

Экономическое обоснование эффективности внедрения суточного планирования водораспределения

А.А. Алимджанов, М.Г. Хорст, М.А. Пинхасов

Научно-информационный центр МКВК, Узбекистан

Введение

Произошедшее в последние годы дробление прежде существовавшей организации орошаемой территории на множество фермерских хозяйств с относительно небольшими поливными участками, на фоне распространенного в регионе орошения по бороздам из самотечных оросительных систем, несколько усложнило управление водными ресурсами на так называемом низовом уровне.

Удовлетворение спроса водопотребителей на воду, обусловленного требованиями сельхозкультур (СХК) на орошение, возможно лишь при чёткой взаимоувязке графиков водоподачи по каналам АВП с графиком водоподачи в отводы АВП из магистрального канала..

Для того, чтобы правильно рассчитать требования СХК на орошение, прежде определяется принадлежность орошаемой территории к тому или иному гидромодульному району (ГМР). Для этих целей используется принятая Республиками Центрально-Азиатского региона Единая шкала ГМР, с учетом которой на основе почвенно-мелиоративных карт выделяются ареалы ГМР. При формировании режимов орошения сельхозкультур исходят из теоретического предположения, что расчётная поливная норма сельхозкультуры равномерно выдается в течение всего поливного/межполивного периода данной сельхозкультуре, т.е. с ежесуточным расходом водоподачи на её орошение, определяемым как:

$$Q_{i\text{СХК}} = (\omega_i * m_i) / (86.4 * t_i) , \quad (1)$$

где:

$Q_{i\text{СХК}}$ - требуемый расход водоподачи в течение поливного периода i -го полива сельхозкультуры, исходя из предположения равномерной выдачи ежесуточной доли от поливной нормы, л/с

ω_i - площадь под сельхозкультурой, орошаемой при « i -ом» поливе, га

m_i - поливная норма по режиму орошения сельхозкультуры при « i -ом» поливе в данных природно-климатической зоне и гидромодульном районе, $\text{м}^3/\text{га}$

t_i - поливной период при « i -ом» поливе сельхозкультуры в данных

природно-климатической зоне и гидромодульном районе, сутки

В пределах одной декады возможна ситуация, когда несколько дней завершается полив СХК с гидромодулем, рассчитанным для данного полива, а в остальные дни декады начинается полив СХК с рассчитанным для следующего полива новым гидромодулем. В связи с этим, декадный гидромодуль, используемый при расчёте сезонного плана водопользования, определяется по формуле:

$$q_{dn} = (q_i * t_{idn} + q_{(i+1)} * t_{(i+1)dn}) / T_{dn}, \quad (2)$$

где:

- q_{dn} - декадный гидромодуль полива сельхозкультуры для n-ой декады с начала вегетационного периода, л/с/га
- q_i - поливной гидромодуль i-го полива сельхозкультуры, л/с/га
- $q_{(i+1)}$ - поливной гидромодуль следующего полива сельхозкультуры, л/с/га
- t_{idn} - число суток i-го полива в n-ую декаду с гидромодулем q_i , сутки
- $t_{(i+1)}$ - число суток следующего полива в n-ую декаду с гидромодулем $q_{(i+1)}$, сутки
- T_{dn} - число суток в n-ой декаде

Таким образом, при разработке сезонного плана водопользования предварительно, с использованием ординат поливных гидромодулей СХК, определяются **декадные ординаты поливных гидромодулей** (л/с/га), необходимые для компенсации водопотребления сельхозкультур, представленных в структуре посевов земель, подкомандных отводам второго порядка¹.

При организации орошения множества фермерских хозяйств (ФХ), с относительно небольшими поливными участками, каждое из ФХ фактически является самостоятельной единицей водопользования. Если руководствоваться **традиционной методикой декадного планирования водораспределения**, ориентированной на крупные единицы водопользования (50-150 га), при которой всем водопотребителям планируется подача воды постоянным током, возникает проблема рассредоточения небольших токов оросительной воды (7...35 л/с) по множеству отводов в ФХ.

Для достижения согласованности графиков водораспределения из магистрального канала и оросительной сети АВП и для сокращения потерь оросительной воды, включая организационные, на объектах проекта «ИУВР Фергана» внедряются приёмы сосредоточенной, водоподачи, реализуемой при суточном планировании водораспределения [1,2].

¹ Ординаты гидромодуля, используемые для учета водопотребления приусадебных участков, принимаются независимо от ГМР и месяца вегетационного периода равными – 0.45 л/с/га

При применении этой технологии водораспределения создаются условия для:

- сокращения непроизводительных потерь оросительной воды
- повышения водообеспеченности сельхозкультур и, как следствие, их урожайности
- сокращения точек одновременного учёта подаваемых расходов

Таким образом, применение этой технологии водораспределения может обеспечить дополнительный, в сравнение с рассредоточенной водоподачей, экономический эффект.

Оценка эффективности суточного планирования водораспределения на примере канала «Сингир-1»

Исходная информация

Канал «Сингир-1», являющийся отводом из ЮФМК, располагается в АВП «С. Касымов» в Булакбашинском районе Андиканской области.

Площадь, подкомандная каналу «Сингир-1», составляет 291,7 га, а протяженность распределительной сети системы этого канала, представленной земляными руслами, составляет 3,48 км. По девяти отводам из этого канала осуществляется водоподача в фермерские хозяйства и на приусадебные участки (рис.).

Все орошаемые земли в контурах орошения оросительной системы «Сингир-1» относятся ко второму гидромодульному району.

При планировании водораспределения для водовыпуска из ЮФМК в канал «Сингир 1» БУИСом принимается КПД=0.789 для учёта потерь воды в оросительной сети системы «Сингир 1» и в расчётах БУИС принимается, что к водовыпускам на поля вода подводится в объёмах, соответствующих оросительной норме-нетто.

Если предположить, что в КПД=0.789 (*соответственно которому устанавливается расход водоподачи в отвод из канала в АВП*) входит и КПД техники полива, то КПД=0.789 должен соответствовать КПД _{распределительной сети}=0.9 и КПД _{техники полива}=0.8765, что при обычном поливе по бороздам явно не является реальным.

Линейная схема канала "Сингир-1" АВП "С. Касымова"

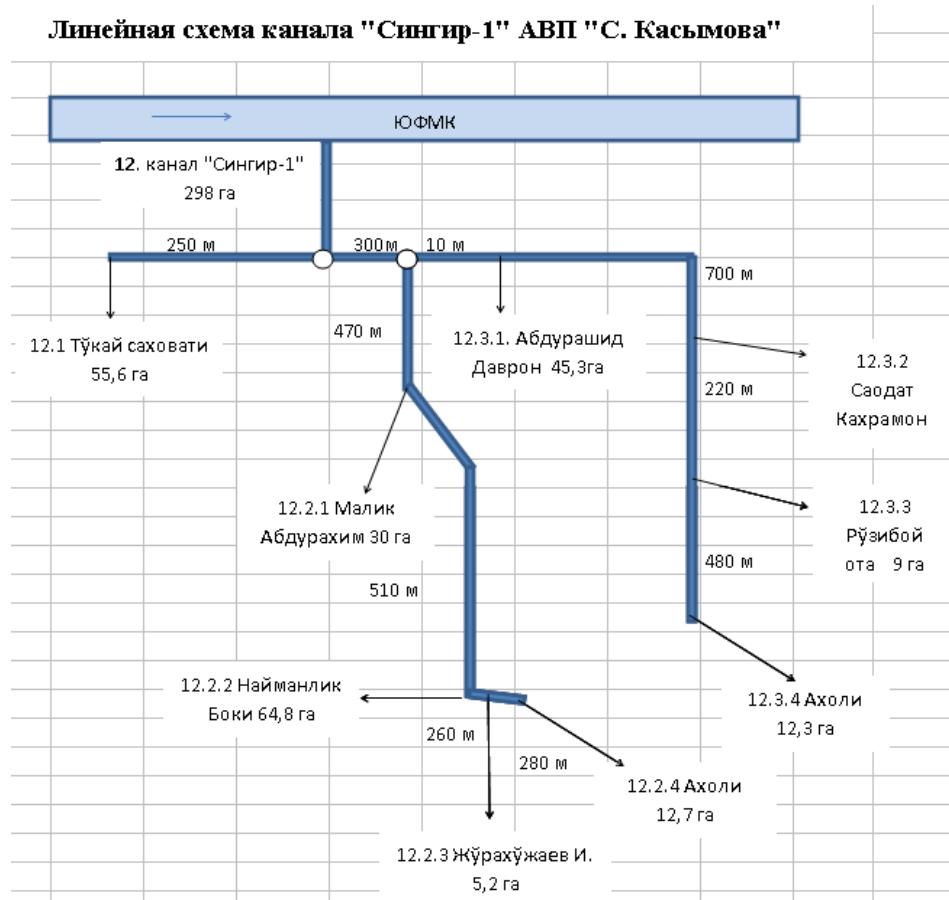


Рис. Линейная схема канала «Сингир-1»

Таблица 1

Размещение водопотребителей по отводам из канала "Сингир-1" и структура посевов сельхозкультур в фермерских хозяйствах

Наименование отводов	Наименование водопотребителей	Ороша-емая площадь, га	в том числе под:				
			хлопчат-ником	зерном	садами	овощами	приусадебными участками
12.1	Тукай саховати	55.6	28	27.6			
Всего по 12.1		55.6	28	27.6			
12.2.1	М. Абдурахим	30	14	16			
12.2.2	Найманлик Боки	33.7		31	2.7		
		31.1	31.1				
12.2.3	И. Журахужаев	5.2				5.2	
12.2.4	ГВП населения	12.7					12.7
Всего по 12.2		112.7	45.1	47	2.7	5.2	12.7
12.3.1	А. Даврон	45.3	22.1	21.2	2		

Наименование отводов	Наименование водопотребителей	Ороша-емая площадь, га	в том числе под:				
			хлопчатником	зерном	садами	овощами	приусадебными участками
12.3.2	С. Кахрамон	29.2	29.2				
		27.6		27.6			
12.3.3	Рузибой ота	9				9	
12.3.4	ГВП населения	12.3					12.3
<i>Всего по 12.3</i>		123.4	51.3	48.8	2	9	12.3
Всего по каналу «Сингир-1»		291.7	124.4	123.4	4.7	14.2	25

Для определения технических потерь воды в системе канала «Сингир-1» на основе плана водопользования были составлены планы водораспределения в вегетационный период 2011 года в двух вариантах: при декадном планировании водораспределения и при суточном планировании водораспределения .

Далее, значения расходов воды по отводам канала «Сингир-1» группировались по диапазонам расходов: 6 – 9 л/с; 10 – 19 л/с; 20- 29 л/с и т.д.

Затем, для средних в этих диапазонах расходов оценивались потери воды на 1 км канала по формуле А.Н. Костякова [3] для почв средней водопроницаемости:

$$\sigma = \frac{1,9}{Q^{0,4}} \quad (3)$$

где: σ - потери воды на 1 км длины канала, %;

1,9 - коэффициент, кратный коэффициенту фильтрации каналов в грунтах средней водопроницаемости;

Q - расход воды в канале, $\text{м}^3/\text{с}$.

Результаты оценки потерь воды при рассредоточенной водоподаче (на основе декадного планирования водораспределения)

Учитывая, что протяженность оросительной сети в системе «Сангир-1» - 3.48 км (рис.), а средняя протяженность оросительной сети, постоянно работающей в течение вегетационного периода 3.312 км (*по отводу 12.1 последние две декады сентября водоподача не осуществляется*), общие потери воды составляют:

$$131.84 \text{ тыс.м}^3/\text{км} * 3.312 \text{ км} = 436.7 \text{ тыс.м}^3.$$

Таблица 2

Потери воды в канале «Сингир-1» при декадном распределении воды (постоянным током), приходящиеся на 1 км оросительной сети по диапазонам расходов

Наименование отводов	Водоподача, тыс.м ³	Потери воды на 1 км оросительной сети	
		%	тыс.м ³
12.1	370.47	8.1	29.94
12.2	801.47	6.1	49.18
12.2	896.67	5.9	52.72
Всего по «Сингир 1»	2068.61	6.4	131.84

Результаты оценки потерь при сосредоточенной водоподаче (на основе суточного планирования водораспределения)

Аналогичные результаты расчетов потерь воды в канале при суточном планировании распределения представлены в табл. 3.

Таблица 3

Потери воды в канале «Сингир-1» при суточном планировании распределения воды (сосредоточенным током), приходящих на 1 км оросительной сети

Наименование отводов	Водоподача, тыс.м ³	Потери воды на 1 км оросительной сети	
		%	тыс.м ³
12.1	356.33	5.1	18.01
12.2	782.75	5.7	44.95
12.2	929.73	5.5	51.49
Всего по «Сингир 1»	2068.61	5.5	114.45

При суточном планировании водораспределения средняя протяженность оросительной сети в период вегетации, через которую осуществляется водоподача, составляет 55 % от протяженности оросительной сети, т.е. потери воды произойдут на протяженности 1.907 км и составят:

$$114,45 \text{ тыс.м}^3/\text{км} * 1.907 \text{ км} = 218,3 \text{ тыс. м}^3.$$

В конечном итоге фермеров-сельхозпроизводителей интересует, насколько водообеспеченны непосредственно орошаемые ими сельхозкультуры.

При такой оценке явно прослеживается эффективность суточного водораспределения сосредоточенными расходами в сравнение с рассредоточенной водоподачей (декадное планирование водораспределения). Так как в отвод АВП из канала, в данном случае ЮФМК, и в этом варианте поступает расход, рассчитанный на КПД=0.789, но который с меньшими потерями доводится до водовыпусков на поля, то на поле подается вода в объеме, превышающем расчётную норму-нетто, тем самым создаются условия для более высокого водообеспечения растений, чем при рассредоточенной водоподаче.

Иными словами – объём водозабора в АВП не уменьшается, но создаются условия достижения более высокой водообеспеченности возделываемых растений (табл. 4).

Таблица 4

Показатели водораспределения при рассредоточенном (декадном) и сосредоточенном (суточном) водораспределении по системе канала "Сингир-1"

№ пп	Наименование показателей	Единица измерения	Способы планирования водораспределения	
			декадная методика	суточная методика
1	Орошаемая площадь	га		291.7
2	Протяженность оросительной/распределительной сети	км		3.38
3	Объём воды, соответствующий оросительным нормам-нетто сельхозкультур	тыс. м ³		1 632.1
4	Водозабор из ЮФМК в отвод «Сингир-1» в период вегетации (по плану водораспределения, рассчитанному БУИС)	тыс. м ³		2 068.8
5	Средняя протяженность оросительной/распределительной сети, через которую осуществляется водоподача в период	км	3.311	1.907
6	Всего потерь воды	тыс. м ³	436.7	218.3
7	Снижение потерь при транспортировке оросительной воды при сосредоточенной водоподаче (<i>суточное планирование водораспределения</i>)	тыс. м ³	-	218.2
8	Объём воды, который подводится к водовыпускам в фермерские хозяйства	тыс. м ³	1632.1	1850.5

№ пп	Наименование показателей	Единица измерения	Способы планирования водораспределения	
			декадная методика	суточная методика
9	КПД транспортирования оросительной воды по оросительной/распределительной сети	%	78.9 %	89.5%

Водообеспеченность сельхозкультур при двух вариантах водораспределения

Средняя водообеспеченность на уровне водовыпусков на орошающие поля сельхозкультур определяется отношением объёмов, соответствующих норме водопотребления (*оросительной норме-нетто по режиму орошения*) к объёму водоподачи, подведенной к концевым водовыпускам оросительной сети.

В соответствии с данными, приведенными в табл. 4, при рассредоточенной водоподаче к водовыпускам на поля системы «Сингир-1» будет подведено 1632.1 тыс.м³, т.е. объём, соответствующий оросительной норме –нетто, в том числе:

- для хлопчатника – 6200 м³/га
- для озимой пшеницы – 5300 м³/га

При сосредоточенной водоподаче к водовыпускам на поля системы «Сингир-1» будет подведено 1850.5 тыс.м³, т.е. объём, превышающий оросительные нормы-нетто и составляющий:

- для хлопчатника – 7029 м³/га (превышение нормы-нетто на 825 м³/га)
- для озимой пшеницы – 6009 м³/га (превышение нормы-нетто на 709 м³/га)

Если исходить из того, что средний КПД техники полива по бороздам составляет в условиях Ферганской долины по нашим данным 70% [4], то средняя водообеспеченность сельхозкультур, возделываемых на орошаемых полях составит:

- при рассредоточенной (*декадное планирование водораспределения*) водоподаче – 70%
- при сосредоточенной водоподаче (*суточное планирование водораспределения*) –79.4 % (для хлопчатника - 7029 м³/га /6200 м³/га *70% =79.4% и для пшеницы - 6009 м³/га /5300 м³/га *70% =79.4%)

Для установления зависимости урожайности от норм орошения В.Р. Шредером [5] применён приём выражения значений урожайности и оросительных норм в относительных величинах. Максимальная урожайность и соответствующее ей значение оросительной нормы приняты за единицу. Отношение оросительной нормы-нетто к оросительной норме брутто на уровне полей с сельхозкультурами является эквивалентом водообеспеченности.

Таблица 5**Зависимость урожайности от водообеспеченности**

Водообеспеченность, %	100	95	90	85	80	75	70	60	50
Y/Y _{max}	1	0.98	0.96	0.94	0.91	0.87	0.83	0.75	0.64

Для зоны, в которой располагается АВП «С. Касимова», известны значения максимальных урожайностей: для хлопчатника – 40 ц/га и для озимой пшеницы – 50 ц/га. С учётом этого и на основе значений из табл. 5, для определения урожайности в зависимости от фактической водообеспеченности, можно воспользоваться следующими формулами:

Для хлопчатника при Y_{max}=40 ц/га:

$$Y_{cotton} = -0.0034*WA_{actual}^2 + 0.7955*WA_{actual} - 5.5992 \quad (4)$$

Для озимой пшеницы при Y_{max}=50 ц/га:

$$Y_{w.wheat} = -0.0042*WA_{actual}^2 + 0.990*WA_{actual} - 6.999, \quad (5)$$

где:

Y_{cotton} - урожайность хлопчатника, соответствующая фактической водообеспеченности, ц/га

Y_{w.wheat} - урожайность озимой пшеницы, соответствующая фактической водообеспеченности, ц/га

WA_{actual} - фактическая водообеспеченность сельхозкультур, %

Таблица 6

**Результаты расчёта прироста урожайности основных сельхозкультур за счёт
роста водообеспеченности относительно варианта с рассредоточенной
водоподачей**

Сельхоз-культура	Тип водораспределения	Средняя водообеспеченность сельхозкультур	Прогнозируемая урожайность по ф-лам (4) и (5)	Прирост урожайности относительно варианта с рассредоточенной водоподачей
		WA _{actual}		
Хлопчатник	Рассредоточенный (декадное планирование)	70.0	41.72	
	Сосредоточенный (суточное планирование)	79.4	45.13	0.3408
Озимая пшеница	Рассредоточенный (декадное планирование)	70.0	33.43	
	Сосредоточенный (суточное планирование)	79.4	36.13	0.2703

Расчёт экономической эффективности суточного планирования распределения воды

Экономическая эффективность суточного планирования водораспределения на уровне фермерских хозяйств определяется с учетом эффекта от повышения водообеспеченности основных сельхозкультур (хлопчатника и озимой пшеницы) на примере орошаемых земель канала «Сингир-1» (табл. 7).

Таблица 7

Результаты расчёта экономической эффективности применения суточного планирования водораспределения (сосредоточенной водоподачи фермерским хозяйствам)

	Показатели	Ед. изм	Хлопчатник	Пшеница	Всего
1	Орошаемая площадь	га	124.4	123.4	247.8
2	Прирост урожайности за счёт роста водообеспеченности	т/га	0.2703	0.3408	
3	Дополнительная продукция	тонн	33.63	42.05	
4	Средние закупочные цены (2011 г.)	тыс.сум / 1 тонна	780	280	
		\$ / 1 тонна	440.9	158.3	
5	Стоимость дополнительной продукции	тыс.сум	26 227.7	11 775.3	38 003.1
		\$	14 823.9	6 655.4	21 479.3
6	Издержки по сбору дополнительной продукции	тыс.сум / 1 тонна	150	56	
		\$ / 1 тонна	84.8	31.7	
7	Общие издержки по сбору дополнительной продукции	тыс.сум	5 044	2 355	7 399
		\$	2 850.8	1 331.1	4 181.8
8	Дополнительный чистый эффект от прироста урожайности за счёт роста водообеспеченности	тыс.сум	21 184.0	9 420.3	30 604.2
		\$	11 973.2	5 324.3	17 297.5
		тыс.сум/га	170.3	76.3	123.5
		\$/га	96.2	43.1	69.8

Примечание: по данным Центрального Банка РУз на 15.11.11 – 1\$США=1769.285 сум

Заключение

Основной эффект во внедрении суточного планирования водопользования проявляется на уровне фермерских хозяйств за счёт повышения водообеспеченности сельхозкультур, обусловленной ростом КПД транспортирования оросительной воды по распределительной сети АВП (*на 10,6% в описанном примере, табл.4*).

Дополнительный чистый эффект от прироста урожайности за счёт роста водообеспеченности, продемонстрированный на примере орошаемых из канала «Сингир 1» основных сельхозкультур составляет на комплексный гектар 69,8 \$/га (в том числе: по хлопчатнику – 96,2 \$/га и по озимой пшенице 43,1 \$/га).

Помимо указанного экономического эффекта, сосредоточенной водоподаче расходов воды при суточном водораспределении соответствует приближающийся к единице коэффициент суточной стабильности подаваемых расходов, т.к. расходы, забираемые в отводы в течение суток постоянны.

Литература

1. Управление водой в Ассоциациях водопотребителей (АВП) (пособие для специалистов АВП), проект «ИУВР-Фергана», НИЦ МКВК, Ташкент, 2011 г
2. Алимджанов А.А. – «Руководство по составлению и корректировке планов водораспределения на уровне АВП на основе суточного планирования», проект «ИУВР-Фергана», НИЦ МКВК, Ташкент, 2010 г..
3. Костяков А.Н. – Основы мелиорации, М., 1960 г. с.188.
4. Horst M.G., Shamatalov S.S., Pereira L.S., Goncalves J.M., Field assessment of the water saving potential with furrow irrigation in Fergana, Aral Sea basin Agric. Water Manage.77, 210-231 (2005)
5. Шредер В.Р., Васильев И.К., Трунова Т.А. – Гидромодульное районирование и расчет оросительных норм для хлопчатника в условиях аридной зоны. Сборник СГВХ и САНИИРИ, вып.8, Ташкент, 1977 г., с.28-44.