

силье повышенные дозы минеральных удобрений, если конечно это будет экономно и не будет приводить к полеганию посевов.

МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ ДИСПЕТЧЕРСКИХ ГРАФИКОВ УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМОМ РАБОТЫ ИРРИГАЦИОННЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ МЕЖГОСУДАРСТВЕННОГО ЗНАЧЕНИЯ

В.А. Скрыльников, И.Ю. Ибрагимов

САНИИРИ им. В.Д. Журина

Для управления ирригационными водохранилищами используются два вида графиков.

Диспетчерские графики, которые отражают режим наполнения и сработки водохранилищ по времени и графики изменения регулирующей способности водохранилищ отражающих изменения объемов воды от отметки уровня воды перед плотиной.

Последние используются в процессе оперативного управления для определения фактических объемов воды в водохранилище.

Для построения диспетчерских графиков используют водобалансовые расчеты, которые в зависимости от периода осреднения называются ежедневными, пентадными, декадными и месячными.

Для наглядности выявления особенностей построения графиков, рассмотрим месячный водобалансовый расчет на примере Чимкурганского водохранилища.

Введем следующие понятия и обозначения:

1. Суммарная величина годового "Прихода" ($\sum_{i=1}^{12} P_i$) и "Расхода" ($\sum_{i=1}^{12} P_i$).

2. Внутригодовое распределение "Прихода" и "Расхода". В работе [1, стр.197] приводятся рекомендации Шульц В.Л. по внутригодовому распределению только "Прихода" для маловодных, средних и многоводных лет.

3. Объем воды на начало рассматриваемого года (на 01.01) (гидрологические ежегодники или Главгидромет РУз).

4. Объем заилиения [3, стр.30].

5. Линия ограничения наполнения объема (ЛОНО). Определяется как разность начального объема и объема заилиения.

6. Расчетная зона водообеспеченности, включает две кривые: нижняя – обеспечивает положительные ординаты графика, а верхняя – не превышает ЛОНО.

Если предполагается составить прогноз диспетчерских графиков, то необходимо рассмотреть три сочетания "Прихода" и "Расхода".

а) "Приход" меньше "Расхода" ($P < P$);

б) "Приход" равен "Расходу" ($P = P$);

в) "Приход" больше "Расхода" ($P > P$).

По имеющимся материалам нами составлено внутригодовое распределение "Прихода" и "Расхода" для лет различной водности в виде процента от нормы стока. Водность года обычно прогнозируется Главгидрометом и для любой расчетной водности можно определить внутригодовое распределение стока. Эти сведения нужны для прогноза диспетчерских графиков.

Рассмотрим несколько случаев построения диспетчерских графиков, используя фактический материал Чимкурганского водохранилища.

1 случай. Чимкурганское водохранилище за 1995 год. Водность $P = 0,65$ (65 % от нормы). ЛОНО = $404,22 \cdot 10^6 \text{ м}^3$.

В табл.1 приведены сведения "Приходной" и "Расходной" части баланса. Составлена разность и сумма разностей.

Согласно табл.1, для 1955 г. наибольшая отрицательная сумма разностей в VIII месяце имеет значение – $65,36 \cdot 10^6 \text{ м}^3$.

Отсюда наименьший начальный объем водохранилища, при котором ординаты графика будут положительными, равен $(W_n)_{\min}=65,36 \cdot 10^6 \text{ м}^3$.

Прибавляя сумму разностей по месяцам к $(W_n)_{\min}$, получим наинизшую кривую с положительными ординатами (табл.1 и рис.1).

Согласно табл.1, наибольшее положительное значение суммы разностей имеет место в III месяце и равно $168,84 \cdot 10^6 \text{ м}^3$.

Наибольший начальный объем водохранилища, при котором ординаты графика не превышают ЛОНО, составит:

$$(W_n)_{\max} = \text{ЛОНО} - 168,84 \cdot 10^6 \text{ м}^3 = (404,22 - 168,84) \cdot 10^6 \text{ м}^3 = 235,38 \cdot 10^6 \text{ м}^3$$

Прибавляя к $(W_n)_{\max}$ сумму разностей по месяцам, получим верхнюю кривую расчетной зоны водообеспеченности, которая не превышает ЛОНО. Для начального объема W_n на 01.01 условие расположения диспетчерского графика в расчетной зоне водообеспеченности можно выразить так $(W_n)_{\min} \leq W_n \leq (W_n)_{\max}$.

Для 1995 г. $W_n = 161,2 \cdot 10^6 \text{ м}^3$.

На рис.1 диспетчерский график дня этого значения начального объема на 01.01 расположен в расчетной зоне водообеспеченности.

II случай. Чимкурганское водохранилище за 1997 г. Водность года $P = 0,65$ (65 % от нормы). ЛОНО- $400 \cdot 10^6 \text{ м}^3$.

В табл.2 приведена "Приходная" и "Расходная" части водобаланса, составлена разность и сумма разностей.

Так как сумма разностей не имеет отрицательных значений (рис.2), то $(W_n)_{\min} = 0$.

Наибольшая положительная сумма разностей равна

$$269,42 \cdot 10^6 \text{ м}^3 \text{ (V месяц)}.$$

Наибольший объем водохранилища, при котором кривая ординат не превосходит ЛОНО, будет равен

$$(W_n)_{\max} = \text{ЛОНО} - 269,42 \cdot 10^6 \text{ м}^3 = (400 - 269,42) \cdot 10^6 \text{ м}^3 = 130,58 \cdot 10^6 \text{ м}^3.$$

Условие расположения диспетчерского графика в расчетной зоне водообеспеченности выражается так

$$0 \leq W_n \leq (W_n)_{\max}$$

В этом случае кривая суммы разностей является нижней огибающей расчетной зоны водообеспеченности.

III случай. Чимкурганское водохранилище за 1993 г.

Водность года $P = 2,18$ (218 % от нормы)

$$\text{ЛОНО} = 408,34 \cdot 10^6 \text{ м}^3$$

В табл.3 приводится "Приход" и "Расход", их разность, сумма разностей.

Наибольшее отрицательное значение в IX месяце равно $196,05 \cdot 10^6 \text{ м}^3$.

$$(W_n)_{\max} = \text{ЛОН} - 163,35 \cdot 10^6 \text{ м}^3$$

$$W_3 = 91,66 \cdot 10^6 \text{ м}^3 \quad \text{ЛОН} = 500 - 91,66 = 408,34 \cdot 10^6 \text{ м}^3$$

$$(W_n)_{\max} = 408,34 - 163,35 = 244,99 \cdot 10^6 \text{ м}^3$$

Прибавляя к $(W_n)_{\min}$ и $(W_n)_{\max}$ значения суммы разностей по месяцам, получим нижнюю $(W_n)_{\min}$ верхнюю $(W_n)_{\max}$ кривые расчетной зоны водообеспеченности, которые приведены на рис.3. Если к начальному объему водохранилища на 01.01.1993 г., равному $W_n = 295,8 \cdot 10^6 \text{ м}^3$, прибавить сумму разностей, то получим кривую, которая выходит за пределы ЛОНО.

Таблица 1

Режим работы Чимкурганского водохранилища за 1995 г. по данным Главгидромета

 $ЛОНО = 404,22 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ $W_{нор} = 672 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ $P = 0,652$; $P^I = 65,2\%$ от нормы. На 01.01.93 $W_n = 161,2 \cdot 10^6 \text{ м}^3$

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Годо- вая
Приход, 10^6 м^3	73,9	80,6	84,5	31,5	33,1	19,8	16,6	21,9	12,6	16,1	15,7	32,1	438,4
Расход, 10^6 м^3	1,62	5,24	63,3	15,8	45,8	73,3	102	60,2	1,75	5,44	18,4	0,88	453,7
Разность, 10^6 м^3	72,28	15,36	21,2	-44,3	-12,7	-53,5	-85,4	-38,3	10,85	10,66	-2,7	31,22	-15,33
Суммарная разность, 10^6 м^3	72,28	147,64	168,84	124,54	111,84	58,34	-27,06	-65,36	-54,51	-43,85	-43,55	-15,33	-15,33
Ординаты при $(W_n)_{\min} = 65,36 \cdot 10^6 \text{ м}^3$	137,64	213,00	234,2	189,90	177,20	123,70	38,30	0,0	10,85	21,51	18,81	50,03	
Ординаты при $W_n = 161,2 \cdot 10^6 \text{ м}^3$	233,48	308,84	330,04	285,74	273,04	219,54	134,14	95,84	106,69	117,35	114,65	145,87	
Ординаты при $(W_n)_{\max} = 235,38$	307,66	383,62	404,22	359,92	347,22	293,72	208,22	170,02	180,87	191,53	188,83	220,05	

Таблица 2

Режим работы Чимкурганского водохранилища за 1997 г. по данным Главгидромета

 $ЛОНО = 400 \cdot 10^6 \text{ м}^3$

$$W_{\text{нор}} = 672 \cdot 10^6 \text{ м}^3 \quad P = \frac{437}{672} = 0,651; \quad P^I = 65,1 \% \text{ от нормы. Из ежегодника на } 01.01.93 \quad W_n = 35,17 \cdot 10^6 \text{ м}^3$$

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Годо- вая
Приход, 10^6 м^3	16,9	29,6	71,8	64,6	131	37,1	11,3	7,77	20,9	9,96	11,9	24,5	437,33
Расход, 10^6 м^3	2,58	0,52	0,78	14,9	25,7	85,9	112	92,4	5,58	21,6	23,4	15,8	401,16
Разность, 10^6 м^3	14,32	29,08	71,02	49,7	105,3	-48,8	-100,7	-84,63	15,32	-11,64	-11,5	8,7	236,17
Суммарная разность, 10^6 м^3	14,32	43,4	114,42	164,12	269,42	220,62	119,92	35,29	50,61	38,97	27,47	36,17	36,17
Ординаты при $(W_n)_{\min} = 35,17 \cdot 10^6 \text{ м}^3$	49,49	78,57	149,59	199,29	304,59	255,79	155,09	70,46	85,78	74,14	62,64	71,34	
Ординаты при $(W_n)_{\max} = 130,58 \cdot 10^6 \text{ м}^3$	144,9	173,98	245,0	294,7	400	351,2	300,5	165,87	181,79	169,55	158,07	166,75	

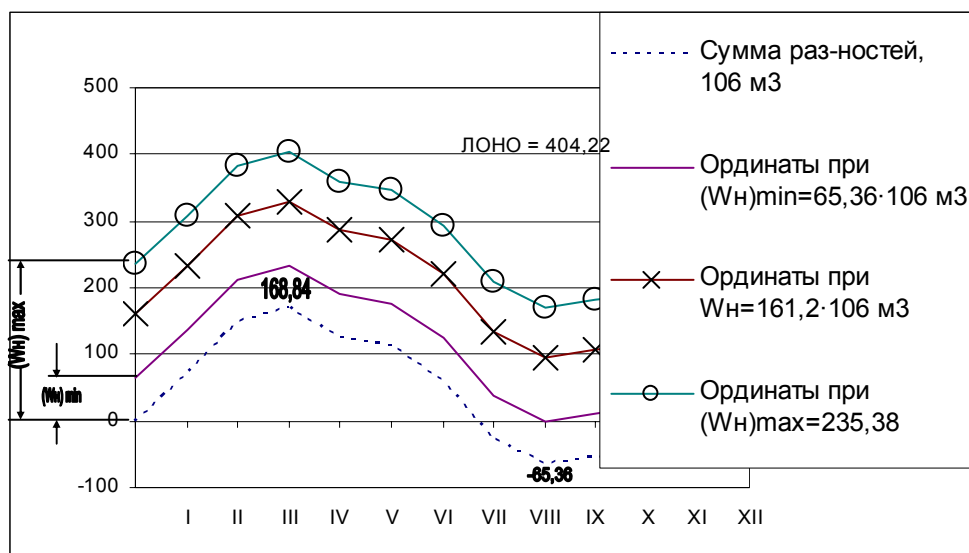


Рис. 1
Режим работы Чимкурганского водохранилища за 1995 г.

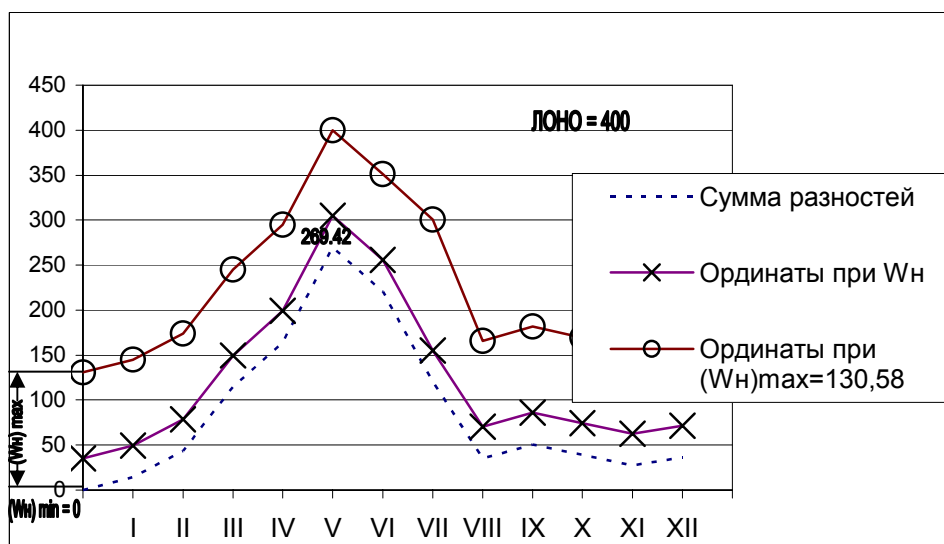


Рис. 2
Режим работы Чимкурганского водохранилища за 1997 г.

Сравнивая ординаты при $W_n = 295,8 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ следует отметить, что во II, III, IV, V месяцах наблюдается превышение значения $ЛОНО = 408,34 \cdot 10^6 \text{ м}^3$. Нужна корректировка режима работы Чимкурганского водохранилища за 1993 г. в I, II, III, IV месяцах увеличен "Расход" с таким расчетом, чтобы сумма разностей в IV месяце совместно с начальным объемом на 01.01.93 г. равного $295,8 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ достигла значения $ЛОНО = 408,34 \cdot 10^6 \text{ м}^3$.

Из табл.3 следует, что наибольшая отрицательная сумма разностей после корректировки составляет $-250,8 \cdot 10^6 \text{ м}^3$.

Наибольшее значение положительной суммы разностей равна $112,6 \cdot 10^6 \text{ м}^3$. Тогда новое значение $(W_n)'_{\max} = ЛОНО - 112,6 \cdot 10^6 \text{ м}^3 = (408,34 - 112,6) \cdot 10^6 \text{ м}^3 = 295,74 \cdot 10^6 \text{ м}^3$.

Прибавляя сумму разностей по месяцам к $(W_n)'_{\min}$ и $(W_n)'_{\max}$, получим новую верхнюю и нижнюю кривую расчетной зоны водообеспеченности.

Кривая для начального объема Чимкурганского водохранилища на 01.01.93 г. равного $295,8 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ совпадает с верхней огибающей кривой расчетной зоны водообеспеченности, т.е. $W_n = (W_n)'_{\max}$. Такой режим работы водохранилища является рациональным.

Проведенные расчеты диспетчерских графиков показали, что возможны различные режимы наполнения и сброски, и поэтому нужны прогнозные расчеты диспетчерских графиков, которые позволяют выбрать в каждом конкретном случае рациональный режим работы.

Для прогноза диспетчерских графиков нужно определить:

1. Месячный "Приход"

$$\Pi_i = \frac{N \cdot S}{100} \cdot p_{ni} \quad (1)$$

где N – годовая норма стока, 10^6 м^3 ;

S – водность года в % от нормы. Прогноз водности составляется Главгидрометом РУз;

p_{ni} – процент внутригодового месячного прихода. Может быть определен по табл.1.

2. Месячный "Расход"

$$P_i = \frac{N \cdot S}{100} \cdot \kappa \cdot p_{pi} \quad (2)$$

где κ – коэффициент, который для расходной части баланса принимается

$\kappa > 1,0$ ("Расход" больше "Прихода", $P > \Pi$),

$\kappa = 1,0$ ("Расход" равен "Приходу", $P = \Pi$),

$\kappa < 1,0$ ("Расход" меньше "Прихода", $P < \Pi$).

p_{pi} – процент внутригодового месячного распределения (табл. 1).

3. Составляется разность

$$\Pi_i - P_i \quad (3)$$

4. Рассчитывается сумма разностей

$$\sum_{i=1}^{12} (\Pi_i - P_i) \quad (4)$$

5. Минимальный начальный объем водохранилища, обеспечивающий положительные ординаты графика. Принимается как абсолютное значение наибольшего отрицательного значения суммы разностей

$$(W_n)_{min} = \max \left| - \sum_{i=1}^{12} (\Pi_i - P_i) \right| \quad (5)$$

6. Определяется линия ограничения наполнения объема (ЛОНО)

$$ЛОНО = W_n - W_3 \quad (6)$$

где W_n – начальный проектный объем водохранилища;

W_3 – объем заиления. Рассчитывается по предлагаемой методике [3, стр.30].

Таблица 3

Режим работы Чимкуртанского водохранилища за 1993 г. по данным Главгидромета

ЛОНО = $408,34 \cdot 10^6 \text{ м}^3$

$$W_{\text{нор}} = 295,8 \cdot 10^6 \text{ м}^3 \text{ Р} = \frac{1466}{672} = 2,18; \text{ Р}^I = 218 \% \text{ от нормы. На } 01.01.93 \text{ } W_{\text{н}} = 295,8 \cdot 10^6 \text{ м}^3$$

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Годовая
Приход, 10^6 м^3	57,6	129,0	251,0	231,0	312,0	160,0	44,4	20,6	21,4	69,3	74,2	95,5	1466,00
Расход, 10^6 м^3	3,55	66,7	237,0	198,0	326,0	212,0	167,0	163,0	49,8	12,0	17,7	10,4	1463,15
Разность, 10^6 м^3	54,05	62,3	14,0	33,0	-14,0	-52,0	-122,6	-142,4	-28,4	57,3	56,5	85,1	+2,85
Суммарная разность, 10^6 м^3	54,05	116,35	130,35	163,35	149,35	97,35	-25,25	-167,65	-196,05	-138,75	-82,25	2,85	
Ординаты при $(W_{\text{н}})_{\text{min}} = 196,05 \cdot 10^6 \text{ м}^3$	250,1	312,40	326,40	359,4	345,4	293,40	170,8	28,4	0	57,30	113,8	198,90	
Ординаты при $(W_{\text{н}})_{\text{max}} = 244,99 \cdot 10^6 \text{ м}^3$	299,04	361,34	375,34	408,34	394,34	342,34	219,74	77,34	48,94	106,24	162,74	247,84	
Ординаты при $W_{\text{н}} = 295,8 \cdot 10^6 \text{ м}^3$	349,85	412,15	426,15	459,15	445,15	393,15	270,55	128,15	99,75	157,05	213,55	298,65	
Корректировка режима работы путем увеличения расходной части в II, III, IV													
Приход, 10^6 м^3	57,6	129,0	251,0	231,0	312,0	160,0	44,4	20,6	21,4	69,3	74,2	95,5	1466,0
Расход, 10^6 м^3	15,0	75	245	221	326	212	167	163	49,8	12,0	17,7	10,4	
Разность, 10^6 м^3	42,6	54	7	11	-14	-52	-126,6	-142,4	-28,4	+57,3	+56,5	+85,1	
Сумма разностей, 10^6 м^3	42,6	96,6	103,6	112,6	+98,6	+46,6	-80	-222,4	-250,8	-193,5	-137,0	-51,9	
Ординаты при $W_{\text{н}} = 295,8 \cdot 10^6 \text{ м}^3$	332,8	376,8	380,8	408,4	394,4	342,4	215,8	73,4	46	102,3	158,8	243,9	
Ординаты при $(W_{\text{н}})_{\text{min}} = 250,8 \cdot 10^6 \text{ м}^3$	293,4	347,4	354,4	363,4	349,4	297,4	170,8	28,4	0	57,3	113,8	198,9	
Ординаты при $(W_{\text{н}})_{\text{max}} = 295,74$	338,34	392,34	399,34	408,34	394,34	342,34	215,74	73,34	44,94	102,24	158,74	243,84	

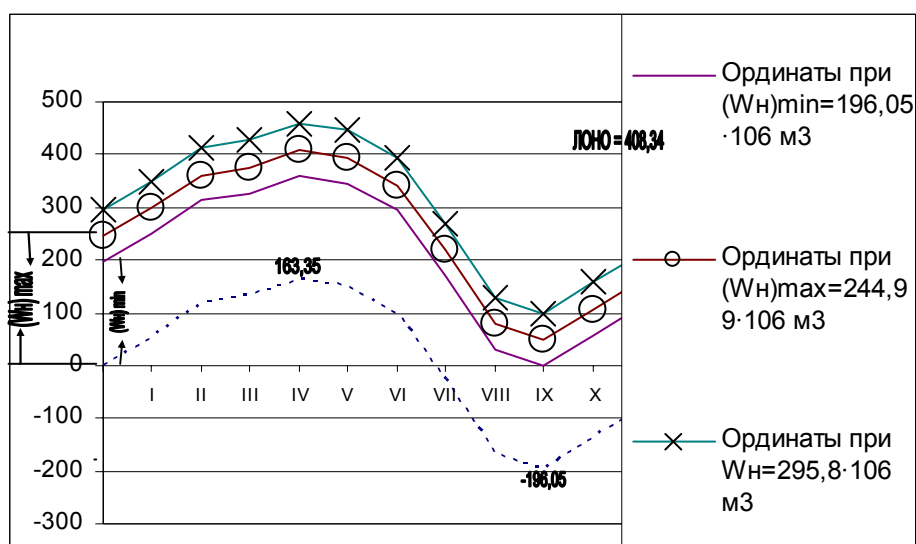


Рис. 3
Режим работы Чимкурганского водохранилища за 1993 г.

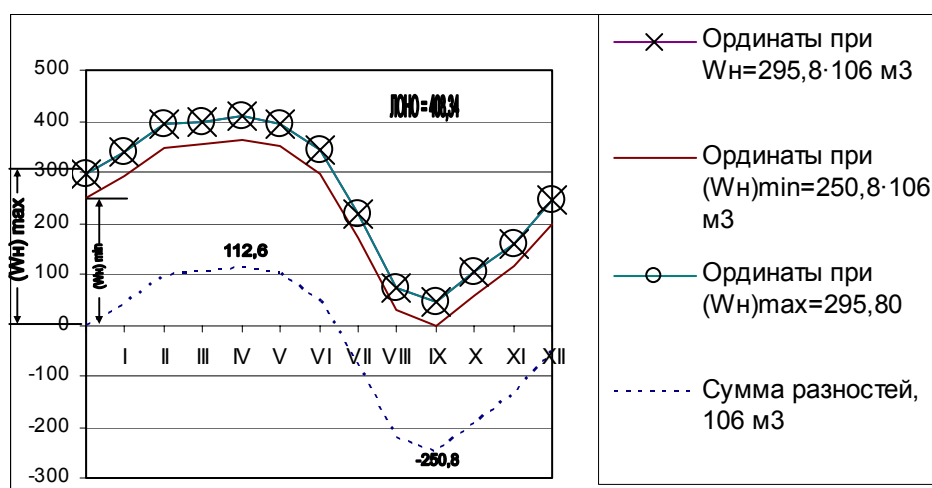


Рис. 4
Корректировка режима работы Чимкурганского водохранилища за 1993 г.

7. Определяется наибольший начальный объем водохранилища, для которого ординаты графика не превышают ЛОНО.

$$(W_n)_{max} = \text{ЛОНО} - \max[+\sum(P_i - P_j)] \quad (7)$$

Вычитаемое принимается как наибольшее положительное значение суммы разностей.

8. Расчетная зона водообеспеченности

$$(W_n)_{min} < W_n \leq (W_n)_{max} \quad (8)$$

Рациональный режим обеспечивается при условии $W_n = (W_n)_{max}$

9. Ординаты расчетной зоны водообеспеченности

Нижняя кривая

$$(W_1)_i = (W_n)_{\min} + \sum_{i=1}^{12} (P_i - P_i) \quad (9)$$

Верхняя кривая

$$(W_2)_i = (W_n)_{\max} + \sum_{i=1}^{12} (P_i - P_i) \quad (10)$$

Расчетный режим наполнения и сработки водохранилища для значения объема W_n на начало рассматриваемого года (01.01) определяется по выражению

$$W_p = W_n + \sum_{i=1}^{12} (P_i - P_i) \quad (11)$$

Литература

1. Шульц В.Л. Реки Средней Азии. Гидрометеиздат, Л.: 1963. – 302 с.
2. Бахтияров В.А. Водное хозяйство и водохозяйственные расчеты. Гидрометеиздат, Л.: 1961. – 430 с.
3. Скрыльников В.А. Расчет заиливания водохранилищ. В журнале "Гидротехническое строительство", № 8, 1988. – С.30-33.
4. Скрыльников В.А. и др. Повышение эффективности эксплуатации водохранилищ. Ташкент: "Мехнат", 1987. – 243 с.

СРЕДСТВА ВОДОУЧЕТА И АВТОМАТИЗАЦИИ ДЛЯ ОТКРЫТЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

О.С. Макаров*, К.К. Бейшекеев, У.С. Боронбаев*, В.Н. Шаров*,
А.В. Артюхин*, В.С. Верета***

***Координационный метрологический центр МКВК
(ПКТИ «Водавтоматика и метрология»),**

****Департамент водного хозяйства МСВХ и ПП Кыргызской Республики**

Подавляющее большинство водохозяйственных оросительных систем в странах ЦАР являются открытыми. Важнейшим условием эффективной работы этих систем и рационального использования водных ресурсов, является оперативный и достоверный водоучет. Это особенно актуально в условиях платного водопользования. Кроме этого на основе достоверных данных, полученных от водоучета, осуществляется управление процессами водозабора и водораспределения, регулирование водного режима, контроль за технической эксплуатацией сооружений и системой в целом.

Как известно, расход, объем и сток воды определяются косвенными методами, по значению уровней и скорости потока воды (непосредственной оценкой, дифференциальными измерениями, интегрированием и т. д.), которые непосредственно измеряются "прямым" методом. Таким образом, для успешного функционирования оперативного планирования и водораспределения, а также для внедрения водоучета необходимо комплексно решить следующие задачи:

- измерения уровней воды на источниках орошения и каналах, верхних и нижних бьефах гидротехнических сооружений, водохранилищах;
- измерения скоростей потока воды на водомерных сооружениях (гидропостах);
- измерения линейного и углового перемещения различных затворов и гидроавтоматов;