

Московский Государственный Университет Природообустройства

Кафедра Комплексного использования и охраны водных ресурсов

Курсовой проект:

“Водохозяйственная система с водохранилищем многолетнего регулирования стока и каналом межбассейновой переброски”

Выполнил:

студент 561 – ой группы

Джамалудинов М.М.

Проверил:

Раткович Л.Д.

Москва 2008

Содержание:

1. Цели и задачи проектирования
2. Оценка водных ресурсов реки и характеристика их использования
 - 2.1. Поверхностные водные ресурсы
 - 2.1.1. Водный режим, параметры стока, его изменение по длине реки, внутригодовое распределение
 - 2.1.2. Моделирование расчетного гидрологического ряда
3. Определение свободных водных ресурсов бассейна реки-донора
4. Расчетная схема вариантов мероприятия для удовлетворения требований, развивающегося ВХК
5. Водохозяйственное обоснование выбранного варианта схемы ВХС
 - 5.1. Определение расчетной зависимости «емкость водохранилища – гарантированная водоотдача»
 - 5.2. Постановка задачи оптимизации и определение оптимального варианта параметров водохозяйственной системы
 - 5.3. Водохозяйственные балансы рекомендуемого варианта
 - 5.4. Определение пропускной способности водосброса для пропуска максимального расхода. Вопросы защиты от наводнения
6. Уточнение параметров ВХС и определение режимов регулирования стока для рекомендуемого проектного варианта
 - 6.1. Определение отметки гребня плотины комплексного гидроузла
 - 6.2. Построение диспетчерского графика водохранилища многолетнего регулирования
 - 6.3. Оценка продолжительности пускового периода. Режим водопотребления в течение пускового периода
7. Выводы
8. Список литературы

1. Цели и задачи проектирования

Цель: обоснование параметров водохозяйственных систем в бассейне реки Рыбница в условиях перспективного развития существующего водохозяйственного комплекса. Динамическое развитие одной из отраслей создает необходимость многолетнего регулирования стока с привлечением дополнительных водных ресурсов смежного речного бассейна. В составе перспективных задач следующее:

1. подготовка гидрологической информации, включая основные гидрологические характеристики на основе данных наблюдений, а также моделирование стока для усиления репрезентативности расчетных данных
2. постворные водохозяйственные балансы с учетом водохозяйственного районирования
3. построение анализирующей зависимости «емкость водохранилища – гарантированная водоотдача» с использованием обобщенного метода расчета, то есть по обобщенным параметрам стока и водопотребления
4. выбор варианта емкости регулирования и объема переброски на основе оптимизационных методов (динамическое программирование)
5. разработка правил управления водохранилища многолетнего регулирования стока
6. определение противопаводочной емкости водохранилища и пропускной способности водосбросных сооружений
7. фрагменты инженерных сооружений в составе водохранилищного гидроузла
8. технико-экономические показатели и качественная оценка влияния водохозяйственного комплекса на окружающую среду

2. Оценка водных ресурсов реки и характеристика их использования

Бассейн реки Рыбница расположен в Орловской области. Длина реки составляет 59км, площадь водосборной площади 709км². Основными притоками являются Малая Рыбница, Путимец, Вишневец и Стишь. Рассматриваемая река является одним из притоков реки Оки. Питание у реки грунтовое, снеговое, дождевое, то есть мешанное. Климат формируется под влиянием атлантических и континентальных воздушных масс, таким образом он является умеренно континентальным. Зима умеренно холодная с частыми оттепелями. Средняя температура января около -10° С. Наиболее низкие температуры воздуха в Орле достигают

-44,4° С. Весной нередко возвращение холодов, иногда сопровождающиеся выпадением снега. Лето теплое. Средняя температура воздуха самого теплого месяца – июля составляет +18-+19° С. Продолжительность вегетационного периода 170 – 185 дней.

Осадков больше всего выпадает в центральных районах области, количество которых составляет 450 – 580мм в год. За летний период выпадает 35 – 40% годовой суммы осадков, а зимой в виде снега 24 – 31%. В данной области преобладают выщелоченные черноземы. Они занимают до 40% территории. На светлосерые, серые и темносерые лесные оподзоленные почвы приходится около 25%, а на типичные черноземы – 5 – 6%.

В таблице 1 представлено внутригодовое распределение осадков, испарения и температуры воздуха.

Таблица 1. Среднегодовое количество осадков, испарения и температуры воздуха

Фактор	Месяцы												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
O _с , мм	23	29	32	39	56	73	77	52	46	47	33	36	549
E _с , мм													
E _в , мм				55	100	120	105	95	65	40	30		610
t°, C	-10,1	-9,7	-4,7	4,4	12,8	15,9	18,2	17,0	11,3	5,0	-1,3	-7,2	4,3

Область расположена в подзонах смешанных и широколиственных лесов и в зоне лесостепи. Основная часть территории области распахана. Леса и кустарники занимают около 8% всей площади области. Наибольшее количество лесов находится в западных районах. Основной лесообразующей породой является дуб обыкновенный; сопутствующие виды: липа, клен, ясень и вяз. Кроме того, растут дикая яблоня, дикая груша, черемуха, рябина, клен полевой, крушина ломкая, бересклет бородавчатый, бересклет европейский, жимолость лесная, калина, шиповник, барбарис, барышник, а в восточных и юго-восточных районах – терн и степная вишня. Степная растительность сохранилась главным образом в местах, мало доступных для распашки и выпаса скота – по крутым берегам рек и оврагов. Количество видов степной растительности резко увеличивается с запада на восток. Из характерных представителей северных луговых степей встречаются ковыль узколистый, ковыль перистый, козелец пурпурный, астра дикая. Луговая растительность связана с многочисленными речными долинами, оврагами и балками. Под лугами занято 7% площади, в том числе под заливными 1,2%.

2.1 Поверхностные водные ресурсы

Поверхностные водные ресурсы представлены рекой Рыбница и ее притоками.

2.1.1 Водный режим, параметры стока, его изменение по длине реки, внутригодовое распределение

Водные ресурсы используются для нужд водоснабжения города, сельской местности, рекреации, промышленности, орошения, животноводства.

Модуль среднегогодового стока составляет $3,7 \text{ л/сек.км}^2$, минимальный расход 95% обеспеченности – $1480 \text{ м}^3/\text{сек}$, общий уклон реки – 0,0013, уклон территории водосбора 21‰, норма стока (среднегогодовой объем стока реки) составляет $82,74 \text{ км}^3$, среднегодовые расходы:

- $Q_{95\%} = 1,480 \text{ м}^3/\text{сек}$
- $Q_{75\%} = 2,05 \text{ м}^3/\text{сек}$
- $Q_{50\%} = 2,54 \text{ м}^3/\text{сек}$

Среднегодовые объемы для тех же лет составляют:

- $W_{95\%} = 46,56 \text{ млн.м}$
- $W_{75\%} = 64,52 \text{ млн.м}^3$
- $W_{50\%} = 79,65 \text{ млн.м}^3$

Площадь угодий составляет:

- $f_{\text{озер}} < 1\%$
- $f_{\text{болот}} < 1\%$
- $f_{\text{леса}} = 4\%$
- $f_{\text{пашни}} = 75\%$

Назначение расчетных балансовых створов

В результате предварительного водохозяйственного районирования в проекте определены границы водохозяйственных участков, которые ограничиваются расчетными водохозяйственными створами (рис. 1).

Оценка водообеспеченности в данном проекте выполняется на основе постворного ВХБ. В ответственных масштабных проектах расчет выполняется по многолетним гидрологическим рядам стока и

водопотребления. С целью сокращения объемов расчетов используются расчетные маловодные годы с 75% и 95% обеспеченностью. В привязке вышеуказанного хозяйственного участка определены показатели водопотребления и расчетные гидрологические характеристики.

Таблица 2. Водохозяйственные показатели

ВХУ	Водопотребители											
	КБХ		Промышленность		Орошение		Животноводство		Рекреация		Итого	
	ПВ	БВ	ПВ	БВ	ПВ	БВ	ПВ	БВ	ПВ	БВ	ПВ	БВ
0 – 3	0,97	0,316	0,05	0,05							1,02	0,366
3 – 2	0,97	0,316	0,05	0,05					0,35	0,105	1,37	0,471
2 – 1	0,97	0,316	0,05	0,05	6,205	5,58	0,09	0,09	0,35	0,105	7,665	6,141

Таблица 3. Основные гидрологические характеристики

№ водохозяйственного створа	F _{водосбора} , км ²	L, км	$\bar{S}$, млн.м ³	C _v	r _a	Обеспеченные объемы стока				
						10	25	50	75	95
3	204,3	17	23,84	0,3	0,4	33,38	28,13	23,12	18,69	13,47
2	314,8	26,2	36,74	0,3	0,4	51,44	43,35	35,64	28,80	20,76
1	709	59	82,74	0,29	0,4	115,84	97,63	80,26	64,87	46,75

В реальном проекте для определения гидрологических параметров используются аналоги для тех створов, в которых отсутствуют или недостаточно наблюдений. Экспертная оценка гидрологических характеристик может выполняться на основе зависимости $q = f(F)$ или $q = f(\nabla BП)$, но обязательно опираясь на какой-то известный створ данной реки или реки-аналога.

В учебном проекте будем считать, что модуль стока не меняется по длине реки.

Для определения C_v в промежуточных створах используем формулу Воскресенского:

$$C_v = \frac{A}{q^{0,4} \cdot (F + 1000)^{0,1}}$$

Коэффициент автокорреляции характеризует внутрирядную связь между стоками смежных лет. Принимаем r_a в зависимости от модуля стока. Так как $q=3,7$ л/с км², то $r_a=0,4$.

$$S_p = m_p \cdot \bar{S}$$

По данным таблицы строим совмещенный график кривых обеспеченности в расчетных створах.

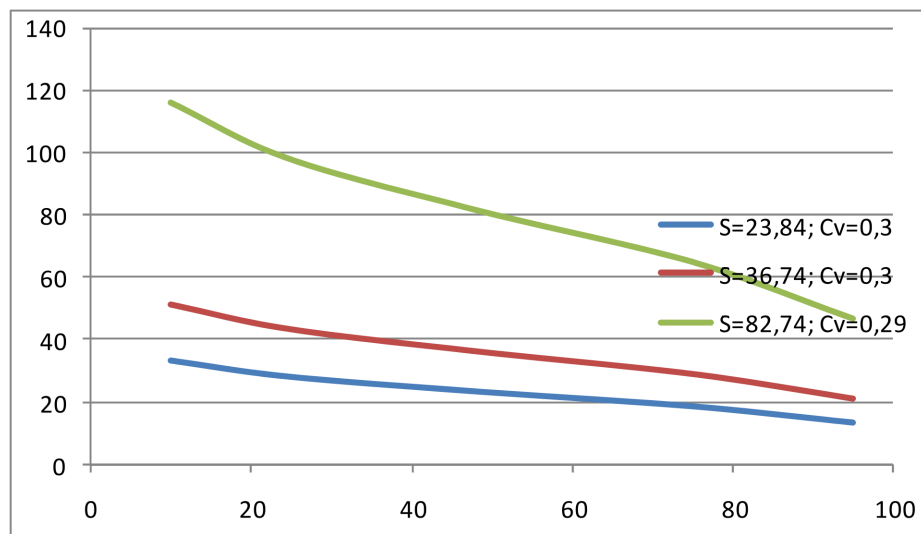


Таблица 4. Расчетное внутригодовое распределение стока лет характерной водности.

№ ВХС	P	$\bar{S}$	Календарные месяцы водохозяйственного года											
			4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
3	50	23,1	14,2	3,1	0,8	0,4	0,5	0,6	0,5	0,6	0,7	0,5	0,4	0,8
	75	18,7	10,1	3,6	0,7	0,2	0,3	0,4	0,3	0,4	0,5	0,3	0,3	1,6
	95	13,5	7,4	2,7	0,4	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,2	0,2	1,3
2	50	35,6	21,9	4,8	1,2	0,7	0,8	0,9	0,8	0,9	1,0	0,7	0,6	1,3
	75	28,8	15,5	5,6	1,1	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,5	0,4	2,7
	95	20,8	11,5	4,1	0,6	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,6	0,4	0,3	1,9
1	50	80,3	49,4	10,8	2,6	1,5	1,8	2,0	1,8	1,9	2,5	1,6	1,3	3,1
	75	64,9	34,9	12,6	2,3	0,7	1,0	1,2	1,1	1,4	1,7	1,1	1,0	5,9
	95	46,7	25,7	9,3	1,4	0,4	0,6	0,7	0,7	0,8	1,3	0,8	0,7	4,3

Внутригодовое распределение стока несколько различается даже для лет одной обеспеченности, а для разных по водности лет оно различается очень существенно.

2.1.2 Моделирование расчетного гидрологического ряда

Используется искусственная гидрологическая информация в следующих случаях:

- наблюдаемых данных недостаточно для получения репрезентативной базы данных, а аналоги отсутствуют
- проектируемые ВХС охватывают значительную территорию, поэтому надежная водохозяйственная оценка возможна при учете всех функциональных и корреляционных связей между водотоками, которые затрагиваются в проекте

Для моделирования искусственных рядов стока используются различные стохастические модели, в частности для моделирования годового стока существует несколько модификаций простой цепи Маркова. Эта цепь предусматривает линейную корреляцию между объемами стока смежных лет, либо между их нормализации, либо между их обеспеченностями.

В данном проекте рассматривается методика моделирования отдельного стокового ряда на основе авторегрессии первого порядка между обеспеченностями стока смежных лет. Используется уравнение:

$$P_{i+1} = f(P_i, r_a, \delta_{i+1})$$

P_{i+1} – искомая обеспеченность

P_i – обеспеченность предшествующего года

δ_{i+1} - случайная независимая равномерно распределенная величина

Моделирование выполняется для замыкающего створа по бассейну.

Таблица 5.

№ года	Обеспеченность года Р	Объем стока	Календарные месяцы водохозяйственного года											
			4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
1	49,51	80,3	49,4	10,8	2,6	1,5	1,8	2,0	1,8	1,9	2,5	1,6	1,3	3,1
2	3,13	135,7												
3	24,96	97,6												
4	20,80	102,6												
5	83,59	61,6	33,1	12,0	2,2	0,7	0,9	1,2	1,0	1,3	1,6	1,0	0,9	5,7
6	32,86	93,5												
7	6,53	127,4												
8	67,03	68,1												
9	65,30	74,3												
10	93,57	46,7	25,7	9,3	1,4	0,4	0,6	0,7	0,7	0,8	1,3	0,8	0,7	4,3
11	99,84	26,4												
12	68,15	68,1												
13	96,35	42,8												
14	1,85	150,6												
15	42,43	86,9												
16	73,39	64,9												
17	95,34	46,7												
18	83,96	61,6												
19	59,62	74,3												
20	57,11	74,3												
21	85,52	53,0												
22	76,84	61,6												
23	75,29	64,9												
24	72,54	64,9												
25	64,91	74,3												
256	9,15	115,8												
27	27,9	93,5												
28	33,76	93,5												
29	24,34	97,6												
30	59,98	74,3												

Продолжительность расчетных гидрологических рядов определяется из условия не превышения среднеквадратичных ошибок среднего и коэффициента вариации. При этом сам ряд должен быть репрезентативным,

то есть содержать примерно одинаковое число маловодных и многоводных циклов. Среднеквадратичная ошибка среднего:

$$\zeta = \frac{C_v}{\sqrt{n}} \leq 0,05$$

Тогда $n \geq 33,6$. Наш расчетный ряд должен иметь длину в 34 года.

Как видно из рисунка 6 замоделированный ряд располагает как маловодными, так и многоводными циклами, и является репрезентативным.

3. Определение свободных водных ресурсов бассейна реки-донора

При обосновании водохозяйственных проектов, содержащих элементы перераспределения стока, необходимо оценивать реальные возможности бассейна-донора:

- водохозяйственная способность бассейна и реальные объемы изъятия, не вызывающие истощения и деградацию этого водного объекта
- исследование возможностей технического водозабора
- пропускная способность тракта-переброски, трактом может быть канал, туннель

В данном проекте будем считать, что параметры стока реки-донора по среднему стоку в 2 раза превышают ресурсы нашего водотока, а все остальные параметры аналогичны.

Таблица 6.

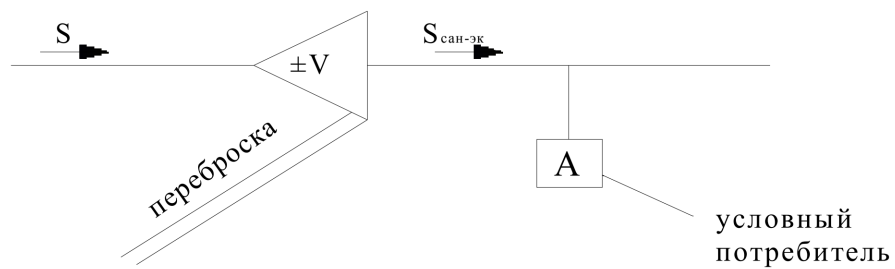
ВХП	Календарные месяцы водохозяйственного года												
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	Год
Сток года 75%	69,8	25,2	4,6	1,4	2,0	2,4	2,2	2,8	3,4	2,2	2,0	11,8	129,8
РВ	13,96	5,04	0,92	0,28	0,40	0,48	0,44	0,56	0,68	0,44	0,40	2,36	25,96
СЭП	34,9	12,6	2,3	0,7	1,0	1,2	1,1	1,4	1,7	1,1	1,0	5,9	64,9
Резервуар для переброски	20,94	7,56	1,38	0,42	0,60	0,72	0,66	0,84	1,02	0,66	0,60	3,54	38,94
	8,1	2,8	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2	1,3	14,7
БП ВЗБ	13,96	5,04	0,92	0,28	0,40	0,48	0,44	0,56	0,68	0,44	0,40	2,36	25,96
ПВ ВЗБ	20,94	7,56	1,38	0,42	0,60	0,72	0,66	0,84	1,02	0,66	0,60	3,54	38,94

Таким образом, потенциальный объем стока для водопотребления в зону проектирования ВХС составляет в случае бесплотинного водозабора 25,96 млн.м³, а при плотинном водозаборе – 38,94 млн.м³.

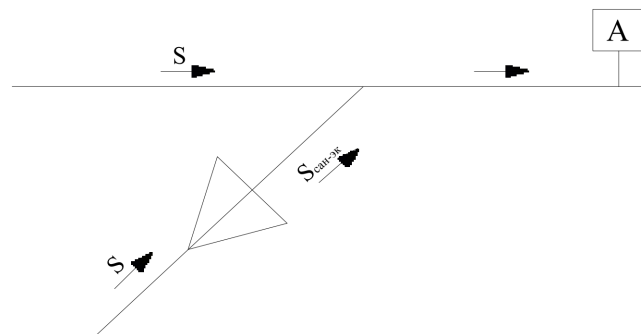
4. Расчетная схема вариантов мероприятия для удовлетворения требований, развивающегося ВХК

Цель проекта может быть достигнута при разных схемах водообеспечения, например:

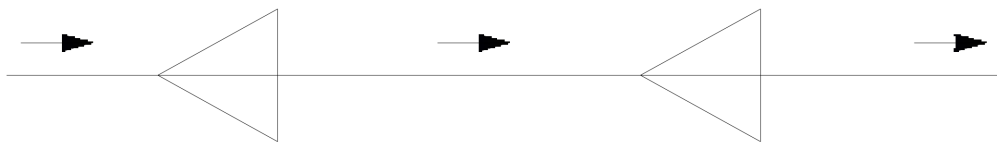
- независимое регулирование с переброской извне



- компенсированное регулирование на притоке



- каскадное регулирование



- подпитка ВХС с подземных водозаборов во время глубоких дефицитов

Водоподача из других бассейнов в сочетании с регулированием собственного стока.

В результате технико-экономического обоснования в качестве основного варианта схемы ВХС принята ВХС в составе водохранилищного гидроузла многолетнего регулирования стока в сочетании с переброской из внешнего речного бассейна.

Предварительный ВХБ привязки к расчетной схеме водохозяйственных участков.

Постворные предварительные балансы выполняются с целью выявления дефицитов воды по длине реки и общего анализа водообеспеченности в средне-маловодных условиях.

Таблица 7. Предварительный ВХБ маловодного года 75% обеспеченности водохозяйственных участков 0 – 3

Календарные месяцы года	Приток сверху	Сток, формирующийся на участке	Подземный водозабор	Σ ресурсов	Расчетные требования				Дефицит ВР			Резерв ВР	Проектный сток
					БВ	Комплексные попуски	Ущерб РС	Σ	Отраслевой	Попуска	Σ		
4	0	10,1	0,081	10,181	0,0305	7,4	0,011	7,4415	0	0	2,74	2,74	10,14
5	0	3,6	0,081	3,681	0,0305	2,7	0,011	2,7415	0	0	0,94	0,94	3,64
6	0	0,7	0,081	0,781	0,0305	0,4	0,011	0,4415	0	0	0,34	0,34	0,74
7	0	0,2	0,081	0,281	0,0305	0,1	0,011	0,1415	0	0	0,14	0,14	0,24
8	0	0,3	0,081	0,381	0,0305	0,2	0,011	0,2415	0	0	0,14	0,14	0,34
9	0	0,4	0,081	0,481	0,0305	0,2	0,011	0,2415	0	0	0,24	0,24	0,44
10	0	0,3	0,081	0,381	0,0305	0,2	0,011	0,2415	0	0	0,14	0,14	0,34
11	0	0,4	0,081	0,481	0,0305	0,2	0,011	0,2415	0	0	0,24	0,24	0,44
12	0	0,5	0,081	0,581	0,0305	0,4	0,011	0,4415	0	0	0,14	0,14	0,54
1	0	0,3	0,081	0,381	0,0305	0,2	0,011	0,2415	0	0	0,14	0,14	0,34
2	0	0,3	0,081	0,381	0,0305	0,2	0,011	0,2415	0	0	0,14	0,14	0,34
3	0	1,6	0,081	1,681	0,0305	1,3	0,011	1,3415	0	0	0,34	0,34	1,64
Год	0	18,7	0,972	19,672	0,366	13,5	0,132	13,998	0	0	5,68	5,68	19,18

Таблица 8. Предварительный ВХБ маловодного года 75% обеспеченности водохозяйственных участков 3 – 2

Календарные месяцы года	Приток сверху	Сток, формирующийся на участке	Подземный водозабор	Σ ресурсов	Расчетные требования				Дефицит ВР			Резерв ВР	Проектный сток
					БВ	Комплексные попуски	Ущерб РС	Σ	Отраслевой	Попуска	Σ		
4	10,14	5,4	0,11	15,65	0,039	11,5	0,011	11,55	0	0	4,1	4,1	15,6
5	3,64	2,0	0,11	5,75	0,039	4,1	0,011	4,15	0	0	1,6	1,6	5,7
6	0,74	0,4	0,11	1,25	0,039	0,6	0,011	0,65	0	0	0,6	0,6	1,2
7	0,24	0,1	0,11	0,45	0,039	0,2	0,011	0,25	0	0	0,2	0,2	0,4
8	0,34	0,1	0,11	0,55	0,039	0,2	0,011	0,25	0	0	0,3	0,3	0,5
9	0,44	0,1	0,11	0,65	0,039	0,3	0,011	0,35	0	0	0,3	0,3	0,6
10	0,34	0,2	0,11	0,65	0,039	0,3	0,011	0,35	0	0	0,3	0,3	0,6
11	0,44	0,2	0,11	0,75	0,039	0,4	0,011	0,45	0	0	0,3	0,3	0,7
12	0,54	0,2	0,11	0,85	0,039	0,6	0,011	0,65	0	0	0,2	0,2	0,8
1	0,34	0,2	0,11	0,65	0,039	0,4	0,011	0,45	0	0	0,2	0,2	0,6
2	0,34	0,1	0,11	0,55	0,039	0,3	0,011	0,35	0	0	0,2	0,2	0,5
3	1,64	1,1	0,11	2,85	0,039	1,9	0,011	1,95	0	0	0,9	0,9	2,8
Год	19,18	10,1	1,32	30,6	0,470	20,8	0,132	21,4	0	0	9,2	9,2	30

Таблица 9. Предварительный ВХБ маловодного года 75% обеспеченности водохозяйственных участков 2 – 1

Календарные месяцы года	Приток сверху	Сток, формирующийся на участке	Подземный водозабор	Σ ресурсов	Расчетные требования				Дефицит ВР			Резерв ВР	Проектный сток
					БВ	Комплексные попуски	Ущерб РС	Σ	Отраслевой	Попуска	Σ		
4	15,6	19,4	0,118	35,118	0,047	25,7	0,028	25,775	0	0	9,343	9,343	35,043
5	5,7	7,0	0,118	12,818	0,605	9,3	0,028	9,933	0	0	2,885	2,885	12,185
6	1,2	1,2	0,118	2,518	1,554	1,4	0,028	2,982	0	0,464	-0,464	0	0,936
7	0,4	0,4	0,118	0,918	1,275	0,4	0,028	1,703	0	0,385	-0,385	0	0,015
8	0,5	0,6	0,118	1,218	1,442	0,6	0,028	2,07	0	0,452	-0,452	0	0,148
9	0,6	0,7	0,118	1,418	0,939	0,7	0,028	1,667	0	0,249	-0,249	0	0,451
10	0,6	0,6	0,118	1,318	0,047	0,7	0,028	0,775	0	0	0,543	0,543	1,243
11	0,7	0,8	0,118	1,618	0,047	0,8	0,028	0,875	0	0	0,743	0,743	1,543
12	0,8	1,0	0,118	1,918	0,047	1,3	0,028	1,375	0	0	0,543	0,543	1,843
1	0,6	0,6	0,118	1,318	0,047	0,8	0,028	0,875	0	0	0,443	0,443	1,243
2	0,5	0,6	0,118	1,218	0,047	0,7	0,028	0,775	0	0	0,443	0,443	1,143
3	2,8	3,2	0,118	6,118	0,047	4,3	0,028	4,375	0	0	1,743	1,743	6,043
Год	30	36,1	1,416	67,516	6,14	46,7	0,336	53,18	0	1,55	14,336	15,136	61,836

5. Водохозяйственное обоснование выбранного варианта схемы ВХС

В результате предварительного ВХБ получены следующие данные:

1. резерв стока по участкам:
 - ВХУ 0 – 3 резерв $ВР=5,68$
 - ВХУ 3 – 2 резерв $ВР=9,2$
 - ВХУ 2 – 1 резерв $ВР=15,136$
2. дефициты по ВХУ:
 - ВХУ 0 – 3 $Д=0$
 - ВХУ 3 – 2 $Д=0$
 - ВХУ 2 – 1 $Д=1,55$

3. современный ВХБ сводится без дефицита с учетом комплексных водохозяйственных мероприятий по экономии водных ресурсов и регулирования качества воды

4. названные выше резервы используются при проектировании дальнейшего перспективного развития доминирующей отрасли – орошения

5. водохозяйственные расчеты выполняются для створа размещения гидроузла в привязке к расчетным объемам водопотребления (таблица 2)

Используется методика расчета по обобщенным параметрам стока и водопотребления. После завершения водохозяйственного обоснования выполняется:

- ВХБ рекомендуемого варианта с учетом оптимизации проектных решений
- Разрабатываются правила управления запроектированного водохранилища для условий нормальной эксплуатации и в течение пускового периода
 - Определяется пропускная способность тракта – переброски
 - Технико-экономическая оценка запроектированной ВХС

- Разрабатываются элементы инженерных сооружений в составе ВХС (конструкция гребня плотины, грунтовая плотина)

5.1. Определение расчетной зависимости «емкость водохранилища – гарантированная водоотдача»

Расчет проектного водопотребления обобщенным методом.

Таблица 10. Минимальные расчетные требования $A_{\text{мин}}$, предъявляемые в створе №2, млн.м³

Месяцы	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	Год
Попуски	25,7	9,3	1,4	0,4	0,6	0,7	0,7	0,8	1,3	0,8	0,7	4,3	46,7
БВ	0,04 7	0,605	1,55 4	1,275	1,442	0,93 9	0,047	0,04 7	0,047	0,047	0,04 7	0,047	6,144
$A_{\text{мин}}$	25,7 47	9,905	2,95 4	1,675	2,042	1,63 9	0,747	0,84 7	1,347	0,847	0,74 7	4,347	52,85

Под $A_{\text{мин}}$ понимается суммарное расчетное водопотребление, которое понимается, как базовая величина для дальнейшего развития отрасли.

Определяем возможности максимального развития отрасли по объему $A_{\text{макс}}$.

$$A_{\text{макс}} = \psi \cdot S = 0,95 \cdot 82,74 = 78,6$$

Таблица 11.

C_v	$\leq 0,3$	0,3 – 0,5	$> 0,5$
Ψ	0,95	0,85 – 0,9	0,8

Расчетное водопотребление любой ВХС складывается из полезного водопотребления и потерь стока на дополнительное испарение, фильтрацию как самого водохранилища, так на сооружения ВХС. Суммарные потери

складываются вместе с полезной отдачей, определяя будущую ситуацию хозяйственного использования вод.

Таблица 12. Результаты водохозяйственных расчетов обобщенным методом

Полезная отдача		Потери из водохранилища			Отдача Брутто	Относительная отдача Брутто $\alpha_{бр}$	Приведенная обеспеченность $P, \%$	Составляющие емкости водохранилища				
Сверх $A_{мин}$	Σ	Фильтрация	Дополнительное испарение	Σ				Многолетняя $V_{мн}$	Сезонная $V_{сез}$	Полезная $V_{плз}$	Мертвый объем $V_{мо}$	Полная емкость $V_{полн}$
0	52,85	0,5	0,5	1,0	53,85	0,65	77,1	0	1,99	1,99	0,9	2,89
5,15	58,0	1,0	1,0	2,0	60	0,73	78,5	0	6,70	6,70	0,9	7,60
10,3	63,15	1,5	1,5	3,0	66,15	0,80	79,6	12,4	13,24	25,64	1,0	26,64
15,45	68,3	2,0	2,0	4,0	72,3	0,87	80,6	16,5	18,72	35,22	1,5	36,72
20,6	73,45	2,5	2,5	5,0	78,45	0,95	81,4	37,2	22,79	59,99	2,0	61,99
25,75	78,6	3,0	3,0	6,0	84,6	1,02	82,1	74,5	27,01	101,51	2,5	104,01
17,5	70,88	2,4	2,4	4,8	75,38	0,91	80,0	26,85	20,76	48,00	1,75	50,00

Потери на фильтрацию обусловлены:

1. фильтрация через тело плотины и другие сооружения в составе напорного фронта
2. потери через уплотнение затворов
3. фильтрация через основание и береговые примыкания водохранилищного гидроузла

Фильтрационные потери рассчитываются на основе гидрогеологических изысканий и специальных расчетов с учетом гидромеханических свойств грунтов основания. Исходной зависимостью для последующих расчетов является зависимость для момента стабилизации гидравлического режима.

В проекте фильтрационные потери определим в зависимости от свойств основания экспертным методом.

Таблица 13.

Гидрогеологические условия	Величина потерь, см/год
благоприятные условия	50
суглинки	50 – 100
Неблагоприятные условия	>100

$$L_{\phi} = H_{\phi} \cdot \omega = 3 \text{ млн. м}^3$$

Потери на льдообразование определяется по толщине льда, нарастающего в период намерзания. Кроме того, лед, осевший на берегах, сокращает и саму величину регулирующей емкости, снижая эффект регулирования.

$$\Delta V_{\text{л}} = \rho_{\text{ом}} \cdot h_{\text{л}} \cdot (F_{\text{н}} - F_{\text{к}})$$

Потери на дополнительное испарение.

В практике расчет дополнительного испарения в ряде случаев заменяют расчетом видимого испарения.

$$E_c - O_c = 610 - 549 = 61$$

$$P_{np} = \frac{A_{mn}}{\sum A_i}$$

$$A_{mn} = \sum_1^m [A_i \cdot P_i + A_{cni} \cdot (100 - P_i)]$$

i – индекс отрасли

P_i – расчетная обеспеченность i -го потребителя

Определение емкости водохранилища обобщенным методом.

$$V_{плз} = V_{mn} + V_{сез}$$

$$V_{полн} = V_{плз} + V_{мо}$$

$$V_{mn} = \beta_{mn} \cdot \bar{S}$$

$$\beta_{mn} = f(\alpha_{\bar{p}}; P_{np}; C_v; r_a)$$

$$V_{сез} = \beta_{сез} \cdot \bar{S}$$

$$\beta_{сез} = \alpha \cdot t - m \text{ при } \beta_{mn} = 0$$

$$\beta_{сез} = \alpha(t - m)$$

t – водопотребление лимитирующего периода в долях годового стока

m – объем стока лимитирующего периода в долях годового стока

По данным таблицы 12 строим график зависимости суммарной полезной гарантированной отдачи и ее перспективного прироста от полного объема водохранилища.

5.2 Постановка задачи оптимизации и определение оптимального варианта параметров водохозяйственной системы

В соответствии с постановкой проектной задачи определяется оптимальное сочетание регулирования стока и дотации воды из внешнего бассейна. При этом возможны следующие варианты:

1. вода подается из внешнего бассейна в равномерном режиме, в этом случае требуется буферное водохранилище для перерегулирования графика водопотребления
2. переброска ведется в графике водопотребления
3. вода перебрасывается по каналу
4. вода подается по трубопроводу в соответствующей пропускной способности

Потери по трассе водоподачи принимаем в размере 5% от объема переброски. Окончательно получаем функциональную зависимость между требуемым объемом водоподачи и пропускной способностью канала:

$$Q_{\bar{o}p} = 0,11 \cdot A_{пер}$$

Площадь сечения находим из уравнения неразрывности:

$$\omega = Q_{\bar{o}p} / v ,$$

где

v - расчетная скорость в канале

Скорость определяется применительно к равномерному движению формулой Шези:

$$v = c \cdot \sqrt{R \cdot i} = 40,24 \cdot \sqrt{0,55 \cdot 0,0005} = 0,67$$

Гидравлический уклон примем $i=0,0005$. Гидравлически выгоднейшее сечение канала, скорректированное с учетом удобства строительных работ, выбираем с заложением откосов $m=1,5$ и значением $\beta_{\max} = b/h = 2,45$.

Коэффициент шероховатости примем как для оросительного канала в глинистом русле $n=0,0225$. Соответственно ω, χ, R, C и расходная характеристика K выразятся в виде функций нормальной глубины h следующим образом:

$$\omega = (b + m \cdot h) \cdot h = (2,45 \cdot h + 1,5 \cdot h) = 3,95 \cdot h^2 = 2,85 \text{ м}^2$$

$$\chi = b + 2h\sqrt{1+m^2} = 2,45 \cdot h + 2 \cdot h \cdot 1,803 = 6,056 \cdot h = 6,056 \cdot 0,85 = 5,14 \text{ м}$$

$$R = \omega / \chi = 0,65 \cdot h = 0,65 \cdot 0,85 = 0,55 \text{ м}$$

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^{0,167} = 44,44 \cdot (0,65 \cdot h)^{0,167} = 44,44 \cdot (0,65 \cdot 0,85)^{0,167} = 40,24$$

$$Q_{op} = \omega \cdot c \sqrt{R \cdot i} = 3,95 \cdot h^2 \cdot 44,44 \cdot (0,65 \cdot h)^{0,167} \cdot 0,806 \cdot h^{0,5} \cdot 0,0224 = 2,95 \cdot h^{2,67} = 2,95 \cdot 0,85^{2,67} = 1,91 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Параметры сечения канала определим с помощью уравнения:

$$2,95 \cdot h^{2,67} = 0,11 \cdot A_{nep} \Rightarrow h^{2,67} = 0,037 \cdot A_{nep}$$

$$h = (0,037 \cdot A_{nep})^{0,375} = 0,290 \cdot A_{nep}^{0,375} = 0,85$$

Таким образом, зная объем переброски можно найти расчетную глубину h из последнего выражения и, используя зависимости, определяем ω и v . Расчетная скорость в канале проверяется по условиям размыва русла и незаиления: $v_{нз} \leq v \leq v_{нр}$

Неразмывающая средняя скорость потока в каналах определяется в зависимости от вида грунтов, в которых проложен канал. Удельное сцепление суглинков равно $C=24 \text{ кН/м}^2$, $h=0,85 \text{ м} \rightarrow v_{нр}=1,48 \text{ м/с} > v=0,67 \text{ м/с}$

Незаиляющая скорость находится по формуле:

$$\rho_{cp} = \frac{18,4 \cdot v_{нз}^2}{R \cdot \omega_{cp}} \rightarrow v_{нз}^2 = \frac{R \cdot \omega_{cp} \cdot \rho_{cp}}{18,4} = \frac{0,55 \cdot 5 \cdot 0,8}{18,4} = 0,12 \text{ м/с} \rightarrow v_{нз} = \sqrt{0,12} = 0,35 \text{ м/с}$$

Таким образом,

$$v_{нз} = 0,35 \text{ м/с} < v = 0,67 \text{ м/с} < v_{нр} = 1,48 \text{ м/с}, \text{ условие выполняется.}$$

Расчет канала при неравномерном и неустановившемся движении связан с большим объемом вычислений при построении кривой подпора. Будем считать, что возможность превышения уровня, вызванное выклиниванием кривой подпора, снимается собственной регулирующей способностью канала. Площадь сечения выемки примем несколько выше площади живого сечения:

$$\omega = 4 \cdot h^2 = 4 \cdot 0,85^2 = 2,89$$

Выразим теперь объем выемки через объем переброски:

$$V_{выемки} = L \cdot 4 \cdot (0,302 \cdot A_{пер}^{0,375})^2 = 0,365 \cdot L \cdot A_{пер}^{0,75}$$

При L в метрах получаем объем выемки по трассе канала в млн.м³.

Таким образом каждому значению переброски $A_{пер}$ ставится в соответствие величина ω , а следовательно, и стоимость мероприятий по переброске стока, определяемых в свою очередь стоимостью водозабора и канала переброски.

В случае водоподачи посредством напорного водовода методика расчета принципиально не меняется. Так определение параметров трубопровода круглого сечения можно вести на основе совместного решения уравнений Шези и Дарси-Вейсбаха.

$$Q_{\partial p} = 0,12 \cdot A_{пер} = \omega \cdot C \cdot \sqrt{R \cdot i} = 2,1 \text{ м}^3 / \text{с}$$

$$i = \frac{\lambda \cdot v^2}{2 \cdot g \cdot d} = 0,0005; \quad C = \sqrt{\frac{8 \cdot g}{\lambda}} = 44,3; \quad v = \frac{Q_{\partial p}}{\omega} = 0,7 \text{ м/с}$$

Коэффициент сопротивления по длине находим по формуле Павловского :

$$\lambda = 8 \cdot g \cdot n^2 \cdot \left(\frac{4}{d}\right)^{3\sqrt{n}} = 0,04$$

После несложных преобразований получаем формулу зависимости гидравлического радиуса от расхода и затем от требуемого объема переброски :

$$Q = 4\pi \cdot R^{2,5+1,5\sqrt{n}} \cdot \sqrt{i} \cdot \frac{1}{n} = 2,1$$

$$R = \left(\frac{Q \cdot n}{4 \cdot \pi \cdot \sqrt{i}}\right)^{\frac{1}{2,5+1,5\sqrt{n}}} = \left(\frac{0,12 \cdot A_{nep} \cdot n}{4 \cdot \pi \cdot \sqrt{i}}\right)^{\frac{1}{2,5+1,5\sqrt{n}}} = \left(\frac{0,03 \cdot A_{nep} \cdot n}{\pi \cdot \sqrt{i}}\right)^{\frac{1}{2,5+1,5\sqrt{n}}} = 0,5$$

$d = 4 \cdot R$ – диаметр водовода равен четырем гидравлическим радиусам

$$d = 4 \cdot 0,5 = 2$$

С целью отыскания оптимума воспользуемся методом динамического программирования. Для каждого из рассматриваемых значений гарантированной отдачи (в диапазоне от $A_{мин}$ до A_{max}) определяются стоимостные показатели разных вариантов решения проектной задачи. Варианты обусловлены сочетаниями емкость водохранилища – объем переброски.

Экономический эффект от дополнительного орошения определен на основании нескольких критериев, связанных с доходностью и затратами в отрасль. В учебном проекте в качестве целевой функции Z берется ежегодный чистый доход $ЕЧД$ от дополнительной сельскохозяйственной продукции при условии, что коэффициент рентабельности не меньше нормативного значения ($K_{рен} = 0,12 \div 0,15$). Капиталовложения K определяются по комплексным сооружениям $K_{комп}$ (плотина, водохранилище, тракт переброски вместе с головным водозабором), а также по отраслевым сооружениям $K_{ор}$. $ЕЧД$ в свою очередь можно оценить по разнице стоимости продукции ($Ц$) и ежегодных отраслевых издержек ($С$). Стоимость продукции всех отраслей кроме орошения в рассматриваемом проекте фиксирована,

поскольку прирост идет только за счет орошения. Экономический эффект определяется только от дополнительного орошения, поэтому он соотносится с величинами затрат сверх тех, которые необходимы для обеспечения минимальной отдачи $A_{мин}$. С целью сокращения объема вычислений расчеты выполняются на основе примерных укрупненных стоимостных показателей, без учета фактора времени.

$$Z = EЧД$$

$$EЧД = Ц - C$$

$$K_{рен} = (Ц - C) / K$$

$$K = K_{комп} + K_{ор} ; C = C_{комп} + C_{ор} ; Ц = Ц_{ор}$$

Комплексные затраты (руб. в ценах 2006г.)

$$K = K_{водхр} + K_{кнл} + K_{водзб}$$

$K_{в-ща}$ — капитальные затраты по водохранилищу

$K_{кнл}$ — капитальные затраты по каналу переброски

$K_{водзб}$ — капитальные вложения на строительство водозабора, включая затраты на регулирование стока в створе изъятия

$$K_{комп} = k_{в-ща} \cdot [V - V_0] + k_{пер} \cdot V_{выемки} + k_{в-ща} \cdot A_{пер}$$

$$K_{комп} = 6 \cdot [V - V_0] + 3300 \cdot L \cdot \omega + 6 \cdot A_{пер}$$

V — полный объем водохранилища рассматриваемого варианта по отдаче $A_{в-ща}$

V_0 — объем водохранилища, необходимый для покрытия минимальной гарантированной водоотдачи $A_{мин}$

$k_{в-ща}$ – удельные капвложения на кубометр емкости водохранилища, (руб./м³)

$k_{пер}$ – удельные капвложения на кубометр выемки, учитывающие стоимость водозаборного сооружения, (руб./м³)

$$C_{ком} = 0,015 \cdot k_{в-ща} \cdot [V - V_0] + 0,03 \cdot (k_{пер} \cdot V_{выемки} + k_{в-ща} \cdot A_{пер})$$

Отраслевые затраты (руб.)

$$K_{op} = k_{op} \cdot F_{op}$$

$$K_{op} = 36000 \cdot F_{op}$$

$$C_{op} = c_{op} \cdot F_{op}$$

$$C_{op} = 360 \cdot F_{op}$$

$$F = \frac{A_{op} \cdot \eta}{M}$$

A_{op} – прирост отдачи на орошение;

F – площадь орошения, обеспеченная при объеме водоподачи;

$$A_{op} = A_{в-ща} + A_{пер}$$

M – оросительная норма комплексного гектара, принята 1730 м³/га

η - к. п. д. оросительной системы, принимаем 0,8 .

Стоимость продукции

$$Ц_{op} = F \cdot \sum y_j \cdot u_j \cdot d_j = F \cdot u_{op}, \text{ где}$$

y_j, u_j, d_j – урожайность, закупочная цена и доля в севообороте j - ой культуры

u_{op} – закупочная цена на продукцию, полученную с комплексного гектара, принята в расчетном примере 15000 руб./га при площадях орошения до 20 тыс.га. Для больших площадей учтено снижение эффекта по причине сложности сбыта продукции, конкуренции и т.д. При 100 тыс. га стоимость продукции снижена до 9000 руб./га.

$$C_{op} = u_{op} \cdot A_{op} \cdot \eta / M$$

Параметры водохозяйственной системы:

- Полезный объем водохранилища – 48млн.м³
- Полный объем водохранилища $\sim$ 50млн.м³
- Отметка НПУ=161м
- Отметка УМО= 142м
- Отметка ФПУ=163,5м
- Площадь зеркала при НПУ= 4,5км²
- Гарантированная полезная отдача водохранилища – 70,875млн.м³
- минимальные требования ВХК – 52,85млн.м³
- гарантированное орошение – 17,5млн.м³
- Объем переброски $\sim$ 17,5млн. м³
- Итого гарантированная полезная отдача ВХС – 88,375млн.м³
- В том числе орошение – 35млн.м³
- Расход канала (производительность водозабора) $\sim$ 1,91м³/с
- Расчетная глубина в канале $\sim$ 0,85м
- Скорость течения в канале $\sim$ 0,67м /с
- Параметры альтернативного напорного водовода для переброски

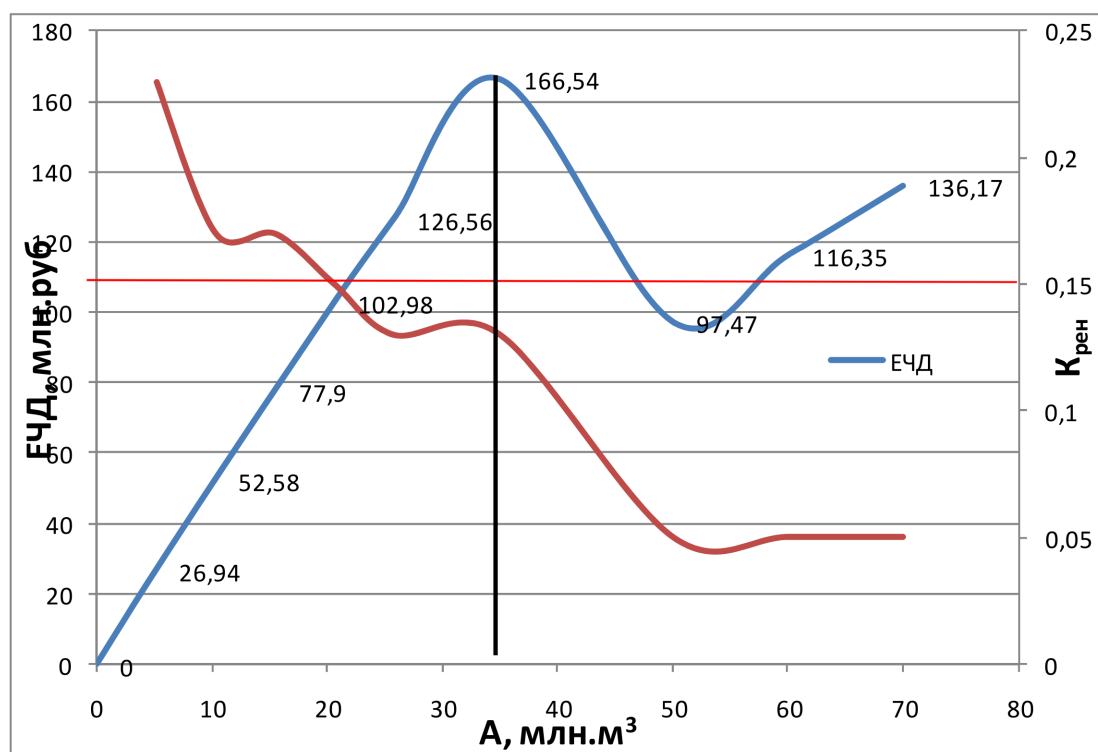
млн.м³:

- Диаметр водовода – 2м
- Скорость $\sim$ 0,7м /с

Таблица 14. Техничко-экономическое сопоставление вариантов по результатам оптимизационных расчетов.

Прирост гарантированно й отдачи на орошение, А _{ор} , млн.м ³	Долевое участие в покрытии требований орошения		Стоимостные показатели проектируемых водохозяйственных мероприятий, направленных на развитие орошения, млн.руб.											
	Водохранилищ е, А _{вдхр} , млн.м ³	Канал переброски , А _{пер} , млн.м ³	Затраты по водохранилищ у с учетом компенсации затопления		Канал переброски и водозаборно е сооружение		Отраслевые затраты на орошение		Суммарные затраты ВХС		Площадь орошения , F _{ор} , тыс.га	Стоимость с/х продукции за вычетом затрат на реализаци ю	Размер ежегодног о чистого дохода, ЕЧД	Коэффициент рентабельност и, К _{рн}
5,15	0	5,15	0	0	182,7	5,48	86,4	8,64	269,1	14,12	2,4	36	21,88	0,08
	3	2,15	15,66	0,23	92,1	2,76	86,4	8,64	194,16	11,63			24,37	0,13
	5,15	0	28,26	0,42	0	0	86,4	8,64	114,66	9,06			26,94	0,23
10,3	0	10,3	0	0	317,88	9,54	172,8	17,28	490,68	26,82	4,8	72	45,18	0,09
	5,15	5,15	28,26	0,42	182,7	5,48	172,8	17,28	383,76	23,18			48,82	0,13
	10,3	0	142,5	2,14	0	0	172,8	17,28	315,3	19,42			52,58	0,17
15,45	0	15,45	0	0	434,58	13,04	255,6	25,56	690,18	38,6	7,1	106,5	67,9	0,10
	5,45	10	30,66	0,46	308,16	9,24	255,6	25,56	594,42	35,26			71,24	0,12
	10	5,45	132,66	1,99	189,78	5,69	255,6	25,56	578,04	33,24			73,26	0,13
	15,45	0	202,98	3,04	0	0	255,6	25,56	458,58	28,6			77,9	0,17
20,6	0	20,6	0	0	546	16,38	342	34,2	888	50,58	9,5	142,5	91,92	0,10
	10,3	10,3	142,5	2,14	317,88	9,54	342	34,2	802,38	45,88			96,62	0,12
	15	5,6	192,66	2,89	190,68	5,72	342	34,2	725,34	42,81			99,69	0,14
	20,6	0	354,6	5,32	0	0	342	34,2	696,6	39,52			102,98	0,15
25,75	0	25,75	0	0	654,78	19,64	428,4	42,84	1083,1	62,48	11,9	178,5	116,02	0,11
	10	15,75	142,5	2,14	445,62	13,37	428,4	42,84	8	58,35			120,15	0,12
	15,75	10	204,66	3,07	308,16	9,24	428,4	42,84	1016,5	55,15			123,35	0,13
	25,75	0	606,72	9,10	0	0	428,4	42,84	2	51,94			126,56	0,12
									941,22					
									1035,1					
									2					

35	0	35	0	0	840,96	25,23	583,2	58,32	1424,1	83,55	16,2	243	159,45	0,11
	15	20	192,66	2,89	533,16	15,99	583,2	58,32	6	77,2			165,8	0,13
	17,5	17,5	246,66	3,70	481,2	14,44	583,2	58,32	1309,0	76,46			166,54	0,13
	25,75	9,25	606,72	9,10	289,14	8,67	583,2	58,32	2	76,09			166,91	0,11
									1311,06					
									1479,06					
50	0	50	0	0	1127,64	33,83	831,6	83,16	1959,2	116,9	23,1	207,9	90,91	0,05
	10	40	132,66	1,99	942,24	28,27	831,6	83,16	4	9			94,48	0,05
	20	30	330,66	4,96	743,64	22,31	831,6	83,16	1906,5	113,4			97,47	0,05
	25,75	24,25	606,72	9,10	625,98	18,78	831,6	83,16	1905,9	2			96,86	0,05
									2064,3	110,4				
										3				
										111,0				
										4				
60	0	60	0	0	1310,4	39,31	997,2	99,72	2307,6	139,0	27,7	249,3	110,27	0,05
	10	50	132,66	1,99	1127,64	33,83	997,2	99,72	2257,5	3			113,76	0,05
	20	40	330,66	4,96	942,24	28,27	997,2	99,72	2270,1	135,5			116,35	0,05
	25,75	34,25	606,72	9,10	824,58	24,74	997,2	99,72	2428,5	4			115,74	0,05
										132,9				
										5				
										133,5				
										6				
70	0	70	0	0	1486,56	44,60	1166,	116,6	2652,9	161,2	32,4	291,6	130,36	0,05
	10	60	132,66	1,99	1310,4	39,31	4	4	6	4			133,66	0,05
	20	50	330,66	4,96	1127,64	33,83	1166,	116,6	2609,4	157,9			136,17	0,05
	25,75	44,25	606,72	9,10	1016,58	30,50	4	4	6	4			135,36	0,05
							1166,	116,6	2624,7	155,4				
							4	4	2789,7	3				
							1166,	116,6		156,2				
							4	4		4				



5.3. Водохозяйственные балансы рекомендуемого варианта

Таким образом, в процессе проектирования выбран принципиальный вариант схемы инженерно-технических мероприятий и оптимальный объем суммарной гарантированной водоотдачи. По результатам расчетов составляются водохозяйственные балансы проектного уровня развития. Следует отметить, что в условиях многолетнего регулирования стока, выбор года для демонстрации ВХБ вопрос не всегда простой, поскольку при обоснованном многолетнем режиме любой год обеспечен необходимым запасом воды в водохранилище. Для наглядности в учебном проекте для ВХБ ограничимся годом 75 % по обеспеченности годового стока.

$$ВХБ_i = ПР_{i-1} + БП_i + ВО_i + P_i - ВП_i - КП_i$$

$$БВ_i = ВП_i - ВО_i - \text{безвозвратное водопотребление}$$

$$ПР_{i-1} - \text{приток с вышележащего (i-1)-го водохозяйственного участка}$$

$БП_i$ – сток, формируемый на i -ом участке

$ВО_i$ – водоотведение на i -ый участок

P_i – регулирование стока в интервале, «+» сработка; «–» наполнение

$ВП_i$ – водопотребление на i -ом участке

$КП_i$ – комплексный попуск в выходном створе i -го участка

Если $ВХБ \geq 0 \Rightarrow ИЗБ = ВХБ ; ДФ = 0 ;$

Если $ВХБ < 0 \Rightarrow ДФ = -ВХБ ; ИЗБ = 0 .$

Проектный приток к $(i+1)$ -му водохозяйственному участку не может быть определен без предварительного распределения дефицита между потребителями и комплексным попуском :

$$ДФ_i = \sum_{ji} ДФ_{ji} + ДФ_{кп i}$$

j – индекс участника водохозяйственного комплекса

Распределение дефицита между участниками ВХК – самостоятельная водохозяйственная задача – решается либо на основе согласованных приоритетов, либо путем экономического обоснования.

Общая формула для проектного стока в замыкающем створе i -го ВХУ (он же проектный приток к $i+1$ -му ВХУ):

$$ПС_i = КП_i - ДФ_{кп i} + ИЗБ_i$$

Формула справедлива для всех случаев, в том числе при диспетчерском регулировании, когда величина дефицитов назначается в зависимости от текущего наполнения.

Таблица 15. Перспективный ВХБ расчетного водохозяйственного участка по маловодному году 75%.

Календарные месяцы	Приходная часть баланса			Расходная часть баланса				Результаты водохозяйственного		
				Расчетные требования			Расчетные требования брутто	баланса		
	Проектный приток сверху	Сток, формирующийся на участке	Итого располагаемые ресурсы	На ВХУ		Дефицит вышерасположенных участков		Дефицит водных ресурсов	Резервы стока, холостые сбросы	Проектный сток в нижнем бьефе
КП				Орошение						
4	15,6	19,4	35	25,7	0	0	25,7	0	9,3	35
5	5,7	7,0	12,7	9,3	3,5	0	12,8	0,1	0	9,3
6	1,2	1,2	2,4	1,4	9,45	0,464	11,314	8,914	0	1,4
7	0,4	0,4	0,8	0,4	7,7	0,385	8,485	7,685	0	0,4
8	0,5	0,6	1,1	0,6	8,75	0,452	9,802	8,702	0	0,6
9	0,6	0,7	1,3	0,7	5,6	0,249	6,549	5,249	0	0,7
10	0,6	0,6	1,2	0,7	0	0	0,7	0	0,5	1,2
11	0,7	0,8	1,5	0,8	0	0	0,8	0	0,7	1,5
12	0,8	1,0	1,8	1,3	0	0	1,3	0	0,5	1,8
1	0,6	0,6	1,2	0,8	0	0	0,8	0	0,4	1,2
2	0,5	0,6	1,1	0,7	0	0	0,7	0	0,4	1,1
3	2,8	3,2	6	4,3	0	0	4,3	0	1,7	6
Год	30	36,1	66,1	46,7	35	1,55	83,25	30,65	13,5	60,9

Таблица 16. Перспективный ВХБ расчетного водохозяйственного участка по маловодному году 75% с учетом мероприятий.

Водохозяйственный баланс реки Рыбница в створе водохранилища													
Календарные месяцы	Приходная часть баланса					Расходная часть баланса					Результаты ВХБ		
	Проектный приток сверху	Сток, формирующийся на участке	из стока реки Дотация бассейна реки	Регулирование стока, + сработка - наполнение	Итого располагаемые ресурсы	Расчетные требования		Дотация к дефицитным створам	Потери на дополнительное испарение и фильтрацию	Расчетные требования брутто	Дефицит водных ресурсов	Проектный сток в нижнем бьефе	Наполнение водохранилища на конец месяца
						На ВХУ	Орошение						
						Попуск							
4	15,6	19,4	0	-8,9	26,1	25,7	0	0	0,4	26,1	0	25,7	16,9
5	5,7	7,0	1,75	-1,25	13,2	9,3	3,5	0	0,4	13,2	0	9,3	18,15
6	1,2	1,2	4,725	4,589	11,714	1,4	9,45	0,464	0,4	11,714	0	1,4	13,561
7	0,4	0,4	3,85	4,235	8,885	0,4	7,7	0,385	0,4	8,885	0	0,4	9,326
8	0,5	0,6	4,375	4,727	10,202	0,6	8,75	0,452	0,4	10,202	0	0,6	4,599
9	0,6	0,7	2,8	2,849	6,949	0,7	5,6	0,249	0,4	6,949	0	0,7	1,75
10	0,6	0,6	0	-0,1	1,1	0,7	0	0	0,4	1,1	0	0,7	1,85
11	0,7	0,8	0	-0,3	1,2	0,8	0	0	0,4	1,2	0	0,8	2,15
12	0,8	1,0	0	-0,1	1,7	1,3	0	0	0,4	1,7	0	1,3	2,25
1	0,6	0,6	0	0	1,2	0,8	0	0	0,4	1,2	0	0,8	2,25
2	0,5	0,6	0	0	1,1	0,7	0	0	0,4	1,1	0	0,7	2,25
3	2,8	3,2	0	-1,3	4,7	4,3	0	0	0,4	4,7	0	4,3	3,55
Год	30	36,1	17,5	4,45	88,05	46,7	35	1,55	4,8	88,05	0	46,7	

Таблица 16а. Вспомогательная таблица.

Календарные месяцы	Приходная часть баланса				Расходная часть баланса					Дефицит	Резерв
	Проектный приток сверху	Сток, формирующийся на участке	Дотация стока из бассейна реки Донора	Приход	Расчетные требования		Потери на дополнительное испарение и фильтрацию	Расход			
					На ВХУ	Дотация к дефицитным створам					
					Попуск	Орошение					
4	15,6	19,4	0	35	25,7	0	0	0,4	26,1	0	8,9
5	5,7	7,0	1,75	14,45	9,3	3,5	0	0,4	13,2	0	1,25
6	1,2	1,2	4,725	7,125	1,4	9,45	0,464	0,4	11,714	4,589	0
7	0,4	0,4	3,85	4,65	0,4	7,7	0,385	0,4	8,885	4,235	0
8	0,5	0,6	4,375	5,475	0,6	8,75	0,452	0,4	10,202	4,727	0
9	0,6	0,7	2,8	4,1	0,7	5,6	0,249	0,4	6,949	2,849	0
10	0,6	0,6	0	1,2	0,7	0	0	0,4	1,1	0	0,1
11	0,7	0,8	0	1,5	0,8	0	0	0,4	1,2	0	0,3
12	0,8	1,0	0	1,8	1,3	0	0	0,4	1,7	0	0,1
1	0,6	0,6	0	1,2	0,8	0	0	0,4	1,2	0	0
2	0,5	0,6	0	1,1	0,7	0	0	0,4	1,1	0	0
3	2,8	3,2	0	6	4,3	0	0	0,4	4,7	0	1,3
Год	30	36,1	17,5	83,6	46,7	35	1,55	4,8	88,05	16,4	11,95

5.4 Определение пропускной способности водосброса для пропуска максимального расхода. Вопросы защиты от наводнения

Оценку влияния максимальных расходов на водохозяйственную обстановку ниже узла выполняем, используя методику Д.Ч. Качерина. В соответствии с этой методикой, если принять гидрограф максимального стока в виде треугольника, то емкость форсировки определяется следующей формулой:

$$V_{\phi} = W_p \cdot \left(1 - \frac{q_{\max}}{Q_{\max}}\right)$$

V_{ϕ} – объем призмы форсировки

$q_{\max}$ – зарегулированный максимальный расход

$Q_{\max}$ – естественный максимальный расход расчетной обеспеченности

Принимаем обеспеченность $Q_{\max}$ 0,5%, так как III класс сооружений.

Исходя из того, что ряды наблюдений отсутствуют для определения максимального естественного расхода, используем империческую формулу для максимального стока, формируемого весенним половодьем.

$$Q_{\max}^p = K_0 \cdot h_p \cdot \mu \cdot \delta \cdot \delta_1 \cdot \delta_2 \cdot \frac{F_{\phi}}{(F_{\phi} + F_1)^n}$$

K_0 – коэффициент дружности половодья

h_p – слой стока расчетной обеспеченности

μ – коэффициент несовпадения максимального стока и максимальных расходов

n – коэффициент редукции

$$S_p = m_p \cdot \bar{S} = 1,94 \cdot 82,74 = 160,5$$

$$W_p = (0,3 - 0,4) \cdot S_p = 0,4 \cdot 160,5 = 64,2$$

$$h_p = \frac{W_p}{F_e} = \frac{64,2}{709} = 90_{мм}$$

$$Q_p^{\max} = 0,006 \cdot 90 \cdot 1,06 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,91 \cdot \frac{709}{(709 + 70,9)^{0,17}} = 119,1 м^3 / с$$

Определение зависимости емкости форсировки от максимального расхода водосброса.

При решении задач, связанных с трансформацией стока через гидроузел в период высоких половодий и паводков, следует учитывать следующие факторы:

- Показатели затопления в верхнем бьефе гидроузла с выходом на площади затопляемых территорий и соответственные ущербы для населения и экономики
- Показатели затопления в нижнем бьефе с определением высоты и протяженности защитных дамб и соответствующей стоимости этих сооружений, а также тех ущербов, которые не покрываются мероприятиями по аккумуляции стока и уже указанными дамбами
- Определение функций пропускной способности водосбросных сооружений от принимаемой емкости форсировки

На основании перечисленных факторов определяются области оптимальных решений с точки зрения затопления бьефов гидроузла, параметров водосброса и величины емкости форсировки.

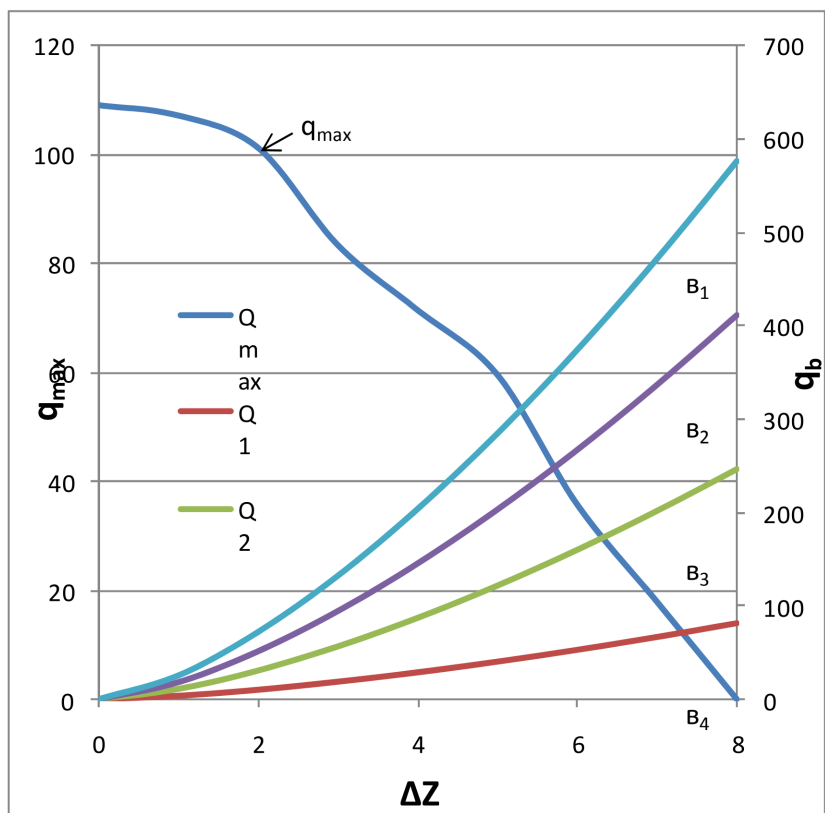
Будем считать, что территории в нижнем бьефе, которые подлежат защите, фиксированы и должны быть защищены в любом случае либо посредством аккумуляции стока, либо по средствам защитных дамб обвалования. Очевидно, что в разных вариантах будет меняться длина и протяженность дамб.

Таблица 17.

$K = \frac{Q_{\max}}{q_{\max}}$	$q_{\max}$	V_{ϕ}	$\Delta z = f(V_{\phi})$	$q_b = i(z)$			
				$b_1=2$	$b_2=6$	$b_3=10$	$b_4=14$
0	0	64,20	8	82,19	246,56	410,93	575,30
0,15	17,87	54,57	7	67,27	201,80	336,34	470,88
0,30	35,73	44,94	6	53,38	160,14	266,91	373,67
0,50	59,55	32,10	5	40,61	121,83	203,04	284,26
0,60	71,46	25,68	4	29,06	87,17	145,29	203,40
0,70	83,37	19,26	3	18,87	56,62	94,37	132,11
0,85	101,24	9,63	2	10,27	30,82	51,37	71,91
0,90	107,19	6,42	1	3,63	10,90	18,16	25,43
1,00	119,10	0	0	0	0	0	0

Таким образом, получена зависимость $q_{\max}$ от величины противопаводочной емкости. По величине емкости оценивается затопление территории в верхнем бьефе, по $q_{\max}$ — в нижнем бьефе. После чего рассчитывается и проектируется мероприятие, которое компенсирует ущербы от затопления. На основании технико-экономического сопоставления вариантов определяется рациональное сочетание затрат, связанных с обвалованием территории и увеличением отметки ФПУ. В результате технико-экономического обоснования в проекте приняты следующие показатели:

- $q_{\max}=94,5\text{м}^3/\text{с}$
- $V_{\phi}=13,3\text{млн.м}^3$
- $\nabla\text{ФПУ}=163,5\text{м}$
- $\nabla\text{Гр}=165\text{м}$



6. Уточнение параметров ВХС и определение режимов регулирования стока для рекомендуемого проектного варианта

6.1 Определение отметки гребня плотины комплексного гидроузла

Расчет отметки гребня плотины выполняется в соответствии со «Строительными нормами и правилами» СНиП 2.06.05 – 84 «Плотины из грунтовых материалов» для двух расчетных уровней воды в верхнем бьефе водоема: НПУ и ФПУ.

Превышение отметки гребня плотины h_s над расчетным статическим уровнем воды в водохранилище определяется по формуле:

$$h_s = \Delta h_{set} + h_{run1\%} + a$$

Δh_{set} – высота ветрового нагона воды, м

$h_{run1\%}$ - высота наката ветровых волн обеспеченностью 1%, м

a – конструктивный запас гребня, м

высота ветрового нагона Δh_{set} устанавливается по формуле:

$$\Delta h_{set} = K_w \cdot \frac{V_w^2 \cdot L}{g \cdot (H_1 + \Delta h_{set})} \cdot \cos \alpha$$

H_1 – глубина водоема, м (при НПУ: $H_1 = \nabla \text{НПУ} - \nabla \text{дна}$; при ФПУ:

$H_1 = \nabla \text{ФПУ} - \nabla \text{дна}$)

K_w – коэффициент, принимаемый равным $2,1 \cdot 10^{-6}$ при скорости ветра $V_w = 20 \text{ м/с}$

Таблица 17а. Определение параметров волн и отметки гребня плотины.

Исходные данные				
№	Параметры	НПУ	ФПУ	УМО
1	Отметка расчетного уровня (▼РУ), м	161	163,5	142
2	Отметка дна, м	140	140	140
3	Длина разгона ветровой волны L, м	1700	2000	800
4	Угол между продольной осью водоема и направлением ветра α , град	0	0	0
5	Расчетная скорость ветра V_w , м/с	20	17	18
6	Обеспеченность по накату, %	1	1	1
Расчет				
1	$g \cdot L / V_w^2$	41,69	67,89	24,22
2	$g \cdot t / V_w$	10594,8	12464,5	11772
3	$g \cdot \bar{L} / V_w^2$	0,01	0,015	0,009
4	$g \cdot \bar{T} / V_w$	1,2	1,4	1,05
5	$\bar{T} = \frac{(g \cdot \bar{T} / V_w) \cdot V_w}{g}$	2,45	2,43	1,93
6	$\lambda_d = \frac{g \cdot \bar{T}^2}{2\pi}$	9,38	9,22	5,82
7	$0,5\lambda_d \leq H_1$	выполняется	выполняется	не выполняется
8	$\bar{h} = (g \cdot \bar{L} / V_w^2) \cdot V_w^2 / g, м$	0,41	0,44	0,30
9	$K_{1\%}$	2,07	2,07	2,07
10	$h_{1\%} = K_{1\%} \cdot \bar{h}$	0,84	0,91	0,62
11	$\lambda_d / h_{1\%}$	11,17	10,13	—
12	k_r	0,7	0,7	—
13	k_p	0,5	0,5	—
14	k_{sp}	1,5	1,38	—
15	k_{run}	1,23	1,2	—
16	k_j	1	1	—
17	k_α	1	1	—
18	$h_{run1\%} = k_r \cdot k_p \cdot k_{sp} \cdot k_{run} \cdot k_j \cdot k_\alpha \cdot h_{1\%}$	0,54	0,53	—
19	$\Delta h_{set} = K_w \cdot \frac{V_w^2 \cdot L}{g \cdot (H_1 + \Delta h_{set})} \cdot \cos \alpha$	0,00693	0,00527	—

20	Конструктивный запас a , м	0,5	0,5	—
21	$h_s = \Delta h_{set} + h_{run1\%} + a$	1,05	1,04	—
22	$\nabla Gp = \nabla PY + h_s$	162,05	164,54	—

Таким образом, для дальнейшего проектирования с учетом округления принимаем $\nabla Gp=165\text{м}$

6.2 Построение диспетчерского графика водохранилища многолетнего регулирования

После того как запроектирована водохозяйственная система, определены ее основные технико-экономические показатели, основной задачей становится определение режима её функционирования в течение пускового периода и в период нормальной эксплуатации.

Правила управления существующих и проектируемых гидроузлов включают:

- схема компоновки и функционирования элементов ВХС;
- водохозяйственные балансы характерных по водности лет;
- диспетчерские правила управления водохранилищем (диспетчерский график), в проектном режиме, в период пускового комплекса (до выхода на проектную отметку) и в условиях прохождения высоких паводков и половодий;
- система ограничений по сработке и наполнению водохранилища, обусловленная связанная социально-экологическими обязанностями, режима работы водозаборных сооружений, уровненным режимом, ограничением по прочности и устойчивости, как сооружений, так и береговых примыканий.

Очевидно, разработать правила управления (использования) водных ресурсов водохранилища в рамках курсового, и даже дипломного проекта невозможно. Ядром правил является диспетчерский график, определяющий режим функционирования водохранилища в различных по водности

условиях. Построение диспетчерских графиков – одна из важнейших водохозяйственных задач при проектировании водохранилищных гидроузлов. Мы рассмотрим обобщенный метод построения, достаточно наглядный и не требующий сложных объемных вычислений, сопутствующих реальным проектам.

Основные функции диспетчерского графика:

1. обеспечение нормальной гарантированной отдачи;
2. обеспечение сокращенной гарантированной отдачи, недопущение глубоких перебоев благодаря своевременному переходу водохозяйственных установок на пониженное потребление;
3. минимизация холостых сбросов;
4. недопущение или снижение опасности при прохождении высоких половодий (паводков) за счет противопаводочной емкости и водосбросных сооружений.

В курсовом проекте принимаем традиционную структуру диспетчерского графика с включением следующих зон:

1. зона нормальной гарантированной отдачи;
2. зона пониженной отдачи;
3. зона максимальной производительности водохозяйственных установок;
4. зона сбросов.

Зоны графика ограничены характерными линиями, построение которых выполняется на основе представленных ниже расчетов.

ППЛ – противоперебойные линии;

ЛПО – линии пониженной отдачи;

ПСЛ – противосбросовая линия.

При построении диспетчерского графика из многолетнего ряда выбираем годы с низкой меженью и низким половодьем. Объём стока всех этих лет приводим к объёму $A_{\bar{op}}$. По каждому году балансовым методом строится противоперебойная линия. Верхнюю огибающую принимаем за

ППЛ. В курсовом проекте расчеты ведем по одному модельному году, у которого объём стока равен объёму отдачи брутто $A_{бр}$ (суммарная гарантированная отдача водохранилища с учетом потерь на испарение и фильтрацию).

Проектная ситуация обеспечивается после выхода водохранилища на проектную отметку наполнения. Для построения характерных линий диспетчерского графика необходимо выполнить вспомогательные расчеты.

Таблица 18. Расчетное водопотребление характерных зон диспетчерского графика, млн.м³

Составляющие нормальной отдачи водохранилища	Месяцы												Год
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
Уровень нормальной гарантированной отдачи													
A _{мин}	25,747	9,905	2,954	1,675	2,042	1,639	0,747	0,847	1,347	0,847	0,747	4,347	52,85
A _{ор}	0	1,75	4,725	3,85	4,375	2,8	0	0	0	0	0	0	17,5
L _{пот}	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	4,8
A _{бр}	26,147	12,055	8,079	5,925	6,817	4,839	1,147	1,247	1,747	1,247	1,147	4,747	75,15
Уровень пониженной водоотдачи													
S ⁹⁵ _{СЭК}	18,9	6,9	0,9	0,2	0,4	0,4	0,4	0,5	1,0	0,6	0,5	3,1	33,8
БВ	0,047	0,605	1,554	1,275	1,442	0,939	0,047	0,047	0,047	0,047	0,047	0,047	6,144
A _{мин}	18,947	7,505	2,454	1,475	1,842	1,339	0,447	0,547	1,047	0,647	0,547	3,147	39,944
A ⁹⁵ _{ор}	0	0,525	1,4175	1,155	1,3125	0,84	0	0	0	0	0	0	5,25
L _{пот}	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	4,8
A ⁹⁵ _{бр}	19,347	8,43	4,2715	3,03	3,5545	2,579	0,847	0,947	1,447	1,047	0,947	3,547	49,994
Уровень максимальной производительности водохозяйственных установок в многоводные годы													
S ²⁰ _{СЭК}	46,5	10,1	2,1	1,1	1,4	1,5	1,5	1,4	2,4	1,5	1,1	2,9	73,5
БВ	0,047	0,605	1,554	1,275	1,442	0,939	0,047	0,047	0,047	0,047	0,047	0,047	6,144
A _{ор}	0	1,75	4,725	3,85	4,375	2,8	0	0	0	0	0	0	17,5
L _{пот}	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	9,6
A ²⁰ _{бр}	47,347	13,255	9,179	7,025	8,017	6,039	2,347	2,247	3,247	2,347	1,947	3,747	106,744

Построение противоперебойной линии – это линия графика, ограничивающая сверху зону нормальной гарантированной отдачи, она показывает, что выше можно использовать воду для увеличения водопотребления вплоть до максимальной производительности водохозяйственных обстановок. Ниже этой линии увеличение нормальной водоотдачи недопустимо. Построение выполняется обобщенным методом применительно к условиям многолетнего регулирования стока. В реальных проектах расчет выполняется для группы лет с низкой меженью и низким половодьем, после чего строится верхняя огибающая по всем рассмотренным годам. В учебном проекте расчет выполняется по одному модельному расчетному году, у которого объем стока равен объему отдачи брутто. $A_{бр}$ рассчитано в таблице 18.

Параметры расчетного модельного года.

В основе обобщенного метода формирование расчётного модельного года с объёмом стока равным отдаче брутто. Режим стока внутри года моделируется посредством интерполяции сезонных и интервальных значений стока между средним годом и годом расчетной обеспеченности покрытия.

Объем стока в период половодья для модельного года определяется по формуле:

$$\frac{S_{\text{модель}} - S_{75\%}}{\bar{S} - S_{75\%}} = \frac{P_{\text{модель}} - P_{75\%}}{\bar{P} - P_{75\%}} \Rightarrow$$

$$P_{\text{модель}} = \frac{S_{\text{модель}} - S_{75\%}}{\bar{S} - S_{75\%}} \cdot (\bar{P} - P_{75\%}) + P_{75\%}$$

Соответственно рассчитывается объем стока в период межени:

$$M_{\text{модель}} = S_{\text{модель}} - P_{\text{модель}}.$$

Таблица 19. Определение сезонных объемов стока модельного года, млн.м³

Характерные годы	Объем годового стока	Объем половодья	Объем межени
Год 75% обеспеченности	$S_{75\%} = M_{75\%} + П_{75\%} = 64,9$	$П_{75\%}=34,4$	$М_{75\%}=30,5$
Модельный год	$S_{(модель)}=A_{бр}=75,15$	$П_{модель}=50,32$	$М_{модель}=24,83$
Средний год	$\bar{S} = 82,74$	$\bar{П} = 62,1$	$\bar{М} = 20,64$

Координаты противоперебойной линии.

Последовательность определения координат диспетчерского графика противоперебойной линии (КДГ ППЛ):

1. Сопоставляется объем и режим стока расчетного модельного года гидрографа водопотребления.
2. Балансовым методом определяются дефициты и избытки стока, на основании чего строится разностная интегральная кривая стока и водопотребления (V_{Σ})
3. Координаты диспетчерской линии рассчитываются по формуле:

$$КДГ = V_{полн.} - W_{д} + V_{\Sigma} ;$$

V_{Σ} - текущее наполнение на конец интервала, рассчитывается «елочкой» обратным ходом;

$W_{д}$ - диспетчерская сработка, определяется по формуле:

$$W_{д} = П_{модель} - A_{бр.}^{П} = 61,84 - 42,949 = 18,891$$

Таблица 20. Расчет координат противоперебойной линии, млн.м³

Календарные месяцы	Сток модельного года	Водопотребление брутто, А _{бр}	+ дефицит - избыток	Ход наполнения водохранилища	КДГ
4	40,43	26,147	-14,283	17,035	48,144
5	14,58	12,055	-2,525	19,56	50,669
6	2,71	8,079	5,369	14,191	45,3
7	0,83	5,925	5,095	9,096	40,205
8	1,13	6,817	5,687	3,409	34,518
9	1,43	4,839	3,409	0	31,109
10	1,28	1,147	-0,13	0,13	31,239
11	1,58	1,247	-0,33	0,46	31,569
12	1,95	1,747	-0,203	0,663	31,772
1	1,28	1,247	-0,033	0,696	31,805
2	1,12	1,147	0,027	0,669	31,778
3	6,83	4,747	-2,083	2,752	33,861
Год	75,15	75,15	0	0	

Линия пониженной отдачи.

Режим работы водохранилища в маловодные и остромаловодные периоды регламентируется одной или несколькими зонами сокращенного водопотребления. Это необходимо, чтобы предотвратить слишком быструю сработку водохранилища и избежать высоких перебоев в водообеспечении.

Зона пониженной отдачи (в курсовом проекте – одна) сверху ограничена линией ЛПО, снизу уровнем мертвого объема, та часть ЛПО, которая проходит выше ППЛ в диспетчере не учитывает. Режим урезки указан в таблице.

Таблица 21. Расчет координат линии пониженной водоотдачи, млн.м³.

Календарные месяцы	Сток года 95% обеспеченности	Сокращенное водопотребление брутто, А _{бр}	+ дефицит - избыток	КДГ
4	25,7	19,347	-6,353	12,15
5	9,3	8,43	-0,87	13,02
6	1,4	4,2715	2,8715	10,1485
7	0,4	3,03	2,63	7,5185

8	0,6	3,5545	2,9545	4,564
9	0,7	2,579	1,879	2,685
10	0,7	0,847	0,147	2,538
11	0,8	0,947	0,147	2,391
12	1,3	1,447	0,147	2,244
1	0,8	1,047	0,247	1,997
2	0,7	0,947	0,247	1,75
3	4,3	3,547	-0,753	5,797
Год	46,7	49,994		

$$КДГ = V_{mo} + V_{\Sigma} = 1,75 + V_{\Sigma}$$

Противосбросовая линия (ПСЛ).

Противосбросовая линия ограничивает сверху зону нормальной гарантированной отдачи и предназначена для того, чтобы минимизировать произвольные сбросы водохранилища. Приуроченная к ней зона максимальной производительности водохозяйственных установок имеет водопотребление согласно таблице . За начало расчета ПСЛ принимается момент полного водохранилища, когда объем стока начинает превышать нормальную водоотдачу. При расчете ПСЛ отбираются годы с высоким половодьем и многоводной меженью с обеспеченностью близкой 100%- $P_{расч}=20\%$. В реальных проектах для всех линий диспетчерского графика рассматриваются группы лет, а не отдельные годы, как в учебном проекте.

Таблица 22. Расчет координат диспетчерской линии ПСЛ.

Месяцы	Сток года 20% обеспеченности	$A_{бр}^{max}$	+ дефицит - избыток	КДГ
4	63,1	47,347	-15,753	45,36
5	13,7	13,255	-0,445	45,805
0,1-6	12,67	12,67	0	50
6	3,4	9,179	5,779	44,221
7	1,9	7,025	5,125	39,096
8	2,3	8,017	5,717	33,375
9	2,6	6,039	3,439	29,889
10	2,3	2,347	0,047	29,842

11	2,5	2,247	-0,253	30,095
12	3,2	3,247	0,047	30,048
1	2,1	2,347	0,247	29,801
2	1,5	1,947	0,447	29,354
3	4,0	3,747	-0,253	29,607
Год	102,6	106,744		

6.3 Оценка продолжительности пускового периода. Режим водопотребления в течение пускового периода

Выполненные водохозяйственные расчеты касаются периода нормальной эксплуатации водохозяйственной системы, однако, до этого момента следует определить режим водопотребления для того, чтобы избежать омертвления капитальных вложений. Кроме того, наполнение водохранилища может быть начато до окончания строительства.

В данном разделе определяется продолжительность пускового периода, назначается объем и режим водопотребления. Продолжительность пускового периода определяется временем наполнения запроектированного водохранилища до проектной отметки в среднемаловодных условиях. Результаты корректируются каждый год.

$$V_{\text{пуск.}} = V_{\text{мо}} + \frac{V_{\text{нлз}}}{2} = 1,75 + \frac{48}{2} = 25,75 \text{ млн. м}^3$$

По достижении указанного объема водохранилище будет эксплуатироваться в проектном режиме.

Статистический анализ n-леток ведем по следующим параметрам:

- $\bar{S}_n = n \cdot \bar{S}$
- $C_{\text{vn}} = \frac{C_v}{\sqrt{n}}$ (упрощенная формула без учета внутрирядной связи r_a)

В течение пускового периода не вся вода, которая поступает по водотоку, будет аккумулироваться водохранилищем, поскольку имеют место

значительные потери на фильтрацию в ложе и береговых примыканиях, поэтому суммарные затраты стока включают и водопотребление, и высокие потери.

Таблица 23. Определение объема стока n-лет (P=75%).

Продолжительность n-летки	C_{vn}	$m_{75\%}$	$S_n = m_{75\%} \cdot \bar{S}_n$	$B=0,1A_{плз}$	$B=0,2A_{плз}$	$B=0,3A_{плз}$	$B=0,4A_{плз}$	$B=0,5A_{плз}$	$B=0,6A_{плз}$	V_a	V_a	V_a	V_a	V_a	V_a
1	0,29	0,784	64,87	63,6	65,35	67,1	68,85	70,6	72,35	1,27	-0,48	-2,23	-3,98	-5,73	- 7,48
2	0,21	0,791	130,9	127,2	130,7	134,2	137,7	141,2	144,7	3,7	0,2	-3,3	-6,8	-10,3	- 13,8
3	0,17	0,909	225,63	190,8	196,05	201,3	206,55	211,8	217,05	34,83	29,58	24,33	19,08	13,83	8,58
4	0,15	0,895	296,2	254,4	261,4	268,4	275,4	282,4	289,4	41,8	34,8	27,8	20,8	13,8	6,8
5	0,13	0,880	364,05	318,0	326,75	335,5	344,25	353,0	361,75	46,05	37,3	28,55	19,8	11,05	2,3
6	0,12	0,873	433,38	381,6	392,1	402,6	413,1	423,6	434,1	51,78	41,28	30,78	20,28	9,78	- 0,72
7	0,11	0,865	500,99	445,2	457,45	469,7	481,95	494,2	506,45	55,79	43,54	31,29	19,04	6,79	- 5,46

Таблица 24. Определение продолжительности наполнения.

N _{нп}	N _{нп}	N _{нп}	N _{нп}	N _{нп}	N _{нп}
20	-54	-11	-6	-4	-3
7	129	-8	-4	-2,5	-2
0,7	0,9	1	1	2	3
0,6	0,7	0,9	1	2	4
0,6	0,7	0,9	1	2	11
0,5	0,6	0,8	1	3	-36
0,5	0,6	0,8	1	4	-5

$$N_{nn} = \frac{V_{\text{нук}}}{V_a}$$

$$V_a = S_n - B_i$$

$$B_i = \Delta A_{\text{нлз}} + A_{\text{min}} + L_{\text{nom}}$$

$$L_{\text{nom}} = L_{\text{учн}} + L_{\phi} = 2,25 + 6,75 = 9$$

Выводы:

По проекту можно сделать следующие выводы:

1. Рассматриваемый водохозяйственный комплекс не имеет перспектив развития при существующем уровне водохозяйственных мероприятий. В частности дефицит водопотребления при современном уровне развития составляет 1,55млн.м³, на уровне 2020 года (проектные перспективы) составляет 30,65млн.м³. ВХК включает в себя отрасли экономики, промышленности, энергетики и орошения, территориально разработанные в курсовом проекте 4 курса.

2. Было предусмотрено 2 группы мероприятий:

- регулирование качества воды и экономия водных ресурсов (введение водооборотной системы в промышленность, введение повторной системы водоснабжения, очистка сточных вод города и рекреации, снижение опасности реки от рассредоточенных источников)

- инженерно-технические мероприятия, связанные с регулированием стока и перераспределением территории (проектирование водохранилища многолетнего регулирования стока и канал переброски из бассейна реки-донора).

3. Техничко-экономические показатели:

Техничко-экономические показатели для оптимального варианта:

- Полезный объем водохранилища – 48млн.м³
- Полный объем водохранилища ~ 50млн.м³
- Отметка дна=140м
- Отметка НПУ=161м
- Отметка УМО= 142м
- Отметка ФПУ=163,5м
- Отметка ГР=165м
- Гарантированная полезная отдача водохранилища – 70,875млн.м³
- минимальные требования ВХК – 52,85млн.м³

- гарантированное орошение – 17,5млн.м³
- Объем переброски 17,5млн. м³
- Итого гарантированная полезная отдача ВХС – 88,375млн.м³
- В том числе орошение – 35млн.м³
- Максимальный расход 0,5% обеспеченности – 119,1м³/с

Объем инвестиций с учетом регулирования стока на минимальную водоотдачу ВХК:

- Водохранилищный гидроузел с учетом компенсации затопления – 243млн.руб.
- Канал переброски и водозаборное сооружение в точке изъятия – 481,2млн.руб.
- Отраслевые затраты на орошение – 583,2млн.руб.
- Всего по ВХС – 1307,4млн.руб.

Эксплуатационные затраты:

- Водохранилищный гидроузел с учетом компенсации затопления – 3,70млн.руб.
- Канал переброски и водозаборное сооружение в точке изъятия – 14,44млн.руб.
- Отраслевые затраты на орошение – 58,32млн.руб.
- Всего по ВХС – 76,46млн.руб.

Себестоимость воды без учета стоимости водоподготовки

$$b = \frac{76,46}{48} = 1,6 \text{ руб./ м}^3$$

4. Состояние природного комплекса и меры, связанные с ОВОС

- Современное состояние водного хозяйства характеризуется наличием дефицитов водных ресурсов в годы, близкие к расчетной обеспеченности для потребителей основной группы – ГKBX и промышленность. Функционирование ВХК в таких условиях возможно только при одновременном сокращении проектных объемов водопотребления и

размеров природоохранного попуска. Ликвидация дефицитов возможна при сезонно – годичном регулировании стока.

- Развитие орошения наряду с повышением водообеспеченности существующих водопотребителей в бассейне связано с дополнительными мероприятиями по регулированию стока и его территориальному перераспределению.

- По результатам технико-экономического сопоставления вариантов предлагается строительство водохранилища многолетнего регулирования стока полным объемом 50млн.м³ и дотация части свободных водных ресурсов смежного бассейна посредством канала протяженностью 40км с параметрами, приведенными в соответствующем разделе проекта. Этот вариант является оптимальным по технико-экономическим показателям.

- В случае реализации рекомендуемых мероприятий в проектной перспективе водообеспечены участники существующего ВХК с комплексным попуском 46,7млн.м³ и безвозвратным водопотреблением 6,141млн.м³ в год.

Список литературы:

1. Комплексное использование водных ресурсов и охрана природы. Под ред. проф., д.т.н. В.В.Шабанова, М., Колос 1994.
2. Раткович Л.Д., Соколова С.А. Методические основы водохозяйственных расчетов при проектировании водохозяйственных систем. Учебное пособие, М., МГУП, 2002г.
3. Хрисанов Н.И. Управление эвтрофированием водоемов. – С.-П.:Гидрометеиздат. 1993
4. Шахов И.С. Водные ресурсы и их рациональное использование. Учебное пособие. 2000г., Екатеринбург
5. Справочник. Водное хозяйство. Под ред. Бородавченко И.И. – М.: Агропромиздат.,1988
6. Государственный водный кадастр. Гидрографические характеристики речных бассейнов европейской территории СССР. -Л.: Гидрометеиздат. 1971.
7. СНиП 2.01.14-83 «Определение расчетных гидрологических характеристик».
8. СНиП 2.01.15-90 «Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов».
9. «Практикум по инженерной гидрологии и регулированию стока» под редакцией Овчарова Е.Е. – Москва, Колос, 1996г.
10. Курс семинаров и лекций по проектированию ВХС за 2007г.