

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

Научно-производственное объединение «САНИИРИ»

**Среднеазиатский научно-исследовательский
институт ирригации им. В. Д. Журина**

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

«МЕЛИОРАЦИЯ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО»

Ташкент-1997

Ўзбекистон Республикаси қишлоқ ва сув хўжалиги вазирлиги

"САНИИРИ" илмий ишлаб чиқариш бирлашмаси

Министерство сельского и водного хозяйства Республики Узбекистан

Научно-производственное объединение "САНИИРИ"

Илмий асарлар тўплами

"МЕЛИОРАЦИЯ ВА СУВ ХЎЖАЛИГИ"

Сборник научных трудов

"МЕЛИОРАЦИЯ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО"

Тошкент-1997

Ҳозирги кун талаблари даражасидаги замонавий сув ҳўжалигининг аҳволи Орол дентизининг хавзасида сув манбаларининг таъқислиги, суғориладиган ерларнинг мелиоратив ҳолатининг ёмонлашуви, тегишли асбоб ускуналарнинг эскириши ва бунинг натижасида гидротехник комплекслари эксплуатация қилиш шарт-шаронтиларини кийинлашуви билан характерланади.

Тўпلامда куйидаги муаммолар ёритилди:

- мукаммал суғурини ускулларини яратиш;
- суғориладиган ерларнинг унумдорлигини ошириш;
- сув манбаларини самарадорлигини ошириш;
- сув манбаларидан оқилона фойдаланиш;
- суғориладиган ерларнинг мелиоратив ҳолатини бoшқариш;
- гидротехник иншоотлар ва насос қурилмаларининг ишончилигини ошириш.

Тўпلامда амалий ва назарий илмий тадқиқотлар, жараёнларни моделлаштириш натижалари келтирилган.

Ушбу тўплам гидромелиоратив тармоқларни қуриш, эксплуатация қилиш, лойиҳалаш доирасидаги илмий ходим, мутахассисларга ва қишлоқ ҳўжалиги техникуми ва олий ўқув юрти ўқитувчи ва талабаларига мўлжалланган.

Редакцион коллегия:

Рахимов Ш.Х. (бош муҳаррир), Хорст М.Г., Якубов Х.И., Насонов В.Г., Камбаров Б.Ф., Нургаев Б.С., Исмагилов Х.А., Усманов А.У., Рузиев И.Б., Бегимов И.

УДК 631.675:633.11

Р.К.Икрамов, Т.У.Дидашев

К ВОПРОСУ РАСЧЕТА ИЗМЕНЧИВОСТИ РЕЖИМА ОРОШЕНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ГОДЫ РАЗЛИЧНОЙ ЗАСУШЛИВОСТИ

Увеличение площадей озимых зерновых с 352 (1993 г.) до 1300 тыс.га (1997 г.) при современном дефиците водных ресурсов оставит перед водохозяйственными организациями еще более жесткие условия по рациональному их использованию. Экспериментальных исследований по режиму орошения озимой пшеницы в Узбекистане крайне мало. Во всех случаях критерием определения сроков проведения орошения должно служить создание и поддержание оптимальной влажности в корнеобитаемой зоне в предпосевной период и в критические фазы развития растений.

Адаптация математической модели расчета режима орошения озимой пшеницы проводилась на фактических материалах почвенных и гидрогеологических исследований У гидромульского района Сырдарьинской области. Уровень грунтовых вод располагался на глубине 2-3 м ниже поверхности земли, по механическому составу почвы - легкие и средние суглинки. Отборами на влажность почвы корнеобитаемой зоны пшеницы перед посевом, в октябре, установлено, что она изменяется в пределах 6,37-17,27 % от веса сухой почвы, что составляет 0,38-0,53 от предельно-полевой влагоемкости (ППВ).

Поливная норма воды за полив - это количество воды, которое может быть накоплено в корнеобитаемой зоне между так называемой полевой влагоемкостью S_{fc} и допустимым уровнем почвенной влаги, до которого она может быть истощена, для данных культуры, почвы и климата. Общее количество доступной почвенной влаги, накопленной в почве S_d , через один или два дня после полива дается содержанием почвенной влаги в виде полевой влагоемкости (натяжение почвенной влаги от 0,1 до 0,3 атмосферы) минус то количество, которое будет в точке завядания S_w при натяжении почвенной влаги 15 атмосфер (Л17, с.82).

Статистической обработкой материалов почвенно-мелиоративных исследований, выполненных в САНИИРИ, УзНИХИ, "Уздавсувлои-их1", Санкт-Петербургском агрофизическом институте, и многовариантными расчетами ретроспективных прогнозов влагопереноса с

различными водно-физическими характеристиками [2] установлены значения основных водно-физических характеристик для сероземных почв Узбекистана различного механического состава (табл. I).

Таблица I

Ориентировочные значения гидрофизических характеристик

Характеристика	Классификация суглинков по механическому составу		
	легкие	средние	тяжелые
Пористость m , доли к объему	0,46	0,48	0,475
Полная влагоемкость, доли к объему	0,43	0,45	0,43
Прецельно-полевая влагоемкость ППВ, доли к объему	0,30	0,32	0,35
Максим. гигроскопичность, доли к объему	0,07	0,10	0,13
Влажность завядания, доли к объему	0,13	0,16	0,20
Плотность, г/см ³	1,35	1,45	1,55
Коэффициент фильтрации, м/сут	0,50	0,25	0,10
Высота капиллярного поднятия, м	1,75	2,50	4,0

Из данных табл. I можем определить пределы изменения общего количества доступной почвенной влаги. Так как величины ППВ легких, средних и тяжелых суглинков составляют соответственно 0,30; 0,31 и 0,35 долей к объему, а количества влаги, при которых растение не может обеспечить свою потребность в воде, т.е. завядает, составляют для тех же грунтов 0,13; 0,16 и 0,20 долей к объему, то количество доступной влаги будет изменяться от 0,15 до 0,17 долей к объему или от 150 до 170 мм/м. Ориентировочные величины общего количества доступной влаги в различных по механическому составу почвах таковы:

- легкий суглинок - 170 мм/м
- средний суглинок - 160
- тяжелый суглинок - 150

Количество воды, легко доступной культуре, определяется как $p \cdot S_d$, где S_d - общее количество доступной почвенной влаги $S_{fc} - S_w$; p - доля от общего количества доступной почвенной влаги, кото-

рая может использоваться культурой без ущерба для ее эвапотранспирации и развития. Величина p зависит главным образом от типа культуры и ее потребностей в испарении. По методике ФАО ([1], с.84), доля доступной почвенной влаги озимой пшеницы принята $p=0,55$ для различных типов почв, когда эвапотранспирация культуры ($ET_{культуры}$) находится в пределах от 5 до 6 мм/сутки. В случае $ET_{культуры} = 3$ мм/сутки или меньше, количество легко доступной почвенной воды ($p \cdot S_a$) может увеличиваться примерно на 30 %, когда $ET_{культуры} = 8$ мм/сутки или более его следует уменьшить примерно на 30 %.

Распределение метеоданных по годам различной обеспеченности принято на основе логонормального закона распределения суммы осадков невегетационного периода по многолетним данным [3,4]. На метеостанции Сырдарья за 50 лет наблюдений собраны и статистически обработаны данные по температуре воздуха, относительной влажности, сумме осадков за X-IV месяцы. В результате обработки получены значения суммы осадков, соответствующие различным процентам обеспеченности (5,50,95) и приняты конкретные годы - аналоги, соответствующие им: 1987-1988; 1994-1995; 1973-1974 гг.

Сроки сева озимой пшеницы для Сырдарьинской области с I-го по 15-е октября приняты в соответствии с "Рекомендациями по срокам сева озимых зернобобовых культур в различных почвенно-климатических условиях Республики Узбекистан" (НПО "Зерно").

Влияние климата на воопотребление выражается через эталонную эвапотранспирацию ET_0 , которая была подсчитана по методике Пенмана [1]. Равенство, используемое в этом методе, имеет вид

$$ET_0 = C \cdot [W \cdot R_n + (1-W) \cdot f(u) \cdot (e_a - e_d)], \quad (1)$$

где ET_0 - эвапотранспирация эталонной культуры, мм/сут;

W - весовой коэффициент, связанный с температурой;

R_n - радиация "нетто" в эквивалентном испарении, мм/сут;

$f(u)$ - функция, связанная с ветром;

$(e_a - e_d)$ - разница между давлением пара при средней температуре воздуха и средним фактическим давлением пара воздуха, мбар;

C - поправочный коэффициент на компенсацию влияния дневных и ночных погодных условий.

Для учета влияния характеристик культуры на воопотребление используется коэффициент культуры K_c , увязывающий ET_0 с эвапо-

транспирацией культуры,

$$ET_{\text{культуры}} = K_c \cdot ET_o \quad (2)$$

Факторы, влияющие на величину K_c — это главным образом характеристика культуры, дата ее высадки или сева, скорость развития, продолжительность вегетационного периода и климатические условия.

Вегетационный период культуры делится на 4 стадии. Коэффициенты культуры для данных стадий развития и различных климатических условий представлены в [1], табл.21. Продолжительность вегетационного периода по фазам развития зерноколосовых культур в Сырдарьинской области принята по рекомендациям НПО "Зерно".

1-я стадия-первоначальная: всходы и раннее развитие, когда поверхность почвы не покрыта или слегка покрыта растительностью (покров земли < 10 %). Для наших условий — от начала сева до фазы полного кущения, 10 октября-10 ноября, 31 сутки. В фазе полного кущения озимая пшеница переходит в зимнюю спячку.

2-я стадия — развитие культуры: от конца первоначальной стадии до достижения эффективного полного покрова земли (70-80 %) (возобновление весенней вегетации — кущение — трубкование), 15 февраля-15 марта, 30 дней.

3-я стадия — середина вегетации: от постижения эффективного полного покрова земли до времени начала созревания (трубкование-колошение), 15 марта-1 мая, 45 дней.

4-я стадия — конец вегетации: от конца стадии середины вегетации до полного созревания или сбора урожая (колошение — полная спелость зерна), 1 мая-1 июня, 30 дней.

Эффективный дождь принимался, согласно методу отношения эвапотранспирация : осадки, по табл.34 (USDA, 1969) в [1]. Отношение между средним месячным эффективным дождем и средне-месячным дождем представлено для различных величин средне-месячной $ET_{\text{культуры}}$.

Для учета подпитывания грунтовыми водами при расчетах режима орошения пшеницы нами принята формула С.И.Харченко [5]. Возможность использования этой формулы для таких расчетов исследовалась нами на материалах лизиметрических исследований по хлопчатнику [6], которые показали достаточную сходимость расчетных данных с экспериментальными.

Расчетная формула имеет вид

$$K_h = E_0 / e^{mh}, \quad (3)$$

где K_h – интенсивность расхода грунтовых вод в зону аэрации;
 E_0 – испаряемость; e – основание натуральных логарифмов;
 m – параметр, отражающий характер почвогрунтов и фазу развития растительности;

h – глубина залегания УГВ. Для суглинков $m = 1,4$ при экстремальных фазах развития растений, а для фаз наиболее активного развития $m = 0,78$.

В связи с тем, что в Узбекистане экспериментальных исследований по режиму орошения озимой пшеницы в различных природно-хозяйственных условиях крайне мало, лизиметрических исследований также не имеется, нами в настоящей работе использовалась формула С.И.Харченко, при этом размер корнеобитаемого слоя пшеницы принимался по материалам НПО "Зерно".

Поливная норма d и интервал между поливами i определяли на основе месячного баланса почвенной влаги для вегетационного периода и данных по истощению почвенной влаги на конец каждого месяца W_e :

$$W_e = W_0 + K_h + P_e - ET_{культуры}, \quad (4)$$

где W_0 – запасы почвенной влаги на начало месяца.

Для лет различной обеспеченности по количеству осадков в межвегетационный период (X – IV месяцы) для V гидромоульного района Сырдарьинской области подсчитаны оросительные нормы озимой пшеницы (табл.2).

Приведенные в табл.2 расчетные поливные и оросительные нормы соответствуют биологически потребным для озимой пшеницы. Как видно, во влажный год оросительная норма составляет 3400–3700 м³/га, число поливов – 3, а в сухой год соответственно 4400–4700 м³/га и 4, т.е. оросительная норма возрастает на 30 %. В годы по метеоусловиям, близким к среднегодовым, оросительная норма озимой пшеницы 4100–4400 м³/га, а число поливов – 4.

Таким образом, при планировании режима орошения озимой пшеницы, проектировании оросительных систем и мелиоративных мероприятий необходимо учитывать изменчивость метеорологических условий. Для таких расчетов может быть использована методика ФАО после адаптации на опытных данных в конкретных почвенно-гидрогеологических условиях.

Т а б л и ц а 2

Расчетные пределы изменения режима орошения
озимой пшеницы в У гидромульном районе
Сырдарьинской области

Обеспе- ченность, %	Оросит. норма, м ³ /га	Поливи. норма, м ³ /га влагоза- ряд. по- лив	вегетац. полив	Число поливов влагоза- рядко- вых	веге- таци- онных	Полив- ной период, сутки	Период вегетац. поливов
5	3400- 3700	1400-1700	1000 1000	1	2	10	1.X-10.X 12.IV- 22.IV 18.V- 28.V
50	4100- 4400	1400-1700	1000 900 800	1	3	15	5.X-20.X 1.IV- 15.IV 1.V-15.V 20.V-1.VI
95	4400- 4700	1400-1700	1100 1000 900	1	3	10-15	10.X- 20.X 1.III-10.III 10.IV- 25.IV 15.V- 25.V

Список использованной литературы

1. Водопотребление сельхозкультур //Материалы по ирригации и дренажу. ЦАО, 1997.
2. Зональные рекомендации по регулированию водно-солевого режи-
ма почв, обеспечивающие повышение продуктивности орошаемых
земель в условиях дефицита и ухудшения качества водных ресур-
сов. Ташкент, 196. 34 с.
3. Корректировка норм и сроков эксплуатационных промывок на
засоленных землях Республики Узбекистан в годы с различными
погодными условиями. Ташкент, 1994. 66 с.

4. Белоусов О.М., Юлдашев Т.У. Установление значений основных агроклиматических показателей межвегетационного периода, применяемых в мелиоративных расчетах для лет различной обеспеченности по количеству осадков // Мелиорация и водное хозяйство. Сб. научных трудов. Ташкент: САНИИРИ, 1997. С. 9.
5. Побережский Л.Н. Водный баланс зоны аэрации в условиях орошения. Л., 1997.
6. Ганиев К.Г. Испарение в средней и верхней частях бассейна р. Сырдарьи. Ташкент, 1974. 78 с.

УДК 631.675

О.М.Белоусов, Т.У.Юлдашев

МЕТОДИКА ВЫБОРА АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ РАСЧЕТА МЕЛИОРАТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

В последние годы в Республике Узбекистан резко изменилась волокохозяйственная обстановка, что объясняется рядом причин. Увеличилась площадь под посевами озимых колосовых; повсеместно наблюдается острый дефицит водных ресурсов, возникающий в связи с широким развитием орошаемого земледелия; ухудшилось качество оросительной воды, что способствует процессу накопления солей в почве. Положение усугубляется часто повторяющимися затяжными маловодчиями.

В связи с этим введены лимиты на землепользование по административным единицам. В сложившихся условиях возросли требования к научной обоснованности мелиоративных мероприятий вегетационного и межвегетационного периодов, к надежности проектных решений. Вместе с тем надежность проектирования и планирования ряда мелиоративных мероприятий межвегетационного периода – расчет норм и сроков промывных и влагозарядковых поливов, составление планов водопользования и водораспределения межвегетационного периода и др. – в значительной степени зависит от точности определения агрометеорологических параметров, используемых в подобных расчетах. На результаты расчетов существенно влияют сумма осадков, выпадающих в межвегетационный период, и эвако-транспирация. Известно,

что сумма осадков межвегетационного периода в значительной степени отражает влажность года, а также взаимосвязана с рядом агрометеорологических показателей и в первую очередь с эвапотранспирацией [4].

В связи с этим в качестве главного параметра, характеризующего годы по погодным условиям в межвегетационный период, можно считать сумму осадков. С учетом указанного в качестве универсальной вероятностной характеристики наступления лет с различными погодными условиями является функция распределения (в многолетнем разрезе) суммы осадков межвегетационного периода. С целью установления такого распределения нами собраны и обработаны данные метеорологических наблюдений равнинных метеостанций по всем областям Республики Узбекистан за 50 лет.

В результате анализа и выполненных оценок предполагаемого распределения данных наблюдений установлено, что посредством преобразования

$$A_i = \lg(O_{ci} \pm a), \quad (I)$$

где O_{ci} - сумма атмосферных осадков межвегетационного периода i -го гидрологического года, мм;

a - параметр преобразования, мм;

A_i - преобразованное значение O_c , распределение которого подчиняется нормальному закону, мм,

исходное асимметричное распределение значений O_c преобразуется в нормальное. Использование законов нормального распределения получило широкое распространение при прогнозах, проектировании, расчетах в технике, метеорологии, гидрологии и других областях знаний [5, 6, 7, 8, 9]. Нормальное распределение хорошо изучено, для использования его свойств в решении практических задач разработано много таблиц в математической статистике и теории вероятностей.

В этой связи преобразование (I) позволяет нам использовать существующие закономерности нормального распределения при решении конкретных мелиоративных задач.

Проверка нормальности распределения A_i осуществлялась методом моментов и посредством оценки среднего абсолютного отклонения (САО) выборочного распределения от среднего нормального распределения.

Расчетами установлено, что для всех равнинных станций Уз-

Значения отдельных агрометеорологических показателей для лет различной обеспеченности по количеству осадков O_c , выпадающих в межвегетационный период по метеостанциям (МС) в разрезе административных единиц

Административная единица	Показатель, мм	Обеспеченность, %									
		95	90	70	50	30	10	1	5		
1	2	3	4	5	6	7	8	1	9		
Бухарская область (МС Бухара), n=43	O_c	54,6	65,6	85,1	106,6	120,7	143,1		170,0		
	Сум. исп. ЕТ	86,39	86,94	99,3	90,98	90,87	91,47		81,94		
	O_c - ЕТ	-31,79	-21,34	-14,2	15,62	29,83	51,63		88,06		
	Год-аналог	1964-65	1973-74	1965-66	1982-83	1977-78	1987-88		1953-54		
Кашкардарьинская обл. (МС Карши), n=55	O_c	107,0	128,9	169,3	193,9	222,8	266,6		289,4		
	ЕТ	99,39	96,05	91,33	103,95	90,70	93,87		100,36		
	O_c - ЕТ	7,61	32,85	77,97	89,95	132,1	172,73		188,04		
	Год-аналог	1945-46	1974-75	1964-65	1980-81	1928-29	1977-78		1951-52		
МС Шахрисабз, n=67	O_c	251,2	290,1	360,2	415,4	465,8	559,0		644,0		
	ЕТ	95,14	95,7	100,06	94,22	83,96	94,41		89,25		
	O_c - ЕТ	156,06	194,4	260,14	321,18	381,85	464,59		554,75		
	Год-аналог	1960-61	1966-67	1967-68	1982-83	1932-33	1942-43		1952-54		
Наманганская обл. (МС Наманган), n=83	O_c	49,5	65,2	96,9	120,6	145,7	195,3		222,7		
	ЕТ	86,45	85,88	92,15	89,69	95,27	85,84		87,51		
	O_c - ЕТ	-36,95	-20,68	4,76	30,91	50,43	109,46		135,19		
	Год-аналог	1946-47	1954-55	1978-79	1962-63	1940-41	1963-64		1993-94		

I	!	2	!	3	!	4	!	5	!	6	!	7	!	8	!	9
Самаркандская обл. (МС Каттекурган), n = 75	Ос			135,5		157,9		195,5		226,6		260,5		306,7		318,0
		Ет		70,35		91,47		81,28		85,66		90,17		88,77		95,14
	Ос - Ет			65,15		66,43		114,22		140,94		170,33		217,93		222,86
		Год-аналог		1929-30		1970-71		1948-49		1964-65		1977-78		1932-33		1991-92
Навоийская обл. (МС Навои), n = 61	Ос			91,5		98,0		123,8		142,9		172,3		210,9		228,0
		Ет		93,48		93,06		88,84		88,51		91,79		90,44		78,89
	Ос - Ет			1,98		4,94		34,96		54,39		80,51		120,46		149,11
		Год-аналог		1990-91		1960-61		1973-74		1964-65		1982-83		1972-73		1932-33
Ферганская обл. (МС Фергана), n = 75	Ос			50,8		63,2		92,2		117,1		148,0		203,1		231,3
		Ет		91,57		81,19		90,85		87,01		91,86		75,63		77,73
	Ос - Ет			-40,77		-17,99		1,25		30,09		56,14		127,47		153,57
		Год-аналог		1961-62		1949-50		1988-89		1972-73		1989-90		1944-45		1988-89
Сырдарьинская обл. (МС Сырдаря), n = 48	Ос			46,4		78,8		133,3		184,9		226,7		344,8		409,0
		Ет		113,2		123,9		116,9		117,2		94,1		118,5		102,8
	Ос - Ет			-66,8		-45,1		16,4		67,7		132,6		226,3		306,3
		Год-аналог		1973-74		1980-81		1978-79		1964-65		1950-51		1951-52		1953-54
(МС Янгйер), n = 49	Ос			55,7		66,0		119,6		174,3		238,7		372,6		495,7
		Ет		118,8		123,0		122,4		129,1		123,4		114,7		108,9
	Ос - Ет			-63,1		-57,0		-2,8		45,2		115,3		257,9		386,8
		Год-аналог		1985-86		1981-82		1986-87		1965-66		1991-92		1993-94		1953-54

n - количество лет наблюдений

Узбекистана преобразование вида (I) переводит сумму осадков межвегетационного периода (случайную величину O_{c_i}) к новой случайной величине, которая подчиняется нормальному закону распределения. Используя параметр преобразования (I) - a , выборочное значение дисперсии S_A и табличные значения функции распределения нормированного нормального распределения, можем устанавливать количество осадков межвегетационного периода с заданной обеспеченностью, а также другие агрометеорологические показатели, соответствующие году (году-аналогу), сумма осадков которого равна или близка к установленной (расчетной) с заданной обеспеченностью. Так, пусть требуется определить год с таким количеством осадков, что лишь в 10 % случаев из всевозможных лет с различным количеством осадков их может выпасть меньше, чем в данном году. Тогда, используя значения выборочных параметров нормального распределения A_i математического ожидания $\bar{A} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n A_i$

и стандартного отклонения $S_A = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (A_i - \bar{A})^2}$, найдем искомое значение $O_{c_{0.1}}$ из равенства $O_{c_{0.1}} = \bar{A} + u_{0.1} \cdot S_A$.

Значение u для различных обеспеченностей (выше рассмотрен случай при 10 % обеспеченности; $u_{0.1} = 1,28$) находится из таблицы нормированной функции Лапласа

$$\Phi(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^u e^{-\frac{u^2}{2}} du. \quad (2)$$

Вычислив таким образом значение $O_{c_{0.1}}$, мы определим размер суммы осадков межвегетационного периода для искомого гидрологического года. После чего среди многолетнего ряда метеоданных, характеризующих данную территорию, найдет год, у которого сумма осадков в межвегетационный период будет менее остальных отличаться от расчетной либо совпадать с ней. Метеорологические показатели этого года-аналога (относительную влажность воздуха, влажность верхнего слоя почвы и др.) мы присвоим искомому году с найденной суммой осадков в межвегетационный период.

При использовании указанного метода на основании данных наблюдений по равнинным метеостанциям были получены для областей Узбекистана и Республики Каракалпакстан на годы с различной обеспеченностью по количеству атмосферных осадков межвегетационного периода следующие показатели (таблица):

сумма осадков, выпадающих в межвегетационный период, O_c ;
суммарное испарение (эвапотранспирация), ET ;
 $O_c - ET$, а также определены годе-аналоги, соответствующие
году расчетной водообеспеченности по сумме межвегетационного
периода.

Полученные результаты позволяют повысить надежность проек-
тирования мелиоративных мероприятий межвегетационного периода:
проектирование норм и сроков промывных и влагозарядковых
поливов;

корректирование планов водопользования и водораспределения
с учетом водности года;

обоснование оросительных норм озимых колосовых с учетом
различных климатических условий и водности года и др.

Список использованной литературы

1. Булаговский А.И. Испарение почвенной влаги. М.: Наука, 1964. 244 с.
2. Булаговский А.И., Лозинская Е.А. Теория суммарного испарения и ее приложения // Водные ресурсы. 1976. № 1. С.78-94.
3. Булаговский А.И. Испарение почвенных вод // Физика почвенных вод. М.: Наука, 1980. С.13-95.
4. Галлямин Е.П. Оптимизация оперативного распределения водных ресурсов в орошении. Л.: Гидрометеоздат, 1981. 272 с.
5. Белоусов О.М., Якубов Х.И., Сафонов В.Ф. Определение расчетной эпюры засоления при проектировании промывной нормы заданной обеспеченности // Труды САНИИРИ. Вып.139. Ташкент, 1973. С.149-155.
6. Моргулис В.Ю. Количественная оценка засоленности почв для промывок засоленных земель // Почвы крупнейших ирригационно-мелиоративных систем в хлопководческой зоне // Научные труды Института почв им.В.В.докучаева. М., 1975. С.3-73.
7. Роллонов Д.А., Коган Р.И., Голубева В.А. и др. Справочник по математическим методам в геологии. М.: Недра, 1987. 225 с.
8. Смирнов П.В., Дунин-Барковский И.В. Курс теории вероятностей и математической статистики

для технических приложений. М.: Наука, 1965. 511 с.

9. У р б а х В.Д. Математическая статистика для биологов и медиков. М., 1963. 323 с.

УДК 631.675

Т.У.Бекмуратов

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЛИМИТА ВОДЫ
С УЧЕТОМ МЕЛИОРАТИВНОГО СОСТОЯНИЯ
ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

В последние годы в бассейне Аральского моря практически полностью используются имеющиеся водные ресурсы поверхностных источников орошения.

В связи с дефицитом водных ресурсов в Республике Узбекистан введено лимитирование водных ресурсов начиная с 1993 г.

Выделенные лимитированные объемы водных ресурсов для всех областей, районов, в том числе и хозяйств, намного меньше объемов водопотребления (нормативных) выращиваемых сельскохозяйственных культур, установленных по режиму орошения в соответствии со структурами посевных площадей. Так, в 1996 г. плановая водообеспеченность, т.е. соотношение выделенного объема воды по лимиту к нормативному по областям республики, составляет 60 - 83 %.

Распределение лимитированных водных ресурсов между потребителями областей, районов, хозяйств и внутри хозяйств в пределах каждого региона (закольцованных систем) осуществляется пропорционально процентному соотношению водопотребления выращиваемых сельскохозяйственных культур.

В последние годы по регионам республики и в целом по Узбекистану изменяются площади посева зерноколосовых культур в орошаемой зоне, т.е. увеличиваются посевы зерновых культур. Из всех посевных площадей по республике 3436 тыс.га предусмотрено посев зерновых культур в 1995 г. на 1172 тыс.га и в 1996 г. - 1520 тыс.га, в т.ч. зерноколосовых соответственно на 972 и 1300 тыс.га, т.е. посевы увеличились в 1,34 раза, а в 1997 г. площади зерновых культур практически остаются без изменений -

на уровне 1996 г.

Площади средне- и сильнозасоленных земель за последние 10-15 лет (1980-1992 гг.) по республике практически не изменяются и составляют 22,0-22,6 % от общей площади пашни (3467,5 тыс. га на уровне 1992 г.), что составляет 766,3 - 787,2 тыс.га. Площади со средней и сильной степенью засоления земель распространены в основном на территории Каракалпакстана - 258,3 тыс.га (32,81 % от общих площадей Узбекистана при средней и сильной степени засоления), Бухарской области - 73 ÷ 73,7 тыс.га (9,36 %), Джизакской - 43,3 тыс.га (5,5 %), Кашкадарьинской - 71,3 (9,05 %), Сурхандарьинской - 37,7 (4,79 %), Сырдарьинской - 144,9 (18,4 %), Ферганской - 42,6 (5,41 %), Хорезмской - 50,4 тыс.га (6,4 %) и других.

На землях средней и сильной степени засоления почвогрунтов в корнеобитаемой зоне без проведения эксплуатационных промывок в невегетационный период или промывного режима орошения в период вегетации невозможно получить ожидаемого урожая выращиваемых сельскохозяйственных культур. Общий объем выделенного лимита воды на межвегетационный и вегетационный периоды практически остается без изменений.

При распределении выделенного лимитированного объема воды в невегетационный период в первую очередь необходимо удовлетворить потребность озимых зерновых культур, а оставшаяся часть воды следует использовать на проведение влагозарядковых и эксплуатационных промывных поливов.

В настоящее время нет методики обоснования эффективности распределения общегосударственного лимита воды по периодам года с учетом состава структуры посевных площадей в вегетационный и межвегетационный периоды и площадей, подлежащих промывным и влагозарядковым поливам, как в разрезе хозяйств, районов, так и систем каналов.

В данной работе рассматриваются основные положения расчета (распределения) лимитированного объема воды между водопотребителями в межвегетационный период.

Распределение лимитированного объема воды между водопотребителями в период вегетации или так называемая Методика корректирования плана водопользования и водораспределения с учетом мелиоративного состояния орошаемых земель будет рассмотрена отдельно.

Основные положения распределения лимита
воды невегетационного периода между
водопотребителями

В невегетационный период (октябрь-декабрь и январь-март) потребителями поливной воды являются зерноколосовые культуры, влагозарядковые поливы, промывные поливы:

$$B_{\Lambda}^{не} = B_{з\epsilon p}^{н} + B_{\delta\lambda.з} + B_{пр} + B_{п.к.} \quad (1)$$

где $B_{\Lambda}^{не}$ - лимит (объем) воды, выделенный на невегетационный период потребителями поливной воды (фермер, бригада, хозяйство, административный район или система каналов);

$B_{з\epsilon p}^{н}$ - объемы воды, обеспечивающие биологическую потребность зерноколосовых культур в межвегетационный период (октябрь-декабрь, январь-март);

$B_{\delta\lambda.з}$ - объем воды, выделенный на влагозарядковые поливы;

$B_{пр}$ - объем воды, выделенный для промывки средне- и сильнозасоленных земель;

$B_{п.к.}$ - объем воды, выделенный на полив прочих культур.

При распределении лимита воды на невегетационный период между потребителями в первую очередь необходимо определить объем воды, обеспечивающий биологические потребности зерновых культур за сентябрь-декабрь и январь-март.

Следует отметить, что поливной период зерноколосовых культур охватывает три месяца (октябрь-декабрь) прошлого года и пять месяцев (январь-май) будущего года. Поэтому полив зерновых культур проводится с октября-декабря по январь-март из выделенного лимита воды на невегетационный период, а в апреле и мае зерновые культуры поливаются из объема воды, выделенного на вегетационный период

$$B_{з\epsilon p} = B_{з\epsilon p}^{не} + B_{з\epsilon p}^в \quad (2)$$

где $B_{з\epsilon p}^{не}$ - объем воды, обеспечивающий биологические потребности зерноколосовых культур в невегетационный период в м³, тыс.м³;

$B_{\text{зер}}^{\delta}$ - поля оросительной нормы зерновых культур, выделенная из лимита воды, отводимого на вегетационный период хлопкового севооборота (апрель-сентябрь).

Оросительная норма зерновых культур ($B_{\text{зер}}$) и поля межвегетационного периода ($B_{\text{зер}}^{\text{ме}}$) устанавливаются в соответствии с режимом орошения зерновых культур, разработанным НПО "Зерно" [1] и УзНИХИ, НПО САНИМРИ и НПО "Зерно" [2].

Нормативный объем воды, необходимый для зерноколосовых культур (нетто), определяется по зависимости

$$Q_{\text{зер(нетто)}} = F_{\text{зер}} (m_1 + m_2 + \dots + m_n), \quad (3)$$

где $Q_{\text{зер(нетто)}}$ - оросительная норма зерновых культур;

$F_{\text{зер}}$ - площадь посева зерновых культур, га;

$m_1; m_2; m_n$ - поливные нормы зерновых культур, м³/га.

Водопопача (брутто) на границе хозяйства определяется по зависимости

$$B_{\text{зер(бр)}} = \frac{Q_{\text{зер(нетто)}}}{\text{КПД}}, \quad (4)$$

где КПД - коэффициент полезного действия системы внутрихозяйственных каналов.

В условиях Самаркандской, Сырдарьинской, Джизакской, Ташкентской областей первый полив зерновых культур для получения всходов проводится в сентябре и октябре, после посева зерна. По рекомендации НПО "Зерно" зерноколосовые культуры поливаются (после нового года) четыре раза: I полив в феврале, а остальные 3 полива - в конце апреля, начале и конце мая. При распределении выделенного объема лимитированной воды на межвегетационный период между потребителями учитываются норма первого полива зерна, проводимого в сентябре-октябре, и первый полив зерна после нового года из лимита воды межвегетационного периода. В основном последние три полива зерна проводятся из лимита воды, предусмотренного на вегетационный период (апрель-сентябрь) хлопкового севооборота.

В условиях указанных областей объемы воды, используемые на полив зерновых культур из выделенного лимита воды на межвегетационный период, определяются по зависимости (3), где расчет ведется в случае двух поливов зерновых культур.

$$Q_{\text{зер(нетто)}}^H = F_{\text{зер}} (m_1 + m_2), \quad (5)$$

здесь $m_1; m_2$ – поливные нормы зерновых культур соответственно первого, второго полива, м³/га.

Водоподача (брутто) для зерновых культур на границе хозяйства определяется по формуле

$$Q_{\text{зер(бр)}}^H = \frac{Q_{\text{зер(нетто)}}^H}{\text{КПД}}. \quad (6)$$

В (5) количество поливов и поливные нормы могут быть различными в зависимости от режима орошения зерновых культур рассматриваемых регионов. В случае отсутствия полива прочих культур формула (1) примет следующий вид:

$$B_A^{\text{не}} = B_{\text{зер}}^H + B_{\text{бл.з}} + B_{\text{пр}}, \quad (7)$$

где

$$B_{\text{зер}}^H = Q_{\text{зер(бр)}}^H. \quad (8)$$

При известных величинах объемов воды, удовлетворяющих биологическую потребность зерновых культур за межвегетационный период ($B_{\text{зер}}^H$), можно определить лимитированный объем воды для проведения влагозарядковых и промывных поливов по зависимости

$$B_{\text{бл.з}} + B_{\text{пр}} = B_A^{\text{не}} - B_{\text{зер}}^H. \quad (9)$$

Основополагающие принципы и методы расчета по распределению лимита водных ресурсов следует выполнять в разрезе хозяйства. Определение оптимальных норм влагозарядковых и промывных поливов, обеспечивающих рассоление почв в корнеобитаемом слое от исходного до слабого засоления с учетом степени засоления, механического состава почв, оптимальных сроков их проведения, выполняется при помощи методики, разработанной Х.И. Якубовым и О.М. Белоусовым [3].

Нами выполнен расчет распределения лимитированного объема водных ресурсов между водопотребителями по вышеприведенным зависимостям на примере опытно-экспериментального совхоза ЧЮ СНИИРИ I-A им. Г. Гуляма на осенне-зимний период 1996-1997 гг.

[4]. При этом для определения оптимальных норм и сроков проведения влагозарядковых и промывных поливов использована методика распределения лимита водных ресурсов в межвегетационный период между административными единицами.

В совхозе I-A им. Г. Гуляма на межвегетационный период 1996-1997 гг. выделен объем воды 4718 тыс.м³.

Из орошаемых 2645 га незасоленные земли составляют 613 га (23,18 %), слабозасоленные - 1543,8 (58,37 %), средnezасоленные - 442,2 (16,71 %), сильнозасоленные - 46 (1,74 %).

В 1996-1997 гг. засеяно пшеницей 1155 га, люцерной 40 га, под сады 21 га и т.д. Земли, подлежащие проведению промывных и влагозарядковых поливов в межвегетационный период 1996-1997 гг., составляют 1448 га, в том числе незасоленные - 326 га, слабозасоленные - 798, средnezасоленные - 321, сильнозасоленные - 3 га.

Из выделенного лимита воды на межвегетационный период 4718 тыс.м³ объем воды, используемый на полив пшеницы, определяется по зависимостям (5) и (6)

$$Q_{\text{зер}}^{\text{н}} = F_{\text{зер}} (m_1 + m_2) = 1155(1000 + 7000) = 1963,5 \text{ тыс.м}^3,$$

$$Q_{\text{зер}}^{\text{н}} = \frac{Q_{\text{зер}}^{\text{н}}}{\text{КПД}} = \frac{1963,5}{0,72} = 2735,35 \text{ тыс.м}^3.$$

Объем лимитированных водных ресурсов для проведения влагозарядковых и промывных поливов определяется по зависимости (9)

$V_{\text{вл.з}} + V_{\text{пр}} = V_{\text{л}} - V_{\text{зер}}^{\text{н}} = 4718 - 2735,35 = 1980,65 \text{ тыс.м}^3$. Рассчитываем Потребный объем воды в не вегетационный период 1996-1997 гг. на влагозарядковые и промывные поливы на площади 1448 га (в том числе 1124 га незасоленные и слабозасоленные земли с поливной нормой 1000 м³/га, 321 га средnezасоленные с промывной нормой 3300 м³/га, 3 га сильнозасоленные с нормой 5400 м³/га).

Потребная норма влагозарядковых поливов определяется по зависимости

$$V_{\text{вл.з}}^{\text{н}} = F_{\text{вл.з}} \cdot m_{\text{вл.з}} = 1124 \times 1000 = 1124 \text{ тыс.м}^3.$$

То же для промывных поливов

$$V_{\text{пр}}^{\text{н}} = F_{\text{ср.з}} \cdot m_{\text{ср.з}} + F_{\text{силь.з}} \cdot m_{\text{силь.з}} = \\ = 321 \times 3300 + 3 \times 5400 = 1061,28 + 16,2 = 1077,48 \text{ тыс.м}^3.$$

Потребные объемы воды (брутто) на влагозарядковые и промывные поливы, обеспечивающие опреснение почвогрунтов с категорией средней и сильной степени засоления до слабой, на границе хозяйств соответственно равны

$$V_{\text{вл.з}}(\text{бр}) = \frac{V_{\text{вл.з}}(\text{нетто})}{\text{КПД}} = 1539,88 \text{ тыс.м}^3,$$

$$V_{\text{пр}}(\text{бр}) = \frac{V_{\text{пр}}(\text{нетто})}{\text{КПД}} = 1475,83 \text{ тыс.м}^3.$$

Общий потребный объем воды (брутто) на влагозарядковые и промывные поливы

$$V_{\text{вл.з}}(\text{бр}) + V_{\text{пр}}(\text{бр}) = 1539,88 + 1475,83 = 3015,71 \text{ тыс.м}^3.$$

Дефицит воды на промывку и на влагозарядковые поливы составляет

$$3015,71 - 1980,65 = 1035,06 \text{ тыс.м}^3 (34,3 \%),$$

где $F_{\text{вл.з}}$; $F_{\text{сил.з}}$; $F_{\text{ср.з}}$ - площади, подлежащие проведению влагозарядковых, промывных (среднезасоленные и сильнозасоленные земли) поливов, га;

$m_{\text{вл.з}}$; $m_{\text{ср.з}}$; $m_{\text{сил.з}}$ - потребные влагозарядковые, промывные (для среднезасоленных, сильнозасоленных земель) нормы, м³/га (нетто).

Объем лимитированной воды для проведения влагозарядковых и промывных поливов 1980,5 тыс.м³ позволяет проводить на всей площади 1448 га влагозарядковые поливы на незасоленных землях нормой 800 м³/га, на слабозасоленных - 900 м³/га, промывные поливы на средне- и сильнозасоленных землях - 1700 м³/га.

В ы в о д ы

Из лимитированного объема водных ресурсов необходимо прежде всего обеспечить потребности зерновых культур, оставшаяся вода должна быть рационально использована на влагозарядковые и промывные поливы.

Выполненные расчеты по распределению лимитированных водных ресурсов между голопотребителями с учетом мелиоративного состояния орошаемых земель способствуют рациональному использованию водно-земельных ресурсов и повышению продуктивности поливной

воды.

При установлении лимитов на объемы (водохозяйственными органами) для отдельных водопотребителей (хозяйства, районы и т.д.) необходимо учитывать количественные и качественные показатели орошаемых земель по степени засоления и величине норм промывных поливов.

Список использованной литературы

1. Эшмирзаев К., Косымов А. Сугориладиган ерлардаги галлазоларда утказиладиган кузги-қишки ва бахорги чора-тадбирларнинг технологик жадвали 1995-1997 йилларда. Тошкент, 1994 й., 5 бет.
2. Духовный В.А., Якубов Х.И., Икремов Р.К. и др. Расчетные биологически потребные оросительные нормы сельскохозяйственных культур на различные уровни урожайности для условий Узбекистана 1995-1996 гг. Ташкент, 1995. 33 с.
3. Якубов Х.И., Белоусов О.М. Использование управляющих информационных систем для распределения лимита водных ресурсов межвегетационного периода между административными единицами (области, районы, хозяйства).
4. Бекмуратов Т.У. Отработка основного комплекса приемов и организационных мероприятий по внедрению внутрихозяйственного водоучета и водооборота в малозодные годы на примере хозяйства им.Г.Гуляма. Ташкент: САНИИРИ, 1996. С.6-34.

УДК 631.4:502.653

А.Р.Рамазанов, С.Р.Асатов, И.Б.Рузиев

О МЕЛИОРАТИВНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ ОРОШАЕМЫХ ПОЧВ БУХАРСКОЙ ОБЛАСТИ

Территория Бухарской области относится к гидрогеологической зоне рассеивания грунтовых вод. Основные типы почв формировались в условиях постоянного или периодического увлажнения неглубоко залегающими, минерализованными в различной степени грунтовыми водами. Вместе с тем в контуре существующего орошения имеются определенные различия в почвенно-мелиоративных и гидрогеологических условиях.

Верхняя часть Бухарского оазиса (Гиджуванский, большая часть Пешкунского, Вабкентский, Рамитанский и Шафирканский районы) имеет подземный отток. В результате в Гиджуванском и Вабкентском районах площади с минерализацией грунтовых вод ниже 3 г/л составляют 87 %, до 5 г/л — 13, в Пешкунском — соответственно 70 и 24 %, в Шафирканском — 57 и 32 %, остальные имеют выше 5 г/л. Глубина залегания грунтовых вод в вегетационный период в Гиджуванском районе — 2,20–2,70 м, Вабкентском — 2,50–3,0 м, Пешкунском — 2,40–2,90, Шафирканском — 1,70–2,20 м, в осенне-зимнее время — соответственно 2,90–3,20; 2,70–3,00; 3,20–3,30 и 2,30–2,50 м.

Нижняя часть Бухарского оазиса, включая Бухарский, Каганский, Жандарский районы, характеризуется неудовлетворительным подземным оттоком, высокой минерализацией грунтовых вод. В Бухарском районе площади с минерализацией грунтовых вод ниже 3 г/л составляют 52 %, до 5 — 41 и выше 5 г/л — 7 %, в Каганском — соответственно 40, 37 и 23 %, Жандарском — 49,5; 35,0 и 5,5 %. Глубина залегания грунтовых вод в период вегетации в Бухарском районе — 2,00–2,25 м, Каганском — 1,80–2,30, Жандарском — 2,00–2,20; в осенне-зимнее время — соответственно 2,70–3,10; 2,40–2,80 и 2,50–2,90 м.

Каракульский оазис, куда входят Алатский и Каракульский районы, лишен подземного оттока грунтовых вод. В связи с этим наиболее благоприятные условия по регулированию водно-солевого режима зоны орошения на этих землях создаются благодаря работе существующей КДС. Площади с минерализацией грунтовых вод ниже 3 г/л составляют 42 %, 3–5 — 36%; 5–10 — 20 % и более 10 г/л — 2 %. Глубина залегания грунтовых вод в Каракульском оазисе в вегетационный период составляет 1,7–1,9 м, в осенне-зимний — 2,4 м.

В целом по области на 55 % площади минерализация грунтовых вод ниже 3 г/л, на 27 % — 3–5 г/л, на 14 — 5–10 г/л, на 1,5 % — более 10 г/л. Глубина залегания грунтовых вод в вегетационный период (апрель–октябрь) — 2,2 м, в невегетационный (ноябрь–март) — 2,5 м.

Минерализация коллекторных вод по области составляет (г/л): Каракульский район — 8,78, Центральный Бухарский — 3,86, Южный коллектор — 8,92, Южный объединительный — 5,30.

Различия в режиме, минерализации и уровне грунтовых вод

Т а б л и ц а I

Среднегодовой расход, минерализация и содержание пестицидов в коллекторных водах Бухарской области

Коллектор	Q,	M,	Δ-ГХЦГ,	γ-ГХЦГ,	Q,	M,	Δ-ГХЦГ,	γ-ГХЦГ,
	м³/с	мг/л	мкг/л	мкг/л	м³/с	мг/л	мкг/л	мкг/л
1985 г.					1986 г.			
Дуль-Дуль	4,01	3076,6	0,004	0,002	3,5	3624,0	0,02	0,01
Шур-Арик	6,16	4326,8	0,004	0,009	6,4	5069,6	0,02	0,03
Донгизкуль	34,3	5426,7	0,007	0,013	23,8	5059,3	0,01	0,02
Маханкуль	19,0	9479,8	0,09	0,05	16,8	4136,0	0,03	0,06
Северный	4,8	3443,8	0,07	0,05	3,6	3941,2	0,03	3,03
Эки-Эмир-Темур	12,4	3481,7	0,07	0,06	15,02	4212,6	0,03	0,05
1987 г.					1988 г.			
Дуль-Дуль	2,9	3644,0	0,01	-	3,7	2296,8	0,007	0,00
Шур-Арик	5,6	4462,0	0,04	-	4,2	3207,3	0,03	0,03
Донгизкуль	32,7	4813,2	0,04	-	-	-	-	-
Маханкуль	28,2	4147,8	0,01	-	23,9	2913,8	0,02	0,01
Северный	-	4917,7	-	-	2,4	3210,8	0,05	0,01
Эки-Эмир-Темур	18,0	4112,8	0,01	-	18,3	2740,1	0,01	0,08
1989 г.					1990 г.			
Дуль-Дуль	-	3708,6	0,044	Н/о	-	-	-	-
Шур-Арик	0,64	3875,3	0,003	Н/о	-	-	-	-
Донгизкуль	14,5	4075,0	0,005	0,005	19,1	3309,6	0,066	0,04
Маханкуль	18,9	3822,0	0,003	0,003	-	-	-	-
Северный	6,3	4503,7	0,030	0,031	-	-	-	-
Эки-Эмир-Темур	6,11	4391,6	0,021	0,054	-	-	-	-

отдельных районов определяют разную интенсивность соленакопления в корнеобитаемой толще за вегетационный период, что требует четкой дифференциации всех мелиоративных мероприятий.

По данным систематических наблюдений, в составе коллекторно-дренажного стока имеется также определенное количество пестицидов, поступавших за счет фильтрационных и поверхностных оборотов в период вегетационных поливов. Из данных табл. I видно, что содержание их в коллекторно-дренажных водах за рассматриваемый период (1985-1990 гг.) существенно не изменилось, хотя имеется определенная тенденция их увеличения на примере отдельных коллекторов (например, Денгизкуль).

Специальные наблюдения, проведенные на территории Каракульского района (октябрь, 1996г.) показали: в оросительной воде (колхоз "Узбекистан") из изученных групп пестицидов α -ГХПГ и γ -ГХПГ не обнаружено, а ДДВ и ДДТ имелись в весьма незначительном количестве (обнаружены следы). В количественном отношении сравнительно высокое содержание пестицидов α -ГХПГ обнаружено в водах межхозяйственного коллектора, а ДДТ-Северо-Каракульского.

Т а б л и ц а 2

Содержание пестицидов в воде (Каракульский р-н)

Место отбора пробы	П е с т и ц и д ы, мг/л			
	α -ГХПГ	γ -ГХПГ	ДДВ	ДДТ
Северо-Каракульский коллектор	0,002	Не обн.	0,001	0,004
Оросит. вод. Арик-Кароун	0,0	"	Следы	Следы
Межхозяйственный коллектор	0,013	"	Следы	Следы
Внутрихозяйственный коллектор	0,0	"	Следы	Не обн.

Сопоставление материалов повторных солевых съемок (ослевого опробования), выполненных мелиоративно-гидрогеологической экспедицией области, показывает, что в последние годы наблюдается общая тенденция к увеличению площадей средне- и сильнозасоленных почв. Так, если в 1970 г. площади средне- и сильнозасоленных почв составляли 26,2 % от орошаемой площади, то к 1994 г. они увеличились до 30,9 %. За рассматриваемый период также отмечено заметное уменьшение содержания гумуса в пахотном слое почв, что свидетельствует о снижении производительной способности орошае-

ных земель.

Анализ почвенных образцов, отобранных на территории Каракульского района до массового применения ядохимикатов в качестве дефолиантов (июнь, 1996 г.), показывает, что в пахотном слое содержания $\Sigma\beta$ изомеров в 1,5 раза, а Σ ДДТ - 1,5-2 раза превышает их предельно допустимую концентрацию (табл.3).

Т а б л и ц а 3

Содержание пестицидов в почве
(Каракульский район)

Разрез	Глубина, см	П е с т и ц и д ы, мг/кг			
		α	β	ДДЭ	ДДТ
ЮЮ-	0-10	0,012	0,065	0,072	0,040
	20-30	0,062	0,025	0,058	0,080
Ю20	0-10	0,0027	0,010	0,044	0,020
	20-30	0,0057	0,020	0,043	0,030
Ю30	0-10	0,0080	0,0	0,058	0,040
	20-30	0,0050	0,02	0,074	0,027
Ю40	0-10	0,0072	0,21	0,042	0,035
	20-30	0,016	0,42	0,072	0,080
Ю50	0-10	0,0085	0,075	0,042	0,040
	20-30	0,011	0,040	0,082	0,045

Приведенные выше данные свидетельствуют о том, что на территории Бухарской области за последние годы наблюдается ухудшение мелкоративно-экологического состояния орошаемых почв. В результате этого и несбалансированного использования органо-минеральных удобрений, нарушения промывного режима орошения производительная способность почв и урожайность основных севооборотных культур хлопкового комплекса устойчиво снижаются.

УДК 681.5:631.6

Р. Р. Саидов

**РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ БАЗ ДАННЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ
ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ МЕЛИО-
РАТИВНЫМ СОСТОЯНИЕМ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ (МСОЗ)
(на иерархических уровнях "хозяйство",
"район", "область").**

Компьютерная информационная система для управления мелиоративным состоянием орошаемых земель (МСОЗ) представляет собой базу данных в комплексе с программными средствами ее поддержки и коммуникации с внешними информационными структурами, а также локальными серверами и конечными пользователями. База данных должна содержать всю информацию, которая когда-либо может понадобиться в системе управления, и иметь возможности для расширения с учетом новых требований к составу информации в дальнейшем.

Ядро информационной системы — информационная база данных, под которой понимается совокупность данных об объекте управления, хранящихся в магнитных носителях или памяти ЭВМ для решения всего комплекса задач функциональных подсистем. Основным элементом информационной базы — информационный массив (ИМ) — совокупность данных о группе однородных объектов, характеризуемых одинаковым набором сведений [1].

Каждый информационный массив имеет название (идентификатор) и состоит из записей, каждая из которых включает данные, описывающие свойства одного объекта. Элементом записи является реквизит, который физически (на носителе или в памяти ЭВМ) занимает информационное поле записи. Информационный массив может содержать от нескольких десятков до миллиона записей.

Информация, составляющая базу данных, размещается на запоминающих устройствах прямого доступа, что позволяет затрачивать минимальное время на получение необходимых данных.

Внутренняя взаимосвязь компонентов базы данных отображается двумя описателями — файлов и реквизитов. База данных (БД) может состоять из произвольного количества файлов (наборов данных). В свою очередь, каждый файл имеет различную длину записи в зависимости от состава реквизитов. Логические записи объединены в физические блоки длиной по 253 байта [2]. Обмен инфор-

мацией с внешними носителями (чтение и запись) производится физическими блоками, что обеспечивает быстродействие ввода - вывода.

Описатель файлов - массив, содержащий параметры, характеризующие отдельный файл: идентификатор файла на магнитном диске; длина логической записи в байтах; количество цифровых реквизитов в записи; максимальное количество логических записей; шифр начального реквизита из массива-описателя реквизитов; шифр конечного реквизита из массива-описателя реквизитов.

Записи каждого файла содержат различное количество реквизитов. Каждый реквизит характеризуется параметрами, которые хранятся в массиве-описателе реквизитов.

Каждый цифровой реквизит хранится на магнитном диске в упакованном виде и занимает 3 байта, символьный - 16 байтов. Такая модель БД, хотя и имеет ограничения и является специализированной, позволяет быстро настраивать систему управления базой данных (СУБД) на различные предметные области и обеспечивает независимость данных и программ. Благодаря упакованному хранению данных реализуется компактное размещение базы на магнитном носителе.

Для проектирования базы данных АИС управления мелиоративным состоянием орошаемых земель нами проанализированы и систематизированы потоки информации на различных иерархических уровнях в структурных подразделениях Минсельводхоза республики. Предварительно рассчитаны объемы нормативно-справочной и входной информации на иерархических уровнях "хозяйство", "район", "область" для выбора системы управления базой данных и наиболее подходящих типов компьютеров.

Объем предполагаемой к хранению информации для выбора СУБД и класса наиболее подходящих компьютеров определяется по формуле

$$V_{\text{зап}} = n \cdot L_{\text{зап}}, \text{ байт,}$$

где n - количество записей; $L_{\text{зап}}$ - длина записи.

Для реализации БД на уровне "хозяйство" необходима следующая структура базы данных нормативно-справочной информации: административно-территориальные единицы (хозяйство); площадь административно-территориальной единицы; внутрихозяйственные каналы;

гидропосты на каналах;
внутрихозяйственные коллекторы;
гидропосты на коллекторах;
скважины вертикального дренажа;
наблюдательные скважины.

Структура базы данных нормативно-справочной информации (НСИ) на уровне "хозяйство" приведена в табл.1, где объем НСИ для хозяйства по предварительным расчетам составляет 1500 байт.

Структура базы данных входной информации на уровне "хозяйство" приведена в табл.2. Общий объем записи для входной информации составляет 15540 байт.

Для реализации БД на иерархическом уровне "район" необходима следующая структура базы данных нормативно-справочной информации:

административно-территориальные единицы (район);
площадь административно-территориальной единицы;
межхозяйственные каналы;
гидропосты на межхозяйственных каналах;
насосные станции на межхозяйственных каналах;
межхозяйственные коллекторы;
гидропосты на межхозяйственных коллекторах;
скважины вертикального дренажа;
наблюдательные скважины уровней грунтовых и напорных вод.

Структура базы данных нормативно-справочной информации на уровне "район" приведена в табл.3. Как видно, общий объем записи НСИ для реализации базы данных составляет 10250 байт.

Информация о мелиоративном состоянии орошаемых земель, а также о других параметрах на уровне "район" включает сведения об орошаемой площади района, количестве наблюдательных скважин, среднемесечном уровне грунтовых и напорных вод по району, количестве гидропостов, поступлении воды на орошение из всех источников, площадях с различными глубинами залегания и минерализацией грунтовых вод, площадях с различной степенью засоления почв и так далее.

Структура базы данных входной информации на уровне "район" приведена в табл.4, по предварительным расчетам общий объем записи составляет 2881320 байт.

При изучении существующих форм входных таблиц, справок, информационных сведений и других материалов на уровне "область"

Структура баз данных нормативно-справочной информации
(НСИ) на перерхическом уровне "хозяйство"

Код территор. единицы	Территориальная единица	Физическая площадь	Орошаемая площадь	Общий объем записи, байт
370				
Код территор. единицы	Код канала	Наименование канала		330
Код территор. единицы	Код канала	Код гидропоста	Номер/ наименование гидропоста	230
Код территор. единицы	Код коллектора	Наименование коллектора		330
Код территор. единицы	Код коллектора	Код гидропоста	Номер/ наименование гидропоста	230
Код территор. единицы	Код скважин грун- товых вод	Код наблюдат. скважин грун- товых вод	Номер наблюдат. скважин грун- товых вод	1500

Структура баз данных нормативно-справочной информации (НСИ)
на меристическом уровне "район"

				Общий объем записей, байт	
Код территор. единицы	Наимено- вание	Физическая площадь	Орошаемая площадь	370	
Код территор. единицы	Код канала	Наименование канала		660	
Код территор. единицы	Код канала	Код гидропоста	Номер/ наименование гидропоста	920	
Код территор. единицы	Код канала	Код насосной станции	Номер/ наименование насос. станции	1120	
Код территор. единицы	Код коллек- тора	Наименование коллектора		660	
Код территор. единицы	Код коллек- тора	Код гидропоста	Номер/ наименование гидропоста	1120	
Код территор. единицы	Код коллек- тора	Код насосной станции	Номер/ наименование насосн. стан- ции	1400	
Код территор. единицы	Код скважин	Номер скважин		4000	
Итого				10250	

Таблица 4

Структура баз данных входной информации на иерархическом уровне "район"

Код территор. единицы	Код канала гидропоста	Дата	Замер I	Замер 2	Общий объем записи, байт
11600					
864000					
496800					
777600					
3960					

[illegible]

Т а б л и ц а 5

Структура баз данных номинативно-справочной информации
(НСИ) на иерархическом уровне "область"

Код территор. единицы	Наименование	Физическая площадь	Орошаемая площадь	Общий объем записей, байт
Код территор. единицы	Код канала	Наименование канала		555
Код территор. единицы	Код канала	Код гидропоста	Номер гидропоста	750
Код территор. единицы	Код коллектора	Наименование коллектора	Номер гидропоста	1080
Код территор. единицы	Код коллектора	Код гидропоста	Номер гидропоста	750
Код территор. единицы	Код коллектора	Код гидропоста	Номер гидропоста	1080

Итого 4215

проанализированы и систематизированы потоки информации на рассматриваемом уровне.

Для реализации БД на иерархическом уровне "область" необходима следующая структура базы данных нормативно-справочной информации:

административно-территориальные единицы (область);
площадь административно-территориальной единицы;
магистральные каналы 2-го порядка (межрайонные);
гидропосты на межрайонных каналах;
насосные станции на межрайонных каналах;
магистральные коллекторы 2-го порядка (межрайонные);
гидропосты на межрайонных коллекторах;
насосные станции на межрайонных коллекторах.

Структура базы данных нормативно-справочной информации на уровне "область" приведена в табл.5, входной информации - в табл.6.

Проанализировав структуры баз данных и объем необходимой для хранения информации на различных иерархических уровнях, можно сделать вывод, что для реализации автоматизированной информационной системы можно использовать систему управления базами данных Access, которая применяется в персональных компьютерах типа IBM, Pentium и т.д. При использовании СУБД Access все операции по созданию файлов, их заполнению данными, сортировке и корректировке осуществляются по отдельным командам [3].

Список использованной литературы

1. Смирнов С.М. и др. Автоматизированные системы управления мелиоративным строительством. М.: Агропромиздат, 1990. 143 с.
2. Информационно-советующая система управления орошением // Под ред. В.П. Остапчика. Киев: Урожай, 1989. 248 с.
3. Microsoft Access. Система управления реляционными базами данных для Windows, версия 2.0. Руководство пользователя.

УДК 631.675.4:633.51:575.18

М.Г.Хорст, К.У.Алибаев

К ВОПРОСУ О ПРОДУКТИВНОСТИ ОРОШЕНИЯ НОВЫХ СОРТОВ ХЛОПЧАТНИКА В УСЛОВИЯХ СЫРДАРЬИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Большая часть орошаемых земель новой зоны освоения Сырдарьинской области в настоящее время характеризуется низкой водообеспеченностью на фоне неудовлетворительного мелиоративного состояния и повышенной минерализации воды в водоисточниках. Этим обуславливаются снижение урожайности сельхозкультур и низкая продуктивность орошения. Поэтому наряду с инженерно-мелиоративными мероприятиями, направленными на улучшение сложившейся ситуации, становится важным выведение новых сортов сельхозкультур, менее влагоемких и более солеустойчивых.

Большой практический интерес представляют новые сорта хлопчатника, выведенные учеными-селекционерами Института генетики Академии наук Узбекистана. Три новых сорта Армугон, Гульбахор и Повбахор, испытанные в последние годы в разных природно-климатических зонах республики, по данным деляночных опытов, проведенных авторами сортов, устойчивы к недостатку влаги, засолению почвы, заболеванию вилтом, что выгодно отличает их от районированных для Сырдарьинской области сортов [1]. Так, в условиях деляночных опытов авторы этих сортов получили порядка 10 ц/га хлопка-сырца (выход волокна на уровне 35-40%) при орошительной норме 5 тыс. м³/га. Новые сорта характеризуются высокими показателями энергии прорастания, сохранности плодовых элементов, темпов роста, развития и раскрытия коробочек, они также хорошо приспособлены к машинной уборке.

Весной 1996 г. отдел техники орошения САНИИРИ в содружестве с авторами новых сортов Н.Г.Губановой и У.Д.Джураевым заложил в Сырдарьинском опытно-производственном хозяйстве САНИИРИ (совхоз № 1-а им. Г.Гуляма) опытный участок общей площадью 6 га, в пределах которого каждому сорту отводилось по 1,5 га, в контуре участка располагался контроль с районированным в области сортам Ан-Баяут площадью 1,5 га.

Земли опытного участка подкомандны лотковому участковому оросителю У-6. Почвогрунты представлены легкими суглинками,

Водоснабжение системы - 5-6

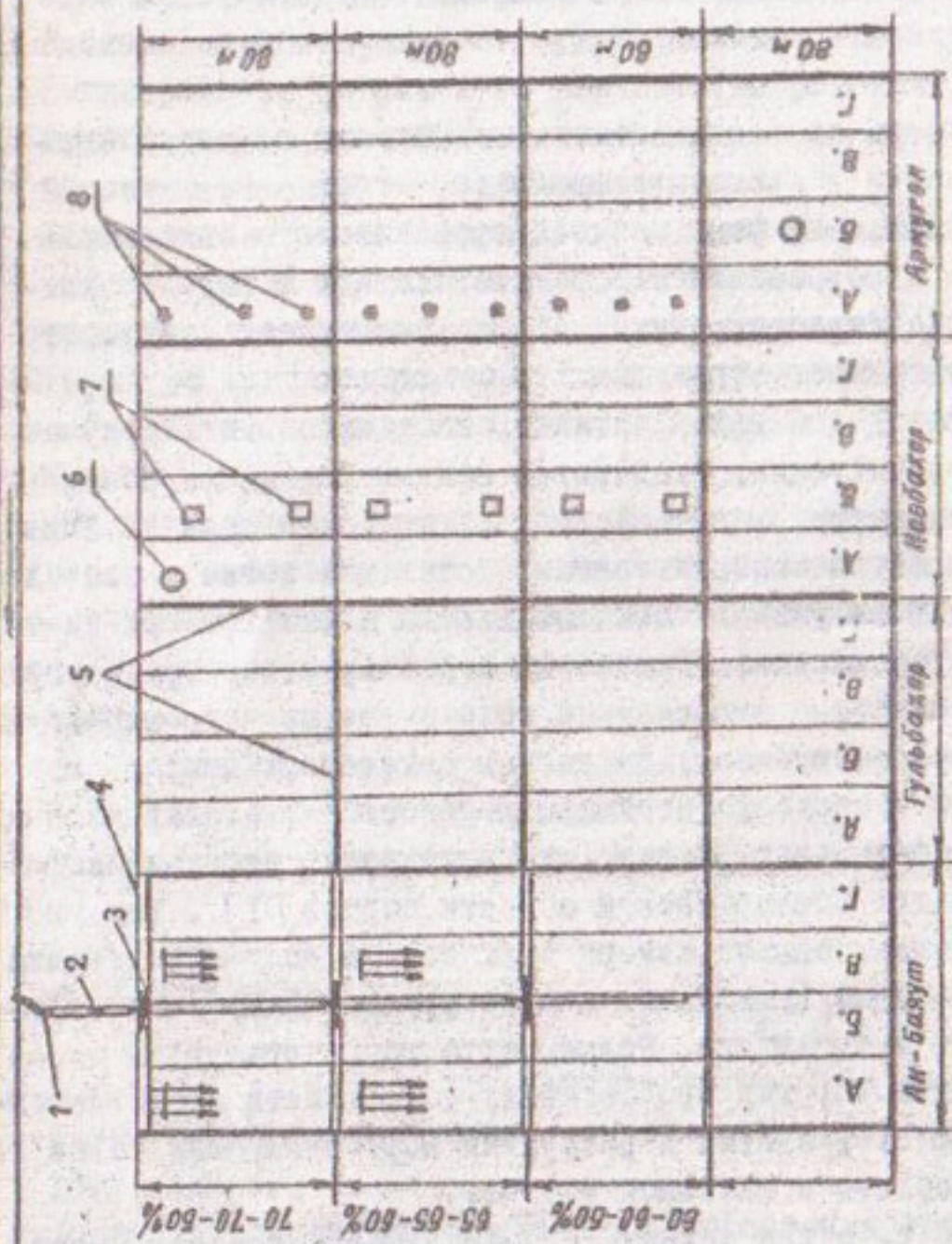


Схема полевого опыта в совхозе I-а им. Г.Гуляш, 1996 г.:

1 - сифон; 2 - индикатор стока; 3 - крестовина; 4 - поливной шланг; 5 - временный ороситель соросной; 6 - точки наблюдения УГВ; 7 - фенологические площадки; 8 - точки наблюдения за влажностью почвы.

сильно засоленными (сумма токсичных солей 0,817-1,318 ‰), тип засоления хлоридно-сульфатный ($< 0,3$). Содержание гумуса - 0,2-0,5%, содержание фосфора и калия - низкое. Уровень грунтовых вод в течение вегетации изменяется от 2,6 до 1,5 м.

Основная цель исследований 1996 г. - установление реальной отзывчивости новых сортов на орошение в условиях опытного сельскохозяйственного производства на мелиоративно неблагоприятных землях. Исходя из этого, для каждого из новых сортов и для контрольного сорта были предусмотрены три варианта влажности, поддерживаемой в корнеобитаемой зоне на различных стадиях вегетации: 70-70-60 % НВ; 65-65-60 % НВ и 60-60-60 % НВ. Каждый из вариантов испытывался в четырехкратной повторности (таблица).

Оросительная вода на участки подавалась с помощью переносных поливных комплектов, состоящих из сифона для забора воды из источника, полиэтиленовых поливных шлангов ЮПО-200 и аналогичных транспортирующих шлангов, алюминиевых крестовин для сопряжения транспортирующих и поливных шлангов. Подаваемые объемы оросительной воды фиксировались индикатором стока, а величина образующегося поверхностного сброса оценивалась с помощью трапециевидных водосливов. Компонировочная схема опытного участка представлена на рисунке. Длины борозд в каждом из вариантов опыта составляли 80 м при междурядьях 0,9 м.

Водно-физические свойства почвогрунтов опытного участка характеризуются следующими данными: объемная масса - 1,39 г/см³; пористость - 49,2 %; наименьшая влагоемкость - 35% (от объема).

В течение вегетационного периода измеряли залегание УГВ, фенологически наблюдали за ростом и развитием надземной и корневых частей растений.

Севу хлопчатника предшествовал влагозарядковый полив, проведенный 11-13 апреля нормой (брутто-полю) 1500 м³/га по желтым бороздам. Сев хлопчатника во всех вариантах был осуществлен 2-3 мая 1996 г. Сбор урожая начат 23 сентября и завершен 30 сентября. Количество эффективных атмосферных осадков за период вегетации составило 36 мм. В течение вегетации проведено три полива: 1-ый во второй декаде июня с вариацией нормы (брутто-полю) в зависимости от вариантов опыта от 1500 до 2100 м³/га и 2-ой нормами от 1500 до 1700 м³/га. Исходя из режима грунтовых вод, общая подпитка из них корнеобитаемой зоны оценивалась в зависимости С.И.Харченко [2]

$$W_r = E_0 e^{-mH} = \frac{E_0}{e^{mH}}, \quad (1)$$

где E_0 - испаряемость, мм;
 H - глубина залегания грунтовых вод, м;
 e - основание натурального логарифма;
 m - коэффициент, зависящий от типа почвогрунта по механическому составу и стадии развития сельскохозяйственной культуры.

По нашим расчетам для сороземных суглинков опытного участка при режиме грунтовых вод, наблюдавшихся в вегетацию 1996 г., подпитка корнеобитаемой зоны составила 2365 м³/га.

Исследования показали, что наиболее удачным режимом влажности для всех сортов явился вариант 70-70-60 % НВ. На фоне этого режима новые сорта дали прибавку урожайности на 1 м³ затраченной на орошение (на уровне поля) воды в 70-82 % в сравнении с контролем (урожайность 32,7-35,8 ц/га против 18,5 ц/га в контроле). Затраты оросительной воды на 1 ц продукции были меньше на 41-45 % в сравнении с контролем. Таким образом, для оптимального по режиму влажности варианта (70-70-60 % НВ) при одинаковой удельной водоподаче "брутто-поля" на уровне 3000 - 3275 м³/га новые сорта показали высокую эффективность использования оросительной воды.

В ы в о д ы

Вегетационные опыты по возделыванию новых сортов хлопчатника подтвердили потенциальные возможности новых сортов обеспечить больший в сравнении с районированным в условиях Сырдарьинской области сортом Ан-Баяут выход хлопка-сырца на единицу затраченной оросительной воды.

Из трех испытываемых сортов наиболее приспособленным к почвенно-мелиоративным условиям опытного участка в Сырдарьинском ОПХ является Новбахор.

Для более обоснованных рекомендаций по районированию новых сортов в условиях Сырдарьинского ОПХ необходима сравнительная оценка эффективности новых сортов в различных почвенно-мелиоративных зонах хозяйства, что нашло отражение в планируемых веге-

оросительной воды новыми сортами хлопчатника в сравнении с Ан-Басутом (контроль)

- 2 -

Сорт	70-70-60 % НВ					65-65-60 % НВ					60-60-60 % НВ							
	Уд. водополачка г/га	Урожайность, ц/га	Продуктив., кг/м ²	Прирост, %	Затраты оросит. водн. м ³ /п	Снижение, %	Уд. водополачка г/га	Урожайность, ц/га	Продуктив., кг/м ²	Прирост, %	Затраты оросит. водн. м ³ /п	Снижение, %	Уд. водополачка г/га	Урожайность, ц/га	Продуктив., кг/м ²	Прирост, %	Затраты оросит. водн. м ³ /п	Снижение, %
Гульбахор	3275	33,9	1,04	70	96,6	41	3598	32,2	0,89	48	111,7	33	3836	29,0	0,76	41	29	132,3
Новбахор	3275	35,8	1,02	79	91,5	44	3387	29,5	0,87	40	114,8	31	3685	30,4	0,82	52	35	121,2
Армугон	2947	32,7	1,11	82	90,1	45	2457	21,5	0,62	3	160,8	3	3603	19,5	0,54	0	1	184,8
Ан-Басут	3014	18,5	0,61	0	162,2	0	3357	20,2	0,60	0	166,2	0	3603	19,3	0,54	0	0	185,7

Примечания: 1. Во всех вариантах в водопотреблении хлопчатника помимо оросительной воды участвовали грунтовые воды с удельным объемом подпитки из них 2365 м³/га.

2. Выделены наилучшие варианты для каждого режима влажности.

тационных опытах 1997 г.

Практический интерес представляет выращивание новых сортов с использованием пленочных покрытий гребней борозд, т.е. сочетание потенциальных способностей новых сортов к пониженному водопотреблению с приемом уменьшения физического испарения с поверхности почвы.

Список использованной литературы

1. Новые сорта хлопчатника. Ташкент: Узинформагпрок, 1996.
2. Х а р ч е н к о С.И. Гидрология орошаемых земель. Л.: Гидрометеониздат, 1975.

УДК 631.559.001.573:633.11

Т.У.Атакулов

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМОВ ОРОШЕНИЯ И ДОЗ ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ СОРТА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ МАРЖОН

В настоящее время посевная площадь зерновых колосовых культур только на орошаемых землях Республики Узбекистан составляет 1200 тыс.га. Однако средняя урожайность этих культур не превышает 21-23 ц/га. Как показали итоги научно-исследовательских работ и практика передового опыта, наиболее верным путем развития зерноводства в орошаемом земледелии республики является широкое внедрение в производство водосберегающих интенсивных технологий возделывания зерновых колосовых культур.

Одним из основных факторов получения высоких и качественных урожаев пшеницы и других зерновых культур является создание оптимального водного режима с учетом биологических особенностей сорта и почвенно-климатических условий.

В получении заданных урожаев зерна наиболее актуальна разработка зональных агрорекомендаций по оптимизации водного режима зерноколосовых культур в течение всей вегетации.

Полевые опыты проводились в 1995-1996 гг. на вновь освоенных типичных сероземах на центральном опытном участке при Научно-исследовательском институте "Зерно". Почвы по механическому

составу относятся к средним суглинкам, уровень грунтовых вод располагается на глубине ниже 10 м. Во вспаханном горизонте опытного участка количество перегноя составляет 0,6-0,8 %, питательные элементы: азот - 0,08-0,10 %, фосфор - 0,12-0,15 % и калий - 1,8-2,1 %.

Опыты проводились в трех вариантах режима орошения: 60, 70 и 80 % ППВ, а также в варианте без проведения орошения.

Наряду с режимом орошения изучалось влияние различных доз органических и минеральных удобрений на урожайность пшеницы и на режим подвижных форм питательных элементов в почве. Нормы и сроки проведения поливов назначались с учетом влажности почвы, физиологических потребностей растений.

Опыты проводились в соответствии с разработанными рекомендациями НПО "Зерно" и агротехническими мероприятиями на посевах озимых зерновых культур. Для обеспечения дружных всходов озимой пшеницы проводился влагозарядковый полив нормой 750 - 800 м³/га. После того, как почва поспевает, согласно схеме опыта, до посева вносятся органические удобрения и проводится вспашка на глубину 27-30 см.

Сев проводился в первой декаде октября с помощью сеялки марки СН-16. Норма посева составляла 4 млн шт. при глубине заделки семян 3-5 см. Семена за 12-14 дней до посева обрабатывались препаратом деразол, фунгицидом, дозой 2,0 кг/т.

Азотные удобрения вносились, согласно схеме опытов, в период кущения, трубкования и колошения. В период вегетации пшеницы проводились фенологические наблюдения, определялись число растений и темпы накопления сухой биомассы, изучалась динамика изменения азотных, фосфорных и калийных питательных элементов.

В опытах установлено влияние различных режимов орошения и доз внесения удобрений на урожайность сорта озимой пшеницы Маркон (таблица).

Как видно, наблюдается зависимость урожайности пшеницы от режима орошения и питательного режима, но при этом при всех вариантах оросительные нормы остаются без существенных изменений. При предполивной влажности 60 % ППВ оросительная норма составила 2775 м³/га при 3 поливах с нормой 925 м³/га, при 70 % от ППВ оросительная норма 2780 м³/га при 4 поливах с нормой 695 м³/га, при 80 % от ППВ оросительная норма 2778 м³/га при 6 поливах с нормой в 463 м³/га.

Влияние режима орошения и доз внесения
удобрений на урожайность сорта озимой
пшеницы Мархон (1995-1996 гг.)

Предполивная влажность, % от ППВ	Удобрения, кг/га	Урожайность, ц/га			
		1995 г.	1996 г.	сред- няя	допол- нитель- ная
Без полива	N40P40K40	9,8	7,5	8,2	-
60-60-60 %	Без удобрения	30,1	26,0	28,1	-
	N180P90K60	39,1	35,2	37,2	9,1
	N180P90K60 + + 20 т/га навоза	44,1	36,9	40,5	12,4
70-70-70 %	Без удобрения	36,5	31,7	34,5	-
	N180P90K60	50,0	40,4	45,2	11,1
	N180P90K60 + + 20 т/га навоза	60,1	48,1	54,1	20,0
80-80-80 %	Без удобрения	47,7	33,0	40,4	-
	N180P90K60	64,8	43,5	54,2	13,8
	N180P90K60 + + 20 т/га навоза	68,0	51,1	59,6	19,2

Кроме того, дополнительная урожайность получена от внесе-
ния различных доз минеральных и органических удобрений.

Список использованной литературы

1. Э м и р з а е в К., К а с ы м о в А. Сурориладиган
ерлардаги галлазорларда утказиладиган кузги-қипки ва ба-
хорги ора-тадбирларнинг технологик жадвали. Ташкент, 1994.
2. Д у х о в н ы й В.А., Я к у б о в Х.Н., И к р а м о в Р.К.
Расчетные биологически потребные оросительные нормы сель-
скохозяйственных культур на различные уровни урожайности
для условий Узбекистана 1995-1996 гг. Ташкент, 1995.
3. Б е с п а л о в Н.З. и др. Мелиорация и орошение культур
хлопкового севооборота (гидро модульное районирование и ре-
жим орошения сельскохозяйственных культур по областям Рес-
публики Узбекистан). Ташкент, 1991.

УДК 631.67:633.51

Пандит Башир Ахмед

ВОДОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНИКА ОРОШЕНИЯ ХЛОПЧАТНИКА
И ДРУГИХ КУЛЬТУР ДЛЯ ЮГА УЗБЕКИСТАНА
И СЕВЕРНЫХ ШТАТОВ ИНДИИ

Периферийные земли Карминской равнины, располагающиеся в предгорьях Гиндукуша, в основном представлены различными сероземами. Эти земли характеризуются большими уклонами, глубоким залеганием грунтовых вод, просадочностью, суффозией, а при орошении подвержены эрозии. Они во многом аналогичны сравнительно недавно освоенным землям в предгорьях Таджикистана и южных областях Узбекистана.

В Узбекистане, а именно в Камкадарьинской области, изучался опыт освоения таких земель на трех участках массивов орошения. Эти исследования показали чрезвычайно низкую технико-экономическую эффективность сельскохозяйственного производства здесь.

Первые годы освоения связаны с просадками, чрезмерными затратами оросительной воды и труда, а зачастую и оврагообразованием. Урожайность сельскохозяйственных культур оставалась низкой. Однако на подобных же древнеорошаемых землях, т.е. на давно обжитых и окультуренных, получают высокие урожаи. Об этом свидетельствуют результаты исследований на упомянутых выше трех массивах (или участках), где была испытана более совершенная техника полива.

В табл. 1, 2 и 3 технико-экономические показатели практикуемого полива по бороздам сравниваются с тремя более совершенными способами полива, изученными только на опытных участках, но пока не получившими распространения из-за дороговизны, дефицита, а вернее отсутствия, необходимых материалов. Полив по бороздам сравнивается с более совершенными технологиями: использованием плангов-увлажнителей (ПУ), систем внутрипочвенного увлажнения (ВПО) и капельного орошения (КО).

В данной статье ограничимся только некоторыми характеристиками и важнейшими показателями этих новых технологий полива. Почвы опытных участков на трех типичных по условиям массивах

относятся к мощным темным, типичным и светлым сероземам, уклоны полей в диапазоне 0,01-0,016. Контрольные участки бороздкового полива располагались там же. На контрольных участках были проведены капитальная строительная и повторные планировки земельным объемом 1000-1500 м³/га в течение трех лет. Опытные же участки не планировались.

Удобрения вносили в следующих количествах, кг/га:

Технология полива	Азот	Фосфор	Калий
Контроль (полив по бороздам)	300	210	150
Шланги-увлажнители	180	150	120
Внутрипочвенное орошение	150	100	120

Намечены схемы поливов: для хлопчатника - 70-70-60 % НВ; кукурузы - 70-75% НВ; люцерны - 80% НВ. На контрольном участке из-за просадок, вынужденного применения больших поливных норм фактические предполивные влажности почвы оказались по полю очень неравномерными и в большинстве случаев недостаточными, порядка 50-60% НВ.

Применение шлангов и внутрипочвенного орошения в значительной мере снизило просадки поверхности поля, суффозию, смыв почвы - это положительный результат внедрения ВПО, ШУ и СКО.

На всех опытных массивах и для всех культур полив проводился при уклоне 0,01, наиболее распространенном на сероземных почвах.

Т а б л и ц а I

Внутрипочвенное орошение в условиях предгорьев в Калкадарьинской области при использовании мутной оросительной воды из р.Амударьи

	Рас- ход, л/с	Нормы полива, брут-то	ч нет-то	сб-рос	утеч-ка	Время полива до-бега	до-лива	общее	КПД техники полива
Пшеница	0,18	485	400	46	38	1,4*	2,3	3,7	0,82
Кукуруза	0,29	770	700	40	30	2,2	3,4	5,6	0,95
Хлопчатник	0,22	900	760	210	58	1,1	5,9	6,0	0,85
Люцерна	0,16	1029	830	114	95	5,7	7,7	13,4	0,81

Примечание: * - в работе использована методика добегания струи по аналогии полива по бороздам; 1,4 ч - это время добегания струи внутри трубы ВЮ, отмеченное по створам 50 м, разница с поливом по бороздам заключается в использовании живого сечения воды внутри труб взамен параболического в бороздах. Сбросы используются в ок-арниках последующих секций поливных средств.

Как видно из данных табл.1, новая технология позволяет существенно повысить КПД полива.

Применение новых, более совершенных технологий полива позволяет сократить затраты воды при одновременном существенном повышении урожайности сельскохозяйственных культур (табл.2).

Сравнение технико-экономических показателей различных технологий полива хлопчатника приведено в табл.3.

Т а б л и ц а 2

Урокам и оросительная норма под
хлопчатник и другие культуры

Техника полива	! Культура	! Оросительная норма, ! м ³ /га	! Урожай хлопка-сырца, ! зерна кукурузы, сена ! люцерны за один ! укос, ц/га
Полив по бороз- дам	Хлопчатник	8420	28,1
	Кукуруза	4150	76,8
	Люцерна	5985	95,8
Внутрипочвенное орошение	Хлопчатник	4785	39,8
	Кукуруза	3880	91,4
	Люцерна	4310	104,5
Капельное орошение	Хлопчатник	3115	41,4
Шланги-увлаж- нители	Хлопчатник	4310	36,0

Т а б л и ц а 3

Технико-экономические показатели
различных способов орошения

Показатель	Полив по бороздам	Шланги-улав- ляющие	НКО	СКО
Площадь опытного участка, га	12	12	10	10
Капвложения, тыс. сум/га	4968	6698	43005	43470
Урожай хлопка-сырца, ц/га	28,1	36	39,8	41,4
Фактическое количество поливальных щитков	10	5	4	2
КЭИ поля	0,72	0,87	0,92	0,95
Оросительная норма (м ³ /га)/число поливов	<u>8420</u> 8	<u>4310</u> 6	<u>5800</u> 6	<u>5900</u> 6
Затраты энергии на все виды работ, МДж	23130	13320	12250	190200
Прибыль, сум/га	-	6542	8717	1034

УДК 631.587:631.62

Ж.И.Рахманов, И.К.Дурнов, Л.К.Госсу, В.И.Мирошников

ВЛИЯНИЕ ОРОШЕНИЯ И ДРЕНАЖА НА МЕЛИОРАТИВНОЕ
СОСТОЯНИЕ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ
ЧАСТИ ЧУЙСКОЙ ДОЛИНЫ (НА ПРИМЕРЕ Ш СЕВООБОРОТА
СОВХОЗА "КЕЛЕЧЕК" ПАНФИЛОВСКОГО РАЙОНА)

Земли совхоза "Келечек" (Кыргызстан) расположены в северо-западной части Чуйской долины и граничат с Казахской Республикой. В гидрогеологическом отношении они относятся к периферии подзоны неглубокого залегания и слабого выклинивания грунтовых вод. Воды минерализованы в диапазоне от пресных до сильноминерализованных. По типу почв различают луговые, лугово-сероземные, сероземно-луговые, сероземы обыкновенные, по

степени засоления почвы относятся к незасоленным и разным степеням засоления, от слабозасоленных до солончаков, солонцеваты от слабой до средней степени.

Регулярное орошение началось с 50-х годов, после строительства IV дистанции ЗБЧК, тогда же были проложены открытые горизонтальные дрена (на I и II севооборотах). В 1983-1985 гг. началось строительство Карабалтинской оросительной системы (КОС) в Калининском и Панфиловском районах, которое предусматривало повышение водообеспеченности орошаемых земель с использованием коллекторно-дренажного стока, значительная часть которого должна была формироваться за счет откачиваемых вертикальным дренажом подземных вод, а также стока коллекторно-обросных вод, поступающих в пруды и водоемы суточного и декадного регулирования. Введение КОС в эксплуатацию позволило улучшить мелиоративное состояние орошаемых земель, повысить их водообеспеченность, применить прогрессивную технику полива - дождевание с использованием ДИ "Фрегат", "Волжанка" и ЭДМФ "Кубань", полив по бороздам, повысить КЗН за счет строительства закрытого горизонтального дренажа и подземных трубопроводов для подачи воды на поля, повысить КПД внутрихозяйственной сети за счет устройства лотковых и бетонированных каналов при транспортировании воды от насосных скважин (вертикальный дренаж), из прудов-накопителей, из магистрального канала ЗБЧК.

Массив III севооборота совхоза "Келечек" относится к вновь осваиваемым землям в системе КОС, его характеристика дана в табл. I. На северной границе массива пробурен створ эксплуатационных скважин в виде кустов глубиной 110 и 250 м. Откачки начались в 1985 г., но существенно повлиять на изменение глубины залегания уровней грунтовых вод они не могли, так как велась нерегулярно ($K_{ПР} = 0,03-0,18$). В связи с этим изменение мелиоративного состояния массива рассматривается с учетом основных факторов: орошение дождеванием и дренирование горизонтальным дренажом.

В табл. 2 представлены результаты солевых съемок, начиная с 1953 г. Съемка 1953-1954 гг. показала, что до начала освоения пустынных неорошаемых земель преобладали незасоленные почвы. Съемка 1983-1984 гг., т.е. 30 лет спустя, выявила существенные изменения: на фоне нерегулярного орошения и отсутствия дренажа преобладающими стали засоленные земли. Съемка 1989 г.

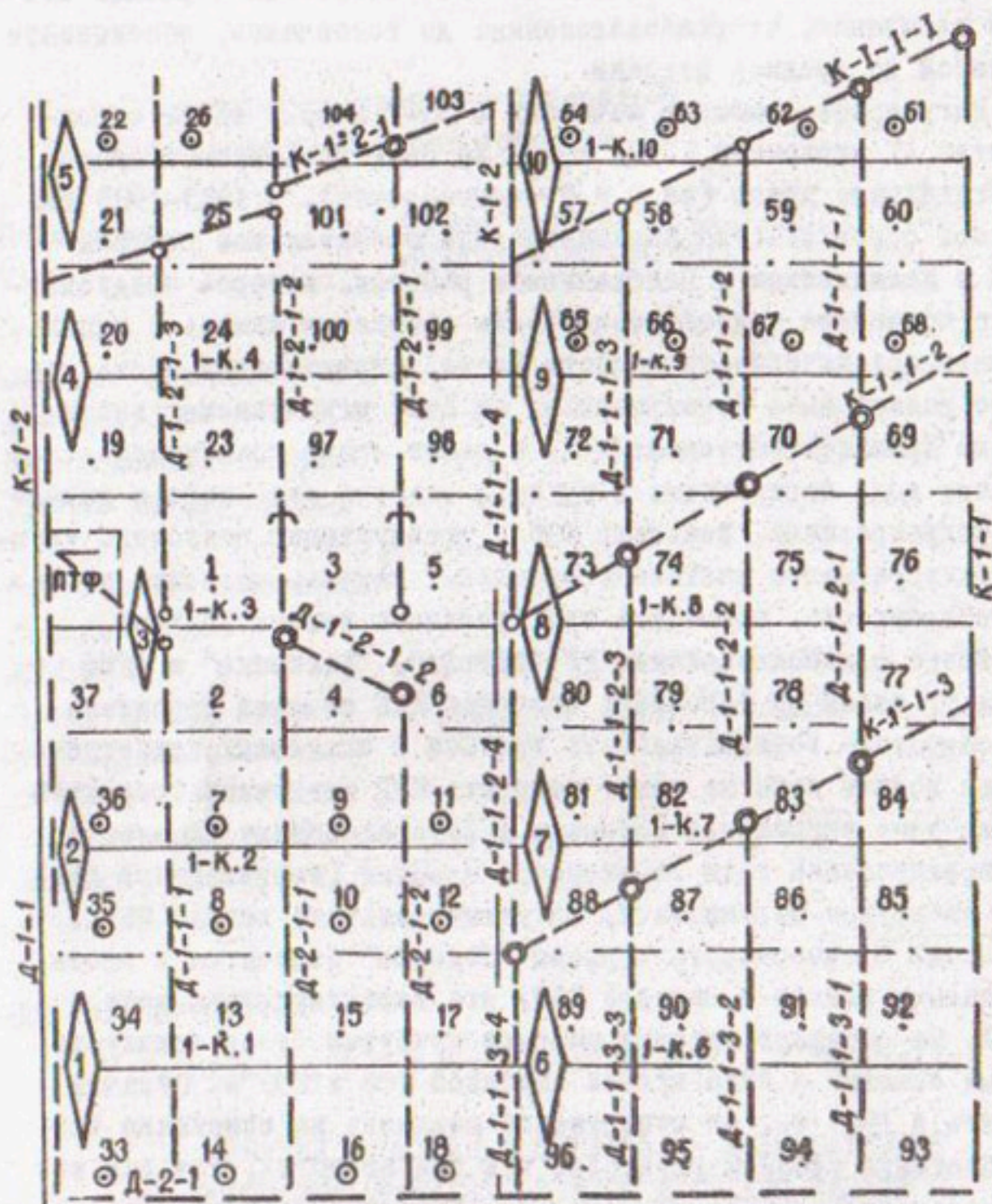


Схема польного севооборота III в совхозе "Келечек"
Панфиловского района с размещением закрытого горизон-
тального дренажа:

1-K.1 - канал; --- - граница поля; 1-104 - точки отбора проб
на ПХА и влажность; ○, ⊙ - смотровые колодцы на дренах и
коллекторах; ∟ - водомерный пост; 1-тс - ЭДМФ "Кубань" и
номер поля.

Характеристика массива II севоборота совхоза "Келечек"

Безкочный севоборот!		Систематический закрытый горизонтальный дренаж		Техника полива		
ω = 1248 га						
Состав культур		Первичные дрены		ЭМФ Кубань		
		3-го		2-го		
		Коллекторы		порядка		
Сахарная свекла на сем.		20	L = 800-2000 м	L = 1,8-1,86 км	t = 4,5-5,0 м	Число машин - 10
Многолетние травы		20	I = 0,0024-0,0048	I = 0,0019-0,0022	В земляном русле	Подача по бето- 3
Озимая пшеница		20	t = 3,5-4,5 м			нированным 1
Зернобобовые + мног. травы		10	B = 400-420 м	t = 3,5-5,5 м	К-I-I	каналам
Кукуруза на зерно		10	d _{кер} = 150-350 мм	d _{кер} = 200-300 мм	К-I-2	I-K.I ...
Кукуруза на силос		10		d _{з/с} = 400-800 мм	К-I-3	I-K.IO
Зернобобовые		10				

показала, что регулярное орошение и систематический горизонтальный дренаж положительно влияют на соотношение между незасоленными и засоленными почвами: произошло увеличение незасоленных и слабозасоленных площадей.

В течение 1983-1988 гг. велись систематические наблюдения за засолением почвогрунтов до глубины 3,5-4,0 м, глубиной залегания УГВ, влажностью почвогрунтов до глубины 1,0-1,5 м, поливными и оросительными нормами, дренажным стоком, минерализацией оросительной, дренажной и грунтовых вод, состоянием посевов и урожайностью сельскохозяйственных культур.

В табл.3 представлена динамика мелиоративного состояния земель: содержание токсичных солей по горизонтам почвогрунтов, глубинам, минерализация грунтовых вод по осеннему отбору, минерализация дренажных и оросительных вод, влажность почвы, частота распределения влажности почвы свыше 0,8 ППВ (по отборам в течение вегетации).

Среди показателей мелиоративного состояния полей III севооборота выделен такой, как количество воды, профильтровавшееся через 0-I м слой почвы, который рассматривается как критерий обеспеченности промывного режима орошения. Мы воспользовались данными по влажности почвы до и после полива и сопоставили их с величиной предельно-полевой влагоемкости (ППВ) верхнего метрового слоя почвы, равной $2960 \text{ м}^3/\text{га}$. В первом приближении было принято, что разность $W_{\text{ппв}} - W_{\text{нач}}$ идет на заполнение свободной емкости 0-I м слоя почвы после очередного полива, а разность $W_{\text{кон}} - W_{\text{ппв}}$ составляет объем воды, профильтровавшейся через 0-I м слой почвы. Если после очередного полива влажность почвы $W_{\text{кон}} < W_{\text{ппв}}$, то в этом случае заполнение емкости определяется только по разности $(W_{\text{кон}} - W_{\text{нач}})$, фильтрация отсутствует. Например, на поле № I в 1984 г. было проведено II поливов поливной нормой от 100 до $730 \text{ м}^3/\text{га}$ и оросительной нормой $5490 \text{ м}^3/\text{га}$. Путем отбора проб почвы на влажность до и после каждого полива было определено, что суммарный объем воды до ППВ составил $3679 \text{ м}^3/\text{га}$, суммарно профильтровалось через 0-I м слой почвы $1161 \text{ м}^3/\text{га}$ и суммарно поступило на орошение 4840 м^3 на га. Самая большая оросительная норма была подана на поле № 10 при выращивании люцерны на сено при 15-17 поливах в течение вегетации. Наименьшие оросительные нормы требовались при выращивании свеклы и люцерны на семена и не превышали $700-2300 \text{ м}^3/\text{га}$.

Распределение площадей по степени засоления 0-I и слои почвы на III севообороте совхоза "Кемечек" Панфиловского района, га/%

Год съемки Масштаб	Всего	В том числе по степени и типу засоления				
		незасоленные	слабая	средняя	сильная	
		I	I	I	I	2
1953-1954	1360	1022	59	168	III	
I: 25000	100	75,2	4,3	12,3	8,2	
1962-1984	1296	206	257	184	203	63
I: 10000	100	16,0	19,8	14,2	15,7	4,8
1989	1248	503	376	202	101	46
I: 10000	100	40,3	30,1	16,2	8,1	3,7

Примечание: Выделены типы засоления: I - сульфатный и сульфатный с содой;
2 - содовый, сульфатно-содовый, гидрокарбонатный.

Таблица 3

Динамика мелноративного состояния полей. III севооборота
совхоза "Келечек" на фоне орошения и дренажа

Показатель	Слой почвы, см	Номер поля и год наблюдения													
		I							II						
		1983	1984	1985	1986	1987	1988	1983	1984	1985	1986	1987	1988		
Засоление почвы по сумме токсичных солей, % м.с.п.	0-30	0,126	0,122	0,093	0,124	0,074	0,364	0,196	0,198	0,184	0,102	0,385	0,271	0,268	
	0-100	0,151	0,158	0,125	0,180	0,115	0,372	0,208	0,234	0,238	0,129	0,573	0,437	0,402	
	100-200	0,082	0,082	0,084	0,135	0,099	0,213	0,138	0,096	0,176	0,102	0,469	0,410	0,502	
	200-300	0,070	0,102	0,071	0,074	0,056	0,148	0,152	0,104	0,117	0,105	0,261	0,252	0,302	
Объемная влажность почвы, %	0-30	-	25,8	22,8	21,4	20,4	-	23,8	23,8	19,8	21,1	24,6	27,4	-	
	0-100	-	28,3	24,9	24,3	22,9	-	23,8	26,2	23,2	23,6	27,5	30,1	-	
Частота распределения влажности почвы, >0,8 ппв, %	0-30	-	52	50	38	31	-	50	46	35	31	50	73	-	
	0-100	-	78	70	46	55	-	29	74	45	47	77	89	-	
Глубина залегания УГВ, см		218	216	234	328	319	285	241	212	256	288	-	224	314	

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Универсализация														
вод, г/л:														
оросительная	0,60	0,42	0,58	0,50	0,51	0,60	0,42	0,58	0,50	0,51	0,50	0,51	-	-
грунтовая	1,36	1,22	1,38	1,39	1,49	3,02	3,34	4,83	6,27	3,01	-	9,67	6,99	-
хренная по	0,87	0,78	0,70	0,82	0,81	0,87	0,78	0,70	0,82	0,81	-	7,36	-	-
хренам: 1-я	1,10	0,91	1,44	1,02	0,91	1,10	0,91	1,44	1,02	0,91	-	5,82	-	-
2-я	3,90	2,92	2,93	2,62	2,32	3,90	2,92	2,93	2,62	2,32	-	-	-	-
3-я	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Режим орошения:														
число поливов	-	II	7	3	4	-	7	6	5	5	5	15	17	4
орг. сит. норма, м/га	5490	1708	3000	1017	1600	-	3290	3414	1119	1990	7300	8300	2000	-
Дренаж. сток, м/га														
1053	1708	210	526	499	177	1053	1708	210	526	499	-	297	-	-
Профиль тропы- лось, м/га														
0-100	-	1161	1724	1177	177	-	0	338	365	547	1245	1970	-	-
Сельхозкультуры														
-	-	сахар- ная свек- ла	под- пок- ров- ная	ячерна: на-семена	-	-	сахарная свекла на се- мена	кукуруза на: зерно	яро- вой	горох	яч- мень	ячерна на: семена	сено	семе- на

Рассмотрим, как складывался режим засоленности почвогрунтов под влиянием орошения и дренажа на полях № 1, 2 и 10 за семилетний период (1983-1989 гг.). На поле № 1 прослеживается тенденция стабилизации режима засоленности по всему почвенному профилю, до глубины 3 м. Содержание токсичных солей уменьшилось как в горизонтах 0-0,3 и 0-1 м (см. табл. 3), так и 1-2 и 2-3 м; частоты по содержанию токсичных солей распределялись следующим образом: в пахотном горизонте незасоленные почвогрунты (до 0,15 % метрового слоя почвы) увеличились с 50 до 88 %, слабозасоленные (0,15-0,30 % м.с.п.) уменьшились с 33 до 12 %, средnezасоленные (0,3-0,6 %) исчезли; в горизонте 0-1 м незасоленные почвы увеличились с 50 до 88 %, слабозасоленные уменьшились с 33 до 0 % и средnezасоленные уменьшились с 17 до 12 %. В горизонтах 1-2 и 2-3 м содержание токсичных солей не превышало 0,15 % м.с.п. На поле № 2 произошли существенные изменения в распределении степени засоления: в 1983 г. в горизонте 0-1 м незасоленные почвогрунты составляли 50 %, средnezасоленные - 17 % и сильнозасоленные (0,6-1,2 % м.с.п.) - 33 %, через 7 лет, в 1989 г., незасоленные увеличились до 88 %, а слабозасоленные до 12 %; существенных изменений в горизонтах почвогрунтов 1-2 и 2-3 м не произошло: они оставались незасоленными. Поле № 10 по засоленности резко отличается от описанных выше полей. Первые отборы проб на нем были проведены в июле 1985 г. и показали наличие сильного и очень сильного засоления: в горизонтах 0-0,3 и 0-1 м слабозасоленные почвогрунты составляли 38 и 0 %, средnezасоленные - 0 и 38 %, сильнозасоленные - 25 и 0 % и очень сильнозасоленные (более 1,2 % м.с.п.) - 37 и 62 %. Через 5 лет, в 1989 г., частота засоленности уже распределялась иначе: незасоленные почвогрунты составляли 62 и 12 %, слабозасоленные - 25 и 38 %, средnezасоленные - 0 и 25 % и сильнозасоленные - 13 и 25 %. Среднеарифметические значения по содержанию токсичных солей в пахотном горизонте показывают, что средnezасоленные почвы перешли в слабозасоленные, а в горизонте 0-1 м сильнозасоленные перешли в разряд средnezасоленных; в горизонтах 1-2 и 2-3 м содержание токсичных солей не превышало 0,3-0,5 % м.с.п. и оставалось без изменения.

Влажность верхнего слоя почвы под влиянием известных факторов (орошение, суммарное испарение, инфильтрация) носила ди-

наличия характер (см. табл. 3), но отмечена следующая закономерность в распределении влажности в долях от ППВ. В течение вегетации наибольшему иссушению подвергается верхний пахотный горизонт. Так, на поле № I средняя объемная влажность за вегетационный период 1984-1987 гг. в горизонте 0-30 см составляла 20,4-27,8%, а в горизонте 0-100 см - 22,9-28,3%; распределение частот с влажностью больше 0,8 ППВ не превышало 31-52% для пахотного слоя и увеличилось до 46-78 % для всего метрового слоя. Аналогичная картина наблюдалась на всех полях III севооборота.

Представленные данные по глубинам залегания УГВ и их минерализации показывают, что по окончании вегетации осенью грунтовые воды в середине кривой депрессии опускаются ниже 2,0-2,5 м, а их минерализация зависит от содержания солей водовмещающих почвогрунтов на указанной глубине, которое изменяется от 1,22-1,49 г/л на поле № I и до 7,0-9,7 г/л на поле № Ю (среднеарифметические значения). Поскольку взятие проб на минерализацию грунтовой воды и на засоленность почвогрунтов, а также измерения глубины залегания УГВ осуществляли одновременно, мы провели корреляционный и регрессионный анализ, чтобы установить степень сопряженности между содержанием солей в горизонте почвогрунтов, где находились грунтовые воды, и минерализацией последних. В результате обработки опытных данных по полям № I-5 за 1983-1987 гг. и полю № Ю за 1987-1988 гг. получены уравнения регрессии (1) и (2). Обработка велась на ПЭВМ типа IBM PC и показала, что содержание токсичных солей в почвогрунтах и минерализация грунтовых вод в них тесно взаимосвязаны, так как коэффициенты корреляции равны 0,853 и 0,831. Они представлены в виде линейной и экспоненциальной функциональной зависимостей

$$Y = 23,88X + 0,025, \quad (1)$$

$$Y = 4,57 \exp(1,779X), \quad (2)$$

где Y - минерализация грунтовой воды, г/л;

X - засоление почвогрунтов, Σ т.с. $\times$ м.с.п.,

Уравнения (1) и (2) соответствуют данным полей № I-5 и № Ю, X изменяется в пределах 0,036-0,872 и 0,55-1,556 Σ т.с. $\times$ м.с.п., Y - 0,70-16,14 и 1,84-89,34 г/л.

Таким образом, приведенные материалы по мелиоративному состоянию орошаемых и дренированных земель III севооборота совхоза

"Келечек" позволяют сделать вывод, что за семь лет эксплуатации этого участка произошли существенные изменения по таким показателям, как засоление метрового слоя почвы, глубина залегания уровней грунтовых вод, их минерализация. Орошение дождеванием с помощью ЭДМ "Кубань" способствовало равномерному увлажнению по площади, позволило регулировать поливные и оросительные нормы, контролировать инфильтрационные потери на полях и тем самым свести к минимуму питание грунтовых вод и уменьшить дренажный сток за пределы орошаемого массива. Систематический горизонтальный дренаж обеспечивал своевременный отвод подземных вод и поддерживал требуемый уровень их залегания

УДК 626.83

Ш.Х.Рахимов, Халед Сулейман Аль-Рабаба

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ НАСОСНЫХ
СТАНЦИЙ С ПАРАЛЛЕЛЬНО РАБОТАЮЩИМИ ЦЕНТРОБЕЖНЫМИ
АГРЕГАТАМИ

Особенностью мелиоративных насосных станций, подающих воду в оросительные системы, является сезонный характер их работы, допускается временное уменьшение подачи воды, а в аварийных условиях и полная остановка на короткое время. На таких насосных станциях несколько агрегатов работают на одну общую нитку напорного трубопровода. У каждого насоса на индивидуальном трубопроводе устанавливается запорный орган. На небольших насосных станциях в качестве запорного органа применяются задвижки, а на крупных - дисковые затворы. К таким насосным станциям в Узбекистане относятся Хамзинская, Кизилтепинская, Талимарджанская (НС-7 КМК), Ташкеликская, Дружба, насосные станции Джилакского и Аму-Зангского каскадов.

В мелиоративных насосных станциях, оборудованных длинными напорными трубопроводами, несколько центробежных насосов подключаются параллельно на один напорный трубопровод. Режимы работы зависят в основном от количества работающих насосных агрегатов и схемы их включения в напорный трубопровод, а также от уровней воды в нижнем и верхнем бьефах станции [1].

При выборе насоса или группы насосов, включаемых в параллельную работу, необходимо учитывать значение и характер изменения подач, продолжительность работы установки с той или иной подачей, обеспеченность при этом минимального числа включений или отключений насосных агрегатов. Число включений крупных насосных агрегатов мощностью более 2500 кВт ограничивается до 50-120 в год [2] .

Для экономичного использования насосных агрегатов рекомендуется большую часть времени держать в работе те из них, которые имеют более высокий КПД. Увеличение времени использования насоса с высоким КПД и низкими удельными расходами электроэнергии с 4500 до 6240 ч/год и уменьшение времени использования насосного агрегата с низким КПД и высокими удельными расходами электроэнергии с 4500 до 2700 ч/год позволили сократить годовое электропотребление насосной станции на 264000 кВт.ч [2] .

Регулирование подачи на мелиоративных насосных станциях, оборудованных центробежными насосными агрегатами, работающими параллельно на общий трубопровод, осуществляется ступенчато, путем включения или отключения насосного агрегата.

Для организации режима работы разнотипных насосных агрегатов необходим критерий выбора времени перехода от одного насосного агрегата (или их группы) к другому. Для этого целесообразно построить для каждого насосного агрегата (или их группы) кривые удельных расходов электроэнергии на подъем 1 м³ воды. Точки пересечения этих кривых определяют значения подач, при которых целесообразно один из агрегатов включить в работу, а другой отключить [2,3] .

Критерием правильного распределения нагрузок между насосами является минимум суммарных энергозатрат одновременно работающих параллельно насосных агрегатов. Для большинства отечественных насосов, для которых графики характеристики $N = f(Q)$ имеют вид вогнутых вниз кривых, минимум энергозатрат обеспечивается, если приросты мощности каждого из работающих параллельно насосных агрегатов равны [2]

$$\frac{dN_1}{dQ} = \frac{dN_2}{dQ} = \frac{dN_3}{dQ} = \dots = \frac{dN_n}{dQ} . \quad (1)$$

Изложенные принципы распределения нагрузки между работающими параллельно насосными агрегатами обеспечивают до 5 % эконо-

номии электроэнергии. Оптимальное распределение нагрузок между насосными агрегатами, частота вращения которых может регулироваться из условия экономичной работы насосной установки дает равенство КПД или удельных затрат электроэнергии этих агрегатов.

Подача станции

$$I = Q_c^{-1} \sum_{i=1}^n q_i H(q_i, \varphi_i) \cdot \eta_i^{-1}(q_i, H_i) \cdot \eta_{\Sigma i}^{-1}, \quad (2)$$

где $H_i(q_i, \varphi_i)$ - напорная характеристика насоса;
 $\eta_i(q_i, H_i)$ - КПД насоса.

Математическая модель статических режимов насосной станции имеет вид [4]

$$Q_c = \sum_{i=1}^n q_i,$$

$$N_c = \sum_{i=1}^n N_i,$$

$$H_i = H_r + \Sigma h_i,$$

здесь Q_c, N_c - подача и потребляемая мощность станции;
 H_i, H_r - манометрический и геометрический напоры;
 Σh_i - суммарные потери в напорном трубопроводе агрегата.

Алгоритм расчета статических режимов насосной станции с центробежными насосами таков:

1. Дается состав группы работающих насосных агрегатов на общий напорный трубопровод. Для заданного состава строится суммарная напорная характеристика $H'_r = f(Q_\Sigma)$, где $Q_\Sigma = \Sigma q_i$.
2. Строится напорная характеристика трубопровода с учетом данных натурных испытаний в зоне действующих расходов

$$H_{rp}(Q_\Sigma) = H_r + \Delta h_{rp}(Q_\Sigma).$$

3. Определяется суммарная подача группы работающих агрегатов решением уравнений

$$H_{rp}(Q_\Sigma) - H_r - \Delta h_{rp}(Q_\Sigma) = 0, \quad H'_r = f(Q_\Sigma) = H_{rp}.$$

4. На основе H_{rp} и Q_Σ определяется полный напор каждого агрегата.

5. Из исходных напорных характеристик по известному полному напору определяется подача каждого агрегата.

6. Исходя из вычисленных значений подачи и напора насоса, определяются его КПД η_i и потребляемая мощность по формуле

$$N_i = 0,001 \cdot \eta_i^{-1} (q_i, H_i) \rho g q_i H_i (q_i),$$

где ρ — плотность перекачиваемой жидкости, кг/м³;
 g — ускорение свободного падения, м/с²;
 N_i — мощность на валу насоса, кВт.

Задача определения оптимального распределения производительности станции по агрегатам сводится к выбору такого вектора подач насосных агрегатов, который доставляет минимум функции вида

$$W = k \int_{t_1}^{t_2} \sum_{i=1}^n q_i H_i \eta_i^{-1} dt \Rightarrow \min$$

и представляет собой задачу параметрической оптимизации [3,4].

Анализ режимов НС-7 КМК позволил установить, что близкую к заданной подачу насосной станции можно обеспечить различными комбинациями работающих агрегатов и ниток напорного трубопровода. Причем каждая из них будет иметь свою суммарную затрачиваемую мощность, а следовательно, различные варианты будут иметь и разные эксплуатационные затраты.

Установившийся режим группы насосных агрегатов, работающих параллельно на общий напорный трубопровод, с учетом зависимости геометрической высоты подъема от режима передела через щит водовыпускного сооружения и индивидуальных потерь напора при слиянии потоков на крестовине описывается системой уравнений следующего вида (приводятся для двух агрегатов):

$$\begin{aligned} H_{n1} &= H_r + \Delta H_{1,с.б.} (Q_1, Q_2) + \Delta H_r (Q_c); \\ H_{n2} &= H_r + \Delta H_{2,с.п.} (Q_1, Q_2) + \Delta H_r (Q_c); \\ Q_1 &= Q_{H_1} (H_{n1}); \\ Q_2 &= Q_{H_2} (H_{n2}); \\ Q_c &= \sum_{i=1}^2 Q_i, \end{aligned} \quad (7)$$

где $\Delta H_{1c.б}, \Delta H_{c.п}$ - потери напора, определяемые составом работающих агрегатов и соответствующим режимом слияния потоков в начале общего напорного трубопровода;

$\Delta H_r (Q'_c)$ - функциональная зависимость потерь напора в общем напорном трубопроводе от расхода воды;

Q_i - подача i -го насосного агрегата;

ΔH_k - потери напора в конфузоре на агрегате, работающем на прямой проход;

Q_c - суммарная подача группы насосных агрегатов;

$Q(H_i) (H_{mi})$ - функциональная зависимость, определяющая подачу i -го агрегата при напоре H_{mi} в соответствии с рабочей характеристикой насоса.

Решением системы уравнений (7) определены значения подач насосных агрегатов Q_i , суммарные подачи группы работающих агрегатов Q_c и манометрический напор H_{mi} каждого агрегата для любого возможного сочетания работающих агрегатов и геометрической высоты подъема.

По вычисленным значениям Q_i, H_{mi}, Q_c рассчитывают основные показатели, характеризующие режимы работы агрегатов и группы в целом

$$N_c = \sum_{i=1}^n N_i.$$

Среднее значение КПД насосных агрегатов, работающих на одян трубопровод, определяется по зависимости

$$\bar{\eta} = \frac{Q_c \cdot H_m}{N_c}.$$

В ы в о д ы

Разработана методика расчета работы насосной станции, оснащенной центробежными насосными агрегатами с учетом потерь напора при слиянии потоков в общий напорный трубопровод.

Сравнение результатов расчета и натурных экспериментальных исследований подтверждает адекватность разработанных мате-

матических моделей исследуемым процессам.

Список используемой литературы

1. С т е п а н о в А.И. Центробежные и осевые насосы. М.: Машгиз, 1960. 461 с.
2. Л е з н о в Б.С. Экономия электроэнергии в насосных установках. М.: Энергоатомиздат, 1991. 144 с.
3. Г л о в а ц к и й О.Я., Д ж а м а л о в В.Ш., О ч и л о в Р.А. Повышение надежности крупных вертикальных насосов // Гидротехника и мелиорация. 1981. № 9.
4. Р а х и м о в Ш.Х., П а р м а н о в А.Э., Х о ж и е в Ш.С. Математическая модель режимов работы крупных насосных станций с центробежными насосами. НПП "Водоподъем". Сб. № 1. Ташкент. 1993. С.8-13

УДК 626.833+532

И.Ф.Беглов

БАЛАНСОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УСТРОЙСТВА РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОДАЧИ ОСЕВОГО НАСОСА

Баланс мощности устройства регулирования подачи (УРП) способом "перепуск с подкруткой" позволяет выявить влияние каждого элемента на величину КПД устройства и наметить пути для его рационального проектирования, вычислить на основании опытных данных значения коэффициентов сопротивлений для переменных режимов работы УРП, что необходимо для построения расчетным путем его характеристик.

Выражение баланса мощности УРП представляет собой равенство

$$N_{эф} = N_3 + \sum N_n, \quad (1)$$

где $N_{эф}$ - мощность, получаемая от насоса (эффективная);
 N_3 - мощность, затрачиваемая для закрутки потока;
 $\sum N_n$ - сумма потерь мощностей в элементах УРП;

$$N_{зр} = \gamma Q_n H_{ус}, \quad (2)$$

здесь Q_n - расход в перепускном трубопроводе;
 H_{yc} - напор насосной установки;

$$N_3 = \gamma Q_n H_3, \quad (3)$$

где $H_3 = H_{yc} - (h_{вх} + h_d + h_k + h_{вг} + h_c), \quad (4)$

H_3 - напор перепускаемого потока жидкости на выходе из сопел;

$h_{вх}$ - потери на входе в перепускной трубопровод;

h_d - потери в дроссельной заслонке;

h_k - потери в колене перепускного трубопровода;

$h_{вг}$ - потери на входе в тангенциальный подвод;

h_c - потери в соплах тангенциального подвода.

Таким образом, потери мощности выражаются через соответствующие потери напоров. Потерями на трение можно пренебречь ввиду незначительной длины перепускного трубопровода.

Потери напора были определены экспериментально. В качестве объекта исследований использовали осевой жестколопастной насос ОГ 8-25 с частотой вращения рабочего колеса $n = 980$ мин.⁻¹. Устройство регулирования подачи состоит из перепускного трубопровода диаметром 140 мм и тангенциального подвода. В подводе 8 сопел размерами 150x12 мм равномерно размещены по окружности таким образом, чтобы инжектировать перепускаемый расход по касательной к внутренней поверхности всасывающего трубопровода.

Потери напора в элементах УРП измеряли как перепады давлений между сечениями (рис.1) при помощи водяного дифференциального манометра. Точки отбора давления представляли собой латунные штуцеры, врезанные в стенки перепускного трубопровода и тангенциального подвода. Каждое сечение оборудовано тремя штуцерами, установленными через 120° и соединенными между собой резиновыми трубками. Таким образом, величина давления, снимаемая с сечения, носит интегральный характер. Относительная погрешность определения перепадов давления в элементах устройства регулирования подачи не превышала 1,5 %.

Результаты измерений перепадов давлений в элементах УРП в зависимости от степени открытия дроссельной заслонки φ , представлены на рис.2.

Характер перепадов давления на участке между сечениями А

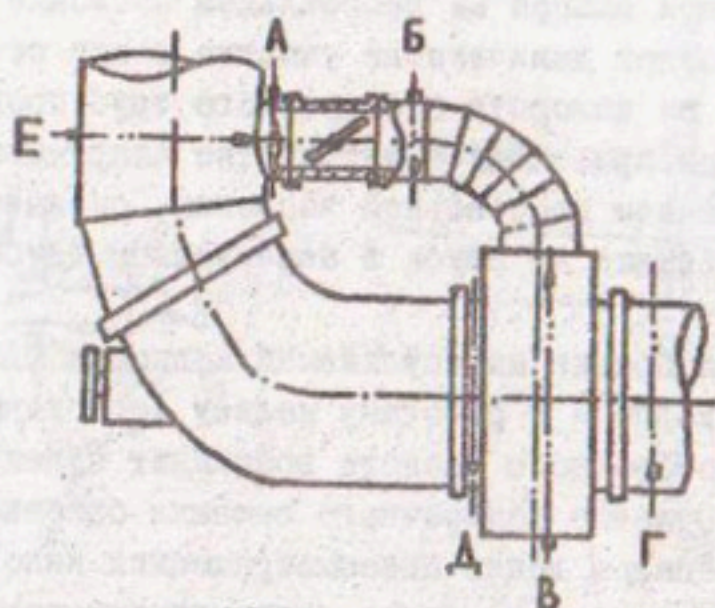


Рис.1. Схема расположения сечений для измерения перепадов давлений в элементах устройства регулирования подачи.

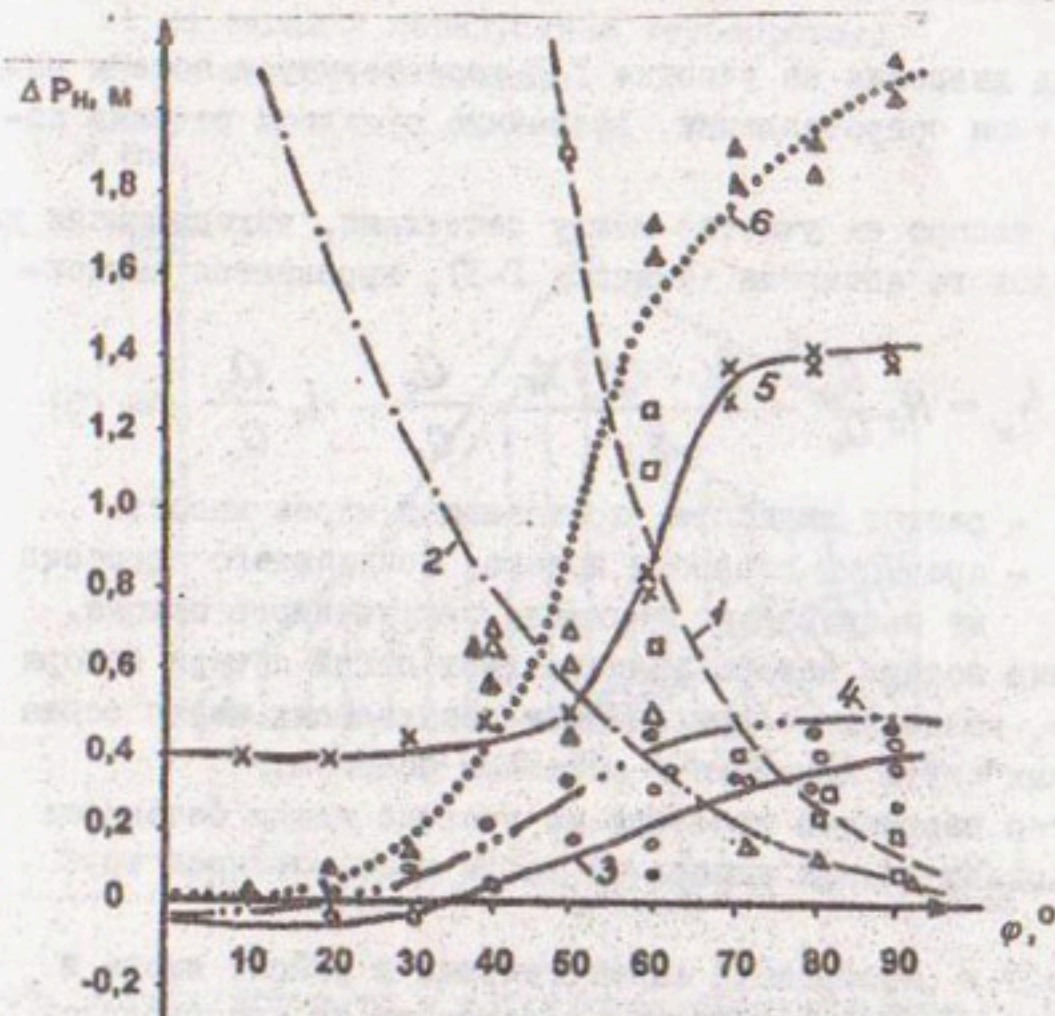


Рис.2. Эпюры перепадов давлений в элементах устройства регулирования подачи УНІ-І40:

1 - участок А-Б; 2 - участок Б-В; 3 - участок В-Г;
4 - участок Е-А; 5 - участок Г-Д; 6 - участок В-Д.

и Б показывает потери напора на дроссельной заслонке.

Характер перепадов давления на участке между сечениями Б и В (потери напора на повороте перепускного трубопровода и на внезапное расширение при входе в устройство закручивания потока) обусловлен влиянием дроссельной заслонки, оказывающей сильное возмущающее действие на поток в перепускном трубопроводе вниз по течению.

При соединении потока перепускаемой жидкости (добавочного) с потоком, подходящим к рабочему колесу (основным), в месте присоединения добавочного расхода возникает сужение сечения основного потока. Сужение поперечного сечения основного потока сопровождается перепадом линии пьезометрических напоров. Это явление происходит за счет перехода пьезометрического напора в скоростной вследствие увеличения скорости основного потока [1]. Подобный эффект можно наблюдать, в частности, в соплах Вентури.

Перепад давления на участке Г-Д характеризует потери напора на местном сопротивлении, вызванные сужением сечения потока.

Потери напора на участке между сечениями, находящимися до и после соплового аппарата (участок Г-Д), выражаются зависимостью [1]

$$h_w = H_3 \frac{Q_n}{Q_n} - \frac{(V_n - V_{nx}) V_n}{g} \frac{Q_n}{Q_n} - H_n \frac{Q_n}{Q_n}, \quad (5)$$

где Q_n - расход жидкости, протекающей через насос;
 V_{nx} - проекция скорости потока, истекающего из сопел на направление движения закрученного потока.

Этот вид потерь напора представляет собой потери напора на смешение, возникающее при слиянии поступающих через сопла перепускаемых струй жидкости с основным потоком.

Характер перепадов давления на участке между сечениями Е и А показывает потери напора на входе в перепускной трубопровод.

На рис. 3, а изображена схема течения в районе входа в перепускной трубопровод. Главное отличие ее от классической схемы (приточный тройник) в том, что отбор жидкости здесь происходит в движущемся потоке. Вследствие этого потери напора при входе жидкости в основной поток отличаются от потерь на-

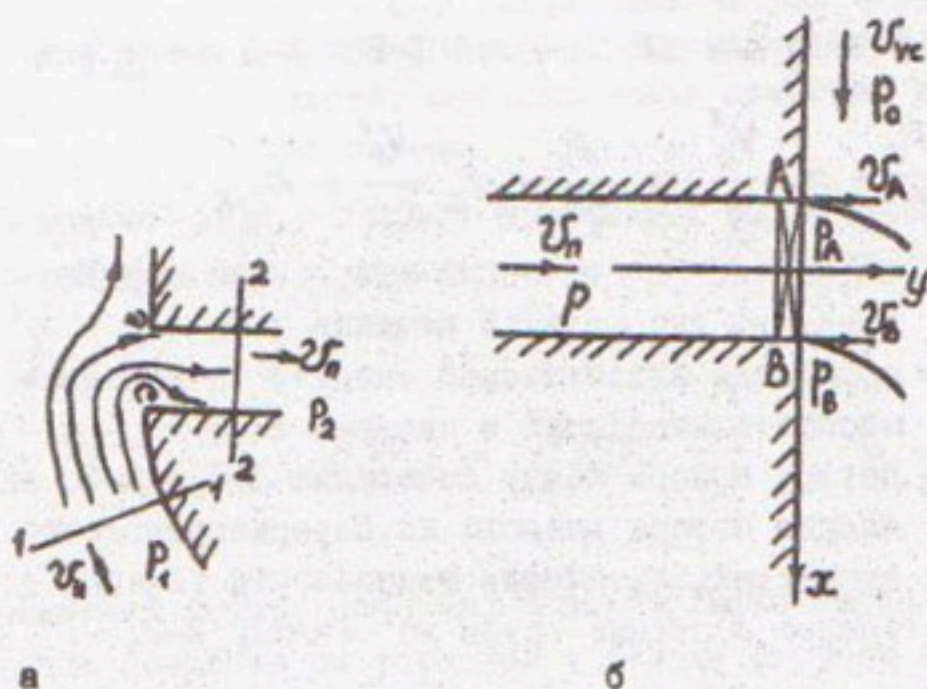


Рис.3. Сечение плоской струи, нормальной сносящему потоку:
а) на входе в перепускной трубопровод;
б) на выходе из сопел.

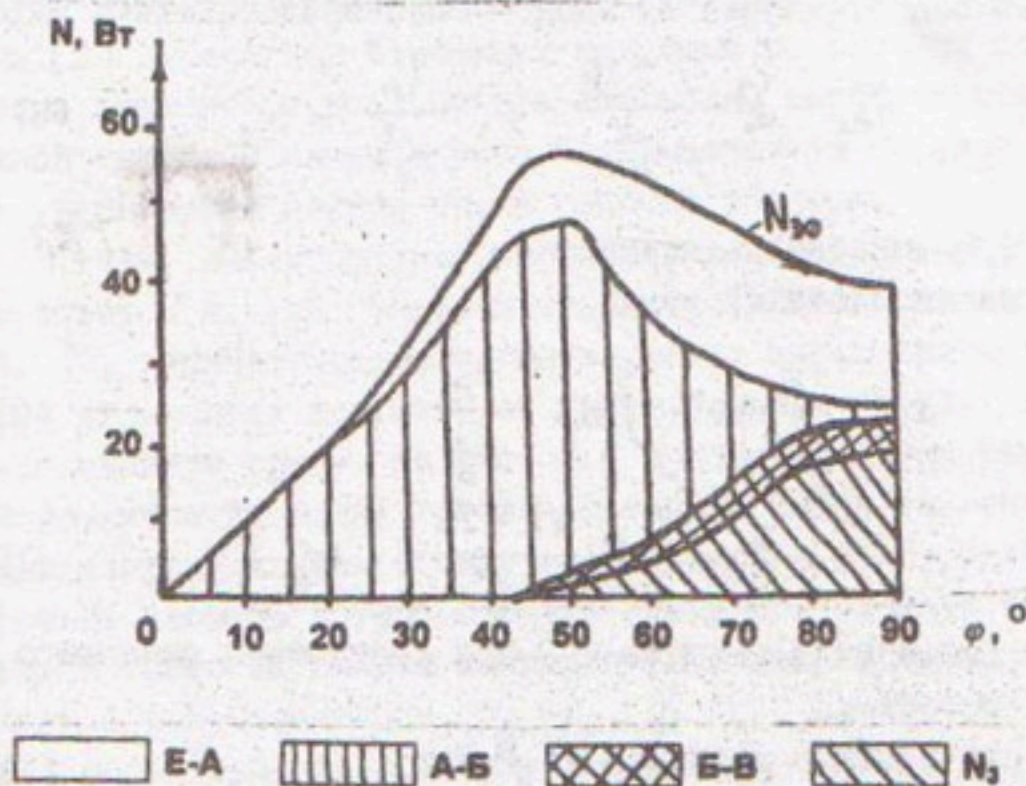


Рис.4. Потери мощности в устройстве регулирования подачи УР11-140.

пора при входе в неподвижную среду [2].

Уравнение Бернулли для сечений I-I и 2-2 имеет вид

$$\frac{P_1}{\gamma} + \alpha_1 \frac{V_H^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + \alpha_2 \frac{V_n^2}{2g} + h_{1-2}, \quad (6)$$

- где α_1 - корректив кинетической энергии на неравномерность скоростей в сечении I-I;
 α_2 - корректив кинетической энергии на неравномерность скоростей в сечении 2-2;
 h_{1-2} - потери напора между сечениями I-I и 2-2, включающие потери энергии на перераспределение скоростей, изменение направления течения и на трение о стенки трубы до сечения 2-2.

Потери напора можно выразить как

$$h_{1-2} = \xi_{вх} \frac{V_n^2}{2g}. \quad (7)$$

Коэффициент сопротивления на входе можно представить в виде

$$\xi_{вх} = 2 \frac{P_1 - P_2}{\rho V_n^2} + \frac{V_H^2}{V_n^2} - \alpha_2 \quad (8)$$

(ρ - плотность жидкости).

При отборе из неподвижной среды

$$h_{вх0} = \xi_{вх0} \frac{V_n^2}{2g}, \quad (9)$$

где

$$\xi_{вх0} = 2 \frac{P_1 - P_0}{\rho V_n^2} - \alpha_2, \quad (10)$$

P_0 - давление в сечении 2-2 при отсутствии сносящего потока

$$P_0 = P_{бар} + \gamma H_{ус} \quad (11)$$

($P_{бар}$ - барометрическое давление).

В условиях сносящего потока

$$\xi_{вх} = \xi_{вх0} + \Delta \xi_{вх} + \frac{V_H^2}{V_n^2}, \quad (12)$$

где $\Delta \xi_{вх}$ - приращение коэффициента сопротивления входа, обусловленное наличием сносящего потока.

Значение $\Delta \xi_{вх}$ можно рассчитать по формуле [2], которая справедлива в диапазоне отношения скоростных напоров $0 < \frac{V_H^2}{V_\pi^2} < 1,8$

$$\Delta \xi_{вх} = 0,1675 \frac{V_H}{V_\pi} . \quad (13)$$

Основной поток, набегая на струи, истекающие из сопел, тормозится, создавая на передней к потоку стороне струй повышенное по сравнению с тыльной областью давление. Под действием перепада давления траектории струй, истекающих в сносящий поток, искривляются. Вследствие искривления линий тока на частицы струй действует центробежная сила, которая уравнивается разностью давлений перед инжектируемыми струями и за ними [3]. Характер изменения давлений по сечению основного потока зависит от добавочного давления, создаваемого центробежной силой. В нашем случае возникающее за струями разрежение увеличивает вакуум перед рабочим колесом.

Струи, инжектируемые из сопел, взаимодействуют со сносящим потоком, и, как свидетельствуют результаты исследований [4,5], кинематические и динамические характеристики течения струй отличаются при этом от характеристик струй, истекающих в неподвижную среду. На рис. 3,б приведена схема течения в районе инжектирования потока из сопел. Сопла тангенциального подвода представлены в виде эквивалента - прямоугольного отверстия, площадь которого равна суммарной площади сопел. Давления и скорости потока на передней и задней кромках струи в точках А и В обозначены p_A, p_B, V_A, V_B . При истечении в сносящий поток среднее давление в потоке в области отверстия изменяется (по данным [4], уменьшается), кроме того, происходит перераспределение скоростей в выходном сечении выбрасываемой струи. Скорости на передней и задней кромках струи связаны со средней по расходу скоростью в трубе V_π выражением [5]

$$V_\pi = \sqrt{V_A V_B} . \quad (14)$$

Перепад давлений на передней и задней кромках струи пропорционален скоростному напору потока [4]

$$P_A - P_B = C_x \gamma \frac{V_{yc}^2}{2g}, \quad (15)$$

где V_{yc} - скорость потока во всасывающей трубе;

C_x - коэффициент лобового сопротивления струи.

Перепад давления на участке В-Г характеризует возрастание давления на передней к основному потоку стороне инжектируемых струй.

Давление в точке А передней кромки струи [4]

$$P_A = P_{бар} - \gamma H_{вс}^r + a \gamma \frac{V_{yc}^2}{2g}, \quad (16)$$

где a - безразмерный коэффициент;

$H_{вс}^r$ - геометрическая высота всасывания.

Перепад давления на участке В-Д - снижение линии пьезометрических напоров, выраженное в возрастании разрежения перед рабочим колесом.

Давление в точке В задней кромки струи

$$P_B = P_{бар} - \gamma \left[H_{вс}^r + (C_x - a) \frac{V_{yc}^2}{2g} \right]. \quad (17)$$

На рис.4 представлен характерный вид потерь энергии в устройстве регулирования подачи при различной степени открытия дроссельной заслонки. Баланс мощности устройства регулирования подачи УРП-140 насоса ОГ 8-25 (при $n = 980 \text{ мин}^{-1}$) приведен на рис.5. Как видно, наиболее резкие изменения с уменьшением расхода в перепускном трубопроводе претерпевают потери энергии на дроссельной заслонке. При малой степени открытия потери на дроссельной заслонке начинают определять весь уровень потерь в устройстве регулирования подачи.

Из анализа потерь в отдельных элементах УРП можно сделать следующий вывод: снижение подачи насоса от закручивания потока происходит в диапазоне углов установки дроссельной заслонки

$\varphi = 45 - 90^\circ$. При остальных углах поворота дроссельной за-

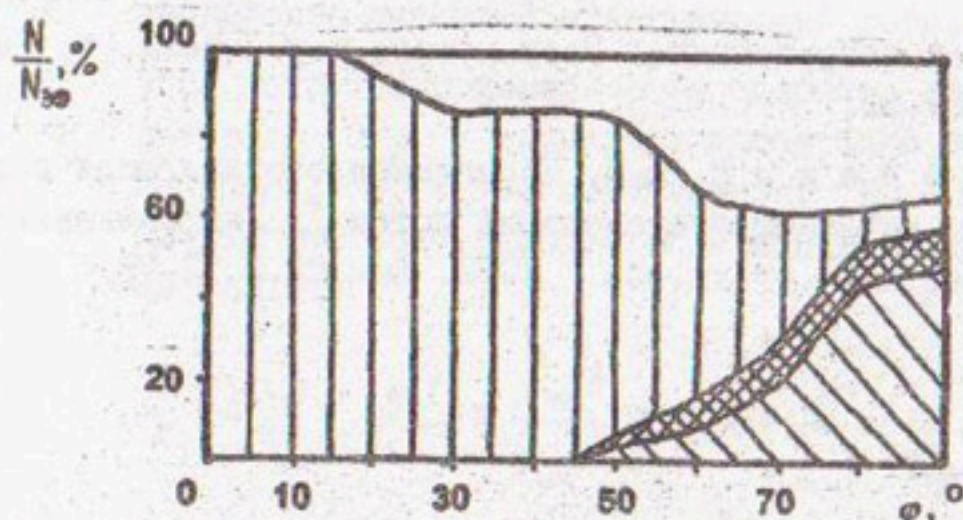


Рис.5. Баланс мощности устройства регулирования подачи УРП-140.

□ E-A ▤ A-B ▦ B-B ▨ N₃

олонки ($\varphi = 0 - 40^\circ$) закручивания не происходит, и регулирование подачи насоса осуществляется только за счет перепуска. Причиной являются большие перепады напора на дроссельной за-олонке. Таким образом, дальнейшим направлением исследований должен стать поиск конструкции устройства регулирования подачи, в которой энергия перепускаемого потока использовалась бы более полно.

Список использованной литературы

1. А р и к о в а А.И. Винтообразное движение потока в промывных устройствах гидрсузлов. Алма-Ата: Наука, 1984. 96 с.
2. М и х а й л о в с к и й Н.Н., Г е р м а н о в А.И. Потери напора на входе гидравлической системы в сносящем потоке // Гидравлика и гидротехника: Респ.межвед.науч.-техн.сб. 1997. Вып.24. с.39-43.
3. А б р а м о в и ч Г.Н., Г и р ш о в и ч Т.А., К р а ш е н н и к о в С.Ю. и др. Теория турбулентных струй / Под ред. Г.Н. А б р а м о в и ч а. Изд.2-е перераб.и доп. М.:Наука, 1984. 720 с.
4. М и х а й л о в с к и й Н.Н. О влиянии сносящего потока на гидравлическое сопротивление затопленного выхода //

Гидравлика и гидротехника: Респ. межвед. науч.-техн. сб. 1974. Вып. 19. С. 87-93.

Б. Михайловский Н.Н. Нормальная составляющая реакции струи, истекающей в сносящий поток // Гидромеханика: Респ. межвед. науч.-техн. сб. 1972. Вып. 22. С. 73-78.

УДК 626.83:621.51

Ш.Х.Рахимов, И.Бегимов, А.И.Аль-Удейнат, Ф.Аль-Али

СТРУКТУРНЫЕ СХЕМЫ И ПЕРЕДАТОЧНЫЕ ФУНКЦИИ СИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

Структурные методы, основанные на представлении сложных взаимосвязанных процессов в виде отдельных блоков, в настоящее время широко применяются для моделирования и исследования систем управления сложными объектами.

В данной работе разработаны структурные схемы и определены передаточные функции синхронных электродвигателей крупных насосных станций с учетом параметров электрической сети. Математическая модель динамических процессов в синхронных электродвигателях характеризуется системой дифференциальных уравнений, описывающих движение ротора, процессы в обмотках статора и возбуждения,

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\omega}{dt} &= f_{\omega}(E_d, V, \delta, M_H), \\ \frac{d\delta}{dt} &= f_{\delta}(\omega), \\ \frac{dE_d}{dt} &= f_e(E_d, I_s), \\ \frac{dI_s}{dt} &= f_I(I_s, V_s), \end{aligned} \right\}, \quad (I)$$

где V - напряжение питающей электрической сети;
 δ - угол нагрузки ротора; ω - скорость вращения ротора; E_d - электродвижущая сила по продольной цепи; I_a - ток возбуждения; V_g - напряжения на обмотке возбуждения; M - момент сопротивления насоса.

Здесь

$$f_{\omega}(E_d, V, \delta) = \frac{E_d V}{X_{d\Sigma}} \sin \delta + \frac{V^2}{2} \left(\frac{1}{X_g} - \frac{1}{X_{d\Sigma}} \right) \sin 2\delta - M_H, \quad 1/\text{с},$$

$$f_{\delta}(\omega) = \omega,$$

$$f_E(E_d, I_a) = -\frac{1}{T_d} (E_d + K_E I_a),$$

$$f(I_a, U_g) = -\frac{1}{T_g} (I_a + K_g V_g).$$

В системе дифференциальных уравнений (1) $X_{d\Sigma} = X_d + X_c$ - суммарное реактивное синхронное сопротивление электродвигателя и питающей электрической сети по продольной оси.

Ток статора I , активная P_g и реактивная Q_g мощности являются функциями E_d , V , δ и определяются следующим образом:

$$I = f_i(E_d, V, \delta),$$

$$P_g = f_p(E_d, V, \delta), \quad (2)$$

$$Q_g = f_q(E_d, V, \delta),$$

где

$$f_I(E_d, V, \delta) = \frac{\sqrt{E_d^2 - 2E_d V \cos \delta + V^2}}{X_{d\Sigma}},$$

$$f_P(E_d, V, \delta) = \frac{E_d V}{X_{d\Sigma}} \sin \delta,$$

$$f_Q(E_d, V, \delta) = \frac{E_d V}{X_{d\Sigma}} \cos \delta - \frac{V^2}{X_{d\Sigma}}.$$

Напряжение в обмотке возбуждения определяется принятым законом автоматического регулирования возбуждения

$$V_b = f_u(I, \delta, E_d). \quad (3)$$

В случае учета демпфирования первое уравнение системы (I) имеет вид

$$\frac{d\omega}{dt} = f_\omega(\omega, E_d, V, \delta), \quad (4)$$

где

$$f_\omega = (M_d \omega + E_d V / X_{d\Sigma} \cdot \sin \delta + V^2 / 2 (1/X_d - 1/X_{d\Sigma}) \cdot \sin 2\delta - M_H) \cdot 1/J$$

(M_d - демпферный момент синхронного электродвигателя). Систему линеаризованных дифференциальных уравнений получим, разлагая (I) в ряд Тейлора относительно малых отклонений параметров системы от их невозмущенного установившегося значения [1 - 3], т.е.

$$\begin{aligned} \frac{d\Delta\omega}{dt} = & \frac{\partial f_\omega}{\partial E_d'} (E_{d0}, V_0, \delta_0, M_{H0}) \Delta E_d + \frac{\partial f_\omega}{\partial V} (E_{d0}, V_0, \delta_0, M_{H0}) \Delta V + \\ & + \frac{\partial f_\omega}{\partial \delta} (E_{d0}, V_0, \delta_0, M_{H0}) \Delta \delta + \frac{\partial f_\omega}{\partial M} (E_{d0}, V_0, \delta_0, M_{H0}) \Delta M_H, \end{aligned}$$

$$\frac{d\Delta\delta}{dt} = \frac{\partial f_{\delta}}{\partial \omega} (\omega_o) \Delta\omega, \quad (5)$$

$$\frac{\partial \Delta E_d}{dt} = \frac{\partial f_E}{\partial E'_g} (E_{do}, I_{so}) \Delta E'_g + \frac{\partial f_E}{\partial I_s} (E_{do}, I_{so}) \Delta I_s,$$

$$\frac{\partial \Delta I_s}{dt} = \frac{\partial f_i}{\partial I_s} (I_{so}, U_{so}) \Delta I_s + \frac{\partial f_i}{\partial U_s} (I_{so}, U_{so}) \Delta U_s.$$

Здесь $\Delta\delta$, ΔE , ΔV , $\Delta\omega$, ΔM_H , ΔI_s , ΔV_s — отклонения δ , E_d , V , ω , M_H , I_s и V_s от значений δ_o , E_{do} , U_o , M_{Ho} , I_{so} и V_{so} , соответствующих невозмущенному установившемуся движению.

Аналогично отклонения ΔI , ΔP_g , ΔQ_g и ΔU_s определяем следующим образом:

$$\begin{aligned} \Delta I = & \frac{\partial f_i}{\partial E'_g} (E_{do}, V_o, \delta_o) \Delta E_d + \frac{\partial f_i}{\partial V} (E_{do}, V_o, \delta_o) \Delta V + \\ & + \frac{\partial f_i}{\partial \delta} (E_{do}, V_o, \delta_o) \Delta\delta, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta P_g = & \frac{\partial f_p}{\partial E_d} (E_{do}, V_o, \delta_o) \Delta E_d + \frac{\partial f_p}{\partial V} (E_{do}, V_o, \delta_o) \Delta V + \\ & + \frac{\partial f_p}{\partial \delta} (E_{do}, V_o, \delta_o) \Delta\delta, \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \Delta Q_g = & \frac{\partial f_q}{\partial E'_d} (E'_{do}, V_o, \delta_o) \Delta E'_d + \frac{\partial f_q}{\partial U} (E_{do}, V_o, \delta_o) \Delta U + \\ & + \frac{\partial f_q}{\partial \delta} (E'_{do}, V_o, \delta_o) \Delta\delta, \end{aligned}$$

$$\Delta U_0 = \frac{\partial f_u}{\partial I} (I_0, \delta_0, E_{d0}) \Delta I + \frac{\partial f_u}{\partial E_{d0}} (I_0, \delta_0, E_{d0}) \Delta E + \\ + \frac{\partial f_u}{\partial \delta} (I_0, \delta_0, E_{d0}) \Delta \delta.$$

Зная вид дифференцируемых функций f_ω , f_δ , f_E , f_i , f_I , f_p , f_q и f_u , определяем частные производные

$$\frac{\partial f_\omega}{\partial E'_d} (E_{d0}, V_0, \delta_0, M_{H0}) = \frac{1}{J} \left(\frac{V}{X_{d\Sigma}} \sin \delta \right)_0,$$

$$\frac{\partial f_\omega}{\partial V} (E_{d0}, V_0, \delta_0, M_{H0}) = \frac{1}{J} \left(\frac{E_d}{X_{d\Sigma}} \sin \delta \right)_0,$$

$$\frac{\partial f_\omega}{\partial \delta} (E_{d0}, V_0, \delta_0, M_{H0}) = \frac{1}{J} \left(\frac{E_d V}{X_{d\Sigma}} \cos \delta \right)_0,$$

$$\frac{\partial f_\omega}{\partial M_H} (E_{d0}, V_0, \delta_0, M_{H0}) = -\frac{1}{J},$$

$$\frac{\partial f_\omega}{\partial \omega} (\omega_0, E_{d0}, V_0, \delta_0, M_{H0}) = -\frac{1}{J} (M_{d0}), \quad (7)$$

$$\frac{\partial f_\delta}{\partial \omega} (\omega_0) = 1, \quad \frac{\partial f_E}{\partial E_d} (E_{d0}, I_{B0}) = -\frac{1}{T_d},$$

$$\frac{\partial f_E}{\partial I_0} (E_{d0}, I_{B0}) = -\frac{K_B}{T_d}, \quad \frac{\partial f_i}{\partial I_0} (I_{B0}, V_{B0}) = -\frac{1}{T_B},$$

$$\frac{\partial f_i}{\partial U_0} (I_{B0}, U_{B0}) = -\frac{K_B}{T_B P_B},$$

$$\frac{\partial f_I}{\partial E'_d} (E'_{d0}, V_0, \delta_0) = \frac{1}{2X_{d\Sigma}} \left(\frac{2E_d - 2V \cos \delta}{\sqrt{E_d^2 - 2E_d V \cos \delta + V^2}} \right)_0,$$

$$\frac{\partial f_I}{\partial V} (E'_{d0}, V_0, \delta_0) = \frac{1}{2X_{d\Sigma}} \left(\frac{2V - 2E_d \cos \delta}{\sqrt{E_d^2 - 2E'_d V \cos \delta + V^2}} \right)_0,$$

$$\frac{\partial f_1}{\partial \delta} (E_{d0}, V_0, \delta_0) = \frac{1}{2X_{d\Sigma}} \left(\frac{2E_d V \sin \delta}{\sqrt{E_d^2 - 2E_d V \cos \delta + V^2}} \right)_0 ,$$

$$\frac{\partial f_p}{\partial E_d} (E_{d0}, V_0, \delta_0) = \frac{1}{X_{d\Sigma}} (V \sin \delta)_0 ,$$

$$\frac{\partial f_p}{\partial V} (E_{d0}, V_0, \delta_0) = \frac{1}{X_{d\Sigma}} (E_d \sin \delta)_0 ,$$

$$\frac{\partial f_p}{\partial \delta} (E'_{d0}, V_0, \delta_0) = -\frac{1}{X_{d\Sigma}} (E'_d V \cos \delta)_0 ,$$

$$\frac{\partial f_q}{\partial E_d} (E'_{d0}, V_0, \delta_0) = \frac{1}{X_{d\Sigma}} (V \cos \delta)_0 ,$$

$$\frac{\partial f_q}{\partial V} (E'_{d0}, V_0, \delta_0) = \frac{1}{X_{d\Sigma}} (E \cos \delta - 2V)_0 ,$$

$$\frac{\partial f_q}{\partial \delta} = -\frac{1}{X_{d\Sigma}} (E_d V \sin \delta)_0 ,$$

где нуль означает вычисление частных производных при $\delta_0, E'_{d0}, V_0, M_{ko}, I_{B0}$ и V_{B0} .

Произвольные функции f_u зависят от конкретных законов автоматического регулирования возбуждения электродвигателя.

Для сокращения записи при исследовании системы (5) представим ее векторно-матричным дифференциальным уравнением в пространстве состояний

$$\dot{X} = AX + BU + Df, \quad (8)$$

где $\dot{X}$ - вектор-столбец, называемый вектором состояния

синхронного электродвигателя насосной станции; X - производная по времени вектора X ; A - матрица размерностью 4×4 , определяющая параметры электродвигателя и питающей электрической сети; U - вектор управления, характеризующий изменения напряжения возбуждения электродвигателя; f - вектор возмущения, характеризующий изменения напряжения питающей электрической сети и момент нагрузки на валу электродвигателя, т.е.

$$X = \begin{bmatrix} \Delta\omega \\ \Delta\delta \\ \Delta E_d \\ \Delta I_b \end{bmatrix}, \quad U = \begin{bmatrix} \Delta V_b \end{bmatrix}, \quad f = \begin{bmatrix} \Delta V \\ \Delta M_H \end{bmatrix},$$

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & 0 \\ a_{21} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & a_{33} & a_{34} \\ 0 & 0 & 0 & a_{44} \end{bmatrix}, \quad (9)$$

$$B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ B_4 \end{bmatrix}, \quad D = \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}.$$

Здесь

$$\begin{aligned} a_{12} &= \frac{\partial f_\omega}{\partial \delta} (E_{d0}, V_0, \delta_0, M_{H0}), & a_{13} &= \frac{\partial f_\omega}{\partial E_d} (E_{d0}, V_0, \delta_0, M_{H0}), \\ a_{34} &= \frac{\partial f_E}{\partial I_b} (E_{d0}, I_{b0}), & a_{44} &= \frac{\partial f_i}{\partial I_b} (I_{b0}, V_{b0}), \\ a_{21} &= \frac{\partial f_\delta}{\partial \omega} (\omega_0), & a_{33} &= \frac{\partial f_E}{\partial E_d} (E_{d0}, I_{b0}), \\ B_4 &= \partial f_i / \partial V_b (I_{b0}, V_{b0}), \\ d_1 &= \partial f_\omega / \partial V (E_{d0}, V_0, \delta_0, M_{H0}), \\ d_2 &= \partial f_\omega / \partial M_H (E_{d0}, V_0, \delta_0, M_{H0}). \end{aligned}$$

В случае учета демпфирования появляется новый коэффициент

$$a_{11} = \frac{\partial f_{\omega}}{\partial \omega} (\omega_0, E_{d0}, V_0, \delta_0, M_{н0}).$$

При исследовании динамических процессов все состояния непосредственно не измеряются, например измеряются ток и напряжение статора, угол нагрузки электросинхронного двигателя.

В случае, если измеряется ток статора $\Delta I(t)$, то уравнение для выхода можно записать в виде

$$y = c_1 X + \eta, \quad (10)$$

$$y = \Delta I, \quad c_1 = (0 \ 0 \ c_{12} \ 0),$$

$$c_{12} = \frac{\partial f_1}{\partial \delta} (E_{q0}, V_0, \delta_0) K_i,$$

$$c_{13} = \frac{\partial f_1}{\partial E'_q} (E_{q0}, V_0, \delta_0) K_i,$$

K_i - коэффициент передачи трансформатора тока;

η - помехи измерения.

Когда измеряется угол нагрузки $\Delta \delta(t)$, то уравнение для выхода запишется следующим образом

$$y = c_2 X + \eta_2, \quad (11)$$

$$y = \Delta \delta,$$

$$c_2 = [0 \ c_{22} \ 0 \ 0], \quad c_{22} = K_{\delta},$$

K_{δ} - коэффициент передачи измерительного устройства угла нагрузки; η_2 - помехи измерения.

В случае одновременного измерения тока статора ΔI и угла нагрузки $\Delta \delta$ уравнение для выхода записывается в векторно-матричной форме

$$y = cX + \eta, \quad (12)$$

где

$$y = \begin{bmatrix} \Delta I \\ \Delta \delta \end{bmatrix}, \quad C = \begin{bmatrix} 0 & C_{12} & C_{13} & 0 \\ 0 & C_{22} & 0 & 0 \end{bmatrix},$$

$$\eta = \begin{bmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \end{bmatrix},$$

$$C_{12} = \partial f_I / \partial \delta (E_{d0}, U_0, \delta) K_i,$$

$$C_{13} = \partial f_I / \partial E_d (E_{d0}, U_0, \delta) K_i,$$

$$C_{22} = K_\delta$$

η_1, η_2 - помехи измерения.

Структурная схема для представления динамических процессов синхронного электродвигателя с учетом уравнений (10), (12) приведена на рис.1.

Матрица передаточных функций синхронного электродвигателя как объекта управления четвертого порядка имеет вид

$$W_o(p) = (pI - A)^{-1} =$$

$$= \begin{bmatrix} W_{011}^0(p) & W_{012}^0(p) & W_{013}^0(p) & W_{014}^0(p) \\ W_{021}^0(p) & W_{022}^0(p) & W_{023}^0(p) & W_{024}^0(p) \\ W_{031}^0(p) & W_{032}^0(p) & W_{033}^0(p) & W_{034}^0(p) \\ W_{041}^0(p) & W_{042}^0(p) & W_{043}^0(p) & W_{044}^0(p) \end{bmatrix}, \quad (13)$$

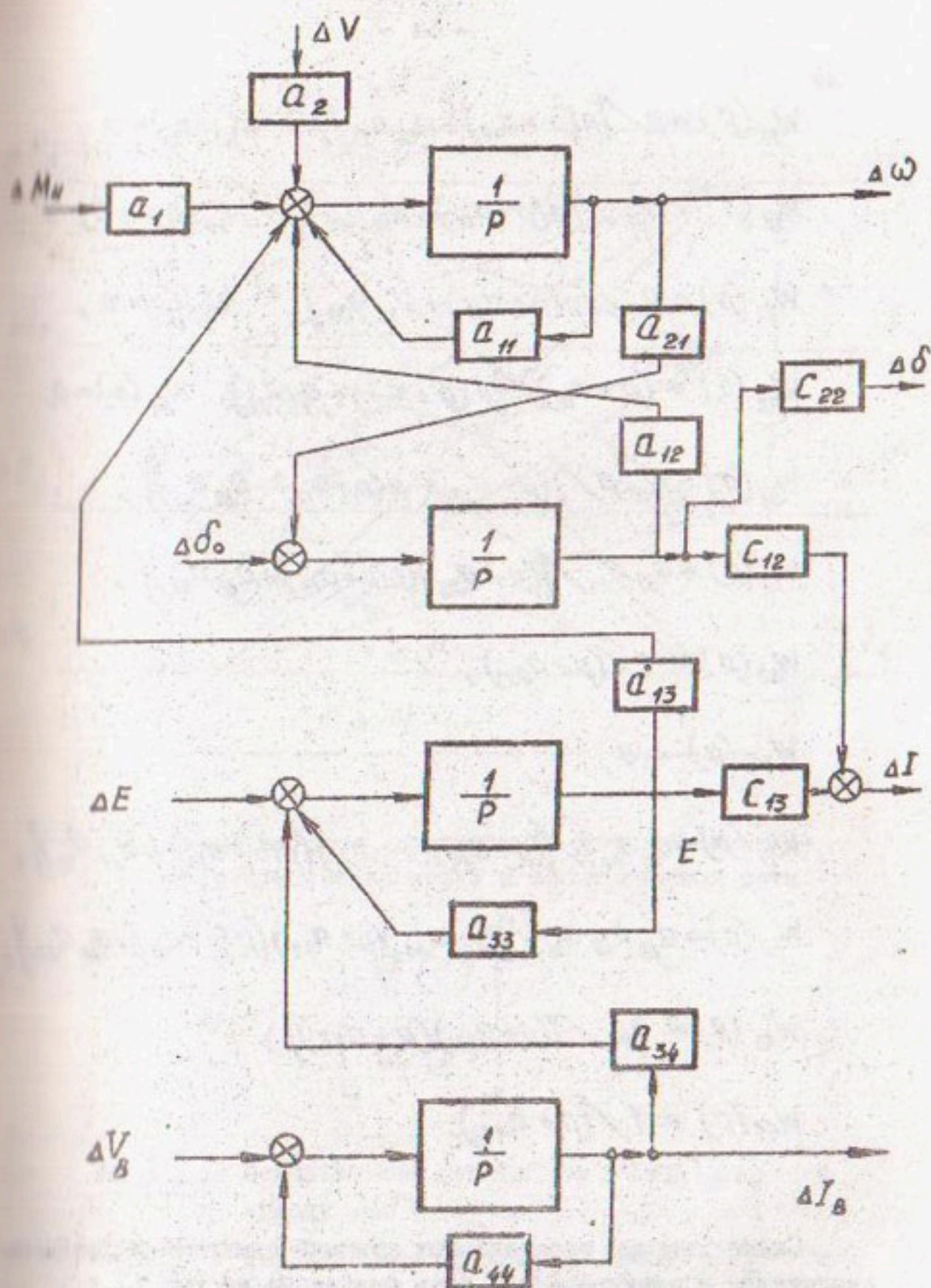


Рис. I. Структурная схема динамических процессов в синхронном электродвигателе с учетом параметров электрической сети.

где

$$W_{11}(p) = p / [p(p + a_{11}) + a_{12} a_{21}], \quad W_{13}(p) = 0,$$

$$W_{12}(p) = a_{21} / [p(p + a_{11}) + a_{12} a_{21}], \quad W_{14}(p) = 0,$$

$$W_{21}(p) = a_{21} / [p(p + a_{11}) + a_{12} a_{21}], \quad W_{23}(p) = 0,$$

$$W_{22}(p) = (p + a_{11}) / [p(p + a_{11}) + a_{12} a_{21}], \quad W_{24}(p) = 0,$$

$$W_{31}(p) = a_{13} p / [(p + a_{33})(p(p + a_{11}) + a_{12} a_{21})],$$

$$W_{32}(p) = a_{13} a_{21} / [(p + a_{33})(p(p + a_{11}) + a_{12} a_{21})],$$

$$W_{33}(p) = 1 / (p + a_{33}),$$

$$W_{34}(p) = 0,$$

$$W_{41}(p) = a_{13} a_{44} p / [(p + a_{44})(p + a_{33})(p(p + a_{11}) + a_{12} a_{21})],$$

$$W_{42}(p) = a_{13} a_{21} a_{44} / [(p + a_{44})(p + a_{33})(p(p + a_{11}) + a_{12} a_{21})],$$

$$W_{43}(p) = a_{34} / [(p + a_{33})(p + a_{44})],$$

$$W_{44}(p) = 1 / (p + a_{44}).$$

Схема матрицы перепадных функций синхронных электродвигателей и электрической сети приведена на рис.2.

Перепадные функции по контролируемым выходам и действующим управлениям запишутся следующим образом

$$W(p) = C(SI - A)^{-1} B,$$

после преобразования получим

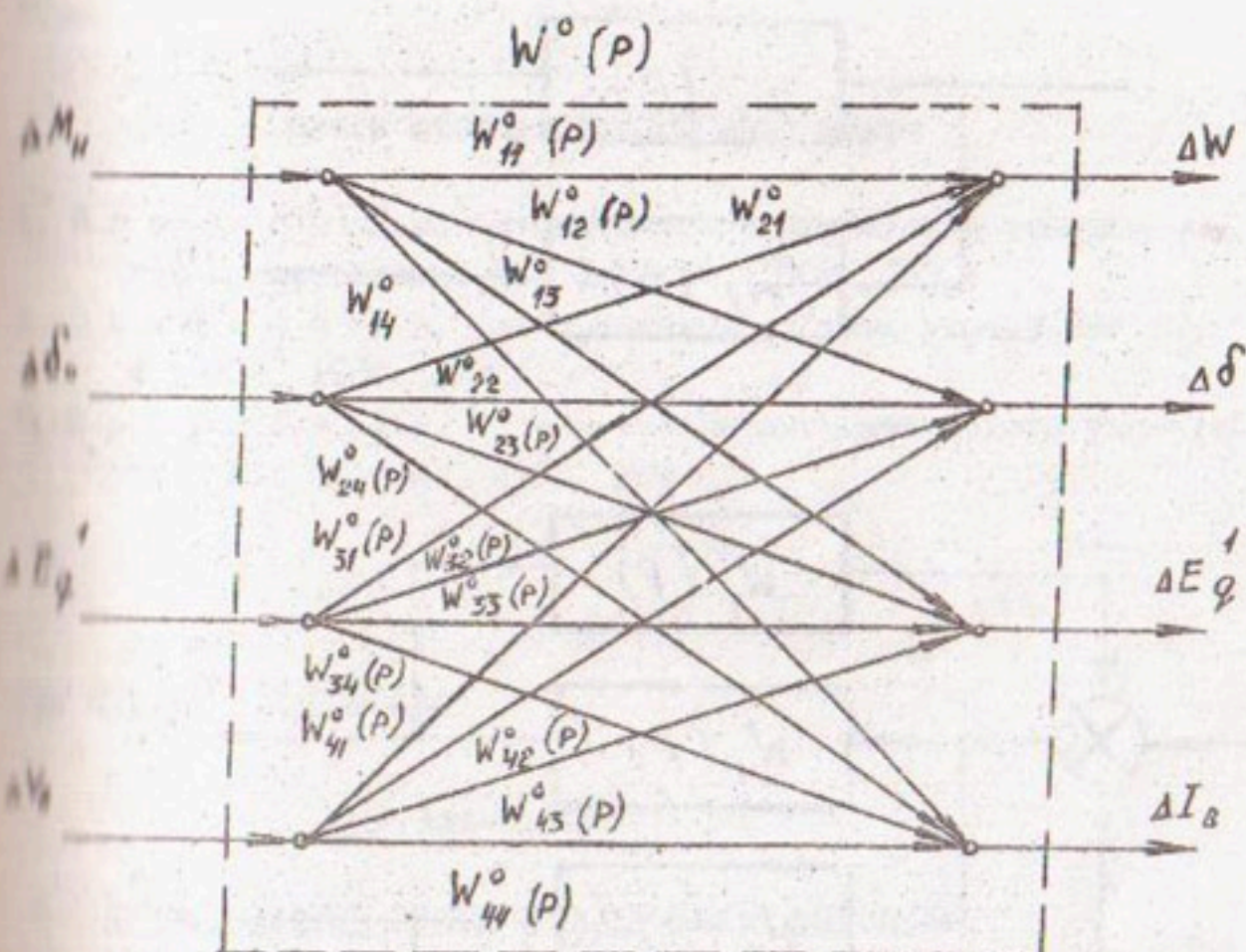


Рис.2. Схема матрицы передаточных функций синхронного электродвигателя и электрической сети.

$$W(p) = \begin{bmatrix} W_1(p) \\ W_2(p) \end{bmatrix}, \quad (15)$$

$W_1(p)$ - передаточная функция по входу ΔV_B и выходу ΔI ;

$W_2(p)$ - передаточная функция по входу ΔV_B и выходу $\Delta \delta$.

Они имеют вид

$$W_1(p) = B_4 [C_{12} W_{42}^0(p) + C_{13} W_{43}^0(p)],$$

$$W_2(p) = B_4 C_{22} W_{41}^0(p).$$

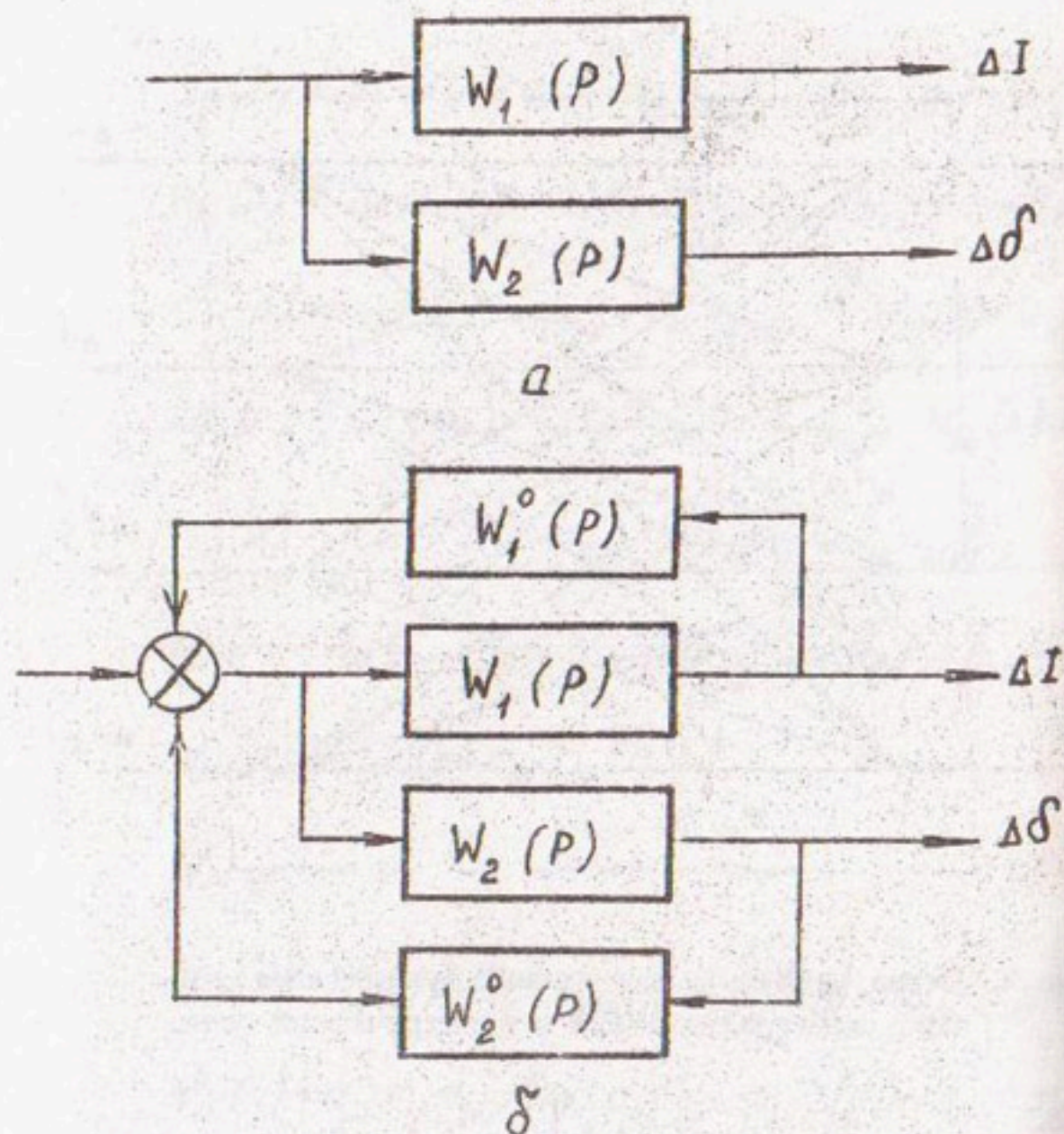


Рис.3. Структурная схема объекта управления (а);
с системой автоматического управления (б).

Таким образом, структурная схема по входу ΔU_B и выходам ΔI и $\Delta \delta$ показана на рис.3,а; структурная схема системы автоматического регулирования возбуждения по обратным связям тока статора и угла нагрузки — на рис.3,б.

Разработанная структурная схема позволяет исследовать статическую устойчивость, качество переходного процесса, моделировать динамические процессы различных систем автоматического регулирования возбуждения синхронных электродвигателей крупных насосных станций, а также рекомендовать такие параметры регулятора возбуждения, которые улучшают режимы работы сис-

Список использованной литературы

1. Петелин Д.П. Автоматическое управление синхронными электроприводами. М.: Энергия, 1968. 193 с.
2. Веников В.А. Электрические системы управления ими. М.: МЭИ, 1980. 112 с.
3. Воронцов А.А. Основы теории автоматического управления. М.: Энергия, 1966. 364 с.

УДК 621.313.13:627.534

А.И. Аль-Удейнат

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ АСИНХРОННОМ ПУСКЕ СИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ КРУПНЫХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

Исследование электромеханических переходных процессов при пуске синхронных электродвигателей крупных насосных станций с помощью моделирования их на ЭВМ особенно актуально в настоящее время в связи с удорожанием электрооборудования и электроэнергии. При пуске синхронных электродвигателей крупных насосных агрегатов большую роль играют состояния и параметры питающей электрической сети, которые влияют на режим пуска. Например, при пусках с пониженным напряжением и частотой сети наблюдаются увеличение времени разгона ротора и перегрев обмотки статора и ротора, что может привести к большим непроизводительным потерям электроэнергии и обрыву обмоток двигателя. Поэтому при моделировании динамических процессов асинхронного пуска синхронных электродвигателей необходимо использовать математические модели, достаточно адекватно описывающие процессы, протекающие в реальных машинах с учетом питающей электрической сети.

Система уравнений, описывающая электрохимические процессы с учетом параметров питающей электрической сети в координатах $d-q$, запишется следующим образом:

$$\begin{aligned} \frac{d\psi_{ds}}{dt} &= U_{ds} - r_{zs} \cdot i_{ds} - \psi_{qs} \cdot \omega_k, \\ \frac{d\psi_{qs}}{dt} &= U_{qs} - r_{zs} \cdot i_{qs} - \psi_{ds} \cdot \omega_k, \\ \frac{d\psi_{dr}}{dt} &= U'_{dr} - r'_r \cdot i_{dr} - \psi_{dr} (\omega_k - \omega), \\ \frac{d\psi_{qr}}{dt} &= U'_{qr} - r'_r \cdot i_{qr} + \psi_{qr} (\omega_k - \omega), \\ i_{ds} &= A (\psi_{ds} \mathcal{L}'_r - \psi_{dr} \mathcal{L}_\mu), \\ i_{qs} &= A (\psi_{qs} \mathcal{L}'_r - \psi_{qr} \mathcal{L}_\mu), \\ i_{dr} &= A (\psi_{dr} \mathcal{L}_{zs} - \psi_{ds} \mathcal{L}_\mu), \\ i_{qr} &= A (\psi_{qr} \mathcal{L}_{zs} - \psi_{qs} \mathcal{L}_\mu), \\ \frac{d\omega}{dt} &= \frac{P}{J} (M - M_c), \\ M &= \frac{3P}{2} \mathcal{L}_\mu \cdot A (\psi_{ds} \psi_{qr} - \psi_{qs} \psi_{dr}), \\ M_c &= M_c (\omega, Q, H), \end{aligned} \quad (I)$$

где U_{ds} , U_{qs} и i_{ds} , i_{qs} - напряжения и ток в цепях статора по фазам d и q ; ψ_{ds} , ψ_{qs} - потокосцепления в цепях статора; $\mathcal{L}_{zs}$, r_{zs} , $\mathcal{L}'_r$, r'_r - полная индуктивность и активное сопротивление цепи статора и ротора; $\mathcal{L}_\mu$ - индуктивность намагничивающегося контура; ω и ω_k - скорости вращения ротора и координатной ортогональной фазной системы; M и M_H - момент двигателя и сопротивление насоса; Q и H - расход воды и напор насосного агрегата.

В (I) выражения для A , r_{zs} , $\mathcal{L}_{zs}$ определяются по параметрам питающей электрической сети и статорной обмотки электродвигателя, т.е.

$$r_{zs} = r_c + r_s, \quad \mathcal{L}_{zs} = \mathcal{L}_c + \mathcal{L}_s, \quad (2)$$

$$A = \frac{1}{(\mathcal{L}_{zs} \mathcal{L}_r' - \mathcal{L}_\mu^2)}.$$

Момент сопротивления насоса зависит от скорости вращения ротора, расхода воды и напора насосного агрегата. Конкретный вид зависит от типа насосного агрегата и его конструкции.

Система уравнений (1) получена на основе двухфазной модели электромеханических процессов двигателя [1] и взаимосвязи с параметрами питающей электрической сети, которая позволяет учесть влияние параметров питающей электрической сети при исследовании электромеханических процессов пуска синхронных электродвигателей крупных насосных агрегатов.

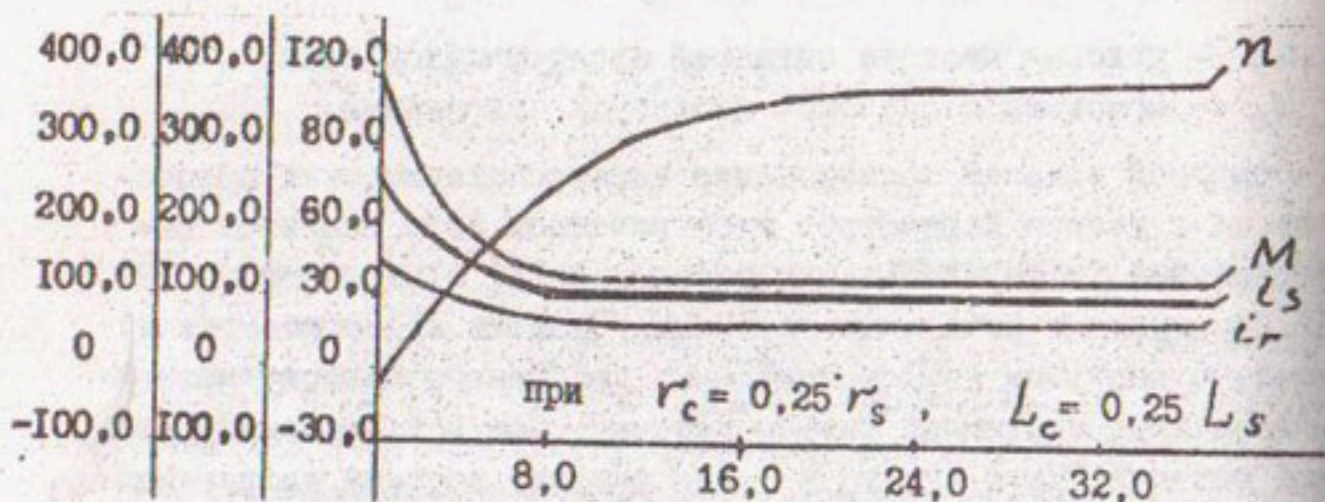
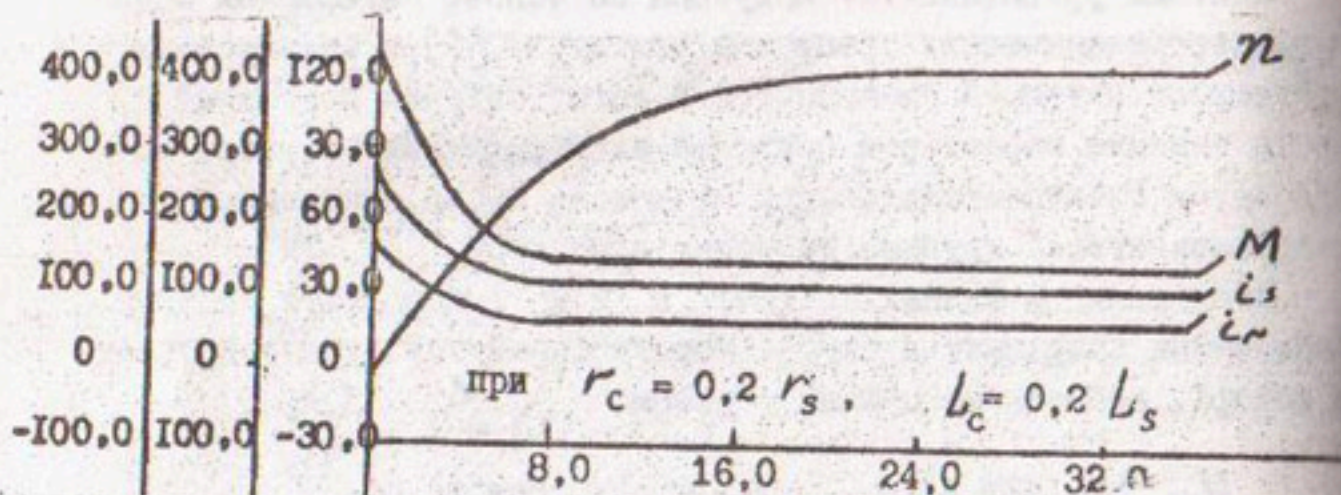
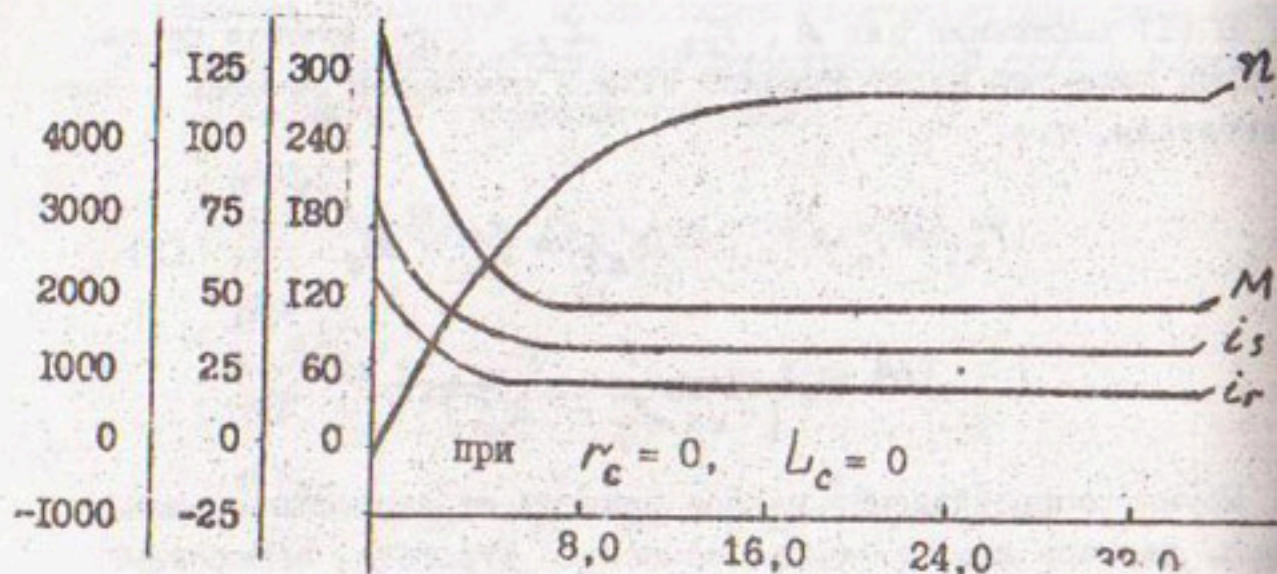
Напряжения в фазных системах d и q , используя систему неподвижных координат в случае короткозамкнутой пусковой обмотки ротора, запишем следующим образом:

$$\begin{aligned} U_{ds} &= U_m \cos \omega_{\kappa} t, & U_{qs} &= -U_m \sin \omega_{\kappa} t, \\ U_{dr} &= 0, & U_{qr} &= 0, \end{aligned} \quad (3)$$

где ω_{κ} - угловая частота питающей электрической сети;

U_m - мгновенное значение амплитуды напряжения.

Основной задачей исследования электромеханических процессов пуска с учетом параметров электрической сети является решение системы дифференциальных уравнений (I) с параметрами (2) и (3) при нулевых начальных условиях. Система (I) относится к нелинейным системам дифференциальных уравнений, поэтому применяем известные численные методы решения. При использовании численных методов Рунга-Кутты [2] для решения системы дифференциальных уравнений был составлен программный комплекс для моделирования электромеханических процессов при асинхронном пуске синхронных электродвигателей крупных насосных агрегатов с учетом параметров электрической сети.



Электрохимические процессы при асинхронном пуске
синхронного электродвигателя.

На рисунке показаны электромеханические процессы при асинхронном пуске синхронного электродвигателя типа ВДС 375-24 на примере насосного агрегата ОПВ II-260 насосной станции № I Карвинского магистрального канала при различных значениях параметров питающей электрической сети. Видно, что с увеличением внутреннего активного сопротивления r_c и индуктивности X_c увеличивается время разгона насосного агрегата. Это усложняет процесс его асинхронного пуска. Полученные кривые достаточно точно представляют качественные и количественные характеристики процесса асинхронного пуска, поэтому на основе разработанной методики моделирования электромеханических процессов пуска крупных насосных агрегатов на ЭВМ можно имитировать процессы при различных параметрах питающей электрической сети и определять условия пуска крупных насосных агрегатов с помощью ЭВМ без дорогостоящих натурных экспериментов с насосными агрегатами.

Список использованной литературы

1. К л а з о в с к и й Е.Я. Переходные процессы в электрических машинах переменного тока. М.-Л., 1962. 624 с.
2. И в а н о в В.В. Методы вычислений на ЭВМ // Справочное пособие. Киев: Наукова думка, 1986. 581 с.

УДК 621.665

Халел Сулейман Аль-Рабаба

ГИДРОАБРАЗИВНЫЙ ИЗНОС ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ С ОТКРЫТЫМИ РАБОЧИМИ КОЛЕСАМИ

Эксплуатация насосов в условиях Узбекистана характеризуется гидроабразивным изнашиванием их рабочих колес, т.е. абразивными частицами, находящимися в перекачиваемой воде, интенсивно воздействуют на поверхность проточной части и тем самым сравнительно быстро выводят ее из строя. В связи с этим необходимо исследовать причины, вызывающие преждевременный износ деталей

насосов.

Значительная часть сельскохозяйственных культур, выращиваемых в Узбекистане, в период вегетации подвергается машинному орошению, т.е. вода из каналов и рек поднимается насосами в оросительную систему. Для этого применяются как небольшие, так и крупные центробежные насосы. Основными требованиями, предъявляемыми к этим насосам, являются надежность и долговечность.

Важность указанных требований объясняется тем, что частые отказы насосов в работе приводят к недостаточному и несвоевременному поливу хлопчатника, особенно в летнее время, когда идет массовая бутонизация и цветение. Это приводит к резкому снижению урожая. Опыт эксплуатации насосов показал недостаточную их надежность в работе. Межремонтный срок службы их не превышает одного поливного сезона.

Одной из причин, снижающих надежность центробежных насосов, является интенсивное изнашивание лопаток рабочего колеса и зон уплотнений насоса в гидроабразивной среде. Интенсивное изнашивание уплотняемых зон насосов значительно ухудшает эксплуатационные показатели насосных станций, т.е. уменьшается подача насоса за счет обратной утечки воды через неплотности, следовательно, уменьшается КПД насоса и насосной станции, а также имеет место значительный перерасход электроэнергии.

Интенсивность гидроабразивного изнашивания гидромашин зависит от многих факторов: механических свойств материала детали, параметров гидроабразивного потока, абразивных свойств перекачиваемых твердых механических частиц.

Агрессивность гидроабразивного потока по отношению к износу зависит главным образом от концентрации и дисперсной структуры твердых механических частиц, находящихся в перекачиваемой воде.

В 1996 г. в течение поливного сезона в условиях Каткапаринской области на трех ирригационных насосных станциях были изучены условия работы и износа рабочих деталей центробежных насосов 24НДс и 48Д-22 при их эксплуатации.

Концентрация твердых механических частиц в воде определялась отношением веса сухого остатка частиц к общему весу воды.

Результаты опытов по изучению характера изменения концентрации твердых механических частиц в перекачиваемой воде насосными станциями приведены на рис. I.

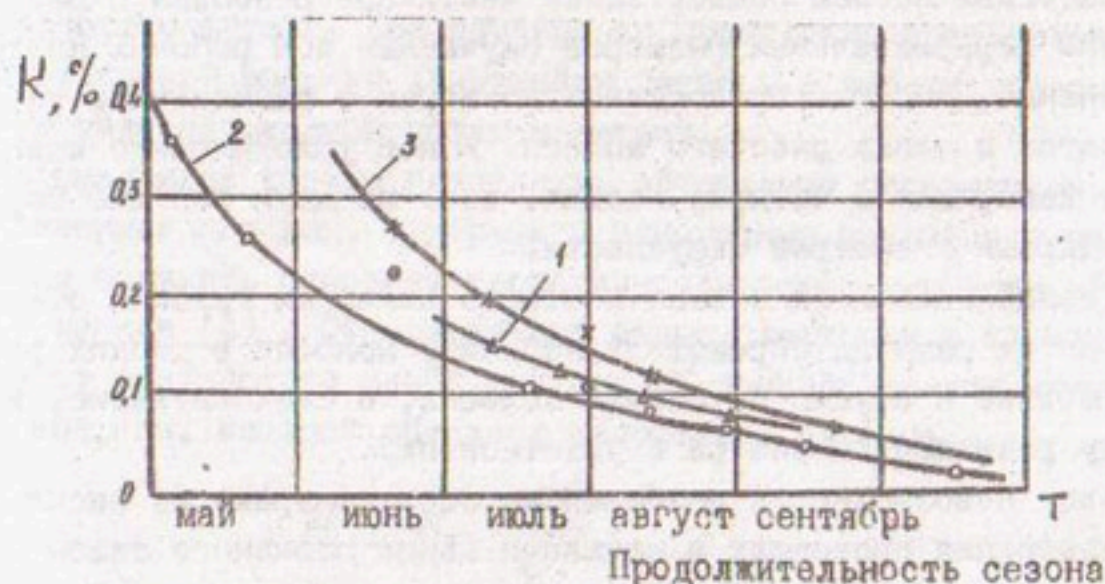


Рис. I. Зависимость $K = f(T)$:

- 1 - НС из Талимаджанского водохранилища;
- 2 - НС из отводящего канала, НС-7 КМК;
- 3 - НС на р. Кашкадарья.

Как видно, характер изменения концентрации твердых частиц в воде представляет собой гиперболическую кривую (для всех трех насосных станций), минимальное значение которой соответствует концу поливного сезона.

Следует отметить, что на рис. I расположение кривых по ординате различно, что, очевидно, объясняется разнообразием источников водозабора (водохранилище, канал и река).

Во всех трех закономерностях наибольшее значение их соответствует началу поливного сезона. Такое явление, по-видимому, объясняется тем, что этому периоду времени соответствует большое количество паводков.

При средней подаче каждого насосного агрегата типа 24НДс $1,5 \text{ м}^3/\text{с}$ через проточные части каждого агрегата за 1 ч протекает $11,56 \text{ т}$ твердых частиц, а за сутки - $278,25 \text{ т}$.

Вышеприведенные данные указывают на то, что наличие в перекачиваемой воде твердых механических частиц - одна из главных причин интенсивного изнашивания деталей проточной части центробежных насосов.

В период одного полного поливного сезона изучался характер изнашивания рабочих колес насосов. Перед пуском в работу

все испытуемые насосы подвергались частичной разборке с целью измерений первоначальных размеров изучаемых зон рабочих колес и уплотнений, которые проводились по заранее размеченным точкам лопаток и диска рабочего колеса. Износ уплотняющего кольца и диска измерялся в четырех местах, т.е. по двум взаимно перпендикулярным диаметрам окружности.

В конце поливного сезона повторно измеряли глубины отверстий и по их разнице определяли величину износов в дисках рабочего колеса и в уплотнительных кольцах, а следовательно, и величину радиального зазора в уплотнениях.

Ввиду невозможности разборки насосов во время их эксплуатации измерения проводили в начале и конце поливного сезона.

За период поливного сезона испытуемые насосы проработали в среднем 3 - 5 тыс.ч. Результаты микрометража насосов и визуальные наблюдения показали, что рабочее колесо по длине проточной части изнашивалось неравномерно как по величине, так и по форме. Во входной части рабочего колеса износ по толщине лопатки был незначителен, около 0,2 - 0,5 мм. В результате износа кромки лопастей приняли пилообразную форму по всей ширине. В выходной части рабочего колеса износ лопатки по ее толщине составил 2,8 мм, что можно объяснить увеличением давления и кинетической энергии протекающего гидроабразивного потока.

Вблизи выходных кромок наблюдались более выраженные углубленные борозды на рабочих поверхностях лопастей, которые являются результатом срезающих свойств твердых механических частиц, находящихся в перекачиваемой воде.

Внутренние поверхности дисков рабочего колеса также изнашивались неравномерно как по радиусу, так и ширине канала. Наибольший износ оказался вблизи рабочей поверхности лопасти при выходе (2,4 мм).

Поверхность уплотняющего кольца в результате износа приняла неравномерный волнистый вид с чешуйчатой формой. Зазор между ободами рабочего колеса и уплотнительными кольцами составил 1,2 - 5 мм.

В отводящем спиральном устройстве максимальный износ наблюдался в местах сопряжения корпуса с напорным патрубком и на боковых стенках.

Картину абразивного износа проточного тракта можно представить следующим образом. Разрушение происходит вследствие не-

прерывных соударений, транспортируемых потоком твердых частиц в поверхность детали. При соударении происходит преобразование кинетической энергии движущейся частицы в работу деформации материала обтекаемой потоком детали.

Рассматривая тонкую пластинку, обтекаемую равномерным, установившимся потоком, содержащим однородные взвешенные частицы, можем получить основные теоретические закономерности абразивного износа [1]. Относительный износ пластинки в единицу времени от воздействия одной частицы ρ' пропорционален кинетической энергии, которой обладает движущаяся частица,

$$\rho' = k_1 \frac{mc^2}{2}, \quad (1)$$

где m - масса частицы; c - средняя поступательная скорость частицы; k_1 - коэффициент пропорциональности.

Количество N частиц наносов, вошедших в соприкосновение с поверхностью пластинки за время t , можно подсчитать по формуле

$$N = k_2 \rho V t, \quad (2)$$

здесь ρ - концентрация частиц в потоке; V - средняя скорость потока; k_2 - коэффициент, зависящий от условий обтекания пластинки и транспортирующей способности потока.

Суммарный износ пластинки за время t

$$\rho = \rho' N = k_1 k_2 \frac{mc^2 \rho V t}{2}. \quad (3)$$

Можно считать, что поступательная скорость взвешенных в потоке твердых частиц c пропорциональна скорости натекания потока на пластину V , т.е.

$$c = k_3 V.$$

Поэтому вместо уравнения (3) получим

$$\rho = k_1 k_2 k_3^2 \frac{m \rho V^3 t}{2},$$

или

$$\rho = k m \rho V^3 t. \quad (4)$$

Формула (4) показывает, что абразивный износ неподвижной детали, обтекаемой потоком со взвешенными твердыми частицами, прямо пропорционален массе частиц, их концентрации в потоке, скорости потока в третьей степени и времени воздействия потока на рассматриваемую деталь. В действительности же износ рабочих колес осложнен наличием многих дополнительных факторов, для определения которых в настоящее время нельзя подобрать точные математические зависимости. Непрерывное изменение и пульсация скоростей и давлений при протекании воды через элементы проточной части, разделение течения на несколько отдельных потоков, неравномерное распределение скоростей по сечениям, наличие резких поворотов, неоднородность состава взвешенных частиц, переменные режимы работы — все это осложняет действительную картину гидроабразивного износа.

Тем не менее сопоставление формулы (4) с данными экспериментальных исследований указывает на то, что она довольно точно отражает основные закономерности гидроабразивного износа.

При обтекании взвешенносущим потоком детали, движущейся в потоке со скоростью U , в формулу (4) вместо скорости потока V следует подставить относительную скорость обтекания ω которая равна геометрической сумме скоростей U и ω .

При криволинейном профиле детали обтекание ее потоком будет сопровождаться искривлением линий тока и возникновением центробежных сил, которые будут прижимать частицу к поверхности детали или отжимать от нее. Поэтому влияние центробежных сил может сказаться как на усилении разрушения наносами поверхности детали, так и на уменьшении. При этом на интенсивность и размеры износа будут существенно влиять линейные размеры и кривизна поверхности детали, а также степень изменения концентрации наносов у поверхности детали под действием центробежных сил.

Вывод формулы (4) основан на предположении нормального удара абразивной частицы о поверхность обтекаемой детали. Изменение угла α наклона вектора скорости абразивных частиц к поверхности детали, называемого часто углом атаки, сопровождается изменением условий внешнего воздействия на поверхностный слой.

При нормальном угле атаки абразивные частицы осуществляют прямой удар по поверхности детали. Вследствие различий в ско-

рости, форме, массе и механических свойствах частиц в момент удара в поверхностном слое создаются напряжения разных порядков. По мере уменьшения угла атаки величина ударного импульса P снижается, его нормальная составляющая равна $P \sin \alpha$. При малых углах атаки повреждение материала происходит путем срезания обрыва.

Анализ характера и особенностей движения потока через рабочие органы позволяет повысить межремонтный период эксплуатации за счет изменений в конструкции их проточной части.

Для установления зависимости максимально допустимого, с точки зрения возникновения кавитации, падения динамического давления в области РК лопастного насоса от его конструктивных характеристик рекомендуется пользоваться формулой [1]

$$\Delta h_{\text{д max}} = m \frac{V_0^2}{2g} + n \frac{\omega_1^2}{2g} \quad \text{м вод. ст.}, \quad (5)$$

где V_0 - средняя абсолютная скорость при входе потока в колесо; ω_1 - средняя относительная скорость при поступлении потока на лопасти; m и n - опытные коэффициенты, характеризующие возрастание скорости по сравнению с ее средним значением в условиях, близких к безударному входу, рекомендуются значения $m = 1,0 - 1,2$ и $n = 0,3 - 0,4$.

Так как обычно относительная скорость ω_1 примерно в 2,5 раза больше скорости V_0 , то определяющее влияние на величину падения динамического давления оказывает величина ω_1 . Отсюда основным путем уменьшения $\Delta h_{\text{д max}}$ и улучшения кавитационных качеств насоса является уменьшение относительной скорости при поступлении потока на лопасти рабочего колеса.

Условия входа, а следовательно, и величина скорости зависят от числа лопастей в рабочем колесе насоса.

По данным испытаний, уменьшение числа лопастей рабочего колеса центробежного насоса с восьми до четырех приводит к значительному уменьшению коэффициента кавитации [1]. Однако при испытаниях рабочего колеса с четырьмя лопастями была отмечена неустойчивая работа насоса в отдельных режимах, сопровождавшаяся характерными шумами и увеличением вибрации корпуса насоса. Подобные явления отмечались и в других исследованиях [1]. При

испытаниях насоса с колесами полуоткрытого типа уменьшение числа лопастей с десяти до восьми практически не сказалось на его характеристиках, и работа насоса в кавитационных режимах была вполне устойчивой и не сопровождалась какими-либо колебаниями давления. Однако дальнейшее уменьшение числа лопастей до четырех привело к неустойчивой работе насоса, колебанию давления во всасывающей линии и прогрессирующей по мере уменьшения давления на входе вибрации. Объясняется это тем, что при значительном уменьшении числа лопастей резко сокращается относительная длина канала и увеличивается его диффузорность, что приводит к увеличению неравномерности потока. Это способствует образованию вихрей, увеличению потерь и уменьшению угла выхода потока из рабочего колеса.

Увеличение числа лопастей по сравнению с оптимальным ведет к снижению КПД и ухудшению кавитационных качеств насоса, а уменьшение числа лопастей - к снижению КПД насоса и неустойчивой работе в некоторых режимах.

В насосах с низким значением N_s кавитационные качества могут быть улучшены путем укорачивания лопастей рабочего колеса со стороны входа и закругления кромок. Входные кромки лопастей расположены наклонно к оси и выполнены заостренными. Этим исключается возникновение противотоков даже при малых подачах. Однако заостренная необтекаемая форма кромок приводит к срыву потока с поверхности лопасти, вследствие чего структура потока в области входа в колесо отличается от структуры потенциального потока, при этом характерного для обтекания профиля лопасти минимума давлений не возникает.

Нестационарное вихревое движение потока в области входа ведет к интенсивному его перемешиванию. Ускорение частиц воды, поступающих в область колеса, в значительной мере осуществляется за счет обмена количества движения с частицами, уже побывавшими в области колеса.

Изменение угла установки лопастей на входе также сказывается на кавитационных качествах насоса, так как при этом изменяется угол атаки, входная площадь потока и ширина межлопастных каналов.

В насосах с рабочими колесами полуоткрытого типа большое влияние на интенсивность развития кавитации и кавитационной эрозии оказывает величина зазора между торцами лопастей и крыт-

ной насоса. С увеличением этого зазора усиливается перетекание жидкости с выпуклой стороны лопасти на вогнутую, что вызывает стеснение основного потока и возрастание скорости течения в междопастных каналах рабочего колеса. Кроме того, в зазоре, особенно при его большой величине, возникает шелевая кавитация, степень развития которой зависит от формы и геометрических размеров лопасти.

В настоящее время нет точной теории расчета открытых рабочих колес, поэтому при проектировании широко применяется метод модельного пересчета, который не всегда удобен при конструировании проточной части насосов. Расчет же колеса по методике лопастных решеток [2] дает удовлетворительное совпадение с экспериментальной проверкой только в режимах, близких к бесциркуляционному обтеканию лопаток, где $H_T \rightarrow 0$.

При изменении подачи от $H_T=0$ до режима импеллера $Q_0=0$ в каналах колеса происходит сложный процесс передачи энергии потоку жидкости. Увеличивается момент скорости τV_{u_2} по закону сохранения постоянства угла выхода β_{2n} потока, определенного геометрическими соотношениями колеса. Одновременно с этим в каналах колеса начинают интенсивно работать два радиальных вихря, возникших от взаимодействия вращающихся открытых лопаток колеса с неподвижными стенками корпуса насоса. Их интенсивность увеличивается с уменьшением V_m потока. Сложением этих двух составляющих и обеспечивается передача энергии потоку колесом.

Автором на примере балансовых испытаний в САННПРИ открытых рабочих колес дается количественная оценка в распределении долей передаваемой энергии потоку от вихревой и струйной составляющих. Основные геометрические размеры испытанных колес приведены в таблице.

Характеристика РК центробежных насосов

Рабочее колесо	D_2	θ_2	β_2	Z	D_1	D_{12}
РК - 4а	65	4	75	12	35	65
РК - 4б	65	4	75	12	35	55
РК - 4в	65	4	75	12	35	48

Испытания колес проводились на специальных стендах, которые позволили получить составляющие полной энергии колеса. К

ним относятся:

1) переносная скорость $U = \omega r_2$,

где ω - угловая скорость, которая определялась путем замера частоты вращения ротора насоса;

2) проекция абсолютной скорости на переносную

$$V_{u2} = M / \rho Q_2 \eta_2,$$

здесь M - момент, замеренный на периферии рабочего колеса с $L/r > 3,5$ за вычетом дискового трения колеса;

3) статическое давление $\frac{P_1}{\gamma}$, $\frac{P_2}{\gamma}$ соответственно на входе и выходе из колеса.

Полная удельная энергия, переданная колесом потоку,

$$H = \int \frac{V_{u2} U_2}{g} \frac{dQ}{Q}. \quad (6)$$

С учетом внутреннего процесса в колесе насоса это выражение можно записать в виде

$$H_K = \frac{\Delta P}{\gamma} + \frac{V_{u2}^2}{2g} \quad (7)$$

при $V_{u1} = 0$.

Гидравлический КПД колеса

$$\eta_r = \frac{H_K}{H}. \quad (8)$$

На рис.2 приведены экспериментальная энергетическая характеристика рабочего колеса РК-4 и расчетная по методике [1,2]. Характер изменения $H = f(Q)$ для РК с открытыми с двух сторон лопастями сильно отличается от линейной зависимости и только при очень больших подачах ($Q/\omega = 15 - 25$), где V_m соизмерима с U_2 , эта зависимость асимптотически приближается к прямой, определяемой основным уравнением гидромашин [2]

$$H = \frac{\omega}{g} \left(R_2^2 g \omega - \frac{Q}{2\pi b_2 \tan \beta_2 \psi_2} \right). \quad (9)$$

Отклонение $H = f(Q)$ от линейного закона в зоне меньших подач характеризуется возрастанием вихревой составляющей, кото-

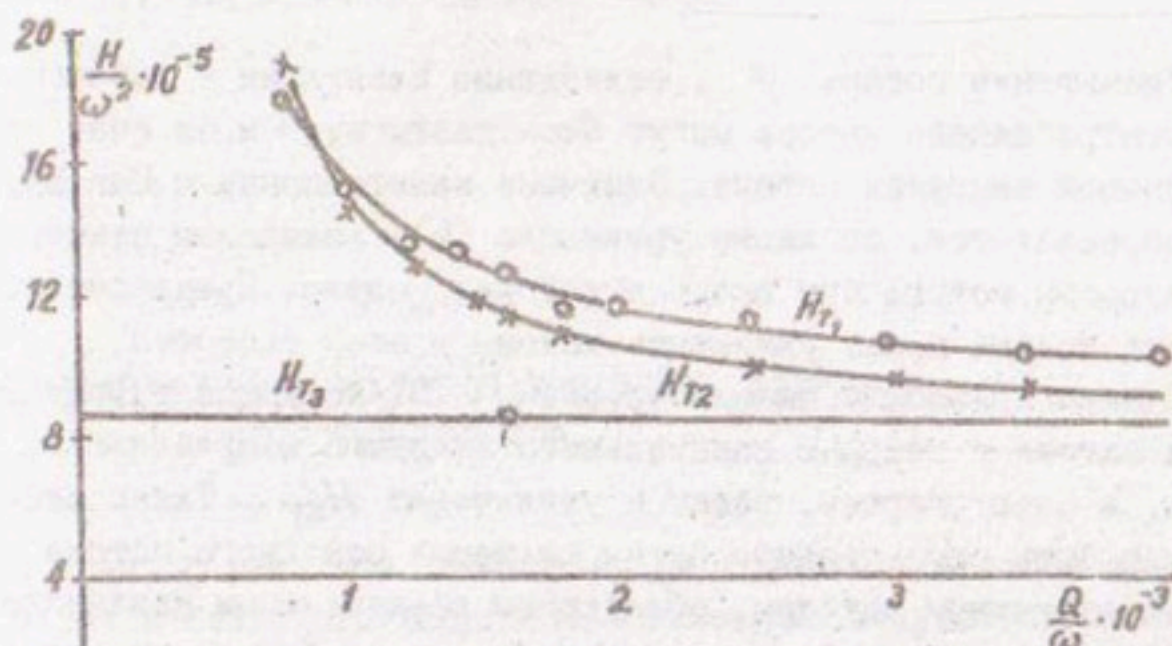


Рис. 2. Энергетическая характеристика РК (тип 6):

$$H_{T1} = \int \frac{V_{u2} U_2}{g} \frac{dQ}{Q}; \quad H_{T2} = \frac{\Delta P}{\gamma} + \frac{V_{u2}^2}{2g};$$

$$H_{T3} = \frac{\omega}{g} \left(R_2^2 g \omega - \frac{Q}{2\pi b_2 t g \beta_2 \psi_2} - K \right).$$

рую можно оценить коэффициентом K , который определяется из совместного решения уравнений (6) и (9). Ниже даны значения коэффициента K в зависимости от режима работы насоса [3]:

$Q/\omega \cdot 10^3$	1	1,6	2	4	12	20	30
K	1,72	1,41	1,34	1,21	1,12	1,06	1,04

Кроме того, коэффициент к вихревой слагающей энергии при одной и той же геометрии колеса зависит от степени открытия лопаток колеса $\xi = D_{12}/D_2$. Балансовые испытания рабочих колес, у которых ξ изменялся от 1 до 0,7, позволили определить зависимость $K = f(\xi)$ [3]

ξ	1	0,85	0,74
K	0,99+1,01	1,15	1,42

Полученные расчетно-экспериментальные данные дают возможность точнее определить напор и потребляемую мощность насосов с открытыми рабочими колесами.

Уменьшение потерь φ , ослабление кавитации в рабочем колесе центробежного насоса могут быть достигнуты и за счет предварительной закрутки потока. Величина кавитационного запаса H_{sv} определяется, согласно уравнению (5), значением относительной скорости потока при входе в рабочее колесо. Предварительная закрутка потока может уменьшить максимум этой скорости.

Однако подробный анализ уравнения (5) показывает, что закрутка потока с помощью специального входного направляющего аппарата, в свою очередь, ведет к увеличению H_{sv} . Такая закрутка может быть осуществлена путем смещения основного потока с некоторым вторичным потоком, обладающим вращательным движением.

Интенсивность абразивного износа может быть в значительной мере уменьшена снижением концентрации твердых частиц в воде. С этой целью в состав сооружений включают различного рода отстойники. При больших количествах абразивных частиц в воде скважин использование погружных и артезианских насосов может оказаться из-за интенсивного износа экономически нецелесообразным. Одним из возможных решений в этом случае может быть включение в состав сооружений насосной установки специального отстойного бассейна.

Вследствие малых зазоров между рабочим колесом и уплотнительными кольцами возможно кратковременное задевание колеса о кольцо при большой относительной скорости перемещения. Поэтому материал рабочего колеса должен обладать хорошими антифрикционными качествами в паре с материалом уплотнительного кольца.

При правильном выборе типа и размеров насосов, оптимальных конструктивных решениях всех элементов проточной части, небольших пределах регулирования, отсутствии значительных неровностей - выступов или впадин в местах перехода от детали к детали - и при неизменных прочих условиях интенсивность износа будет характеризоваться в основном величинами скоростей.

Список используемой литературы

1. Карелин В.Я. Износ лопастных гидравлических машин от кавитации и наносов, М.: Машиностроение, 1970.
2. Руднев С.С. Основы теории лопастных решеток, М.: МЭТУ им. Баумана, 1976.
3. Солопченко В.Ф. К расчету энергетической характеристики открытого рабочего колеса низкой быстроходности

// Труды ВНИИГипромаша, 1983.

УДК 631.674

Ш.Шоашизов

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УЗЛА ДЕЛЕНИЯ ОТКРЫТЫХ ПОТОКОВ

В связи с тем, что Узбекистан расположен в аридной зоне для развития сельского хозяйства необходимо искусственное орошение. Для этой цели необходимо расширить и улучшить эксплуатацию существующей ирригационной системы. Характерная особенность таких систем - наличие множества узлов деления открытых потоков, требующих надежной и правильной эксплуатации.

В результате гидравлических исследований автором разработана методика расчета узлов деления открытых потоков, которая позволяет определять основные гидравлические параметры узлов деления. На основе закона изменения количества движения для не-установившегося режима течения получена система нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных гиперболического типа

$$\left\{ \begin{aligned} & \frac{1}{g} \left[V^2 \left(\frac{\partial \alpha_0}{\partial x} + \frac{\partial \alpha_0}{\partial t} \right) + \alpha_0 V \left(\frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial t} \right) + \frac{\alpha_0 V (A - V)}{Q} \left(\frac{\partial Q_0}{\partial x} + \frac{\partial Q_0}{\partial t} \right) \right] dt + \\ & + \left(\frac{dP}{\gamma} + dz + i_f dx \right) dt = 0, \end{aligned} \right. \quad (1)$$

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = - q_b. \quad (2)$$

Система уравнений (1) - (2) предлагается для решения такой задачи, как определение кривой свободной поверхности потока в данный момент времени в определенном сечении. Точное решение и интегрирование этой системы уравнений представляет значительные трудности, и для практических расчетов рекомендуется использовать один из известных методов приближенного расчета [1].

Для установившегося режима течения на основе закона изменения количества движения получены расчетные зависимости отно-

сительно оси движения основного потока и перпендикулярной ей оси для определения глубин потока перед узлом деления h_1

$$ah_1^3 + bh_1^2 - ch_1 + d = 0, \quad (3)$$

$$eh_1^2 + fh_1 + m = 0, \quad (4)$$

где

$$a = \frac{4B + B_8 \cos \varphi}{8}; \quad b = \frac{B_8 h_8 \cos \varphi + B l_1}{2}; \quad c = \frac{\alpha_0}{g} \left(\frac{Q_2^2}{2h_2} + \frac{Q_8^2 \cos \varphi}{B_8 h_8} \right) - \frac{5B_8 h_8^3 \cos \varphi}{8} - \frac{B h_2^2 l_1}{2} + \frac{3h_2^4}{2} + B_8 h_8 \cos \varphi i_8 \left(l_8 + \frac{B_8 \operatorname{ctg} \varphi}{2} \right);$$

$$d = \frac{\alpha_0 Q_1^2}{9B}; \quad e = \frac{B_8 \sin \varphi}{8}; \quad f = \frac{B_8 (h_8 \cos^2 \varphi - h_2)}{2 \sin \varphi};$$

$$m = \frac{\alpha_0}{g} \frac{Q_8^2}{B_8 h_8} \sin \varphi + \frac{B_8 h_8^2}{2} \sin \varphi - \frac{B_8 h_2^2}{8 \sin \varphi} + \frac{B_8 h_8^2 \operatorname{ctg} \varphi \cos \varphi}{8} - B_8 h_8 i_8 \left(l_8 \sin \varphi - \frac{B_8}{2} \cos \varphi \right).$$

Глубина потока h_1 зависит от условий и параметров разделяющихся потоков. Что касается глубин ниже узла деления в основном канале h_2 и отводе h_8 , то при большой длине этих каналов они могут быть определены известными методами гидравлики для равномерных потоков [2].

Исследования узлов деления открытых потоков показали, что в начале отводящего русла у берега, примыкающего к входной кромке водозабора, образуется водоворотная зона. Для определения ширины зоны водоворота можно использовать зависимость А.С.Офицера [3]

$$B_{в.з.} = B_8 \left(1 - \frac{V_8}{V_1} \right) \quad \text{при} \quad \frac{V_8}{V_1} < 1, \quad (5)$$

$$B_{в.з.} = -B_8 \left(1 - \frac{V_8}{V_1} \right) \quad \text{при} \quad \frac{V_8}{V_1} > 1. \quad (6)$$

Одной из важных характеристик разделяющихся потоков является относительная ширина водоотбора поверхностных и донных струй, для определения которых рекомендуется использовать зависимости

$$\frac{B_A}{B} = 2.0 \left(\frac{q_8}{q_1} - 0.5 \right), \quad (7)$$

$$\frac{B_n}{B} = 0.8 \left(\frac{q_8}{q_1} + 0.25 \right). \quad (8)$$

Как показало сравнение теоретических результатов с данными экспериментов, по зависимостям (1) - (4) величины можно определять с погрешностью 3,6 - 2,6 %, что приемлемо для практических расчетов [4].

Список использованной литературы

1. К ю н ж Ж.А. Численные методы в задачах речной гидравлики. М.: Энергоатомиздат, 1985. 255 с.
2. П е т р о в Г.А. Гидравлика переменной массы. Харьков, 1964. 204 с.
3. О ф и ц е р о в С.А. Вопросы гидравлики водозабора. М.: Госстройиздат, 1952. 235 с.
4. Ш о а з и з о в Ф.Ш., М а х м у л о в Э.Ж. К расчету глубин при отделении потока // Волновые проблемы аридных территорий. Вып.3. Ташкент, 1995. С.170-176.

УДК 626.83

Ш.Х.Рахимов, О.Я.Гловацкий, Б.Р.Уралов

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ВОДОПРИЕМНИКОВ
МАЛЫХ ГЭС И НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

Натурные и модельные исследования ряда малых ГЭС (МГЭС) и насосных станций (НС) показали, что потери напора в водоприемниках составляют до 50 % от общих потерь напора в водоподводящем тракте. Значительные потери напора в глубинных водоприемниках могут быть вызваны водоворотами в зонах отрыва потока от стенок водоприемника и в пазах затворов, а также за счет плохо обтекаемых каркасов сороудерживающих решеток.

Необходимо отметить, что отсутствие достаточного опыта как у проектировщиков, так и у конструкторов привело к некоторым ошибкам при выборе принимаемых теоретических решений. Это усложнило эксплуатацию гидротехнических комплексов, вызвало необходимость дополнительных капиталовложений и эксплуатационных затрат. В частности, на Карпинском каскаде, подающем воду на площадь почти 400 тыс.га, головная насосная станция (НС-1 КМ) не в состоянии работать в запроектированном режиме.

В связи с тем, что в зимний период, когда идет наполнение Талимарджанского водохранилища, НС-1 КМ работает всего двумя агрегатами вместо пяти, так как не обеспечиваются проектные уровни воды в нижнем бьефе (УВНБ), она вынуждена в период ве-

гетации работать шестью агрегатами, включая резервный.

Над решением этой проблемы уже более десяти лет работают коллективы эксплуатационников, проектировщиков и научно-исследовательских учреждений.

В этом направлении сделано много различных теоретических проработок [1]. Все варианты сложны в выполнении в связи с круглогодичной работой каскада и требуют очень больших капитальных вложений.

Вместе с тем ранее проведенные исследования показали, что снижение УВНБ ведет к образованию воронок и повышению турбулентности на входе во всасывающие трубы. Это является причиной кавитации в зоне рабочего колеса и вибрации всего насосного агрегата, что технологически ограничивает работу НС.

В течение двадцати лет эксплуатации Каршинского каскада постоянно шел поиск путей улучшения головной его части, в том числе повышения надежности работы НС-I КМК. Решить проблему повышения надежности работы первой станции КМК (следовательно, и всего каскада) с гидротехнической точки зрения (перенос точки водозабора выше, строительство новой насосной станции, берегозащитные и береговыправительные мероприятия) сложно. Одна из причин, препятствующих уменьшению величины заглубления насосов - неудовлетворительный режим распределения скоростей потока в подводящем тракте. Снижение турбулентности потока в подводящем тракте сделает работу насоса более надежной, а работу всей насосной станции - устойчивой.

В [1] обосновывается выбор технического решения по улучшению гидравлической структуры потока и приведен теоретический расчет новых конструкций водоподводящих устройств НС. Под руководством авторов созданы принципиально новые конструкции водоприемников.

При работе НС вертикальные потоконаправляющие пластины, форма и размеры которых зависят от условий конкретного проектирования, сориентированы по касательной к оси криволинейных в плане бычков. При этом эллиптическое очертание (кризиса) крайних бычков предотвращает отрыв потока, направляющегося по расширяющейся аванкамере к водозаборным камерам с обеспеченным "всерным" растеканием.

Получены координаты поверхности конструкций, распределение давления на ней со стороны потока и распределение скорос-

тей внутри потока. На их основе теоретически обоснованы новые конструкции водоприемника, которые рекомендуется использовать при реконструкции водоподводящих сооружений ИС и МГЭС, а также при их проектировании. Новые конструкции водоприемника обеспечивают уменьшение потерь напора и повышение КПД. Они защищены патентами Республики Узбекистан.

В лабораториях САНЛИРИ и ТИЛИМСХ проведены исследования водоприемников, цель которых - определение таких очертаний водоприемников, отдельных его элементов и компоновки этих элементов в водоприемнике, при которых потери напора были бы наименьшими.

Установлено, что форма пазов затворов существенно влияет на поток в водоприемнике. В некоторых случаях возможны завихрения потока в пазах и кавитация. Кроме того, завихрения потока, вызывающие пульсации внутри пазов, отрицательно сказываются на гидравлике проточного тракта гидротурбинного блока в целом, увеличивая потери напора в нем.

При исследовании установлено, что сороудерживающие решетки вызывают значительные потери напора, достигающие 30 - 40 % от общих потерь напора в водоприемнике. Даны рекомендации по компоновке элементов и ряд зависимостей, по которым можно провести не только оценку отдельных элементов, но и решать задачу создания конструкции с минимальными потерями напора [1].

Результаты экспериментов по отдельным элементам водоприемников использованы при исследовании ряда их вариантов.

Первый - водоприемник с сороудерживающими решетками обычного типа. Порог входного отверстия водоприемника располагается на консоли, выступающей в сторону верхнего бьефа. Участок водовода от входного сечения, где размещаются пазы ремонтного затвора, имеет плавные очертания боковых граней в вертикальной плоскости и вогнуто-выпуклое - в горизонтальной. Расстояние между пазами ремонтных и рабочих затворов выбрано с учетом рекомендаций ВНИИГ и равнялось $\sim 1,8E$.

Второй - с выносными сороудерживающими решетками и перегородками. Сороудерживающие решетки расположены на консоли. С гидравлической точки зрения этот вариант водоприемника является менее благоприятным вследствие неплавного очертания выдвинутой вперед забральной балки.

За основу третьего варианта принят вариант водоприемника

с решетками обычного типа с очертанием входных оголовков водоприемника по предельным линиям тока [2] .

Основной характеристикой, по которой сравнивались варианты, являлся коэффициент гидравлического сопротивления ξ . На установке смоделирован водоприемник с сороудерживающими решетками только одного гидротурбинного блока в масштабе 1:20. Сороудерживающие решетки не были установлены. Моделирование водоприемника проводилось на основе критерия подобия Фруда.

Результаты исследований трех вариантов моделей водоприемника показывают, что лучший по гидравлическим характеристикам - третий вариант. Величина коэффициента сопротивления водоприемника третьего варианта на 17 % меньше величины коэффициента сопротивления водоприемника первого варианта и на 40 % меньше величины коэффициента сопротивления водоприемника второго варианта.

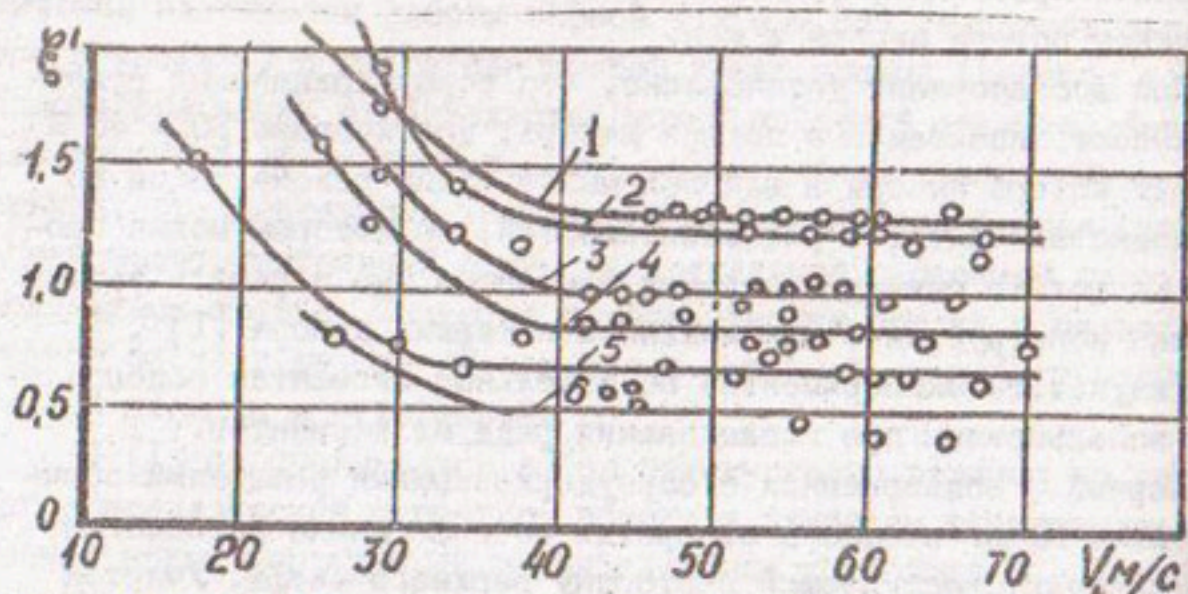


Рис. I. График зависимости $\xi' = f(v)$:

- 1 - засорен низ решетки на Т/ЗН, пазы открыты ($\xi' = 1,32$); 2 - засорен верх решетки на Т/ЗН, пазы открыты ($\xi' = 1,26$); 3 - решетка установлена, пазы открыты ($\xi' = 1$); 4 - решетка установлена, пазы закрыты ($\xi' = 0,85$); 5 - решетка вынута, пазы открыты ($\xi' = 0,67$); 6 - решетка вынута, пазы закрыты ($\xi' = 0,48$).

Результаты исследований третьего варианта водоприемника при различных условиях его работы представлены на рис. I в виде зависимостей коэффициентов сопротивления водоприемников в шести рассмотренных случаях его работы, отнесенных к величине коэффициента сопротивления данного водоприемника с сороудерживающими

решетками $\xi' = f(V)$. По приведенным зависимостям легко установить, какой процент от общих потерь напора несет тот или иной элемент водоприемника.

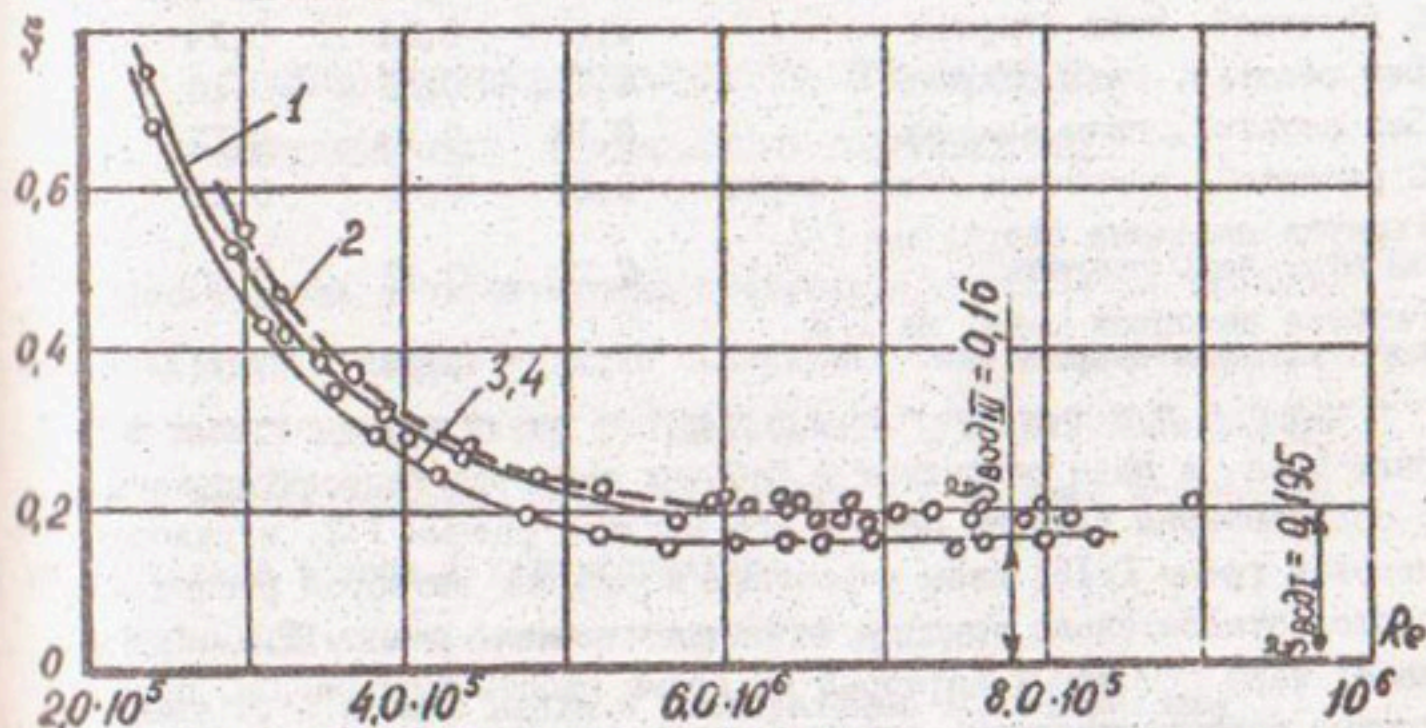


Рис.2. График зависимости $\xi = f(Re)$:

1,2 - вариант Г I ФПУ, НПГ; 3,4 - вариант
Г 3 ФПУ, НПГ.

Эксперименты для МГЭС из Талимарджанского водохранилища проводились при двух уровнях верхнего бьефа, соответствующих в натуре НПГ и ФПУ. На рис.2 приведены зависимости коэффициентов сопротивлений от числа Рейнольдса $\xi = f(Re)$ для исследуемых вариантов водоприемника. Изменение уровня верхнего бьефа существенно не влияет на величину коэффициентов сопротивлений.

Гидравлическими исследованиями установлены коэффициенты сопротивлений для всех трех вариантов водоприемника при различных условиях его работы, которые приведены в таблице.

В ы в о д ы

Третий вариант водоприемника по гидравлическим характеристикам наиболее приемлем, так как имеет плавные очертания водовода как в горизонтальной, так и вертикальной плоскостях, что обеспечивает безотрывное обтекание.

С гидравлической точки зрения рационален вариант водоприемника, у которого контуры водовода очерчены по предельным ли-

Условия работы водоприемника	Коэффициент сопротивления		
	I вариант	II вариант	III вариант
С решеткой, пазы открыты	0,28	0,34	0,24
Без решетки, пазы открыты	0,195	0,28	0,16
Без решетки, пазы закрыты	0,13	0,18	0,12
С решеткой, ремонтные пазы закрыты	0,23	0,29	0,20
Решетка засорена сверху на 1/3 высоты, пазы открыты	0,37	0,42	0,30
Решетка засорена снизу на 1/3 высоты, пазы открыты	0,38	0,34	0,32

ниям тока, а пазы ремонтных и рабочих затворов запроектированы с соотношением глубины паза к его ширине, равным 1:2, и уклоном низовой грани 1:12; пазы ремонтных и рабочих затворов располагаются относительно друг друга на расстоянии, равном 1,5 ширины паза; пазы ремонтных затворов на время работы турбины ГЭС перекрыты; сороудерживающие решетки изготовлены из элементов обтекаемого профиля; ригели каркаса направлены по потоку.

На сороудерживающие решетки приходится до 33 % потерь напора от общих его потерь на всем водоприемнике.

Список использованной литературы

1. Рахимов Ш.Х., Гловацкий О.Я. К вопросу теоретического расчета новых конструкций водоприемников насосных станций // Сб. научных трудов. Ташкент: САНИИРИ, 1995.
2. Дутьнев В.Б. Подбор рациональных очертаний глубоких водоприемников ГЭС // Труды координационных совещаний по гидротехнике. Вып. XXII. Энергия, 1995.

УДК 556.535.6 (282.255.1)

Х.А.Исмагилов, С.Т.Киеу

ТРАНСПОРТИРУЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ПОТОКА РЕКИ
АМУДАРЬИ НИЖЕ ТЯМУНЬСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

После ввода в эксплуатацию Тямуньского гидроузла произошли изменения в режиме наносов р.Амударьи ниже водохранилища.

В табл. I представлены среднемесячные мутности воды р.Амударьи в створе Тямунь. Створ расположен в 7 км ниже водохранилища. Данные в табл. I характеризуют:

1954-1959 гг. - бытовое состояние реки;

1982 г. - начало ввода в эксплуатацию водохранилища;

1992 г. - многоводный год;

1995 г. - маловодный год.

В условиях зарегулированного стока произошло уменьшение мутности потока по сравнению с бытовой в 20-50 раз. Это соотношение сохраняется и сейчас в период наполнения чаши водохранилища (октябрь-апрель). Во время вегетации мутность потока, выходящего из чаши, больше, чем при наполнении (май-сентябрь). Наибольшие значения мутности в период вегетации наблюдаются в многоводные годы в сентябре (конец вегетации) и в маловодные годы - в мае (начало вегетации). Максимальные среднемесячные значения мутности маловодного 1995 г. составляют $1,9 \text{ кг/м}^3$, что в 3,5 раза меньше бытовых. Таким образом, в створе Тямунь происходит увеличение мутности потока в период вегетации по сравнению с началом ввода в эксплуатацию водохранилища. При наполнении чаши изменения мутности не наблюдается.

Т а б л и ц а I

Среднемесячные мутности воды р.Амударьи в
створе Тянкуун, кг/м³

Год наблюдения	Месяц					
	I	II	III	IV	V	VI
1954-1959	1,32	1,55	2,0	5,9	7,13	6,53
1982	0,075	0,054	0,041	0,14	0,22	0,23
1992	0,014	0,04	0,045	0,07	0,07	0,05
1995	0,021	0,023	0,029	0,08	1,9	1,1

Год наблюдения	Месяц					
	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1954-1959	6,09	5,88	3,66	2,33	1,33	1,79
1982	0,23	1,0	0,24	0,21	0,06	0,13
1992	0,09	0,05	0,75	0,24	0,06	0,04
1995	0,81	0,35	0,85	0,09	0,035	0,07

Ниже водохранилища на участке Тянкуун-Кипчак (протяженность 185 км) в зависимости от мутности потока, выходящего из водохранилища, наблюдаются следующие процессы (рис.1):

при мутности потока до 200-250 г/м³ рост мутности по длине, т.е. увеличение транспортирующей способности потока, в основном при наполнении части водохранилища с октября по апрель;

при мутности потока 500 г/м³ и больше уменьшение мутности по длине вниз по течению;

при мутности 250-500 г/м³ мутность потока по длине остается почти неизменной.

Таким образом, на участке р.Амударьи Тяньмун-Кипчак наблюдается три случая в соответствии с наносным режимом.

1. Транспортирующая способность (мутность в реке) больше, чем мутность потока, выходящего из чаши водохранилища.

В русле реки наблюдаются размыв и дополнительное насыщение потока наносами (при мутности до 250 г/м^3).

2. Транспортирующая способность потока в реке соответствует мутности потока, выходящего из чаши водохранилища, и русло реки остается неизменным на участке Тяньмун-Кипчак (при мутности $200-500 \text{ г/м}^3$).

3. Транспортирующая способность потока в реке меньше мутности потока, выходящего из чаши водохранилища. Происходит перенасыщение потока наносами. Поток не в состоянии транспортировать все наносы, выходящие из водохранилища, и на участке Тяньмун-Кипчак происходит отложение наносов в русло реки, т.е. заиление.

Увеличение или уменьшение мутности потока по длине на участке Тяньмун-Кипчак описываются по формулам, полученным на основании анализа мутности в створах Тяньмун-Кипчак (рис.1).

Увеличение мутности по длине устанавливается по формуле

$$\rho_x = 2 \cdot \rho_0 \left(\frac{L_x}{L} \right)^{0.33} \quad (1)$$

При перенасыщении потока наносами уменьшение мутности по длине определяется по формуле

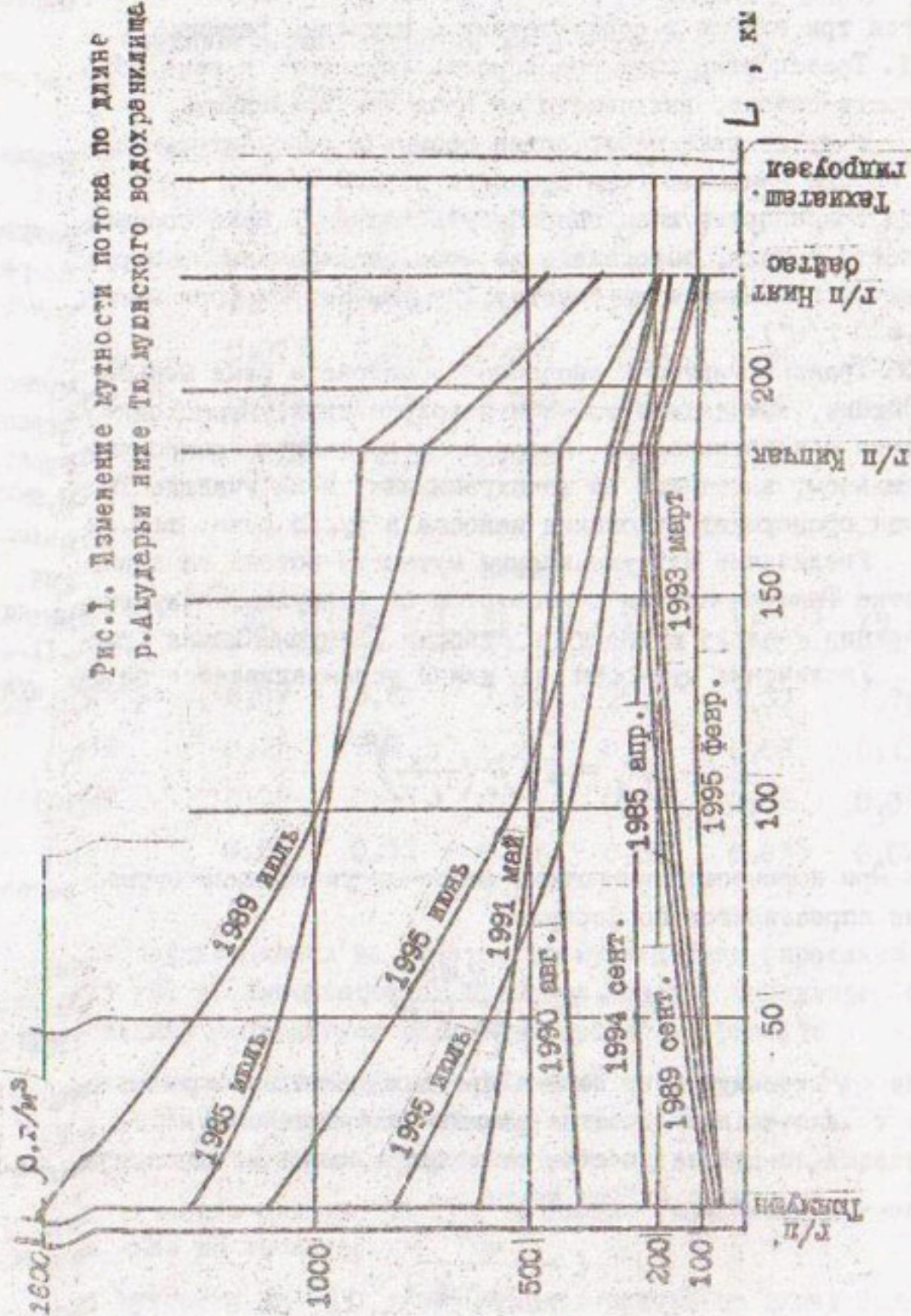
$$\rho_x = \rho_0 \frac{0.45}{\left(\frac{L_x}{L} \right)^{0.25}}, \quad (2)$$

где ρ_0 - мутность потока при выходе из водохранилища;
 L - длина участка размыва или заиления;
 L_x - длина участка от водохранилища до рассматриваемого створа реки;

$$L = \frac{\Delta H}{i_s - i_0},$$

здесь ΔH - величина размыва или заиления в начале участка;
 i_s - бытовой уклон;
 i_0 - уклон, установленный после размыва или заиления.

Рис.1. Изменение мутности потока по длине
р.Амударьи ниже ТЭ.мурского водохранилища.



Транспортирующую способность потока, как показал анализ литературных данных [1 - 4], рассчитывают по структурной формуле

$$\rho = K_p \frac{V^x}{(gHW)^y}, \quad (3)$$

где V - средняя скорость потока;
 H - средняя глубина воды;
 W - гидравлическая крупность наносов;
 K_p - коэффициент пропорциональности;
 x, y - показатели степени.

Численные значения K_p , x и y устанавливаются по фактическим данным эмпирическим путем.

Для крупных каналов и рек Центральной Азии получены следующие значения коэффициента и показателей степени: $x = 3,0$; $y = 1,0$; $K_p = 0,018$ для крупных каналов по С.Х.Абальянцу [2]; $x = 1,0$; $y = 1/3$; $K_p = 0,024$ для рек по К.И.Россинскому [3,4].

Приняв значения показателей степени по С.Х.Абальянцу, Н.А.Цветкова [1] обработала данные р.Амударьи по створу Тямуун за 1955-1959 гг. В результате Н.А.Цветкова получила значение коэффициента пропорциональности, в 2-3 раза превышающее значение коэффициента, полученное С.Х.Абальянцем для крупных каналов.

Таким образом, на р.Амударье при одинаковых гидравлических параметрах потока его мутность в 2-3 раза превышала мутность крупных каналов. Это отмечено при бытовом состоянии реки.

Для условий зарегулированного стока нами проанализированы данные Гидрометслужбы на створах Тямуун, Кипчак и Ниетбайтас, расположенных между Тямуунским волохранилищем и Тахиаташским гидроузлом за 1983, 1989, 1990, 1993 и 1994 гг. Полученные значения коэффициента пропорциональности K_p по формуле (3) приведены в табл.2

Как видно, коэффициент K_p колеблется в больших пределах для гидростворов Тямуун и Ниетбайтас, что связано с влиянием Тямуунского волохранилища и Тахиаташского гидроузла.

В створе Тямуун мутность зависит от режима работы волохранилища. В период наполнения его чаши на гидроствор приходит поток, малонасыщенный наносами, и имеется наименьшее значение коэффициента пропорциональности. Во время вегетации, особенно в

Т а б л и ц а 2

Значения коэффициента пропорциональности
по створам р.Амударьи

Створ	K_p	
	! по Абальянцу	! по Россинскому
Тямуун	0,001 - 0,10	0,01 - 0,3
Кипчак	0,004 - 0,033	0,04 - 0,19
Ниятбайтас	0,001 - 0,11	0,01 - 0,35

июле и августе, по гидроствору проходит перенасыщенный наносами поток, в этот период коэффициент пропорциональности имеет наибольшие значения.

Таким образом, по створу Тямуун большую часть года проходит нестабилизированный по насыщенности наносами поток, в результате наблюдаются большие колебания коэффициента пропорциональности.

Створ Ниятбайтас находится в 3 км выше Тахиаташского гидроузла, т.е. в зоне подпора, и мутность потока зависит от режима работы этого гидроузла. Как известно, гидроузел работает большую часть года в подпорном режиме, поэтому коэффициент пропорциональности колеблется в больших пределах.

Створ Кипчак расположен в 185 км ниже Тямуунского водохранилища и в 55 км выше Тахиаташского гидроузла. На створ поток приходит с насыщенностью, в основном соответствующей транспортирующей способности потока. На створ не влияет подпор Тахиаташского гидроузла.

Изменение коэффициента пропорциональности на створе Кипчак по К.И.Россинскому более стабильно по сравнению с колебаниями его на створах Тямуун и Ниятбайтас. По С.Х.Абальянцу, диапазон изменения коэффициента пропорциональности довольно большой.

С учетом данных К.И.Россинского построен график зависимости

$$\rho = f \frac{V}{(qH \cdot W)^{1/3}}$$

На основании этого графика (рис.2) была получена формула для установления транспортирующей способности потока в виде:

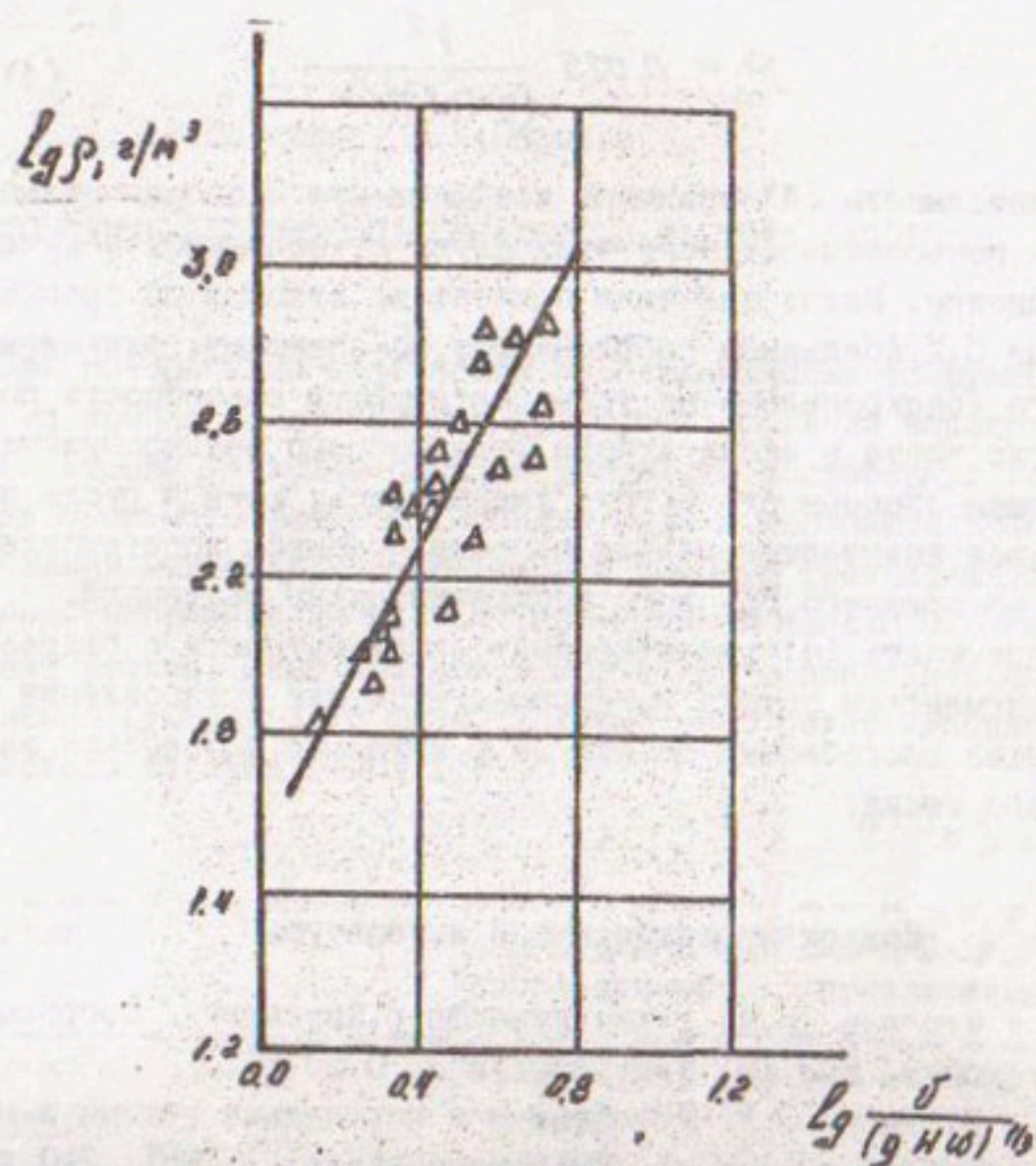


Рис.2. График зависимости $lg p = f\left(\lg \frac{v}{(g NW)^{1/2}}\right)$

для г/п Кипчак.

Треугольником обозначены данные за 1987, 1989, 1990, 1993 и 1994 гг.

$$\rho = 0,025 \frac{V^2}{(gHW)^{2/3}} \quad (4)$$

В зависимости (4) величины коэффициента пропорциональности близки, а показатели степени отличаются от значений, полученных К.И.Россинским. Меньшие значения показателя степени по сравнению с таковыми С.Х.Аблянца объясняются, по-видимому, влиянием Тюмунского водохранилища на транспортирующую способность потока.

После ввода в эксплуатацию Тюмунского водохранилища транспортирующая способность потока уменьшилась, хотя в русле имеется большое количество мелких наносов, процесс восстановления мутности до прежнего бытового состояния очень медленный.

Зависимость (4) характеризует связь мутности с гидравлическими элементами потока и рекомендуется для установления транспортирующей способности потока на р.Амударье в условиях зарегулированного стока.

Список использованной литературы

1. Цветкова Н.А. Режим наносов р.Амударьи// Вопросы гидротехники. Вып.13. Ташкент, 1963. С.50-86.
2. Аблянец С.Х. Устойчивые и переходные режимы в искусственных руслах. Л.:Гидрометеиздат, 1981. 240 с.
3. Россинский К.И., Дебольский В.К. Речные наносы. М.:Наука, 1980. 216 с.
4. Краушев А.В. Теория и методы расчета речных наносов. Л.:Гидрометеиздат, 1977. С.127-147.
5. Мухамедов А.М., Ирмахамедов Х.А., Черникова Г.И. Транспортирующая способность руслового потока и деформация спрямляющей прорези в условиях Амударьи// Сб.научн.трудов САНИИРИ. Вып.157. Ташкент, 1978.

УДК 626.814

Б.И.Белесков, А.Х.Садыков

УТОЧНЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ МАКСИМАЛЬНОГО РАСХОДА ПАВОДКА

Для обеспечения надежности водохранилищных сооружений и всего их комплекса необходимо при проектировании водохранилищ и эксплуатации во время паводка учитывать достоверную величину его максимального расхода. Используемый в настоящее время метод определения максимального расхода с помощью трехпараметрического гамма-распределения [1] с применением таблиц С.И.Рыбкина занижает расход. Нами предложен метод [2] с использованием распределения Гумбеля I-го типа, который дает более высокие значения расхода паводка (табл. I).

Т а б л и ц а I

Река	Максимальный расход, м ³ /с	
	используемый метод	предлагаемый метод
Амударья	10200	12700
Сурхандарья	1830	2170
Карадарья	1180	1350
Кашкадарья	708	758
Кассансай	118	146

Настоящая статья написана на основе результатов дальнейшей разработки и уточнения метода.

Распределение Гумбеля I-го типа наилучшим образом подходит для описания распределения максимальных величин и используется для определения максимального расхода паводка в США и Франции [1].

По предлагаемому методу максимальный расход паводка следует определять по зависимости, разработанной авторами

$$Q_{расч.} = \frac{1}{\alpha_n} \left\{ -\ln \left[-\ln p(1-p) \right] \right\} + b_n, \quad (1)$$

где p — обеспеченность максимального расхода в долях единицы;

$$\alpha_N = \frac{\sigma_N}{S_Q} ; \quad \beta_N = Q_{\text{макс.ср}} + \frac{\bar{y}_N}{\alpha_N} ,$$

здесь $Q_{\text{макс.ср.}}$ и S_Q - средний максимальный расход и среднее квадратическое отклонение ряда наблюдений максимальных годовых расходов;

$\bar{y}_N$ и σ_N - параметры, численные значения которых в зависимости от числа лет наблюдений N берутся из табл.2.

Т а б л и ц а 2

15	16	17	18	19	20	21	22	23
-0,513	-0,515	-0,518	-0,520	-0,522	-0,524	-0,525	-0,527	-0,528
1,020	1,031	1,040	1,048	1,056	1,063	1,069	1,075	1,081

24	25	26	27	28	29	30
-0,530	-0,531	-0,532	-0,533	-0,534	-0,535	-0,536
1,086	1,091	1,096	1,101	1,105	1,109	1,112

Уточнение величины максимального расхода паводка можно достигнуть также за счет удлинения ряда наблюдений при вычислении $Q_{\text{макс.ср.}}$ и S_Q , если в прошлом в течение N лет был отмечен максимальный расход паводка Q_N , который превысил расходы, отмеченные за n лет систематических наблюдений. Средний максимальный расход при этом вычисляется, как рекомендуется в [3.4]. Для вычисления в этом случае среднего квадратического отклонения нами предложена зависимость

$$S_Q = \sqrt{\frac{(Q_N - Q_{\text{макс.ср.}})^2}{N-1} - Q_{\text{макс.ср.}}^2 + \frac{\sum_{i=1}^n Q_{\text{макс.}i}^2}{n}} \quad (2)$$

Так, на р.Карагайе максимальный расход 0,1 %-вой обеспеченности, приведенный в табл.1, определен по систематическим наблюдениям 1970-1995 гг. Если учесть, что в 1936 г. наблюдался расход $Q_N = 1080 \text{ м}^3/\text{с}$, то более точный максимальный расход окажется равным $Q_{0,1\%} = 1440 \text{ м}^3/\text{с}$.

Таким образом, предлагается более точный и при этом несложный способ вычисления максимального расхода паводка. Наиболее точная информация о максимальном расходе позволит повысить надежность эксплуатации гидротехнических сооружений водохранилищ.

Список использованной литературы

1. Крицкий С.Н., Менкель М.Ф. Гидрологические основы управления речным стоком. М.: Наука, 1981. 256 с.
2. Белесков Б.И., Сапиков А.Х. Методы оценки надежности водохранилищных гидротехнических сооружений в Республике Узбекистан // Мелиорация и водное хозяйство. Сб. научных трудов. Ташкент: САННИРИ, 1995. С.165-169.
3. Гостунский А.Н. Гидрология Средней Азии. Ташкент: Ўқитувчи, 1969. 328 с.
4. Нормы и технические условия для расчета максимальных расходов воды при проектировании гидротехнических сооружений на реках. СН-2-57. М., 1957.

УДК 631.001:621.65

Ш.Х.Рахимов, Р.А.Очилов, Халел Сулейман Аль-Рабаба

НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСЕВОЙ СИЛЫ КРУПНЫХ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ

При эксплуатации крупных вертикальных центробежных насосов установлен неравномерный подход воды ко всасывающим трубам насосов в аванкамере. К крайним насосам подход воды осуществляется с завихрениями водоворотными воронками и при наличии обратных токов. Происходят периодические подсосы воздуха. Поэтому крайние насосы, как правило, работают в кавитационном режиме, с меньшими подачами воды и при большей затрате электроэнергии. Вибрация крайних агрегатов, по сравнению с другими, увеличена [1].

Установлено, что большие подачи воды каждым насосом создают значительные усилия на лопастях рабочих колес и выправляю-

ших аппаратов. Одновременно неподдержание достаточного подтопления рабочих колес приводило к работе агрегатов в кавитационном режиме со значительными вибрациями.

Отмечались неполадки из-за недостаточно качественного монтажа, центровки и балансировки роторов, недостаточно тщательной пригонки деталей пяты, воспринимающей осевое усилие, недостаточной соосности ротора и статора электродвигателя и пр.

Как известно [1], подпятники воспринимают гидравлические и механические усилия, а также силы электромагнитного характера. Существующие методы расчета осевой силы несовершенны [2] и не дают конструкторам надежных данных для расчета.

Восполнение этих данных, позволяющих совершенствовать методы расчета осевых сил, возможно получить лишь путем проведения натурных испытаний. Однако до настоящего времени из-за сложности организации и проведения таких исследований на крупных центробежных насосах в натурных условиях замеры фактических осевых сил не проводились [2].

Были выполнены исследования по определению осевой силы, передаваемой на подпятник насосного агрегата 2000 В 25/40. Аналогичные подпятники установлены на агрегатах 2400 В 25/40 на НС-7 КМК и ДГНС.

Схема проточной части насоса приведена на рис.1. Манометры были установлены также на всасывающем и напорном участках трубопроводов. Испытания проводились [1,2] на холостом ходу, при закрытом дисковом затворе, в рабочем режиме, при частично открытом дисковом затворе.

Процесс пуска под нагрузкой характеризуется плавным возрастанием амплитуд нагрузок. Изменение величины максимума усилий повторяется с частотой 4,16 Гц, т.е. с оборотной частотой. Чередование пиков нагрузок идет в направлении вращения вала, что указывает на механическую причину пульсации осевого усилия.

Частота пульсации нагрузки на каждом сегменте составила 16 Гц, что выше оборотной. Возникновение такой пульсации нагрузки можно объяснить наличием неровностей на поверхности зеркала пяты и автоколебательным процессом рабочего колеса, вызванным уклоном и изломом вала.

Зависимость осевой силы от угла открытия дискового затвора показана на рис.2. Максимум нагрузки соответствует рабочему режиму, т.е. полному открытию дискового затвора (кривая 2).

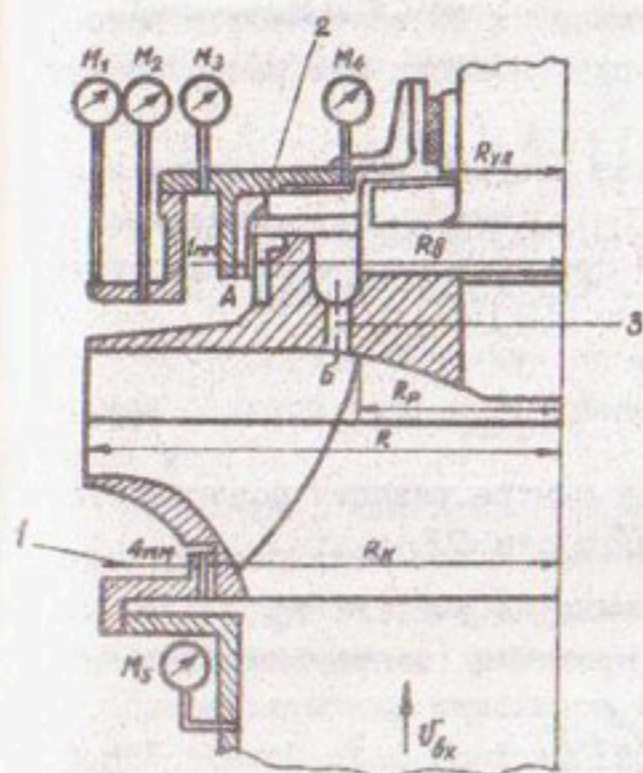


Рис.1. Проточная схема рабочего колеса:

M_1, M_2, M_3, M_4 - манометры для измерения давления над РК; M_5 - манометр во всасывающей полости; 1, 2 - нижнее и верхнее щелевые уплотнения; 3 - разгрузочные отверстия.

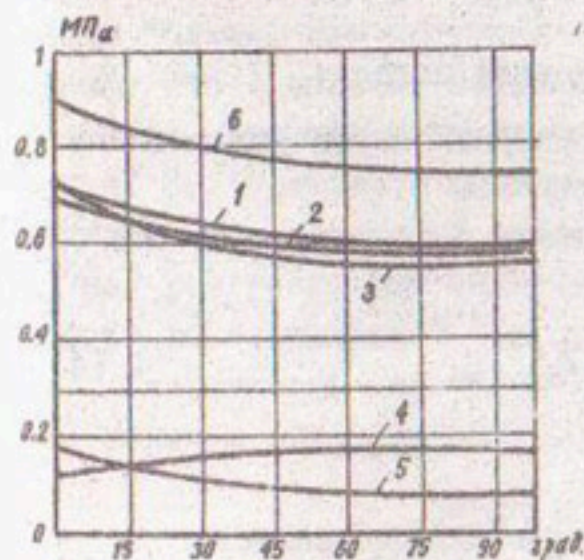


Рис.3. Зависимость $P = f(\text{угол затвора})$:

1 - 4 - по соответствующим манометрам над рабочим колесом; 5 - по манометру во всасывающей полости; 6 - в напорном патрубке.

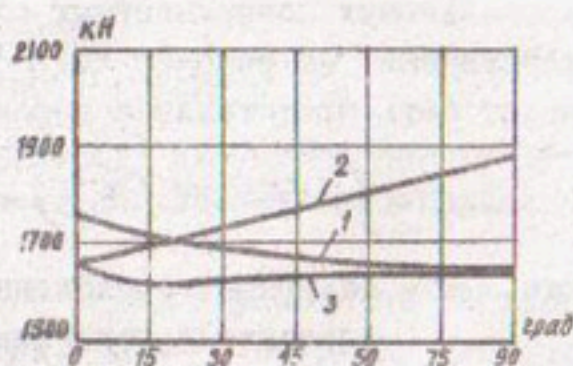


Рис.2. Зависимость осевой силы от положения дискового затвора:

1 - расчетная осевая сила по (1); 2 - экспериментальная осевая сила; 3 - расчетная осевая сила по (7).

Характерное явление в проточной части насоса при открытии дискового затвора - уменьшение давления во всасывающей полости и увеличение потенциального напора в полости над разгрузочными отверстиями (рис.3).

Осевая сила A , представляющая результирующую нормальных составляющих поверхностных сил (гидродинамическое давление), действующих на рабочее колесо, в проекции на осевое направление может быть представлена выражением [3].

$$A = \int P dF \cdot \cos(\widehat{n, Z}) = A_1 + A'_1 - A_2 + G, \quad (1)$$

где P - давление, приложенное в центре тяжести поверхности, определяет положение dF и оси OZ ;

A_1 - гидравлическая осевая сила на участке $R_H \dots R_\delta$ с учетом параболлоида вращения (направлена вниз),

$$A_1 = \gamma \pi (R_H^2 - R_\delta^2) \left[H_p - \left(1 - \frac{R_H^2 + R_\delta^2}{2R_2^2} \right) \frac{\omega^2}{8g} \right], \quad (2)$$

где R_H - радиус нижнего шелевого уплотнения;

R_δ - радиус верхнего шелевого уплотнения;

H_p - потенциальный напор на нагнетательном участке трубопровода;

R_2 - наружный радиус рабочего колеса;

ω - частота вращения рабочего колеса;

A'_1 - гидравлическая осевая сила на участке от R_δ до R_{yn} (направлена вниз)

$$A'_1 = \gamma \pi (R_\delta^2 - R_{yn}^2) \cdot H_\lambda; \quad (3)$$

где R_{yn} - средний радиус уплотнения вала насоса;

H_λ - пьезометрический напор в полости перед уплотнением вала насоса;

A_2 - осевая сила от поворота потока в каналах рабочего колеса (направлена вверх)

$$A_2 = \frac{\gamma Q}{g} \cdot V_{\delta x}; \quad (4)$$

где Q - подача насоса;

$V_{\delta x}$ - скорость жидкости на входе в рабочее колесо;

G - вес ротора насоса (направлен вниз).

Потенциальный напор на нагнетательном участке трубопровода определяется по выражению

$$H_p = H_T \left(1 - \frac{Q H_T}{2 U_2^2} \right), \quad (5)$$

где H_T - теоретический напор насоса;
 U_2 - скорость рабочего колеса в радиусе R_2 .

Расчет осевого усилия по формуле (I) дает зависимость изменения осевого усилия от открытия дискового затвора, приведенную на рис. 2.

Как видно, изменение расчетного осевого усилия не соответствует экспериментальной зависимости. По мере открытия дискового затвора расчетное осевое усилие уменьшается и достигает минимального значения в рабочем режиме.

Несоответствие характера изменения расчетной и экспериментальной осевой силы можно объяснить следующим образом. При выводе формулы (I) давление во всасывающей полости принималось неизменным и равным величине полпора, что не соответствовало действительности. При работающем агрегате и закрытом дисковом затворе давление во всасывающей полости превышало в два раза величину полпора, что указывало на значительный переток воды через нижнее шелевое уплотнение.

В то же время пьезометрический напор H_x (рис. 3) в зоне уплотнения вала был минимальным, несмотря на то, что напор насоса достиг наибольшей величины. Снижение H_x происходило вследствие малого зазора в верхнем шелевом уплотнении. При этом через разгрузочные отверстия 3 (рис. I) воды уходило во всасывающую полость больше, чем поступало через зазор в верхнем шелевом уплотнении, что и вызвало падение пьезометрического напора H_x .

При открытом дисковом затворе рабочий напор насоса уменьшался. Это привело к снижению протечек через нижнее шелевое уплотнение и давления во всасывающей полости. Потенциальный напор H_x над разгрузочными отверстиями увеличился за счет скоростного напора во всасывающей полости.

Зависимость изменения осевой силы от давления во всасывающей полости можно рассчитывать по формуле

$$A_3 = - P_o \cdot f_o, \quad (6)$$

здесь P_0 - давление перед рабочим колесом;
 f_0 - площадь действия P_0 (в нашем случае на радиусе R_{kp}).

Составляющая осевой силы A_3 направлена вверх.

Согласно формуле (4), составляющая осевой силы A_2 при закрытом дисковом затворе равна нулю, так как $Q = 0$. В реальных условиях происходит переток воды через нижнее и верхнее шелевые уплотнения из области высокого давления во всасывающую полость, т.е. имеются объемные потери, которые тем значительнее, чем больше зазоры в шелевых уплотнениях. Следовательно, и при закрытом дисковом затворе составляющая осевой силы A_2 не равна нулю.

Расчетная формула для осевой силы

$$A = A_1 + A_1' - A_2 - A_3 + G \quad (7)$$

Изменение осевой силы, рассчитанной по формуле (7), приведено на рис.2. Значительные расхождения осевых сил, расчетных и экспериментальных, наблюдаются при открытом дисковом затворе, что объясняется действием электромагнитных и динамических сил. Давление в нижней пазухе будет меньше давления в верхней, что вызывает увеличение осевой силы на этом участке. Поэтому целесообразно продолжить натурные исследования на различных типоразмерах насосов и ввести к формулам поправочный коэффициент.

Многие задачи гидромеханики лопастных насосов получают удовлетворительное решение в результате применения теории потенциального потока. Условиями для наличия потенциального потока в области колеса являются: а) наличие идеально обтекаемой формы лопастей при всех возможных режимах работы, что исключает возможность возникновения вихрей внутри области колеса; б) наличие безвихревого потока в бесконечном удалении от колеса. Тогда по теореме Лагранжа поток будет обладать потенциалом скоростей во всей области, т.е. до колеса, в области колеса и после него [3].

Наличие потенциальной функции φ для скоростей абсолютного потока выражается условиями

$$V_x = \frac{\partial \varphi}{\partial x} ; \quad V_y = \frac{\partial \varphi}{\partial y} ; \quad V_z = \frac{\partial \varphi}{\partial z} \quad (8)$$

Для потока несжимаемой жидкости уравнение неразрывности имеет вид

$$\frac{\partial V_x}{\partial x} + \frac{\partial V_y}{\partial y} + \frac{\partial V_z}{\partial z} = 0. \quad (9)$$

Из выражений (8) и (9) получаем, что потенциальная функция должна удовлетворять уравнению

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} = 0. \quad (10)$$

Уравнение (10) представляет собой уравнение Лапласа. Однозначное решение этого уравнения в многосвязной области, какой является область лопастного колеса, требует задания нормальной составляющей скорости на границах области

$$V_n = \frac{\partial \varphi}{\partial n} \quad (11)$$

и значения циркуляции скорости.

Рабочее колесо центробежного насоса представляет собой полость формы тела вращения, ограниченную со стороны вала втулкой и диском колеса, а с внешней стороны - ведомым диском. Внутри полости расположена круговая решетка лопастей. Лопастное колесо вращается с постоянной угловой скоростью ω . Абсолютное движение среды в области колеса - неустановившееся, и потенциальная функция скоростей φ содержит время t как параметр. Рассмотрим граничные условия для потенциальной функции в области колеса по отдельным элементам поверхности f , образующей замкнутую область.

Нормальные составляющие скорости на поверхности втулки колеса $f_{вт}$ и обода $f_{об}$ равны нулю

$$\left. \begin{aligned} V_{n,вт} &= \frac{\partial \varphi}{\partial n_{вт}} = 0; \\ V_{n,об} &= \frac{\partial \varphi}{\partial n_{об}} = 0. \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

На поверхности лопастей вращающегося колеса нормальная составляющая относительной скорости $\omega_{n,l} = 0$.

Выражая относительную скорость ω как разность абсолютной скорости V и переносной U , получаем

$$\omega_{n,l} = V_{n,l} - U_{n,l} = 0, \quad (13)$$

откуда

$$V_{n,l} = \frac{\partial \varphi}{\partial n,l} = U_{n,l} . \quad (14)$$

Очевидно, что $V_{n,l}$ пропорциональна угловой скорости колеса ω .

Циркуляция скорости Γ по контуру втулки до лопастной системы колеса определяется условиями подвода потока к колесу. Циркуляция Γ , если она не равна нулю, создается в результате обтекания потоком неподвижных лопастей, она должна быть пропорциональна подаче Q

$$\Gamma = \kappa Q . \quad (15)$$

Циркуляция скорости по контуру лопастей вращающегося колеса Γ_A определяется из условия обтекания потоком заостренной выходной кромки лопасти. В точке сбег потока с контура лопасти при всех режимах течения относительная скорость должна быть равна нулю.

Решение уравнения Лапласа (10) на основании заданных граничных условий (12), (13) и (15) может быть представлено в виде суммы частных решений [3] .

$$\varphi = Q\varphi_Q + \Gamma_1\varphi_{\Gamma_1} + \Gamma_A\varphi_{\Gamma_A} + \omega\varphi_\omega , \quad (16)$$

что может быть проверено непосредственно подстановкой. Каждая из функций φ_Q , φ_{Γ_1} , φ_{Γ_A} и φ_ω должна удовлетворять уравнению (9). Составляющим потенциальным функциям может быть дана следующая трактовка [3] :

- φ_Q - потенциальная функция бесциркуляционного потока протекания в неподвижном колесе при $Q=1$;
- φ_{Γ_1} - потенциальная функция потока обтекания неподвижного колеса с циркуляцией $\Gamma_1=1$;
- φ_{Γ_A} - потенциальная функция чисто циркуляционного потока относительно лопастей неподвижного колеса при $\Gamma_A=1$;
- φ_ω - потенциальная функция абсолютной скорости покоящегося в бесконечности потока при вращении колеса с угловой скоростью $\omega=1$.

Границы сохранения линейной зависимости Γ_A от производительности и числа оборотов, полученные экспериментально, позволяют

по внешним характеристикам насоса установить возможную область приложения теории безвихревого движения жидкости для исследования явлений в проточной ее части.

Действительное распределение относительных скоростей в канале колеса конечных размеров не может быть осесимметричным вследствие наличия силового взаимодействия лопасти и потока. Скорости со всасывающей стороны лопасти должны быть больше, чем с напорной. Напор лопастного колеса H_{∞} , рассчитанный по схеме бесконечного числа лопастей, не совпадает достаточно точно с опытным значением теоретического напора H_m . Однако различие между H_{∞} и H_m , пока лопасти расположены достаточно часто и можно говорить о наличии каналов между ними, не очень значительно и может быть учтено специальной поправкой на несоответствие расчетной схемы реальному явлению

$$H_{\infty} = (1 + \rho) H_m, \quad (17)$$

где ρ - поправочный коэффициент на конечное число лопастей.

Работа насоса на восходящей ветви характеристики от нулевой подачи до точки с максимальным напором может быть неустойчива. Следствием этой неустойчивости является возникновение неустановившегося режима работы насоса - помпажа с периодическими толчкообразными изменениями подачи и напора, часто сопровождающимися гидравлическими ударами в сети. Помпажный режим работы насоса недопустим по соображениям надежности всей системы.

Список используемой литературы

1. П е р е в е р з е в С.К., Г л о в а ц к и й О.Я., О ч и л о в Р.А. Из опыта эксплуатации каскада Каршинских насосных станций // Труды ТИИМСХ. Вып.123. Ташкент, 1981. С.86-91.
2. М е м е т о в Р.И., К у з н е ц о в В.Л. Натурные исследования осевой силы, передаваемой на подпятник крупных центробежных насосов // Труды ТИИМСХ. Вып.123. Ташкент, 1981. С.69-77.
3. Л о м а к и н А.А. Центробежные и осевые насосы. М.: Машиностроение, 1966. 363 с.

УДК 626.814

А.Х.Садыков, Б.И.Белесков, Ш.А.Гаппаров

НАПОЛНЕНИЕ И СРАБОТКА ВОДОХРАНИЛИЩ В МАЛО- ВОДНЫХ УСЛОВИЯХ

В маловодные годы, когда подачу воды потребителям из водохранилища необходимо ограничивать из-за недостаточного стока по реке, рациональное использование воды с минимальными экономическими потерями возможно только при условии наполнения и сработки водохранилища в соответствии с графиком, составленным в начале года с учетом гидрологических, метеорологических условий, в которых расположено данное водохранилище, объема наполнения водохранилища в начале года и реагирования всех потребителей воды на уменьшение ее подачи по сравнению с нормой.

График наполнения и сработки следует строить по разности между приходной и расходной составляющими полного баланса по всем декадам года. При этом необходимо использовать прогноз объема стока в водохранилище за год, таблицу внутригодового распределения стока по декадам, данные о выпадении осадков и испарении с поверхности водохранилища.

Краткосрочные прогнозы, составляемые в течение года, используют для корректировки графика наполнения и сработки при его использовании в течение этого года.

Для получения таблицы внутригодового распределения стока в водохранилище по наблюдениям за стоком в течение 15-30 лет определяют среднемноголетние объемы стока за все декады года

$\bar{W}_d$ и выражают их в долях от среднегодового объема стока $\bar{W}_r$. Для примера в табл. I показаны результаты вычисления стока р. Каткадарьи в Чимкурганское водохранилище.

Т а б л и ц а I

М е с я ц	I	I	I	II		
Д е к а д а	1	2	3	1	2	3
$\bar{W}_d$ млн.м ³	115,2	114,8	116,2	113,1	121,5	124,8
$\bar{W}_d/\bar{W}_c$	0,023	0,022	0,025	0,027	0,033	0,038
$\bar{W}_c$ в 1989г. млн.м ³	17,24	16,93	17,88	18,50	10,4	12,0

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Декада	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
$\bar{W}_g$, млн м ³	31,8	37,4	50,8	27,3	47,5	51,8	47,2					
$\bar{W}_g / \bar{W}_r$	0,048	0,057	0,077	0,041	0,072	0,078	0,071					
$\bar{W}_g$ в 1989 г., млн м ³	15,1	18,0	24,3	12,9	22,7	24,6	22,4					

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Декада	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
$\bar{W}_g$	35,2	33,1	21,3	12,3	9,78	6,61	5,27	3,19				
$\bar{W}_g / \bar{W}_r$	0,053	0,050	0,032	0,019	0,015	0,010	0,008	0,005				
$\bar{W}_g$ -1989	16,7	15,8	10,1	6,00	4,72	3,15	2,52	1,58				

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Декада	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
$\bar{W}_g$	2,44	3,03	2,52	2,37	2,89	4,70	5,99	8,97				
$\bar{W}_g / \bar{W}_r$	0,004	0,005	0,004	0,004	0,004	0,007	0,009	0,014				
$\bar{W}_g$ -1989	1,26	1,58	1,26	1,26	1,26	2,20	2,84	4,41				

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Декада	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
$\bar{W}_g$, млн м ³	11,0	11,2	12,6	13,1	14,9	14,8	19,1					
$\bar{W}_g / \bar{W}_r$	0,017	0,017	0,019	0,020	0,023	0,022	0,029					
$\bar{W}_g$ -1989 г.	5,36	-	-	-	-	-	-					

В последней строке таблицы I сделан расчет для маловодного 1989 г.

Полученные отношения $\bar{W}_g / \bar{W}_r$ можно использовать для расчетов в любом году. Их нужно лишь умножить на прогнозируемый годовой объем стока в расчетном году.

В маловодный год гарантированные подачи воды следует уменьшить с таким расчетом, чтобы с минимальными экономическими потерями обеспечить водой всех потребителей в течение всего года.

Для Чимкуртанского водохранилища в 1989 г. гарантированные подачи были уменьшены на 7%.

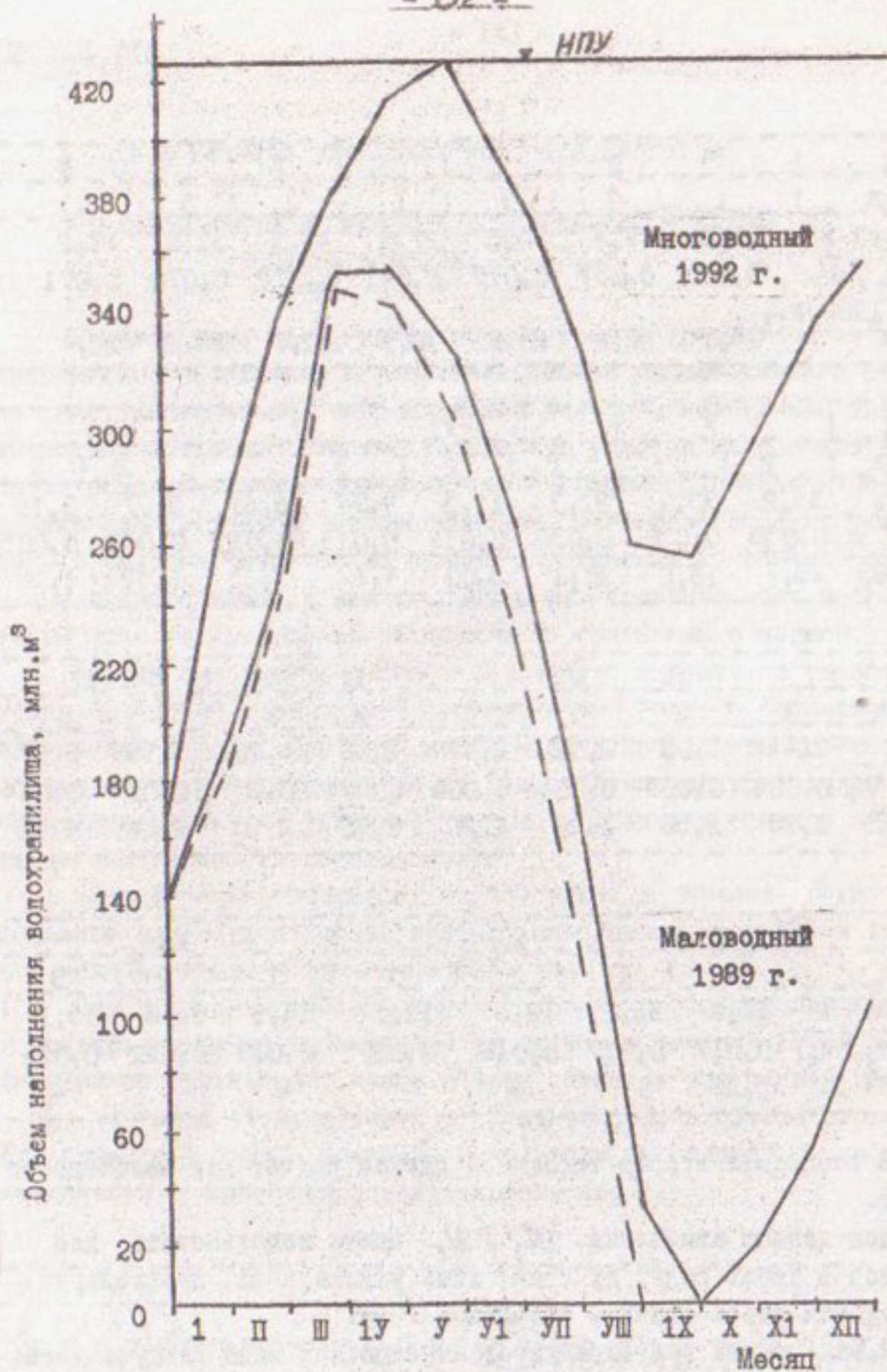


График наполнения и сработки Чимкурганского водохранилища

Результаты расчета ординат графика выполнения и сработки приведены в табл.2.

Т а б л и ц а 2

Месяц	I	II	III	IV	V	VI
Приход, млн.м ³	146,2	164,4	120,0	125,6	115,5	143,4
Расход, млн.м ³	11,7	11,5	16,5	125,3	142,9	103,9
Разность	144,5	162,9	103,5	1,3	-27,4	-60,5
Ордината	185,7	1248,6	1352,1	1353,4	1326,0	1265,5

Месяц	УП	УШ	IX	X	XI	ХП
Приход, млн.м ³	15,1	8,0	10,0	26,0	36,9	43,8
Расход, млн.м ³	111,8	142,0	44,8	4,86	1,58	1,79
Разность	-96,7	-134	-34,8	21,1	35,3	47,0
Ордината	1168,8	134,8	0	21,1	56,4	103,4

На рисунке сплошной линией показаны наполнения и сработки водохранилища в 1989 г., а пунктирной - изменение объема водохранилища, если бы не осуществлялась экономия воды в первую половину года. В этом случае к концу августа в водохранилище не осталось бы воды для подачи потребителям и экономические потери были бы большими.

Список использованной литературы

1. Гидротехнические сооружения. Справочник проектировщика. М.: Стройиздат, 1983. 543 с.
2. Крицкий С.Н., Менкель М.Ф. Гидрологические основы управления речным стоком. М.: Наука, 1981. 256 с.
3. Гаппаров Ф.А. Потери воды на испарение из ирригационных водохранилищ Узбекистана // Сб. научных трудов "Мелиорация и водное хозяйство". Ташкент, 1995. 212 с.
4. Салыков А.Х., Гаппаров Ф. Уточнение потерь воды на испарение из водохранилища // Сб. докладов, посвященных 60-летию ТИИМСХ. Ташкент, 1994.

УДК 627

Ш.Махмудов, Л.А.Коренева, Аль-Динешат Аднан,
Гаел Джалал Бен Салок

КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ОСНОВАНИЙ ГИДРОСООРУЖЕНИЙ

В результате природных воздействий горные породы теряют связность и монолитность, превращаясь в рыхлые, сыпучие, сильно трещиноватые и кавернозные массивы. Возведение сооружений на таких массивах или устройство в них горных выработок (котлованов, туннелей, шахт и др.) недопустимо без предварительного их упрочнения и уплотнения.

Строительные свойства горных пород (придаем им связности, прочности и водонепроницаемости) улучшают путем инъекции в них через систему скважин необходимой глубины различных вяжущих материалов (цемента, битума, силиката натрия, синтетических смол, глины и пр.), обработки их электрическим током и высокими температурами, а также в качестве временной меры - путем замораживания.

Для упрочнения и уплотнения грунтов применяются глубинные и поверхностные (площадные) способы.

При глубинных способах грунты закрепляют без нарушения их естественного залегания: 1) цементация трещиноватых и макропористых грунтов; 2) силикатизация двух- и однорастворная; 3) электромеханическое закрепление; 4) смолизация; 5) битумизация - горячая и холодная; 6) термическое закрепление; 7) замораживание водонасыщенных грунтов; 8) глинизация.

Поверхностному закреплению подвергаются главным образом породы, не имеющие жестких связей. Такой вид закрепления грунтов применяют в основном в дорожном и аэропортовом строительстве. При этом нарушаются структура и естественное их залегание. Грунты измельчают и перемешивают с вводимыми для закрепления материалами, при необходимости перемешивают смеси на небольшое расстояние. В гидротехническом строительстве поверхностное (площадное) упрочнение основания проводят без нарушения его структуры путем инъекции в грунт цементирующего материала через скважины неболь-

шой глубины (5-10 м).

Существующие способы искусственного уплотнения и закрепления грунтов могут быть разделены на две группы:

1) повышающие прочность и водонепроницаемость - закрепление цементными и цементно-глинистыми растворами, неорганическими растворами и синтетическими смолами, электрохимическое и термическое закрепление и, наконец, как временная мера - замораживание;

2) повышающие только водонепроницаемость - горячая и холодная битумизация и глинизация.

Методы глубинного закрепления различных пород составами на основе высокомолекулярных органических соединений (полимеров) широко применяются в фундаментах, гидротехническом строительстве и горном деле. Закрепляющие растворы на основе полимеров обладают малой вязкостью (хорошей проникающей способностью) и высокой коррозионной устойчивостью в агрессивных средах. Они способны вытеснять молекулы воды с поверхности минеральных частиц и практически не уменьшают объема закрепляемого материала в процессе отверждения (полимеризации) синтетических связующих смол.

Эффект упрочнения пород полимерами в значительной степени определяется правильностью выбора полимерного материала для конкретных условий его применения. Используемые для упрочнения грунтов полимеры должны иметь следующие свойства:

1) высокую степень внутреннего молекулярного сцепления

$U_{\text{ког}}$ (высокую когезию). Обычно для закрепления грунтов пригодны полимеры с $U_{\text{ког}} = 4,2-8,4$ кДж/моль;

2) достаточное сцепление (адгезию) с грунтом в присутствии воды;

3) активное взаимодействие непосредственно с минеральными частицами, обеспечивающее сохранение и рост силы связей в системе грунт - вода - полимер;

4) способность растворяться и диспергировать в воде при введении их в грунт;

5) способность к отверждению в диапазоне температур $0-50^{\circ}\text{C}$ и при повышенной влажности;

6) стойкость после отверждения;

7) характеризоваться низкой стоимостью.

С учетом этих требований для закрепления грунтов из поли-

конденсационных смол наиболее пригодны мочевино-формальдегидные (карбамидные), фенолоспирты и фурфуроланилиновые.

Однако эти полимерные материалы имеют много недостатков - усадка при твердении, величина которой иногда превышает такую цементных растворов. Кроме того, некоторые из них отверждаются кислотами и непрореагировавшая со смолой их часть может прореагировать с породой и создать рыхлые частицы.

Следует отметить высокую стоимость и труднодоступность существующих смол.

В САНИИРИ создан новый композиционный материал для закрепления оснований гидросооружений, бетонных гидротехнических сооружений.

В состав материала входят две составляющие: Структурант-95, разработанный в Институте химии АН РУз, и акриловая эмульсия, выпускаемая ПО "Навоиазот".

Структурант-95 получают способом нейтрализации аммиаком гидролизного лигнина с образованием аммонийных солей органических кислот лигнина. Является высокомолекулярной водной жидкостью, хорошо растворим в воде, адсорбционно активен на поверхности скальных пород, обладает всеми свойствами полиэлектролитов, т.е. полимеров, способных диссоциировать в растворах на ионы.

Исследования в САНИИРИ показали, что Структурант-95 обладает прочностью при отверждении, вместе с этим недостаточной водостойкостью, коэффициент водостойкости 0,5-0,6. В связи с этим возникла необходимость разработки технологии, обеспечивающей образование дополнительной водостойкой структуры.

В результате анализа существующих полимерных дисперсий - эмульсий, латексов - предпочтение отдано местной продукции, а также водным дисперсиям.

В Узбекистане освоено производство следующих видов водных полимерных дисперсий: растворимые в воде простые эфиры целлюлозы (метилцеллюлоза МЦ, оксиметилцеллюлоза ОЭЦ, карбоксиметилцеллюлоза КМЦ); акриловые эмульсии; карбамидоформальдегидные смолы.

Использование карбамидоформальдегидных смол затруднено технологически, так как они термореактивны и для перевода их в твердое водонерастворимое состояние требуется введение отвердителей кислотного характера: органических кислот или кислых солей типа хлорида аммония.

Эфиры целлюлозы применяют главным образом для склеивания бумаги, наклеивания обоев. Прочность пленок на основе эфиров целлюлозы достаточно высокая - до 100 Мпа, водостойкость - низкая.

Пленки на основе акриловых дисперсий отличаются хорошей атмосферо- и повышенной водостойкостью, а также физико-механическими свойствами. Акриловые эмульсии широко применяются для изготовления различных видов искусственных кож.

На основании указанного выше выбор сделан в пользу акриловых эмульсий. Как и другие водные дисперсии, они содержат большое число различных по природе и назначению компонентов: дисперсионную среду, дисперсную фазу, эмульгатор, антиоксидант, смачиватель, что обуславливает сложность процесса пленкообразования и формирования микрогетерогенной структуры.

Наличие в дисперсиях частиц коллоидного размера, защищенных поверхностно-активными веществами, определяет особенности процесса пленкообразования из этих систем. Для упрощения качественной картины пленкообразования во всех теориях, объясняющих этот процесс, частицы дисперсий рассматриваются как основной структурный элемент и представляются как клубок беспорядочно перепутанных макромолекул. В связи с этим пленкообразование из дисперсий полимеров в общем виде трактуется как взаимодействие латексных частиц, сопровождающееся их деформированием и коалекцией под влиянием сил различной природы: поверхностного натяжения; капиллярных сил; диффузионно-осмотических явлений; аутогезии, связанной с взаимным проникновением полимерных цепей, расположенных на поверхности латексных частиц. Каждая из этих сил в той или иной теории рассматривается как главный фактор, ответственный за коалекцию латексных частиц.

Нами изучена кинетика сушки пленок системы акриловая кислота плюс Структурант-95. В экспериментах измеряли величины внутренних напряжений в пленках в процессе их формирования.

Для этих целей из 5%-ного водного раствора акриловой эмульсии и 5%-ного раствора акриловой эмульсии в Структуранте на полиэтиленовой подложке были отлиты пленки толщиной 1 мм. Результаты исследований по влагосодержанию в пленках и величине внутренних напряжений приведены на рис. 1, 2. Как следует из полученных данных, использование акриловой эмульсии совместно со

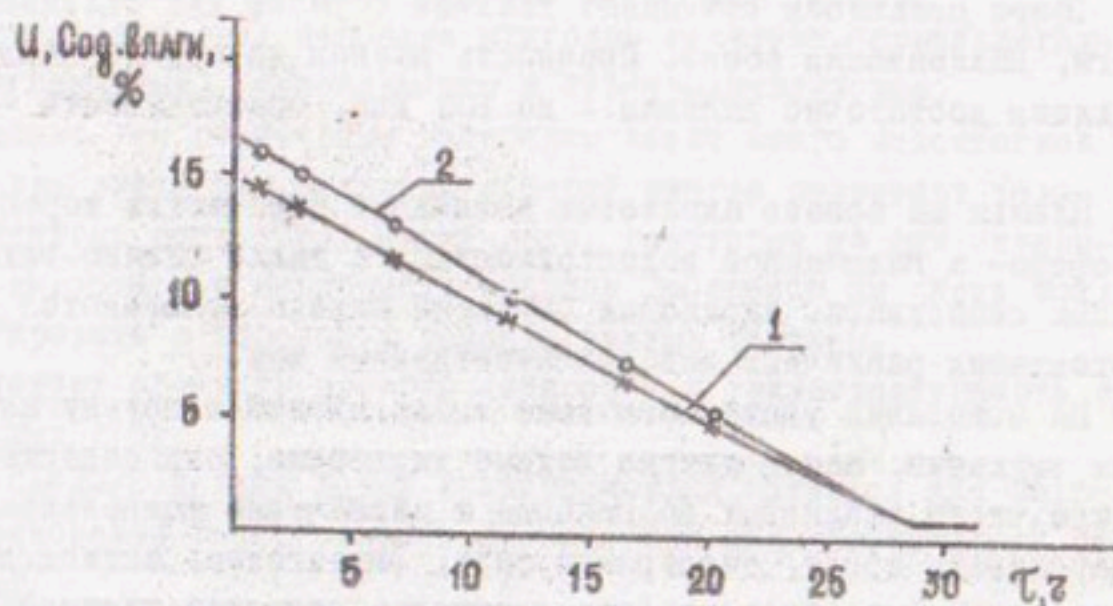


Рис.1. Кинетика сушки при температуре 60°C пленок, сформированных из 10%-ной акриловой эмульсии (1) и 15%-ной смеси акриловой эмульсии и Структуранта-95 (2).

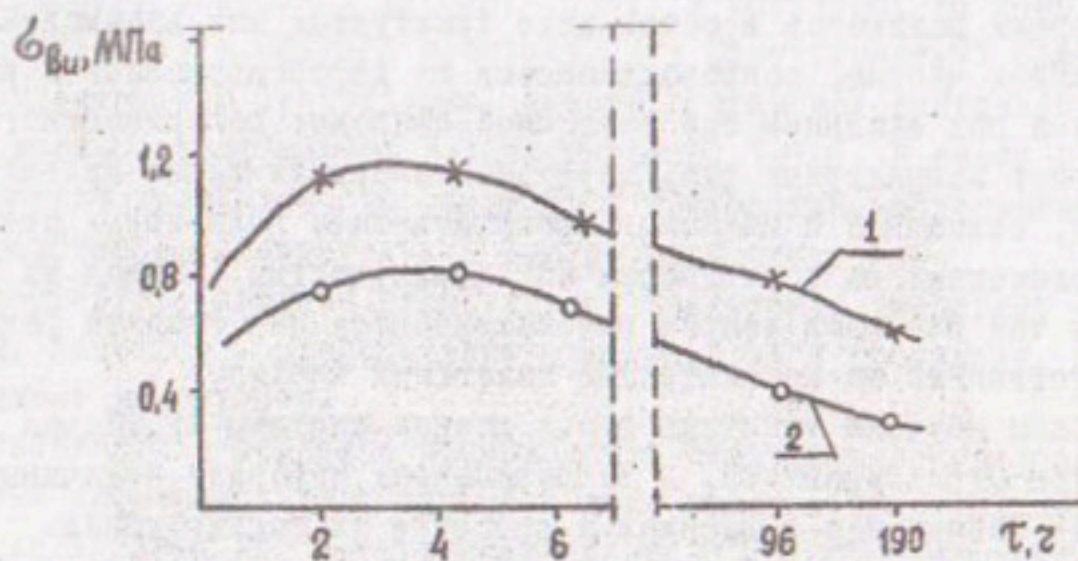


Рис.2. Кинетика изменения внутренних напряжений при формировании пленок из 10%-ной акриловой эмульсии (1) и 15%-ной смеси акриловой эмульсии и Структуранта-95 (2).

структурантом не влияет отрицательно на процесс пленкообразования.

Список использованной литературы

1. Т е т е л ь м и н В.В. Специальные вопросы инъекционного закрепления оснований плотин. М.: Энергоиздат, 1982.
2. Э т к и н Г.С., Г о л ь п е р и н И.Г., Д о л о т к и з и н В.И. Новые составы тампонажных гидротехнических растворов для инъекции несвязанных грунтов // Гидротехническое строительство. 1982. № 2.
3. Ч у р а к о в А.И. Производство специальных работ в гидротехническом строительстве. М.: Стройиздат, 1976.

СОДЕРЖАНИЕ

Р.К.Икрамов, Т.У.Длдашев. К вопросу расчета изменчивости режима орошения озимой пшеницы в годы различной засушливости	3
О.М.Белоусов, Т.У.Длдашев. Методика выбора агрометеорологических параметров для расчета мелиоративных мероприятий	9
Т.У.Бекмуратов. Особенности распределения лимита воды с учетом мелиоративного состояния орошаемых земель..	16
А.Р.Рамазанов, С.Р.Асатов, И.Б.Рузиев. О мелиоративно-экологическом состоянии орошаемых почв Бухарской области	23
Р.Р.Саидов. Разработка структуры баз данных компьютерных информационных систем для управления мелиоративным состоянием орошаемых земель (на иерархических уровнях "хозяйство", "район", "область"). . .	28
М.Г.Хорст, К.У.Алибаев. К вопросу продуктивности орошения новых сортов хлопчатника в условиях Сырдарьинской области	39
Т.У.Атакулов. Влияние различных режимов орошения и доз внесения удобрений на урожайность сорта озимой пшеницы Маржон	44
Пандит Башир Ахмед. Водосберегающая техника орошения хлопчатника и других культур для юга Узбекистана и северных штатов Индии	47
Ж.М.Рахманов, И.К.Дурнов, Л.К.Госсу, В.И.Мирошников. Влияние орошения и дренажа на мелиоративное состояние орошаемых земель в северо-западной части Чуйской долины (на примере III севооборота совхоза "Келечек" Панфиловского района)	50
Ш.М.Рахимов, Халед Сулейман Аль-Рабаба. Особенности эксплуатации мелиоративных насосных станций с параллельно работающими центробежными агрегатами...	60
И.Ф.Беглов. Балансовые исследования устройства регулирования подачи осевого насоса	65
Ш.Х.Рахимов, И.Бегимов, А.И.Аль-Удейнат, Ф.Аль-Али. Структурные схемы и передаточные функции синхронных электродвигателей насосных станций	74

А.И.Аль-Удейнат. Моделирование электромеханических переходных процессов при асинхронном пуске синхронных двигателей крупных насосных станций	87
Халед Сулейман Аль-Рабаба. Гидроабразивный износ центробежных насосов с открытыми рабочими колесами	91
Ф.Шоазизов. Гидравлические исследования узла деления открытых потоков	103
Ш.Х.Рахимов, О.Я.Гловацкий, Б.Р.Уралов. Исследование и разработка водоприемников малых ГЭС и насосных станций	105
Х.А.Исмагилов, С.Т.Киеу. Транспортирующая способность потока р.Амударья ниже Тьямуьнского водохранилища	111
Б.И.Белесков, А.Х.Садыков. Уточнение величины максимального расхода паводка	119
Ш.Х.Рахимов, Р.А.Очилов, Халед Сулейман Аль-Рабаба. Натурные исследования осевой силы крупных центробежных насосов	121
А.Х.Садыков, Б.И.Белесков, Ф.А.Гаппаров. Наполнение и сработка водохранилищ в маловодных условиях	130
Ш.Махмудов, Л.А.Коренева, Аль-Динэфат Аднан, Гаед Джалал Бен Мадок. Композиционный материал для закрепления оснований гидросооружений	134

УДК 631.675:633.11

Икрамов Р.К., Юлдашев Т.У. К вопросу расчета изменчивости режима орошения озимой пшеницы в годы различной засушливости // Мелиорация и водное хозяйство Сб. научных трудов. Ташкент: САНИИРИ, 1997. Табл.2. Библ.6.

Собраны фактические агроклиматические и почвенно-мелиоративные данные по V гидромульному району Сырдарьинской области в годы с характерными метеоусловиями. Апробированы варианты расчета режима орошения озимой пшеницы для 5, 50, 95 %-ной обеспеченности по "засушливости" года. Установлена зависимость влияния погодных условий на режим орошения зерноколосовых.

УДК 631.675

Белоусов О.М., Юлдашев Т.У. Методика выбора агрометеорологических параметров для расчета мелиоративных мероприятий // Мелиорация и водное хозяйство. Сб. научных трудов. Ташкент: САНИИРИ, 1997. Табл.1. Библ.9.

Установлено, что в многолетнем разрезе сумма годовых осадков межвегетационного периода по каждой равнинной метеостанции РУз имеет логонормальное распределение. На этом основании для каждой области определены сумма осадков межвегетационного периода, суммарное испарение и выбраны годы-аналоги для лет 95, 90, 70, 30, 10 и 5 %-ной обеспеченности по количеству осадков, выпадаемых в этот период.

УДК 631.675

Бекмуратов Т.У. Особенности распределения лимита воды с учетом мелиоративного состояния орошаемых земель // Мелиорация и водное хозяйство. Сб. научных трудов. Ташкент: САНИИРИ, 1997. Библ.4.

Предлагается расчетные зависимости распределения выделенного лимитированного объема воды между потребителями с учетом мелиоративного состояния орошаемых земель на межвегетационный период. Зависимости распределения лимита воды с учетом мелиора-

тивного состояния орошаемых земель могут быть использованы в расчетах в разрезе хозяйств, административных районов и систем каналов.

Приводятся расчетные формулы для определения доли объемов воды для промывных и влагозарядковых поливов сельскохозяйственных культур.

По данным зависимостям выполнен расчет распределения лимитированного объема воды между водопотребителями на примере совхоза I-А им.Г.Гуляма Сырдарьинской области на 1996-1997 гг.

УДК 631.4:502.651

Рамазанов А.Р., Асатов С.Р., Рузиев И.Б. О мелиоративно-экологическом состоянии орошаемых почв Бухарской области // Мелиорация и водное хозяйство. Сб. научных трудов. Ташкент: САНИИРИ, 1997. Табл.3.

Приведены результаты анализов минерализации грунтовых, коллекторно-дренажных и оросительных вод, а также рассматриваются вопросы загрязнения почвогрунтов ядохимикатами. На основе полученных данных установлена тенденция роста засоления и изменения эколого-мелиоративных условий орошаемых земель области.

УДК 631.5:631.6.

Саидов Р.Р. Разработка структуры баз данных компьютерных информационных систем для управления мелиоративным состоянием орошаемых земель (МСОЗ) (на иерархических уровнях "хозяйство", "район", "область") // Мелиорация и водное хозяйство. Сб. научных трудов. Ташкент: САНИИРИ, 1997. Табл.6. Библ.3.

Разработана структура базы данных для проектирования БД компьютерной информационной системы управления мелиоративным состоянием орошаемых земель. Приведены расчеты объемов, предполагаемых к хранению нормативно-справочной и входной информации на различных иерархических уровнях, которые используются при выборе СУБД и наиболее подходящих типов компьютеров.

УДК 631.675.4:633.51:575.18

М.Г.Хорст, К.У.Алибаев. Изучение режима орошения новых сортов хлопчатника в почвенно-климатических условиях Сырдарьинской области // Мелиорация и водное хозяйство. Сб. научных трудов. Ташкент: САНИИРИ, 1997. Табл.1. Ил.1.

Приводятся результаты изучения режима орошения новых сортов хлопчатника в почвенно-климатических условиях Сырдарьинской области. На примере хозяйства им.Г.Гуляма показана возможность возделывания новых сортов при засоленных почвах. При учете общего водопотребления в условиях хозяйства необходимо учитывать влияние грунтовых вод. Все новые сорта имеют высокую продуктивность по сравнению с традиционным сортом Ан-Баяут.

УДК 631.559.001.573:633.11

Атакулов Т.У. Влияние различных режимов орошения и доз внесения удобрений на урожайность сорта озимой пшеницы Магкон // Мелиорация и водное хозяйство. Сб. научных трудов. Ташкент: САНИИРИ, 1997. Табл.1. Библ.3.

На основе полевых исследований установлена связь режима орошения и доз внесения минеральных и органических удобрений на урожайность озимой пшеницы. Для сравнения динамики влажности на богарных и орошаемых землях проводился один вариант опыта без полива. В период вегетации пшеницы велись фенологические наблюдения за фазами развития растений, определялись число растений и темпы накопления сухой биомассы, изучалась динамика подвижных форм питательных элементов.

УДК 631.67:633.51

Пандит Башир Ахмед. Водосберегающая техника орошения хлопчатника и других культур для юга Узбекистана и северных штатов Индии // Мелиорация и водное хозяйство. Сб. научных трудов. Ташкент: САНИИРИ, 1997. Табл.3.

Приводятся результаты исследований водосберегающих технологий орошения: внутрипочвенного, капельного, капельноструйного, испытанных в полевых условиях на различных культурах и в лабораторно-полевых условиях, определены гидравлические характеристики их работы.

УДК 626.83

Рахимов Ш.Х., Халел Сулейман Аль-Рабаба. Особенности эксплуатации мелиоративных насосных станций с параллельно работающими центробежными агрегатами // Мелиорация и водное хозяйство. Сб. научных трудов. Ташкент: САНИИРИ, 1997. Библ.4.

Изложены принципы распределения нагрузки между работающими параллельно насосными агрегатами. Оптимальное распределение нагрузок между насосными агрегатами, частота вращения которых может регулироваться из условия экономичной работы насосной установки, даст равенство КПД или удельных затрат электроэнергии этих агрегатов. Определены значения подач насосных агрегатов, суммарные подачи группы работающих агрегатов и манометрический напор каждого агрегата для любого возможного сочетания работающих агрегатов и геометрической высоты подъема.

УДК 631.537:631.62

Рахманов Ж.М., Дуюнов И.К., Госсю Л.К., Мирошников В.И. Влияние орошения и дренажа на мелиоративное состояние орошаемых земель в северо-западной части Чуйской долины (на примере III севооборота совхоза "Келечек" Панфиловского района) // Мелиорация и водное хозяйство. Сб. научных трудов. Ташкент: САНИИРИ, 1997. Табл.3. Ил.1.

Рассмотрен режим засоленности почвогрунтов под влиянием орошения и дренажа.

Показано, что применение прогрессивной техники полива - орошение поштвенным, на фоне систематического горизонтального дренажа обеспечивает благоприятный мелиоративный режим.

УДК 626.833+532

Берлов И.Ф. Балансовые исследования устройства регулирования подачи осевого насоса // Мелиорация и водное хозяйство. Сб. научных трудов. Ташкент: САНИИРИ, 1997. Рис.5. Библ.5.

Приведены результаты экспериментальных исследований баланса мощности устройства регулирования подачи, создающего момент скорости потока перед рабочим колесом. На основе анализа потерь в элементах определены направления совершенствования устройства.

УДК 626.83:621.5

Рахимов Ш.Х., Бегимов И., Аль-Упейнат А.И., Аль-Али Ф. Структурные схемы и передаточные функции синхронных электродвигателей насосных станций // Мелиорация и водное хозяйство. Сб. научных трудов. Ташкент: САНИИРИ, 1997. Ил.3. Библ.3.

Приведены результаты разработки структурных схем и передаточных функций синхронных электродвигателей насосных станций, основанных на представлении сложных взаимосвязанных динамических процессов в виде отдельных блоков и зависимостей, которые позволяют исследовать различные режимы и определить наилучшие параметры электродвигателей.

УДК 621.313.13:627.534

Ал-Удейнат А.И. Моделирование электромеханических переходных процессов при асинхронном пуске синхронных двигателей крупных насосных станций с учетом параметров питающей электрической сети // Мелиорация и водное хозяйство. Сб. научных трудов. Ташкент: САНИИРИ, 1997. Ил.1. Библ.2.

Приводятся результаты моделирования электромеханических переходных процессов при асинхронном пуске синхронного электродвигателя типа РДС 375-24 на примере насосного агрегата ОПВ II-260 насосной станции № I Картинского магистрального канала при различных значениях параметров питающей электрической сети.

УДК 621.665

Халел Сулейман Аль-Рабаба. Гидроабразивный износ центробежных насосов с открытыми рабочими колесами // Мелиорация и водное хозяйство. Сб. научных трудов. Ташкент: САНИИРИ, 1997. Ил.2. Библ.3.

Непрерывное изменение и пульсация скоростей и давлений при протекании воды через элементы проточной части, неравномерное распределение скоростей по сечениям, неоднородность состава взвешенных частиц, переменные режимы работы осложняют действительную картину гидроабразивного износа. Автором на примере балансовых испытаний в САНИИРИ открытых рабочих колес дается количественная оценка в распределении долей передаваемой энергии потоку от вихревой и струной составляющих.

УДК 631.674

Шамизов Ф. Гидравлические исследования узла деления открытых потоков // Мелиорация и водное хозяйство. Сб. научных трудов. Ташкент: САНИИРИ, 1997. Библ.4.

Дана методика расчета узлов деления открытых потоков, которая позволяет определять основные гидравлические параметры узлов деления. На основе использования закона изменений количества движения для различных режимов течения получены расчетные зависимости по определению глубины потока, предлагаются к использованию зависимости по определению ширины полосы донного и поверхностного водоотборов и ширины водоворотной зоны. Сравнение этих зависимостей с опытными данными автора показало их хорошую сходимость и возможность использования для практических расчетов.

УДК 626.83

Рахимов Ш.Х., Гловацкий О.Я., Уралов Б.Р. Исследование и разработка водоприемников малых ГЭС и насосных станций // Мелиорация и водное хозяйство. Сб. научных трудов. Ташкент: САНИИРИ, 1997. Табл.1. Ил.2. Библ.2.

Обоснованы и исследованы новые конструкции водоприемников, которые рекомендуется использовать при проектировании и реконструкции мелиоративных систем с МГЭС и НС. Эксперименты проводились для МГЭС на Талимарджанском водохранилище. Приведены графические зависимости коэффициентов сопротивления от числа Рейнольдса для исследованных вариантов водоприемников.

УДК 556.535.6 (282.255.1)

Исмагилов Х.А., Киеу С.Т. Транспортирующая способность потока р.Амударьи ниже Тюямуянского водохранилища // Мелиорация и водное хозяйство. Сб.научных трудов. Ташкент: САНИИРИ, 1997. Табл.2. Ил.2. Библ.5.

Проанализированы изменения среднемесячных мутностей воды р.Амударьи в створе Тюямуя по и после строительства водохранилища, мутности по длине на участке Тюямуя-Кипчак протяженностью 185 км.

Получена расчетная зависимость для транспортирующей способности потока р.Амударьи ниже Тюямуянского водохранилища в условиях зарегулированного стока.

УДК 626.84

Белесков Б.И., Садыхов А.Х. Уточнение величины максимального расхода паводка // Мелиорация и водное хозяйство. Сб.научных трудов. Ташкент: САНИИРИ, 1997. Табл.2. Библ.4.

Приведены новые зависимости, позволяющие более точно определить максимальный расход паводков на основе распределения Гумбеля I-го типа и данные о максимальных расходах паводка за пределами срока систематических наблюдений.

УДК 631.001

Рахимов Ш.Х., Очилов Р.А., Халед Сулейман Аль-Расаба.
Натурные исследования осевой силы крупных центробежных насосов
// Мелиорация и водное хозяйство, Сб. научных трудов. Ташкент:
САНИИРИ, 1997. Ил.3. Библ.3.

Приведены исследования по определению осевой силы, передаваемой на подпятник насосного агрегата 2000 В 25/40. Показана зависимость осевой силы от угла открытия дискового затвора. Значительные расхождения осевых сил, расчетных и экспериментальных, наблюдаются при открытом дисковом затворе, что объясняется действием электромагнитных и динамических сил. Установлено, что большие подачи воды каждым насосом создают значительные усилия на лопостях рабочих колес и выправляющих аппаратах.

УДК 626.814

Садиков А.Х., Белесков Б.И., Гаппаров Ф.А. Наполнение и сработка водохранилищ в маловодных условиях // Мелиорация и водное хозяйство. Сб. научных трудов. Ташкент: САНИИРИ, 1997. Табл.2. Ил.1. Библ.4.

Предложен метод составления графиков наполнения и сработки водохранилищ в маловодные годы с таким расчетом, чтобы даже при стоке реки в водохранилище ниже расчетной обеспеченности экономические потери были бы минимальными за счет распределения ограниченных подач в течение всего года.

УДК 627

Махмудов Ш., Коренева Л.А., Аль-Динифат Аднан, Гаед Джалал Бен Садок. Композиционный материал для закрепления оснований гидросооружений // Мелиорация и водное хозяйство. Сб. научных трудов. Ташкент: САНИИРИ, 1997. Ил.2. Библ.3.

Рассматривается применение безусадочных полимерных смол вместо цементных растворов. Приводятся результаты получения вяжущего материала на основе гидролизного лигнина - отходов производства, и акриловой эмульсии. Лабораторными исследованиями установлена совместимость гидролизного лигнина с акриловой эмульсией. Разработан состав вяжущего с водостойкостью 0,95-0,97.

Технический редактор
Дятлова И.Н.

Подписано в печать 3.02.98 г. Формат 60x84 1/16 Тираж 100 экз
Усл. п.л. 8 Заказ № 10

Отпечатано в ИЦ НПО САНИИРИ
Ташкент, 700167, Карасу-4, II