

ности увеличения отдачи Вилейско-Минской водной системы за счет использования внутренних резервов. — В сб.: Водное хозяйство и гидротехническое строительство. Минск, 1979, вып. 9. 4. Щ а п о в Н.М. Гидрометрия гидротехнических сооружений и гидромашин. — М.—Л., 1957. 5. Д ы м е н т И.Н. Метод определения наивыгоднейшего режима гидравлических машин. — Гидротехническое строительство, 1952, № 5. 6. С т а р и н с к и й В.П. Выбор рациональных режимов работы насосов и насосных станций систем водоснабжения. — Водоснабжение и санитарная техника, 1966, № 4. 7. Указания по компенсации реактивной мощности в распределительных сетях. — М., 1974. 8. А н д р е я н о в В.Г., Р у д е н к о С.И. Об учете влияния ледяного и снегового покрова на водный баланс естественных и искусственных водоемов. — Метеорология и гидрология, 1939, № 1. 9. К р и ц к и й С.Н. и М е н к е л ь М.Ф. Водохозяйственные расчеты. — Л., 1952. 10. Временные указания по определению экономической эффективности капитальных вложений при проектировании гидроэнергетических объектов. — М., 1978.

УДК 631.62:626.862+533.3

Г.Д. Кулагина

УЧЕТ НУЖД ОРОШЕНИЯ В ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ БАЛАНСАХ

Орошение является одним из ведущих видов использования водных ресурсов. В связи со значительными перспективами развития орошения земель в Белоруссии повышение точности определения потребностей в воде на эти цели приобретает особое значение.

В настоящее время в проектной практике при составлении водохозяйственного баланса бассейна реки по гидрографам речного стока заданной обеспеченности (50, 75, 95%) по всем расчетным участкам обеспеченность норм орошения принимается одинаковой, соответствующей, как правило, обеспеченности стока. Тем самым предполагается, что критические засушливые периоды наступают по всей территории бассейна одновременно, засушливость орошаемого поля и маловодье в источнике совпадают, что не всегда соответствует природному ходу этих явлений. В результате расчеты оказываются недостаточно точными. Уточнению поможет учет асинхронности потребности орошения по территории и асинхронности стока и орошения (осадков) во времени.

Величина потребности в воде для орошения с заданной обеспеченностью, определенная по данным конкретной метеостанции $N_{ор}$, будет отличаться от принимаемой на практике N_p для всего бассейна на некоторую величину:

$$N_{ор} = K_1 \cdot K_2 \cdot N_p,$$

где K_1 — коэффициент, учитывающий асинхронность потребностей ороше-

ния по территории; K_2 – коэффициент, учитывающий асинхронность стока и осадков.

Определить эти коэффициенты можно путем последовательного составления балансов для отдельных створов по многолетним характеристикам колебаний стока и потребления воды. Этот прием позволяет автоматически учесть влияние в замыкающем створе бассейна колебаний орошения по территории и асинхронности стока и осадков на величину потребности в орошении.

Однако расчет балансов бассейна реки по многолетним рядам колебаний стока и потребления воды в сравнении с обычным расчетом по гидрографам стока довольно трудоемок, особенно когда бассейн расчленен на большое количество расчетных участков и требуется применение ЭВМ. Для многих случаев расчет балансов по гидрографам стока благодаря своей простоте и наглядности является вполне приемлемым при условии введения поправочных коэффициентов K_1, K_2 , описанных выше. Чтобы получить численные значения этих коэффициентов, оценить эффект от их применения, нами были выполнены исследования по бассейну Верхнего Днепра.

Для расчета потребностей в воде для орошения была разработана программа на алгоритмическом языке ФОРТРАН, реализованная на ЭВМ ЕС-1020. В основу расчетного алгоритма положен биоклиматический метод С.М. Алпатьева [1], откорректированный для условий БССР [2].

Суть этого метода заключается в определении недостатка воды до оптимального увлажнения корнеобитаемого слоя почвы (дефицита водного баланса почвы), запасы влаги в котором изменяются от наименьшей полевой влагоемкости $W_{\text{НВ}}$ до $(0,65-0,75)W_{\text{НВ}}$. Расчеты выполняются по уравнению водного баланса активного слоя почвы орошаемого поля. Программа позволяет определять за каждый расчетный год по месячным интервалам:

- удельную потребность в воде для орошения на 1 га площади;
- суммарный дефицит водного баланса за вегетационный период;
- потребность в воде для орошения на расчетном участке.

По данной программе для 10 метеостанций бассейна Верхнего Днепра за период наблюдений (1945–1974 гг.) были рассчитаны величины дефицитов водного баланса d , определяющие потребности в воде для орошения. Расчет производился для культурных пастбищ. Были статистически обработаны полученные ряды d : определены среднемноголетние нормы дефицитов водного баланса \bar{d} ; их коэффициенты вариации C_{vd} , коэффициенты асимметрии C_{sd} , отношение $\frac{C_{\text{sd}}}{C_{\text{vd}}}$, фактическая обеспеченность (табл.1).

Полученные данные по дефициту водного баланса в основном соответствуют нормам орошения БелНИИМ и ВХ [3]. Тенденции их распределе-

ния по территории совпадают, отклонения норм орошения БелНИИМиВХ от приведенных в табл. 1 не превышают 10%.

Из приведенных в таблице данных следует, что для различных створов рассматриваемого бассейна потребность в воде для орошения неодинакова. Процент лет из 30-летнего ряда, когда требуется орошение культурных пастбищ, колеблется от 67 до 90. Среднемноголетнее значение d изменяется от 42 до 101 мм, увеличиваясь с севера на юг. Коэффициент вариации колеблется от 0,65 для южных метеостанций до 1,18 для метеостанций, расположенных севернее. В годы с обеспеченностью 75% дефицит водного баланса изменяется от 85 до 148 мм, а в острозасушливые годы с обеспеченностью 95% — от 135 до 223 мм.

Анализ данных табл. 1 показывает, что различные по засушливости периоды наступали на рассматриваемой территории не одновременно. Так, 1959 г. зарегистрирован 4-, 5- и 7-й метеостанциями как острозасушливый, 8-й — средnezасушливый, а остальными метеостанциями — влажный. Все это подтверждает предположение о наличии асинхронности дефицитов водного баланса по различным участкам. Количественным показателем этого может послужить коэффициент K_1 , аналогичный коэффициенту асинхронности стока, предложенному Н.В. Сомовым [4], и определяемый для заданной обеспеченности по формуле

Т а б л. 1. Статистические характеристики дефицита водного баланса почв

Метеостанция	Требуется орошение, %лет	Норма d , мм	C_{vd}	$\frac{C_{sd}}{C_{vd}}$	Дефицит водного баланса в засушливые годы с обеспеченностью Р					
					75%		90%		95%	
					год	мм	год	мм	год	мм
Орша	67	42	1,18	0,69	1971	85	1951	128	1972	146
Могилев	70	55	0,98	0,79	1971	85	1959	158	1967	171
Жлобин	67,5	70	0,75	0,68	1950	105	1967	131	1963	139
Борисов	70	53	0,94	0,73	1955	85	1966	128	1959	135
Бобруйск	83	72	0,82	0,71	1955	113	1971	165	1959	187
Речица	80	79	0,85	0,72	1948	122	1951	199	1963	203
Гомель	80	89	0,80	0,36	1951	141	1963	201	1959	223
Туров	90	101	0,65	0,58	1959	148	1950	219	1963	220
Мозырь	87	92	0,73	0,33	1945	141	1946	177	1963	221
Киев	90	78	0,61	1,74	1967	107	1966	153	1945	159

$$K_1 = \frac{\sum d_{xp}}{\sum d_{p.o}},$$

где $\sum d_{xp}$ — суммарный хронологический дефицит водного баланса; $\sum d_{p.o}$ — суммарный по всей территории равнообеспеченный d . $\sum d_{xp}$ для каждого года определялся как сумма за календарный год дефицита по всем метеостанциям:

$$\sum d_{xp} = \sum_{j=1}^s d_j,$$

где s — число метеостанций.

После ранжирования значений $\sum d_{xp}$ рассчитывалась вероятность превышения каждого члена ряда по формуле

$$P = \frac{m - 0,3}{n + 0,4} \cdot 100\%,$$

где P — значение обеспеченности; m — порядковый номер ряда; n — длина ряда.

Для определения суммарного равнообеспеченного дефицита $\sum d_{p.o}$ все ряды d по метеостанциям ранжированы в возрастающем порядке с определением для каждого члена ряда соответствующего значения обеспеченности P (%):

$$\sum d_{p.o} = \sum_{j=1}^s d_p.$$

Количественный эффект асинхронности выражается разностью между величинами суммарного равнообеспеченного и суммарного хронологического дефицита при одинаковых значениях обеспеченности.

Для значений обеспеченности 75 и 95%, представляющих наибольший интерес в практических расчетах, значение K_1 соответственно равно 0,89 и 0,84. Это означает, что за счет учета асинхронности дефицита водного баланса по территории можно сократить потребности в воде для орошения в замыкающем створе бассейна на 16% по сравнению с принимаемыми по нормам 95% обеспеченности.

Как отмечалось выше, расчетные потребности в воде орошения, кроме асинхронности d по территории, зависят от асинхронности стока и осадков. На необходимость учета асинхронности стока рек и осадков в зоне орошения указывали в своих работах И.А. Железняк, Я.Ф. Плешков, И.И. Топчиев, М.Г. Голченко и др. Нами для того же периода (1945–1974 гг.) определены годовой сток и суммарный дефицит водного баланса для бассейна Верхнего Днестра. Для удобства расчета они представлены в относи-

тельных величинах — модульных коэффициентах. Определены обеспеченность годового стока и соответствующая ему хронологически — обеспеченность орошения. Коррелятивная связь между этими показателями выражена довольно слабо ($r = 0,41$). Поэтому для дополнительного анализа весь диапазон обеспеченности годового стока разбит на три группы: 0–25% (многоводные годы), 25–75 (средние по водности) и 75–100% (маловодные). Для них построены условные эмпирические кривые обеспеченности модульных коэффициентов орошения $K_{ор}$ (рис. 1). Подобные кривые позволяют для любой водности с заданной степенью вероятности определить значение потребности в воде для орошения. Например, для стока обеспеченности 95% (по которому обычно составляется водохозяйственный баланс) необходимо по условной кривой обеспеченности 3 (см. рис. 1) с вероятностью 95% определить модульный коэффициент орошения $K_{ор} = 1,4$. Тогда коэффициент асинхронности стока и осадков можно определить как

$$K_2 = \frac{K_{ор}}{K_{95\%}} = \frac{1,4}{2,04} = 0,68,$$

где $K_{95\%}$ — модульный коэффициент, соответствующий дефициту водного баланса 95% обеспеченности. При $P = 75\%$ $K_2 = 0,90$.

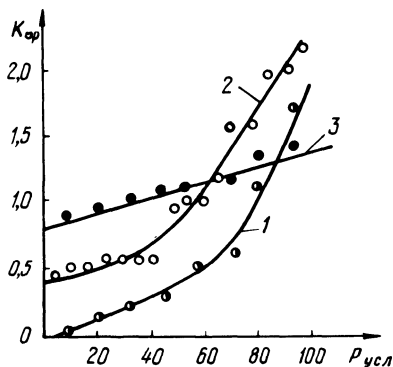


Рис. 1. Условные кривые обеспеченности орошения при различной обеспеченности стока $P_{ст}$:

0–25% (1); 25–75 (2); 75–100% (3).

Таким образом, расчетно установлено, что для значительных территорий на величину потребности в воде для орошения существенное влияние оказывает наличие асинхронности дефицита водного баланса почв по территории и асинхронности стока рек и осадков в зоне орошения. Учет этих явлений при практических расчетах можно осуществить введением поправочных коэффициентов K_1 и K_2 .

Для бассейна Верхнего Днепра учет этих факторов позволяет уменьшить расчетные потребности в воде орошения в замыкающем створе

(г. Киев) при обеспеченности P 75% на 20%, а при 95% — на 43%. Это улучшит состояние водохозяйственного баланса бассейна, так как будут учтены значительные водные резервы.

Изложенный подход может быть применен в большинстве районов страны, где развивается орошение земель.

Л и т е р а т у р а

1. Алпатьев С.М., Остапчик В.П. Методика расчета режимов орошения сельскохозяйственных культур на основе биоклиматического метода для Европейской части СССР с применением ЭВМ. — Киев, 1973.
2. Голченко М.Г. Методика расчета проектного поливного режима сельскохозяйственных культур применительно к условиям БССР. — В сб. науч. тр. БСХА, Горки, 1973, т. 112.
3. Улучшение естественных кормовых угодий, создание и использование культурных пастбищ. Рекомендации. — Минск, 1972.
4. Сомов Н.В. Асинхронность и цикличность колебаний стока крупных рек СССР. Тр. ЦИП. М., 1963, вып. 117.

УДК 333.9 + 626.81

С.А. Шишкин

СОГЛАСОВАНИЕ ИРРИГАЦИОННОГО ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ В ПРЕДЕЛАХ ОГРАНИЧЕННОГО ЧИСЛА ЛЕТ

Среди существующих приемов решения оптимизационной задачи определения параметров оросительной системы значительную группу представляют методы, основанные на использовании в качестве функции цели величины чистого дохода [1–6]. Эта функция многомерна, и для поиска экстремума требуется введение ряда ограничений (по водоземельным ресурсам, коэффициентам их использования, показателям фондоемкости, энергетическим затратам и т.д.) [7–10]. Существенно то, что ряд факторов функции цели зависит от площади оросительной системы. Временная изменчивость водных ресурсов и водопотребления обуславливает вариацию площадей гарантированного полива. Поэтому вначале устанавливается область существования площади оросительной системы. Определение расчетной обеспеченности системы является итогом технико-экономического обоснования.

Аналогичная ситуация возникает при формулировании функции цели в виде минимизируемых приведенных затрат [7,8,10,11] или штрафов [12].

При рассмотрении существующих методов решения оптимизационных задач в орошении обращает на себя внимание несогласованность учета факторов времени на разных уровнях. С одной стороны, оптимум функции цели устанавливается для условия неперевышения срока окупаемости. Водохозяйственные же расчеты этого ограничения не учитывают. В большинстве случаев обеспеченности стока и водопотребления устанавливаются