Министерство мелиорации и водного хозяйства СССР

СРЕДНЕАЗИАТСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ИРРИГАЦИИ
им. В.Д. ЖУРИНА (САНИИРИ)

ИНСТРУКЦИЯ

ПО ОПЕРАТИВНОМУ МЕЖХОЗЯЙСТВЕННОМУ ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЮ НА ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Ташкент - 1985

Министерство мелиорации и водного хозяйства СССР

СРЕДНЕАЗИАТСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ИРРИГАЦИИ ИМЕНИ В.Д.ЖУРИНА (САНИИРИ)

Проект

ИНСТРУКЦИЯ

ПО ОПЕРАТИВНОМУ МЕЖХОЗЯЙСТВЕННОМУ ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЮ НА ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. Настоящая "Инструкция..." предназначена для эксплуатационных водохозяйственных организаций Министерства мелиорации и водного хозяйства СССР, осуществляющих распределение водных ресурсов, начиная с источников орошения и кончая точками выдела воды в хозяйства (районные, межрайонные, областные, межобластные, республиканские управления оросительных систем).

I.2. За основу оперативного водораспределения принимается принцип сравнительной количественной оценки плановых потребностей на водоподачу с имеющимися (прогнозными) запасами водных ресурсов или установленными лимитами водоподачи.

I.3. Плановые потребности на водоподачу устанавливаются в соответствии с планами водопользования оросительных систем или на основе оценки фактического водопотребления на оперативный период.

I.4. Настоящая "Инструкция..." не регламентирует способы установления плановых потребностей на водоподачу, поскольку они подробно изложены в других нормативных и методических документах.

I.5. Если прогнозные запасы водных ресурсов или установленный лимит водоподачи соответствует (или превышает) плановую водоподачу, то ее значение принимается за расчетное.

I.6. Если прогнозные запасы водных ресурсов или установленные лимиты водоподачи меньше плановой водоподачи, то она корректируется на основе фактической водоподачи за прошедший период. В соответствии с "Правилами технической эксплуатации оросительных систем" водопользователям, превысившим или не получившим установленные для них лимиты водоподачи в прошедший период, в расчетный период сокращают или увеличивают водоподачу. При соответствии прогнозных запасов водных ресурсов или установленного лимита водоподачи откорректированной плановой водоподаче они принимаются за расчетные.

I.7. Если откорректированная плановая водоподача превышает прогнозные запасы водных ресурсов или установленный ли-

мит, то оперативное водораспределение осуществляется на основе приоритетности определенной группы водопользователей и сокращения водоподачи другим водопользователям.

I.8. К приоритетному водопользованию, на которое ограничения в воде не распространяются, относятся:

промышленные предприятия;

тепловые электростанции;

коммунально-бытовые нужды;

рыбохозяйственные объекты;

обводнение пастбищ;

санитарные попуски.

По решению органа, утверждающего план водопользования оросительных систем, в эту группу могут быть включены другие водопользователи или исключены отдельные из вышеперечисленных.

I.9. При установлении ограничений на водоподачу приоритетные потребители должны внедрять оборотное водоснабжение, сокращать до минимума непроизводительные потери воды, повторно использовать сбросные воды промышленных предприятий, тепловых электростанций, коммунально-бытовых нужд и рыбного хозяйства.

I.10. При распределении дефицита водных ресурсов между остальными категориями водопользователей следует исходить из следующих критериев:

пропорционально водообеспеченности источника орошения относительно плановой водоподачи;

коэффициентов приоритетности;

оценки неизбежного экономического ущерба орошаемому земледелию в зависимости от уровня дефицита водных ресурсов и принципов его распределения между водопользователями.

I.11. При распределении дефицита водных ресурсов необходимо учитывать количественное использование внутрихозяйственных водных ресурсов (скважины, родники, саи, коллекторно-дренажные воды и т.д.).

I.12. Коэффициенты приоритетности устанавливают на основе экспертных оценок сельскохозяйственных и водохозяйственных органов и выражают в процентах сокращения или увели-

чения водоподачи отдельным оросительным системам (до ± 20%) по отношению к остальным неприоритетным водопользователям;

I.I3. Сокращение водоподачи допустимо в тех случаях, когда на оросительных системах :

прогнозируется выпадение естественных осадков на расчетный период;

имеются возможности увеличения расходов внутрихозяйственных водных ресурсов;

основные сельскохозяйственные культуры находятся в фазе развития, при которой уменьшение водоподачи не приведет к существенному снижению их урожайности;

фактические оросительные нормы за прошедшие годы были выше плановых;

имеются возможности сокращения площадей предпахотных, влагозарядковых, предпосевных и промывных поливов, проводимых в расчетный период.

I.I4. Увеличение водоподачи предусматривается в тех случаях, когда на оросительных системах:

в расчетный период прогнозируется повышение температуры воздуха относительно нормы;

основные поливные площади заняты многолетними культурами (сады, виноградники, другие древесные насаждения);

основные сельскохозяйственные культуры находятся в фазе развития, при которой уменьшение водоподачи приведет к резкому снижению их урожайности;

на значительной площади проведен пересев поливных сельскохозяйственных культур, вызванный стихийными бедствиями.

I.I5. Водораспределение на основе оценки экономического ущерба орошаемому земледелию в зависимости от уровня дефицита водных ресурсов осуществляется на базе специальных проектных проработок, результаты которых представлены в виде ряда коэффициентов приортитетности по орсоительным системам.

I.I6. Оперативное водораспределение проводят каждую декаду или пятидневку, а также в случае:

изменения водности источника орошения или установленного лимита водоподачи (± 10 %);

отличия фактического водопотребления сельскохозяйственных культур от установленного планом водопользования оросительных систем (± 10%);

аварийных ситуаций на отдельных элементах оросительной сети.

I.17. Расчеты оперативного водораспределения стандартизируют по типовым структурным элементам оросительной сети, к которым относятся:

незарегулированный источник орошения;

источник орошения с водохранилищем сезонного регулирования;

источник орошения с каскадом водохранилищ сезонного регулирования;

оросительная система межхозяйственного канала;

административно-территориальная оросительная система.

I.18. В настоящей "Инструкции" не рассматриваются вопросы оперативного водораспределения на источниках орошения с водохранилищами многолетнего регулирования, поскольку они изложены в нормативно-методических документах.

I.19. Под источником орошения подразумевается естественный поверхностный водоток.

I.20. Оросительная система межхозяйственного канала, рассматриваемая как иерархические ступени каналов различных порядков с единым головным водозабором, осуществляет водораспределение между хозяйствами, административными районами, областями и республиками. К ним относятся межхозяйственные, межрайонные, межобластные и межреспубликанские каналы.

I.21. Административно-территориальная оросительная система - это совокупность вышеперечисленных типовых структурных элементов оросительной сети, обслуживаемых единым Управлением оросительных систем. К ним относятся областные, районные и межрайонные (не имеющие РайУОС) управления оросительных систем.

I.22. Для незарегулированных источников орошения, межхозяйственных и административно-территориальных оросител-

ных систем оперативное водораспределение производят на декаду или пятидневку на основании прогнозных запасов водных ресурсов или выделенных лимитов водоподачи.

I.23. Для источников орошения с водохранилищами оперативное водораспределение планируют на весь поливной период в соответствии с краткосрочными и долгосрочными прогнозами запасов водных ресурсов.

I.24. Оперативное водораспределение осуществляют в следующем порядке: источники орошения - оросительные системы межхозяйственных каналов - административно-территориальные оросительные системы.

2. ОПЕРАТИВНОЕ ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЕ НА НЕЗАРЕГУЛИРОВАННОМ ИСТОЧНИКЕ ОРОШЕНИЯ

2.I. Исходные данные и их условные обозначения

Водохозяйственные органы, осуществляющие водораспределение на источниках орошения, должны располагать следующей исходной информацией:

линейными схемами источника орошения с показаниями гидропостов Госкомгидромета, головных водозаборных сооружений и расчетных участков;

приоритетными транзитными попусками по участкам источника орошения.

Административно-территориальные оросительные системы, осуществляющие использование водных ресурсов источника орошения, представляют следующие исходные данные:

плановые значения расходов головных водозаборов (общие, на орошение, приоритетные) из источника орошения в расчетный период;

коэффициенты приоритетности водозаборов на орошение при дефиците оросительной воды, по расчетным участкам источника орошения.

Региональные органы Госкомгидромета представляют данные о прогнозных расходах воды по начальным створам расчетных участков источника орошения на расчетный период (декада, пятидневка).

Ниже приводятся условные обозначения исходных данных:

$i = 1,2,\ldots, m$ - индексы расчетных участков на источнике орошения;

$\nu = 1,2,\ldots, p$ - индексы головных водозаборов на ν-ом расчетном участке;

Q_i - восстановленный прогнозный расход воды, поступающий на i-й участок, $м^3/с$;

$q_{\nu i}$ - плановый расход ν-го головного водозабора i-го участка, $м^3/с$;

$\Delta q'_{i\nu}$ - плановый расход приоритетных потребителей ν -го головного водозабора i -го участка, м³/с;

$\Delta q_{i\nu}$ - плановый расход на орошение ν -го головного водозабора i -го участка, м³/с;

a_i - коэффициент приоритетности водоподачи на орошение потребителей i -го участка;

$U_{\tau i}$ - приоритетный транзитный попуск с i -го участка, м³/с.

2.2. Порядок расчета

Расчет проводят последовательно по участкам, начиная с первого (верхнего), для которого определяют:

суммарный плановый расход приоритетных потребителей

$$q'_i = \sum_{\nu=1}^{p} \Delta q'_{i\nu} \; ; \qquad (2.1)$$

суммарный плановый расход на орошение

$$q_i = \sum_{\nu=1}^{p} \Delta q_{i\nu} \; ; \qquad (2.2)$$

относительную обеспеченность плановых расходов на орошение

$$\alpha_i = \frac{Q_i - (q'_i + U_{\tau i})}{q_i} \; ; \qquad (2.3)$$

предварительные расчетные суммарные расходы на орошение

$$V_i = \alpha_i q_i \quad \text{при} \quad \alpha_i < 1{,}0 \; , \qquad (2.4)$$

при $\alpha_i > 1$ принимается $\alpha_i = 1{,}0$; (2.5)

общие транзитные расходы с участка

$$U_i = Q_i - (q'_i + V_i) \; . \qquad (2.6)$$

Для последующих участков определяют:
расчетный приток воды на участке

$$Q_i' = Q_i - Q_{i-1} + U_{i-1} \quad , \qquad (2.7)$$

где Q_{i-1} – прогнозный приток к верхнему смежному участку;

U_{i-1} – транзитный попуск с верхнего смежного участка;

Остальные показатели определяют в соответствии с условиями (2.1...2.6), принимая Q_i за расчетный приток на участок Q_i' .

После предварительных расчетов оценивают относительную обеспеченность плановых расходов на орошение по всем участкам.

При этом возможны следующие случаи:

$$\alpha_1, \alpha_2, \ldots \alpha_m \geq 1{,}0 \; ; \qquad (2.8)$$

$$\alpha_1 \leq \alpha_2 \leq \alpha_3 \leq \ldots \leq \alpha_m \; ; \qquad (2.9)$$

$$\alpha_1 > \alpha_2 > \alpha_3 > \ldots > \alpha_m \; ; \qquad (2.10)$$

$$\alpha_1 > \alpha_2 \leq \alpha_3 > \alpha_4 \leq \ldots > \alpha_m \; . \qquad (2.11)$$

Случай (2.8) показывает, что имеющиеся запасы водных ресурсов в состоянии обеспечить плановый водозабор потребителей, который принимают за расчетные и транзитные попуски с участков в соответствии с условием (2.6).

Из (2.9) видно, что обеспеченность плановых расходов на орошение возрастает по течению воды, т.е. возможность перераспределения водных ресурсов по длине источника орошения исключается. В данном случае предварительные расчеты принимают за окончательные, а дальнейшими расчетами устанавливают:

расчетные расходы на орошение по каждому головному водозабору

$$\Delta U_{iv} = \alpha_i \Delta q_{iv} \; ; \qquad (2.12)$$

суммарные расчетные расходы по каждому головному водозабору

$$U_{i\nu} = \Delta U_{i\nu} + \Delta q'_{i\nu} \; ; \qquad (2.13)$$

транзитные попуски с участков источника орошения в соответствии с условиями (2.6).

Случай (2.II) показывает, что обеспеченность плановых расходов на орошение снижается по течению воды, т.е. имеется возможность их выравнивания за счет перераспределения расходов воды по длине источника орошения. В этом случае дальнейшими расчетами устанавливают:

условную обеспеченность плановых расходов на орошение в целом по источнику орошения

$$\alpha' = \frac{\sum_{i=1}^{m} U_i}{\sum_{i=1}^{m} q_i} \; ; \qquad (2.14)$$

расчетные расходы на орошение по каждому головному водозабору

$$\Delta U'_{i\nu} = \alpha' \Delta q_{i\nu} \; , \qquad (2.15)$$

а при заданных значениях коэффициентов приоритетности на орошение

$$\Delta U'_{i\nu} = \beta a_i \alpha' \Delta q_{i\nu} \; , \qquad (2.16)$$

где

$$\beta = \frac{\sum_{i=1}^{m} q_i}{a_1 q_1 + a_2 q_2 + \ldots + a_m q_m} \; ; \qquad (2.17)$$

расчетные расходы по каждому головному водозабору

$$U'_{i\nu} = \Delta U'_{i\nu} + \Delta q'_{i\nu} \; ; \qquad (2.18)$$

общие транзитные попуски с первого участка

$$U'_i = Q_i - \sum_{\nu=1}^{p} U'_{i\nu} \quad ; \qquad (2.19)$$

расчетный приток воды на последующие участки

$$Q''_{i+1} = Q_{i+1} - Q_i + U'_i \quad ; \qquad (2.20)$$

общие транзитные попуски с последующих участков

$$U'_{i+1} = Q''_{i+1} - \sum_{\nu=1}^{p} U_{i+1,\nu} \quad . \qquad (2.21)$$

Случай (2.II) показывает, что на источнике орошения возможно перераспределение водных ресурсов по отдельным смежным участкам, которые отвечают случаю (2.I0). Расчет необходимых показателей для каждого из них выполняется в соответствии с условиями (2.I4...2.2I), для остальных участков (2.4...2.7 и 2.I2...2.I3).

2.3. Пример расчета

Исходные данные:

линейная схема источника орошения с указанием расчетных участков и головных водозаборов приведена на рис.2.I;

численные значения восстановленных прогнозных расходов воды на участках, плановых расходов на орошение и приоритетных потребителей по головным водозаборам, коэффициенты приоритетности плановых расходов на орошение по участкам, приоритетные транзитные попуски с участков на очередную декаду представлены в табл.2.I.

Таблица 2.I

Исходные данные к расчету головных водозаборов по незарегулированному источнику орошения, $м^3/с$

Участок (i)	Водозабор (ν)	Q_i	$\Delta q'_{i\nu}$	$\Delta q_{i\nu}$	$q_{i\nu}$	a_i	U_{it}
I	2	3	4	5	6	7	8
У-I	Р-I	II0	5	I0	I5	I,00	20
	Р-2		I5	90	I05		

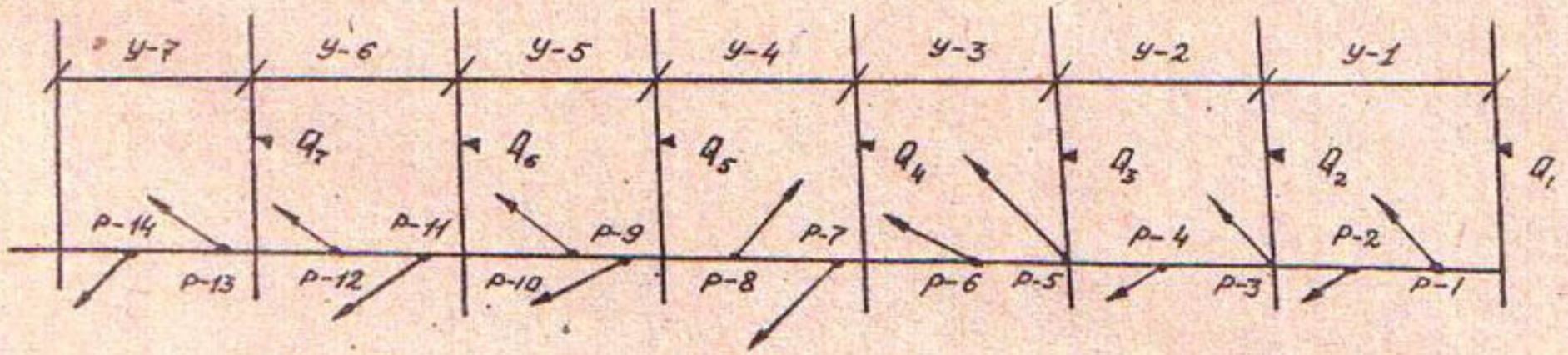

Рис. 2.I. Линейная схема незарегулированного источника орошения,

I	2	3	4	5	6	7	8
У-2	Р-3	I90	I0	20	30	I,05	20
	Р-4		I0	80	90		
У-3	Р-5		I5	30	45	I,I0	20
	Р-6	300	5	70	75		
У-4	Р-7	400	I0	40	50	I,05	20
	Р-8		I0	60	70		
У-5	Р-9	480	5	50	55	I,I0	20
	Р-I0		I5	50	65		
У-6	Р-II	580	I0	40	50	I,I0	20
	Р-I2		I0	60	70		
У-7	Р-I3	690	I5	30	45	I,I0	20
	Р-I4		5	70	35		

По представленным данным для каждого участка проводится расчет головных водозаборов на незарегулированном источнике орошения (табл.2.2):

по формуле (2.I) суммарные плановые расходы приоритетных потребителей (графа 4);

$$q_1' = I5 + 5 = 20 \text{ м}^3/\text{с};$$

по формуле (2.2) - суммарные плановые расходы на орошение (графа 5);

$$q_1 = I0 + 90 = I00 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Дальнейшие расчеты проводят начиная с первого участка, для которого устанавливают (табл.2.2):

по формуле (2.3) - относительную обеспеченность плановых расходов на орошение (графа 6)

$$\alpha_1 = \frac{-II0 - (20+20)}{I00} = 0,7;$$

по формуле (2.4) - предварительные суммарные расходы на орошение (колонка 7)

$$U_1 = 0,7 \cdot I00 = 70 \text{ м}^3/\text{с};$$

по формуле (2.6) - общие транзитные расходы с участка

$$U_1 = II0 - (70+20) = 20 \text{ м}^3/\text{с};$$

Таблица 2.2

Расчет головных водозаборов на незарегулированном источнике орошения, $м^3/с$

Участок i	Водозабор υ	Q'_i	q'_i	q_i	α_i	υ_i	u_i	$\Delta\upsilon'_{i\nu}$	$\upsilon'_{i\nu}$	u'_i	Q''_i
У-I	Р-I	II0	20	I00	0,7	70	20	6,35	II,5	26,5	II0,0
	Р-2							57,0	72,0		
У-2	Р-3	I00	20	I00	0,6	60	20	I3,3	23,3	20,0	I05,5
	Р-4							53,2	63,2		
У-3	Р-5	I30	20	I00	0,9	90	20	23,5	38,5	32,0	I30,0
	Р-6							54,5	59,5		
У-4	Р-7	I20	20	I00	0,8	80	20	29,5	39,5	38,0	I32,0
	Р-8							44,5	54,5		
У-5	Р-9	I00	20	I00	0,6	60	20	39,0	44,0	20,0	II8,0
	Р-I0							39,0	54,0		
У-6	Р-II	I20	20	I00	0,8	80	20	32,0	42,0	20,0	I20,0
	Р-I2							46,0	58,0		
У-7	Р-I3	I30	20	I00	0,9	90	20	27,0	42,0	20,0	I30,0
	Р-I4							63,0	68,0		

по формуле (2.7) - расчетный приток воды на участок У-2 (колонка 3)

$$Q_2' = 190 - (110+20) - 110 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Дальнейшие расчеты по участкам 2...7 выполняются аналогичным образом.

После расчетов проводим сравнительную оценку относительной обеспеченности плановых расходов по участкам источника орошения, соответствующую условию (2.10)

$$0,7 > 0,6 < 0,9 > 0,8 > 0,6 < 0,8 < 0,9$$

По источнику орошения выделяем:

два верхних участка (i = I; 2), отвечающие условию (2.2I)

$$0,7 > 0,6 < 0,71;$$

два нижних участка (i = 6; 7), отвечающие условию (2.22)

$$0,8 < 0,9 > 0,71;$$

три промежуточных участка (i = 3; 4; 5), отвечающих условию (2.9)

$$0,9 > 0,8 > 0,6.$$

В соответствии с условием (2.10) дальнейшими расчетами для группы верхних участков I и 2 определяют:

по формуле (2.14) - условную обеспеченность водоподачи на орошение

$$\alpha_1' = \frac{70 + 60}{100 + 100} = 0,65;$$

по формуле (2.16) - расчетные расходы на орошение по каждому головному водозабору (графа 9), принимая в соответствии с условием (2.17)

$$\beta_1 = \frac{100 + 100}{1,0 \cdot 100 + 1,05 \cdot 100} = 0,985;$$

$$\Delta U_{11}' = 0,985 \cdot 1,0 \cdot 0,65 \cdot 10 = 6,5 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$\Delta U_{21}' = 0,985 \cdot 1,05 \cdot 0,65 \cdot 20 = 13,3 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$\Delta U_{22}' = 0,985 \cdot 1,05 \cdot 0,65 \cdot 80 = 53,2 \text{ м}^3/\text{с};$$

по формуле (2.18) - расчетные расходы по каждому головному водозабору (графа 10)

$U'_{11} = 6,5 + 5 = II,5$ м^3/с,

$U'_{12} = 57 + I5 = 72$ м^3/с,

$U'_{21} = I3,3 + I0 = 23,3$ м^3/с,

$U'_{22} = 53,2 + I0 = 63,2$ м^3/с;

по формуле (2.I9) - общий транзитный попуск с первого участка (графа II)

$U'_1 = II0 - (II,35 + 72) = 26,5$ м^3/с;

по формуле (2.20) - расчетный приток воды на второй участок (графа I2)

$Q''_2 = I90 - II0 + 26,5 = I06,5$ м^3/с;

по формуле (2.2I) - общий транзитный попуск со второго участка

$U'_2 = I06,5 - (23,3 + 63,2) = 20$ м^3/с.

Расчеты по группе участков 3, 4 и 5 выполнены аналогичным образом.

В соответствии с условием (2.9) результаты предварительных расчетов по участкам 6 и 7 принимаются за окончательные.

3. ОПЕРАТИВНОЕ ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЕ НА ИСТОЧНИКЕ ОРОШЕНИЯ С ВОДОХРАНИЛИЩЕМ СЕЗОННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

3.I. Исходные данные и их условные обозначения

Водохозяйственные органы, осуществляющие водораспределение на источнике орошения с водохранилищем, должны иметь следующую исходную информацию:

перечень головных водозаборных узлов, по которым осуществляется водораспределение;

полезный объем наполнения водохранилища;

фактический объем наполнения водохранилища на начало расчетного периода;

прогнозные потери воды из водохранилища в расчетный период;

предельный транзитный попуск из водохранилища;

приоритетный транзитный попуск из водохранилища в расчетный период.

Административно-территориальные оросительные системы, осуществляющие использование водных ресурсов источника орошения, представляют следующие исходные данные:

плановые значения расходов головных водозаборов (общие, на орошение, приоритетные), из водохранилища на расчетный и оставшийся поливной период;

коэффициенты приоритетности водозаборов на орошение (при дефиците оросительной воды в поливной период);

Региональные органы Госкомгидромета представляют данные о прогнозных объемах воды, поступающей в водохранилище на расчетный и оставшийся поливной периоды.

Ниже приводятся условные обозначения исходных данных:

$\nu = 1,2,\ldots, p$ – индексы головных водозаборов;

$t = 1,2,\ldots, n$ – индексы декад месяцев расчетного периода;

$t = 1,2,\ldots, k$ – индексы декад месяцев расчетного периода наполнения водохранилища;

$t = k+1, k+2,\ldots n$ – индексы декад месяцев расчетного периода сработки водохранилища;

Q_t - прогнозный приток воды в водохранилище в t -ую декаду, м^3;

$q_{\nu t}$ - плановый расход ν -го головного водозабора в t - ую декаду, м^3;

$\Delta q'_{\nu t}$ - плановый расход приоритетных потребителей ν -го головного водозабора в t -ую декаду, м^3;

$\Delta q_{\nu t}$ - плановый расход на орошение ν -го головного водозабора в t -ую декаду, м^3;

U_{rt} - приоритетный транзитный попуск из водохранилища в t -ую декаду, м^3;

U_e - предельный транзитный попуск из водохранилища, м^3;

b_t - коэффициенты приоритетности водоподачи на орошение в t -ую декаду, б/р;

ΔW_t - прогнозные потери воды из водохранилища в t -ую декаду, м^3;

W_0 - фактический объем наполнения водохранилища на начало расчетного периода, м^3;

W_e - полезный объем наполнения водохранилища, м^3.

3.2. Порядок расчета

Имея исходные данные для каждой декады расчетного периода, определяют:

суммарные плановые расходы воды приоритетных потребителей

$$q'_t = \sum_{\nu=1}^{p} \Delta q'_{\nu t} \quad ; \qquad (3.1)$$

суммарные плановые расходы на орошение

$$q_t = \sum_{\nu=1}^{p} \Delta q_{\nu t} \quad ; \qquad (3.2)$$

общие плановые расходы потребления

$$\Sigma q_t = q'_t + q_t + U_{rt} + \Delta W_t \quad ; \qquad (3.3)$$

избыток (+) или недостаток (-) прогнозных притоков воды относительно общих плановых расходов потребления

$$\Delta Q_t = Q_t - \Sigma q_t \quad ; \qquad (3.4)$$

режим работы водохранилища при полном удовлетворении общих плановых расходов потребления

$$W_t = W_0 + \sum_{t=1}^{n} \Delta Q_t \; ; \qquad (3.5)$$

при ограничении, что объем наполнения водохранилища не должен быть больше полезного объема, т.е.

$$W_t \leq W_e \; ; \qquad (3.6)$$

В случае, если в ряде декад $t = f, f+1, \ldots, k$ имеем

$$W_t \geq W_e \; ; \qquad (3.7)$$

то принимаем для них

$$W_t = W_e \; ; \qquad (3.8)$$

Дальнейшими расчетами для декады $t = f$ определяем общие прогнозные запасы воды

$$W_f' = W_0 + \sum_{t=1}^{f} \Delta Q_t \; ; \qquad (3.9)$$

дополнительный транзитный попуск из водохранилища

$$\Delta U_f = W_f' - W_e \; ; \qquad (3.10)$$

суммарный транзитный попуск из водохранилища

$$U_f = U_{rf} + \Delta U_f \; . \qquad (3.11)$$

Если последний превышает предельный транзитный попуск из водохранилища, т.е.

$$U_f > U_e \; , \qquad (3.12)$$

то его величину определяют из условия

$$U_f = U_e \; . \qquad (3.13)$$

При этом излишки воды направляемые в аварийный сброс, определяют по выражению

$$U_{of} = U_f - U_e \; , \qquad (3.14)$$

где U_f находят по условию (3.11).

Дальнейшими расчетами для декад $t = f+1, f+2, \ldots, k$, при $\Delta Q_t > 0$ определяют:

дополнительный транзитный попуск из водохранилища

$$\Delta U_t = \Delta Q_t \; ; \qquad (3.15)$$

остальные показатели в соответствии с условиями (3.II), (3.I2), (3.I3) и (3.I4).

Для последующих декад К+I, К+2,..., n, при $\Delta Q_t < 0$ определяют

режим работы водохранилища

$$W_t = W_e + \sum_{t=K+1}^{n} \Delta Q_t \quad . \qquad (3.I6)$$

Завершив расчеты, устанавливают обеспеченность водоподачи на орошение из условия

$$W_n > 0 \; ; \qquad (3.I7)$$

$$W_n < 0 \; , \qquad (3.I8)$$

где W_n – запасы воды в водохранилище на конец расчетного периода ($t = n$).

Из условия (3.I7) видно, что прогнозные запасы водных ресурсов в состоянии обеспечить общие плановые расходы потребления, исходя из чего принимаются:

расходы головных водозаборов

$$Q_{vt} = q_{vt} \; ; \qquad (3.I9)$$

режим работы водохранилища в соответствии с условиями (3.5), (3.8), (3.I6);

суммарные и аварийные попуски из водохранилища в соответствии с условиями (3.II), (3.I3), (3.I4), (3.I5).

Из условия (3.I8) видно, что прогнозные запасы водных ресурсов не в состоянии обеспечить общие плановые расходы потребления, что обусловливает необходимость снижения обеспеченности водоподачи на орошение. Условие зарегулированности стока позволяет распределить прогнозный дефицит водных ресурсов дифференцированных на весь расчетный период исходя из заданных коэффициентов приоритетности водоподачи на орошение во времени. При этом допускаются следующие случаи:

$$W_K < W_e \; ; \qquad (3.20)$$

$$V_f' \geq W_e \qquad (3.2I)$$

Условие (3.20) показывает, что прогнозные запасы воды в водохранилище к концу периода наполнения меньше его полезной емкости. Это дает возможность распределить общий дефицит водных ресурсов на весь расчетный период (включая и период наполнения водохранилища), используя для этой цели оставшуюся емкость водохранилища. В этом случае дальнейшими расчетами определяют:

условную обеспеченность водоподачи на орошение в целом на расчетный период

$$\beta = \frac{\sum_{t=1}^{n} q_t + W_n}{\sum_{t=1}^{n} b_t \cdot q_t} ; \qquad (3.22)$$

расчетную обеспеченность водоподачи на орошение по времени

$$\alpha_t = \beta b_t ; \qquad (3.23)$$

откорректированный режим работы водохранилища

$$W'_t = W_t + \sum_{t=1}^{n} (1-\alpha_t) q_t . \qquad (3.24)$$

Снижение против планового расходов на орошение приводит к увеличению запасов воды в водохранилище, общая величина которых не должна превышать полезную емкость водохранилища, т.е. необходимо соблюдать ограничение

$$W'_t \leq W_e . \qquad (3.25)$$

Если условие (3.25) соблюдается, то дальнейшими расчетами устанавливают:

расчетные расходы на орошение по каждому головному водозабору

$$\Delta U_{vt} = \alpha_t \cdot \Delta q_{vt} ; \qquad (3.26)$$

суммарные расчетные расходы головных водозаборов

$$U_{vt} = \Delta q'_{vt} + \Delta U_{vt} ; \qquad (3.27)$$

транзитные попуски из водохранилища

$$U_t = U_{rt} . \qquad (3.28)$$

Если условие (3.25) не выполняется, то величину обеспеченности водоподачи на орошение устанавливают отдельно для периода наполнения и периода сработки водохранилищ. Для периода наполнения общая величина дефицита водных ресурсов принимается равной свободной емкости водохранилища, т.е. условная обеспеченность водоподачи на орошение имеет вид

$$\beta_к = \frac{\sum_{t=1}^{к} q_t - (W_e - W_к)}{\sum_{t=1}^{к} b_t q_t}. \qquad (3.29)$$

Условная обеспеченность водоподачи на орошение периода сработки устанавливается с учетом их частичного покрытия в период наполнения на величину свободной емкости водохранилища:

$$\beta_n = \frac{-\sum_{t=к+1}^{n} q_t + [W_n + (W_e - W_к)]}{\sum_{t=к+1}^{n} b_t q_t}. \qquad (3.30)$$

Расчетную обеспеченность прочих потребителей для соответствующих периодов определяют:

$$\alpha_t = \beta_к b_t \qquad (t = 1, 2, \ldots, к); \qquad (3.31)$$

$$\alpha_t = \beta_n b_t \qquad (t = к+1, к+2, \ldots, n). \qquad (3.32)$$

Дальнейшими расчетами определяют показатели в соответствии с условиями (3.24), (3.26) и (3.28).

Условие (3.21) показывает, что прогнозные запасы водных ресурсов в период наполнения водохранилища превышают его полезную емкость. В этом случае нет необходимости в период наполнения ограничивать плановую водоподачу потребителям, а имеющийся дефицит водных ресурсов распределить между потребителями на весь период сработки водохранилища.

Следовательно, для периода наполнения водохранилища ($t = 1, 2, \ldots к$) показатели, определенные зависимостями (3.5), (3.8), (3.11), (3.13), (3.14), (3.15) и (3.19), можно принять за окончательные.

Для периода сработки водохранилища ($t = к+1, к+2, \ldots, n$) дальнейшими расчетами определяют:

условную обеспеченность прочих потребителей в целом на расчетный период

$$\beta_n = \frac{\sum_{t-K+1}^{n} q_t + W_n}{\sum_{t-K+1}^{n} b_t q_t}; \qquad (3.33)$$

остальные показатели в соответствии с условиями (3.23), (3.24), (3.26), (3.27) и (3.28).

Корректность решений, изложенных для условия (3.I8), устанавливается показателем

$$W_n' \sim 0 . \qquad (3.34)$$

3.3. Пример расчета

Исходные данные:

фактический объем наполнения водохранилища на начало расчетного периода - 470 млн.м^3;

полезный объем водохранилища - 700 млн.м^3;

предельный транзитный попуск из водохранилища - I00 млн. м^3 в декаду;

декадные значения прогнозных притоков воды, плановых расходов приоритетных и на орошение, транзитных попусков, потерь воды в водохранилище и коэффициентов приоритетности по времени представлены в табл.3.I (графы I-I2).

Результаты расчета сводим в табл.3.2, где подекадно определяют:

по формуле (3.I) суммарные плановые расходы приоритетных потребителей (графа 3);

по формуле (3.2) - суммарные плановые расходы на орошение (графа 4);

по формуле (3.3) - общие плановые расходы потребления (графа 5);

по формуле (3.4) - избыток (+) или недостаток (-) прогнозных притоков воды относительно последних (графа 6);

по формуле (3.5) - режим работы водохранилища при полном удовлетворении плановых расходов потребления (графа 7).

Результаты последних расчетов показали, что на конец

расчетного периода ожидается дефицит водных ресурсов, т.е. здесь имеет место условие (3.I8). Далее, к концу периода наполнения (первая декада июня) запасы воды в водохранилище ($W_к$ = 665 млн.м^3) меньше его полезной емкости, т.е. здесь имеет место условие (3.20).

Исходя из этого, дальнейшими расчетами определяют:

по формуле (3.22) - условную обеспеченность водоподачи на орошение в целом за расчетный период

$$\beta = \frac{(825+620) - 155}{1 \cdot 80 + 1{,}1 \cdot 255 + 1{,}15 \cdot 300 + 1{,}2 \cdot 320 + 1{,}1 \cdot 240 + 1 \cdot 150} = 0{,}805,$$

по формуле (3.23) - расчетные обеспеченности водоподачи на орошение по времени (графа 8);

по формуле (3.24) - откорректированный режим работы водохранилища (графа 9).

Результаты последних расчетов показали, что в первую и вторую декады июня расчетные запасы воды в водохранилище превысили его полезную емкость, т.е. соблюдалось условие (3.25). Исходя из этого, дальнейшими расчетами определяют (табл.3.I):

условную обеспеченность водоподачи на орошение в период наполнения водохранилища по формуле (3.29)

$$\beta_к = \frac{530 - (700-665)}{1 \quad 180 + 1{,}1 \quad 255 + 1{,}15 \quad 95} = 0{,}87 \ ;$$

то же, в период сработки водохранилища по формуле (3.30)

$$\beta_п = \frac{915 + \quad / 155+(700-665)/}{1{,}15 \quad 205 + 1{,}2 \quad 230 + 1{,}1 \quad 240 + 1 \quad 150} = 0{,}76;$$

по формуле (3.3I) и (3.32) - расчетную обеспеченность водоподачи на орошение (графа 2I);

по формуле (3.24) - режим работы водохранилища (графа I3);

по формуле (3.26) - расчетные расходы водоподачи на орошение по каждому головному водозабору (графы I6 и I9);

по формуле (3.27) - расчетные расходы головных водозаборов (графы I4 и I7);

из условия (3.28) устанавливают транзитные попуски из водохранилища (графа 20).

Расходы приоритетных потребителей переносятся из исходных в расчетные данные (графы I5 и I8).

Таблица 3.I

Исходные данные и результаты расчетов головных водозаборов на источнике орошения с водохранилищем (W_0 = 400; W_e = 700; U_0 = I00), млн.м³

Месяц	Декада	Исходные данные										Расчетные данные								
		Q_t	q_{1t}	$\Delta q'_{1t}$	Δq_{1t}	q_{2t}	$\Delta q'_{2t}$	Δq_{2t}	U_{2t}	ΔW_t	b_t	W_t	V_{1t}	$\Delta q'_{1t}$	ΔV_{1t}	V_{2t}	$\Delta q'_{2t}$	ΔV_{2t}	U_t	α_t
Апрель	I	I50	35	5	30	25	5	20	30	5	I,00	53I	3I,0	5	26,0	23,5	5	I8,5	30	0,870
	II	I20	35	5	30	35	5	30	30	5	I,00	554	3I,0	5	26,0	3I,0	5	26,0	30	0,870
	III	I30	45	5	40	35	5	30	30	5	I,00	580	40,0	5	35,0	3I,0	5	26,0	30	0,870
Май	I	I40	50	I0	40	45	5	40	30	I0	I,I0	589	48,5	I0	38,5	43,5	5	38,5	30	0,960
	II	I70	55	I0	45	45	5	40	30	I0	I,I0	622	53,0	I0	43,0	43,5	5	38,5	30	0,960
	III	I90	60	I0	50	45	5	40	30	I0	I,I0	67I	57,0	I0	47,0	43,5	5	38,5	30	0,960
Июнь	I	I50	55	I0	45	45	5	40	30	I0	I,I5	70I	55,0	I0	55,0	45,0	5	40,0	30	I,000
	II	I40	70	I0	60	45	5	40	30	I0	I,I5	700	6I,5	I0	5I,3	39,5	5	34,5	30	0,860
	III	80	75	I0	65	45	5	40	30	I0	I,I5	635	66,0	I0	56,0	39,5	5	34,5	30	0,860
Июль	I	60	75	I0	65	50	5	45	30	5	I,20	545	69,0	I0	59,0	46,0	5	4I,0	30	0,9I0
	II	50	75	I0	65	50	5	45	30	5	I,20	435	69,0	I0	59,0	46,0	5	4I,0	30	0,9I0
	III	45	70	I0	60	45	5	40	30	5	I,20	349	64,5	I0	54,5	4I,5	5	36,5	30	0,9I0
Август	I	45	60	I0	50	45	5	40	30	5	I,I0	264	52,0	I0	42,0	38,5	5	33,5	30	0,835
	II	45	55	I0	45	40	5	35	30	5	I,I0	I92	47,5	I0	37,5	34,0	5	29,0	30	0,835
	III	45	50	I0	40	35	5	30	30	5	I,I0	I29	43,5	I0	33,5	30,0	5	25,0	30	0,835
Сентябрь	I	40	40	5	35	30	5	25	30	5	I,00	78	3I,5	5	26,5	24,0	5	I9,0	30	0,760
	II	40	35	5	30	25	5	20	30	5	I,00	35	28,0	5	23,0	20,0	5	I5,0	30	0,760
	III	40	25	5	20	25	5	20	30	5	I,00		20,0	5	I5,0	20,0	5	I5,0	30	0,760
					825			620												

Таблица 3.2

Ведомость расчета головных водозаборов на источнике орошения водохранилища (W_0 = 470; W_e = 700; U_e = 100), млн.м³

Месяц	Декада	q'_t	q_t	Σq_t	ΔQ_t	W_t	α_t	W'_t
	I	10	50	95	55	525	0,805	535,0
Апрель	II	10	60	105	15	540	0,805	561,5
	III	10	70	115	15	555	0,805	590,0
	I	15	80	135	5	560	0,835	604,0
Май	II	15	85	140	30	590	0,885	643,5
	III	15	90	145	45	635	0,885	699,0
	I	15	95	150	30	665	0,925	737,0
Июнь	II	15	100	155	-15	650	0,925	737,5
	III	15	105	160	-80	570	0,925	657,5
	I	15	110	160	-100	470	0,965	561,0
Июль	II	15	110	160	-110	360	0,965	454,5
	III	15	100	150	-105	255	0,965	347,0
	I	15	90	140	-95	160	0,885	267,0
Август	II	15	80	130	-85	750	0,885	191,0
	III	15	70	120	-75		0,885	124,0
	I	10	60	105	-65	-650	0,805	70,5
Сентябрь	II	10	50	95	-55	-120	0,805	25,5
	III	10	40	85	-45	-155	0,805	- 1,50

4. ОПЕРАТИВНОЕ ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЕ НА ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ МЕЖХОЗЯЙСТВЕННОГО КАНАЛА

4.I. Исходные данные и их условные обозначения

Водохозяйственные органы, осуществляющие распределение водных ресурсов на оросительной системе межхозяйственного канала, должны иметь следующие исходные данные на расчетный период водораспределения:

плановые или лимитные значения расхода водозабора в голове межхозяйственного канала ($Q_н$, м^3/с);

плановую водоподачу (общую, на орошение и приоритетную по отводам водопользователей[x]) ($q_{пj}$, Δq_{oj}, Δq_{pj}, м^3/с);

плановую водоподачу (общую, на орошение и приоритетную по отводам межхозяйственных каналов различных порядков $q_{пν}$, $\Delta q_{oν}$, $\Delta q_{pν}$, м^3/с);

суммарную водоподачу (общую, на орошение и приоритетную) по отводам оросительной системы межхозяйственного канала ($q_п$, Δq_o, Δq_p, м^3/с);

КПД межхозяйственных каналов всех порядков и оросительной системы в целом ($\eta_ν$, η_c, б/р);

линейную схему оросительной системы межхозяйственного канала;

установленную (расчетную, $q'_{лj}$) и фактическую водоподачу ($q'_{фj}$) по отводам водопользователей за прошедшую декаду или пятидневку (период оперативного водораспределения);

плановая водоподача ($\Delta q_{вi}$, м^3/с) из внутрихозяйственных источников орошения;

коэффициенты приоритетности водоподачи на орошение для водопользователей при дефиците оросительной воды (a_i);

максимально-возможная водоподача из смежной подпитывающей оросительной системы (Q_m, м^3/с).

Дополнительно принимаем следующие обозначения:

---

x) В качестве водопользователей выступают: на районном межхозяйственном канале - хозяйства, межрайонном - районы, межобластном - области, межреспубликанском - республики.

$\nu = 1,2,\ldots, K$ – индексы межхозяйственных каналов различных порядков;

$j = 1,2,\ldots, n$ – индексы отводов водопользователей из межхозяйственных каналов;

$i = 1,2,\ldots, m$ – индексы водопользователей оросительной системы межхозяйственного канала.

4.2. Порядок расчета

Расчет проводят в следующем порядке:

определяют общую водоподачу из межхозяйственной оросительной системы

$$Q_н = Q_л \cdot \eta_л \; ; \qquad (4.1)$$

устанавливают обеспеченность плановой водоподачи на орошение относительно выделенного лимита

$$\alpha_п = \frac{Q_н - \sum_{i=1}^{m} \Delta q_{pi}}{\sum_{j=1}^{n} \Delta q_{oj}} \; . \qquad (4.2)$$

Порядок дальнейших расчетов зависит от следующих условий:

$$\alpha_п \geqslant 1{,}0, \qquad (4.3)$$

$$\alpha_п < 1{,}0. \qquad (4.4)$$

Условие (4.3) показывает, что выделенный лимит водоподачи в состоянии удовлетворить плановую водоподачу, исходя из чего дальнейшими расчетами определяют:

общую водоподачу по отводам водопользователей

$$q_{лj} = q_{пj} \; ; \qquad (4.5)$$

общую водоподачу из межхозяйственных каналов различного порядка

$$q_{л\nu} = q_{п\nu} \; ; \qquad (4.6)$$

общую водоподачу из оросительной системы

$$q_л = q_п \; ; \qquad (4.7)$$

головные водозаборы в межхозяйственные каналы последних порядков

$$Q_л = \frac{q_л}{\eta_л} \; ; \qquad (4.8)$$

головные водозаборы в межхозяйственные каналы более высоких порядков

$$Q_{\Lambda\nu} = \frac{q_{\Lambda\nu} + Q_{\Lambda 1} + Q_{\Lambda 2} + \ldots Q_{\Lambda\nu-1}}{\eta_\nu}, \qquad (4.9)$$

где $q_{\Lambda\nu}$ и η_ν - водоподача непосредственно из рассматриваемого межхозяйственного канала более высокого порядка;

$Q_{\Lambda 1}$, $Q_{\Lambda 2}$ - головные водозаборы в межхозяйственные каналы последующего порядка, подвешанные к рассматриваемому межхозяйственному каналу;

общую водоподачу каждому водопользователю из оросительной системы межхозяйственного канала

$$Q_{\Lambda i} = \sum_{i=1}^{m} q_{\Lambda\nu i} \qquad (4.10)$$

Условие (4.4) показывает, что выделенный лимит водозабора в оросительную систему не обеспечивает плановую водоподачу водопользователям. В этом случае водораспределение рекомендуется осуществлять, руководствуясь следующими положениями:

а) сокращение водоподачи на орошение пропорционально водообеспеченности оросительной системы;

б) то же, с учетом фактической водоподачи за прошедший период;

в) то же, с учетом наличия внутрихозяйственных источников орошения у отдельных водопользователей;

г) то же, с учетом подпитывания из более водообеспеченной смежной оросительной системы;

д) введение коэффициентов приоритетности по отдельным категориям водопользователей.

Для случая "а" дальнейшими расчетами определяют:

общую водоподачу по отводам водопользователей

$$q_{\Lambda j} = \alpha_n \Delta q_{oj} + \sum_{i=1}^{m} q_{pj} \; ; \qquad (4.11)$$

общую водоподачу из межхозяйственных каналов различных порядков

$$q_{\Lambda\nu} = \alpha_n \cdot \Delta q_{o\nu} + \Delta q_{p\nu} \; ; \qquad (4.12)$$

общую водоподачу из оросительной системы

$$q_л = \sum_{j=1}^{n} q_{лj} \quad ; \qquad (4.13)$$

остальные показатели в соответствии с условиями (4.8, 4.9 и 4.10).

Случай "б" применяется, когда за прошедший период отдельные водопользователи существенно превысили фактическую водоподачу над установленной. Для таких хозяйств (присвоим им индексы $j = 1,2,\ldots, z$) определяют:

переборы фактической водоподачи над установленной по отводам и в целом по оросительной системе

$$\Delta q_j = q'_{фj} - q'_{лj} \qquad (4.14)$$

$$\Delta q' = \sum_{j=1}^{z} \Delta q'_j \qquad (4.15)$$

откорректированную плановую водоподачу на орошение

$$\Delta q'_{oj} = \Delta q_{oj} - \Delta q'_j \, . \qquad (4.16)$$

Затем определяют обеспеченность плановой водоподачи на орошение в целом по оросительной системе

$$\alpha'_n = \frac{\alpha_n \; q_л}{q_л - \Delta q'} \, . \qquad (4.17)$$

Дальнейшие расчеты выполняют в соответствии с условиями (4.11, 4.12, 4.13, 4.8, 4.9 и 4.10), принимая $\alpha_n = \alpha'_n$ и откорректированные плановые водоподачи на орошение ($\Delta q_{oj} = \Delta q'_{oj}$).

Случай "в" применяется, когда отдельные водопользователи имеют в общем водопотреблении существенную долю водных ресурсов внутрихозяйственных источников орошения, в результате чего следует сократить им водоподачу из оросительной системы при сохранении общей водообеспеченности всех водопользователей.

В этом случае расчетами определяют:

общую обеспеченность плановой водоподачи на орошение

по оросительной системе

$$\alpha = \frac{Q_n - q_p + \sum_{i=1}^{m} \Delta q_{bi}}{q_0 + \sum_{i=0}^{m} \Delta q_{bi}} ; \qquad (4.18)$$

обеспеченность водоподачи на орошение по отводам водопользователей

$$\alpha_{nj} = \alpha - \alpha_i (1 - \alpha) , \qquad (4.19)$$

где α_i - удельный вес плановой водоподачи из внутрихозяйственных источников орошения, определяемый по формуле

$$\alpha_i = \frac{\Delta q_{bi}}{\Delta q_{oi}} , \qquad (4.19а)$$

где Δq_{bi} и Δq_{oi} - плановая водоподача водопользователя из внутрихозяйственных источников орошения и из оросительной системы.

Дальнейшие расчеты проводят в соответствии с условиями (4.11, 4.12, 4.13, 4.8, 4.9 и 4.10), принимая

$$\alpha_n = \alpha_{nj} .$$

Если имеется возможность подпитывания расчетной оросительной системы из более водообеспеченной смежной (случай 2), то расход водоподачи из нее определяют по выражению

$$Q_c = \frac{(|\alpha_n| - \alpha_n) \cdot q_0 \cdot |q_0|}{q_0 + |q_0|} \qquad (4.20)$$

В ряде случаев дополнительный расход водоподачи из смежной оросительной системы ограничен определенным пределом (Q_m), поэтому следует принимать при

$$Q_c > Q_m ; \quad Q_c = Q_m . \qquad (4.21)$$

С учетом дополнительного расхода обеспеченность водоподачи на орошение расчетной оросительной системы устанавливают

$$\alpha_n' = \alpha_n + \frac{Q_c}{q_0} , \qquad (4.22)$$

где q_o и α_n – водоподача на орошение и ее обеспеченность смежной оросительной системы;

α_n – расчетная обеспеченность плановой водоподачи на орошение (приемлема для всех рассмотренных выше случаев).

Дальнейшие расчеты проводят в соответствии с условиями (4.II, 4.I2, 4.I3, 4.8, 4.9 и 4.I0), принимая $\alpha_n = \alpha'_n$.

Если принято решение о введении коэффициентов приоритетности для водопользователей, то их обеспеченность водоподачи на орошение устанавливается

$$\alpha_n = \beta a_i \alpha_n , \qquad (4.23)$$

где

$$\beta = \frac{q_o}{a_1 q_{o1} + a_2 q_{o2} + \ldots + a_m q_{om}} . \qquad (4.24)$$

Дальнейшие расчеты на всех перечисленных выше случаев осуществляют в соответствии с условиями (4.II, 4.I2, 4.I3, 4.8, 4.9 и 4.I0).

4.3. Пример расчета

Линейная схема оросительной системы межхозяйственного канала представлена на рис.4.I, исходные данные –(в табл. 4.I. Установленный лимит головного водозабора – I00 м^3/с, максимальный расход подпитывания из смежной оросительной системы) У-2 – 5 м^3/с.

Расчет сводится в табл.4.2,где определяют:

по формуле (4.I) – общий расход водоподачи из системы У-I

$$Q_n = 100 \cdot 0{,}9 = 90 \text{ м}^3/\text{с};$$

по формуле (4.2) – обеспеченность плановой водоподачи на орошение

$$\alpha_n = \frac{90 - 10}{106} = 0{,}755.$$

В соответствии с условием (4.4) дальнейшими расчетами определяем:

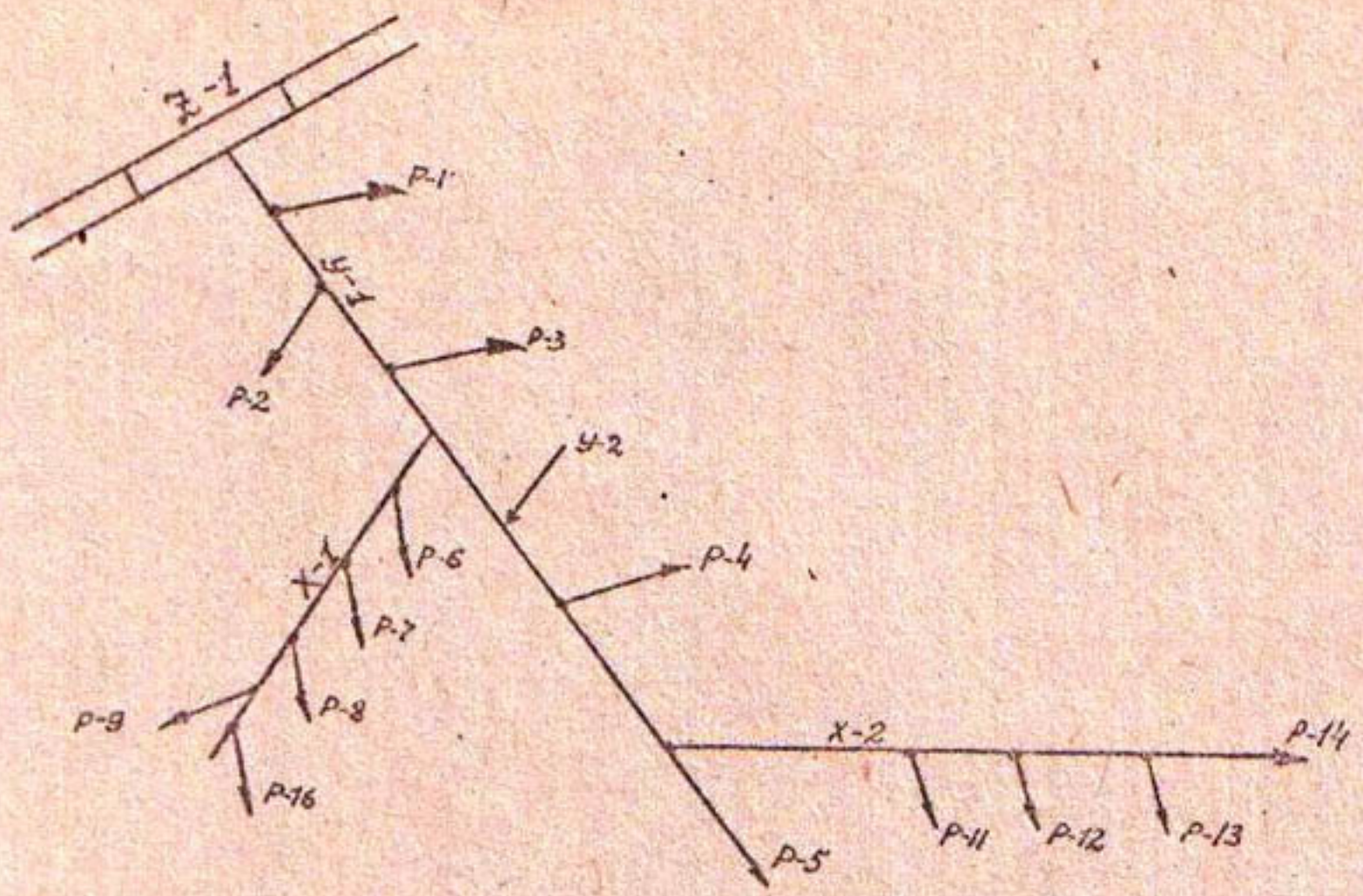

Рис. 4.I. Линейная схема типовой межхозяйственной оросительной системы.

по формуле (4.II) общую водоподачу по отводам водопользователей (графа 7);

по формуле (4.I2) - общую водоподачу из межхозяйственных каналов Х-I; Х-2, (графа 7);

по формуле (4.I3) - общую водоподачу из оросительной системы У-I (графа 7);

по формуле (4.8) - головные водозаборы по каналам Х-I и Х-2 (графа 7);

по формуле (4.9) - головной водозабор в оросительную систему У-I (графа 7).

Для случая "б" расчетами определяют:

по формулам (4.I4) и (4.I5) - перебори фактической водоподачи над установленными за прошедшую декаду (графа 8);

по формуле (4.I6) - откорректированную плановую водоподачу на орошение (графа 9);

по формуле (4.I7) - обеспеченность плановой водоподачи на орошение в целом по оросительной системе

$$\alpha_n' = 0,755 + \frac{5 + I}{I06} = 0,8I2$$

Дальнейшие расчеты выполнены аналогично предыдущим (графа I0).

Для случая "в" расчетами определяем:

по формуле (4.I8) общую обеспеченность плановой водоподачи на орошение по оросительной системе

$$\alpha = \frac{90 - I0 + I2}{I06 + I2} = 0,78;$$

по формуле (4.I9) - удельный вес плановой водоподачи из внутрихозяйственных источников орошения

$\alpha_1 = 0,0;$
$\alpha_2 = 0,07I;$
$\alpha_3 = 0,2;$
$\alpha_4 = 0,I94;$

по формуле (4.I9) - обеспеченность плановой водоподачи на орошение по отводам водопользователей (графа II).

Дальнейшие расчеты выполняются аналогично, (графа I2).

Для случая "г" по смежной оросительной системе У-2 плановая водоподача на орошение составляет I70 $м^3/с$, обеспеченность - 0,85.

По формуле (4.18) определяем расход водоподачи из системы:

$$Q_c = \frac{(0,85 - 0,755)\ 106\ \ 170}{106 + 170} = 6,2\ м^3/с.$$

В соответствии с условием (4.21) принимаем

$$Q_c = 5,0\ м^3/с.$$

Обеспеченность плановой водоподачи на орошение в соответствии с формулой (4.22) определяем по формуле

$$\alpha'_n = 0,755 + \frac{5,0}{106} = 0,802.$$

Дальнейшие расчеты выполняются аналогично (графа 13).

Таблица 4.I

Исходные данные водоподачи и водозабора по оросительной системе на декаду (пятидневку) месяца .... I9....г.

Источник орошения	Канал I порядка	Канал II порядка	КПД	Отвод	Водопользователи	Коэффициент приоритетности	Водоподача и водозабор, м³/с на прошедшую декаду: лимит.	на прошедшую декаду: фактич.	на текущую декаду: планов.	в т.ч. приоритет.	в т.ч. на орошение	в/х источника
			η_y	j	i	a_i	$q'_{лj}$	$q'_{фj}$	$q_{пj}$	$\Delta q_{рj}$	$\Delta q_{оj}$	$\Delta q_{вj}$
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3
∅ -I	у - I	-	0,92	Р-I	Н-I	I,00	7,0	8	8	I,0	7	-
				Р-2	Н-2	I,05	5,0	6	6	I,0	5	2
				Р-3	Н-2	I,05	8,0	7	9	-	9	
				Р-4	Н-I	I,00	3,0	4	4	-	4	-
				Р-5	Н-3	I,I0	4,0	5	5	I,0	4	-
		X-I	0,95	Р-6	Н-2	I,05	I0,0	I2	II	2,0	9	-
				Р-7	Н-I	I,00	9,0	II	I0	-	I0	-
				Р-8	Н-I	I,00	8,0	9	7	I,0	6	-
				Р-9	Н-3	I,I0	4,0	5	5	-	5	-
				Р-I0	Н-2	I,05	4,0	3	5	-	5	-
Итого		X-2	в/п				-	-	38	3	35	-
			в/з				-	-	40	-	-	-
		X-2	0,95	Р-II	Н-4	I,I5	3,00	2	3	I,0	2	-
				Р-I2	Н-3	I,I0	I2,0	I0	I3	2,0	II	4
				Р-I3	Н-4	I,I5	I3,0	I0	I4	-	I4	4
				Р-I4	Н-4	I,I5	I5,0	I3	I6	I,0	I5	2
Итого		X-2	в/п						46	4,0	42	I0
			в/з						48,4	-	-	-

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3
	Водоподача		У-I						II6	I0	I06	I20
	В том числе из Н-I			-					29	-	27	-
	Н-2			-					3I	3	28	2,0
	Н-3			-					23	3	20	4,0
	Н-4			-					33	2	3I	60
	Водозабор		У-I	-					I29	-	-	-
	В том числе из		-I	-					I29	-	-	-
			-2	-					0	-	-	-

Таблица 4.2

Исходные и расчетные данные водоподачи и водозабора по оросительной системе на декаду (пятидневку) месяца, м³/с

Источник орошения	Канал I-го порядка	Канал II-го порядка	КПД η_v	Отвод j	Водопользователи i	Водоподача, водозабор $\alpha = 0,755$	$\Delta q'_j$	$\Delta q'_{0j}$	$\alpha_n = 0,812$	α	Водоподача, водозабор	Водоподача, водозабор $\alpha_n = 0,802$
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3
-I	-I	-	0,93	P-I	H-I	6,29	I,0	6,0	5,87	0,78	6,46	6,60
				P-2	H-2	4,78	I,0	4,0	4,25	0,74	4,70	5,00
				P-3	H-2	6,80	-I,0	9,0	7,3I	0,74	6,66	7,20
				P-4	H-I	3,02	I,0	3,0	2,44	0,78	3,I2	3,20
				P-5	H-3	4,02	I,0	4,0	4,25	0,7I	3,84	4,20
		X-I	0,95	P-6	H-2	8,80	2,0	9,0	9,3I	0,74	8,66	9,20
				P-7	H-I	7,55	2,0	8,0	6,50	0,78	7,80	8,00
				P-8	H-I	5,53	I,0	5,0	5,06	0,78	5,68	5,80
				P-9	H-3	3,78	I,0	4,0	3,25	0,7I	3,55	4,00
				P-I0	H-2	3,78	-I,0	6,0	4,87	0,74	3,70	4,00
Итого		X-I	в/п	-	-	29,44	-	-	28,99	-	29,39	3I,00
			в/з	-	-	30,99	-	-	30,52	-	30,94	32,63
		X-2	0,95	P-II	H-4	2,5I	-I,0	2,0	2,62	0,7I2	2,42	2,60
				P-I2	H-3	I0,30	-2,0	II,0	I0,93	0,7I0	9,8I	I0,80

Продолжение табл. 4.2

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3
				Р-I3	Н-4	I0,57	-3,0	I4,0	II,37	0,7I2	9,97	II,20
				Р-I4	Н-4	I2,33	-2,0	I5,0	I3,I8	0,7I2	II,68	I3,00
Итого		У-2	в/п	-	-	35,7I	-	-	38,I0	-	33,88	37,60
			в/з	-	-	37,60	-	-	40,I0	-	35,66	39,58
Итого водоподача из		У-I				90,20	-	-	9I,2I	-	88,05	94,80
В том числе												
	Н-I					22,39	5,0	-	I9,87	-	23,06	23,60
	Н-2					24,I6	I,0	-	25,74	-	23,72	25,40
	Н-3					I8,I0	0,0	-	I8,43	-	I7,20	I9,00
	Н-4					25,4I	-6,0	-	27,I7	-	24,07	26,80
Итого водозабор в		У-I				I00,2	-	-	I0I,00	-	94,69	I05,00
В том числе из		-I										
	из	У-2										

5. ОПЕРАТИВНОЕ ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЕ НА ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ (ОБЛАСТНОЙ, МЕЖРАЙОННОЙ, РАЙОННОЙ) ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ

Оперативное водораспределение на территориальной оросительной системе заключается в систематизации по определенным формам и показателям результаты оперативного водораспределения по типовым структурным элементам оросительной сети, которые предварительно выполнены в соответствии с п.2, 3, 4 и приложения 3 настоящей "Инструкции..."

Исходными данными для оперативной корректировки водораспределения по территориальной оросительной системе являются:

перечень источников орошения[x)];

перечень источников орошения, водораспределение на которых осуществляется данной территориальной оросительной системой;

исходные и расчетные данные по упомянутым источникам орошения в соответствии с п.2, 3 и приложения 3 настоящей "Инструкции..."

перечень оросительных систем межхозяйственных каналов, входящих в территориальную оросительную систему;

исходные и расчетные данные по отмеченным оросительным системам межхозяйственных каналов в соответствии с п.4 настоящей "Инструкции..."

Показателями оперативного водораспределения на территориальной оросительной системе определены:

показатели водоподачи и водозабора по отдельным оросительным системам межхозяйственных каналов в соответствии с п.4 настоящей "Инструкции..." (форма 4.2);

водоподача каждому водопользователю (в том числе на орошение и приоритетная) из каждого источника орошения;

водоподача каждому водопользователю (в том числе на орошение и приоритетная) по территориальной оросительной системе;

---

x) В качестве источников орошения здесь также могут быть республиканские, межобластные или межрайонные каналы.

общая водоподача (в том числе на орошение и приоритетная) в территориальную оросительную систему по каждому источнику орошения;

общая водоподача (в том числе на орошение и промтехнужды) по территориальной оросительной системе;

общий водозабор (расход) территориальной оросительной системы из каждого источника орошения;

общий водозабор (расход) территориальной оросительной системы.

Вышеперечисленные показатели определяют, суммируя соответствующие исходные данные.

Форма представления показателей и пример определения приведены в табл.5.I.

Таблица 5.I

Результаты расчета оперативной корректировки
на (наименование) оросительной системе на ...
(декада, месяц, год)

Источники орошения	Каналы межхозяйственной системы				Отводы водопользователей	Водопользователи	Расчетные водозабор, водоподача, м³/с		
	I порядка	II порядка	III порядка	IУ порядка			общая	орошение	приоритетная
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10
М-I	У-2	-	-	-	Р-I	В-I	I,6	0,0	I,6
					Р-2	В-2	2,2	2,2	0,0
					Р-3	В-3	2,2	2,2	0,0
	Итого по У-I водоподача						6,0	4,4	I,6
	В том числе					В-I	I,6	-	I,6
						В-2	2,2	2,2	0,0
						В-3	2,2	2,2	0,0
	Итого по У-I водозабор						7,0	-	-
	У-2	-	-	-	Р-4	В-I	4,0	4,0	0,0
		X-I			Р-5	В-2	4,0	4,0	0,0
					Р-6	В-3	4,0	4,0	0,0
	Итого по X-I водоподача						I2,0	I2,0	0,0
	водозабор						I3,0	-	-
	X-2				Р-7	В-2	4,0	4,0	0,0
					Р-8	В-3	5,0	5,0	0,0

Продолжение табл. 5.I

I	2	3	4	5	6	7	8	9	IO
		Итого по Х-2 водоподача					9,0	9,0	0,0
		водозабор					IO,0	-	-
		Итого по У-2 водоподача					2I,0	2I,0	0,0
						В-I	4,0	4,0	0,0
						В-2	8,0	8,0	0,0
						В-3	9,0	9,0	0,0
		Итого по У-2 водозабор					23,0	-	-
		Итого по М-I водоподача					27,0	25,4	I,6
		В том числе				В-I	5,6	4,00	I,6
						В-2	IO,2	IO,2	0,0
						В-3	II,2	II,2	0,0
		Итого по М-I водозабор					30,0	-	-
М-2	У-3	Х-3	-	-	Р-9	В-4	4,0	2,0	2,0
					Р-IO	В-5	4,0	4,0	0,0
		Итого по Х-3 водоподача					8,0	6,0	2,0
		водозабор					9,I	-	-
		Х-4	-	-	Р-II	В-4	4,0	4,0	0,0
					Р-I2	В-5	4,0	I,5	2,5
			Х-5		Р-I3	В-6	4,0	4,0	0,0
					Р-I4	В-4	4,0	4,0	0,0
		Итого по Х-5 водоподача					9,0	8,0	0,0
		водозабор					9,0	-	-
			Х-6		Р-I6	В-5	2,5	2,5	0,0
				Х-7	Р-I7	В-6	4,0	4,0	0,0
					Р-I8	В-5	4,0	4,0	0,0

Продолжение табл. 5.I

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0
		Итого по Х-7 водоподача					8,0	8,0	0,0
		водозабор					9,0	-	-
				Х-8	Р-I9	В-6	2,5	2,5	0,0
					Р-20	В-5	4,0	4,0	0,0
		Итого по Х-8 водоподача					6,5	6,5	0,0
		водозабор					7,0	-	-
		Итого по Х-6 водоподача					2I,0	2I,0	0,0
и-2		водозабор					23,0	23,0	0,0
		Итого по Х-4 водоподача					37,0	34,5	2,5
		водозабор					4I,0	-	-
		Итого по У-3 водоподача					45,0	40,5	4,5
		В том числе				В-4	I6,0	I4,0	2,0
						В-5	I8,5	I6,0	2,5
						В-6	I0,5	I0,5	0,0
		Итого по У-3 водозабор					50,I	-	-
У-4		-	-	-	Р-2I	В-6	6,0	6,0	0,0
					Р-22	В-7	6,0	6,0	0,0
		Итого по У-4 водоподача					I2,0	I2,0	0,0
		В том числе				В-6	6,0	6,0	0,0
						В-7	6,0	6,0	0,0
		Итого по У-4 водозабор					I3,4	-	-
У-5		-	-	-	Р-23	В-7	6,4	4,0	2,4
					Р-24	В-8	5,0	5,0	0,0
		Итого по У-5 водоподача					II,4	9,0	2,4
		В том числе				В-7	6,4	4,0	2,4

Продолжение табл. 5.I

I	2	3	4	5	6	7	8	9	IO
						В-8	5,0	5,0	0,0
		Итого по У-6 водозабор					I2,8	-	-
М-2	У-6				Р-25	В-7	2,0	2,0	0,0
					Р-26	В-8	I,0	I,0	0,0
		Итого по У-6 водоподача					3,0	3,0	0,0
		В том числе				В-7	2,0	2,0	0,0
						В-8	I,0	I,0	0,0
		Итого по У-6 водозабор					3,7	-	-
		Итого по М-2 водоподача					7I,4	64,5	6,9
		В том числе				В-4	I6,0	I4,0	2,0
						В-5	I8,5	I6,0	2,5
						В-6	I6,5	I6,5	0,0
						В-7	I4,4	I2,4	2,4
						В-8	II,0	II,0	0,0
		Итого по М-2 водозабор					80,0		
У-I-У-7					Р-27	В-I	2,0	I,0	I,0
	Х-9				Р-28	В-2	5,0	5,0	0,0
					Р-29	В-3	4,0	3,0	I,0
		Итого по Х-9 водоподача					9,0	8,0	I,0
		водозабор					I0,0	-	-
		Х-I0			Р-30	В-4	6,0	4,0	2,0
					Р-3I	В-5	4,0	3,0	I,0
		Итого по Х-I0 водоподача					I0,0	7,0	3,0
		водозабор					II,0		
		Итого по У-7 водоподача					2I,0	I6,0	5,0
						В-I	2,0	I,0	I,0

Продолжение табл. 5.I

I	2	3	4	5	6	7	8	9	IO
						В-2	5,0	5,0	0,0
						В-3	4,0	3,0	I,0
						В-4	6,0	4,0	2,0
						В-5	4,0	3,0	I,0
	Итого по У-7 водозабор						24,0		
	У-8				Р-32	В-6	4,0	4,0	0,0
					Р-33	В-7	3,0	3,0	0,0
	Итого по У-8 водоподача						7,0	7,0	0,0
	В том числе					В-6	4,0	4,0	0,0
						В-7	3,0	3,0	0,0
	Итого по У-8 водозабор						8,0	-	-
	Итого по φ-I водоподача						28,0	23,0	5,0
	В том числе					В-I	2,0	I,0	I,0
						В-2	5,0	5,0	0,0
						В-3	4,0	3,0	I,0
						В-4	6,0	4,0	2,0
						В-5	4,0	3,0	I,0
						В-6	4,0	4,0	0,0
						В-7	3,0	3,0	0,0
	Итого по φ-I водозабор						32,0	-	-
	Итого водоподача в систему						I46,4	I42,9	33,5
	В том числе					В-I	7,6	5,0	2,6
						В-2	I5,2	I5,2	00,0
						В-3	I5,2	I4,2	I,0
						В-4	22,0	I8,0	4,0
						В-5	22,5	I9,0	3,5
						В-6	20,5	20,5	0,0
						В-7	I7,4	I5,4	2,4
						В-8	II,0	II,0	0,0
	Итого водозабор в систему						I52,0		

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение I

I. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАСЧЕТУ МЕЖХОЗЯЙСТВЕННОГО ВОДООБОРОТА НА ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Межхозяйственный водооборот, т.е. установление очередности подачи воды между группами хозяйств взамен непрерывного тока является одним из действенных приемов оперативной корректировки планов водопользования в условиях дефицита оросительной воды. Его назначение - снизить абсолютные потери воды из оросительной сети за счет форсированных расходов, сократить их работающую длину и время работы.

Расчет водооборота рассмотрим применительно к типовой схеме оросительной системы, состоящей из магистрального канала первого порядка, межхозяйственных распределительных каналов последующих порядков. Случай, когда головной расход магистрального канала полностью распределяется по всем звеньям оросительной системы в соответствии с фактической водообеспеченностью, будем называть нормальной работой, а когда фактический расход распределяется поочередно между отдельными группами межхозяйственных отводов, - работой оросительной системы в условиях водооборота.

Общее время работы в таких условиях принято называть периодом водооборота, а время работы отдельных групп межхозяйственных отводов - тактами. Если подача воды за период водооборота производится поочередно между двумя группами отводов, то водооборот называют двухтактным, между тремя - трехтактным и т.д.

Двухтактный водооборот рекомендуется при снижении водообеспеченности в пределах 75-50%, трехтактный - ниже 50% от плана. Следует иметь в виду, что трехтактный и т.д. водооборот сложен в организационном отношении, может оказать отрицательное воздействие на развитие сельхозкультур, потому такой водооборот следует применять в исключительных случаях.

Ниже приводятся следующие обозначения:

T - период водооборота;

$\mathcal{L}$ - общая протяженность магистрального канала первого порядка;

ℓ - общая протяженность межхозяйственной оросительной сети последующих порядков;

$Q_к$ - фактический расход в голове магистрального канала;

$\eta_н^к$ и $\eta_в^к$ - КПД магистрального канала в нормальных условиях и в период водооборота;

$\eta_н^с$ и $\eta_в^с$ - то же, межхозяйственной оросительной сети;

$K_ф$ - коэффициент форсирования на межхозяйственной оросительной сети;

i = I,2,..., n - индексы водооборота;

j = I,2,..., m - индексы отводов из магистрального канала в такт водооборота;

$Q_{jн}$ - расходы отводов из магистрального канала при нормальной работе;

$Q_{jв}$ - то же, при водообороте;

$Q_{jо}$ - максимальные плановые расходы отводов из магистрального канала;

$Q_{jп}$ - плановые расходы отводов из магистрального канала в период водооборота;

$\mathcal{L}_i$ - протяженность участка магистрального канала, работающего в такт водооборота;

ℓ_i - то же, межхозяйственной оросительной сети;

$\eta_i^к$ - КПД магистрального канала в такт водооборота;

$\eta_i^с$ - то же, межхозяйственной оросительной сети;

t_i - длительность тактов водооборота;

$\eta_н$ и $\eta_в$ - КПД межхозяйственной оросительной системы в нормальных условиях и при водообороте.

Исходные данные для расчета водооборота:

длительность периода водооборота;

линейная схема межхозяйственной оросительной системы со значениями протяженности ее отдельных звеньев;

фактический расход в голове магистрального канала;

КПД магистрального канала и межхозяйственной оросительной сети при нормальной работе;

расходы отводов из магистрального канала при нормальной работе;

плановые расходы отводов из магистрального канала в период водооборота;

максимальные плановые расходы в отводы из магистрального канала.

Оптимальную схему водооборота устанавливают путем сравнения вариантов с различной протяженностью магистрального канала и межхозяйственной сети, работающих в каждый такт водооборота. При этом рекомендуется придерживаться следующих условий:

разница между суммарными расходами отводов в нормальных условиях ($\Sigma Q_{jн}$) должна быть незначительной;

должна обеспечиваться водоподача в целом по хозяйству, группе хозяйств, району и т.д.

Для намечаемых вариантов водооборота устанавливают:

КПД участка магистрального канала в каждый такт водооборота

$$\eta_i^к = 1-(1-\eta_н^к)\frac{\mathcal{L}_i}{\mathcal{L}} ; \qquad (I.I)$$

общую водоподачу в межхозяйственную оросительную сеть в такт водооборота

$$\sum_{j=1}^{m} Q_{jв} = Q_к \cdot \eta_i^к ; \qquad (I.2)$$

продолжительность тактов водооборота

$$t_i = \frac{\sum_{j=1}^{m} Q_{jн} \cdot T}{\sum_{j=1}^{m} Q_{jв}} ; \qquad (I.3)$$

КПД магистрального канала за период водооборота

$$\eta_в^к = 1-(1-\eta_н^к)\frac{\sum_{i=1}^{n}\mathcal{L}_i t_i}{\mathcal{L}T} ; \qquad (I.4)$$

то же, межхозяйственной оросительной сети

$$\eta_в^с = 1-(1-\eta_н^с)\frac{\sum_{i=1}^{n}\beta_i l_i t_i}{lT} , \qquad (I.5)$$

где

$$\beta_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{m} Q_{jв}}{\sum_{j=1}^{m} Q_{jн}}}; \qquad (I.6)$$

КПД межхозяйственной оросительной системы при водообороте

$$\eta_в = \eta_в^к \cdot \eta_в^с \qquad (I.7)$$

оптимальный вариант водооборота, который должен отвечать условию

$$\eta_в = max. \qquad (I.8)$$

При этом необходимо придерживаться следующих ограничений:

продолжительность каждого такта водооборота должна быть в пределах

$$t_{min} < t_i < t_{max}, \qquad (I.9)$$

где t_{min} - минимальный срок, необходимый для качественного проведения поливов;

t_{max} - максимально допустимое увеличение периода данного полива относительно плана, обеспечивающее нормальное развитие сельхозкультур;

коэффициенты форсирования расходов межхозяйственной оросительной сети в каждый такт водооборота должны быть в пределах нормативного значения

$$K_ф = \frac{\sum_{j=1}^{m} Q_{jв}}{\sum_{j=1}^{m} Q_{jс}} \leq 1,3. \qquad (I.10)$$

По выбранному варианту водооборота дополнительно определяем:

водоподачу в каждый отвод из магистрального канала в период водооборота

$$Q_{jв} = \frac{\sum_{j=1}^{m} Q_{jв}}{\sum_{j=1}^{m} Q_{jп}} Q_{jп}; \qquad (I.11)$$

дополнительную водоподачу за счет введения водооборота

$$\Delta Q = (\eta_в - \eta_н) Q_к . \qquad (I.I2)$$

При изменении значений расхода в голове магистрального канала следует корректировать:

продолжительность тактов водооборота

$$t'_i = \frac{Q_к}{Q'_к} \cdot t_i \; ; \qquad (I.I3)$$

расходы отводов из магистрального канала

$$\sum_{j=1}^{m} Q'_{jв} = \frac{Q_к}{Q'_к} \sum_{j=1}^{m} Q_{jв} \; , \qquad (I.I4)$$

$$Q'_{jв} = \frac{Q_к}{Q'_к} Q_{jв} \, , \qquad (I.I5)$$

где $Q'_к$ - фактический расход воды в голове магистрального канала.

Пример расчета

Данные по межхозяйственной оросительной системе, состоящей из магистрального канала и межхозяйственной оросительной сети, по участкам между перегораживающими сооружениями на магистральном канале приведены в табл.I.I.

Таблица I.I

Участок	ΔL км	$Q_{jн}$ м³/с	$Q_{j\,max}$ м³/с	$Q_{jп}$ м³/с	Δl км
У -I	I0	I0	I7	I4,3	20
У -2	I0	9	I5	I3,0	20
У -3	I0	8	I3	II,5	20
У -4	I0	9	I5	I3,0	20
У -5	I0	I0	I7	I4,3	20
	50	46	76	65,6	I00

Кроме указанных данных, принимаются дополнительные:

T = 10 сут; $Q_к$ = 51 м³/с; $\eta_н^к$ = 0,9;

$\eta_н^с$ = 0,8; $\eta_н$ = 0,72.

Определяем обеспеченность плановой водоподачи

$$P = \frac{46}{65,6} 100 = 70\%.$$

Принимаем двухтактный водооборот, по варианту которого определяем:

$\mathcal{L}_1$ = 10 км $\mathcal{L}_2$ = 50 км

$\sum_{j=1}^{m} Q_{1н}$ = 10 м³/с $\sum_{j=1}^{m} Q_{2н}$ = 36 м³/с

ℓ_1 = 20 км ℓ_2 = 80 км

по формуле (1.1) КПД участков магистрального канала в такты водооборота

$$\eta_1^к = 1 - (1-0,9)\frac{10}{50} = 0,975 \text{ и } \eta_2^к = 1(1-0,9)\frac{50}{50} = 0,9;$$

по формуле (1.2) – общую водоподачу в межхозяйственную оросительную сеть в такты водооборота

$$\sum_{j=1}^{m} Q_{jб} = 51 \cdot 0,975 = 49,5 \text{ м}^3/\text{с},$$

$$\sum_{j=1}^{m} Q_{jб} = 51 \cdot 0,9 = 46,0 \text{ м}^3/\text{с};$$

по формуле (1.3) – продолжительность тактов водооборота

$$t_1 = \frac{10 \cdot 10}{49,5} \approx 2 \text{ сут.},$$

$$t_2 = \frac{31 \cdot 10}{46} = 8 \text{ сут};$$

по формуле (1.4) – КПД магистрального канала в период водооборота

$$\eta_б^к = 1 - (1-0,9)\frac{10 \cdot 2 + 50 \cdot 8}{50 \cdot 10} = 0,916;$$

по формуле (1.5) – то же, межхозяйственной оросительной сети

$$\eta_б^с = I - (I-0,8)\frac{\frac{49,5}{10}20,2 + \frac{46}{36}80,8}{100 \cdot 10} = 0,837;$$

по формуле (I.7) – КПД межхозяйственной оросительной системы

$$\eta_б = 0,916 \cdot 0,837 = 0,765.$$

Аналогичные расчеты по другим вариантам водооборота сведены в табл.I.2.

Таблица I.2

№ варианта	L_i км	l_i км	$\eta_i^к$	$\sum_1^m Q_{jб}$ м³/с	t_i сут	$\eta_б^к$	$\eta_б^с$	$\eta_б$
I	I0	20	0,975	49,5	2,0	0,916	0,837	0,765
	50	80	0,9	46,0	8,0			
2	20	40	0,96	49,0	4,0	0,928	0,855	0,792
	50	60	0,9	46,0	6,0			
3	30	60	0,94	48,0	6,0	0,928	0,855	0,792
	50	40	0,9	46,0	4,0			
4	40	80	0,92	47,0	8,0	0,916	0,837	0,765
	50	20	0,9	46,0	2,0			

Результаты расчета показывают, что наиболее оптимальными являются 2 и 3 варианты, поскольку дополнительная водоподача за счет введения водооборота в этих случаях составляет

$$\Delta Q = (0,792-0,72) \cdot 51 = 3,7 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Таким образом, введение межхозяйственного водооборота является эффективным эксплуатационным мероприятием, которое дает возможность сократить непроизводительные потери воды на 25% и повысить КПД межхозяйственных оросительных систем до 7%.

Приложение 2

2. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УСТАНОВЛЕНИЮ ЛИМИТОВ ВОДОПОДАЧИ В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА ОРОСИТЕЛЬНОЙ ВОДЫ(ДЛЯ АРИДНОЙ ЗОНЫ СРЕДНЕЙ АЗИИ)

Установление лимита водоподачи в условиях дефицита оросительной воды основывается на ином подходе к понятии нормальной водообеспеченности оросительных систем. По существующему положению водообеспеченность определяется как равенство фактической водоподачи ее плановому значению, поскольку бытует мнение, что только плановая водоподача в состоянии обеспечить получение урожайности сельхозкультур.

На практике это выглядит несколько иначе. Если проанализировать связь фактической урожайности сельхозкультур с плановой водообеспеченностью за несколько лет, то в любом ирригационно-экономическом регионе можно четко определить две группы хозяйств. Одна из них даже при значительных колебаниях плановой водообеспеченности получает устойчивые и высокие урожаи, в другой группе хозяйств снижение плановой водообеспеченности приводит к заметному снижению урожайности сельхозкультур. Объясняется это несовершенством принципов и методов установления режимов орошения и потерь воды на оросительных системах, на основе которых определяется плановая водоподача.

Известно, что режим орошения сельхозкультур устанавливается на основе ограниченных полевых опытов научно-исследовательских станций, который можно распространять затем на территории с аналогичными природными условиями. Однако принятый режим орошения неизбежно содержит элемент приближенности.

Если к этому присовокупить приближенность КПД оросительной системы, особенно ее внутрихозяйственной части, то, очевидно, что плановая водоподача не может повсеместно обеспечить действительную потребность растений в оросительной воде.

В одних случаях она будет ее превышать, в других - ощущаться недостаток и только иногда - соответствовать.

Следовательно под нормальной, или гарантируемой, водообеспеченностью следует понимать такую величину водопотребления, при которой гарантируется получение плановой урожайности сельхозкультур, и которая не всегда соответствует плановой. Отсюда вытекает и предлагаемый принцип установления лимита водоподачи при дефиците оросительной воды, который должен основываться на дифференцированной оценке гарантированной водообеспеченности конкретных ирригационно-экономических регионов.

Установить водообеспеченность путем уточнения режима орошения и КПД оросительных систем не представляется возможным в силу объемности и сложности проведения подобных работ. В этой связи предлагается приближенный, косвенный подход, основанный на прямой связи величины водопотребления со складывающимися климатическими условиями или конкретно с начальными запасами влаги в почве и температурой воздуха.

Начальные запасы почвенной влаги формируются за счет осадков в предпосевной и начальный этапы развития растений (март-апрель). Поэтому снижение их оптимальной нормы вызывает необходимость дополнительных затрат оросительной воды на проведение запасных, влагозарядковых и вызывных поливов. Незначительные осадки последующего летнего периода не оказывают существенного влияния на рост и развитие растений.

Температуру воздуха можно представить как своеобразный итоговый показатель, характеризующий в каждый данный момент времени изменение природно-расходной лучистой энергии в зависимости от прозрачности атмосферы, наличия или отсутствия облачности, особенностей общей или местной циркуляции и т.д. Это позволяет сделать вывод, что ее значение и динамика определяют необходимую величину водопотребления растений. Чем выше температура воздуха, тем больше транспирация и почвенное испарение, а следовательно, больше необходимое водопотребление растений. Эта закономерность лежит в основе предлагаемой методики установления гарантированной водообеспеченности.

Если из представительного ряда прошлых лет выделить год с минимальной водообеспеченностью, максимальными температурными характеристиками и урожайностью не ниже плановой, то в любой другой прогнозируемый год, с аналогичными или лучшими климатическими показателями, зафиксированная водообеспеченность гарантирует получение плановой урожайности сельхозкультур. Иными словами, данная водообеспеченность является гарантированной на ближайший вегетационный период.

Практически установление лимитов водоподачи при дефиците оросительной воды осуществляется в следующем порядке.

Исходя из природных условий, территории обслуживаемой оросительной системой хозяйств (районов) группируются в зоны с однозначными климатическими показателями. Группировка производится в соответствии с принятым агроклиматическим районированием или на основе гидромодульного районирования, используемого при составлении планов водопользования оросительных систем. В последнем случае хозяйства, имеющие идентичные номера гидромодульных районов, объединяются в единую зону.

По каждой зоне производят анализ и оценку мелиоративного состояния земель в динамике засоления орошаемых земель и положения уровня грунтовых вод. Если фактические данные свидетельствуют о расширении площади засоленных земель (площади ежегодных промывок) или увеличении содержания солей (увеличение нормы ежегодных промывок), то для этой зоны гарантируемый лимит водоподачи не устанавливается. Если эти показатели стабильны или идут на убыль, рассматривается соответствие принятого гидромодульного районирования фактическому положению уровня грунтовых вод. При этом могут быть следующие случаи:

соответствие принятого ГМР фактическим уровням грунтовых вод;

повышение уровня грунтовых вод относительно принятого ГМР;

снижение уровня грунтовых вод относительно принятого ГМР.

В первом случае принимаем мелиоративное состояние стабильным, которое дальнейшему анализу не подлежит.

Во втором случае фактическую водоподачу увеличиваем на величину подпитывания из грунтовых вод в зависимости от изменения глубины залегания по нижеприведенным данным

от 3-4 до 2-3 м - I5%;
от 2-3 до I-2 м - 20%;
от I-2 до I м - 25% .

В третьем случае аналогично уменьшаем фактическую водоподачу по следующим данным:

от I до I-2 м - 25%;
от I-2 до 2-3 м - 20 %;
от 2-3 до 3-4 м - I5%.

Например, по принятому ПМР глубина залегания уровня грунтовых вод должна быть более 3-4 м, фактически - 2-3 м. Водоподача в оросительную систему составила 75% к плану. Отсюда фактическая водообеспеченность Р = 75 + I5 = 90% к плану.
И наоборот, если глубина залегания уровня грунтовых вод изменилась от 2-3 до 3-4 м, фактическая водообеспеченность Р = 75-I5 = 60% к плану.

Природно-хозяйственные показатели оросительных систем обобщаются и анализируются за несколько прошедших лет (8-I0) отдельно по каждой зоне. К ним относятся:

календарные сроки фаз развития ведущей культуры как средние за анализируемый ряд лет. Для хлопчатника устанавливают следующие периоды: предпосевной, всходы, бутонизация, цветение, раскрытие, созревание;

водообеспеченность в каждую фазу развития ведущей сельхозкультуры, как отношение фактической водоподачи к плановой, расположенного в карастающем порядке, начиная с года минимальной водообеспеченности;

сумма осадков в предпосевной период, расположенная в порядке хронологии водообеспеченности;

сумма эффективных температур по остальным фазам развития сельхозкультур в порядке хронологии водообеспеченности.

урожайность ведущей сельхозкультуры и выполнение государственного плана заготовок.

Таким образом, для каждой фазы развития ведущей сельхозкультуры имеем за каждый год анализируемого ряда лет: водообеспеченность, сумму эффективных температур (сумма осадков в предпосевной период), урожайность ведущих сельхозкультур и выполнение плана их производства.

Далее, необходимо установить лимит водоподачи по каждой зоне орошения, начиная с предпосевного периода. Первоначального значения фактической водообеспеченности сравниваются с данными о выполнении плана заготовок. Те минимумы, которые не обеспечивают последнего, анализу не подлежат.

По оставшимся годам наименьшую минимальную водообеспеченность сравнивают с величиной суммарных осадков за тот же год, и если последние находятся в пределах наблюдаемых значений по другим годам или меньше их, то данную водообеспеченность принимают за лимитную. В противном случае этот год не принимается в расчет и анализируется подобным образом следующий по порядку минимум водообеспеченности.

Аналогично анализируются и последующие фазы, т.е. первоначально для каждой отбираются годы, обеспечивающие планы заготовок. Затем, первый по рангу их оставшихся минимумов водообеспеченности сравнивается с суммой эффективных температур этого же года. Если последняя лежит в пределах оставшихся максимумов или выше их, то водообеспеченность этого года принимается за лимитную. Если же сумма эффективных температур анализируемого года намного меньше, чем в другие оставшиеся годы, то он принимается в расчет и анализируется подобным образом следующий по порядку минимум водообеспеченности. Так, в Яккабагском районе Кашкадарьинской области на подавляющей части орошаемых земель глубина залегания грунтовых вод за рассматриваемый период была более 3 м. Орошаемые земли в районе незасолены, их мелиоративное состояние удовлетворительное. В табл.2.I приведены данные по климатическим характеристикам (сумма осадков и эффективных температур для фаз развития хлопчатника). Анализ показал, что для предпосевного периода и стадии всходов здесь можно полностью исключить водоподачу.

В период бутонизации наибольшая сумма температур (547°) наблюдалась в 1971 г., водоподача составляла 81,2% от пла-

не, а урожайность достигла 27,I ц/га, хотя расчетная потребность в воде была высока ($\Sigma_{\phi} = 510^{0}$), а водообеспеченность снизилась до 22,4%. Кроме того, в 1972 г. при урожайности 31,3 ц/га. водообеспеченность составляла 31,2% от плана, при заметном снижении расчетного водопотребления ($\Sigma_{\phi} = 340^{0}$). Отсюда следует, что водоподача в стадию бутонизации (87,2%) от плана вполне гарантирует урожайность не ниже 27,I ц/га.

Для стадии цветения высокая урожайность (27,8 и 31,3 ц/га) получена при водообеспеченности 65,5% от плана (1972-1973 гг.) При этом в 1973 г. водопотребление было максимальным ($\Sigma_{\phi} = 590^{0}$). Повышение водообеспеченности в 1971 г. и особенно в 1975 г. не привело к росту урожайности, поэтому можно принять лимит водоподачи на уровне 65,5%. В период созревания водоподача изменялась от 34,I до 45,7%. Исключением являлся 1975 г., когда она поднялась до 68,7%. Однако это не привело к увеличению урожайности, следовательно, лимит водоподачи можно принять на уровне 43,5%.

В стадии раскрытия гарантированные лимиты водоподачи, установленные на основе предлагаемого метода, позволяют дифференцированно подходить к осуществлению оперативного водораспределения при дефиците оросительной воды, что позволяет свести к минимуму ущерб продуктивности сельхозпроизводства. Имея их значения и фактические запасы воды на рассматриваемый оперативный отрезок времени, устанавливается разница между ними. Если разница положительная, то на основе принципа пропорциональности ее прибавляют к установленному лимиту, а если отрицательная - соответственно вычитают. Например, имеются I,...2, n водопотребителей, для которых установлены лимиты $Q_1^л$, $Q_2^л$ ..., $Q_n^л$, плановые расходы $Q_1^п, Q_2^п \ldots Q_n^п$, а фактически имеем суммарный расход $\sum_{i=1}^{n} Q_n^ф$. Определяем фактическую разницу между фактическими и лимитными расходами по формуле

$$\pm \Delta ф = \sum_{i=1}^{n} Q_n^ф - \sum_{i=1}^{n} Q_n^л . \qquad (2.I)$$

Водоподачу каждого потребителя определяем по выражению

$$Q_i^ф = Q_i^л \pm \Delta i . \qquad (2.2)$$

Таблица 2.I.

Предпосевной период			Всходы		Бутонизация		Цветение		Созревание		Раскрытие коробочек		Урожай хлопка, ц/га	Выполнение плана, %
Год	осадки, мм	P	Σt	P	Σt	P	Σt	P	Σt	P	Σt	P		
I971	I4I	53,0	I2I	53,0	547	8I,2	562	84,4	I365	42,9	875	45,4	20,6	I00,I
I972	247	0	33	0	340	3I,2	496	65,0	I02I	45,7	783	54,3	3I,3	I30,3
I973	258	0	95	0	494	90,0	590	65,5	I3I8	34,9	960	34,I	27,8	II4,7
I974	209	0	I52	0	5I0	22,4	520	75,0	I248	43,5	896	52,4	27,I	I05,6
I975	I49	0	I27	0	5I0	96,3	566	I6I,0	I327	68,7	987	93,0	28,0	I06,9

Примечание. Σt - сумма эффективных температур в градусах; P - фактическая водоподача относительно плана, в процентах.

Приложение 3

3. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОПЕРАТИВНОМУ ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЮ НА ИСТОЧНИКЕ ОРОШЕНИЯ С КАСКАДОМ ВОДОХРАНИЛИЩ СЕЗОННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

3.I. Исходные данные и их условные обозначения

Водохозяйственные органы, осуществляющие водораспределение на источнике орошения с каскадом водохранилищ, должны иметь следующую исходную информацию:

перечень головных водозаборных узлов, подвешанных к каждому водохранилищу;

полезные объемы наполнения водохранилищ;

фактические объемы наполнения водохранилищ на начало расчетного периода;

прогнозные потери воды из водохранилищ в расчетный период;

предельные транзитные попуски из водохранилищ;

приоритетные транзитные попуски из водохранилищ в расчетный период.

Административно-территориальные оросительные системы, осуществляющие распределение водных ресурсов источника орошения с каскадом водохранилищ, представляют следующие исходные данные:

плановые расходы головных водозаборов (общие, на орошение, приоритетные) на расчетный период;

коэффициенты приоритетности водоподачи на орошение при дефиците оросительной воды по водохранилищам;

коэффициенты приоритетности водоподачи на орошение при дефиците оросительной воды в поливной период.

Региональные органы Госкомгидромета предоставляют данные о прогнозных притоков воды в водохранилища в расчетный период.

Ниже приводятся следующие обозначения:

$i = 1,2,\ldots, m$ - индексы водохранилищ и прилегающих к ним участков нижнего бьефа;

$\nu = 1,2,\ldots, P$ – индексы головных водозаборов участка;

$t = 1,2,\ldots, n$ – индексы декад месяцев в расчетный период;

$t = 1,2,\ldots, K$ – индексы декад месяцев в период наполнения водохранилищ;

$t = K+1, K+2, \ldots, n$ – индексы декад месяцев в период сработки водохранилищ;

Q_{it} – восстановленный прогнозный приток к i -му водохранилищу в t -ую декаду;

$q_{i\nu t}$ – плановый расход с i -го участка ν -го головного водозабора в t -ую декаду;

$\Delta q'_{i\nu t}$ – плановый расход приоритетных потребителей с i -го участка ν -го головного водозабора в t -ую декаду;

$\Delta q_{i\nu t}$ – плановый расход на орошение с i -го участка ν -го головного водозабора в t -ую декаду;

$U_{\tau it}$ – приоритетный транзитный попуск с i -го водохранилища в t -ую декаду;

U_{ei} – предельный транзитный попуск с i -го водохранилища;

ΔW_{it} – прогнозные потери воды из i -го водохранилища в t -ую декаду;

W_{io} – фактический объем наполнения i -го водохранилища в начале расчетного периода;

W_{ie} – полезный объем наполнения i -го водохранилища;

a_i – коэффициент приоритетности водоподачи на орошение i -го участка, вводимый при дефиците оросительной воды;

b_{it} – коэффициент приоритетности водоподачи на орошение i -го участка в t -ую декаду, вводимый при дефиците оросительной воды.

3.2. Порядок расчета

Расчет производится последовательно по участкам, начиная с первого (верхнего), для которого устанавливают:

суммарные плановые расходы приоритетных потребителей

$$q'_{it} = \sum_{\nu=1}^{p} \Delta q'_{i\nu t} \; ; \qquad (3.1)$$

суммарные плановые расходы на орошение

$$q_{it} = \sum_{\nu=1}^{p} \Delta q_{i\nu t} \; ; \qquad (3.2)$$

суммарные плановые расходы общего потребления

$$\Sigma q_{it} = q'_{it} + q_{it} + U_{ri t} + \Delta W_{it} \; ; \qquad (3.3)$$

избыток (+) или недостаток (-) суммарных плановых расходов общего потребления относительно прогнозных притоков воды

$$\Delta Q_{it} = Q_{it} - \Sigma q_{it} \; ; \qquad (3.4)$$

режим работы водохранилища в условиях полного удовлетворения суммарных плановых расходов общего потребления

$$W_{it} = W_{io} + \sum_{t=1}^{n} \Delta Q_{it} \; ; \qquad (3.5)$$

При этом объем наполнения водохранилища не должен превышать его полезную емкость, т.е. должно соблюдаться ограничение

$$W_{it} \leq W_{ie} \; ; \qquad (3.6)$$

В случае, если в ряде декад $t-f, f+1, \ldots, k$ имеем

$$W_{it} > W_{ie} \; , \qquad (3.7)$$

то принимаем для них

$$W_{it} = W_{ei} \; ; \qquad (3.8)$$

Дальнейшими расчетами для декады $t-f$ определяют:
общие прогнозные запасы воды

$$W_{if} = W_{io} + \sum_{t=1}^{f} \Delta Q_{it} \; ; \qquad (3.9)$$

дополнительный транзитный попуск из водохранилища

$$\Delta U_{if} = W_{if} - W_{ie} \; ; \qquad (3.10)$$

суммарный транзитный попуск из водохранилища

$$U_{if} = U_{rif} + \Delta U_{if} \quad . \qquad (3.11)$$

Если последний превышает предельный транзитный попуск из водохранилища, т.е. имеем

$$U_{if} > U_{ie} \quad , \qquad (3.12)$$

то его величину устанавливают, исходя из условия

$$U_{if} = U_{ie} \quad , \qquad (3.13)$$

а излишки направляют в аварийный сброс в количестве, определяемом выражением

$$U_{ie} = U_{if} - U_{ie} \quad , \qquad (3.14)$$

где U_{if} находят из условия (3.11).

Дальнейшими расчетами для декад $i-f+1, f+2, \ldots, K$, где $\Delta Q_{it} \geq 0$, определяют:

дополнительный транзитный попуск из водохранилища

$$\Delta U_{it} = \Delta Q_{it} \; ; \qquad (3.15)$$

остальные показатели в соответствии с условиями (3.8), (3.11), (3.12), (3.13), (3.14) при $f = t$.

Для последующих декад $t-K+1, K+2, \ldots, n$, где $\Delta Q < 0$, режим работы водохранилища находят по выражению:

$$W_{it} = W_e + \sum_{t-K+1}^{n} \Delta Q_t \quad . \qquad (3.16)$$

Общий транзитный попуск принимается равным приоритетному попуску.

Для последующих водохранилищ выполняют аналогичные расчеты, принимая расчетный приток воды по выражению

$$Q'_{it} = Q_{it} - Q_{i-1,t} + U_{i-1,t} \quad , \qquad (3.17)$$

где $Q_{i-1,t}$ – прогнозный приток воды к верхнему смежному участку;

$U_{i-1,t}$ – общие транзитные попуски с верхнего смежного участка.

Завершив расчеты, определяют обеспеченность плановых расходов прочих потребителей по формуле

$$\alpha_i = 1 + \sum_{t=1}^{W_{in}/n} q_{it} \, , \qquad (3.18)$$

где W_{in} – запасы (+) или дефицит (–) воды на i -ом участке (водохранилище) в конце расчетного периода.

Дальнейшие расчеты выполняют исходя из следующих условий:

$$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \ldots, \alpha_m > 1 \, ; \qquad (3.19)$$

$$\alpha_1 \leq \alpha_2 \leq \alpha_3 \leq \ldots \leq \alpha_m \, ; \qquad (3.20)$$

$$\alpha_1 > \alpha_2 > \alpha_3 \ldots > \alpha_m \, ; \qquad (3.21)$$

$$\alpha_1 > \alpha_2 < \alpha_3 > \alpha_4 > \ldots < \alpha_m \, ; \qquad (3.22)$$

Условие (3.19) показывает, что прогнозные запасы воды в состоянии удовлетворить суммарные плановые расходы общего потребления на всех участках. На основании этого принимаем:

расходы головных водозаборов

$$U_{int} = q_{int} \, ; \qquad (3.23)$$

режим работы водохранилищ в соответствии с условиями (3.5), (3.8), (3.9);

суммарные и аварийные попуски из водохранилищ в соответствии с условиями (3.11), (3.13), (3.14), (3.15).

Условие (3.20) показывает, что обеспеченность плановых расходов прочих потребителей возрастает по течению воды, и это не дает возможность откорректировать распределение водных ресурсов в целом по источнику орошения. В этом случае каждый участок рассматривается как автономный источник орошения с водохранилищем. При этом отдельно участки могут отвечать условиям:

$$\alpha_i \geq 1{,}0 \, ; \qquad (3.24)$$

$$\alpha_i < 1{,}0 \, . \qquad (3.25)$$

Условие (3.25) показывает, что прогнозные запасы водных ресурсов на участке не в состоянии обеспечить общие плановые расходы потребления, что обуславливает необходимость снижения обеспеченности водоподачи на орошение. Зарегулированность стока позволяет распределить прогнозный дефицит водных ресурсов дифференцированно на весь расчетный период с учетом коэффициентов приоритетности. Дальнейшие расчеты в этом случае выполняются в зависимости от следующих условий

$$W_{ik} < W_{ei} \; ; \qquad (3.26)$$

$$W_{ik} = W_{ei} \; . \qquad (3.27)$$

Условие (3.26) показывает, что прогнозные запасы воды в водохранилище к концу периода наполнения меньше, чем его полезная емкость. Это позволяет распределить общий дефицит водных ресурсов на весь расчетный период, включая и период наполнения водохранилища. В этом случае дальнейшими расчетами определяют:

условную обеспеченность водоподачи на орошение в целом на расчетный период

$$\beta_i = \frac{\sum_{t=1}^{n} q_{it} + W_{in}}{\sum_{t=1}^{n} b_{it} \; q_{it}} \; ; \qquad (3.28)$$

расчетную обеспеченность водоподачи на орошение по времени

$$\alpha_{it} = \beta_i \, b_{it} \; ; \qquad (3.29)$$

откорректированный режим работы водохранилища

$$W'_{it} = W_{it} + \sum_{t=1}^{n} (1 - \alpha_{it}) \, q_{it} \; . \qquad (3.30)$$

Снижение против планового расхода на орошение ведет к увеличению запасов воды в водохранилище, общая величина которых не должна превышать полезную емкость водохранилища, т.е. должно соблюдаться ограничение

$$W'_{it} \leq W_{ie} \; . \qquad (3.31)$$

Если условие (3.31) соблюдается, то дальнейшими расчетами устанавливают:

расчетные расходы на орошение по каждому головному водозабору

$$\Delta U_{ivt} = \alpha_{it} \Delta q_{ivt} \; ; \qquad (3.32)$$

расчетные расходы головных водозаборов

$$U_{ivt} = \Delta q'_{ivt} + \Delta U_{ivt} \; ; \qquad (3.33)$$

транзитные попуски из водохранилищ

$$U_{it} = U_{irt} \; . \qquad (3.34)$$

Если условие (3.31) не соблюдается, то величина обеспеченности устанавливается отдельно для периодов наполнения и сработки водохранилищ . Для периода наполнения водохранилищ общая величина дефицита водных ресурсов принимается равной свободной емкости водохранилищ. Поэтому условную обеспеченность водоподачи на орошение в этот период рассчитывают по формуле

$$\beta_{ik} = \frac{\sum_{t=1}^{k} q_{it} - (W_{ie} - W_{ik})}{\sum_{t=1}^{n} b_{it} \; q_{it}} \; . \qquad (3.35)$$

Условную обеспеченность водоподачи на орошение в период сработки водохранилищ определяют с учетом частичного покрытия общего дефицита водных ресурсов в период наполнения водохранилища на величину его свободной емкости по формуле

$$\beta_{ik} = \frac{\sum_{t=k+1}^{n} q_{it} + W_{in} + (W_{ei} - W_{ik})}{\sum_{t=k+1}^{n} b_{it} \; q_{it}} \; . \qquad (3.36)$$

Расчетную обеспеченность водоподачи на орошение во времени для соответствующих периодов определяют из выражений

$$\alpha_{it} = \beta_{ik} b_{it} \qquad (t = 1, 2, \ldots, k) \qquad (3.37)$$

$$\alpha_{it} = \beta_{in} b_{it} \qquad (t = k+1, k+2, \ldots, n); \qquad (3.38)$$

Дальнейшими расчетами определяют показатели в соответствии с условиями (3.30), (3.32), (3.33) и (3.34).

Условие (3.27) показывает, что прогнозные запасы водных ресурсов в период наполнения водохранилища превышает его полезную емкость. В этом случае нет необходимости в период наполнения ограничивать плановую водоподачу, а имеющийся дефицит водных ресурсов распределять между потребителями только в период сработки водохранилищ.

Исходя из этого, для периода наполнения водохранилища ($t = 1, 2, \ldots, K$) показатели, определенные ранее зависимостями (3.5), (3.8), (3.11), (3.13), (3.14), (3.15) и (3.19), принимают за расчетные.

Для периода сработки водохранилища ($t = K+1, K+2, \ldots, n$) дальнейшими расчетами определяют:

условную обеспеченность водоподачи на орошение в целом за расчетный период

$$\beta_{in} = \frac{\sum_{t=1}^{n} q_{it} + W_{in}}{\sum_{t=1}^{n} b_{it}\, q_{it}}; \qquad (3.39)$$

остальные показатели в соответствии с условиями (3.38), (3.30), (3.32), (3.33) и (3.34).

Условие (3.21) показывает, что обеспеченность плановых расходов на орошение снижается по течению воды, что обусловливает их выравнивание за счет перераспределения прогнозных водных ресурсов между участками.

Исходя из этого, дальнейшими расчетами определяют:

условную обеспеченность водоподачи на орошение источника орошения в целом за расчетный период

$$\beta = \frac{\sum_{i=1}^{m} \sum_{t=1}^{n} q_{it} + \sum_{i=1}^{m} W_{in}}{\sum_{i=1}^{m} \sum_{t=1}^{n} a_i\, q_{it}}; \qquad (3.40)$$

расчетную обеспеченность водоподачи на орошение каждого участка в целом за расчетный период

$$\alpha'_i = a_i \beta . \qquad (3.41)$$

Последние показатели оценивают в целом перераспределение

водных ресурсов между участками. Однако их реализацию следует оценить во времени расчетного периода, исходя из возможности регулирования водных ресурсов имеющимися емкостями каскада водохранилищ. С этой целью дальнейшими расчетами, начиная с верхнего первого участка, определяют:

дополнительные транзитные попуски перераспределения водных ресурсов в нижерасположенные участки

$$\Delta U'_{it} = (\alpha'_i - \alpha') q_{it} ; \qquad (3.42)$$

дополнительные объемы перераспределения водных ресурсов в пределах расчетного периода за счет снижения обеспеченности водоподачи на орошение

$$\Delta q_{it} = q_{it} - \alpha'_i q_{it} ; \qquad (3.43)$$

откорректированный режим работы водохранилища с учетом перераспределения водных ресурсов

$$W'_{it} = W_{it} + \sum_{t=1}^{n} \Delta q_{it} + \sum_{t=1}^{n} \Delta U'_{it} . \qquad (3.44)$$

Для последующих водохранилищ ($i = 2,3,\ldots, m$) определяют аналогичные показатели в соответствии с условиями (3.42)*, (3.43) и (3.44) и дополнительно к ним суммарные дополнительные попуски с водохранилищ

$$\Sigma \Delta U'_{it} = \Delta U'_{it} + \Sigma \Delta U'_{i-1,t} ; \qquad (3.45)$$

При этом допускаются случаи:

$$\Sigma \Delta U'_{it} > 0 ; \qquad (3.46)$$

$$\Sigma \Delta U'_{it} \leqslant 0 . \qquad (3.47)$$

Условие (3.46) показывает, что в отдельные декады транзитные попуски из верхних водохранилищ не в состоянии обеспечить расчетный режим работы водохранилища. Это обусловливает необходимость его дополнительной корректировки, исходя из условий:

---

*со знаком плюс - дополнительные объемы аккумуляции.

$$W''_{it} = W'_{it} - \sum_{t=1}^{n} \Sigma \Delta U'_{it} \; ; \qquad (3.48)$$

$$\sum_{t=1}^{n} \Sigma \Delta U'_{it} \geq 0 \; . \qquad (3.49)$$

Когда для всех водохранилищ выполняется условие (3.47), проверяют ограничение

$$W'_{it} \leq W_{ie} \quad \text{или} \quad W''_{it} \leq W_{ie} \; . \qquad (3.50)$$

Если для ряда водохранилищ ограничение (3.50) не соблюдается, то рассматривается возможность перераспределения их расчетных запасов в вышерасположенных водохранилищах, где они в период наполнения будут аккумулироваться, а в период сработки - пополнять запасы воды в нижерасположенных водохранилищах. В этом случае общие дополнительные объемы аккумуляции стока в верховых водохранилищах определяют по выражению

$$\Delta U = \sum_{i=1}^{p} \sum_{t=1}^{k} \Delta U'_{it} \; ; \qquad (3.51)$$

при условии

$$\sum_{i=1}^{p} \sum_{t=1}^{k} \Delta U'_{it} \leq \sum_{i=1}^{n} (W_{ie} - W''_{ik}) \; ; \qquad (3.52)$$

при условии

$$\sum_{i=1}^{p} \sum_{t=1}^{k} \Delta U'_{it} > \sum_{i=1}^{n} (W_{ie} - W''_{ik}) \; ; \qquad (3.53)$$

$$\Delta U = \sum_{i=1}^{n} (W_{ie} - W''_{ik}) \qquad (3.51a)$$

где $i = 1, 2, \ldots, p$ - индексы водохранилищ, где не соблюдается условие (4.50);

$i = 1, 2, \ldots, n$ - индексы верховых водохранилищ, где аккумулируются избыточные расчетные запасы воды.

Для водохранилищ $i = 1,2,\ldots, p$ дальнейшими расчетами определяют

откорректированный режим работы водохранилища в период наполнения ($i = 1,2,\ldots, k$);

$$W''_{it} = W'_{it} - \mu \sum_{t=1}^{k} \Delta U'_{it} ; \qquad (3.54)$$

то же, в период сработки водохранилища ($t = k+1, k+2, \ldots, n$)

$$W''_{it} = W'_{it} - \mu \sum_{t=1}^{k} \Delta U'_{it} + \sum_{t=k+1}^{n} \delta_{it} , \qquad (3.55)$$

где

$$\mu = \frac{\Delta U}{\sum_{i=1}^{p} \sum_{t=1}^{k} \Delta U'_{it}} ; \qquad (3.56)$$

δ_{it} – дополнительные попуски из верховых водохранилищ $i = 1,2,\ldots, n$ определяемые по формуле

$$\delta_{it} = W_{ie} - \left(W'_{it} - \mu \sum_{t=1}^{k} \Delta U'_{it}\right) ; \qquad (3.57)$$

при ограничениях

$$\delta_{it} \leq \mu \sum_{t=1}^{k} \Delta U_{it} . \qquad (3.58)$$

Если $\delta < 0$, принимается $\delta = 0$ (3.59)

При тождестве условия (3.58) последующий режим работы водохранилища принимается

$$W''_{it} = W'_{it} . \qquad (3.60)$$

Для верховых водохранилищ $i = 1,2,\ldots, n$ режим работы в период их наполнения определяют по формуле

$$W''_{it} = W'_{it} + \gamma_i \mu \sum_{i=1}^{p} \sum_{t=1}^{k} \Delta U'_{it} ; \qquad (3.61)$$

где

$$\gamma_i = \frac{W_{ie} - W'_{ik}}{\Delta U} ; \qquad (3.62)$$

при ограничении

$$\gamma_1+\gamma_2+\ldots+\gamma_n\leq 1 . \qquad (3.63)$$

Дополнительные объемы аккумуляции распределяют, начиная с водохранилища, смежного к группе i = I,2,..., p и если для очередного водохранилища "X" из группы i = I,2,..., n, имеем

$$\gamma_1+\gamma_2+\ldots+\gamma_x>1 ; \qquad (3.64)$$

то принимается

$$\gamma_x=1-\sum_{i=1}^{x-1}\gamma_i . \qquad (3.65)$$

Режим работы водохранилищ i = I,2,..., n в период сработки $t=K+1, K+2, \ldots, n$ определяется выражением

$$W''_{it}=W'_{it}+\gamma_i\mu\sum_{i=1}^{p}\sum_{t=1}^{K}\Delta U'_{it}-\gamma_i\sum_{i=1}^{p}\sum_{t=K+1}^{n}\delta_{it} . \qquad (3.66)$$

Далее, для водохранилищ i = I,2,..., p вновь проверяется ограничение (3.50) и если оно для отдельных, водохранилищ не выдерживается, то для них дальнейшими расчетами определяют:

откорректированную обеспеченность водоподачи на орошение в период наполнения водохранилища (t = I,2,..., K)

$$\alpha''_i=\alpha'_i+\frac{W''_{iK}-W_{ie}}{\sum_{t=1}^{K}q_{it}} ; \qquad (3.67)$$

то же, в период сработки водохранилища ($t=K, K+1, \ldots, n$)

$$\alpha''_i=\alpha'_i-\frac{W''_{iK}-W_{ie}}{\sum_{t=K+1}^{n}q_{it}} ; \qquad (3.68)$$

откорректированный режим работы водохранилища

$$W'''_{it}=W''_{it}-\sum_{t=1}^{n}(\alpha''_i-\alpha'_i)q_{it} . \qquad (3.69)$$

Установив режимы работы водохранилищ и обеспеченность водоподачи на орошение, оценивают возможность корректировки последних с учетом приоритетности по времени, исключая

водохранилища, не выдержавших ограничение (3.50). С этой целью дальнейшими расчетами определяют

обеспеченность водоподачи на орошение по времени

$$\alpha_{it} = b_{it}\, d \;, \tag{3.70}$$

где

$$d = \alpha_i' \frac{\sum_{t=1}^{n} q_{it}}{\sum_{t=1}^{n} b_{it}\, q_{it}} = const \;; \tag{3.71}$$

откорректированный режим работы водохранилищ

$$W_{it}''' = W_{it}'' + \sum_{t=1}^{n} (\alpha_i' - \alpha'_{it})\, q_{it} \;; \tag{3.72}$$

при ограничении

$$W_{it}''' \leqslant W_{ie} \;; \tag{3.73}$$

Если ограничение не выдерживается, то обеспеченность водоподачи на орошение по времени для таких водохранилищ, а также водохранилищ, для которых определялось условие (3.69), устанавливается только для периода их сработки ($t = K+1$, $K+2$, ... , n)

$$\alpha'_{it} = \alpha_i' b_{it} \frac{\sum_{t=K+1}^{n} q_{it}}{\sum_{t=1}^{n} b_{it}\, q_{it}} \;; \tag{3.74}$$

$$W_{it}''' = W_{it}'' + \sum_{t=K+1}^{n} (\alpha_i' - \alpha'_{it})\, q_{it} \;. \tag{3.75}$$

Установив окончательно режимы работы водохранилищ и обеспеченность водоподачи на орошение, дальнейшими расчетами определяют:

расчетные расходы на орошение по каждому головному водозабору

$$\Delta U_{\nu it} = \alpha'_{it}\, \Delta q_{i\nu t} \;; \tag{3.76}$$

расчетные расходы головных водозаборов

$$U_{i\nu t} = \Delta q'_{i\nu t} + \Delta U_{i\nu t} \;; \tag{3.77}$$

– общие транзитные попуски с водохранилищ

$$U'_{it} = U_{it} - \sum \Delta U'_{it} - \gamma_i \mu \sum_{i=1}^{p} \sum_{t=1}^{k} \Delta U'_{it} + \gamma_i \sum_{i=1}^{h} \sum_{t=k+1}^{n} \delta_{it} \; ; \qquad (3.78)$$

– расчетный приток воды на участок

$$Q'_i = Q_{it} - Q_{i-1,t} + U'_{i-1,t} \qquad (3.79)$$

Условие (3.22) показывает, что не представляется возможность выравнять обеспеченность в целом по источнику орошения, а лишь по отдельным группам участков. С этой целью начиная с верховья источника орошения выделяются группы участков i=I,2...C, отвечающих условию (3.2I) по каждой из которых определяют условную обеспеченность прочих потребителей в соответствии с условиями (3.40) и (3.4I). Затем вновь анализируются обеспеченности прочих потребителей в целом по источнику орошения с позиции уточнения состава групп участков i=I,2...C и т.д. вплоть до окончательного их установления.

Для каждого участка, не вошедшего в группы i=I,2...C, устанавливаются необходимые показатели в соответствии с решениями, наложенными для условия (3.20), а для каждой группы участков i=I,2,...C – для условия (3.2I), рассматривая их как автономные источники орошения.

3.3. Пример расчета

Исходными данными являются:

– схема источника орошения с каскадом ирригационных водохранилищ на рис. 3.I;

– прогнозные и плановые показатели, представленные в табл.3.I.

По представленным данным для первого участка определяются (табл.3.2):

– по формуле (3.I) суммарные плановые расходы приоритетных потребителей (колонка 4);

– по формуле (3.2) суммарные плановые расходы на орошение (колонка 5);

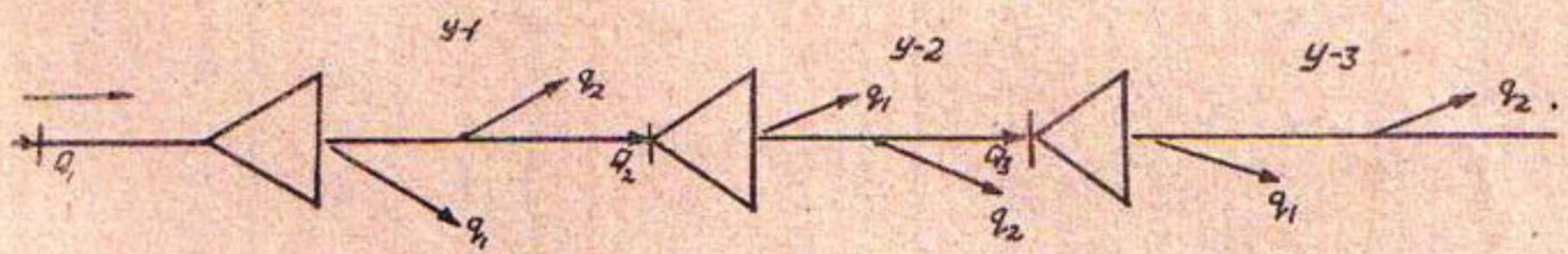

Рис. 4.I Линейная схема источника орошения с каскадом ирригационных водохранилищ

– по формуле (3.3) суммарные плановые расходы общего потребления (колонка 6);

– по формуле (3.4) избыток (+) или недостаток (–) последних относительно прогнозных притоков воды (колонка 7);

– по формуле (3.5) режим работы водохранилища в условиях полного удовлетворения суммарных плановых расходов общего потребления (колонка 8).

Как следует из расчетов во второй декаде мая прогнозные запасы воды превысили полезную емкость водохранилища, т.е. отвечает условию (3.7). Поэтому для данной декады расчеты выполнены в соответствии с формулами (3.8), (3.9), (3.10) и (3.11); для третьей декады мая, первой и второй декады июня по формулам (3.15), (3.8) и (3.11), для последующих декад по формуле (3.16).

Значения дополнительных и общих транзитных попусков внесены в колонки (9) и (10).

Дальнейшие расчеты по второму и третьему участку выполнены аналогичным образом и их результаты занесены в соответствующие колонки таблицы 3.2.

По результатам расчетов определяем обеспеченности водоподачи на орошение по формуле (3.18)

$$\alpha_1 = 1 + \frac{70}{1066} = 1{,}066 \qquad \alpha_2 = 1 - \frac{130}{1445} = 0{,}910$$

$$\alpha_3 = 1 - \frac{235}{1715} = 0{,}863$$

Устанавливаем, что обеспеченности водоподачи на орошение отвечают условию (3.21), откуда дальнейшими расчетами определяются:

– по формуле (3.40) условную обеспеченность водоподачи на орошение источника орошения в целом за расчетный период

$$\beta = \frac{1065 + 1445 + 1715 + (70-130-235)}{1{,}0 \cdot 1065 + 1{,}1 + 1445 + 1{,}15 \cdot 1715} = 0{,}847$$

– по формуле (3.41) условные обеспеченности водоподачи на орошение участков.

$\beta_1 = 1{,}0 \cdot 0{,}847 = 0{,}847$; $\beta_2 = 1{,}1 \cdot 0{,}847 = 0{,}932$;

$\beta_3 = 1{,}15 \cdot 0{,}847 = 0{,}974$

– по формуле (3.42) дополнительные транзитные попуски или объемы аккумуляции (колонка 11);

– по формуле (3.43) дополнительные объемы перераспределения водных ресурсов (колонка 12);

– по формуле (3.44) откорректированный режим работы водохранилища (колонка 13);

– по формуле (3.45) суммарные дополнительные попуски (колонка 14). Как следует из результатов расчета последние для третьего водохранилища отвечают условию (3.46) с апреля по май месяц, исходя из чего дополнительно корректируем режим работы данного водохранилища по формуле (3.48) (колонка 15).

Далее отмечается для второго водохранилища несоблюдение ограничения (3.50), исходя из чего устанавливаем

$$\sum_{i=1}^{p} \sum_{t=1}^{k} \Delta U'_{it} = 11{,}7 \text{ млн.м}^3$$

$$W_{ie} - W'_{ik} = 614 - 590 = 24 \text{ млн.м}^3$$

в соответствии с условием (3.52) принимаем

$$\Delta U = \sum_{i=1}^{p} \sum_{t=1}^{k} \Delta U'_{it} = 11{,}7 \text{ млн.м}^3$$

– по формуле (3.54) откорректированный режим работы водохранилища в период наполнения принимаем в соответствии с условием (3.56) (колонка 16)

$$\mu = \frac{11{,}7}{11{,}7} = 1{,}0$$

– по формуле (3.55), (3.60) и в соответствии с условиями (3.57),(3.58),(3.59) то же в период сработки водохранилища (колонка 15), получая:

– во второй декаде июня

$$\delta'_1 = 0;$$

– в третьей декаде июня

$$\delta'_2 = 700 - (671 + 11{,}7) = 17{,}7$$

или в соответствии с условием (3.58) принимается

$$\sigma_2^{\sim} = 17,7$$

Для первого водохранилища определяются:

- по формуле (3.61) откорректированный режим работы в период его наполнения (колонка 15); принимая по условию (3.62)

$$\gamma_1 = \frac{614 - 596}{11,7} = 1,0$$

- по формуле (3.66) откорректированный режим работы в период сработки водохранилища (колонка 15).

Результаты расчета показывают, что для второго водохранилища вновь не выдерживается условие (3.50), т.е.

$$W''_{2к} = 736 \text{ млн.м}^3 > W_{2к} = 700 \text{ млн.м}^3$$

Дальнейшими расчетами определяются

- по формуле (3.67) откорректированная обеспеченность водоподачи на орошение в период наполнения водохранилища

$$\alpha''_2 = 0,932 + \frac{736 - 700}{530} = 1$$

- по формуле (3.68) то же в период сработки водохранилища

$$\alpha''_2 = 0,932 - \frac{736 - 700}{915} = 892$$

- по формуле (3.69) откорректированный режим работы водохранилища (колонка 16).

Для оценки возможности установления обеспеченности водоподачи на орошение с учетом приоритетности по времени первого и третьего водохранилища дальнейшими расчетами определяются:

- по формуле (3.71) постоянные

$$\alpha_1 = 0,847 - \frac{1065}{1126} = 0,805 \qquad \alpha_2 = \frac{1715}{1816} = 0,923$$

- по формуле (3.70) обеспеченности водоподачи на орошение по времени (колонка I7).

Для второго водохранилища в период его сработки дальнейшими расчетами определяются:

- по формуле (3.74) обеспеченность водоподачи на орошение по времени (колонка I7);

- по формуле (3.75) откорректированный режим работы водохранилищ (колонка I8).

Дальнейшие результаты расчетов сводим в выходную таблицу (4.3), где определены:

- по формуле(3.76) расчетные расходы на орошение по каждому головному водозабору (колонки 6 и 9);

- по формуле (3.77) расчетные расходы головных водозаборов (колонки 4 и 7);

- по формуле (3.78) общие транзитные попуски с водохранилищ (колонка I2);

- по формуле (3.79) расчетный приток воды на участок (колонка 3).

Плановые расходы приоритетных потребителей (колонки 5 и 8) перенесены из табл. 3.I, обеспеченность водоподачи на орошение и режим работы водохранилищ (колонки I0 и 9) из таблицы 3.2.

Таблица 3.I

Прогнозные и плановые исходные данные по источнику орошения с каскадом водохранилищ, млн.м³

Месяц	Декада	Q_{it}	q_{it}	$\Delta q'_{it}$	$\Delta q''_{it}$	q_{izt}	$\Delta q'_{izt}$	$\Delta q''_{izt}$	U_{izt}	ΔW_{it}	B_{it}
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2
			W_{e_1}=470			W_{e_2}=6I4			α_1=I,0		
Апрель	I	I20	20	5	I5	20	5	I5	I0	5	I,0C
	II	85	20	5	I5	25	5	20	I0	5	I,00
	III	90	25	5	20	25	5	20	I0	5	I,00
Май	I	90	25	5	20	30	5	25	I0	I0	I,05
	II	I25	35	I0	25	30	5	25	50	I0	I,05
	III	I45	35	I0	25	35	5	30	65	I0	I,05
Июнь	I	I35	40	I0	30	35	5	30	50	I0	I,I0
	II	I00	40	I0	30	40	5	35	I0	I0	I,I0
	III	50	45	I0	35	40	5	35	I0	I0	I,I0
Июль	I	50	45	I0	35	45	5	40	I0	5	I,I0
	II	55	50	I0	40	45	5	40	I0	5	I,I0
	III	60	50	I0	40	50	5	45	I0	5	I,I0
Август	I	55	50	I0	40	45	5	40	I0	5	I,05

Продолжение табл. 3.I

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2
	II	45	45	I0	35	40	5	35	I0	5	I,05
	III	40	40	I0	30	35	5	30	I0	5	I,05
Сентябрь	I	30	30	5	25	35	5	30	I0	5	I,05
	II	30	30	5	25	35	5	30	I0	5	I,00
	III	30	30	5	25	35	5	30	I0	5	I,00
			W_{02}=600			W_{e_2}=700			a_2=I,I		
Апрель	I	240	30	5	25	30	5	25	I0	5	I,00
	II	I75	35	5	30	35	5	30	I0	5	I,00
	III	I90	40	5	35	40	5	35	I0	5	I,00
Май	I	200	50	I0	40	45	5	40	I0	I0	I,05
	II	225	55	I0	45	45	5	40	I0	I0	I,05
	III	250	55	I0	45	50	5	45	I0	I0	I,05
Июнь	I	245	60	I0	50	50	5	45	I0	I0	I,I0
	II	2I0	60	I0	50	55	5	50	I0	I0	I,I0
	III	I00	65	I0	55	55	5	50	I0	I0	I,I0
Июль	I	80	65	I0	55	60	5	55	I0	5	I,I0
	II	75	65	I0	55	60	5	55	I0	5	I,I0
	III	75	70	I0	60	55	5	50	I0	5	I,I0

Продолжение табл. 3.I

I	2	3	4	5	6	7	8	9	IO	II	I2
Август	I	70	55	IO	45	50	5	45	IO	5	I,05
	II	60	50	IO	40	45	5	40	IO	5	I,05
	III	55	45	IO	35	40	5	35	IO	5	I,05
Сентябрь	I	40	35	5	30	35	5	30	IO	5	I,00
	II	40	30	5	25	30	5	25	IO	5	I,00
	III	40	25	5	20	25	5	20	IO	5	I,00
		W_{o3}=400				$We_{\bar{s}}$=700			a_3=I,I5		
Апрель	I	380	40	5	35	35	5	30	IO	IO	I,00
	II	285	45	5	40	40	5	35	IO	IO	I,00
	III	320	50	5	45	45	5	40	IO	IO	I,00
Май	I	330	60	IO	50	50	5	45	IO	I5	I,05
	II	3I5	60	IO	50	55	5	50	IO	I5	I,05
	III	335	65	IO	55	55	5	50	IOO	I5	I,05
Июнь	I	395	65	IO	55	60	5	55	IO	I5	I,IO
	II	340	70	IO	60	60	5	55	IO	I5	I,IO
	III	I70	70	IO	60	65	5	60	IO	I5	I,IO

Продолжение табл. 3.I

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2
Август	I	I05	65	I0	55	55	5	50	I0	I0	I,05
	II	95	60	I0	50	50	5	45	I0	I0	I,05
	III	90	55	I0	45	45	5	40	I0	I0	I,05
Сентябрь	I	70	45	5	40	40	5	35	I0	I0	I,00
	II	70	40	5	35	35	5	30	I0	I0	I,00
	III	70	35	5	30	30	5	25	I0	I0	I,00

Таблица расчета головных водозаборов и режимов работы каскада водохранилищ на источнике орошения

Таблица 3.2

Месяц	Декада	Q_{ie}	q'_{ie}	q_{ie}	Σq_{ie}	ΔQ_{ie}	W_{ie}	ΔW_{ie}	U_{ie}	$\Delta W'_{ie}$	Δq_{ie}	W'_{ie}	$\Sigma \Delta W'_{ie}$	W''_{ie}		α_{ie}	W'''_{ie}	U_{ie}
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	II	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9
					W_{e_1}=624					W_{e_2}=470			α_1=I,0					
Апрель	I	I20	I0	30	55	65	535	0	I0	-6,6	4,6	533	-6,6	534		0,80	535	I5,5
	II	85	I0	35	60	25	560	0	I0	-7,7	5,4	556	-7,7	558		0,80	56I	I6,4
	III	90	I0	40	65	25	585	0	I0	-8,8	6,I	578	-8,8	582		0,80	587	I7,3
Май	I	90	I0	45	75	I5	600	0	I0	-9,9	6,9	590	-9,9	596		0,84	60I	I8,0
	II	I25	I5	50	85	40	600	0	50	-II,0	7,6	587	-II,0	595		0,84	600	59,0
	III	I45	I5	55	90	55	600	0	65	-I2,0	8,4	583	-I2,0	593		0,84	599	75,0
Июнь	I	I35	I5	60	95	40	600	0	50	-I3,2	9,2	579	-I3,2	59I		0,88	595	63,2
	II	I00	I5	65	I00	0	600	0	I0	-I4,3	I0,0	575	-I4,3	587		0,88	589	35,0
	III	50	I5	70	I05	-55	545	0	I0	-I5,6	I0,7	5I5	-I5,6	5I5		0,88	5I5	25,6
Июль	I	50	I5	75	I05	-55	490	0	I0	-I6,4	II,5	455	-I6,4	455		0,88	45I	36,4
	II	55	I5	80	II0	-55	435	0	I0	-I7,5	I2,2	395	-I7,5	395		0,88	390	27,5
	III	60	I5	85	II5	-55	380	0	I0	-I8,6	I3,0	334	-I8,6	334		0,88	325	28,6
Август	I	55	I5	80	II0	-55	325	0	I0	-I7,5	I2,2	274	-I7,5	274		0,84	286	27,5
	II	45	I5	70	I00	-55	270	0	I0	-I5,6	I0,7	2I4	-I5,6	2I4		0,84	208	25,6
	III	40	I5	60	90	-50	220	0	I0	-I3,2	9,2	I80	-I3,2	I80		0,84	I73	23,2
Сентябрь	I	30	I0	55	80	-50	I70	0	I0	-I2,0	8,4	I07	-I2,0	I07		0,80	I02	22,0
	II	30	I0	55	80	-50	I20	0	I0	-I2,0	8,4	53	-I2,0	53		0,80	5I	22,0
	III	30	I0	55	80	-50	70	0	I0	-I2,0	8,4	0	-I2,0	0		0,80	0	22,0
					W_{e_2}=600					W_{e_2}=700			α_2=I,I					
Апрель	I	I30	I0	50	75	55	655	0	I0	I,I	3,4	659	-5,5	658	655	I,00	655	I5,5
	II	I00	I0	60	85	I5	670	0	I0	I,3	4,I	660	-6,3	673	670	I,00	670	I6,3
	III	II0	I0	70	95	I5	685	0	I0	I,5	4,8	70I	-7,3	697	685	I,00	685	I7,3
Май	I	I20	I5	80	II5	5	690	0	I0	I,8	5,4	7I3	-8,I	707	690	I,00	690	I8,I
	II	I50	I5	85	I20	30	700	20	30	I,9	5,7	73I	-9,I	723	700	I,00	700	39,I
	III	I70	I5	90	I25	45	700	45	55	2,0	6,I	729	-I0,0	729	700	I,00	700	65,0

Продолжение табл. 3.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Июнь	I	160	15	95	130	30	700	20	30	2,1	6,5	748	-11,1	736	700	1,000	700	41,1
	II	120	15	100	135	-15	685	0	10	2,2	6,8	742	-12,1	730	698	0,920	696	22,1
	III	60	15	105	140	-80	605	0	10	2,3	7,2	671	-13,3	671	643	0,920	637	23,3
Июль	I	40	15	110	140	-100	505	0	10	2,4	7,5	581	-14,0	581	557	0,920	546	24,0
	II	30	15	110	140	-110	395	0	10	2,4	7,5	481	-15,1	481	462	0,920	450	25,1
	III	25	15	100	130	-105	290	0	10	2,2	6,8	385	-16,4	385	360	0,920	345	26,4
Август	I	25	15	90	120	-95	195	0	10	2,0	6,1	298	-15,5	298	287	0,876	274	25,5
	II	25	15	80	110	-85	110	0	10	1,8	5,4	220	-13,8	220	218	0,876	206	23,8
	III	25	15	70	100	-75	35	0	10	1,5	4,8	151	-11,7	151	145	0,876	134	21,7
Сентябрь	I	20	10	60	85	-65	-30	0	10	1,3	4,1	92	-10,7	92	89	0,835	81	20,7
	II	20	10	50	75	-55	-35	0	10	1,1	3,4	42	-10,9	42	40	0,835	35	20,9
	III	20	10	40	65	-45	-130	0	10	0,9	2,7	0	-11,1	0	0	0,835	0	21,1
					W_{6_3}=400					W_{6_1}=700			a_3=1,15					
Апрель	I	150	10	65	95	55	455	0	10	7,2	1,7	464	1,7	462		0,920	466	10,0
	II	120	10	75	105	15	470	0	10	8,3	1,9	489	2,0	485		0,920	483	10,0
	III	130	10	85	115	15	485	0	10	9,4	2,2	516	2,1	510		0,920	522	10,0
Май	I	140	15	95	135	5	490	0	10	10,6	2,5	534	2,5	526		0,966	539	10,0
	II	170	15	100	140	30	520	0	10	11,1	2,6	577	2,0	568		0,966	564	10,0
	III	190	15	105	145	45	565	0	10	11,6	2,7	637	1,6	627		0,966	641	10,0
Июнь	I	180	15	110	150	30	595	0	10	12,2	2,9	682	1,1	670		1,012	680	10,0
	II	140	15	115	156	-15	580	0	10	12,8	3,0	683	0,7	689		1,012	676	10,0
	III	80	15	120	160	-80	500	0	10	13,3	3,1	619	0,0	606		1,012	608	10,0
Июль	I	60	15	125	160	-100	400	0	10	13,8	3,2	536	-0,2	523		1,012	521	10,0
	II	50	15	125	160	-110	290	0	10	13,8	3,2	443	-1,3	431		1,012	427	10,0
	III	45	15	115	150	-105	185	0	10	12,8	3,0	354	-3,6	346		1,012	334	10,0
Август	I	45	15	105	140	-95	90	0	10	11,6	2,7	273	-3,9	269		0,966	259	10,0
	II	45	15	95	130	-85	5	0	10	10,6	2,5	211	-3,8	200		0,966	190	10,0
	III	45	15	85	120	-75	-70	0	10	9,4	2,2	138	-2,3	140		0,966	131	10,0
Сентябрь	I	40	10	75	105	-65	-135	0	10	8,3	1,9	83	-2,4	87		0,920	82	10,0
	II	40	10	65	95	-55	-190	0	10	7,2	1,7	37	-3,7	45		0,920	43	10,0
	III	40	10	55	85	-45	-235	0	10	6,1	1,4	0	-4,0	11		0,920	12	

Таблица 3.3

Результаты расчета по оперативной корректировке графика головных водозаборов и режима работы каскада водохранилищ на источнике орошения, млн.м^3

Месяц	Декада	Q'_{it}	V_{it}	$\Delta q'_{it}$	ΔV_{it}	V_{it}	$\Delta q'_{it}$	ΔV_{it}	α_{it}	W'''_{it}	U'_{it}
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2
			W_{01}=470				W_{e_1}=6I4			α_1=I,0	
Апрель	I	I20	I7,0	5	I2,0	I7,0	5	I2,0	0,80	535	I5,5
	II	85	I7,0	5	I2,0	2I,0	5	I6,0	0,80	56I	I6,4
	III	90	2I,0	5	I6,0	2I,0	5	I6,0	0,80	587	I7,3
Май	I	90	2I,8	5	I6,8	26,0	5	2I,0	0,84	60I	I8,0
	II	I25	3I,0	I0	2I,0	26,0	5	2I,0	0,84	600	59,0
	III	I45	3I,0	I0	2I,0	30,2	5	25,2	0,84	599	75,0
Июнь	I	I35	36,4	I0	26,4	3I,4	5	26,4	0,88	595	63,2
	II	I00	36,4	I0	26,4	35,8	5	30,8	0,88	509	35,0
	III	50	40,8	I0	30,8	35,8	5	30,8	0,88	5I5	25,6
Июль	I	50	40,8	I0	30,8	40,2	5	35,2	0,88	45I	36,4
	II	55	45,2	I0	35,2	40,2	5	35,2	0,88	390	27,5
	III	60	45,2	I0	35,2	44,6	5	39,6	0,88	325	28,6
Август	I	55	43,6	I0	33,6	38,6	5	33,6	0,84	266	27,5
	II	45	39,4	I0	29,4	34,4	5	29,4	0,84	208	25,6

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2
	III	40	35,2	I0	25,2	30,2	5	25,2	0,84	I73	23,2
Сентябрь	I	30	25,0	5	20,0	29,0	5	24,0	0,80	I02	22,0
	II	30	25,0	5	20,0	29,0	5	24,0	0,80	5I	22,0
	III	30	25,0	5	20,0	29,0	5	24,0	0,80	0	22,0
			W_{02}=600			W_{c_2}=700			a_2=I,I		
Апрель	I	I35,5	30,0	5	25,0	30,0	5	25,0	I,00	655	I5,5
	II	I06,4	35,0	5	30,0	35,0	5	30,0	I,00	670	I6,3
	III	II7,3	40,0	5	35,0	40,0	5	35,0	I,00	685	I7,3
Май	I	I28,0	50,0	I0	40,0	45,0	5	40,0	I,00	390	I8,I
	II	I59,0	55,0	I0	45,0	45,0	5	40,0	I,00	700	39,I
	III	I80,0	55,0	I0	45,0	40,0	5	45,0	I,00	700	65,0
Июнь	I	I73,2	60,0	I0	50,0	50,0	5	45,0	I,00	700	4I,I
	II	I45,0	56,0	I0	46,0	5I,0	5	46,0	0,92	695	22,I
	III	75,6	60,6	I0	50,6	5I,0	5	46,0	0,92	637	23,3
Июль	I	66,4	60,6	I0	50,6	55,6	5	50,6	0,92	546	24,0
	II	47,5	60,6	I0	50,6	55,6	5	50,6	0,92	450	25,I
	III	43,6	65,2	I0	55,2	5I,0	5	46,0	0,92	345	26,4
Август	I	42,5	49,42	I0	39,42	44,42	5	39,42	0,876	274	25,5
	II	40,6	45,04	I0	35,04	40,04	5	35,04	0,876	206	23,8
	III	38,2	40,66	I0	30,66	35,66	5	30,66	0,876	I34	2I,7

Продолжение табл. 3.3

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2
Сентябрь	I	32	30,05	5	25,05	30,05	5	25,05	0,835	8I	20,7
	II	32	25,88	5	20,88	25,88	5	20,88	0,835	85	20,9
	III	32	2I,70	5	I6,70	2I,70	5	I6,70	0,835	0	2I,I
				W_{o_3}=400			W_{e_3}=700			α_3=I,I5	
Апрель	I	I55,5	37,20	5	32,20	32,60	5	27,60	0,920	466	I0,0
	II	I26,3	4I,80	5	36,80	37,20	5	32,20	0,920	493	I0,0
	III	I47,3	46,40	5	4I,40	4I,80	5	36,80	0,920	522	I0,0
Май	I	I48,I	58,30	I0	48,30	48,47	5	43,47	0,966	539	I0,0
	II	I29,I	58,30	I0	48,30	53,30	5	48,30	0,966	584	I0,0
	III	200,0	63,I3	I0	53,I3	53,30	5	48,30	0,966	64I	I0,0
Июнь	I	I9I,I	65,66	I0	55,66	60,66	5	55,66	I,0I2	680	I0,0
	II	I52,I	70,72	I0	60,72	60,66	5	55,66	I,0I2	676	I0,0
	III	93,3	70,72	I0	60,72	65,72	5	60,72	I,0I2	608	I0,0
Июль	I	74,0	70,72	I0	60,72	70,78	5	65,78	I,0I2	52I	I0,0
	II	65,I	76,78	I0	65,78	65,72	5	60,72	I,0I2	427	I0,0
	III	6I,4	70,72	I0	60,72	60,66	5	55,66	I,0I2	334	I0,0
Август	I	60,5	63,I3	I0	53,I3	53,30	5	48,30	0,966	259	I0,0
	II	58,8	58,30	I0	48,30	48,47	5	43,47	0,966	I90	I0,0
	III	56,7	53,47	I0	43,47	43,84	5	38,84	0,966	I3I	I0,0
Сентябрь	I	50,7	4I,80	5	36,80	37,20	5	32,20	0,920	820	I0,0
	II	50,9	37,20	5	32,20	32,60	5	27,60	0,920	430	I0,0
	III	5I,I	32,60	5	27,60	28,00	5	23,00	0,920	I20	I0,0

Инструкция
по оперативному межхозяйственному
водораспределению на оросительных
системах

Редактор Е. Ялфимова

Заказ № 482. Объем 4,5 уч.-изд. л Тираж 20 экз.

Отпечатано на ротапринте САНИИРИ
Ташкент, Я. Коласа, 24