

Эгизов И.А., Ордобаев Б.С.

**РАСЧЕТ ВОДОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ПО КРИВЫМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТОКА РЕК КЫРГЫЗСТАНА**

I.A. Egizov, B.S. Ordobaev

**CALCULATION FOTOENERGETIKA CHARACTERISTICS
CURVES OF THE USE OF FLOW OF THE RIVERS OF KYRGYZSTAN**

УДК: 629/111

Изложена методика расчета водоэнергетических характеристик малых ГЭС на предпроектной стадии на основе разработанного нового способа построения кривых использования стока для неизученных рек.

The method of calculating fotoenergetika characteristics of small HPP son the pre-projects tageon the basis of the newly developed method of constructing the curves of the use of effluent forunstudied rivers.

Территория Кыргызской Республики покрыта густой сетью малых рек. Поскольку, в подавляющем большинстве своем, это горные реки, они обладают немалым гидроэнергетическим потенциалом даже при небольших своих размерах и водности. Достигается это за счет высоких скоростей течения, обусловленных большим уклоном местности. Энергетическая мощность водотоков, складывающаяся из водности реки и уклона русла, довольно высока, поскольку удельная водоносность территории Кыргызстана в среднем составляет 8,6 л/с км², (по отдельным водосборным бассейнам от 1 до 35 л/с км²), что выше чем в соседних странах (за исключением Таджикистана), а уклоны рек очень велики – 20-100 и даже до 200‰ в верховьях рек(1). Отсюда высокие удельные (на единицу длины) энергетические мощности рек – 10-100 квт/км даже при небольших расходах воды. Однако освоенность энергоресурсов малых рек в республике составляет всего около 3%.

В Кыргызстане насчитывается около 28 тысяч рек и ручьев длиной менее 100 км, достаточно равномерно распределённых по территории. Причем подавляющее большинство неэлектрифицированных объектов расположено в горных районах, то есть в зоне формирования стока, к которой и приурочена основная часть гидроэнергетических ресурсов республики.

Малые ГЭС – это небольшие (обычно от 100 квт до 10 мвт), автоматизированные гидроэлектростанции, расположенные чаще всего на малых реках, работающие на изолированного потребителя или в энергосистеме. Поскольку на многих малых реках не имеется данных фактических наблюдений за водностью, необходима разработка системы современных методов расчета стока их, обеспечивающая нахождение требуемых параметров – максимальных, минимальных и средних расходов воды различной

обеспеченности, характеристик внутригодового распределения стока. Характеристики внутригодового распределения стока имеют особую значимость, поскольку малые ГЭС эксплуатируются преимущественно на незарегулированных реках – то есть в режиме водотока, либо при низких степенях зарегулированности.

Согласно Программе развития малой гидроэнергетики КР проведенные исследования показали, что гидроэнергетический потенциал малых рек Кыргызской Республики по всем ее областям дает возможность в ближайшей перспективе сооружения порядка 87 новых малых ГЭС с суммарной мощностью около 180 МВт и среднегодовой выработкой до 1,0 млрд. кВтч электроэнергии (2).

При масштабном энергетическом строительстве на больших территориях, требуется оценка перспектив использования малых рек для выработки энергии, которая, обычно, бывает затруднена вследствие целого ряда серьезных причин. Среди них отсутствие материалов гидрометрических наблюдений, массовость расчетов, трудности автоматизации их и, как следствие, большая трудоемкость. Значительные сложности вызываются и отсутствием подходящих методик. Для упрощенных расчетов и оценок на предпроектных стадиях водноэнергетических исследований традиционно используются кривые продолжительности суточных расходов воды, позволяющие в обобщенном виде учитывать водный режим рек.

Получить календарное распределение стока исследуемых водных объектов, в этих случаях, редко представляется возможным. Тем не менее, преимуществом их в сравнении с характеристиками календарного распределения, является простота и надежность определения, и в то же время, достаточная наглядность и информативность для расчета водоэнергетических характеристик.

В этом случае достаточно иметь представление о распределении расходов воды не меньше фиксированного заданного, которое и дают кривые продолжительности суточных расходов воды и её интегральное выражение – кривая использования стока. Строится кривая продолжительности суточных расходов путем расположения ежедневных суточных расходов воды в убывающем порядке и последующего их суммирования независимо от хронологического хода стока реки (рис.1, а).

Такая кривая показывает интегральное распределение расходов внутри года, то есть является кривой обеспеченности фазово-разнородных расходов воды. Кривые продолжительности отражают общие черты режима стока и зарегулированности рек, которые определяются географической зональностью и местными факторами, а потому поддаются типизации. Дифференцируются они в зависимости от формы (степени наклона кривой или интенсивностью убывания расходов), которая зависит от зарегулированности стока. Характеристикой степени зарегулированности стока может служить коэффициент естественной зарегулированности φ , равный

площади гидрографа или кривой продолжительности суточных расходов до среднегодового расхода или $K = 1.00$, то есть

$$\varphi_{1.0} = \int_0^{1.0} P dK,$$

$\varphi_{1.0} = \int_0^{1.0} P$, где P – обеспеченность в долях от единицы, K – модульный коэффициент расходов (3, 4).

Коэффициент естественной зарегулированности φ характеризует базисный сток и изменяется у рек Кыргызстана, в основном, в пределах 0,56-0,78.

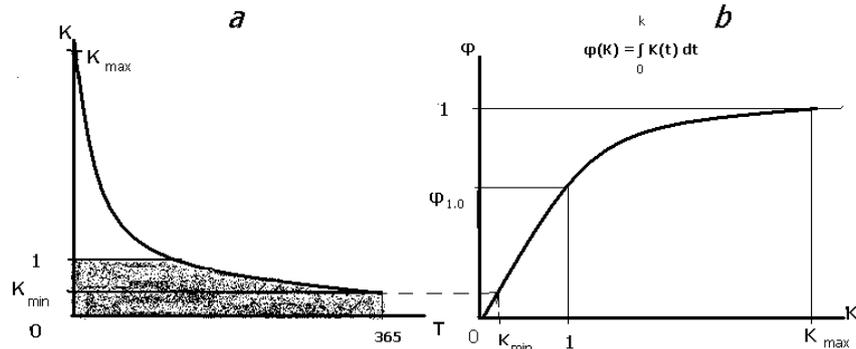


Рис.1. а – кривая продолжительности суточных расходов воды $K(t)$, б – кривая использования стока $\varphi(K)$.

Интегрируя гидрограф или кривую продолжительности по расходам последовательно от $K = 0$ до $K = K_{max}$, мы получим кривую использования стока.

$$\varphi(K) = \int_0^K P dK = \int_0^K \dots$$

Она представляет собой кривую нарастающих величин площадей гидрографа $K(t)$, (где t – время в днях или сутках), или кривую продолжительности суточных расходов $P(K)$ от нулевого расхода до заданного расхода K (рис.1, б).

Величина $\varphi(K)$, изменяющаяся в принятом относительном выражении от 0 до 1, представляет собой коэффициент использования стока при расчетном (максимальном, полезно используемом) расходе водохозяйственной установки (турбины ГЭС), равном данному расходу K .

Величина коэффициента естественной зарегулированности по кривой использования стока может быть непосредственно определена как значение коэффициента использования стока φ при расходе, равном среднегодовому $\varphi(K=1)$.

При отсутствии данных наблюдений и для массовых расчетов при разработке региональных схем использования водных ресурсов, применение данных кривых в водохозяйственных расчетах имеет особую важность, поскольку простота и надежность построения этих кривых значительно выше, чем при составлении календарного помесячного внутригодового распределения стока.

Выполненные ранее исследования позволяют считать возможным и целесообразным производство, по этим кривым, водохозяйственных расчетов при проектировании водоснабжения, а также выполнении водноэнергетических расчетов (выбор основных параметров ГЭС и установление её водноэнергетических характеристик). Даже при наличии фактических данных по суточным расходам (годовой таблицы ежедневных расходов воды или гидрографа) вполне рационально прибегать к расчетам по кривой продолжительности, как при рассмотрении вариантов на стадии выбора основных водноэнергетических параметров ГЭС, так и при составлении характеристик проектного режима работы ГЭС при принятых её основных параметрах (5).

Одной из основных задач водохозяйственных расчетов при проектировании гидростанций является составление водноэнергетических характеристик, освещающих проектный режим используемых расходов, напоров и мощностей (среднесуточных и пиковых) при выбранных основных параметрах ГЭС (отметка НПП, емкость регулирования, расчетный расход, установленная мощность). Для малых ГЭС, при отсутствии многолетнего регулирования стока обычно ограничиваются составлением характеристик лишь для характерных лет – среднегодового и маловодного. Из этих характеристик выводятся основные водноэнергетические показатели ГЭС по характерным годам (среднему и маловодному):

среднегодовая мощность, число часов использования установленной мощности в году, годовая выработка энергии.

Построение кривой продолжительности суточных расходов при наличии данных наблюдений не представляет особой трудности. В справочниках «Ресурсы поверхностных вод СССР» и «Материалы по режиму рек СССР» приводятся характерные расходы воды: максимальный, 30-дневный (или 8,3%-ной обеспеченности), 90-дневный (25%), 270-дневный (75%), 355-дневный (97%) и минимальный. Данные приводятся за каждый год наблюдений, кроме того, выводятся средние значения за многолетний период, наибольшие и наименьшие (6,7).

Имеющихся семи точек вполне достаточно для получения кривой продолжительности суточных расходов путем интерполяции между ними.

Для неизученных рек кривые продолжительности суточных расходов могут быть построены по данным реки-аналога или с помощью аналитического выражения её.

Разными исследователями М.А.Мостков (1934, 1946), И.М.Лифшиц (1946, 1948, 1955), В.А.Урываев (1941), В.Г.Андреянов (1960) предлагались различные методы аналитического выражения кривой продолжительности суточных расходов. Однако все они громоздки и усложнены, а также требуют графоаналитических операций, что исключает автоматизацию расчетов путем применения компьютерных технологий. К тому же точность их невелика, за исключением последнего способа, но и он не удовлетворителен в случаях сравнительно зарегулированных режимов горных рек с растянутым половодьем и незарегулированных режимов рек степной зоны.

Ввиду отмеченных трудностей для построения кривой продолжительности суточных расходов и кривой использования стока, нами предпринята попытка разработать более простой способ построения кривой использования стока для неизученных рек Кыргызстана.

Характерные расходы воды стандартной продолжительности: 30, 90, 180, 270, 355 дней, а также минимальный и максимальный суточные и среднегодовые расходы по 85 гидропостам республики, были пересчитаны в модульные коэффициенты. Затем, путем интерполяции их с помощью полинома Лагранжа II-го порядка рассчитаны координаты кривой продолжительности суточных расходов. Далее, были рассчитаны координаты кривой использования стока путем суммирования площадей трапеций.

Таким образом, нами получены кривые продолжительности и кривые использования стока для 85 водосборов за каждый год и среднемноголетние кривые. Кроме того, были рассчитаны некоторые статистические характеристики их: среднеквадратические отклонения, коэффициенты

вариации, коэффициенты корреляции, коэффициенты регрессии, уравнения регрессии и ошибки регрессии.

Более того, нами разработан упрощенный способ построения кривой использования стока для рек с отсутствием данных наблюдений за стоком, путем аппроксимации её с помощью тригонометрической функции – гиперболический тангенс на основе всего двух опорных точек: K_{min} – минимальный суточный расход воды выраженный в модульных коэффициентах, и $\varphi_{1.0} = \varphi(K=1)$ – коэффициент использования стока при $K=1,0$. Дополнительно может использоваться третий параметр – $\varphi_{2.0} = \varphi(K=2)$ – коэффициент использования стока при $K=2,0$.

В водохозяйственных расчетах из кривой продолжительности суточных расходов и кривой использования стока могут быть получены, с помощью формул перехода, все остальные характеристики внутригодового распределения стока (кривые избытков и дефицитов, интегральные кривые продолжительности).

Мощность установки N рассчитывается по формуле:

$$N = 9,8QH\eta(Q, H)$$

где Q – расход, равный пропускной способности турбины или деривационного канала (m^3/c), H – напор (м), $\eta(Q, H)$ – к.п.д. установки, зависящий, прежде всего от расходно-напорной характеристики ГЭС, типа турбины, напряжения в сети, гидростроительных и гидротехнических устройств ГЭС, электроэнергетического оборудования.

Выработка электроэнергии \mathcal{E} подсчитывается по формуле:

$$\mathcal{E} = 0,00272 W_{исп} H \eta(Q, H)$$

где $W_{исп}$ – объем используемого стока, равный произведению доли используемого стока φ на средний расход $Q_{ср}$. Величина φ снимается с кривой использования стока по значению пропускного расхода Qt .

Таким образом, полученные нами результаты могут быть использованы при проведении массовых водохозяйственных расчетов, особенно для расчета водохозяйственных характеристик малых ГЭС, при масштабном строительстве на реках где отсутствуют данные гидрометрических наблюдений.

Литература:

1. Эгизов И.А. Гидрологические предпосылки к развитию малой гидроэнергетики в Киргизии. Материалы V съезда Кыргызского Географического Общества. Пржевальск, 1990.
2. Программа развития малой энергетики в Кыргызской Республике до 2012 года. Утверждена Указом Президента КР от 14 октября 2008 года №365.

3. Эгизов И.А., Ордобаев Б.С., Садабаева Н.Дж., Абдыкеева Ш.С. «Закономерности распределения параметров естественной зарегулированности стока рек Кыргызстана», Вестник МУК, №1 (20)-2011, с.120-123.
4. Эгизов И.А.Ордобаев Б.С.Зависимость естественной зарегулированности стока рек Кыргызстана от водности года Андрянов В.Г. Внутригодовое распределение речного стока. Ленинград, Гидрометеиздат, 1960.
5. Руководство по определению расчетных гидрологических характеристик. - Ленинград, Гидрометеиздат, 1973
6. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Том XI. Киргизская ССР. Гидрометеиздат. Л. , 1987.

Рецензент: д.т.н., профессор Маткеримов Т.Ы.
