**Введение**

Водохранилище - это искусственный водоем, созданный для накопления и последующего использования воды и регулирования стока.

Сооружение водохранилищ - пример техногенного вмешательства в природу в условиях неравномерного, естественного распределения водных ресурсов в пространстве и особенно во времени. Водохранилища решают целый ряд важнейших социально-экономических задач, удовлетворяя потребности человека в воде или защищая его от водной стихии.

Гидрологический режим водохранилищ управляется человеком, который выбирает заранее нужные параметры водоема и технические приемы его эксплуатации. Многие черты гидрологического режима водохранилищ определяются хозяйственными потребностями и регулируются. Вместе с тем искусственно созданные водоемы начинают участвовать в круговороте воды в речных системах, оказываются под влиянием комплекса природных факторов и подчиняются закономерностям, свойственным естественным водным объектам - рекам и особенно озерам.

Водохранилища своеобразные водные объекты, новый природно-техногенный компонент ландшафта. Они преобразуют режим рек, влияют на окружающую среду. Потребности практики заставляют изучать режим водохранилищ, разрабатывать стратегию рационального управления ими, принимать меры на предотвращение негативных факторов сооружений этих водоемов. Поэтому вполне правомочно говорить о разделе новом, т.е. о возникновении нового раздела в гидрологии - гидрология водохранилищ.

**1. Определение емкости водохранилища**

**.1 Кривые объема и площадей**

Характеристика водохранилища определяется графически кривыми зависимости площади зеркала (щ) и объема воды (W) от уровня подпора (H), т. е. щ =f(H) и W=f(H) (рис. 1).

Площади зеркала устанавливаются путем планиметрирования горизонталей, характеризующих на картах рельеф местности. В этом случае берутся карты масштаба от 1 : 5000 до 1 : 50 000 с сечением горизонталей через 1,0-5,0 м.

Объем водохранилища подсчитывается путем последовательного суммирования отдельных слоев, заключенных между двумя смежными горизонталями, идя от более низких к более высоким слоям (рис. 1).



Рисунок 1 Схема продольного профиля водохранилища

Объем слоя воды

ДW(1-2) = ДH(1-2)щср(1-2),

где H(1-2) - высота слоя между отметками подпора z1 и z2;

щср = (щ1 - щ2)/2,

где щ1 и щ2 - площади зеркала водохранилища на двух смежных

уровнях подпора H1 и H2.

**1.2 Определение емкости водохранилища без учета потерь стока**

Рассмотрим основной - табличный - способ балансового расчета емкости водохранилища.

Необходимый объем водохранилища определим путем сопоставления данных по притоку воды с ее потреблением (табл.1 Построение топографических характеристик водохранилища).

С этой целью вычисляем значения расходов притока воды Q по формуле

Qп = (Псут К)/86400, [м3/с],

где Псут - условное суточное потребление воды без учета его неравномерности, м3/с,

- число секунд в сутках,

а затем заносим эти значения в графу 4 табл.2.

Значения графы 3 находим по формуле

Qр = aiQср,

где Qср = 1.79 м3/с.

Для каждого месяца находим суммарный приток S и ее потребление П в млн. кбм. (графы 5 и6 табл.2), используя выражения:

Пi = (Qп·86400·ni)/106= (Qp·86400·ni)/106,

где ni - число дней в месяце.

После проведенных вычислений определяем объемы избытка или недостатка стока воды за каждый месяц (графы 7 и 8 табл.2).

Полезный объем водохранилища будет равен сумме недостатков воды:

Wплз. нетто = 7.484 млн. м3.

**1.3 Определение объема водохранилища с учетом потерь стока**

Полезный объем Wплз. нетто водохранилища уточняем, имея потерю воды из водохранилища на испарение, фильтрацию и льдообразование. Для этого предварительно определяем полный объем водохранилища Wср в каждом месяце и площадь щср.

Так, полный объем водохранилища

W = Wплз. нетто + Wмо,

где Wмо - мертвый объем водохранилища.

В связи с тем, что данные о мутности воды в задании отсутствуют, мертвый объем вычисляем ориентировочно. Допустим, что

Wмо ≈ 0.1· Wплз. = 0.1·7.484 = 0.7484 млн. м3.

Значения полного объема записываем в графу 2 табл.3.

Затем определяем средние за месяц объемы водохранилища Wср, с которым с помощью топографических характеристик находим площадь зеркала щ.

Потери на испарение вычисляем за каждый месяц по формуле

Wи = hи·щ,

где hи - слой испарения.

Результаты вычислений заносим в графу 6 табл.3.

Потери на фильтрацию Wф в каждом месяце находим по формуле

Wф = щi·kф·ni,

где kф = 0.003 м/сут,- число дней в месяце.

Результаты заносим в графу 7 табл.3.

Потери на льдообразование

Wл = 0.9·kл· hл·(щн - щк),

где 0.9 - относительный вес льда;л - коэффициент постепенного нарастания толщины ледяного покрова, равный примерно 0.65;л - среднемноголетняя толщина льда к концу ледостава;

щн и щк - площадь зеркала водохранилища в начале и конце ледостава.

Распределяем объем потерь Wл на зимние месяцы (графа 8 табл.3), а затем находим сумму потерь воды (графа 9 табл.3).

С учетом этих потерь избытки уменьшатся, а недостатки увеличатся (графы 11 и 12 табл.3), поэтому полезный объем брутто составит

Wбр = 9.578 млн. м3.

Сброс соответственно уменьшится : 16.348 млн. м3

Тогда полный объем водохранилища составит

полн = Wмо + Wфр + Wфр = 0.7484 + 9.578 + 0 = 10.326 млн. м3.

**1.4 Характерные уровни и емкости водохранилища**

Основными характеристиками водохранилищ являются:

нормальный подпорный уровень НПУ, м;

уровень мёртвого объема УМО, м;

катастрофический подпорный уровень КПУ, м;

полный объем водохранилища W, млн. м3 или км3;

полезный объем водохранилища Wплз, млн. м3 или км3;

мертвый объем водохранилища Wмо, млн. м3 или км3;

объем форсировки водохранилища Wфс, млн. м3 или км3;

коэффициент емкости водохранилища в= Wплз/Wо,

где Wо - средний многолетний сток.

НПУ - уровень воды, до которого водохранилище заполняется в нормальных условиях.

Полный объем водохранилища W - объм, заключенный между дном чаши водохранилища и зеркалом воды на отметке НПУ. Полный объем W не целиком используется для регулирования стока. Нижняя часть водохранилища, предназначенная для поддержания минимальных уровней воды и осаждения в ней наносов, называется мертвым объемом Wмо и сработке не подлежит.

Объем водохранилища, заключенный между поверхностями воды на отметках НПУ и УМО, называется полезным объемом - Wплз. В периоды многоводья он заполняется, а в периоды маловодья опорожняется. Объем, заключенный между поверхностями воды на отметках НПУ и КПУ, называется объемом форсировки. КПУ - катастрофически подпертый уровень в период пропуска через гидроузел исключительно многоводных половодий или паводков. Объем, форсировки Wфс служит для уменьшения величины сбросных расходов через гидроузел.





Рисунок 2. Основные элементы водохранилища

Образование водохранилища вызывает изменения в режиме водотока. В верхнем бьефе эти изменения в основном сводятся к следующему:

повышаются уровни воды и увеличиваются глубины, чтосвязано с затоплением территории в пределах чаши водохранилища;

уменьшаются скорости течения, в результате чего происходит выпадение значительной части осадков;

увеличивается водное зеркало, в связи с чем происходит увеличение испарения, что ведет к повышению солености воды в водохранилище.

В нижнем бьефе происходят такие изменения: уменьшаются половодные и паводковые расходы и увеличиваются меженние; и происходит размыв русла ниже гидроузла. Кроме указанных изменений в водотоке в верхнем бьефе происходят следующие: затопление территории в пределах чаши водохранилища; подтопление прилегающих к водохранилищу земель и обрушение берегов водохранилища под воздействием волн.

Кроме постоянного затопления земель, занятых водохранилищем в пределах НПУ, хозяйственное использование которых невозможно, наблюдаются временные затопления территории выше НПУ во время катастрофических половодий и паводков, от нагона воды ветром на берега и от подъема уровней воды при заторах и зажорах. Хозяйственное использование временно затопляемых земель возможно. При подтоплении происходит подъем грунтовых вод, что резко ухудшает условия хозяйственного использования земель и требует осушительных мероприятий.

Характерные уровни воды и их отметки находим, используя топографические характеристики водохранилища:

НПУ, соответствующий наполнению Wполн = 10.326 млн. м3, на отметке НПУ = 131.8 м плотины равен

НПУ = НПУ - ПП = 131.8 - 120.0 = 11.8 м;

уровень мертвого объема на отметке УМО = 121.2 м равен

УМО = УМО - ПП = 121.2 - 120.0 = 1.2 м;

форсированный подпорный уровень ФПУ равен

ФПУ = НПУ + 2.0 = 13.8 м,

где ПП - отметка подошвы плотины.

**2. Построение кривых обеспеченности**

**.1 Обеспеченность гидрологических характеристик**

Колебания стоковых характеристик не являются функцией времени и не имеют определенных закономерностей, поэтому по имеющимся данным наблюдений за элементами гидрологического режима невозможно установить хронологический ход стока на будущий запланированный период. Невозможно и определить, когда будет наблюдаться какое-либо значение характеристики стока и сколько раз за это время рассматриваемая характеристика стока превысит то или иное значение. На современном этапе знаний предстоящий сток приходится описывать в виде вероятностно-количественной оценки, отвечающей той или иной повторяемости или обеспеченности исследуемой характеристики.

Исходные данные - календарный ряд наблюдений (расходов за n лет). Расходы располагают не в календарной последовательности, а в порядке убывания.

Разность между наибольшим (хтах) и наименьшим (хтin) значениями в ряду по убыванию представляет амплитуду или варьирование величин в ряду. Общую амплитуду колебания исследуемой случайной величины (среднего годового расхода) можно разделить на отдельные интервалы, или градации, число которых обычно назначается в зависимости от объема рассматриваемого материала так, чтобы отразить типичные черты рассматриваемого ряда наблюдений.

Для приближенной оценки числа интервалов Можно использовать эмпирические формулы, например nх≤5lg∙n,

где nх - число интервалов; n - общее число наблюдений.

После назначения интервалов (градаций) подсчитывается число попаданий случайной величины (среднего годового расхода) в каждый интервал, при этом сумма случаев по всем градациям равна общему числу лет наблюдений n. Число величин в каждом интервале называют абсолютной частотой. Выражая абсолютные частоты в процентах от общего числа случаев, получают относительные частоты. Сумма относительных частот равна 100%. Абсолютная и относительная частоты представляют повторяемость величин, попадающих в данный интервал. По значениям относительных частот можно построить график, на котором по оси ординат отложены градации расходов, а по оси абсцисс- в виде прямоугольников относительные частоты.



Рисунок 3. Схема построения по кривой распределения вероятностей (а) кривой обеспеченности (б)

Полученный график относительных частот называют гистограммой распределения. При бесконечном увеличении числа интервалов с бесконечным уменьшением каждого интервала ступенчатая гистограмма распределения превращается в плавную кривую распределения вероятностей, которую называют кривой повторяемости. Эта кривая дает наглядное представление о законе распределения случайной величины и показывает частоту или повторяемость того или иного значения случайной величины.

Последовательным суммированием относительных частот в пределах выделенных интервалов начиная от наибольшего значения получают суммарную (интегральную) кривую распределения вероятностей, которую называют кривой обеспеченности (рис. 5 б). Кривая обеспеченности - это интегральная кривая, показывающая обеспеченность или вероятность превышения в % или долях от единицы данной величины среди общей совокупности ряда.

**2.2 Построение эмпирической кривой обеспеченности**

При наличии ряда наблюдении порядка 20 и более лет построение кривой обеспеченности выполняется с помощью таблицы вспомогательных величин.

∑ 35840 +1.61 0.6963

.62ср = 1706.67

Подсчитывается обеспеченность полученного ряда в процентах по формуле

P = m/(n+1)·100%

где m - порядковый номер члена ряда при расположении их в убывающем порядке;- число членов в ряду.

Если сток за отдельные годы выразить в виде модульных коэффициентов:

Кi = , то

Сv== 0.19,

Сv - коэффициент вариации.

Относительная средняя квадратическая ошибка средней многолетней величины годового стока реки за период с 1971 по 1991 гг. равна:

= = 4.08 %.

≤15% - длина ряда достаточна.

**2.3 Построение теоретической кривой по методу Крицкого-Менкеля**

объем емкость водохранилище

В практике гидрологических расчетов из множества математических кривых распределения наибольшее распространение получили биномиальная кривая распределения (кривая Пирсона III- типа) и кривые трехпараметрического гамма-распределения, разработанные С.Н. Крицким и М.Ф. Менкелем. Наиболее удачную общую функцию распределения удалось получить С.Н. Крицкому и М.Ф. Менкелю.

Ординаты кривой определяем в зависимости от коэффициента Сv по таблицам, составленным С.Н. Крицким и М.Ф. Менкелем для Cs=2Сv. Для повышения точности кривой необходимо учитывать сотые доли Сv и провести интерполяцию между соседними столбцами цифр.

Теоретические кривые обеспеченности в гидрологии наиболее часто применяются для определения среднегодовых значений стока, а также максимальных и минимальных расходов.

Кривые обеспеченности, построенные по изложенным выше методам обычно имеют в своих верхних и нижних отрезках весьма крутой подъем и спад, что затрудняет пользование ими в этих частях, и особенно их экстраполяцию. Поэтому при построении кривой обеспеченности предложена особая клетчатка вероятности, которая имеет равномерные деления вертикальной шкалы и неравномерные горизонтальной. Она построена так, что кривая обеспеченности при Cs = 0 полностью спрямляется. Клетчатка вероятности бывает с обычной шкалой и логарифмической - вертикальной.

**.4 Определение кривой обеспеченности по методу Фостера-Рыбкина**

Для получения теоретических точек кривой обеспеченности следует пользоваться таблицей Фостера - Рыбкина, в которой приведены отклонения ординат кривой обеспеченности от середины Ф при Хср=1 и

Сv = 1.

Пользуясь таблицей, можно подсчитать значения модульных коэффициентов по формуле

К = Ф· Сv + 1.

Затем определить значения расходов разной обеспеченности:

Qi = Кi∙Qo .

**2.5 Корреляция. Вычисление связи между стоком смежных лет**

Природные гидрологические процессы обусловлены большим числом факторов, поэтому полный учет их оказывается невозможным. В гидрологических расчетах при установлении причинно-следственных связей среди множества факторов выделяют главные, вносящие основной вклад в формирование изучаемого явления, которые и определяют основной вид связи. Менее существенные факторы создают поле рассеяния точек относительно кривых связей основных характеристик. Например, высота весеннего половодья определяется не только запасами воды в снеге, но и количеством весенних осадков, влажностью почвы в предшествующий период времени, наличием ледяной корки на почве и т. д. Так как учесть все эти факторы практически невозможно, зависимость между максимальными уровнями воды половодья и запасами воды в снеге имеет приближенный характер.

Как правило, в гидрологии связи, наблюдающиеся между гидрологическими явлениями, являются не функциональными, а корреляционными (взаимосвязанными). При корреляционной зависимости каждому значению независимой переменной х соответствует бесчисленное множество значений другой величины у (функции), описываемое условно кривой распределения. При функциональной зависимости каждому значению аргумента х соответствует одно, вполне определенное значение функции у.

При изучении гидрологических характеристик встречаются преимущественно корреляционные зависимости, имеющие прямолинейный характер, т. е. графически они выражаются прямыми линиями.

Количественная оценка степени связанности двух переменных величин х и у характеризуется коэффициентом корреляции. Коэффициент корреляции изменяется в пределах от -1 до +1. Положительное значение коэффициента корреляции свидетельствует о прямой связи, когда обе величины х и у возрастают или убывают одновременно. Отрицательное значение коэффициента корреляции указывает на увеличение х при уменьшении у и наоборот, что соответствует обратной связи.

Исследования показывают, что многолетние ряды годовых величин стока нельзя рассматривать как последовательность независимых случайных величин. Отклонения от среднего многолетнего значения (нормы) в каждом году коррелятивно связаны со стоком предшествующих лет. Причины этого явления не раскрыты. Коэффициенты корреляции между величинами стока за смежные и более отдаленные годы невелики, причем по мере удаления в прошлое связь ослабевает.

Коэффициент корреляции определяется по формуле

= = 0.52

Выявление связи между стоком смежных лет

∑ +169.66 +164.90 7425.91 7371.51 +4730.65 -169.64 -164.99 -864.22

**Библиографический список:**

. Г.Н. Смирнов, Е.В. Курлович, И.А. Витрешко и др. Гидрология, гидротехнические сооружения: Учеб. для вузов. М.: Высш. шк., 1988

. М.Н. Грацианский Инженерная гидрология и гидрометрия. М.: Высш. шк., 1966.