

**МЕТОДИКА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ
РАСЧЕТНОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ПРОЕКТИРУЕМЫХ,
РЕКОНСТРУИРУЕМЫХ И ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ
ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ
НЕЗАРЕГУЛИРОВАННЫЙ СТОК РЕК**

Шавва К.И., Дорофеев В.С. *(Одесская государственная академия строительства и архитектуры)*

В статье рассматривается методика для определения оптимальной расчетной обеспеченности проектируемых, реконструируемых и эксплуатируемых оросительных систем, использующих незарегулированный сток рек.

Под P_i % расчетной обеспеченностью имеется в виду вероятность количества бесперебойных лет по воде, стоку и в реке, при которой оросительная способность системы окажется не ниже научно-обоснованной ее величины или относительное число лет из всего многолетия, в течение которых заданное водопотребление будет удовлетворяться полностью. Величина этого важнейшего технико-эколого-экономически обоснованного параметра оросительной системы фактически определяет оптимальную мощность оросительной системы (оптимальную величину орошаемой площади системы, ее сметную стоимость, размер годовых эксплуатационных затрат, а также минимальное значение экономического ущерба, обусловленного дефицитом поливной воды в источнике орошения в маловодные годы).

В настоящее время величину расчетной обеспеченности при проектировании оросительных систем на незарегулированном стоке (P_i %) в назначают в пределах от 25% до 40% при проектировании лиманов, на регулярно действующих оросительных системах (P_i %) принимают нормативно от 50% до 90% обеспеченности, хотя этот важнейший параметр является не заданным, а искомым, требующим технико-эколого-экономического обоснования [23].

При таком «методе» удачный выбор оптимальной величины параметра расчетной обеспеченности (P_i %) для той или иной оросительной системы является делом случая и в значительной степени зависит от опыта и интуиции проектировщика. Поэтому, использование нормативных значений P_i % обеспеченности могут приводить к неоправданно преувеличенным или уменьшенным значениям этого параметра по

сравнению с его оптимальным технико-экономически обоснованным значениям для каждой оросительной системы. В обоих случаях фермерским хозяйствам и народному хозяйству страны будет наноситься большой ущерб.

Если размеры оросительной системы и обслуживаемых ею фермерских хозяйств больше оптимальных, то недостаточно полно будут использоваться капиталовложения, техника, трудовые ресурсы, если же наоборот, размеры проектируемой системы будут меньше оптимальных, то народное хозяйство и фермерские хозяйства будут недоиспользовать водные и земельные ресурсы, так как не получают того объема сельскохозяйственной продукции, который они смогли бы получить при оптимальной мощности проектируемой оросительной системы.

На актуальность и необходимость разработки методики для определения оптимальной расчетной обеспеченности оросительных систем, использующих как незарегулированный сток рек, так и зарегулированный сток рек для орошения сельскохозяйственных культур указано в работах [1, 2, 3, 4, 7, 8, 18, 20, 21, 27, 30].

В настоящее время вопрос обоснования и выбора расчетной обеспеченности в области гидроэнергетики достаточно хорошо освещен в работах С. Н. Крицкого и М. Ф. Менкеля, В. П. Захарова, Ш. Ч. Чокинова, И. П. Дружинина, Д. С. Щавелева и др.

До настоящего времени вопрос обоснования оптимальной расчетной обеспеченности для оросительных систем, использующих незарегулированный сток рек окончательно пока не решен.

Нами предлагается более совершенная методика определения расчетной обеспеченности оросительных систем, использующих для орошения с/х культур незарегулированный сток рек, учитывающая рыночные отношения между водным и сельским хозяйством [27].

В основу этой методики положен, в настоящее время разработанный за рубежом, стандартный подход, который изображен на рис. 1 [6], где сопоставляются выгоды, связанные с проектируемой оросительной системой и ущербами (потерями) чистого дохода в маловодные годы в орошаемом земледелии [6].

Общая схема технико-эколого-экономической оценки оптимальной расчетной обеспеченности оросительных систем представлена на рис. 1 [6].

Технико-эколого-экономическое обоснование оптимальной расчетной обеспеченности оросительных систем выполняется в следующей последовательности.

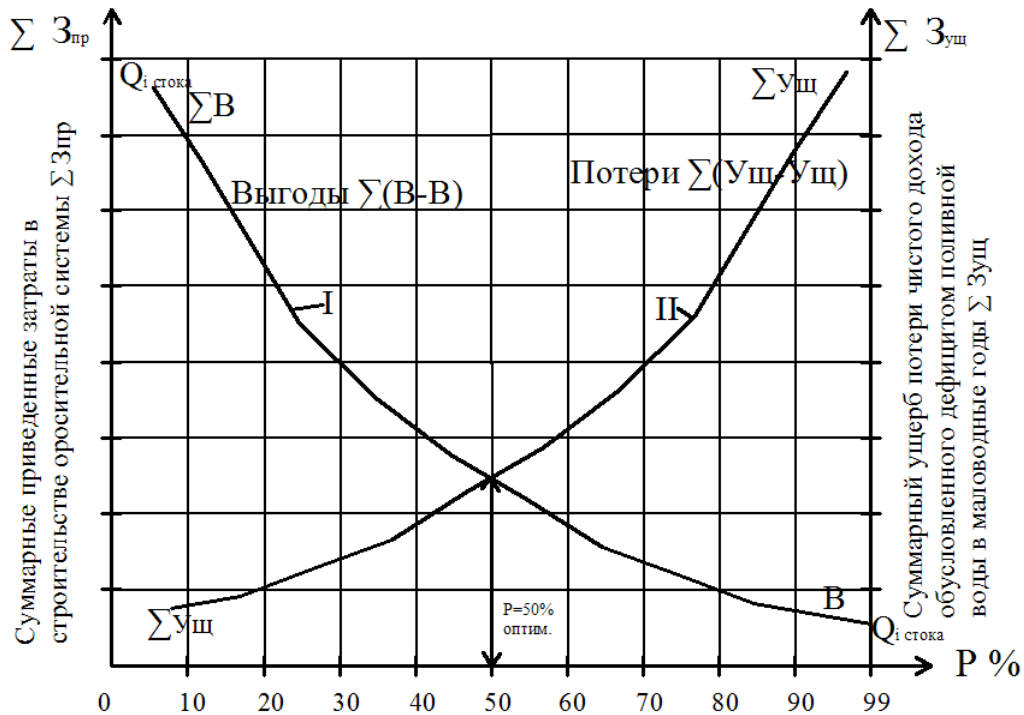


Рис.1 Значения расчетной обеспеченности стока i^{oi} реки.

а) для каждой i -й реки по общеизвестным из гидрологии формулам для любой заданной обеспеченности по имеющемуся гидрологическому ряду наблюдений производится по формулам Крицкого С. Н. и Менкеля М. Ф. расчет гидрологических параметров расхода воды в реке $Q_{iP} = Q_{\bar{d}} \cdot f$,

где $Q_{iP\%}$ - расчетный расход реки при P_i ее обеспеченности, $\text{м}^3/\text{с}$;

$Q_{\bar{d}}$ - среднеегодулетний расход воды в реке, $\text{м}^3/\text{с}$; f - ординаты биномиальной ассиметричной кривой обеспеченности, величины которых берутся из работы [12], таблицы 13.

б) коэффициент вариации стока C_v , который определяется по формуле:

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum (\frac{Q_i}{\bar{Q}} - 1)^2}{n-1}}; \quad (2)$$

где, Q_i - любой из наблюдаемых среднедекадных расходов, имеющих-ся в ряде наблюдений, $\text{м}^3/\text{с}$; \bar{Q} - среднеарифметический расход по ряду лет наблюдений, $\text{м}^3/\text{с}$; n – число среднеегодулетних наблюдений; f - ордината биномиальной кривой обеспеченности, величина которой принимается по табл. 1 [12 стр 27-28].

Так, вычисление расчетного среднегодового расхода 75% обеспеченности на р. Кугарт показано в таблице 1. [12].

Подсчитанная для нашего примера по формуле (2) величина коэффициента $C_v = 0,387$. По таблице 3 для 75% обеспеченности ордината биномиальной кривой равна $f_{75} = 0,714$. Тогда расчетный расход будет равен $Q_{75} = \bar{Q} \cdot f_{75}$. Для 50% - $19,54 \cdot 0,94 = 18,37 \text{ м}^3/\text{с}$,

для 30% - $19,54 \cdot 1,151 = 22,49 \text{ м}^3/\text{с}$,

для 10% - $19,54 \cdot 1,509 = 29,485 \text{ м}^3/\text{с}$,

для 90% - $19,54 \cdot 0,554 = 10,83 \text{ м}^3/\text{с}$.

Определив для всего ряда расходов реки в критический период расчетные расходы воды в реке, зная коэффициент вариации C_v и C_s , построим эмпирическую кривую обеспеченности и расходов воды в реке в критический период (август месяц).

Далее, для данного пятипольного севооборота рассчитаем максимальную величину оросительного гидромодуля брутто в л/с га (с учетом потерь на испарение) по формуле [16]:

Таблица 1

Расчетный среднегодовой расход 75% обеспеченности на р. Кугарт [12]

№ п/п	Год наблюдений	Среднегодовой расход	$\frac{Q_i}{\bar{Q}}$	$(\frac{Q_i}{\bar{Q}} - 1)^2$
1	1957	14,75	0,75	0,062
2	1958	27,6	1,41	0,168
-----	-----	-----	-----	-----
11	1967	14,3	0,73	
$\bar{Q}=19,54$	$\sum_1^n 215,82$	$\sum =214,83$ $\bar{Q}=214,83/11=19,54$		$\sum 1,499$

$$q^{ad} = \frac{\overline{I}_{\text{нд.ааа}}^{i\delta} \cdot \hat{E}_i \cdot \hat{E}_{\bar{a}}}{3,6 \cdot \dot{O} \cdot \eta_{\bar{m}} \cdot \eta_{\text{ааа}}} ; \quad (3)$$

где $\overline{I}_{\text{нд.ааа}}^{i\delta}$ - средняя оросительная норма нетто для севооборота при дождевании без учета влагозарядковых поливов, м³/га;

$\hat{E}_{\bar{a}}$ - коэффициент графика гидромодуля, учитывающий колебания ординаты графика гидромодуля в течение вегетационного периода по отношению к средней ординате (табл. 1); \hat{E}_i - коэффициент, учитывающий потери воды на испарение при дождевании ($\hat{E}_i = 1,1 \div 1,3$); T – продолжительность работы дождевальных машин в течение суток, ч (для «Фрегата» и «Кубани» - 24 часа, для других машин T=16 ч). t – оросительный период за вегетацию, сут (табл. 2);

$\eta_{\bar{m}}$ - коэффициент использования сменного времени («Фрегат» и «Кубань» - 0,9, машины типа «Днепр», ДБА-100МА – 0,6÷0,7); $\eta_{\text{ааа}}$ - коэффициент использования времени оросительного периода за вегетацию приведен в таблице 2.

Примерные значения некоторых параметров из формулы (3) оросительного гидромодуля приведены в табл. 2 [16].

Таблица 2

Значения некоторых параметров оросительного гидромодуля

Параметры	Климатическая зона				
	лесная	лесостепная	степная	сухостепная	пустынная
\hat{E}_i	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
$\hat{E}_{\bar{a}}$	1,1	1,15	1,2	1,25	1,3
t	85-95	95-105	105-115	115-125	125-135
$\eta_{\text{вег}}$	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95

Пример. Вычисление оросительного гидромодуля и сезонной производительности дождевальной машины «Днепр».

$$\overline{I}_{\text{нд.ааа}}^{i\delta} = 3,6 * 1,6 + 1,6 * 0,166 + 1,1 * 0,166 + 1,4 * 0,166 + 1,2 * 0,166 + 2,1 * 0,166 = 2,177 \text{ м}^3/\text{га};$$

$$\text{Оросительный гидромодуль: } q^{ад} = \frac{2177 \cdot 1,3 \cdot 1,2}{3,6 \cdot 16 \cdot 110 \cdot 0,75 \cdot 0,9} = 0,79 \text{ л/с га.}$$

Расчитаем для каждого значения эмперической кривой обеспеченностей 5%, 10%, 20%, 30% и 95% соответствующие расчетные расходы воды в реке, а также соответствующие им возможные орошаемые и неполивные площади для каждого расчетного значения эмпирической кривой обеспеченности [11, 31].

Определение расчетных гидрологических параметров расхода стока для любой заданной обеспеченности по имеющемуся ряду наблюдений (не менее 10 лет) производится по формуле Крицкого и Менкеля:

$$Q_o = \bar{Q}_{\text{нб}} \cdot f_i \cdot$$

Для построения эмпирической кривой обеспеченности необходимо для каждой реки определять коэффициент вариации стока C_V и коэффициент асимметрии стока C_S , которые рассчитываются по формулам:

$$C_V = \sqrt{\frac{\sum (\frac{Q_i}{\bar{Q}} - 1)^2}{n-1}}; \quad C_S = 2 C_V; \quad (4)$$

Q_i - любой из наблюдаемых среднедекадных расходов в имеющемся ряде наблюдений; \bar{Q} - среднеарифметический расход по ряду лет наблюдений, м³/с; n – число среднедекадных расходов по имеющемуся ряду наблюдений; f - ордината биномиальной кривой обеспеченности, величина которой принимается с учетом коэффициента вариации C_V для данной реки и величин ординат биномиальной кривой обеспеченности, которые принимаются по данным таблицы 1а [11, 16 стр. 27].

Для определения расчетных расходов реки, величин орошаемых площадей и количества неполитых площадей, а также суммарных приведенных затрат в проектируемую оросительную систему и суммарных годовых ущербов, обусловленных дефицитом воды в маловодные годы нами предложены соответствующие формулы.

В этой работе применительно к рыночным условиям разработана более совершенная методика выбора оптимальной расчетной обеспеченности для вновь проектируемых и реконструируемых оросительных систем, использующих незарегулированный сток малых и средних рек, которых в Украине более двадцати тысяч.

Обоснование оптимальной расчетной обеспеченности для небольших оросительных систем фермерских хозяйств производится в следующей последовательности.

Для каждой реки устанавливается маловодный период, который для большинства рек юга Украины приходится на август месяц. Орошаемая площадь реки в дефицитный месяц определяется по формуле:

$$F^{i\dot{\delta}} = \frac{\overline{Q_{\dot{\delta}}}}{q_{\dot{\delta}}^{\max}}, \text{ га} \quad (5)$$

где, $\overline{F^{i\dot{\delta}}}$ - орошаемая площадь системы нетто в дефицитный период, га; $\overline{Q_{\dot{\delta}}}$ - среднееголетний расход в реке в маловодный период, м³/с; $q_{\dot{\delta}}^{\max}$ - максимальная величина оросительного гидромодуля брутто, л/с га [2, 12, 16].

Для построения эмпирической кривой обеспеченности, которая определяет мощность проектируемой оросительной системы в диапазоне от 95% до 10% обеспеченности, используем формулу Крицкого и Менкеля.

Затем для данной реки по данным [12] определяем коэффициенты вариации стока C_v и коэффициент асимметрии стока $C_s = 2 C_v$.

Чтобы построить эмпирическую кривую обеспеченности необходимо из работы [12] и таблицы 1а на странице 27, для расчетного коэффициента вариации стока, например, для реки Кугов коэффициент $C_v=0,38$, по строке выписываем ординаты асимметрической кривой от $P_{10\%}$ до $P_{90\%}$.

Так, для реки Кугарт величины ординат кривой обеспеченности равны при 0,38 ординате вариации стока C_v для обеспеченностей $P_{10\%}$ $f_{10}=1,509$; для $P_{20\%}$ $f_{20}=1,208$; для $P_{30\%}$ $f_{30}=1,222$; для $P_{90\%}$ $f_{90}=0,532$.

Определив для данной реки среднееголетний расход в дефицитный месяц $\overline{Q_{\dot{\delta}}}$ и зная для каждой обеспеченности ординаты кривой f_i , определяем для каждой расчетной обеспеченности расход реки. Так, для р. Кугарт [11] норма расхода $\overline{Q_{\dot{\delta}}}=19,54$ м³/с; по таблице 1а для 75% обеспеченности $f_{75}=0,714$, расчетный расход будет равен $Q_{75}=19,54*0,714=14,0$ м³/с. Аналогично рассчитываются значения расходов воды для других обеспеченностей.

Зная расчетные расходы воды в реке и вычислив величины оросительного гидромодуля для пятипольного севооборота ($q^{\dot{\delta}}$, л/с га) мы можем определить величину как орошаемых, так и неполитых площа-

дей в маловодный период, для каждого значения расчетной обеспеченности.

Чтобы технико-экономически обосновать величину расчетной обеспеченности необходимо определить для различных значений $P_{i\%}$ значения общей площади орошения $\sum F_{\bar{q}\delta}$, га; общую площадь неполитых земель в маловодные месяцы $\sum F_{\bar{q}\delta\delta}$, га; определить удельные приведенные затраты на 1га проектируемой оросительной системы, обосновать удельный ущерб, приходящийся на 1 структурный гектар орошаемой площади.

Определим для каждой сельскохозяйственной культуры, входящей в пятипольный севооборот, удельный ущерб (потерю чистого дохода) от дефицита воды, приходящийся на 1 структурный гектар орошаемой площади по формуле:

$$\dot{O}_i^{\alpha i} = \dot{O}_{P_i} \cdot \omega_i \cdot \ddot{O}_s \cdot R_i, \quad (6)$$

где $\dot{O}_i^{\alpha i}$ - удельный ущерб (убыток от потери чистого дохода) на 1 структурный гектар, грн/га; \dot{O}_{P_i} - урожайность i -й с/х культуры, ц/га;

ω_i - доля i -й с/х культуры в пятипольном или другом севообороте;

\ddot{O}_s - реализационная цена урожая i -й с/х культуры, грн/цн;

R_i - рентабельность i -й с/х культуры в долях единицы или в % от валовой стоимости i -й с/х продукции.

1. Картофель. $U_{\text{карт}} = 100 * 0,2 * 300 * 0,35 = 2100$ гр/га;

2. Морковь. $U_{\text{морк}} = 200 * 0,2 * 350 * 0,35 = 4900$ гр/га;

3. Помидор. $U_{\text{пом}} = 225 * 0,2 * 400 * 0,35 = 6300$ гр/га;

4. Пшеница. $U_{\text{пш}} = 30 * 0,2 * 300 * 0,35 = 630$ гр/га;

5. Лук. $U_{\text{лук}} = 125 * 0,2 * 400 * 0,35 = 3500$ гр/га.

Итого на га $\sum \dot{O}$ 17430 гр/га при $P=0,35$.

При рентабельности $P=0,2$ удельный ущерб на 1 га составит

$$\sum \dot{O} = \frac{17430}{1,2} = 14,525 \text{ гр/га.}$$

Рассчитаем для каждого значения расчетной обеспеченности от P_{10} до P_{95} общий суммарный ущерб при двух значениях рентабельности ($\beta=0,35$ $\beta=0,2$) и построим на графике соответствующие 2 кривые зависимости суммарного ущерба от обеспеченности, которые показаны на рис. 2.

Выбор оптимальной расчетной обеспеченности проектируемой оросительной системы мы предлагаем рассчитать по минимуму

суммарных приведенных затрат зависимости от величины расчетной обеспеченности (P_i , %), которая включает две кривые – суммарные приведенные затраты и кривую суммарного ущерба определяем по формуле:

$$\sum C_{i\bar{\delta}} = (\sum C_{i\%} + E_i \cdot \sum \hat{E}_{i\%}), \quad (7)$$

$$\sum \hat{O}_{i\bar{\delta}} = \hat{O}_{i\%} \cdot \omega_{i\%} \quad \text{грн/год} \quad (8)$$

где $\sum C_{i\bar{\delta}}$ - суммарные приведенные затраты по проектируемой оросительной системе при обеспеченности орошения ($P_{i \text{ оп}}$), грн/год;

$\sum C_{i\%}$ - годовые эксплуатационные затраты при P_i , % значений обеспеченности орошения, грн/год; $\omega_{i\%}$ - среднемноголетняя величина неполитых площадей при P_i значении расчетной обеспеченности, га;

E_i - нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, равный $E_i = 0,15$; $\sum \hat{E}_{i\%}$ - суммарные капитальные вложения в строительство оросительной системы при обеспеченности

P_i , %, грн; $\sum \hat{O}_{i\bar{\delta}}$ - суммарный среднегодовой ущерб (от недобора чистого дохода по оросительной системе), тыс. грн/год, рассчитанный по формуле (6) для каждого значения расчетной обеспеченности, грн/год.

В докладе комитета ВОЗ ООН [6], касающегося оценки уровня загрязнения окружающей среды и ликвидации ущербов и их оптимизации, рекомендуется использовать технико-экономические показатели оценки различных загрязнителей. Авторы отмечают, что: «Оптимальным для общества уровнем мероприятий по борьбе с загрязнениями соответствует точка $T_{\text{опт}}$, после прохождения этой точки размеры затрат на мероприятия по борьбе превышают полученные от них выгоды». В США и других странах этот подход является стандартным.

Для определения оптимальной расчетной обеспеченности орошения (P_i , %) нами принят вышеназванный подход для определения как выгоды, так и ущербов, который потребовал значительной доработки, чтобы его можно было использовать при обосновании оптимальной мощности оросительных систем.

Для того чтобы воспользоваться формулой (1) для оптимизации расчетной обеспеченности, необходимо вначале рассчитать удельные значения приведенных затрат на один структурный гектар, а также определить удельный ущерб на один структурный гектар севооборота, грн/га.

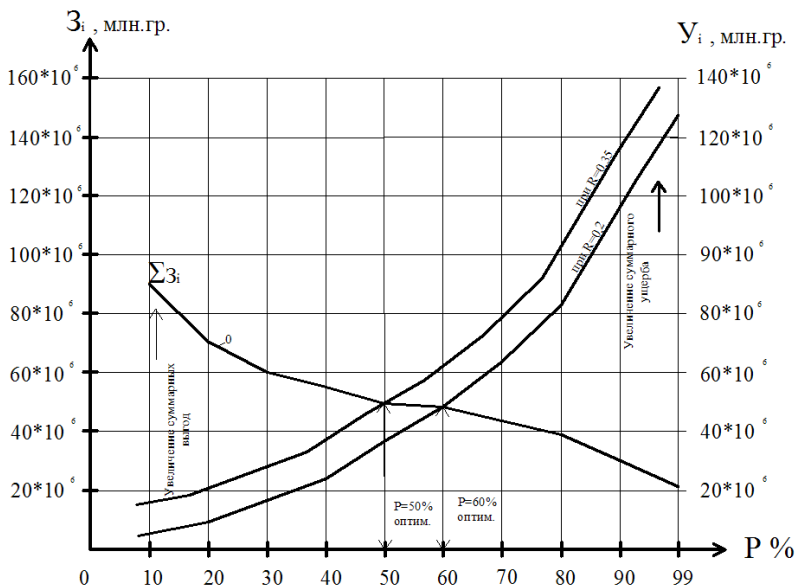


Рис.2 Определение оптимального значения величины расчетной обеспеченности для p . Куршаб, которое для фермерской внутривозвращенной системы (для пятипольного севооборота) составляет 60%, при величине коэффициента рентабельности (доходности) $R=20$ % от себестоимости, а при увеличении коэффициента рентабельности до $R=35$ % той же оросительной системы оптимальная расчетная обеспеченность будет $P_1=50$ %.

Расчет удельных капиталовложений в строительство и эксплуатацию оросительной системы, которые включают в себя [2, 4, 8, 17]:

- капитальные затраты в строительство сети, каналов, трубопроводов и различных сооружений на сети, грн/га;
- стоимость насосных и подкачивающих станций, грн/га;
- удельные капиталовложения в сельскохозяйственное производство с целью получения дополнительной сельскохозяйственной продукции, получаемой за счет орошения, грн/га.

Удельные капиталовложения в строительство оросительной системы определяем по формуле:

$$\hat{E}_{\hat{\alpha}\hat{\alpha}} = \hat{E}_{\hat{\alpha}}^{\hat{\alpha}} + \frac{\hat{E}_{\hat{\lambda}\hat{\lambda}}}{\hat{O}_{\hat{\alpha}\hat{\alpha}\hat{\alpha}}} \quad (9)$$

где $\hat{O}_{\hat{\alpha}\hat{\alpha}\hat{\alpha}}$ – срок службы ДМ, лет.

Удельные капиталовложения на 1 га в развитие сельскохозяйственного производства на орошаемых землях принимаем приближенно 50 % от капиталовложений в орошение.

Общий расход энергии за оросительный период для фермерских хозяйств рассчитывается по формуле:

$$\hat{Y}_{\hat{\alpha}\hat{\alpha}} = N \cdot T \cdot t, \text{ кВт/час}, \quad (10)$$

где N – мощность электродвигательной насосной станции, кВт;
 T – число часов работы насосной станции в сутки ($16 \div 24$); t – число суток работы насосной станции за сезон ($60 \div 120$), суток.

Затраты электроэнергии за сезон определяются по формуле:

$$C_{\hat{y}\hat{e}} = \hat{Y}_{\hat{\alpha}\hat{\alpha}} \cdot \hat{O}_{\hat{y}\hat{e}}, \quad (11)$$

где $\hat{O}_{\hat{y}\hat{e}}$ – стоимость одного кВт*часа электроэнергии, грн/кВт*ч, величина которого в настоящее время $\hat{O}_{\hat{y}\hat{e}} = 0,35$ грн/кВт*ч.

Удельный расход электроэнергии на 1 га фермерского хозяйства составляет:

$$\hat{Y}_{\hat{e}}^{\hat{\alpha}\hat{\alpha}} = \frac{\hat{Y}_{\hat{\alpha}\hat{\alpha}}}{\omega}, \text{ кВт*ч на один гектар орошаемой площади} \quad (12)$$

Мощность электромотора насосной станции вычисляется по формуле:

$$N_i = \frac{Q \cdot H}{102 \cdot \eta_{i\bar{n}}}, \text{ кВт.}$$

Удельные капиталовложения в приобретение дождевальных машин

$$\hat{E}_{\hat{\alpha}\hat{\alpha}}^{\hat{\lambda}\hat{\lambda}} = \frac{\hat{O}_{\hat{\lambda}\hat{\lambda}}^{\hat{i}\hat{i}\hat{\alpha}} \cdot \hat{E}_{\hat{i}} \cdot \hat{E}_{\hat{i}}}{S_i}, \text{ грн/га}, \quad (13)$$

где $\hat{O}_{\hat{\lambda}\hat{\lambda}}^{\hat{i}\hat{i}\hat{\alpha}}$ – оптовая цена i -го типа дождевальной машины, тыс. рублей (от 21 до 105 тыс. руб.), в среднем 65 тыс. руб.; $\hat{E}_{\hat{i}}$ – коэффициент перехода от оптовой цены к инвентарной стоимости (для машин не требующих монтажа – 1,1); $\hat{E}_{\hat{i}}$ – коэффициент перевода рублей в гривны, равный 8; S_i – сезонная нагрузка на машину, га за сезон;

$\dot{O}_{i\bar{n}\bar{e}}$ - срок службы i -й марки дождевальной машины, лет, величина которого по данным [14] составляет от 8 до 14 лет, в среднем 10 лет.

Определим общую сумму удельных вложений в строительство оросительных систем по формуле:

$$\hat{A}_{\bar{n}\bar{o}\bar{\delta}}^{\acute{o}i} = C_{\bar{n}\bar{o}\bar{\delta}}^{\acute{o}i.\bar{n}\bar{o}} + C_{\bar{s}\bar{i}\bar{a}}^{\acute{o}i} + C_{\bar{s}\bar{a}\bar{l}}^{\acute{o}i}; \text{ грн/га,} \quad (14)$$

где соответственно показаны удельные затраты в строительство оросительной сети; в сельскохозяйственное производство орошаемых земель, в строительство насосных станций, а также капвложения в приобретение дождевальных машин.

Следующим этапом расчетов является определение удельных годовых эксплуатационных издержек по вышеуказанным трем элементам данной оросительной системы, грн/га.

Удельные суммарные годовые эксплуатационные затраты по эксплуатации внутрихозяйственной части оросительной системы по поливу сельскохозяйственных культур в общем виде определяются по формуле [26] грн/га:

$$\ddot{O}_{\bar{n}\bar{o}\bar{i}}^{\acute{o}i} = \tilde{N}_{\bar{\zeta}}^{\acute{o}i} + \tilde{N}_{\bar{a}}^{\acute{o}i} + \tilde{N}_{\bar{\delta}}^{\acute{o}i} + \tilde{N}_{\bar{y}\bar{e}}^{\acute{o}i} + \tilde{N}_{\bar{a}.\bar{n}}^{\acute{o}i} + \tilde{N}_{\bar{o}}^{\acute{o}i} + \tilde{N}_{\bar{a}\bar{i}}^{\acute{o}i} + \tilde{N}_{\bar{i}\bar{\delta}}^{\acute{o}i}; \quad (15)$$

где $\tilde{N}_{\bar{\zeta}}^{\acute{o}i}$ - сумма заработной платы обслуживающего персонала (операторов, трактористов, мотористов и др.), грн/га; $\tilde{N}_{\bar{a}}^{\acute{o}i}$ - удельная сумма отчислений на амортизацию по всем элементам оросительной системы, грн/га; $\tilde{N}_{\bar{\delta}}^{\acute{o}i}$ - удельные затраты на текущий ремонт и техническое обслуживание по всем элементам оросительной системы, грн/га; $\tilde{N}_{\bar{y}\bar{e}}^{\acute{o}i}$ - удельные затраты на потребленную электроэнергию для орошения сельскохозяйственных культур, грн/га; $\tilde{N}_{\bar{a}.\bar{n}}^{\acute{o}i}$ - удельные затраты на топливосмазочные материалы, грн/га; $\tilde{N}_{\bar{o}}^{\acute{o}i}$ - удельные затраты на хранение дождевальных машин, грн/га; $\tilde{N}_{\bar{a}\bar{i}}^{\acute{o}i}$ - стоимость затрат на поливную воду, грн/га; $\tilde{N}_{\bar{i}\bar{\delta}}^{\acute{o}i}$ - прочие удельные затраты, грн/га.

Основными элементами удельных эксплуатационных затрат на один структурный гектар орошаемого севооборота являются затраты на:

- а) амортизацию и ремонт;
- б) затраты на потребленную электроэнергию и горючесмазочные материалы;

в) затраты на заработную плату обслуживающего персонала.

Слагаемые формулы (4) и перечисленные показатели рассчитывают по следующим формулам.

Сумма затрат на оплату заработной платы обслуживающего персонала рассчитывается:

$$C_{\zeta} = \frac{n_{об} \cdot \bar{C} \cdot 12}{\omega_{i\delta}}, \text{ грн/год}; \quad (16)$$

где $n_{об}$ – количество обслуживающего персонала, чел.; \bar{C} – среднемесячная зарплата одного сотрудника, грн/мес.; 12 – количество месяцев в году; $\omega_{i\delta}$ – площадь оросительной системы, га.

Сумма отчислений на амортизацию и текущий ремонт определяется по формуле:

$$\tilde{N}_{\dot{a}+\delta} = \frac{\sum \hat{E}_i \cdot (\dot{A} + \dot{A}_{\delta})}{\omega_{i\delta}}, \text{ грн/га}; \quad (17)$$

Затраты на оплату потребленной электроэнергии, расходуемой на подачу поливной воды для орошения сельскохозяйственных культур, определяются по формуле:

$$\tilde{N}_y = \frac{0,35 \cdot N \cdot \tilde{A}_{\delta}}{\omega_{\delta} \cdot 100\%}, \text{ грн/га}; \quad (18)$$

где 0,35 – стоимость 1 кВт/ч потребленной электроэнергии равна 0,35 грн/кВтч; N – мощность применяемых на системе электродвигателей, кВт; Γ_{ϕ} – фактическая нагрузка электродвигателей в год, часов в год.

Мощность головной насосной станции, а также подкачивающих установок вычисляют по формуле:

$$N_{i.n.} = \frac{\hat{E}_c \cdot Q \cdot H}{102 \cdot \eta}, \text{ кВт} \quad (19)$$

где $N_{н.с.}$ – мощность насосной или подкачивающей станции, кВт; Q – производительность насосной станции, л/сек; H – полный напор воды, м; K_3 – коэффициент запаса мощности на перегрузку двигателя, равный 1,2; 102 – переводной коэффициент для определения мощности, кВт; η – КПД насосной станции, равный 0,6÷0,8.

Общий расход электроэнергии за оросительный период в кВт*час рассчитывается по формуле:

$$\dot{Y}_{\dot{n}k_c} = N \cdot T \cdot t, \text{ кВт*часов}, \quad (20)$$

где N – мощность насосной станции, кВт; T – число часов работы насосной станции в сутки (16÷24); t – число суток работы насосной

станции за оросительный сезон (для степной зоны Украины $t=70 \div 115$ суток [12]).

Общие затраты фермера на оплату потребленной электроэнергии за сезон определяются по формуле:

$$\sum C_{\delta 0}^{i \dot{a} \dot{u}} = Y_{\dot{n} \dot{a} \dot{c}} \cdot \ddot{O}_{\dot{y} \dot{e}}, \text{ грн/год}; \quad (21),$$

где $\sum C_{\delta 0}^{i \dot{a} \dot{u}}$ - общая стоимость потребленной электроэнергии за вегетационный период на подачу воды для орошения, грн/сезон;

$\Pi_{\text{ол}}$ - цена 1кВт/ч для Одесской области равна 0,35 грн/кВт.

Удельные затраты фермерского хозяйства на оплату потребленной электроэнергии на 1 га орошаемой площади определяются по формуле:

$$C_{\dot{a} \dot{i}}^{\dot{y} \dot{e}} = \frac{\sum C_{\dot{y} \dot{e}}^{\dot{y} \dot{e}}}{\omega_{\dot{i} \dot{\delta}}}, \text{ грн/га}; \quad (22)$$

Определим поазатель общих удельных капвложений на один гектар орошаемой площади с учетом капвложений в сельское хозяйство, капвложений в дождевальные машины, а также капвложений в строительство насосных станций, которые рассчитываются по формуле:

$$\hat{E}_{\dot{i} \dot{a} \dot{u}}^{\dot{\alpha} \dot{i}} = \hat{E}_{\dot{i} \dot{\delta}}^{\dot{\alpha} \dot{i}} + \hat{E}_{\dot{n} / \dot{\delta}}^{\dot{\alpha} \dot{i}} + \hat{E}_{\dot{A} \dot{I}}^{\dot{\alpha} \dot{i}} + \hat{E}_{\dot{i} \dot{n}}^{\dot{\alpha} \dot{i}}, \text{ грн/га}; \quad (23)$$

Рассчитаем удельные приведенные затраты на 1 гектар орошаемой площади по формуле, включающей приведенные затраты на строительство оросительной системы, на капвложения в сельскохозяйственные производственные затраты на строительство насосной станции, затраты на гектар орошаемого севооборота на приобретение дождевальных машин.

Общие удельные приведенные затраты на один гектар орошаемой площади определяем по формуле:

$$\sum \hat{E}_{\dot{i} \dot{a} \dot{u}}^{\dot{\alpha} \dot{i}} = 11,760 + 5,580 + 7,680 + 1,047 = 26,087 \text{ грн/га.}$$

Нормативный коэффициент капитальных вложений принят по [14] равным 0,15.

Используя формулу (4) определяем годовые эксплуатационные издержки на 1 га по оросительной системы $C_{\dot{a} \dot{i}}^{\dot{\delta}}$; для орошаемого сельскохозяйственного производства $C_{\dot{a} \dot{i}}^{\dot{n} / \dot{\delta}}$; для головной насосной станции $C_{\dot{a} \dot{i}}^{\dot{i} \dot{n}}$; для дождевальной машины $C_{\dot{a} \dot{i}}^{\dot{A} \dot{I}}$.

Определим для каждого значения расчетной обеспеченности сумму удельных приведенных затрат по формуле:

$$\sum C_{\delta 0}^{\dot{a} \dot{u}} = F_{\dot{n} \dot{\delta}}^{\dot{i} \dot{\delta}} \cdot 13,455 \text{ грн/год.}$$

Например, определим для расчетной обеспеченности $P_{50\%}$, у которой при $P=10\%$ площадь орошения будет составлять $F=10,243$ га.

Тогда суммарные приведенные затраты в оросительную систему будут равны:

$$\sum C_{\delta 50\%} = 10,243 \cdot 13,465 = 138,191 \text{ тыс. грн.}$$

Нами для обоснования оптимальной мощности оросительной системы при обеспеченности орошения $P\%$, га предлагается два метода, использующие различные критерии.

Первый метод графоаналитический, который учитывает сочетание выгод от увеличения орошаемой площади и роста ущербов обусловленных дефицитом воды. Этот метод был использован в работе [15] при оценке экологических ущербов и затрат на экологические мероприятия.

Оптимальный вариант расчетной обеспеченности на графике соответствует точке пересечения кривых $\sum C_i$ приведенных затрат с кривой суммарного ущерба $\sum C_{\delta i}$.

Второй метод выбора оптимальной расчетной обеспеченности – табличный, в котором используются критерии суммарных приведенных затрат.

Оптимальный вариант мощности (обеспеченности) проектируемой оросительной системы соответствует минимуму суммарных приведенных затрат, рассчитываемым по формуле:

$$\sum C_{\delta i} = (\sum \tilde{N}_i + E_i \cdot \sum \hat{E}_i^{\delta i}) + \sum O_i \rightarrow \min \quad (24)$$

где $\sum C_{\delta i}$ - минимум суммарных приведенных затрат с учетом суммарного ущерба, тыс. грн; $\sum C_i$ - суммарные годовые эксплуатационные затраты (себестоимость), грн/год; E_i - нормативный коэффициент капитальных вложений, равный 0,15; $\sum \hat{E}_i^{\delta i}$ - суммарные капвложения в строительство оросительной системы, тыс. грн; $\sum O_i$ - суммарный годовой ущерб при P_i обеспеченности орошения, тыс. грн/год.

Пример.

Исходные данные по р. Куршаб- средний многолетний расход (август) $Q=8,7 \text{ м}^3/\text{с}$; коэффициент вариации стока $C_v=0,42$; коэффициент асимметрии стока $C_s=2 \cdot C_v=0,84$.

Определим мощность проектируемой оросительной системы (га), среднемноголетней величины неполитых площадей (га) и величины

суммарного ущерба (грн), вызванного дефицитом воды в реке Куршаб для P_i значений расчетной обеспеченности орошения, значения которых сведем в таблицу 3.

Выбор оптимального значения расчетной обеспеченности (P_i %) для р. Куршаб [2] с использованием метода выгод и ущербов [6]. Зависимости кривых суммарных приведенных затрат и ущербов рассчитывается при $E_n=0,15$, $Q=8,7$, $C_v=0,42$, $C_s=2 \cdot C_v$, показан на рис. 2 [2].

Значение оптимальной расчетной обеспеченности (P_i %) для реки Куршаб равно $P^{opt}=60$ %, а оптимальная орошаемая площадь составляет 9156 гектаров.

Пример. Определение оптимальной расчетной обеспеченности оросительной системы, использующей незарегулированный сток р. Куршаб. при $\bar{Q}=8,7 \text{ м}^3/\text{с}$; $C_v=0,42$; $C_s=2 \cdot C_v$, приведено в табл. 4:

По данным граф 6 и 7 табл. 4 строим кривые зависимости суммарных приведенных затрат и суммарного ущерба и точка их пересечения соответствует оптимальной расчетной обеспеченности для данной оросительной системы.

*Пример взят из работы [2], скорректированный к рыночным условиям в соответствии с вновь разработанной нами методикой. Для оросительной системы р. Куршаб значение оптимальной расчетной обеспеченности равно 60 %.

Проведенные нами расчеты показали, что вывод величины оптимальной расчетной обеспеченности (мощности оросительной системы) зависит от многих факторов: а) величины удельных и общих капиталов в строительстве оросительной системы; б) от величины годовых эксплуатационных затрат (себестоимости); в) от величины средневзвешенных удельных и суммарных годовых ущербов, приходящихся на севооборотный участок; г) от величины недодачи поливной воды в маловодные годы; д) от обоснованности и критического периода максимального укомплектованного гидромодуля Q_{max} .

Используя формулы из работы [1] определим удельные приведенные затраты на один структурный гектар орошаемой площади пятипольного севооборота по формуле:

$$C_{\dot{s}} = \tilde{N}_i + E_i \cdot \hat{E}_{\dot{\alpha}i} \quad (25)$$

Удельные капиталовложения в строительство оросительной системы п [1] составляют $K_{уд}=3270$ грн/га, а с учетом поправочного коэффициента в гривны равного $K_n=8$, $K_y^{np}=K_{деф} \cdot K_n=3270 \cdot 8=26160$ грн/га.

Таблица 3

Значения расчетной обеспеченности орошения для р. Куршаб

Расчетная обеспеченность, P_i , %	Мощность оросительной системы при P_i обеспеченности орошения, га	Число бесперебойных лет при P_i расчетной обеспеченности	Среднеголетняя величина неполитых площадей при обеспеченности орошения P_i , га	Среднеголетнее суммарное значение ущерба (потерь чистого дохода) от дефицита воды на оросит. системе при P_i обеспеченности орошения, грн/год	Суммарные приведенные расчетные затраты по проектируемой оросительной системе при P_i обеспеченности, грн/га	Поиск точки пересечения кривых приведенных затрат (ΣZ) с кривой суммарных ущербов ($\Sigma U_{\text{ущерб}}$)
1	2	3	4	5	6	7
95	$F_{95}=4875$	5	$D_{95}=4875*5/100=$ $=243$ га	$\sum \bar{D}_{95} = \bar{A}_{95} \cdot \bar{D}i^{\alpha i} = 243 \cdot 7282 = 1769$	$4875*5236=25585$	По данным столбцов 5 и 6 строим две кривые. Их пересечение показывает величина оптимальной расчетной обеспеченности ($P_{i \text{ опт}}$)
90	$F_{90}=5875$	10	$D_{90}=5875*10/100=$ $=508$ га	$\sum \bar{D}_{90} = 508 \cdot 70825 = 3699$	$5875*5236=30761$	
80	$F_{80}=6960$	20	$D_{80}=6960*20/100=$ $=1352$ га	$\sum \bar{D}_{80} = 1352 \cdot 78825 = 9485$	$6960*5236=36442$	
70	$F_{70}=8112$	30	$D_{70}=8112*30/100=$ $=2433$ га	$\sum \bar{D}_{70} = 2433 \cdot 78825 = 17595$	$8112*5236=42474$	
60	$F_{60}=9156$	40	$D_{60}=9156*40/100=$ $=3662$ га	$\sum \bar{D}_{60} = 3663 \cdot 72825 = 26674$	$9156*5236=47993$	

Расчетная обеспеченность, $P_i, \%$	Мощность оросительной системы при P_i обеспеченности орошения, га	Число бесперебойных лет при P_i расчетной	Среднеголетняя величина неполитых площадей при P_i , га	Среднеголетнее суммарное значение ущерба (потерь чистого дохода) от дефицита воды на оросит. системе при P_i обеспеченности орошения, грн/год	Суммарные приведенные расчетные затраты по проектируемой оросительной системе при P_i обеспеченности, грн/га	Поиск точки пересечения кривых приведенных затрат ($\sum 3i$) с кривой суммарных ущербов ($\sum U_{\text{ущерб.}}$)
1	2	3	4	5	6	7
50	$F_{50}=10243$	50	$D_{50}=10243 \cdot 50/100 = 5121$ га	$\sum \bar{O}_{50} = 5121 \cdot 78825 = 37291$	$10243 \cdot 5236 = 53632$	
40	$F_{40}=11385$	60	$D_{60}=11385 \cdot 60/100 = 6831$ га	$\sum \bar{O}_{40} = 6832 \cdot 7282 = 49743$	$11385 \cdot 5236 = 59601$	
30	$F_{30}=12712$	70	$D_{30}=12712 \cdot 70/100 = 8898$ га	$\sum \bar{O}_{30} = 8898 \cdot 7282 = 64795$	$12712 \cdot 5236 = 66560$	
20	$F_{20}=14400$	80	$D_{20}=14400 \cdot 80/100 = 11520$ га	$\sum \bar{O}_{20} = 11520 \cdot 7282 = 83743$	$14400 \cdot 5236 = 75398$	
10	$F_{10}=16997$	90	$D_{95}=16997 \cdot 90/100 = 15300$ га	$\sum \bar{O}_{10} = 15300 \cdot 7282 = 111414$	$16997 \cdot 5236 = 88996$	
$P_i, \%$						

Таблица 4

Определение оптимальной расчетной обеспеченности оросительной системы, использующей

незарегулированный сток р. Куршав. при $\bar{Q}=8,7 \text{ м}^3/\text{с}$; $C_v=0,42$; $C_s=2 \cdot C_v$,

№ п/п	Расчетная обеспеченность оросит. сист. P_1 , %	Расчетный расход реки за критический период, Q_k , $\text{м}^3/\text{с}$	Площадь орошений при P_1 % обеспеч. F_1 , га	Число маловодных лет на оросит. сист. T_m , лет	Суммарная среднегодовая неполитая площадь ω , га	Суммарные приведенные затраты по проектируемой оросительной системе при P_1	Суммарный годовой ущерб от недобора чистого дохода
1	99	2,630	3,287	1	32,87	18,183	4800
2	95	3,900	4,875	5	243	24,202	3520
3	90	4,700	5,875	10	508	32,500	7395
4	80	5,680	6,960	20	1352	38,502	19,694
5	70	6,49	8,112	30	2,433	44,875	35,437
6	60	7,325	9,156	40	3662	50,650	53337
7	50	8,105	10,243	50	5127	56,664	74,573
8	40	9,108	11,385	60	6831	62,981	90,493
9	30	10,170	12,712	70	8,890	70,322	122,538
10	20	11,520	14,400	80	11,520	79,660	167,788
11	10	13,398	16,997	90	15300	94,027	228,844

При нормативной величине коэффициента эффективности капложений, равном $E_n=0,15$, удельные приведенные капиталовложения будут равны:

$$K_{уд} = 26160 * 0,15 = 3924 \text{ грн/га.}$$

Суммарные удельные приведенные эксплуатационные затраты на один гектар составляют:

$$Z^{ЭК} = 151 * K_n - 8 = 1208 \text{ грн/га.}$$

Общие удельные приведенные затраты на один гектар орошаемой площади составляют:

$$C_{\text{оо}}^{i \text{ д}} = 1208 + 3924 = 5532 \text{ грн.}$$

Переходим к расчету удельной величины ущерба, вызванного дефицитом поливной воды в маловодные годы в реке, которые определяются на один структурный гектар пятипольного севооборота для каждой с/х культуры.

Таблица 5

Расчет удельной величины ущерба, вызванного дефицитом поливной воды в маловодные годы в реке

№ пп	С/х культура	Удельная величина ущерба для $i^{\text{оо}}$ с/х культуры при $R=0,15$	При $R=0,35$
1	Картофель весенний	$Y_1 = 100 * 0,2 * 300 * 0,15 = 900 \text{ грн/га}$	2100 грн/га
2	Морковь	$Y_2 = 200 * 0,2 * 350 * 0,15 = 2100 \text{ грн/га}$	4900 грн/га
3	Пшеница озимая	$Y_3 = 30 * 0,2 * 300 * 0,15 = 270 \text{ грн/га}$	630 грн/га
4	Томат	$Y_4 = 225 * 0,2 * 400 * 0,15 = 2700 \text{ грн/га}$	6300 грн/га
5	Лук	$Y_5 = 125 * 0,2 * 350 * 0,15 = 13125 \text{ грн/га}$	3062 грн/га
	Итого:	7282 грн/га	16992 грн/га

В результате проведенных расчетов определено, что величина средневзвешенного удельного ущерба на 1 га при рентабельности хозяйства $R=0.15$ составляет 19100 грн/га, а при рентабельности $R=0.35$ – 42099 грн/га.

Используя данные таблицы 1 и зная удельные ущербы при $\beta_1=0,15$ и $\beta_2=0,35$ можем определить для данной оросительной системы общую суммарную величину для каждой обеспеченности годового ущерба, обусловленного дефицитом поливной воды, а затем построим кривую зависимости и дефицита воды от расчетной обеспеченности.

Аналогично рассчитываем суммарные годовые приведенные затраты для каждого значения расчетной обеспеченности и строим на графике 2 кривую зависимости суммарных приведенных затрат от величин расчетной обеспеченности.

Оптимальному уровню расчетной обеспеченности на рис. 2 соответствует точка пересечения кривых выгод от орошения и ущербов (потерь) от недополива с/х культур [6].

Так, для проектируемой оросительной системы на р. Куршаб оптимальное значение расчетной обеспеченности равно 60% при уровне рентабельности $R=0,2$, а при уровне рентабельности $R=0,35$ – расчетная обеспеченность соответствует 48-50%.

Выводы

1. В настоящее время из-за отсутствия общепринятой методики определения оптимального значения водообеспеченности оросительных систем на незарегулированном стоке и из-за недостаточной изученности этого вопроса в проектировании небольших оросительных систем назначают нормативно в пределах от 75% до 90% без технико-эколого-экономического обоснования, что может привести к ошибкам.

Правильный выбор процента расчетной обеспеченности проектируемой или реконструируемой оросительной системы позволит определить оптимальный размер орошаемой площади, рационально использовать капитальные вложения в строительство или реконструкцию оросительной системы, снизить ее годовые эксплуатационные затраты, а также оценить величину ущерба вызванного дефицитом поливной воды в маловодные годы.

2. В основу выбора оптимальной расчетной обеспеченности принят международный принцип сопоставления выгод и ущербов (потерь) от дефицита поливной воды в маловодные годы [6].

Оптимальным значением расчетной обеспеченности (P_i^{opt}) для каждой проектируемой оросительной системы является на рисунке 1 точка T_{opt} , находящаяся на пересечении кривых суммарных приведенных затрат в проектируемую оросительную систему с кривой суммарного ущерба (потерь чистого дохода) от дефицита поливной воды в маловодные годы.

3. В работе предложены приближенные приемы оценки величины средневзвешенного удельного ущерба (потерь чистого дохода на орошаемых землях) на один структурный гектар севооборота.

Величина коэффициента рентабельности R_1 – это отношение чистого дохода к себестоимости с/х продукции, которая [37] принимается от $R=0,15$ до $R=0,35$.

4. На величину оптимальной расчетной обеспеченности при ее обосновании большое влияние оказывают коэффициент вариации стока реки C_V , а также величины средневзвешенных удельных ущербов и значений удельных годовых эксплуатационных затрат, для каждой из проектируемых или реконструируемых оросительных систем.

5. Предложена упрощенная методика определения среднегодовое величин удельных ущербов, обусловленных дефицитом воды в маловодные годы для различных значений расчетной обеспеченности, для каждой внутрихозяйственной оросительной системы.

6. Большое влияние при определении оптимального значения расчетной обеспеченности оказывает показатель рентабельности (доходности) фермерского хозяйства ($R_{дох}$), рассчитанного по отношению к себестоимости с/х продукции. Величина нормативной прибыли ($R_{н}$), которую закладывают в цену с/х продукции в условиях Украины для для успешно работающих предприятий, согласно [37] принимают от $R=0,15$ до $R=0,35$.

Так, для оросительной системы на р. Куршаб оптимальное значение расчетной обеспеченности $R=0,2$ соответствует $P_{опт}=60\%$, а при рентабельности $R=0,35$, значение оптимальной расчетной обеспеченности будет соответствовать $P_{опт}=50\%$ расчетной обеспеченности, при которой мощность проектируемой системы соответственно увеличится.

Summary

This article discusses a method for determining the optimal design of security designed, renovated and maintained irrigation systems that use the unregulated flow of rivers.

Литература

1. Арент К. П., Стельмах Е. А. Техничко-экономическое обоснование расчетной обеспеченности орошения. Мелиорация и водное хозяйство – обзорная информация, серия 6, выпуск 1.М, ЦБНТИМинводхоза СССР, 1987, 42 с.

2. Шавва К. И. Выбор расчетной обеспеченности оросительных систем на незарегулированном стоке в условиях Киргизской ССР. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. М, ВНИИГиМ, 1963, 22 с.

3. Папелишвили К. А. Обеспеченность ирригационных объектов водными ресурсами (восточные регионы Грузии) . Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Тбилиси, Грузинский СХИ, 1958, 19 с.

4. Голченко М. Г., Стельмах Е. А. Методика обоснования расчетной обеспеченности орошения в условиях нечерноземной зоны. Горки, Белорусская сельскохозяйственная академия, 1979, 11 с.

5. Кан Пу-Цин. К вопросу определения оросительной способности рек применительно к условиям Средней Азии. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. М, МГМИ, 1960, 23 с.

6. Медико-санитарные аспекты борьбы с загрязнением окружающей среды: планирование и осуществление национальных программ. Доклад комитета экспертов ВОЗ. Серия технических докладов 554. Всемирная организация здравоохранения. Женева, ВОЗ, 1975, 73 с.

7. Олексич В. Н. Обоснование оптимальных параметров систем капельного орошения интенсивных садов и виноградников в условиях ССР Молдова. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Киев, Академия аграрных наук Украины, 1991, 26 с.

8. Шавва К. И. Количественная оценка уровня качества проектов мелиоративных систем и труда проектировщиков. Кишинев, Кишиневский СХИ, 1986, 24 с.

9. Госстрой СССР. «Указания по определению расчетных величин годового стока рек и его внутригодового распределения». СН 371-67. Ленинград, Госстрой СССР, 1968.

10. Казаченко А. И., Шавва К. И. Повышение эффективности использования водных ресурсов МССР. Кишинев, МолдНИИТИ, 1983, 58 с.

11. Шавва К. И. Методика количественной оценки уровня обеспеченности сельского хозяйства Молдавии совокупностью природных ресурсов. Сб. Комплексное использование водных ресурсов. Выпуск 7. М, Всесоюзный НИИ гидромелиорации, 1979, с. 148-152.

12. Билик О. А., Валентини Л. А. Эксплуатационные предприятия водного хозяйства в условиях экономической реформы. Фрунзе. Издательство «Кыргызстан», 1971, 194 с.

13. Ильин И. Р. Оценка экономической эффективности орошения и удобрения. Кишинев, Штепцап, 1989, 70 с.
14. Шпак Н. С. К обоснованию проектной оросительной нормы. Сб. Водохозяйственное строительство и перспективы развития УССР. Киев, Изд. АН УССР, 1981, 132 с.
15. Гуссейн-Заде С. Х. Многоопорные дождевальные машины. М, «Колос», 1984, с. 176-189.
16. Ерхов И. С., Ильин Н. И., Мисенев В. С. Практикум по сельскохозяйственной мелиорации и водоснабжению. М. «Колос», 1984, 160 с.
17. Шавва К. И. Количественная оценка технического уровня мелиоративных систем и обоснование рациональной очередности их реконструкции. Сб. Проблемы комплексной мелиорации земель Поволжья. Саратов, 1989, с. 23-26.
18. Шавва К. И. Количественное определение уровня нуждаемости земель в мелиоративных мероприятиях и установление рациональности очередности их освоения. Сб. Орошение и урожай. Челябинск, Уральское книжное издательство, 1976, с. 210-219.
19. Носенко В. Ф., Афанасьев В. А., Швецова Ж. И. Система показателей и критерии степени совершенства поливного функционального модуля. Сб. Мелиорация и водное хозяйство. Экспресс-информация, серия орошение и оросительные системы, серия 1, выпуск 9. М, 1987, с. 13-27.
20. Плужников В. Н. О выборе расчетной обеспеченности водохозяйственных параметров. Сб. Водное хозяйство Белоруссии. Минск, Институт водных проблем, 1963, с. 61-76.
21. Олексич В. Н., Шавва К. И. Методические рекомендации по определению оптимальной расчетной обеспеченности оросительных норм и систем при капельном орошении садов и виноградников Молдавской ССР. Кишинев, Минводхоз МССР, 1984, 31 с.
22. Айдаров И. П., Аренд К. П. Оценка природоохранного эффекта при орошении черноземов. Сб. Экономическое обоснование и математическое моделирование водохозяйственных систем и мероприятий. М., МГМИ, 1989, с. 33-59.
23. Госстрой СССР. Указания по определению расчетных величин годового стока рек и его внутригодовое распределение. СН 371-67. Л., 1968.
24. Алымов А. Н. Производительные силы: проблемы развития и размещения. М, Экономика, 1981, с. 235-242.
25. Справочник мелиоратора. Издание второе, переработанное и дополненное. М, Россельхозиздат, 1980, с. 119-120.

26. Многоопорные дождевальные машины. Под редакцией д.т.н. С. Х. Гусейн-Заде. М. «Колос», 1984, с. 176-190.

27. Шавва К. И., Дорофеев В. С. Методика определения оптимальной расчетной обеспеченности и мощности оросительных систем, использующих незерегулированный сток рек. Одесса, ОГАСА, 2012, 16 с.

28. Положение о порядке расчетов режимов орошения сельскохозяйственных культур и водопотребления оросительных систем. РТМ 33.23.04.002-78. Одесса, Укрюжгипроводхоз, 1978, 48 с.

29. Шавва К. И. О выборе оптимального размера площади лиманного орошения. Ж. Гидротехника и мелиорация, № 3, 1969 г., с. 88-94.

30. Голченко М. Г., Стельмах Е. А. Методические рекомендации по определению расчетной обеспеченности орошения в Белоруссии. Горки, БелСХА, 1978, 58 с.

31. Положение о порядке расчетов режимов орошения сельскохозяйственных культур и водопотребления оросительных систем. РТМ 33.23.04.002-78. Одесса, Укрюжгипроводхоз, 1978, 47 с.

32. Овчаров Е. Е. Практикум по гидрологии и регулированию стока. М, ВО «Агропромиздат», 1988, с. 79-98.

33. Новиков Ю. Н., Никитин И. Д. Экономические расчеты при планировании мелиораций. М, «Колос», 1976, 111 с.

34. Справочник. Мелиорация и водное хозяйство. Экономика – Том 1. Под редакцией к.э.н. В. Ф.Моховикова. М, «Колос», 1984, 255 с.

35. Игнатъев В. Д., Кулиса Н. Е., Осинев В. И., Голодников Ю. С., Факас М. Д. Фермерство юга Украины: состояние, проблемы, перспективы. Одесса, 1997, с. 172-186.

36. Методика выбора наиболее эффективных объектов мелиорации на основе расчета на ЭВМ предельно допустимых капитальных вложений. Ленинград, СевНИИГиМ, 1977, 12 с.