

БАЛАНС РАСХОДОВ ВОДОХРАНИЛИЩА КУРПСАЙСКОЙ ГЭС В ПЕРИОДЫ ОТСУТСТВИЯ ХОЛОСТЫХ СБРОСОВ ВОДЫ

В.А.Олейникова
[E.mail. ksucta@elcat.kg](mailto:ksucta@elcat.kg)

Курпсай гидроэлектростанциясынын суу чыгымдарынын балансы, чыгымдардын балансынын теңденелерин түзүүчүлөрүнүн өз өзүнчө анализдери жана гидроэлектростанциянын жылдык чыгымдарынын өзгөрүүлөрү анализденет.

Рассматривается баланс расходов воды Курпсайской ГЭС, приводится детальный анализ составляющих уравнения баланса расходов, анализируются кривые изменения расходов ГЭС в течение года.

The balance of the cost of water is considered Kurpsai HPS, is a detailed analysis of the components of the cost of the balance equation, analyzes curves of changes in hydro costs during the year.

Развитие гидротехнического строительства на современном этапе, повышение зарегулированности стока рек Кыргызской Республики, постоянное увеличение потребности в воде вызывают необходимость улучшение учета стока воды на гидроузлах. Без надежного учета водного стока не может быть налажено оптимальное распределение воды между водопотребителями, регулирование паводковых расходов, не могут быть выявлены и устранены непроизводительные потери воды и решены задачи, связанные с повышением эффективности использования водных ресурсов /1/.

Расход воды на ГЭС – это количественный показатель потребления гидроэнергоресурсов /2/. Потенциал водотока рассчитывается при условии полного использования стока. Однако в реальных условиях часть стока неизбежно теряется.

Непосредственной задачей учета водного стока на ГЭС является определение объема стока, прошедшего через створ гидроузла, и сопоставление его с объемом притока и запасами воды в водохранилище, т.е. составление водного баланса. Фактически водный баланс, составляемый на ГЭС, является отчетом об использовании ее водных ресурсов и служит основой для планирования производства электроэнергии на последующий период /3/.

В ходе проведения мониторинга водно-энергетических характеристик в створе Курпсайской ГЭС был рассмотрен баланс расходов для периодов без холостых сбросов.

В качестве двух репрезентивных годов были выбраны 2008 и 2009 годы.

Баланс расходов одиночной ГЭС разделяется на две составляющие: баланс верхнего и нижнего бьефов.

Общий приток к створу ГЭС будет иметь вид /2/:

$$Q_{ВБ}(t) = Q_{np}(t) + Q_{с}(t) + Q_{ос}(t) - Q_{исп}(t) \pm Q_{л}(t) - Q_{ВХС}(t) \pm Q^{\phi}(t), \quad (1)$$

где $Q_{np}(t)$ – естественный, или бытовой, расход воды в источнике. В условиях Курпсайской ГЭС он равен сбросам Токтогульской ГЭС с учетом боковой приточности. За неимением гидропоста на притоке рассматриваемого участка р.Нарын боковая приточность определяется балансовым методом, т.е приток ВБ Курпсайской ГЭС минус расход НБ Токтогульской ГЭС. Среднегодовой расход по месяцам для притока р. Карасу левая по наблюдениям сотрудников Токтогульского каскада представлен в табл. 1.

Таблица 1

Боковая приточность к Курпсайскому водохранилищу

Месяц	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	За год
Среднеголетний расход, м ³ /с	11,5	11,5	12	12,8	24	34	50	35	13	10	9,9	8	
Объем, млн. м ³	30,8	28,8	32,1	33,2	64,3	88,1	133,9	93,7	33,7	21,4	23,3	21,4	604,9

$Q_e(t)$ – расход водохранилища, то есть то, что сбрасывается или аккумулируется в водохранилище. Средний расход водохранилища за период Δt составит /2/:

$$Q_e(t) = \frac{V_n - V_k}{\Delta t},$$

(2)

здесь V_n, V_k – объемы водохранилища в начале и конце расчетного периода, Δt – расчетный период.

Принято, что при $Q_e(t) > 0$ происходит сброс водохранилища; при $Q_e(t) = 0$ – работа по водотоку; при $Q_e(t) < 0$ – накопление объема воды в водохранилище;

$Q_{oc}(t)$ – естественные осадки в водохранилище, определенные по данным ОАО «Кыргызгидромет» /4/;

$Q_{исп}(t)$ – испарение воды с поверхности водохранилища. Расчет испарения с поверхности Курпсайского водохранилища на основе метеорологических данных Токтогульского района /5/ проводился по известной методике /6/.

Месячная сумма испарения с поверхности водоема определялась по формуле

$$E = 0,14 n (e_0 - e_2) (1 + 0,72 u_2),$$

(3)

где E – месячная сумма испарения; n – число дней в расчетном интервале; e_0 – среднее значение максимальной упругости водяного пара, определяется по средней температуре поверхности воды (таблица 2.17 /5/); e_2 – среднее значение упругости водяного пара (абсолютная влажность воздуха) над водоемом на высоте 2 м; u_2 – средняя скорость ветра над водоемом на высоте 2 м.

Полученное значение месячного испарения (3) с поверхности водохранилища Курпсайской ГЭС позволило определить среднемесячный расход воды на испарение из водохранилища $Q_{исп}$. Расчет расхода воды на испарение представлен в табл. 2.

$Q_l(t)$ – потери воды на льдообразование. Временные потери воды за счет образования льда в зимний период определяются по формуле

$$V_l = (f_n - f_k) H,$$

(4)

где f_n, f_k – начальная и конечная площадь зеркала водохранилища; H – глубина погружения льда.

По данным сотрудников Курпсайского гидроузла, с конца ноября по начала марта в ложе водохранилища наблюдается образование заберегов, составляющих в среднем от 400 до 500 м². Толщина образованного льда достигает 0,5 м. Следовательно, объем воды на льдообразование будет равен $V_l = 500 \cdot 0,5 = 250$ м³. $Q_l = 0,0001$ м³/с. Расход на льдообразование учтен в ноябре со знаком «-» и со знаком «+» в марте каждого года;

Таблица 2

Расчет испарения с поверхности Курпсайского водохранилища

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	год
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Среднемесячная температура воздуха, t , °С	-4,3	-1,3	6,5	13,9	19,0	23,5	26,3	25,3	19,8	12,7	4,7	-1,1	12,1
Среднемесячная скорость ветра, u_2 , м³/с	2,1	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,0	2,9	2,9	2,6	2,0	1,9	2,6
Среднемесячная абсолютная влажность воздуха, e_2 , Мб	4,0	5,0	6,9	9,9	12,4	13,0	14,2	12,9	9,9	7,9	6,1	4,9	8,9
Максимальная упругость водяного пара, e_0 , Мб	4,28	5,49	9,7	15,9	22,0	29,00	35,07	33,03	23,26	14,70	8,52	5,23	14,10
Абсолютная влажность воздуха над водоемом, e_2 , Мб	3,87	4,86	7,10	10,55	13,60	15,35	17,39	16,01	11,90	8,79	6,26	4,74	9,45
Средняя скорость ветра над водоемом, u_2 , м/с	3,89	4,45	4,82	5,19	5,56	5,93	5,56	5,37	5,37	4,82	3,71	3,52	4,82
Месячная сумма испарения с поверхности водоема, E , мм	4,50	6,74	32,44	67,79	115,26	189,47	242,51	228,09	147,30	73,69	23,11	5,08	1135,98
Месячный объем испарения, $V_{исп}$, м³	53,96	80,82	389,22	813,45	1383,07	2273,69	2910,16	2737,12	1767,57	884,31	277,35	61,01	13631,74
Расход воды на испарение, $Q_{исп}$, м³/с	0,000020	0,000033	0,000145	0,000314	0,000516	0,000877	0,001087	0,001022	0,000682	0,000330	0,000107	0,000022	0,000432

$Q_{ВХС}(t)$ – расход воды для удовлетворения потребностей участников водохозяйственной системы. Поскольку Курпсайское водохранилище имеет только энергетическое назначение, отбор воды для удовлетворения потребностей других отраслей народного хозяйства из ВБ КГЭС не производится, т.е. $Q_{ВХС}(t) = 0$;

$Q_{\phi}(t)$ – расход воды на фильтрацию из ложа водохранилища и частичный его возврат. Согласно /7/ данный расход равен 3,6 м³/с.

Баланс верхнего бьефа представлен в табличной форме (табл. 3) с учетом всех составляющих, описанных выше.

Как видно из табл. 3, определяющим расходом ВБ является приток р. Нарын, расход на испарения и осадки имеет очень малую величину, и в некоторые месяцы их значения могут быть приравнены к нулю, так как они имеют разный знак в уравнении баланса (1).

Балансовое соотношение в нижнем бьефе ГЭС будет иметь вид /2/:

$$Q_{НБ}(t) = Q_{ГЭС}(t) + Q_{холсбр}(t) + Q_{\phi}(t) + Q_{проч}(t), \quad (5)$$

где $Q_{ГЭС}(t)$ – расход воды через турбины ГЭС. Среднемесячные значения расходов воды через турбины КГЭС в 2008-2009 годов взяты из годовых отчетов гидротехнической службы ОАО «Электрические станции» /8/;

$Q_{холсбр}(t)$ – холостые сбросы воды, определяются расходными характеристиками водосбросных сооружений ГЭС. В 2008-2009 годах сбросы не проводились, следовательно, данная составляющая баланса равна нулю;

Таблица 3

Баланс расходов верхнего бьефа Курпсайской ГЭС

Мес яц	Приток к створу ГЭС, $Q_{пр}, \text{м}^3/\text{с}$	Расход водохр., $Q_{вдх}, \text{м}^3/\text{с}$	Расход осадков, $Q_{ос}, \text{м}^3/\text{с}$	Расход на испарение, $Q_{исп}, \text{м}^3/\text{с}$	Расход на льдообр-е, $Q_{л}, \text{м}^3/\text{с}$	Расход на филт-ию, $Q_{ф}, \text{м}^3/\text{с}$	Расход ВБ, $Q_{ВБ}, \text{м}^3/\text{с}$
2008 год							
1	844,65	-3,24	0,000099	0,00002	0	3,6	837,81
2	830,13	0,56	0,00018	0,000033	0	3,6	827,09
3	453,66	-0,81	0,000072	0,000145	0,0001	3,6	449,25
4	309,26	0,87	0,00023	0,000314	0	3,6	306,53
5	242,49	0,85	0,000197	0,000516	0	3,6	239,74
6	246,61	-0,12	0,000067	0,000877	0	3,6	242,89
7	340,24	-98,55	0,00028	0,001087	0	3,6	238,09
8	367,83	-100,33	0,00049	0,001022	0	3,6	263,90
9	234,69	0,10	0,00023	0,000682	0	3,6	231,19
10	282,93	-11,69	0,000197	0,00033	0	3,6	267,64
11	377,56	1,50	0,00032	0,000107	-0,0001	3,6	375,46
12	402,01	0,10	0,000193	0,000022	0	3,6	398,51
2009 год							
1	448,10	0,16	0,000103	0,00002	0	3,6	444,66
2	420,60	1,96	0,000283	0,000033	0	3,6	418,96
3	383,90	-1,64	0,000264	0,000145	0,0001	3,6	378,66
4	335,70	0,96	0,000523	0,000314	0	3,6	333,06
5	272,80	-1,14	0,000582	0,000516	0	3,6	268,06
Окончание табл. 3							
6	220,80	-0,14	0,000324	0,000877	0	3,6	217,06
7	379,60	0,06	0,000139	0,001087	0	3,6	376,06
8	319,40	1,96	0	0,001022	0	3,6	317,76
9	303,00	-2,64	0,000139	0,000682	0	3,6	296,76
10	396,00	1,66	0,000009	0,00033	0	3,6	394,06
11	422,50	-1,44	0,000269	0,000107	-0,0001	3,6	417,46
12	489,60	0,86	0,000108	0,000022	0	3,6	486,86

$Q_{ф}(t)$ – расход воды на фильтрацию из верхнего бьефа в нижний через гидротехнические сооружения и в обход их. Данный расход принят по фактическим замерам суммарных расходов фильтрации по горизонтам плотины Курпсайской ГЭС /9/;

$Q_{проч}(t)$ – неэнергетические расходы воды или пуск воды в нижний бьеф на нужды участников ВХС. Для Курпсайской $Q_{проч}(t)=0$, при отсутствии участников ВХС в нижнем бьефе ГЭС.

Составляющие балансового уравнения для НБ КГЭС для 2008-2009 годов приведены в табл. 4.

Анализ табл. 3 и 4 показал малую разность в эти два года между расходом верхнего и нижнего бьефов, основная часть расхода непосредственно использовалась на выработку электроэнергии. В связи с этим расход водохранилища (как его наполнение, так и сработка) находился в пределах $12 \text{ м}^3/\text{с}$, за исключением июля и августа 2008 года, когда наблюдалось частичное аккумулярование притока в водохранилище КГЭС (рис. 1).

Таблица 4

Баланс нижнего бьефа Курпсайской ГЭС 2008-2009 годов

Месяц	Расход ГЭС, $Q_{ГЭС}, \text{м}^3/\text{с}$	Расход на фильтрацию, $Q_{ф}, \text{м}^3/\text{с}$	Расход НБ, $Q_{НБ}, \text{м}^3/\text{с}$
2008 год			
1	837,74	0,0665	837,81
2	827,03	0,064	827,09
3	449,19	0,0643	449,25
4	306,47	0,0624	306,53
5	239,68	0,060	239,74
6	242,83	0,0593	242,89
7	238,03	0,0601	238,09
8	263,84	0,0572	263,90
9	231,13	0,0582	231,19
10	267,58	0,0581	267,64
11	375,4	0,0598	375,46
12	398,45	0,0603	398,51
2009 год			
1	444,6	0,0609	444,66
2	418,9	0,0614	418,96
3	378,6	0,0595	378,66
4	333	0,0616	333,06
5	268	0,0614	268,06
6	217	0,0606	217,06
7	376	0,0589	376,06
Окончание табл. 4			
8	317,7	0,0585	317,76
9	296,7	0,0577	296,76
10	394	0,0578	394,06
11	417,4	0,0566	417,46
12	486,8	0,058	486,86

Невязка в расходах ВБ и НБ, достигающая 1,5 %, вызвана неточностью определения расходов испарения, фильтрации и осадков, а также погрешностью приборов измерения.

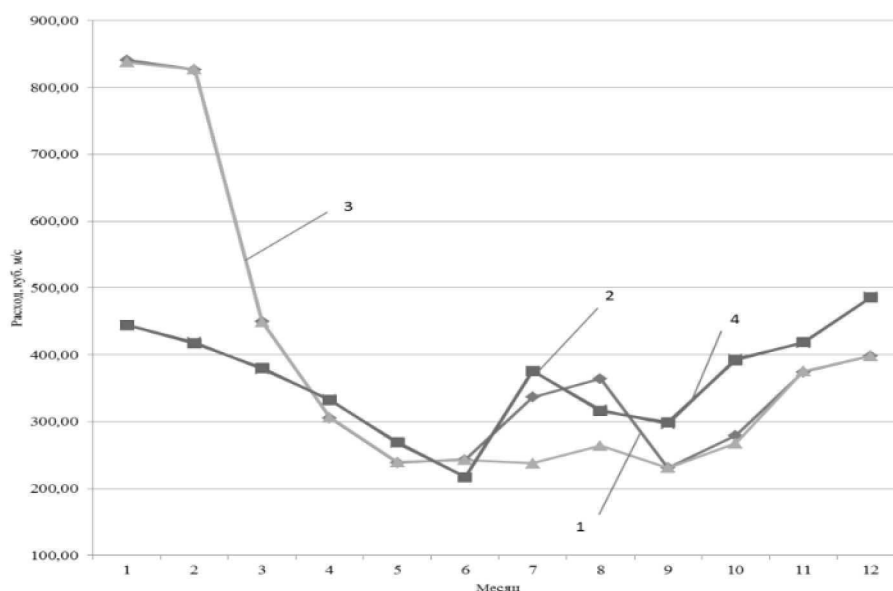


Рис. 1. График расходов ВБ и НБ в створе Курпсайской ГЭС:
1 – приток к створу в 2008 г., 2 – приток к створу в 2009 г., 3 – расход через гидроагрегаты в 2008 г., 4 – расход через гидроагрегаты в 2009 г.

В связи с исключительно холодной зимой 2008 года возникла острая необходимость в повышенной выработке электроэнергии, следовательно, приток, равный расходу НБ ТГЭС и р. Карасу левая, к створу КГЭС в январе-феврале этого года составил 841,05 м³/с и 826,53 м³/с, что выше средней величины за предшествующие годы /8/.

Однако приток в водохранилище в эти же месяцы 2009 года практически в два раза меньше, что объясняется малым запасом водного ресурса в Токтогульском водохранилище в 2009 году и политикой экономии воды. В остальные месяцы кривые притока повторяют общую закономерность, т.е. в течение 3-6 месяцев наблюдается уменьшение притока в связи с уменьшением общей выработки электроэнергии каскадом Токтогульских ГЭС. Далее в последующие 3 месяца происходит частичное увеличение притока к створу, связанное с увеличением генерации электроэнергии на КГЭС и разгрузкой ТГЭС для накопления Токтогульского водохранилища. В осенне-зимний период приток достигает своего максимума из-за увеличения потребления электроэнергии в холодное время года.

Кривая расходов ГЭС практически полностью повторяет кривую притока, за минусом расходов протечек через агрегаты и фильтрации через тело плотины и ее основание, кроме июля, августа 2008 года, когда приток превысил расход ГЭС в пределах 100 м³/с. Данный расход был аккумулирован в Курпсайском водохранилище и в последующие месяцы был сработан станцией.

Анализ данных 1996-2010 годов показал, что закономерность изменения графиков притока и расхода в течение года идентична построенным, с малой разницей величин расходов.

Исключение составляют годы, в которые производились холостые сбросы.

Список литературы

1. Правила учета стока воды на гидроэлектрических станциях. РД 153-34.2-21.563-00. СПО ОРГЭС. –М., 2001.
2. Малинин Н.К. Теоретические основы гидроэнергетики [Текст] / Н.К. Малинин. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 312 с.
3. Серков В.С. Пропускная способность водосбросов гидроэлектростанций /В.С. Серков, А.С. Воробьев, А.П. Гурьев и др. – М.: Энергия, 1974. – 120 с.

4. Годовой отчет по водопользованию и водным ресурсам Джалал-Абадского БУВХ. – Джалал-Абад: БУВХ, 2003–2010.
5. Самохин А.А. Практикум по гидрологии [Текст]: Учебное пособие / А.А. Самохин, Н.Н. Соловьева, А.М. Догановский. – Л: Гидрометеиздат, 1980. – 296 с.
6. Научно-прикладной справочник по климату СССР [Текст]. Серия 3. Многолетние данные. Части 1-6. Вып. 32. Кыргызская ССР. – Л.: Гидрометиздат, 1989. – 375 с.
7. Рабочий проект Курпсайской ГЭС. – Ташкент: СредазГидропроект / руководитель Ходаков О.Н. – Шифр 1148, 1984. – 177 с.
8. Годовой отчет по эксплуатации Курпсайской ГЭС Каскада Токтогульских ГЭС [Текст] / КТГЭС. – Бишкек: ОАО «Электрические станции», 1996 – 2010.
9. Годовой отчет по учету фильтрации Курпсайской ГЭС [Текст] / КТГЭС.– Каракуль: Каскад Токтогульских ГЭС, 1996 – 2010.