

УДК 621.311.21

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИКИ НАПОРНОГО ГИДРОСТВОРА

О.С. Пташкина-Гирина, О.А. Гусева

Проведено моделирование внутригодовых изменений гидрологических характеристик в условиях недостаточности эмпирических данных. Приведены результаты исследования внутригодовых изменений стока, осадков и испарения, влияющих на гидроэнергетический потенциал водохранилищ.

Ключевые слова: гидрологические характеристики, гидроузел, водохранилище, малая ГЭС, гидроэнергетический потенциал.

Исчерпание потенциальных ресурсов гидроэнергии больших водотоков и практическое исчерпание средних заставляет обратить внимание на использование гидроэнергии малых водотоков. В горной местности энергетический потенциал реки будет обоснованно больше потенциала такой же реки, текущей в равнинной местности. В то же время, малые реки, текущие в долинах часто имеют зарегулированный сток, образуя при этом сосредоточенный напор. Использование гидроэнергетического потенциала существующих водохранилищ имеет ряд преимуществ (увеличение мощности водотока за счет имеющегося сосредоточенного напора, исключение затрат на сооружение гидроузла, подъездных дорог).

Определяя гидроэнергетический потенциал зарегулированного плотинной стока не достаточно определить его мощность перемножая напор и сток по общеизвестной формуле. Необходимо учитывать изменение стока, напора и потребности водопотребителей в течение всего года.

Установленную мощность МГЭС можно получить, сложив гарантированную, сезонную и резервную мощности [1]:

$$N_{\text{УСТ}} = N_{\text{ГАР}} + N_{\text{СЕЗ}} + N_{\text{РЕЗ}}, \quad (1)$$

где $N_{\text{ГАР}}$ – гарантированная мощность (мощность, с которой МГЭС участвует в покрытии графика нагрузки энергосистемы); $N_{\text{СЕЗ}}$ – сезонная мощность (мощность, позволяющая увеличить выработку электроэнергии малой ГЭС в периоды, когда ресурс водотока превосходит гарантированную мощность); $N_{\text{РЕЗ}}$ – резервная мощность (мощность, которая может быть предусмотрена на малой ГЭС и значение которой устанавливается, исходя из потребности в резерве энергосистемы в целом).

Гарантированная мощность определяется с расчетом на среднегодовой расход 75 % обеспеченного года. Определить сезонную мощность можно зная приток и сбросы гидроузла в период высоких вод.

Наиболее наглядно процесс формирования стока отображает уравнение водного баланса, приведенного в нормативных документах [2, 3], в состав которого входят все составляющие, участвующие в процессе формирования стока и учитывающие требования водопотребителей.

В общей форме уравнение водного баланса имеет следующий вид [4]

$$B = \sum W_{\text{ПРИХОД}} - \sum W_{\text{РАСХОД}}, \quad (2)$$

где B – результирующая составляющая, млн м^3 ; $\sum W_{\text{приход}}$ – объем воды, поступающий за расчетный период в водохранилище (включает в себя: объем стока, поступающий с вышележащих участков рассматриваемого водного объекта, а также поступающий в водохранилище в виде осадков, боковая приточность, межбассейновые и внутри бассейновые переброски), млн м^3 ; $\sum W_{\text{расход}}$ – объем воды, расходуемый на потери и водозабор из водохранилища (потери на испарение, переброска части стока в другие бассейны, транзитный сток, фильтрационные потери, требования водопотребителей и пр.), млн м^3 .

Для каждого гидроузла составляющие водного баланса могут меняться в зависимости от назначения гидроузла, природно-климатических особенностей и пр.

При решении уравнения водного баланса оптимально использование сведений метео- и гидропостов, расположенных в бассейне реки и в непосредственной близости от водохранилища (гидро- и метеорологические наблюдения). Однако, учитывая сокращение гидропостов и других объектов гидро- и метеонаблюдений за последние 20–30 лет, необходимые эмпирические данные для расчета не всегда оказываются известны.

Для решения указанной проблемы может быть применено моделирование гидрологических параметров, не имеющих многолетних наблюдений и необходимых для определения гидроэнергетического потенциала водохранилища. К таким параметрам можно отнести полезный приток, осадки и испарение. Моделирование гидрологических параметров проведено на примере Челябинской области.

Вследствие недостаточных данных по малым рекам, определяя их гидроэнергетический потенциал, используют годовые данные стока, получаемые по картам изолиний, однако, учитывая особенности малых рек, отклонение от общих норм стока будет значительно больше крупных рек, к тому же резкие изменения стока в течении года (весенний сток уральских рек составляет 50 % годового, летне-осенних дождевых паводков – 30 %, зимой поверхностный сток падает до нуля, либо составляет 1–2 % годового стока) свидетельствуют о необходимости рассмотрения месячного изменения стока [4].

Таким образом, внутригодовое распределение гидрологических характеристик позволит с одной стороны максимально использовать энергети-

ческие запасы водотока, с другой – позволит более точно определить гарантированную мощность МГЭС, уменьшив или вовсе исключив время простоя из-за снижения сбросов.

Для определения статистических характеристик среднемесячного стока были использованы труды Л.А. Саплина и О.С. Пташкиной-Гириной, выделившие однородные гидроэнергетические районы Челябинской области [5, 6]. Указанные труды позволяют определить среднегодовой сток с разной обеспеченностью в каждом из семи выделенных районов.

Для определения статистических характеристик среднемесячного стока в каждом из выделенных однородных районах, были взяты гидропосты с рядом наблюдений за естественным стоком более 30–40 лет. Основные параметры распределения (норма стока, модуль стока, коэффициент вариации) для каждого из районов определены методом моментов. Варьирование коэффициента вариации в течение года еще раз доказало необходимость рассмотрения внутригодового изменения стока [4].

Рассмотрены внутрирядные корреляционные связи расходов воды за двенадцать месяцев. В первом случае рассматривался календарный год с интервалом в десять месяцев (расходы воды за январь с расходом за декабрь того же года). Во втором случае рассматривались смежные месяцы (расход за январь с расходами воды за декабрь предыдущего года). Наглядное отличие корреляционных функций показало значительное влияние учитываемого напора. Анализ корреляционных связей позволил сделать вывод о не зависимости апрельского стока от стока в предшествующие месяцы и необходимости начала ведения расчета заполнения водохранилищ с апреля месяца [4].

Для определения разной обеспеченности стока для каждого гидроэнергетического района была проведена проверка законов распределения. Наибольшую сходимость показало трехпараметрическое гамма-распределение (Крицкого-Менкеля). Соответствие аналитической и эмпирической кривых распределения оценено по критерию χ^2 [4].

Статистическая обработка эмпирических рядов среднемесячных расходов воды, позволила определить модуль стока и его разную обеспеченность для гидроузлов, расположенных в каждом из гидроэнергетических районов области [4].

Обработка многолетнего ряда наблюдений за осадками и стоком, расположенных на одной территории (метеостанция Аргаяш и гидропост р. Миасс – с. Новоандреевка) позволила получить корреляционную связь и ее уравнение, что позволяет найти годовые суммы осадков по известному стоку и наоборот [4].

Внутригодовое распределение осадков для водохозяйственного года различной водности производилось методом среднего распределения их за годы характерной водности [4].

Потери на естественное испарение с водной поверхности при отсутствии наблюдений определялись по обобщенной расчетной формуле ГГИ. По вычисленным 50 % обеспеченным месячным суммам испарений определена их разная обеспеченность для неизученных водохранилищ Челябинской области [4].

Проведенные исследования стока, осадков и испарения позволяют определить внутригодовое изменение гидрологических характеристик на территории Челябинской области для любого по водности года.

Смоделированные параметры были опробованы при помощи имитационного моделирования программного обеспечения Scilab-Scicos на примере Аргазинского водохранилища. Допустимое расхождение эмпирических данных и смоделированных параметров позволило сделать вывод об адекватности предложенных методик моделирования недостающих гидрологических характеристик, необходимых для определения гидроэнергетического потенциала водохранилищ при недостатке эмпирической информации.

Библиографический список

1. Малая гидроэнергетика / Л.П. Михайлов, Б.Н. Фельдман, Т.К. Марканова; под ред. Л.П. Михайлова. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 184 с.
2. Приказ Минприроды РФ от 26.01.2011 № 17 «Об утверждении Методических указаний по разработке правил использования водохранилищ» (Зарегистрировано в Минюсте РФ 04.05.2011 № 20655). – URL: <http://www.garant.ru>.
3. Приказ МПР РФ от 30 ноября 2007 г. № 314 «Об утверждении Методики расчета водохозяйственных балансов водных объектов» (Зарегистрировано в Минюсте РФ 29 декабря 2007 г. № 10861). – URL: <http://www.complexdoc.ru>.
4. Гусева, О.А. Использование гидроэнергетического потенциала готовых напорных гидроузлов для электроснабжения сельскохозяйственных потребителей (на примере Челябинской области): дис. ... канд. техн. наук / О.А. Гусева. – Челябинск, 2014. – 196 с.
5. Пташкина-Гирина, О.С. Использование энергии малых рек для энергоснабжения сельскохозяйственных потребителей в зоне Южного Урала: дис. ... канд. техн. наук / О.С. Пташкина-Гирина. – Челябинск, 1998. – 258 с.
6. Саплин, Л.А. Энергоснабжение сельскохозяйственных потребителей с использованием возобновляемых источников: дис. ... д-ра техн. наук / Л.А. Саплин. – Челябинск, 1999. – 318 с.

[К содержанию](#)