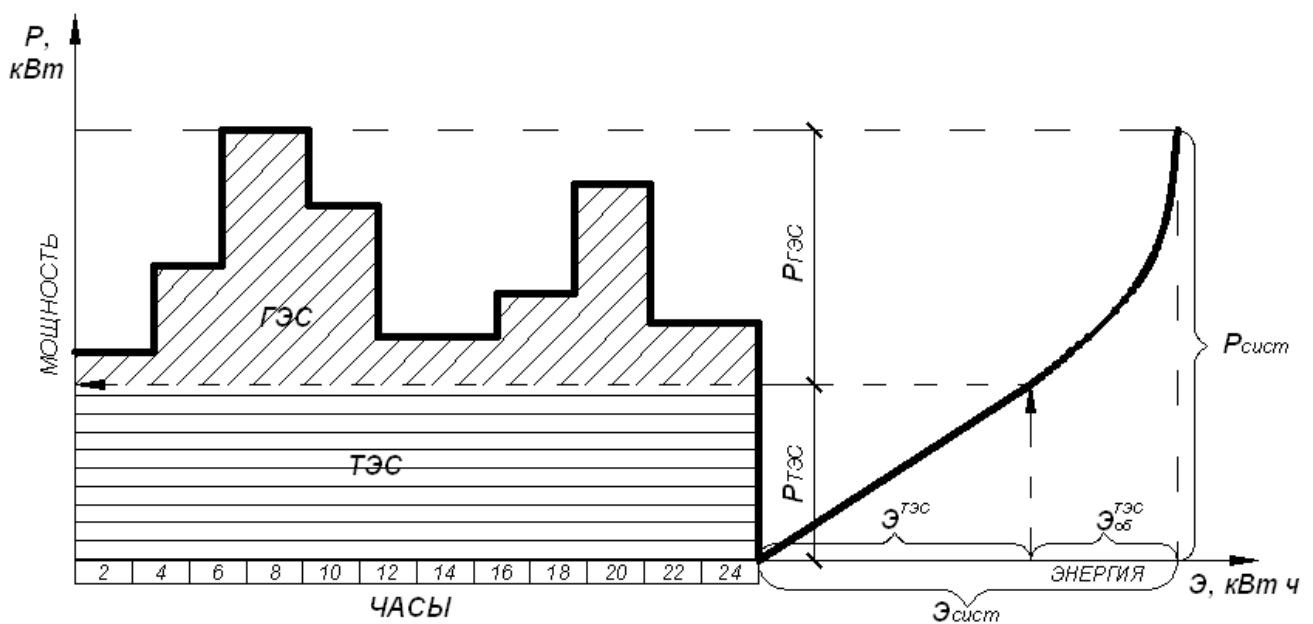


Рисунок 6. Суточный график нагрузки и интегральная кривая.

4.2 Кривые связей и график наполнения и сработки водохранилища.

Координаты кривой связи уровней воды в нижнем бьефе $\nabla_{НБ} = \varphi(Q_{НБ})$ определяются в табличной форме зависимости от типа связи, глубины воды $h_{НБ}$ и

значения $Q_{\max} = \frac{W_{\text{прит.}}^{\max}}{2,6 \cdot 10^6}$. Для рассмотренного выше водохозяйственного рас-

чета, $Q_{\max} = \frac{111,8}{2,6} = 4,46 \text{ м}^3/\text{с}$.

Таблица 11. Подсчет координат кривой связи $\nabla_{НБ} = \varphi(Q_{НБ})$.

Показатели	$0,1 Q_{\max}$	$0,2 Q_{\max}$	$0,3 Q_{\max}$	$0,4 Q_{\max}$	$0,6 Q_{\max}$	$0,8 Q_{\max}$
$Q_{НБ}, \text{ м}^3/\text{с}$						
$h_{НБ}$						
$\nabla_{НБ}, \text{ м}$						

Отметку воды в нижнем бьефе $\nabla_{НБ}$ определяем следующим образом: к отметке дна в створе водохранилищного гидроузла прибавляется глубина воды в нижнем бьефе $h_{НБ}$, принимаемая в зависимости от типа связи, в соответствии с исходными данными.

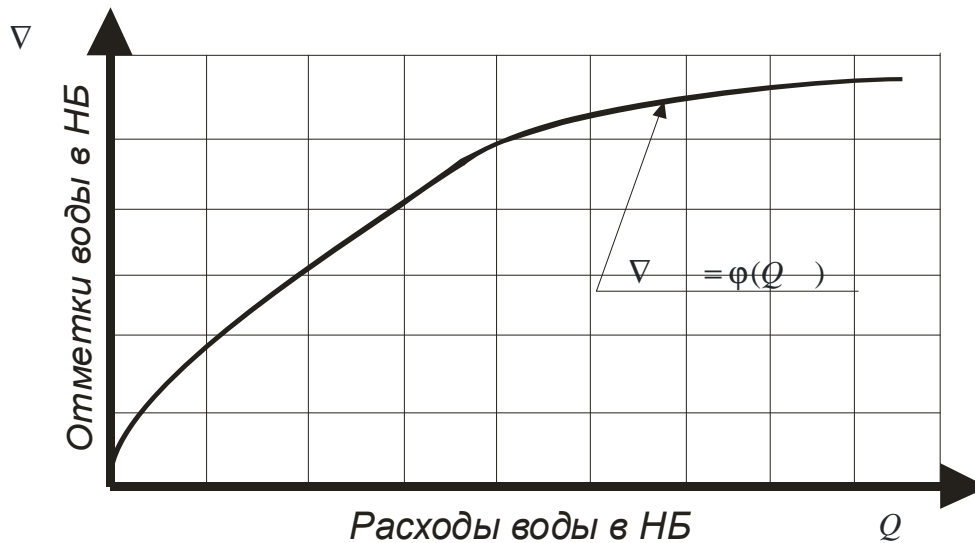


Рисунок 7. Кривая связи уровней воды $\nabla_{НБ} = \varphi(Q_{НБ})$.

График сработки и наполнения водохранилища (рисунок 8) строится по значениям окончательных объемов воды в водохранилище, установленных на основании водохозяйственного расчёта с использованием топографических характеристик. По значению объёма на конец месяца определяется отметка на конец месяца и строится график наполнения и сработки водохранилища, рисунок 8. На графике наносится $\nabla_{УМО}$ и $\nabla_{НПУ}$.

4.3 Определение роли ГЭС в покрытии годового графика нагрузки энергосистемы.

Определение роли ГЭС на годовом графике нагрузки энергосистемы осуществляется из условия максимального вытеснения тепловых электростанций

(ТЭС) из пиковой части графика нагрузки и создания им наиболее равномерного режима работы.

Расчет проводят в табличной форме (таблица 12), начиная с того момента времени, когда уровень воды в водохранилище находится на отметке НПУ, то есть $\nabla ВБ_Н = \nabla НПУ$. Отметку уровня воды на конец расчетного интервала (месяца) $\nabla ВБ_К$ определяют по графику сработки и наполнения водохранилища (рисунок 8). Тогда средняя отметка уровня воды в верхнем бьефе определяется

$$\nabla ВБ_{ср} = \frac{\nabla ВБ_Н + \nabla ВБ_К}{2}, м$$

Таблица 12. Водно-энергетические расчеты.

Месяцы, t	$W_{ГЭС}$, млн.м ³	$Q_{ГЭС}$, м ³ /с	$\nabla ВБ_Н$, м	$\nabla ВБ_К$, м	$\nabla ВБ_{ср}$, м	$\nabla НБ$ м	Н, м
1	2	3	4	5	6	7	8

Продолжение таблицы 11

$N_{ГЭС}$, кВт	$\mathcal{E}_{ГЭС}$, кВт.ч	$\mathcal{E}_{сист}$, кВт.ч	$\mathcal{E}_{ТЭС}$, кВт.ч	$P_{ГЭС}$, кВт	$P_{сист}$, кВт	$P_{ТЭС}$, кВт
9	10	11	12	13	14	15

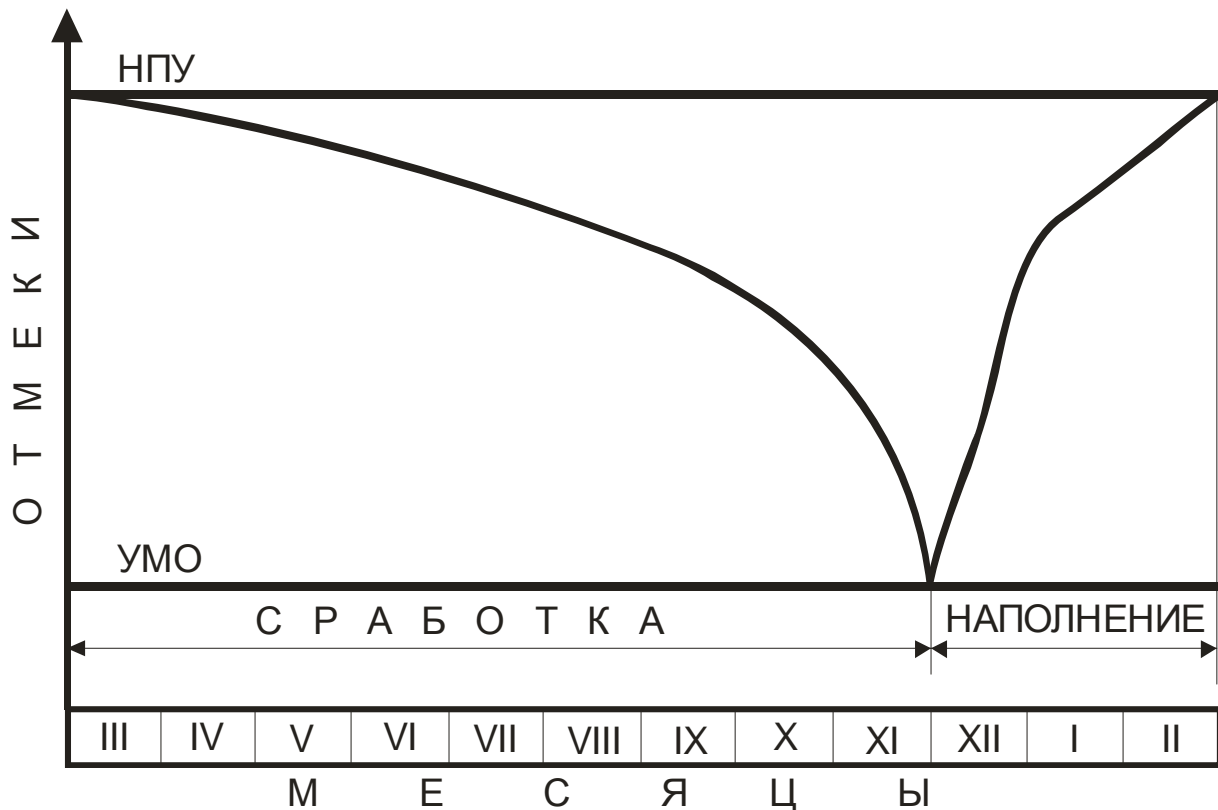


Рисунок 8. График сработки и наполнения водохранилища.

Отметка уровня воды в нижнем бьефе $\nabla НБ$ определяется по кривой связи $\nabla НБ = \varphi(Q_{НБ})$ в зависимости от расхода $Q_{НБ}$

$$Q_{НБ} = Q_{ГЭС} = \frac{W_{ГЭС}}{t}, м^3/с$$

Степень использования водной энергии реки в покрытии годового графика нагрузки энергосистемы, определяется **коэффициентом использования**

$$K_{\text{исп}}(t) = \frac{\mathcal{E}_{\text{ГЭС}}(t)}{\mathcal{E}_{\text{СИСТ}}(t)};$$

Коэффициент заполнения (полноты, плотности) графика нагрузки δ определяется отношением

$$\delta(t) = \frac{P_{\text{ГЭС}}(t)}{P_{\text{СИСТ}}(t)};$$

Коэффициент заполнения δ зависит от состава энергопотребителей, сменности производства, совпадения типов и провалов нагрузки потребителей. Он не является постоянным и изменяется в течении недели и сезона.

Коэффициент использования установленной мощности

$$K_{\text{исп}}(t) = \frac{P_{\text{ГЭС}}(t)}{N_{\text{уст}}};$$

Продолжительность использования установленной мощности

$$T_{\text{исп}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{ГЭС}}(t)}{N_{\text{уст}}};$$

Таблица 14. Расчет координат кривых продолжительности водноэнергетических характеристик ГЭС.

№ n/n	$N_{\text{ГЭС}}$	$Q_{\text{ГЭС}}$	H	$P = \frac{m}{n+1} \cdot 100$
	В убывающем порядке			

По полученным результатам строят кривые продолжительности в координатах $N_{\text{ГЭС}} = \varphi(P)$, $Q_{\text{ГЭС}} = \varphi(P)$ и $H = \varphi(P)$.

5.0 Разработка водоохранных мероприятий.

Водоохранной зоной является территория, прилегающая к акватории малых рек, прудов и водохранилищ, где устанавливается специальный режим хозяйственного пользования для предотвращения загрязнения, засорения и истощения вод. В пределах водоохранной зоны выделяется **прибрежная природоохранная полоса**, (ППП) на территории которой строго ограничивается хозяйственная деятельность.

При назначении размеров ВЗ и ППП для прудов и водохранилищ, расположенных на **межнаселенных** территориях, учитывают категорию водопользования объекта (культурно-бытовое, рыбохозяйственное или хозяйственно-питьевое), сельскохозяйственное использование прилегающих земель (луговые, пахотные земли или покрытые древесно-кустарниковой растительностью) и крутизну прилегающих склонов. Минимальная ширина ВЗ **для всех рек, озер, прудов и водохранилищ** расположенных на **межнаселенных территориях**, составляет **500м**, а минимальная ширина ППП для них- **35м**.

Таблица 15. Минимальная ширина водоохраных зон и прибрежных полос прудов и водохранилищ межнаселенных территорий, метрах.

Назначение водоема	Виды земель	Водоохранная зона	Прибрежная полоса			
			пруды		водохранилища	
			при уклоне поверхности земли			
			до 3 град.	более 3 град.	до 3 град.	более 3 град.
Хозяйственно-бытовое	луговые	500	35	35 - 50	50	50 - 70
	пахотные	500	55	55 - 100	70	70 - 100
Рыбохозяйственное	луговые	500	50	50 - 120	70	70 - 120
	пахотные	500	70	70 - 120	90	90 - 150
Хозяйственно-питьевое	луговые	500	80	80 - 150	120	120 - 200
	пахотные	500	100	100 - 170	150	150 - 200

Таблица 16. Минимальная ширина водоохраных зон и прибрежных полос водных объектов для населенных пунктов, метрах.

Водный объект	Водоохранная зона	Прибрежная полоса
Ручей, родник	50	5
Малая река	200	10
Средняя и большая реки	300	50
пруд	200	20
водохранилище	300	30
озеро	300	30

Внешние границы ППП и ВЗ совмещаются с естественными и искусственными рубежами, элементами рельефа (бровки речных долин, опушки леса, насыпи дорог, кварталные просеки). Границы ППП и ВЗ в процессе строительства водохозяйственных систем выносятся в натуру и закрепляются специальными *информационными знаками* по установленной Минприроды форме, в местах массового отдыха, расположенных в границах водоохраных зон и прибрежных полос.

Границы водоохраных зон и прибрежных полос для *водохранилищ и прудов, устанавливаются* от уреза воды при нормальном подпорном уровне с учетом зон прогнозирования переработки берегов и постоянного подтопления земель.

В *водоохранных* зонах устанавливается специальный режим хозяйственной деятельности, которая должна осуществляться с соблюдением мероприятий, предотвращающих загрязнение, засорение и истощение вод. В пределах границ водоохраных зон запрещается:

- применение пестицидов, внесение минеральных удобрений авиационным методом;

- размещение животноводческих ферм и комплексов, накопителей сточных вод, полей орошения сточными водами, кладбищ, скотомогильников, а также других объектов, обуславливающих опасность микробного загрязнения и подземных вод;
- размещение складов для хранения пестицидов, минеральных удобрений, площадок для заправки аппаратуры пестицидами, размещение объектов хранения нефти и нефтепродуктов (за исключением складов нефтепродуктов в портах, судоремонтных заводах и предприятиях водных путей), а также других объектов, способных вызывать химическое загрязнение поверхностных и подземных вод;
- мойка транспортных средств вне установленных мест;
- строительство и реконструкция сооружений и коммуникаций без согласования с территориальными органами Минприроды.

В пределах *границ прибрежных полос* дополнительно к ограничениям, указанным выше запрещается:

- применение всех видов удобрений;
- выпас скота и организация летних лагерей для него;
- строительство зданий и сооружений;
- проведение работ, нарушающих почвенный и травяной покров;
- удаление объектов растительного мира;
- размещение лодочных причалов и площадок постоянного базирования судов маломерного флота за пределами отведенных для этих целей мест;
- заезд и стоянка механических транспортных средств, за исключением транспортных средств оперативных, специальных служб и пограничных войск;
- размещение садоводческих товариществ и дачных кооперативов, без согласования с территориальными органами Минприроды.

В основу создания ППП включаются мероприятия предотвращающие поступление биогенных элементов в водохранилище, то есть направленные на максимально возможный перевод поверхностной составляющей стока дождевых и талых вод в подземную. Поэтому, в конструктивном отношении ППП представлены водоохранными лесными полосами, которые подразделяются на нижние и верхние. Нижние лесные насаждения проектируются в зоне подтопления и временного затопления, а верхние – на размытых береговых участках и откосах, выше зоны подтопления.

Вместе с тем, лесные полосы, особенно вблизи населенных пунктов и дорог, должны иметь декоративно-эстетическое значение. В связи с этим, в насаждениях окаймляющих водохранилище делают разрывы, через которые с желаемого места или с оборудованной смотровой площадки, просматривается водная гладь.

На низких влажных участках берега, древесно-кустарниковый пояс создают посадкой ивы трехтычинковой или калины обыкновенной. Иногда, при повышенных требованиях к качеству воды, на расстоянии 10-15 метров от берега высаживают рядами хвойные породы (ель и сосна обыкновенные) с целью

уменьшения засорения водохранилища опавшими листьями. Далее, за хвойной опушкой создается дубово-липовый или дубово-кленовый пояс для перевода поверхностного стока в почвогрунтовый. Для исключения попадания скота в границы ППП, крайние верхние полосы обсаживаются колючими кустарниками.

Таблица 17. Виды и нормы расхода древесно-кустарникового материала для высадки посадки ППП.

Лесные породы	Расход, шт/га	% от ППП
Ива ломкая, белая, трехтычинковая, прутьевидная	75-800	10-12
Ель обыкновенная	50-600	10-20
Береза бородавчатая	1400-1500	20-25
Дуб черешчатый	750-800	10-15
Липа мелколистная	2000-2100	25-30
Кустарники (лещина, бузина, свидина)	3000-3100	30-40
Колючие кустарники (шиповник, боярышник, окация белая, окация желтая, барбарис).	2800-3000	20-30

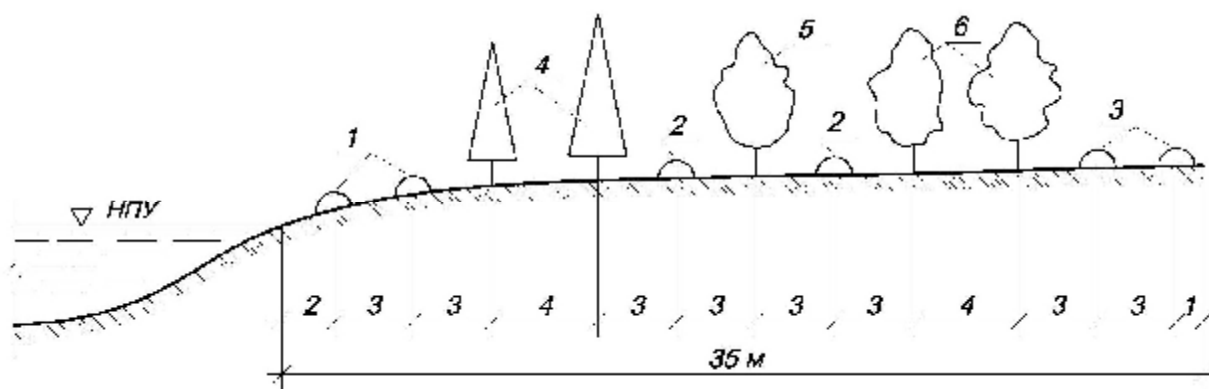


Рисунок 9 Конструкция природоохранной прибрежной полосы: 1- калина обыкновенная; 2-лещина; 3- шиповник; 4-ель обыкновенная; 5- береза бородавчатая; 6-дуб черешчатый.

6.0 Экономическое обоснование водохозяйственного комплекса.

По сравнению с отдельным использованием водных ресурсов в интересах отдельных отраслей, создание водохозяйственных комплексов сопровождаются значительно большей эффективностью. Она выражается в повышении производительности труда, снижении стоимости продукции и обеспечивает в большем объеме рациональное использование и охрану водных ресурсов.

Методической основой технико-экономического обоснования проектируемого ВХК служит метод сравнительной экономической эффективности, заключающийся в сопоставлении затрат $Z_{ВХК}$ на создание комплекса с величиной

суммарных затрат по замещающим вариантам $Z_{\text{зам}}$. Создание ВХК будет экономически выгодным, если выполняется условие

$$Z_{\text{ВХК}} \leq \sum_{i=1}^n Z_{\text{зам},i},$$

где $Z_{\text{зам},i}$ - затраты на создание замещающего (альтернативного) варианта для i -го участника ВХК; n - число участников ВХК.

В общем случае затраты определяются объемами капитальных вложений и ежегодных издержек. Так как в большинстве случаев, создание ВХК требует длительного времени, то при его технико-экономическом обосновании всегда учитывается фактор времени, т.е. капитальные вложения и издержки приводятся к базисному году. В курсовой работе затраты на создание ВХК определяются по укрупненным показателям

$$Z_{\text{ВХК}} = K_{\text{ВХК}} \cdot E_n + I_{\text{ВХК}},$$

где $K_{\text{ВХК}}$ - единовременные капитальные вложения на создание объектов водохозяйственного комплекса, включая затраты на строительство, оборудование и компенсацию ущербов от создания ВХК; $I_{\text{ВХК}}$ - ежегодные издержки производства; E_n - нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, в курсовой работе принимаем $E_n = 0,12$.

Объем единовременных капитальных вложений $K_{\text{ВХК}}$, при наличии в его составе гидроэнергетики зависит от величины установленной мощности $N_{\text{уст.}}^{\text{ГЭС}}$ и определяется из условия:

$$K_{\text{ВХК}} = \alpha_1 \cdot N_{\text{уст.}}^{\text{ГЭС}},$$

$$N_{\text{уст.}}^{\text{ГЭС}} = 1,2 \cdot P_{\text{max}}^{\text{ГЭС}}$$

где α_1 - удельные капитальные вложения на создание ВХК; $P_{\text{max}}^{\text{ГЭС}}$ - максимальная гарантированная мощность гидростанции в покрытии годового графика нагрузки энергосистемы, $\alpha_1 = (3000 \div 5000)$ у.е./кВт.

Ежегодные издержки состоят из отчислений на амортизацию, расходы на текущий ремонт сооружений ВХК, заработную плату обслуживающему персоналу и накладные расходы

$$I_{\text{ВХК}} = I_{\text{аморт.}} + I_{\text{тек.рем.}} + I_{\text{з.п.}} + I_{\text{тр.расх.}} = \beta_1 \cdot N_{\text{уст.}}^{\text{ГЭС}}$$

где β_1 - удельная норма эксплуатационных расходов, $\beta_1 = (60 \div 75)$ у.е./кВт.

Расчет затрат по замещающим вариантам проводится для каждого i -го участника ВХК. В основе расчета лежит идея, что замещающий (альтернативный) вариант должен обеспечить получение продукции того же объема и того же качества что и при условии включения i -го участника в состав ВХК. Чем больше альтернативных вариантов рассматривается, тем эффективнее используются водные ресурсы и капитальные вложения. Так альтернативными вариантами могут быть:

- *гидроэнергетика* – теплоэнергетика, другие нетрадиционные энергоисточники, разработка и внедрение мероприятий по энергосбережениям, повышение к.п.д. функционирования существующей энергосистемы;

- *сельскохозяйственное производство* – альтернативный водоисточник, повышение уровня земледелия и к.п.д. увлажнительных систем, применение эффективных удобрений, использование элитных семян;

- *агропромышленное производство и коммунально-бытовое хозяйство* – внедрение оборотных систем водоснабжения и водосберегающих технологий, систем раздельного трубопровода, организация сетевого контроля за использование воды.

Капитальные вложения $K_{ТЭС}$ по замещающему варианту для гидроэнергетики зависят от установленной мощности теплоэлектростанции $N_{зам}^{ТЭС}$ и определяются по формуле

$$K_{ТЭС} = \alpha_2 \cdot N_{зам}^{ТЭС}$$

$$N_{зам}^{ТЭС} = 1,2 \cdot N_{уст.}^{ГЭС},$$

где α_2 - удельные капитальные вложения в теплоэнергетику, $\alpha_2 = (140 \div 170)$ у.е./кВт.

Ежегодные издержки по замещающему варианту состоят из общих затрат (отчислений на амортизацию расходов на текущий ремонт, заработную плату) и затрат на топливо, обеспечивающих получение годового объема электроэнергии $\mathcal{E}_{ГЭС}$, установленного итогами водно-энергетических расчетов.

$$I_{ТЭС} = I_{ТЭС}^{общ.} + I_{ТЭС}^{топл.} = \beta_2 \cdot N_{зам}^{ТЭС} + \beta_3 \cdot \mathcal{E}_{зам}^{ТЭС}$$

$$\mathcal{E}_{зам}^{ТЭС} = 1,08 \cdot \mathcal{E}_{ГЭС},$$

где β_2 - удельная норма общих эксплуатационных расходов, $\beta_2 = (2 \div 4)$ у.е./кВт; β_3 - удельная норма затрат на получение энергии, $\beta_3 = (5-8)$ у.е./кВт.час.

В качестве замещающего варианта для сельскохозяйственного производства принимаем вариант создания отдельного водоисточника, тогда капитальные вложения и ежегодные издержки определяются из условия

$$K_{с/х} = \alpha_3 \cdot W_{с/х}$$

$$I_{с/х} = \beta_4 \cdot W_{с/х},$$

где α_3 - удельная норма капитальных вложений в сельскохозяйственное производство, $\alpha_3 = (0,05 \div 0,07)$ у.е./м³; β_4 - удельная норма эксплуатационных расходов, $\beta_4 = (0,0002 \div 0,0006)$ у.е./м³; $W_{с/х}$ - годовой объем водопотребления сельскохозяйственным производством, включая объемы воды на увлажнение и водоснабжение животноводческого сектора.

Замещающими вариантами для агропромышленного производства и коммунально-бытового хозяйства принимаем варианты по внедрению системы раздельного водоснабжения и внедрение водосберегающих технологий, обеспечивающих снижение удельной нормы водопотребления. Тогда капитальные вложения $K_{пр.,к/б}$ и издержки $I_{пр.,к/б}$ определяться по зависимостям

$$K_{пр.,к/б} = \alpha_4 \cdot (W_{пр.} + W_{с/х})$$

$$I_{пр.,к/б} = \beta_5 \cdot (W_{пр.} + W_{к/б}),$$

где α_4 - удельная норма капитальных вложений по альтернативному варианту, $\alpha_4 = (0,05 \div 0,06)$ у.е./м³; $\beta_5 = (0,0004 \div 0,0006)$ у.е./м³; $W_{\text{пр.}}$, $W_{\text{к/б}}$ - соответственно, годовые объемы водопотребления агропромышленным производством и коммунально-бытовым хозяйством.

Суммарные затраты по замещающим вариантам будут равны

$$Z_{\text{зам.}} = Z_{\text{зам.гэс}} + Z_{\text{зам.с/х}} + Z_{\text{зам.пр.,к/б}} = E_n \cdot (K_{\text{ТЭС}} + K_{\text{с/х}} + K_{\text{пр.,к/б}}) + I_{\text{ТЭС}} + I_{\text{с/х}} + I_{\text{пр.,к}}$$

Экономическая эффективность от создания ВХК определится как разность между суммарными затратами по замещающим вариантам $Z_{\text{зам}}$ и затратами $Z_{\text{ВХК}}$ на создание ВХК:

$$E_{\text{эффект.}} = Z_{\text{зам.}} - Z_{\text{ВХК}}$$

ЛИТЕРАТУРА

1. КОЛДОБАЕВ А.Н. Рациональное использование и охрана водных ресурсов.: Учебное пособие. – Мн.: БНТУ, 2004.- 430с.
2. Мелиорация и водное хозяйство. Т.5. Водное хозяйство: Справочник. Под ред. И.И.Бородавченко, - М.; Агропромиздат. 1988. – 399с.
3. ПОТАПОВ В.М. и др. Использование водной энергии.- М.: Колос, 1972.-343с.
4. ЮШМАНОВ О.А. Комплексное использование и охрана водных ресурсов.- М., Агропромиздат, 1985.- 303с.
5. ЯКОВЛЕВ С.В. и др. Рациональное использование водных ресурсов.- М.: Высш. шк., 1991.- 400с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 18. Типовое внутригодовое распределение речного стока, с, %.

Тип	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	2.4	2.1	4.7	42.2	22.8	5.8	1.4	1.3	3.4	4.5	6.0	3.4
2	4.0	3.4	9.5	32.1	18.4	5.7	3.6	2.8	3.3	5.3	6.3	5.6
3	3.3	2.7	6.0	35.0	19.4	6.6	2.6	2.5	4.1	5.8	7.5	4.5
4	4.3	3.7	8.5	28.7	16.4	6.8	4.3	3.3	3.9	6.5	7.6	6.0
5	3.2	2.1	15.3	45.8	5.3	5.1	2.2	1.1	1.6	4.6	7.4	6.3
6	3.0	2.0	15.6	46.7	5.4	5.0	2.1	1.1	1.5	4.5	7.1	6.0
7	3.6	2.9	18.4	37.8	7.8	5.2	2.4	1.6	2.5	5.7	6.1	6.0

Таблица 19. Водопотребление промышленными предприятиями.

№ п/п	Предприятие, завод	Единица продукции	Норма расхода воды на единицу продукции, м ³
1	Молочный	т	10...15
2	Сыроваренный и маслодельный	т	38...40
3	Мясокомбинат	т	7...10
4	Консервный	т	35...40
5	Маргариновый	т	5...8
6	Свеклосахарный	т	10...12
7	Хлебопекарня	т	2...3

Таблица 20. Нормы удельного водопотребления в коммунальном хозяйстве.

№ п/п	Степень благоустроенности	Норма водопотребления на одного жителя, $q_{кб}$, л/сут	Коэффициент неравномерности	
			K_c	$K_{ч}$
1	Водопровод, водоотведение, ванны с газовыми колонками	180-230	1.11-1.09	1.3-1.25
2	Водопровод, водоотведение	125-180	1.12-1.13	1.5-1.4
3	Без водопровода и водоотведения	30-40	1.33-1.2	2.00-1.8

Таблица 21. Нормы расхода воды для сельскохозяйственных животных, птиц и зверей.

№ п/п	Вид животных	Норма, $q_{ж}$, л/сут
1	Коровы	80-90
2	Скот на откорме	70-80
3	Молодняк крупного рогатого скота	35-40
4	Лошади взрослые, рабочие	50-60
5	Овцы и козы взрослые	10-8

Таблица 22. Характеристика связи глубин воды в нижнем бьефе, $h_{нб} = \varphi(Q_{max})$, м.

Тип связи	$0,1 Q_{max}$	$0,2 Q_{max}$	$0,3 Q_{max}$	$0,4 Q_{max}$	$0,6 Q_{max}$	$0,8 Q_{max}$
1	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	1,95
2	0,4	0,6	0,85	1,0	1,3	1,5
3	0,9	1,5	1,8	1,9	2,1	2,3
4	0,5	0,8	1,6	1,8	2,0	2,2

Таблица 23. Типовые нормы увлажнения земель $P=80\%$ обеспеченности, $m_{увл}$, м³/га.

Тип района	Месяцы						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
1	98	125	250	460	220	100	25
2	23	320	510	350	205	130	45
3	110	240	400	485	260	124	30
4	58	169	300	368	187	65	-
5	-	238	456	390	135	78	30

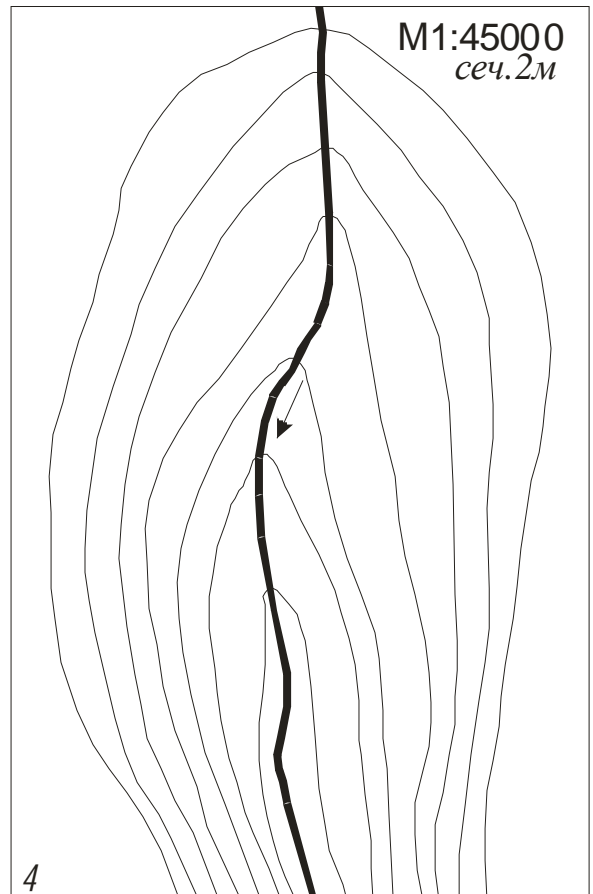
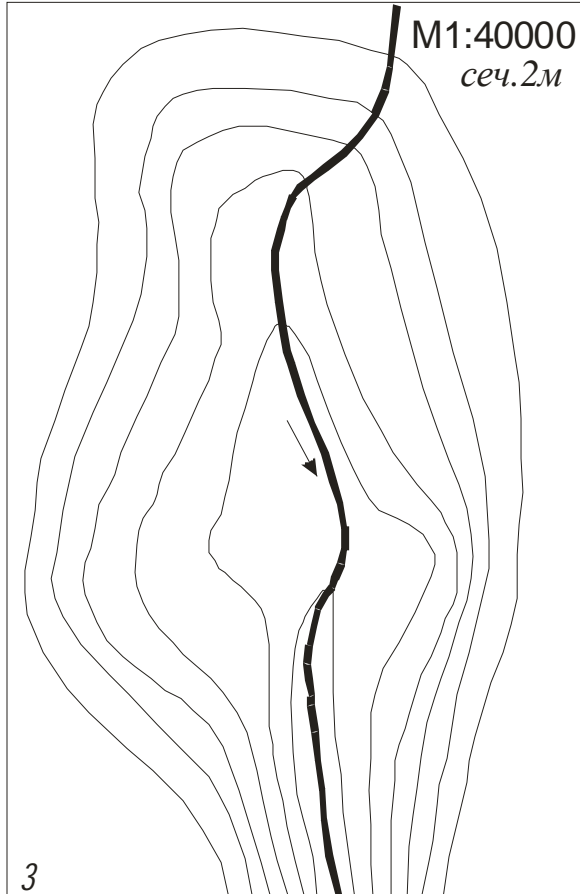
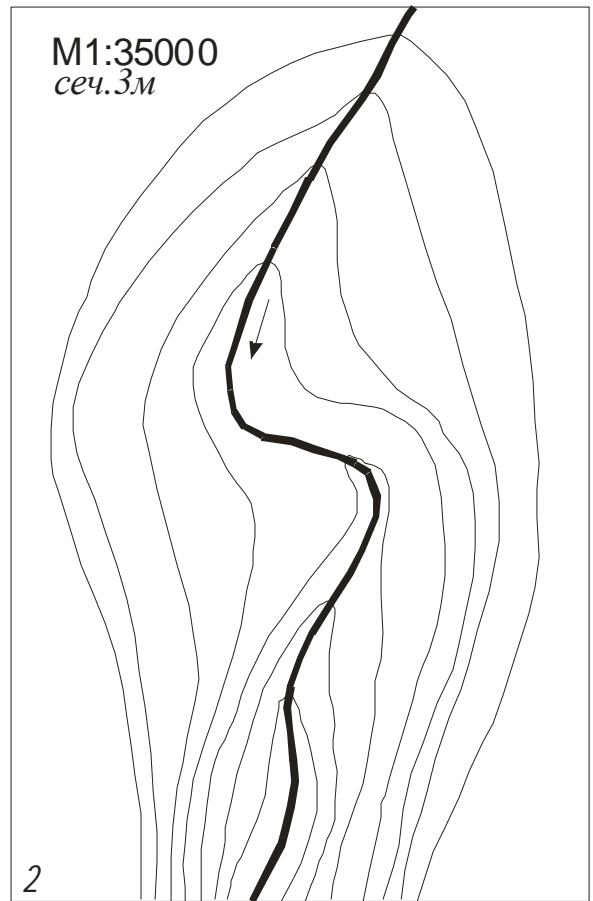


Рисунок 24. Топографические условия района строительства.