

ISSN 0131—1905

**МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО
ХОЗЯЙСТВА СССР**

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

**ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ
СИСТЕМ И РЕМОНТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ
РАБОТЫ**

Сборник научных трудов

Ташкент—1984

МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО
ХОЗЯЙСТВА СССР

Среднеазиатский ордена Трудового Красного Знамени
научно-исследовательский институт ирригации
им. В. Д. Журина (САНИИРИ)

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ И РЕМОНТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ РАБОТЫ

Сборник научных трудов

Ташкент—1984

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ И РЕМОНТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ РАБОТЫ

Сборник научных трудов, Ташкент,
САНИИРИ им.В.Д.Журина, 1984, с.195

В сборнике на основе научных и производственных исследований даются предложения по улучшению эксплуатации ГМС.

Илл.37, табл.33, список лит.- 71

Редакционная коллегия: В.А.Духовный (отв.редактор),
А.А.Кадыров (отв.за выпуск), Т.И.Дерлятка, А.М.Мухамедов,
У.У.Умаров, Х.И.Якубов (зам.редактора), А.Г.Пулатов,
У.Ю.Пулатов, Т.М.Шапошникова.

С Среднеазиатский научно-исследовательский институт
ирригации им.В.Д.Журина (САНИИРИ)
1984.

В.А.Духовный, канд.техн.наук
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ (тенденции, задачи, пути совершенствования)

Широкое развитие мелиорации и водного хозяйства в свете решений майского (1966 г.) Пленума ЦК КПСС выявило ряд особенностей эксплуатации мелиоративных систем. В первую очередь, это связано со значительным ростом мелиоративных фондов. В 1966 г. стоимость основных фондов оросительных систем и гидротехнических сооружений составляла в целом по стране 6,6 млрд.руб., в 1975 г. она превысила 18,3 млрд.руб., а в 1980 г. была равна 39,8 млрд.руб. При средней стоимости фондов на 1 га в 1966 г. 430 руб., к 1980 г. их стоимость возросла до 1220 руб/га. На ряде совершенных оросительных систем удельные фонды достигли 2,5-3,2 тыс.руб. на 1 га.

По мере увеличения орошаемых площадей совершенствуется организационная структура службы эксплуатации. Если в 1975 г. специализация органов эксплуатации существовала только в наиболее передовых эксплуатационных ведомствах, таких, как Минводхоз УзССР, Ростовский Крайводхоз и др., то ныне почти во всех Минводхозах союзных республиках четко определилось построение служб и систем управления по функциональным признакам, включая формирование и охрану водных ресурсов, водораспределение, мелиоративную службу, управление насосными станциями, управление водохранилищами и централизованную ремонтно-эксплуатационную службу. Степень и уровень ее функциональной специализации различны и по сфере охвата, и по объему специализированных функций, и зависят, в основном, от технического уровня организации и степени специализации.

Необходимо отметить, что рост эксплуатационных фондов в аридной зоне в большей степени, чем по всей стране, происходит в основном за счет межхозяйственных фондов. Уровень и состояние внутрихозяйственной эксплуатации резко отстает от межхозяйственной. Если удельные затраты на содержание систем на межхозяйственном уровне за 10 лет повсеместно выросли в среднем в 1,7 + 2,2 раза, то по внутрихозяйственной сети практически остались на прежнем уровне и по абсолютной величине в 2-3,5 раза ниже межхозяйственных (таблица).

Хотя протяженность межхозяйственной сети в 5 раз меньше, чем внутрихозяйственной, на обслуживании первой занято 5-7 человек на 1000 га, а второй - 1,5+2 человека. На межхозяйственной сети оснащено водомерными устройствами 70-90 % сооружений, на внутрихозяйственной - менее 6%. В результате отклонения в водоподаче на межхозяйственном уровне не превышают 10-22% от плановых и лимитных заданий, а по внутрихозяйственной сети достигают 50% и более.

Огромные работы проведены в области повышения водообеспеченности и мелиоративного улучшения земель. Можно с уверенностью сказать, что большинство орошаемых земель обеспечено дренажем и гарантированной водоподачей. Однако эти мероприятия сопровождалась, несмотря на некоторый рост КПД систем, повышением удельных расходов воды на орошение. Такая тенденция вызвана стремлением максимально освободить почву от солей на фоне построенного, но не всегда удовлетворяющего техническим требованиям дренажа, с другой стороны, тенденцией - "максимум урожая есть функция максимума воды". Обе эти тенденции в корне неверны, так как излишняя промывка земель на фоне неоптимального мелиоративного режима приводит к нарушению экологического равновесия, интенсификации солеобмена, загрязнению рек и вымыву питательных веществ и особенно полезных солей (кальция и т.д.) из почвы.

В то же время опыт совершенных оросительных систем указывает на возможность при малых удельных расходах воды и минимальных дренажных модулях за счет технического уровня

Сопоставление эксплуатационных затрат на содержание систем в Средней Азии, руб/га

Республика	: Эксплуатационные затраты по годам		
	: $\frac{м/х^I}{в/х^2}$		
	: 1970	: 1975	: 1980
СССР	<u>18,5</u> нет данных	<u>28,4</u> нет данных	<u>35,5</u> нет данных
Узбекская ССР	<u>23,3</u> 14,4	<u>36,5</u> 16,7	<u>51,1</u> 16,5
Казахстан ССР	<u>11,1</u> 7,5	<u>21,5</u> 9,2	<u>21,7</u> 12,1
Туркменская ССР	<u>25,6</u> 9,6	<u>36,4</u> 11,1	<u>45,0</u> 12,2
Таджикская ССР	<u>37,4</u> 16,8	<u>53,9</u> 17,9	<u>61,3</u> 20,3
Киргизская ССР	<u>4,2</u> 7,8	<u>22,7</u> 9,6	<u>25,0</u> 10,3

П р и м е ч а н и е : 1 м/х - межхозяйственные затраты;
2 в/х - внутрихозяйственные (без амортизационных отчислений).

систем — высокого КПД, оптимального мелиоративного режима — получать высокие урожаи сельскохозяйственных культур. Поэтому удельный расход воды в зоне хлопководства колеблется от 250–280 м³/ц хлопка на совершенных системах до 720...750 м³/ц — на традиционных.

Это требует серьезного пересмотра отношения как к совершенствованию оросительных систем, так и к управлению мелиоративными процессами и водоподачей, особенно в связи с тем, что во многих речных бассейнах страны в зоне орошения (Сырдарья, Амударья, Зарафшан, Талас, Асса, Чу, Урал, Дон, Кубань) водные ресурсы находятся на стадии истощения, что привело к постоянному нарастанию дефицита в водопотреблении в этих бассейнах.

Для нынешнего периода характерно широкое развитие мелиоративной службы в виде самостоятельной функциональной ячейки по обеспечению необходимого мелиоративного состояния земель. Однако ее действенность в управлении проявляется, в основном, в сфере работы вертикального дренажа, где не только наблюдение за мелиоративными показателями (уровень и минерализация грунтовых вод, степень засоления) является обязанностью этой службы, но и управление уровнями грунтовых вод посредством дренажа.

В наиболее же распространенной зоне действия горизонтального дренажа, как открытого, так и закрытого, эта служба играет роль консультативную; при этом ее охват и действенность в разных районах страны совершенно различны. Связи же между мелиоративной службой и эксплуатационными подразделениями, осуществляющими водоподачу, очень слабые и неэффективные: мелиоративная служба не контролирует переподачу воды на промывки, не санкционирует водоподачу при повышенных сбросах в коллекторы и дренажи, не управляет, по сути, мелиоративными режимами.

Наконец, за последнее десятилетие создана достаточно крупная индустриальная база эксплуатационных организаций, позволяющая, в основном, решить перевод эксплуатации на промышленную основу во всех звеньях; подготовлены квалифицированные эксплуатационные кадры; развита сеть учебных заведений, позволяющая усилить необходимые направления

роста кадров за короткий период в среднем и низшем звене специалистов.

Все это требует четкого формулирования задач и основных путей совершенствования эксплуатации оросительных систем на ближайшую перспективу.

Мелиорация земель в целом до сего времени не имеет своего критерия оценки, которая осуществляется косвенно через результаты сельскохозяйственной деятельности совхозов и колхозов. Между тем мелиорация, а стало быть и система эксплуатационных мероприятий по поддержанию определенных оптимальных условий для развития растений, т.е. по повышению плодородия земель от естественного состояния до вновь созданного оросительными и дренажными сооружениями, должна быть оценена именно по изменению этого плодородия в стоимостном выражении.

Поэтому мерой измерения эффективности мелиорации может быть повышение продуктивности земель от исходного состояния — без орошения и осуществления других мелиораций — до улучшенного по степени увлажненности, по плодородию почв в результате нового стимулирования нами почвообразовательного процесса. Создается возможность оценки эффективности мелиораций не только водных (повышающих водообеспеченность в засушливой зоне или снижающих переувлажнение в гумидной зоне), но и химических, опреснительных и др.

В настоящее время база без такой оценки создана. ВАСХНИЛ и издательство "Колос" выпустили книгу "Природно-сельскохозяйственное районирование и использование земельного фонда СССР" под ред. А.Н.Каштанова, в которой на основе работ ГИЗРА (Е.И.Гайдамака, Д.И.Шашко, Н.Н.Розова и др.) все природные зоны страны увязаны по их сельскохозяйственной продуктивности с административными границами. Влияние увлажнения на продуктивность описано при этом зависимостью В.Д.Скалабана:

$$\bar{P}(\theta) = \bar{P}_0 \left[1 - \left(1 - \frac{\theta - \theta_{\theta 3}}{\theta_{\theta 6} - \theta_{\theta 3}} \right)^2 \right], \quad (I)$$

где $P(\theta)$ и P_0 – продуктивность почв в зависимости от влажности и продуктивность, соответствующая нормальной влажности;

θ ; $\theta_{плв}$ и $\theta_{вз}$ – влажность текущая; предельная полевая влагоемкость и влажность завядания.

Анализ данных продуктивности земель без орошения и орошаемых земель по стране, усредненных за 1976–1980 гг. и бонитета земель по рекомендованной "Районированием" балльной системе устанавливает связь (рис. I), которая интерпретируется как

$$\begin{aligned} P &= 1,93 \cdot 10^{-2} B^2 - 0,77 B & 0 \leq B \leq 150 \\ P &= 7,5 B - 575 & 150 \leq B \leq 255 \end{aligned} \quad (2)$$

где B – баллы земель по указанной классификации. По мере изменения технической оснащенности сельскохозяйственного производства продуктивность будет, очевидно, наращиваться, приближаясь к потенциальной, но этот рост может быть соответствующим образом спрогнозирован по сложившимся трендам.

Здесь следует иметь в виду, что соотношение между потенциальной продуктивностью и максимальной, реальной для нынешнего уровня сельскохозяйственного производства, определяется именно прогрессом в этой области, а достижение его – соблюдением технологического цикла этого растениеводства и работоспособностью мелиоративной системы. Если отбросить влияние аграрной технологии, то переход от максимальной продуктивности и влагообеспеченности земель, достигаемой при мелиорации, к реальной осуществляется путем введения коэффициента работоспособности оросительной системы Δ , характеризующего долговечность и надежность поддержания оптимальных условий в поле функционированием и эксплуатацией оросительной системы. В этом случае эффективность орошения будет определяться как

$$E = (P_k \cdot \Delta - P_0) \cdot K_{ЗИ} - \Delta I_{сх} - пФ - \dot{\epsilon} - \frac{Q_p}{\eta_c} \cdot \zeta_v, \quad (3)$$

где $K_{ЗИ}$ – коэффициент земельного использования;

$I_{сх}$ – увеличение издержек сельскохозяйственного производства при переходе от богары к орошению;

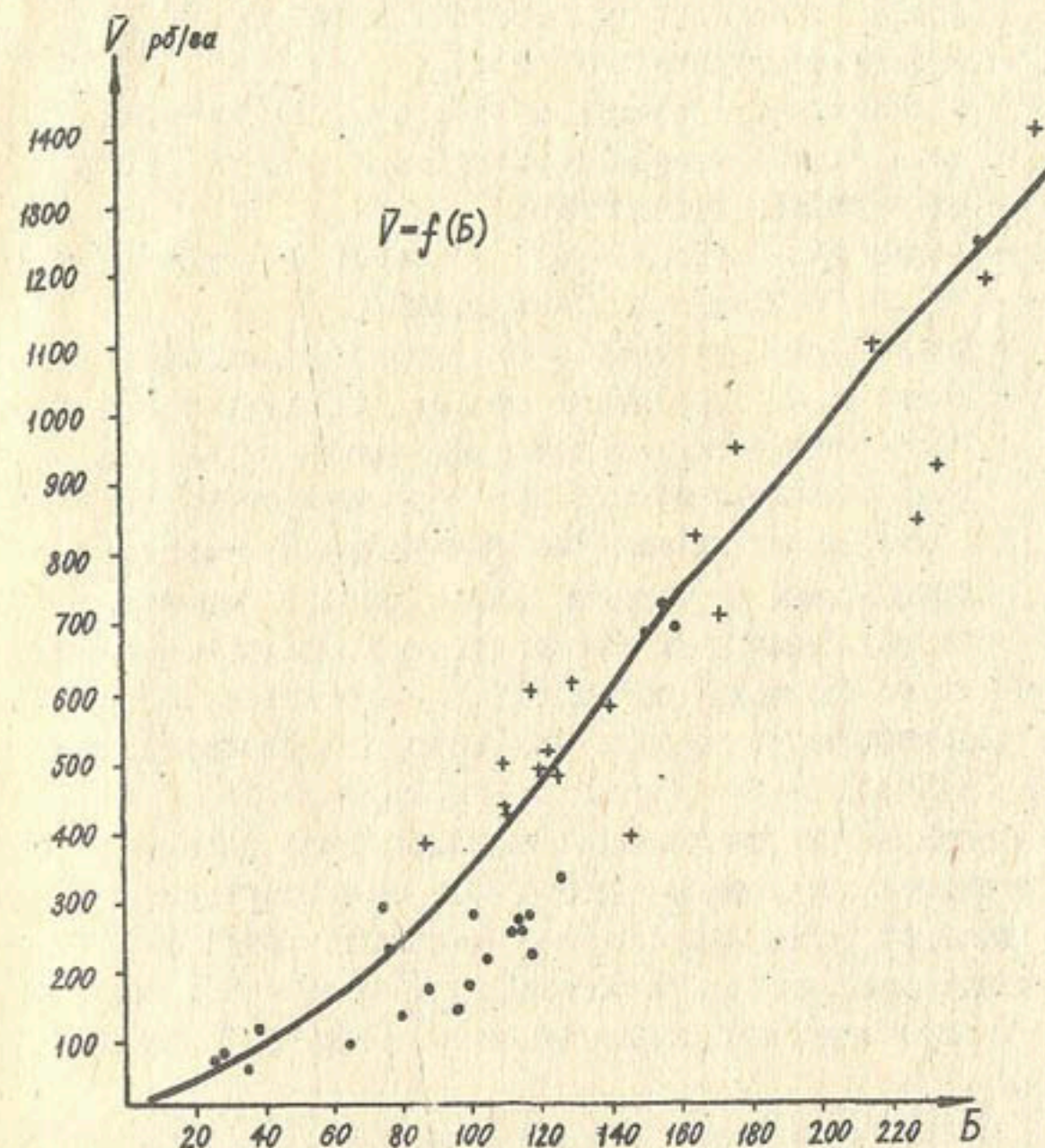


Рис. I. Продуктивность земель за 1976–1980 гг. в зависимости от бонитета.

$n\Phi$ - приведенные основные водохозяйственные фонды (при новом строительстве вместо Φ вводится K_Φ);
 $\mathcal{E}$ - эксплуатационные затраты;
 O_p - оросительная норма нетто; η_c - КПД системы;
 U_w - цена воды с учетом формирования водного ресурса.
 Такой подход позволяет:

- установить эффективность мелиораций непосредственно, а не через сельское хозяйство;
- установить для каждой зоны предел сельскохозяйственного использования земель (в виде потенциальной продуктивности), к которому должны стремиться и сельскохозяйственные органы как к мере ответственности за использование мелиорируемых земель;
- соизмерить допустимый размер капиталовложений и эксплуатационных затрат на мелиорацию в зависимости от "ножниц" потенциальной и фактической продуктивности земель для различных зон и природных условий.

Исходя из предлагаемой концепции, цели эксплуатации оросительной системы будут состоять в обеспечении высокой и постоянной работоспособности системы ($\Delta \rightarrow 1$) при минимальных удельных затратах воды ($\frac{O_p}{\eta_c} \rightarrow \min$) и минимальных эксплуатационных стоимостных затратах ($\mathcal{E} \rightarrow \min$) (рис. 2).

С целью осуществления единой бонитировки мелиорированных и мелиорируемых земель необходимо:

- разработать, согласовать с Минсельхозом СССР, Госпланом СССР "Указания по единой мелиоративной бонитировке земель";
- провести инвентаризацию и составить кадастр всех оросительных систем страны с целью выявления показателей их работоспособности, расходов воды и возможности использования потенциальной продуктивности орошаемых земель;
- наметить различные мероприятия по повышению продуктивности орошаемых земель до оптимально приближенных по экономическим критериям к потенциальной продуктивности;
- установить региональные и зональные лимиты капиталовложений, эксплуатационных затрат при соответствующих пока-

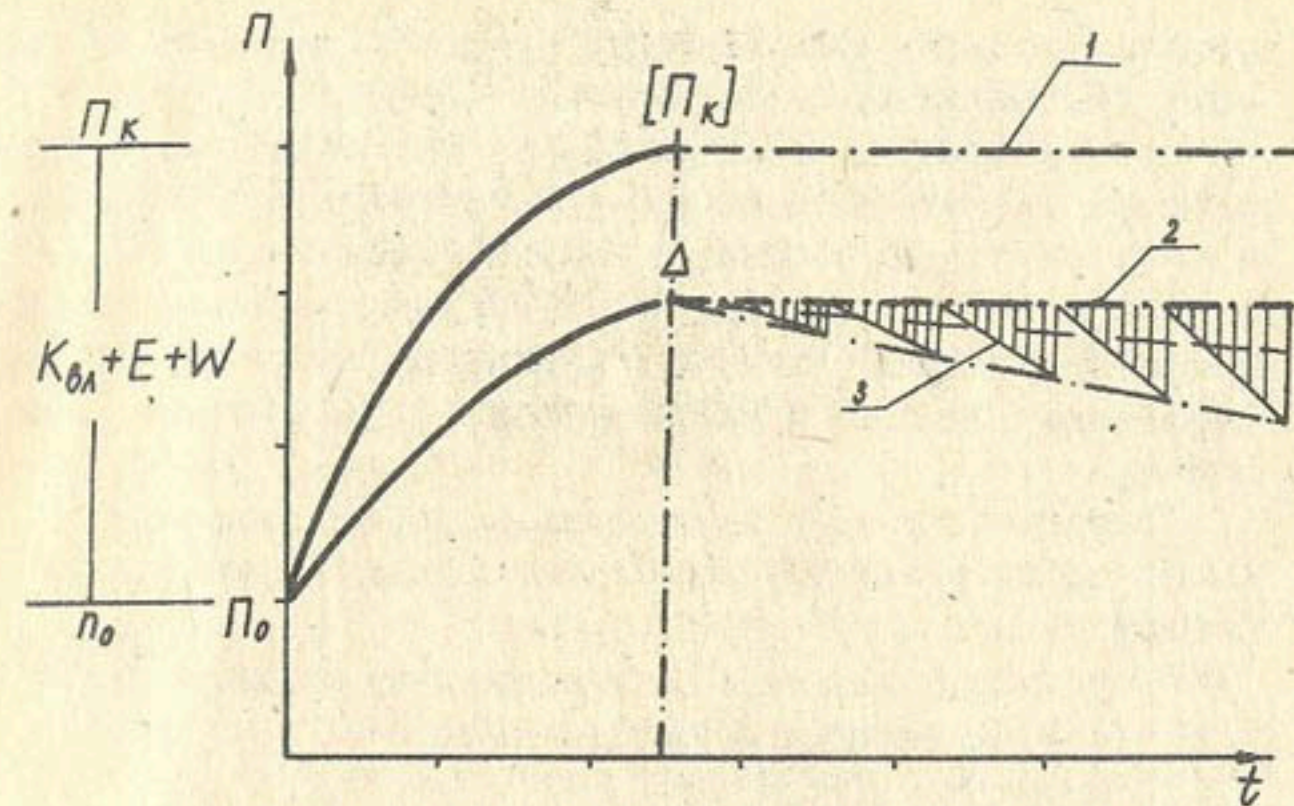


Рис. 2. Нарастание продуктивности земель при мелиорации:
 1 - потенциальная продуктивность земель; 2 - технологически возможная продуктивность земель; 3 - то же, реальная с учетом ремонтных работ;
 P_0 - продуктивность немелиорированных земель;
 P_K - потенциальная продуктивность мелиорированных земель.

зателях работоспособности и расходов воды, исходя из "ножниц" - потенциальная продуктивность орошаемых земель - исходная продуктивность неорошаемых земель;

Основываясь на приведенных выше соображениях, управление работоспособностью и требования к ее поддержанию должны быть различными в зависимости от степени повышения продуктивности земель при мелиорации от дефицита водных ресурсов и от необходимых при этом затрат.

Ясно, что в недефицитных по воде бассейнах и достаточно водообеспеченных оросительных системах с низкой стоимостью формирования водных ресурсов при достаточно высокой продуктивности орошения можно сознательно идти на повышение работоспособности системы за счет увеличения

удельных расходов воды. В водообеспеченных районах, но при малом увеличении продуктивности ($\Delta \Pi$) можно, опираясь на модель оптимизации, согласиться с некоторым снижением урожайности за счет снижения работоспособности ОС. Наконец, в неводобеспеченных районах с высоким приростом продуктивности орошения обязательно повышение работоспособности ОС совершенствованием увязки конструктивных элементов и повышенными требованиями к эксплуатационной работоспособности систем.

Указанный подход и приведенная модель позволяют установить определенные показатели технического уровня оросительных систем:

удельные расчетные затраты воды на орошение $\frac{O_p(1+\beta)}{\eta_c}$;
 степень работоспособности системы Δ , в т.ч.
 проектная $\bar{\Delta}$,
 эксплуатационная Δ_z ;
 суммарные расчетные затраты воды на орошение

$$\frac{O_p(1+\beta)}{\Delta \cdot \eta_c};$$

фактические затраты воды на орошение

$$\frac{W}{F_t} = \frac{W_0 + W_g + \Delta W_{0x} + W_{k0}}{F_t};$$

коэффициент использования воды

$$K_{ИВ} = \frac{W}{F_t} : \frac{O_p(1+\beta)}{\eta_c}$$

(если $K_{ИВ} \geq \Delta$, использование воды достаточно правильное для данных условий и уровня систем; если же $K_{ИВ} < \Delta$ — имеет место явно нерациональное использование воды);

степень использования потенциальной продуктивности земли

$$\frac{\Pi_{\Phi}}{\Pi_K}$$

(если $\frac{\Pi_{\Phi}}{\Pi_K} \approx \Delta$, то орошаемые земли используются эффективно);

показатель мелиоративного режима — $\frac{h_z - \delta}{h_K}$;

эксплуатационные затраты по ОС на 1 га (руб/га);
 затраты труда на эксплуатацию ОС (чел/дн/га).

При составлении кадастра ОС и их инвентаризации необходимо производить оценку по всем этим показателям, что позволит установить не только существующие характеристики ОС, но и оценить перспективы, необходимость и возможность их совершенствования на данном техническом и экономическом уровне на основе модели оптимизации ОС.

В указанных показателях

O_p — оросительная норма нетто; β — промывная доля;
 η_c — КПД систем; W — общие затраты воды; F_t — площадь орошения; W_0 ; W_g ; ΔW_{0x} ; W_{k0} — соответственно водозабор поверхностных вод из дополнительных источников внутрисистемных водохранилищ; из коллекторно-дренажной сети; h_z ; δ и h_K — соответственно глубина грунтовых вод, корневой системы и высота капиллярного поднятия.

Работоспособность системы предусматривается уже при проектировании и строительстве и поддерживается в процессе эксплуатации. Эксплуатационная работоспособность определяется обеспеченностью кадров (L_t), механизмами и транспортом (M_t), вспомогательными сооружениями (S_t), материалами (S_p) и приборами (Y_{nt}).

Недостаток (или избыток) обеспечивающего элемента снижает работоспособность каждого конструктивного элемента, а следовательно, и суммарную среднюю эксплуатационную работоспособность ОС.

Эта зависимость может быть выражена как

$$\Delta_z = \frac{\sum_i (L_{ti} a_i + M_{ti} \cdot b_i + S_{ti} \cdot c_i + S_{pi} \cdot d_i + Y_{ti} \cdot g_i)}{n},$$

где a_i ; b_i ; c_i ; d_i ; g_i — матричные коэффициенты соответствующих конструктивных элементов. Величина матричного коэффициента может быть стабильна для каждого конструктивного элемента или подчиняться какому-то закону.

Другим фактором, определяющим эксплуатационную работоспособность, является старение конструктивных элементов систем, снижение их эксплуатационных свойств вследствие

износа, ухудшения свойств материалов, осадков, взаимодействия с потоком, заиливания, зарастания и т.д. Поддержание работоспособности при этом на стабильном уровне, недопущение снижения ее требует специально организованной системы технического обслуживания, профилактических и аварийных ремонтов.

С целью обеспечения необходимой эксплуатационной работоспособности в отрасли необходимо:

а) установить для различных составляющих ОС в зависимости от природных условий и типа систем нормативы потребности кадров, механизмов, транспорта, вспомогательных сооружений, материалов и приборов; б) на специально выделенных экспериментальных ОС установить зависимость матричных коэффициентов от элементов обеспечивающих подсистем и дать методику перехода к составлению нормативов, основанных на оптимальной потребности, одновременно установить влияние их на эксплуатационную работоспособность; в) на основе инвентаризации оросительных систем по указанным показателям обеспечивающих подсистем должны быть установлены необходимые пределы докомплектации ОС элементами обеспечивающих подсистем.

Разработан комплекс управляющих задач по совершенствованию технического обслуживания оросительных систем, позволяющих для каждого областного производственного подразделения Минводхоза или другой организации на основе методов оптимизации составить экономичный аппарат управления, включающий:

- определение оптимального состава и сроков проведения профилактических ремонтов и технического обслуживания;
 - планирование объемов ремонтно-эксплуатационных работ;
 - определение оптимальной структуры организаций ремонтно-строительных работ, выполняемых подрядными организациями МВХ республик;
 - планирование расстановки механизмов, бригад и графика их работы по объектам, исходя из минимума производственных потерь при проведении ремонтов и в сельском хозяйстве;
 - ряд дополнительных задач по определению потребности в транспорте, материалах и т.д.
- Согласование и утверждение предлагаемой методики и

тиражирование типовых программ позволят провести их привязку для условий конкретных республик и областей, составление оптимальных планов технического обслуживания и контроль за их осуществлением;

В связи с усилением расчетного звена АПК перед службой эксплуатации водохозяйственных систем также стоит задача доведения до законченности структуры, наиболее полностью увязывающей принципы функционального построения и специализации с требованиями повышения самостоятельности расчетного звена. На наш взгляд, таким принципам будет наиболее удовлетворять координационная деятельность, изображенная в виде схемы. Здесь на РайУОСы возлагается доведение воды от границы района до поля, планирование, контроль использования техники полива, учет воды и мелиоративных показателей, содержание каналов и коллекторов, составление дефектных актов и обследований для планирования ремонтных работ, контролирование их и управление уровнями грунтовых вод.

С целью разработки и построения указанной службы по укрупненным ступеням иерархии, необходимо:

на основе методов оптимизации построения структур, разработанных в СО АН СССР, найти для каждой ступени иерархии оптимальную структурную характеристику, исходя из наиболее увязанного сочетания специализации, что приводит к повышению производительности труда и одновременно к увеличению числа связей, с интеграцией на определенных блоках управления с учетом степени независимости принятия решений;

внести в обязанности водохозяйственным организациям доведение воды до поля и отведение ее в сроки и режимы, увязанные и контролируемые показаниями и рекомендациями мелиоративной службы, одновременно выполняющей функции управления с помощью дренажа уровнями грунтовых вод;

исключить из функции Минводхозов союзных республик расширенное воспроизводство, нацеленное на строительство крупных систем и сооружений, а также ввод земель, направив имеющиеся у них строительные мощности на совершенствование и реконструкцию оросительных систем и создание баз эксплуатационных организаций;

- организовать специальные подразделения в ММВХ во

Схема совершенствования структуры эксплуатационной службы

Функции	Основные фонды	Сфера ответственности
Вододеление, учет и транспорт воды: самотеком машинным способом	каналы, сооружения, водохранилища насосные станции всех видов	от водозабора до границ районов - УМК ОблПУВХ от границ района до поля - РайУОС УНС ОблПУВХ
Мелиоративная служба и отвод коллекторно-дренажных вод: самотеком машинным способом	дрены, коллекторы скважины вертикального дренажа	от водозабора до границ районов - УМС ОблПУВХ от границ района до поля РайУОС УНС ОблПУВХ
оценка мелиоративного состояния и выдача рекомендаций по промывным поливам по очередности ремонтов и срокам вегетационных поливов	ВЭС наблюдателя сети	УМС ОблПУВХ

16

Техника полива: внедрение и ремонт обслуживание и контроль	Поливная техника	ПО "Полив" ОблПУВХ РайУОС
Энергетика и связь	ЛЭП, ЛС	УЭС ОблПУВХ
Приборы и автоматика	АСУ, ВЦ, приборы	Управление автоматикой ОблПУВХ
Ремонт и содержание сетей: текущий ремонт окашивание очистка и ремонт		Мехотряды РайУОСов и УМК Ремонтные подразделения (РСУ, ПМК)
Ремонт транспорта и эксплуатационной техники		Ремпредприятия ОблПУВХ

17

всех зонах по внедрению и обслуживанию техники полива (дождевание, гибкие и жесткие трубопроводы и т.д.);

Существующая практика водопользования и водораспределения чревата многими серьезными погрешностями, которые приводят, при обеспечении повсеместного необходимого режима увлажнения, к значительным излишним затратам воды или к недополиву и потере урожая:

основой для составления годовых и вегетационных планов водопользования (правильнее их было бы называть "планы водопотребления") является потребность в воде, определяемая по условиям расчетного обычного года 95%-ной обеспеченности. Водохозяйственные органы подготавливают системы для водоподачи именно в соответствии с этими планами, открывают каналы, наполняют бьефы и т.д. Между тем непосредственная подача воды хозяйствам производится на основе заявок, исходящих из их текущих потребностей, зачастую в авральном порядке и несоответствующим этим планам объеме и размере. Поэтому обычно в начале вегетации и в конце ее, когда нет напряженности в режиме водопотребления растений, наблюдается постоянное рассогласование в водоподаче по межхозяйственной сети и заборах в хозяйства, что приводит к значительным сбросам как из межхозяйственной, так и внутрихозяйственной сети;

особенности каждого года по метеогидрологической обстановке совершенно не учитываются. Не контролируемая в таких условиях система заявок в значительной степени искажается на всех уровнях иерархии с целью создания определенного запаса так же, как искажаются с этой целью фактические КПД каналов;

в связи с тем, что недооценка перебора воды в зарегулированных речных бассейнах может привести к маловодью, местные органы зачастую вынуждают работников областных и районных производственных Управлений водного хозяйства идти на завышение потребностей и перебор воды:

при водораспределении повсеместно применяется метод водodelения пропорционально заявкам (или плану). В этом случае зоны и системы с более высоким КПД и оптимальным мелиоративным режимом, т.е. более совершенные системы, ока-

зываются в невыгодном положении по отношению к остальным, расходующим воду менее экономно;

нормы, положенные в основу планирования водопользования, не только не являются достаточно гибкими в зависимости от текущей метеогидрологической обстановки, но и рассчитаны не на оптимальный (на единицу воды) урожай, а на максимальный, зачастую требующий излишних затрат воды на единицу урожая, что в условиях дефицита недопустимо.

В целях коренного улучшения водопользования и водораспределения на оросительных системах необходимо:

организовать подконтрольную эксплуатацию на опорно-показательных системах для сбора и анализа достоверных фактических данных, отражающих особенности эксплуатации по зонам страны. Эти данные должны служить эталоном достоверности для разработки предложений и нормативов;

установить, что планы водопользования, составляемые по хозяйствам и севооборотным массивам на период 5 лет для старых хозяйств и на каждый год для новых и расширяющих свои площади посевов хозяйств, являются ориентировочными, предназначенными для определения годовых водохозяйственных балансов по источникам и установления ориентировочных лимитов на уровень маловодья.

Основой текущей работы и оперативного управления всех звеньев ОС должна стать мелиоративная служба, в состав которой, кроме подлежащей развитию и усилению организации по постоянной мелиоративной оценке земель (уровни и минерализация грунтовых вод, объем и минерализация дренажного стока, степень засоления земель, состояние коллекторно-дренажной сети), должна быть включена сеть эталонных водно-балансовых станций (ВБС). Последние на основе постоянной регистрации изменения состояния почвы, метеоусловий, гидрогеологической и гидрологической обстановки дают прогноз на сезон, месяц и декаду суммарного и по источникам водопотребления всех культур в обслуживаемой зоне, на основе чего составляется режим управления оросительной системой в пределах ее возможностей, определяемых планом водопользования или специально установленными (в случае маловодья) лимитами. Одновременно ВБС, разбиваемые для каждой типовой таксономической единицы в регионе в среднем одна на 50 тыс.га

(например 68 для Узбекистана при площади 3,5 млн.га), должны срочно приступить и в ближайшее время разработать по единой методике оптимальные нормы водопотребления для обслуживаемой зоны с учетом динамики мелиоративных режимов, техники полива и минерализации оросительной воды;

в целях уменьшения организационных потерь на системах в обязательном порядке предусматривать возможность резервирования воды либо в бьефах крупных каналов (если они идут по горизонтали за счет доведения отметок дамб до нулевых уклонов), либо за счет создания специальных внутрисистемных водохранилищ суточного регулирования;

целесообразно отказаться от искусственного разделения транспорта воды и водораспределения на межхозяйственный и внутрихозяйственный, передав все водоподающие и водоотводящие каналы органам МВХ республик.

Вывести управление головными водозаборами каждого звена из подчиненности самого звена, передав его в обязательном порядке более высокому уровню иерархии: областные водозаборы — республиканским организациям, районные — областным, хозяйственные — районным;

установить единые показатели стабильности водообеспеченности по предложению САНИИРИ (А.В.Бочарин, Т.И.Голубева) в виде:

а) показателя постоянства водоподачи за период и по нарастающим итогам;

б) показателя равномерности водообеспеченности за период и по нарастающим итогам;

для непосредственного использования изданных "Основ водного законодательства" необходимо дополнить "Устав эксплуатационной служб" комплексом мер, регламентирующих обязательные действия и санкции этих служб в каждом случае нарушения законов о воде (самовольный захват воды, повреждение ГТС, самовольная установка насосов на каналах, сброс загрязненных вод и т.д.).

А.В.Бочарин, канд. техн. наук

Т.И.Голубева

(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

РАСЧЕТНЫЙ МЕТОД УСТАНОВЛЕНИЯ КПД ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

При планировании водопользования и технико-экономическом обосновании переустройства оросительных систем КПД внутрихозяйственной оросительной сети является одним из определяющих расчетных элементов. В то же время на практике довольно часто приходится оперировать весьма приближенными значениями КПД, что объясняется следующими причинами.

Отсутствием средств водоучета на преобладающей части внутрихозяйственной оросительной сети. Проведение же массовых специальных исследований является весьма трудоемким, длительным и дорогостоящим мероприятием. Отсюда мы имеем единичные данные по фактическим значениям КПД в хозяйствах, отвечающие строго определенному типу природно-хозяйственных условий;

Широким диапазоном гидравлических параметров оросительной сети (расходы, элементы поперечного сечения), который не позволяет применять для расчета удельных потерь воды более совершенные и точные методы расчета (гидравлические, гидромеханические и т.п.).

В условиях водооборота работает только часть всей оросительной сети, которая в практических условиях является также неопределенной величиной. Согласно существующим методам, КПД внутрихозяйственной оросительной сети предлагается определять приближенными способами. Так, С.Р.Оффенгенден [1] считает, что для каналов с головным расходом до 100 л/с следует брать 5% потерь на километр длины, а для расходов 300 л/с и больше — 3%. Н.Т.Лактаев [2] в зависимости от проницаемости грунтов, среднего размера

площади, подвешенной к одной точке выдела воды в хозяйстве, и коэффициента земельного использования рекомендует следующие значения КПД для хозяйств хлопковой специализации: 0,76 – благоприятные условия, 0,71 – средние, 0,66 – неблагоприятные. Рекомендуемые им значения получены на основе расчетов по типовым схемам организации территории и технологии проведения поливов. Очевидно, что реальные условия в большинстве случаев могут не "вписываться" в принятые схемы.

М.М.Кабаков [3] предлагает удельные потери воды определять по известной формуле А.Н.Костякова, исходя из головного расхода хозяйственного отвода с поправкой на величину коэффициента (βQ), учитывающего водозабор по длине

$$\beta = \frac{0,7}{K^{1-m}} + 0,3, \quad (I)$$

где K – число отводов, по которым распределяется головной расход;
 m – показатель степени в формуле потерь А.Н.Костякова.

При выведении формулы предполагалось, что холостая часть хозяйственного распределителя составляет 30% от общей протяженности. Однако это опять частный случай, а не общее правило. Неясно, из каких соображений учитывать протяженность работающей части сети и число одновременно работающих отводов, без чего не представляется возможным установить КПД.

М.Ф. Натальчук [4] рекомендует устанавливать удельные потери воды периодически действующих каналов опытным путем, а действующую длину принимать 0,2–0,5 от общей длины при хорошей организации территории и поливов и 0,65–0,8 – в случае неупорядоченности.

Как следует из изложенного выше, рекомендуемые расчетные методы установления КПД внутрихозяйственной оросительной сети имеют ряд неопределенных основных исходных предпосылок, что может привести и приводит к субъективному

назначению КПД.

Исходя из этого, предлагается более совершенный метод расчета, в котором учитываются конкретные условия работы оросительной сети,

Как известно, КПД любого i -го хозяйственного отвода определяется по выражению

$$\eta_i = 1 - \frac{\zeta_i \ell_p}{100}, \quad (2)$$

где ζ_i – удельные потери воды на единицу расхода на 1 км длины канала, %

ℓ_p – действующая длина оросительной сети.

Для расчета удельных потерь принимаем формулу А.Н.Костякова, хорошо себя зарекомендовавшую и для которой всегда имеются достоверные исходные данные

$$\zeta_i = \frac{A}{Q_p^m}, \quad (3)$$

где A и m – показатели проницаемости грунтов;
 Q_p – расчетный расход оросительной сети.

Для типовой схемы оросительной системы хозяйственного отвода (рис.1) расчетный расход в обычных условиях рекомендуется [5] определять как средневзвешенный

$$Q_p = \frac{\sum_{j=1}^n Q_j \ell_j}{\sum_{j=1}^n \ell_j}, \quad (4)$$

где ℓ_j – протяженность отдельных работающих участков канала;
 Q_j – расход на соответствующем участке сети каналов.

Для установления расчетного расхода в практических условиях, когда отсутствуют данные по протяженности и расходам работающих участков каналов, выполним линейную развертку оросительной сети по убыванию расходов (рис.2).

В этом случае площадь эпюры расходов можно выразить приближенно

$$Q_1 l_1 + Q_2 l_2 + \dots + Q_n l_n = K Q_1 (l_1 + l_2 + l_n) \quad (5)$$

или

$$Q_p = K Q_1, \quad (6)$$

где Q_1 — расход в голове хозяйственного отвода;

K — эмпирический коэффициент.

Очевидно, что значения коэффициента "К" будут зависеть от конфигурации эпюры расходов. При равномерном снижении расходов по ранжированной протяженности $K_{\text{ср}} \sim 0,5$.

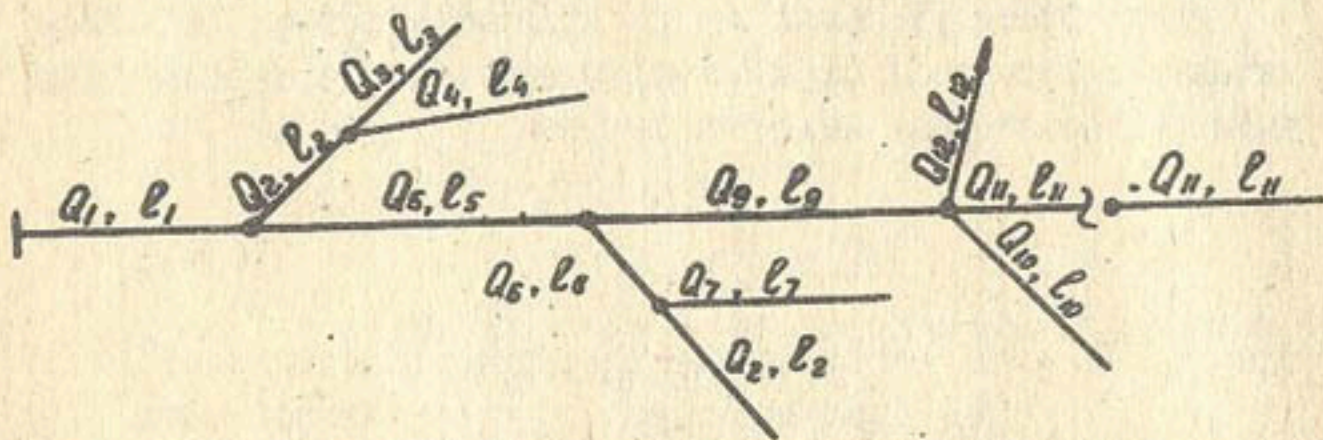


Рис. I. Типовая плановая схема хозяйственного отвода.

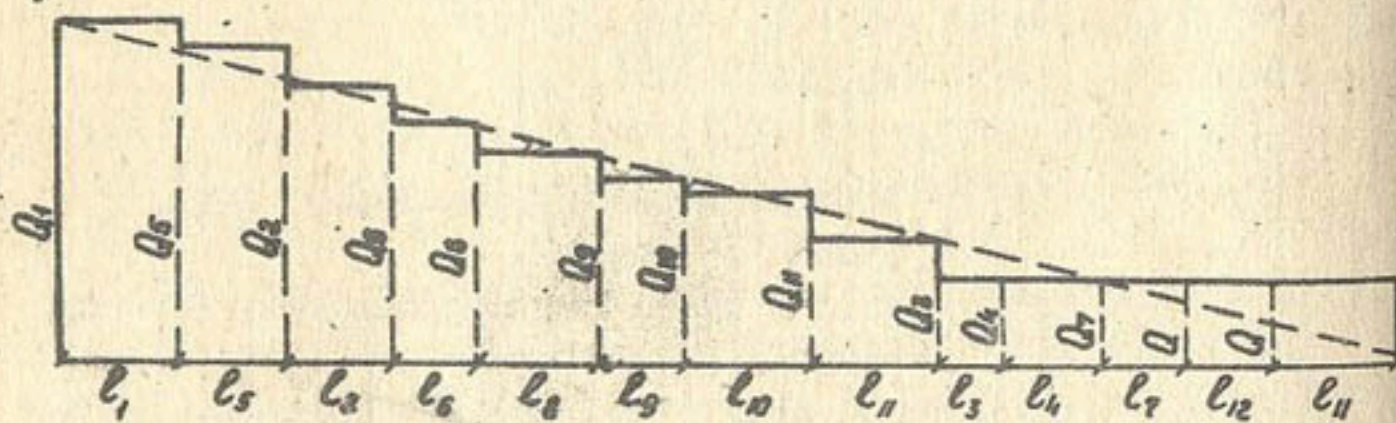


Рис. 2. Линейная развертка типового хозяйственного отвода по ранжированным расходам.

При длинной холостой части хозяйственного отвода и коротких участковых распределителях эпюра распределения расходов будет приближаться к параболе, для которой $K_{\text{max}} \sim \frac{2}{3}$. При короткой холостой части канала и развитой длине участковых распределителей эпюра расходов будет стремиться к гиперболе, для которой $K_{\text{min}} \sim \frac{1}{3}$. Среднее значение "К" устанавливаем, исходя из равенства минимальных и максимальных отклонений расчетных потерь воды от их вероятных предельных значений

$$\Delta \eta_{\text{ср}} - \Delta \eta_{\text{max}} = \Delta \eta_{\text{min}} - \Delta \eta_{\text{ср}}, \quad (7)$$

$$\text{где } \Delta \eta_{\text{ср}} = \frac{\Delta \eta_{\text{max}} - \Delta \eta_{\text{min}}}{2}; \quad (7a)$$

$$\Delta \eta_{\text{ср}} = \frac{A}{(K Q_1)^m}; \quad \Delta \eta_{\text{max}} = \frac{A}{(\frac{2}{3} Q_1)^m}; \quad \Delta \eta_{\text{min}} = \frac{A}{(\frac{1}{3} Q_1)^m}. \quad (8)$$

Решив уравнения, получим:

$$K = \sqrt[m]{\frac{2}{3 + (\frac{2}{3})^m}}; \quad K = \frac{2}{3} \left(\frac{2}{1 + 2^m} \right)^{\frac{1}{m}}. \quad (9)$$

Подставляя в последнее выражение значения показателя проницаемости "m" из формул А.Н.Костякова, имеем

($m = 0,5$) — $K = 0,454$ для легких грунтов;

($m = 0,4$) — $K = 0,460$ для средних;

($m = 0,3$) — $K = 0,465$ для тяжелых.

Отсюда следует, что для практических расчетов можно принять $K = 0,46$ независимо от проницаемости грунтов.

В табл. I приведены результаты подсчетов в случае отклонений вероятных предельных КПД от их расчетных значений ($K=0,46$) при различной проницаемости грунтов.

Как следует из табл. I, в пределах возможных КПД системы хозяйственного отвода максимальные ошибки в расчете КПД для наиболее неблагоприятных условий составляют 5,5–5,9%. Если иметь в виду, что в реальных условиях КПД системы хозяйственного отвода обычно имеет значения 0,7–0,8, то предельные ошибки составят 2,2–3,5%.

Для проверки изложенных решений была выполнена серия

Т а б л и ц а I

m	$\frac{1}{\pm 6_{np}}$	q_{np}	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0,3			5,5	4,4	3,3	2,2	1,1
0,4			5,6	4,5	3,4	2,3	1,1
0,5			5,9	4,7	3,5	2,3	1,2

сравнительных расчетов КПД систем хозяйственного отвода при схематизированной эпюре расходов и по традиционному методу, т.е. суммируя последовательно потери участков каналов при их заданных расходах.

Расчеты проведены для 216 возможных схем работы оросительной системы хозяйственного отвода при следующих исходных данных:

общая протяженность распределительной оросительной сети - 5,0; 6,5; 7,5; 8,5 км;

дополнительная протяженность участковых распределителей с постоянными расходами - 30; 50; 70% от общей длины;

расход в голове хозяйственного отвода - 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0 м³/с;

число ступеней изменения расхода по длине системы - 4; 5; 6;

проницаемость грунтов - сильная, средняя, слабая ($m = 0,5; 0,4; 0,3$);

расчетное значение расхода вычислялось по формуле (4);

расчетное значение "К" определялось по формуле (6).

Анализ результатов расчета позволяет сделать следующие выводы:

общая протяженность оросительной сети, число ступеней изменения расхода, величина головного расхода и степень проницаемости грунтов практически не влияют на значения коэффициента "К", определяемые соотношением протяженности распределительной и участковой оросительной сети;

среднее значение коэффициента "К" по всем результатам подсчета составило 0,45;

частота распределения среднеквадратичных отклонений

значений КПД, вычисленных по упрощенной методике ($K=0,46$) и традиционным способом характеризуется данными:

Среднеквадратичное, отклонение, %	0-1,0	1,0-2,0	2,0-3,0	3,0-4,0
Частота распределения, %	71,9	19,3	8,6	0,2

Таким образом, теоретические решения и практические расчеты дают основание принимать для расчета средних удельных потерь воды по оросительной системе хозяйственного отвода зависимость вида

$$b = \frac{A}{(0,46 Q_r)^m}, \quad (10)$$

где Q_r - расход в голове хозяйственного отвода.

Во время водооборота весь расход в определенный период направляется на полив то одной части подвешенной площади, то другой. Отсюда протяженность работающей оросительной сети логично связать с площадью полива за интервал времени. Исходя из условия равенства удельной протяженности в целом по хозяйственному отводу и при поливе, получим прямую зависимость

$$\frac{l_i}{\omega_i} = \frac{l_p}{\omega_p}, \quad (11)$$

где l_p и l_i - общая и действующая протяженность оросительной сети хозяйственного отвода, м/га;

ω_i и ω_p - общая поливная площадь и поливное задание за интервал времени.

Поскольку в планах водопользования за минимальный интервал времени принята декада, то за величину " ω_p " следует принимать декадное поливное задание.

Подставляя условия (I0) и (II) в формулу КПД, получаем окончательное выражение для КПД оросительной системы хозяйственного отвода при непрерывном изменении его работающей протяженности и площади полива

$$\eta_i = 1 - \frac{0,01 A}{(0,46 Q)^m} \cdot l_i \frac{\omega_p}{\omega_i} \quad (I2)$$

Если имеется ряд хозяйственных отводов протяженностью $l_1, l_2, \dots, l_n$ и головными расходами $Q_1, Q_2, \dots, Q_n$, то общий КПД оросительной системы хозяйства можно выразить как

$$\eta_x = 1 - 0,01 (\beta_1 l_{1p} + \beta_2 l_{2p} + \dots + \beta_n l_{np}), \quad (I3)$$

где $l_{1p}, l_{2p}, \dots, l_{np}$ — работающая протяженность хозяйственно-го отвода.

Для хозяйств с развитой специализацией и нормальным севооборотом достаточно хорошо выдерживаются следующие условия:

равенство удельной протяженности оросительной сети в целом по хозяйству и по хозяйственным отводам

$$\frac{L}{\Omega} = \frac{l_i}{\omega_i}; \quad (I4)$$

равенство удельной водоподачи в целом по хозяйству и по хозяйственным отводам

$$\frac{Q}{\omega} = \frac{Q_i}{\omega_i} \quad (I5)$$

Решая уравнения (I2), (I3), (I4) и (I5), получаем окончательное выражение для КПД оросительной сети хозяйства

$$\eta_x = 1 - \frac{0,01 A}{(0,46 Q)^m} L \cdot \beta \sum_{i=1}^n \alpha_i^{2-m}, \quad (I6)$$

где

$$\beta = \frac{\omega}{\Omega}; \quad \alpha_i = \frac{Q_i}{Q} \quad (I7)$$

Выражение (I6) позволяет определять КПД оросительной сети хозяйства, когда отсутствуют данные по протяженности оросительной сети отдельных хозяйственных отводов, что является распространенным случаем на практике.

В том случае, когда хозяйство располагает определенной долей совершенной оросительной сети (с бетонной или железобетонной облицовкой, лотки, трубы и т.п.), общий КПД определяется по формуле

$$\eta_x = 1 - \frac{0,01 A L \beta \mu}{(0,46 Q)^m} \sum_{i=1}^n \alpha_i^{2-m}, \quad (I8)$$

где

$$\mu = 1 - \frac{L_c}{L} \mu; \quad (I9)$$

L_c — общая протяженность совершенной сети;
 μ — коэффициент, учитывающий эффективность антифильтрационного покрытия.

По имеющимся рекомендациям [6] значения " μ " предлагается принимать по данным:

Тип облицовки	Значения μ
Монолитный бетон	0,67
Монолитный железобетон	0,84
Сборный железобетон	0,60
Железобетонные лотки	0,97
Асбоцементные трубы	0,80

Довольно часто при расчете КПД хозяйственной оросительной сети возникают затруднения при выборе параметров A и m из-за неопределенности рекомендаций или отсутствия опытных данных по физико-механическим характеристикам грунтов. В этих случаях целесообразно использовать показатели гидро-модульного районирования орошаемых земель, которые довольно четко ориентированы на характеристики проницаемости грунтов. В частности, для аридной зоны Средней Азии, где хоро-

по зарекомендовала себя формула удельных потерь САНИИРИ, КПД хозяйственной оросительной сети следует рассчитывать при $m = 0,5$, а величину "А" принимать в зависимости от гидромодульного района (ГМР) по следующим данным:

ГМР-I (маломощные суглинистые на песчано-галечниковых отложениях и мощные песчаные) - 2,85;

ГМР-II (среднемощные суглинистые на песчано-галечниковых отложениях и мощносупесчаные) - 2,85;

ГМР-IV, ГМР-VI и ГМР-VIII (легкосуглинистые и супесчаные) - 1,87;

ГМР-III, ГМР-V, ГМР-VII и ГМР-IX (суглинистые и глинистые) - 1,0.

В ы в о д ы

1. Разработаны и обоснованы упрощенные расчетные методы установления КПД оросительной сети хозяйственного отвода и хозяйства в целом, основанные на данных циркулирующей плановой и фактической информации по хозяйственному водопользованию.

2. Разработанные методы расчета КПД хозяйственной оросительной сети рекомендуется применять при составлении хозяйственных планов водопользования и оценке эффективности переустройства хозяйственных оросительных систем, когда отсутствуют данные фактического изучения величины потерь воды.

Л и т е р а т у р а

1. Оффенгенден С.Р. и др. Эксплуатация гидромелиоративных систем. - М.: Колос, 1972.
2. Лактаев Н.Т. Полив хлопчатника. - М.: Колос, 1978.
3. Кабаков М.М. Потери воды в каналах и реках. - Фрунзе, Кыргызстан, 1967.
4. Натальчук М.Ф. Эксплуатация оросительных систем. - М.: Колос, 1971.
5. Ярцев В.Н. Инструкция для производства полевых работ при гидравлических исследованиях на каналах. - Ташкент, 1934.

6. Духовный В.А. Комбинированное антифильтрационное покрытие земляных каналов. - Гидротехника и мелиорация, 1968, № 3.

А.В. Бочарин, канд. техн. наук
(САНИИРИ им. В.Д. Журина)

ОПЕРАТИВНАЯ КОРРЕКТИРОВКА ГРАФИКОВ ГОЛОВНЫХ ВОДОЗАБОРОВ НА ИСТОЧНИКЕ ОРОШЕНИЯ С КАСКАДОМ ВОДОХРАНИЛИЩ СЕЗОННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Водораспределение на оросительных системах осуществляется на основе планов водопользования, заблаговременно составляемых на очередной поливной период (вегетационный или невегетационный). Однако во время проведения поливов довольно часто возникает необходимость в корректировке планов водопользования, вызванная изменениями водности источника орошения, климатическими или хозяйственными факторами. Операция эта сложная и трудоемкая, так как за довольно короткий срок необходимо обработать довольно большой объем информации и выдать решения по водораспределению для десятков потребителей, предъявляющих порой противоречивые требования на водоподачу.

Имеющиеся рекомендации [1-7] довольно сложны для практического использования в оперативном порядке и к тому же корректировка планов использования водных ресурсов в основном проводится с позиции оптимизации режимов работы приплотинных ГЭС, когда не учитываются особенности ирригационного потребления, особенно при хроническом дефиците водных ресурсов в районах орошаемого земледелия. Кроме того, рекомендуемые методы оперативного регулирования стока основаны на графоаналитических расчетах, что не позволяет использовать для этой цели электронно-вычислительную технику.

Особенности ирригационного потребления в условиях за-

регулируемого стока состоят в том, что при дефиците оросительной воды необходимо снизить плановое водопотребление с таким расчетом, чтобы имеющимися запасами воды обеспечить полив сельхозкультур в заданный период. Кроме того, урожайность поливных сельхозкультур зависит не только от величины общей потребной оросительной нормы, но и от фазы развития растений. Так, в отдельные фазы развития растений даже существенное снижение оросительной нормы может привести к незначительной потере урожайности и наоборот. Поэтому в условиях зарегулированности стока воды и ее дефиците необходимо планировать дифференцированные уровни водообеспеченности по отдельным фазам развития ведущих поливных сельхозкультур в целях снижения неизбежного ущерба орошаемому земледелию.

В условиях недостаточной водообеспеченности источника орошения распределение водных ресурсов на оросительных системах осуществляется на основе приоритетности водоподачи определенной группы потребителей и сокращения ее остальным потребителям. К приоритетным потребителям, которых не касаются ограничения в воде, обычно относят промышленные предприятия, коммунально-бытовые службы, санитарные выпуски, тепловые электростанции, рыбохозяйственные объекты, а также пастбища. По решению органа, утверждающего планы водопользования оросительных систем, в эту группу могут быть включены и другие водопотребители или исключены отдельные из вышеперечисленных. Кроме того, при наличии ГЭС на источнике орошения должен быть предусмотрен приоритетный транзитный выпуск из водохранилища, обеспечивающий целесообразный объем выработки электроэнергии. Он же будет являться и санитарным выпуском, независимо от наличия ГЭС. Имеющийся дефицит водных ресурсов должен быть распределен между остальными категориями водопотребителей, основным из которых является орошаемое земледелие.

Критерии водораспределения могут быть приняты:

пропорционально уровню водообеспеченности источника орошения;

в соответствии с коэффициентами приоритетности.

Коэффициенты приоритетности могут устанавливаться на основе:

экспертных оценок водохозяйственными или сельскохозяйственными органами;

оценки общего экономического ущерба от дефицита оросительной воды и принципов его распределения между водопользователями.

Критерии водораспределения и коэффициенты приоритетности устанавливаются в каждом конкретном случае водохозяйственными или сельскохозяйственными органами.

В существующих условиях гидрологические прогнозы представляются на очередной поливной период (календарный месяц, декада, пятидневка) или для экстремальных условий. Исходя из этого, предлагается оперативную корректировку производить по мере поступления указанных прогнозов в целом на очередной поливной период и оставшийся расчетный период.

Принимаем следующие обозначения исходных данных:

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

$\nu = 1, 2, \dots, p$ — индексы головных водозаборов участка;

$t = 1, 2, \dots, n$ — индексы декад месяцев расчетного периода;

$t = 1, 2, \dots, K$ — индексы декад месяцев периода наполнения водохранилищ;

$t = K + 1, K + 2, \dots, n$ — индексы декад месяцев периода сработки водохранилищ;

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

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

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

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

U_{rit} — приоритетный транзитный выпуск с i -го водохранилища в t -ую декаду;

U_{eit} — предельный транзитный выпуск с i -го водохранилища в t -ую декаду;

- ΔW_{it} - прогнозные потери воды из i -го водохранилища в t -ую декаду;
- W_{i0} - фактический объем наполнения i -го водохранилища на начало расчетного периода;
- W_{ie} - полезный объем наполнения i -го водохранилища;
- α_i - коэффициент приоритетности прочих потребителей i -го участка, вводимый при дефиците воды;
- β_{it} - коэффициент приоритетности прочих потребителей i -го участка в t -ую декаду, вводимый при дефиците оросительной воды.

Расчет производится последовательно по участкам, начиная с первого (верхнего), для которого устанавливаются: суммарные плановые расходы приоритетных потребителей

$$q'_{it} = \sum_{j=1}^p \Delta q'_{ijt} ; \quad (I)$$

суммарные плановые расходы прочих потребителей

$$q_{it} = \sum_{j=1}^p \Delta q_{ijt} ; \quad (2)$$

суммарные плановые расходы общего потребления

$$\sum q_{it} = q'_{it} + q_{it} + U_{rit} + \Delta W_{it} ; \quad (3)$$

избыток (+) или недостаток (-) последних относительно прогнозных притоков воды

$$\Delta Q_{it} = Q_{it} - \sum q_{it} ; \quad (4)$$

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

$$W_{it} = W_{i0} + \sum_{t=1}^n \Delta Q_{it} . \quad (5)$$

Общий транзитный попуск принимается равным приоритетному попуску. При этом объем наполнения водохранилища не должен превышать его полезную емкость, т.е. должно соблюдаться ограничение

$$W_{it} \leq W_e . \quad (6)$$

В случае, если в ряде декад $t = f, f+1, \dots, K$ имеем

$$W_{it} > W_{ie} , \quad (7)$$

то для них принимаем

$$W_{it} = W_{ie} \quad (8)$$

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

$$W_{if} = W_{i0} + \sum_{t=1}^f \Delta Q_{it} ; \quad (9)$$

дополнительный транзитный попуск из водохранилища

$$\Delta U_{if} = W_{if} - W_e ; \quad (10)$$

суммарный транзитный попуск из водохранилища

$$U_{if} = U_{rif} + \Delta U_{if} . \quad (11)$$

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

$$U_{if} > U_{ie} , \quad (12)$$

то его величина устанавливается, исходя из условия

$$U_{if} = U_{ie} , \quad (13)$$

а излишки направляются в аварийный сброс в количестве, определяемом выражением

$$U_{iaf} = U_{if} - U_{ie} , \quad (14)$$

где U_{if} находится из условия (II).

Дальнейшими расчетами для декад $t=f+1, f+2, \dots, K$, при $\Delta Q_{it} \geq 0$, находим:

дополнительный транзитный попуск из водохранилища

$$\Delta U_{it} = \Delta Q_{it} ; \quad (15)$$

остальные показатели в соответствии с условиями (8), (II), (12), (13) и (14) при $f=t$.

Для последующих декад $t=K+1, K+2, \dots, n$, при $\Delta Q < 0$, режим работы водохранилища устанавливается по выражению

$$W_{it} = W_e + \sum_{t=K+1}^n \Delta Q_t . \quad (16)$$

Общий транзитный попуск принимается равным приоритетному попуску.

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

$$Q'_{it} = Q_{it} - Q_{i-1,t} + U_{i-1,t} \quad (I7)$$

По завершении указанных расчетов устанавливаются обеспеченности плановых расходов прочих потребителей:

$$\alpha_i = 1 + \frac{W_{in}}{\sum_{t=1}^n q_{it}} \quad (I8)$$

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

Дальнейшие расчеты выполняются при условии

$$\alpha_1; \alpha_2; \alpha_3 \dots \alpha_m > 1; \quad (I9)$$

$$\alpha_1 \leq \alpha_2 \leq \alpha_3 \leq \dots \leq \alpha_m; \quad (20)$$

$$\alpha_1 > \alpha_2 > \alpha_3 > \dots > \alpha_m; \quad (2I)$$

$$\alpha_1 > \alpha_2 < \alpha_3 > \alpha_4 > \dots < \alpha_m. \quad (22)$$

Условие (I9) показывает, что прогнозные запасы воды в состоянии удовлетворить суммарные плановые расходы общего потребления на всех участках. Исходя из этого, принимаем: расход головных водозаборов

$$U_{ivt} = q_{ivt} \quad (23)$$

режим работы водохранилищ в соответствии с условиями (5), (8) и (9);

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

Из условия (20) следует, что обеспеченность плановых расходов прочих потребителей возрастает по течению воды, что не позволяет их выравнивать в целом по источнику орошения. В этом случае каждый участок рассматривается как автономный источник орошения с водохранилищем. При этом по отдельным участкам могут сохраняться условия:

$$\alpha_i \geq 1,0; \quad (24)$$

$$\alpha_i < 1,0. \quad (25)$$

условие (24) идентично условию (I9). Как следует из условия (25), прогнозные запасы водных ресурсов на участке не могут обеспечить общие плановые расходы потребления, поэтому необходимо снижать обеспеченность прочих потребителей. Условия зарегулированности стока позволяют распределить прогнозный дефицит водных ресурсов дифференцированно на весь расчетный период с учетом коэффициентов приоритетности. Дальнейшие расчеты в этом случае выполняются при условии:

$$W_{ik} < W_{il}; \quad (26)$$

$$W_{ik} = W_{il}. \quad (27)$$

Условие (26) показывает, что прогнозные запасы воды в водохранилище к концу периода наполнения меньше, чем его полезная емкость. Это позволяет распределять общий дефицит водных ресурсов на весь расчетный период, включая и период наполнения водохранилища. В данном случае дальнейшими расчетами определяются:

условная обеспеченность прочих потребителей в целом на расчетный период

$$\beta_i = \frac{\sum_{t=1}^n q_{it} + W_{in}}{\sum_{t=1}^n \delta_{it} \cdot q_{it}}; \quad (28)$$

расчетная обеспеченность прочих потребителей по времени

$$\alpha_{it} = \beta_i \cdot \delta_{it}; \quad (29)$$

откорректированный режим работы водохранилища

$$W'_{it} = W_{it} + \sum_{t=1}^n (1 - \alpha_{it}) q_{it}. \quad (30)$$

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

$$W'_{it} \leq W_{ie}. \quad (3I)$$

Если условие (31) соблюдается, то дальнейшими расчетами устанавливаются:

расчетные расходы прочих потребителей по каждому головному водозабору

$$\Delta U_{it} = \alpha_{it} \cdot \Delta q_{it}; \quad (32)$$

расчетные расходы головных водозаборов

$$U_{it} = \Delta q'_{it} + \Delta U_{it}; \quad (33)$$

транзитные попуски из водохранилищ

$$U_{it} = U_{it}. \quad (34)$$

Если условие (31) не соблюдается, то величина обеспеченности устанавливается отдельно для периодов наполнения и сработки водохранилищ. Для периода наполнения водохранилищ общая величина дефицита водных ресурсов принимается равной свободной емкости водохранилищ. При этом условная обеспеченность прочих потребителей определяется по выражению

$$\beta_{ik} = \frac{\sum_{t=1}^k q_{it} - (W_{il} - W_{ik})}{\sum_{t=1}^k \theta_{it} \cdot q_{it}}. \quad (35)$$

Условная обеспеченность прочих потребителей в период сработки водохранилищ определяется с учетом частичного покрытия общего дефицита водных ресурсов в период наполнения на величину свободной емкости водохранилищ

$$\beta_{in} = \frac{\sum_{t=k+1}^n q_{it} + W_{in} + (W_{il} - W_{ik})}{\sum_{t=k+1}^n \theta_{it} \cdot q_{it}}. \quad (36)$$

Расчетные обеспеченности прочих потребителей во времени для соответствующих периодов находятся по выражениям

$$\alpha_{it} = \beta_{ik} \theta_{it} \quad (t=1, 2, \dots, k); \quad (37)$$

$$\alpha_{it} = \beta_{in} \theta_{it} \quad (t=k+1, k+2, \dots, n). \quad (38)$$

Дальнейшими расчетами определяются показатели в соответствии с условиями (30), (32), (33) и (34).

Условие (27) показывает, что прогнозные запасы водных ресурсов в период наполнения водохранилища превышают его полезную емкость. В этом случае нет необходимости в период

наполнения ограничивать плановую водоподачу, а имеющийся дефицит водных ресурсов распределять между потребителями только в период сработки водохранилищ.

Исходя из этого, для периода наполнения водохранилища ($t = 1, 2, \dots, K$) показатели, определенные ранее зависимостями (5), (8), (II), (I3), (I4), (I5) и (I9), принимаются за расчетные.

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

условная обеспеченность прочих потребителей в целом за расчетный период

$$\beta_{in} = \frac{\sum_{t=K+1}^n q_{it} + W_n}{\sum_{t=K+1}^n \theta_{it} \cdot q_{it}}; \quad (39)$$

остальные показатели $t=K+1$ - в соответствии с условиями (38), (30), (32) (33) и (34).

Как следует из условия (21), обеспеченности плановых расходов прочих потребителей снижаются по течению воды, что обуславливает и позволяет их выравнивать за счет перераспределения прогнозных водных ресурсов между участками.

Исходя из этого, дальнейшими расчетами определяются:

условная обеспеченность прочих потребителей источника орошения в целом за расчетный период

$$\beta = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{t=1}^n q_{it} + \sum_{i=1}^m W_{it}}{\sum_{i=1}^m \sum_{t=1}^n a_i q_{it}}; \quad (40)$$

расчетные обеспеченности прочих потребителей каждого участка в целом за расчетный период

$$\alpha'_i = a_i \beta. \quad (41)$$

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

дополнительные транзитные попуски перераспределения

стока в нижерасположенные участки

$$\Delta U'_{it} = (\alpha'_i - \alpha_i) q_{it}; \quad (42)$$

дополнительные объемы перераспределения стока в пределах расчетного периода за счет снижения обеспеченности прочих потребителей

$$\Delta q_{it} = q_{it} - \alpha'_i q_{it}; \quad (43)$$

откорректированный режим работы водохранилища с учетом перераспределения стока

$$W'_{it} = W_{it} + \sum_{t=1}^n \Delta q_{it} + \sum_{t=1}^n \Delta U'_{it}. \quad (44)$$

Для последующих водохранилищ ($i = 2, 3, \dots, m$) определяются аналогичные показатели в соответствии с условиями (42)^{*}, (43) и (44) и дополнительно к ним суммарные дополнительные попуски с водохранилищ

$$\sum \Delta U'_{it} = \Delta U'_{it} + \sum \Delta U'_{i-1,t}. \quad (45)$$

При этом могут быть следующие случаи:

$$\sum \Delta U'_{it} > 0, \quad (46)$$

$$\sum \Delta U'_{it} \leq 0. \quad (47)$$

Из условия (46) видно, что в отдельные декады транзитные попуски из верхних водохранилищ не в состоянии обеспечить расчетный режим работы водохранилища. Это обуславливает необходимость его дополнительной корректировки при условии:

$$W''_{it} = W'_{it} - \sum_{t=1}^n \sum \Delta U'_{it}; \quad (48)$$

$$\sum \Delta U''_{it} = 0. \quad (49)$$

Когда для всех водохранилищ будет выполнено условие (47), то проверяется ограничение

$$W'_{it} \leq W_{il} \quad \text{или} \quad W''_{it} \leq W_{il}. \quad (50)$$

* при знаке плюс — дополнительные объемы аккумуляции.

Если для ряда водохранилищ ограничение (50)

не соблюдается, то рассматривается возможность перераспределения их расчетных запасов в вышерасположенных водохранилищах, где они в период наполнения будут аккумулироваться, а в период сработки — сбрасываться. В этом случае общие дополнительные объемы аккумуляции стока в верхних водохранилищах определяются как

$$\Delta U = \sum_{i=1}^p \sum_{t=1}^k \Delta U'_{it}; \quad (51)$$

при условии
$$\sum_{i=1}^p \sum_{t=1}^k \Delta U'_{it} \leq \sum_{i=1}^h (W_{ie} - W''_{ik}), \quad (52)$$

при
$$\sum_{i=1}^p \sum_{t=1}^k \Delta U'_{it} > \sum_{i=1}^h (W_{ie} - W''_{ik}), \quad (53)$$

$$\Delta U = \sum_{i=1}^h (W_{ie} - W''_{ik}), \quad (51a)$$

где $i = 1, 2, \dots, p$ — индексы водохранилищ, где не соблюдается условие (50);
 $i = 1, 2, \dots, n$ — индексы верхних водохранилищ, где аккумулируются избыточные расчетные запасы воды.

Для водохранилищ $i = 1, 2, \dots, p$ — дальнейшими расчетами определяются:

откорректированный режим работы водохранилища в период наполнения. ($t = 1, 2, \dots, k$)

$$W''_{it} = W'_{it} - \mu \sum_{t=1}^k \Delta U'_{it}; \quad (54)$$

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

$$W''_{it} = W'_{it} - \mu \sum_{t=1}^k \Delta U'_{it} + \sum_{t=k+1}^n \delta_{it}, \quad (55)$$

где

$$\mu = \frac{\Delta U}{\sum_{i=1}^p \sum_{t=1}^k \Delta U'_{it}}; \quad (56)$$

δ_{it} - дополнительные попуски из верховых водохранилищ $i = 1, 2, \dots, n$, определяемые по выражению

$$\delta_{it} = W_{il} - (W'_{it} - \mu \sum_{t=1}^K \Delta U'_{it}) ; \quad (57)$$

при ограничениях

$$\delta_{it} \leq \mu \sum_{t=1}^K \Delta U_{it} \quad (58)$$

$$\delta < 0 \quad \text{принимается} \quad \delta = 0 . \quad (59)$$

При достижении тождества условия (58) последующий режим работы водохранилища принимается

$$W''_{it} = W'_{it} . \quad (60)$$

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

$$W''_{it} = W_{it} - \rho_i \mu \sum_{i=1}^p \sum_{t=1}^K \Delta U'_{it} , \quad (61)$$

где

$$\rho_i = \frac{W_{il} - W'_{ik}}{\Delta U} \quad (62)$$

при ограничении

$$\rho_1 + \rho_2 + \dots + \rho_n \leq 1 . \quad (63)$$

Дополнительные объемы аккумуляции распределяют, начиная с водохранилища, смежного к группе $i = 1, 2, \dots, p$, и если для очередного водохранилища "X" из группы $i = 1, 2, \dots, h$ имеем

$$\rho_1 + \rho_2 + \dots + \rho_x > 1 , \quad (64)$$

то

$$\rho_x = 1 - \sum_{i=1}^{x-1} \rho_i . \quad (65)$$

режим работы водохранилищ $i = 1, 2, \dots, h$ в период сработки $t = K+1, K+2, \dots, n$ определяется как

$$W''_{it} = W'_{it} + \rho_i \mu \sum_{i=1}^p \sum_{t=1}^K \Delta U'_{it} - \rho_i \sum_{i=1}^p \sum_{t=K+1}^n \delta_{it} . \quad (66)$$

Затем для водохранилищ $i = 1, 2, \dots, p$ вновь проверяется

ограничение (50), и если оно не выдерживается для отдельных, то для них дальнейшими расчетами определяются:

откорректированная обеспеченность прочих потребителей в период наполнения водохранилища ($t = 1, 2, \dots, K$)

$$\alpha''_i = \alpha'_i + \frac{W'_{ik} - W_{il}}{\sum_{t=1}^K q_{it}} ; \quad (67)$$

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

$$\alpha''_i = \alpha'_i - \frac{W'_{ik} - W_{il}}{\sum_{t=K+1}^n q_{it}} ; \quad (68)$$

откорректированный режим работы водохранилища

$$W'''_{it} = W''_{it} - \sum_{t=1}^n (\alpha''_i - \alpha'_i) q_{it} . \quad (69)$$

По установлению режимов работы водохранилищ и обеспеченности прочих потребителей оценивается возможность корректировки последних с учетом приоритетности по времени, исключая водохранилища, не выдержавшие ранее ограничение (50). С этой целью дальнейшими расчетами определяются: обеспеченность прочих потребителей по времени

$$\alpha_{it} = \beta_{it} \cdot d , \quad (70)$$

где

$$d = \alpha'_i \frac{\sum_{t=1}^n q_{it}}{\sum_{t=1}^n \beta_{it} \cdot q_{it}} = const ; \quad (71)$$

откорректированный режим работы водохранилищ

$$W'''_{it} = W''_{it} + \sum_{t=1}^n (\alpha'_i - \alpha_{it}) q_{it} \quad (72)$$

при ограничении

$$W'''_{it} \leq W_{il} . \quad (73)$$

Если ограничение не выдерживается, то обеспеченность прочих потребителей по времени для таких водохранилищ, а

также водохранилищ, для которых определялось условие (69), устанавливается только для периода их сработки ($t = K+1, K+2, \dots, n$)

$$\alpha'_{it} = \alpha'_i \theta_{it} \frac{\sum_{t=K+1}^n q_{it}}{\sum_{t=1}^n \theta_{it} q_{it}}; \quad (74)$$

$$W'''_{it} = W''_{it} + \sum_{t=K+1}^n (\alpha'_i - \alpha'_{it}) q_{it}. \quad (75)$$

По окончательному установлению режимов работы водохранилищ обеспеченности прочих потребителей дальнейшими расчетами определяются:

расчетные расходы прочих потребителей по каждому головному водозабору

$$\Delta U_{i,t} = \alpha'_{it} \cdot \Delta q_{i,t}; \quad (76)$$

расчетные расходы головных водозаборов

$$U_{i,t} = \Delta q'_{i,t} + \Delta U_{i,t}; \quad (77)$$

общие транзитные попуски с водохранилищ

$$U'_{it} = U_{it} - \sum \Delta U'_{it} - \rho_i \mu \sum_{t=1}^P \sum_{t=1}^K \Delta U'_{it} + \rho_i \sum_{t=1}^h \sum_{t=K+1}^n \delta_{it}; \quad (78)$$

расчетный приток воды на участок

$$Q'_i = Q_{it} - Q_{i-1,t} + U'_{i-1,t}. \quad (79)$$

Условие (22) показывает, что выравнивать обеспеченность прочих потребителей возможно лишь по отдельным группам участков, но не по источнику орошения. С этой целью, начиная с верховья источника орошения, выделяются группы участков $i = 1, 2, \dots, C$, отвечающих условию (21), и по каждой из групп определяют условную обеспеченность прочих потребителей в соответствии с условиями (40) и (41). Затем вновь анализируются обеспеченности прочих потребителей в целом по источнику орошения с позиции уточнения состава групп участков $i = 1, 2, \dots, C$ и т.д. вплоть до оконча-

тельного их установления.

Для каждого участка, не вошедшего в группы $i = 1, 2, \dots, C$, устанавливаются необходимые показатели в соответствии с решениями, изложенными для условия (20), а для каждой группы участков $i = 1, 2, \dots, C$ - для условия (21), рассматривая их как автономные источники орошения.

Литература

1. Картвелишвили Н.А. Регулирование речного стока. - Л.: Гидрометеиздат, 1976.
2. Киктенко В.И., Баешев Б.Б. Аналитический метод регулирования стока. - Алма-Ата, 1977.
3. Ляпичев П.А. Методика регулирования стока и водохозяйственных расчетов. - М.: Стройиздат, 1972.
4. Плешанов Я.Ф. Регулирование речного стока. - Л.: Гидрометеиздат, 1975.
5. Нежиховский Р.А. Гидрологические расчеты и прогнозы при эксплуатации водохранилищ. - Л.: Гидрометеиздат, 1976.
6. Цветков Е.В. Расчет оптимального регулирования стока водохранилищами гидроэлектростанций с помощью ЭВМ.
7. Чоккин Ш.Ч. и др. Методика расчета регулирования стока. - Алма-Ата: Наука, 1980.

Р.А. Усманов, канд. техн. наук,
С.А. Полинов, канд. техн. наук,
А.М. Яхьябаев

ОЦЕНКА ВОДОБЕСПЕЧЕННОСТИ КМК В УСЛОВИЯХ ДЕЙСТВИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОГРАНИЧЕНИЙ ПО ВОДОЗАБОРУ

В 1977-1983 гг. каскад насосных станций (НС) КМК на орошение Каршинской степи и других земель подавал ежегодно около 3,5...5 млрд. м³ амударьинской воды. В результате урожайность только хлопчатника за эти годы возросла до 350 тыс. т. Обеспечение указанного объема водоподачи сопряжено

со значительными трудностями эксплуатации головного участка каскада НС. В связи с этим требуется специальный анализ и оценка гарантий по водообеспеченности не только существующих земель (233 тыс. га), но и вновь осваиваемых 134 тыс. га верхней зоны Каршинской степи.

С технологической точки зрения водообеспеченность КМК определяется техническими возможностями водоподачи каскада насосных станций и степенью заполнения Талимарджанского водохранилища, которая, в свою очередь, также зависит от работоспособности каскада насосных станций. Рассмотрим работу каскада насосных станций.

В условиях бесплотинного водозабора из р. Амударьи величина водоподачи каскада НС в основном определяется работой головного участка (рис. 1), в который входят насосная станция (НС-I), подводящий канал, водозаборный участок и комплекс гидротехнических сооружений (СУС, аванкамера и др.).

Подача НС-I в настоящее время (жестколопастные рабочие колеса) определяется

$$Q_{НС-I} = f(H, z),$$

где H - полный напор;
 z - количество работающих агрегатов.

$$H = H_r + \sum \Delta h;$$

$$H_r = \nabla ВБ_{НС-I} - \nabla НБ_{НС-I},$$

где H_r - геометрическая высота подъема воды, определяемая как разница отметок горизонтов верхнего и нижнего бьефов;
 $\sum \Delta h$ - суммарные гидравлические потери во всасывающей и напорной частях НС-I;

$$\nabla ВБ_{НС-I} = f(z);$$

$$\nabla НБ_{НС-I} = f(\nabla АД; Q, b_0, l_0, m_0, n_0, l_0, k_s),$$

где $\nabla АД$ - отметка горизонта воды в Амударье;
 Q - расход в подводящем канале;
 b_0 - ширина канала по дну;
 l_0 - длина канала;

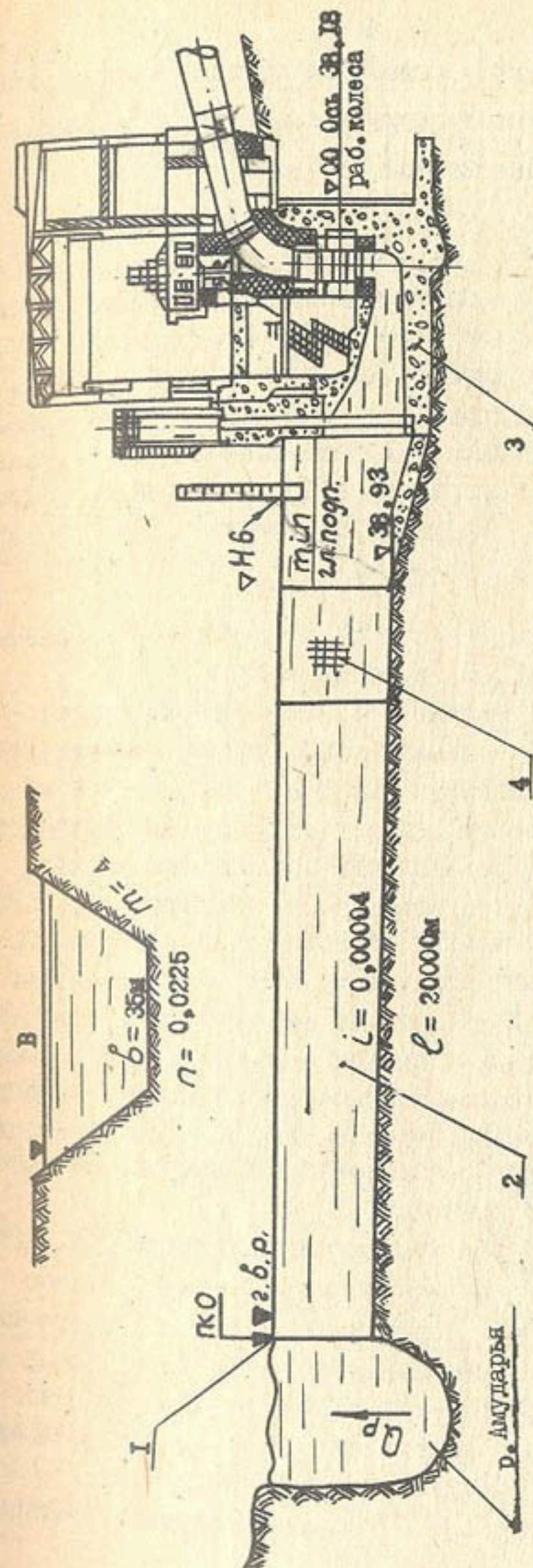


Рис. 1. Схема головной части каскада насосных станций КМК:

1 - водозаборный участок; 2 - подводящий канал;
3 - насосная станция НС-I; 4 - сооружение (СУС).

- m_0 — коэффициент заложения боковых откосов канала;
 n_0 — коэффициент шероховатости стенок канала;
 i_0 — уклон дна канала;
 k_3 — коэффициент заиления канала.

На основе данных зависимостей, используя фактические геометрические соотношения подводящего канала, а также рабочую характеристику насоса ОПИ-260 и другие технологические условия, разработана математическая модель, составлены алгоритм и программа, которые позволяют рассчитывать величину подачи НС-I в зависимости от горизонта воды в Амударье в строере водозабора и заданном числе работающих агрегатов. На рис.2, по данным расчета, построена номограмма $Q = f(z, \nabla A D)$.

Если на номограмму нанести действительные режимы работы НС-I за 1979-1980 гг., получим:

математическая модель достаточно верно отражает физическую картину гидравлических явлений на участке река-подводящий канал-насосная станция-промежуточный канал. Отклонение фактических режимов от расчетных объясняется различной степенью заиленности подводящего канала;

работа каскада 4+6 агрегатами, как правило, осуществляется только при высоких горизонтах в Амударье. Остановимся на этом пункте более подробно. Как показывает практика эксплуатации НС-I, работа 4+6 агрегатов при относительно низких уровнях сопровождается вибрацией, имеющей, по-видимому, кавитационный характер. Это явление объясняется тем, что насосные агрегаты имеют якобы кавитационные качества ниже проектно-заводских. По нашему мнению, это утверждение лишено оснований.

Рассмотрим рабочую характеристику насоса ОПИ-260 (рис.3), на которую нанесены рабочие режимы насоса, работающего в различных сочетаниях включений агрегатов (1+6) при фиксированном горизонте в Амударье ($\nabla 45,6$). В этом диапазоне (практически весь возможный диапазон работы каждого насосного агрегата) кавитационные показатели, а следовательно, и требуемые заглубления рабочих колес изменяются незначительно. В таблице приведены соответ-

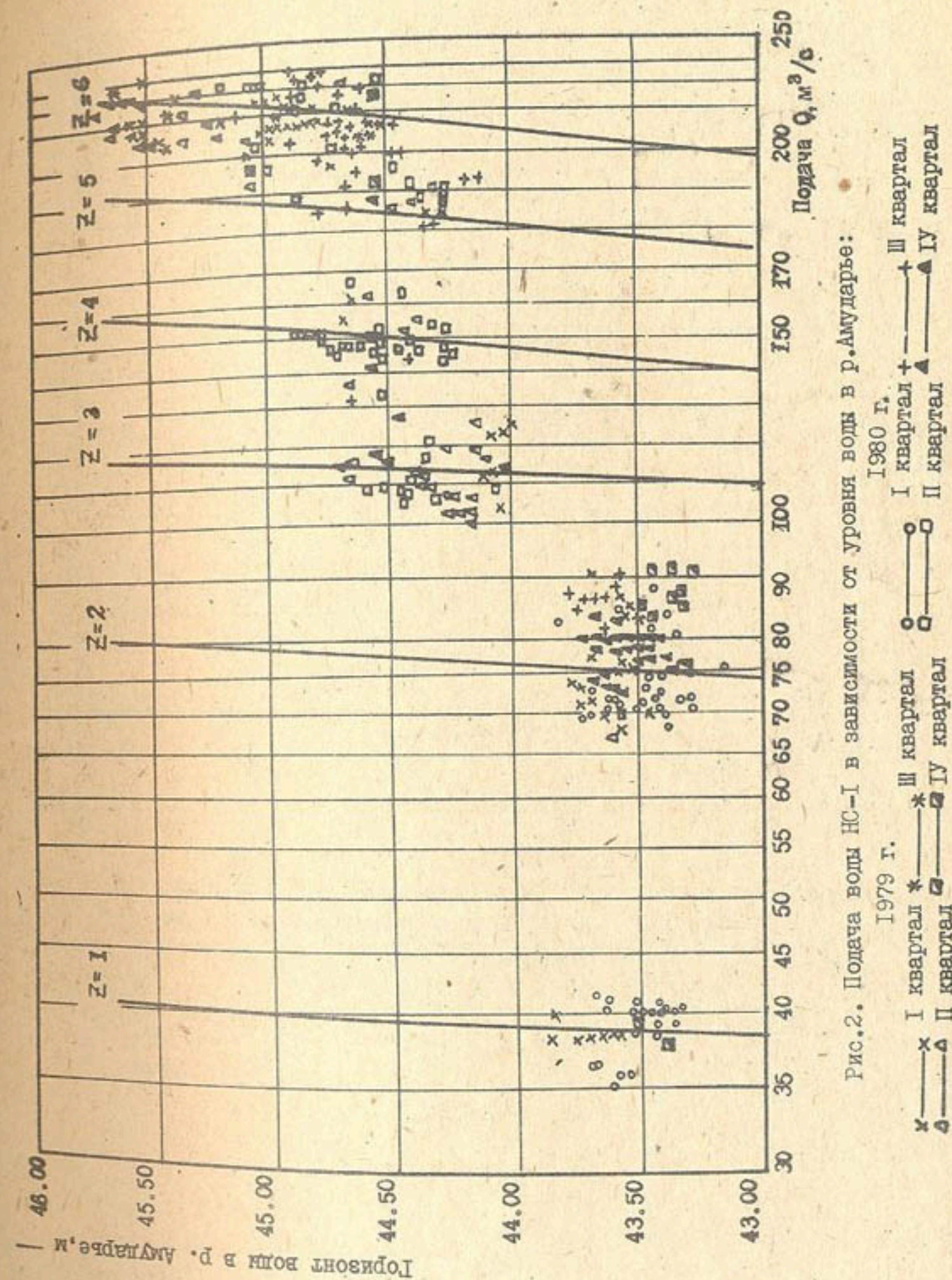


Рис.2. Подача воды НС-I в зависимости от уровня воды в р. Амударье:

1979 г. I квартал — x, II квартал — Δ, III квартал — *, IV квартал — □
 1980 г. I квартал — +, II квартал — Δ, III квартал — x, IV квартал — □

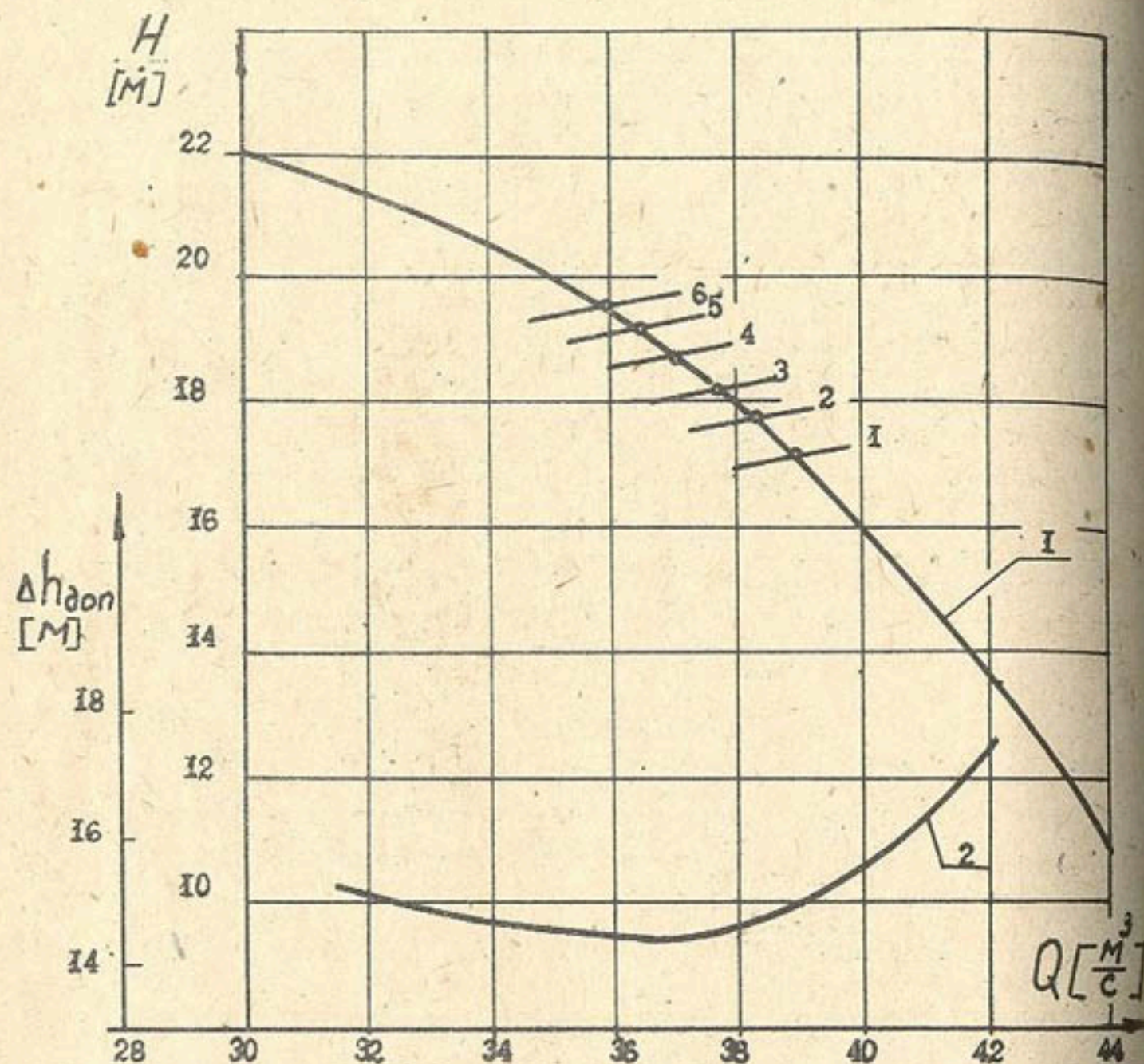


Рис.3. Рабочая характеристика насоса ОПВІІ-260 при $n = 250$ об/мин и угле установки лопастей рабочего колеса $\varphi = -3^\circ$: 1 - напорная характеристика; 2 - кавитационная характеристика.

Примечание. На характеристике 1 нанесены режимы работы насосных агрегатов НС-І при горизонте в Амударье (ПК0) $\nabla 243,6$ в зависимости от числа работающих агрегатов.

вующие величины заглублений, полученные из рабочей (заводской) характеристики насоса. При функционировании 1÷2 агрегатов фактические величины заглубления оказываются значительно меньше, т.е. насосы работают в диапазоне кавитационного запаса 20÷25%, который предусматривается ТУ.

Т а б л и ц а

Количество работающих агрегатов, шт.	1	2	3	4	5	6
Ориентировочная подача, м³/с	40	80	120	160	200	240
Допустимый уровень в аванкамере НС-І, согласно кавитационным требованиям насоса, м	4,8	4,6	4,5	4,5	4,6	4,7
Фактические минимальные в уровни в аванкамере НС-І поддерживаемые при дефиците уровней в Амударье, м	4,0	4,2	4,4	4,7	5,0	5,8
Уровни в аванкамере НС-І, рекомендуемые службой эксплуатации, м	4,3	4,48	5,3	5,6	5,78	6,48

Следовательно, кавитационные показатели насоса ОПВІІ-260 соответствуют заводским универсальным характеристикам. При увеличении подачи НС-І за счет включения последующих 4÷6 агрегатов кавитационная обстановка на станции изменяется: нормальная работа агрегатов достигается путем дополнительного увеличения уровня горизонта воды в аванкамере (заглубления рабочего

колеса). В то же время, согласно кавитационной характеристике насоса, при 6-ти работающих агрегатах достаточно было бы иметь горизонт воды в аванкамере всего на 0,2 м выше, чем при трех работающих машинах. Однако, как показала практика, нормальная, безкавитационная эксплуатация НС-I требует повышения горизонта, соответственно, на 1,4 м. При этом величина дополнительного увеличения горизонта в аванкамере составляет 1,1 м. В условиях бесплотинного водозабора это означает, что продолжительность работы НС-I с большим числом агрегатов уменьшается, а следовательно, уменьшается и возможная величина водозабора системой КМК.

Не выявляя причин, указанных в технологических ограничениях (этот вопрос выходит за рамки настоящего исследования), рассмотрим количественные соотношения величин водозаборов КМК в зависимости от водного режима Амударьи. Оценка водного режима Амударьи, т.е. определение величин стока и горизонтов, дается на основании гидрометрических материалов УГМС по створу Керки за последние 20 лет. При обработке данных по горизонтам воды в Амударье по створам Керки и Пулизиндан (место водозабора КМК) установлен показатель превышения уровней в 5,13 м в створе Пулизиндан относительно створа Керки. В результате получена вероятностная зависимость режима расходов р. Амударьи и горизонтов воды в створе Пулизиндан от числа случаев появления того или иного интервала расходов в диапазоне 500-2500 м³/с на уровне существующей и ожидаемой степени зарегулируемости реки. На современном этапе использования водных ресурсов Амударьи число случаев прохождения расхода до 700 м³/с составляет 29%, свыше 2500 м³/с - 23%, остальные 58% приходятся на 700-2500 м³/с. В условиях же полного распределения стока по ирригационным районам в перспективе число случаев прохождения расходов до 700 м³/с будет составлять уже не 29, а 58%, т.е. ожидается снижение горизонтов воды реки в створе водозабора.

По расчетам, для современного состояния системы (по реке), с учетом функционирования внутрисистемного Талимарджанского водохранилища, гарантированный водозабор КМК при 90%-ной обеспеченности реки составит 4,3 млрд. м³ в год вместо требуемых 5,1 млрд. м³.

Исключение рассмотренных технологических ограничений в подводящей части каскада насосных станций КМК позволит увеличить водозабор до 5,3 млрд. м³ (при 90%-ной обеспеченности реки) при условии сохранения наиболее благоприятного режима эксплуатации насосных станций, т.е. находясь в работе 5 агрегатов, один - в резерве.

В связи с тем, что в маловодные годы орошаемые земли Каршинской степи будут испытывать дефицит в воде более чем на 20%, возникает необходимость в разработке научно обоснованных мероприятий по исключению технологических ограничений, рассмотренных в настоящей работе.

Н.П.Маркин, канд. техн. наук
(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЙ РЕЖИМ РАБОТЫ ИРРИГАЦИОННЫХ ОТСТОЙНИКОВ С ГИДРОПРОМЫВОМ

Поддержание каналов в работоспособном состоянии в Узбекской ССР связано с выполнением очистных работ, ежегодные объемы которых в настоящее время возросли по сравнению с 1940 г. с 17,7 до 300 млн. м³. Причем с каждым годом они увеличиваются. Обусловлено это тем, что воды среднеазиатских рек транспортируют большое количество твердого стока (наносов). Из них на равнинных участках 5...10% составляют донные (влекомые) наносы и 90...95% - взвешенные.

Комплекс мероприятий на водосборных бассейнах и в руслах рек, применение различных конструкций водозаборных сооружений и пескогравиеловок служат надежным способом защиты оросительной сети от донных наносов. Все эти мероприятия не могут полностью предотвратить попадание в сеть взвешенных (мелких) наносов, которые вместе с водой поступают в оросительную сеть, осаждаясь во всех звеньях системы. Распределение отложений в системе происходит неравномерно: в магистральных каналах осаждается до 30%, во внутрихозяйственных - 40...50% и 20% наносов выносятся на поля.

Одно из средств защиты сети от заиления и регулирования режима взвешенных наносов - строительство отстойников.

Наиболее эффективны, технически совершенны и экономически выгодны многокамерные отстойники с периодическим гидравлическим промывом. Однако эксплуатационный режим работы таких отстойников недостаточно изучен, не разработаны в достаточной степени методы расчета гидропромыва, нет рекомендаций по совершенствованию их эксплуатации.

Перед исследователями стояла задача — изучить в натуре гидравлический и наносный режимы многокамерных отстойников равнинных оросительных систем и на основе материалов исследований разработать методику расчета гидравлического промыва ирригационных отстойников; дать рекомендации по улучшению их эксплуатации. Исследования проводились экспедицией САНИИРИ (под руководством Н.П.Маркина) на отстойниках Термезского канала в Сурхандарьинской области, Нижнедеривационного канала в Ташкентской области, Куйганьярского гидроузла на р.Карадарья в Андижанской области и Баграм-Ташинского гидроузла на р.Аракс в Азербайджане. Для анализа режима работы отстойников за прошедшие годы были использованы проектные данные, материалы служб УГМС и эксплуатации ГМС, данные исследований ВНИИГМ и АЗНИИГМ.

Исследования проводились в два этапа. На первом этапе изучали режим осаждения наносов в период, когда наблюдалась большая мутность, значения которой изменялись по Термезскому отстойнику от 0,82 до 7,6 кг/м³, по Баграм-Ташинскому и Куйганьярскому гидроузлам, соответственно, 0,88...7,4 кг/м³ и 0,34...6,02 кг/м³, на втором — режим гидравлического промыва. Средние значения гидравлических параметров и наносных характеристик потока при режиме заиливания камер отстойников представлены в табл. I.

Результаты исследований на первом этапе [I-3] показали:

режим осаждения наносов в отстойнике зависит от гидравлического режима потока;

осветление на головных отстойниках (Баграм-Ташинский, Куйганьярский гидроузлы) составляет в среднем 30%, на внутрихозяйственном (Термезском) — 50%;

распределение отложений наносов по длине камеры происходит неравномерно: в первой трети камеры откладываются

Таблица I

Гидравлические параметры и мутность потока при заиливании камер отстойников

Дата заборов	Номер камер	Гидравлические параметры потока			Мутность потока ρ , кг/м ³	Осветление потока P , %	T , °C
		Q , м ³ /с	v , м/с	h , м			

Термезский отстойник

20.05	I	1,67	0,24	1,36	1,55	40,0	18,0
06.06	5	1,57	0,22	1,33	7,6	42,0	20,0

Баграм-Ташинский отстойник

20.06	5	3,70	0,22	2,70	1,69	27,2	21,0
20.07	7	2,60	0,27	2,80	1,60	24,0	22,0
20.07	3	3,9	0,34	2,60	1,58	17,4	17,0
28.07	6	2,88	0,21	2,6	7,38	28,8	22,0
09.08	2	2,43	0,18	2,80	2,05	21,3	22,0

Куйганьярский отстойник

12.04	I	39,2	0,84	1,16	1,41	17,0	18,0
13.04	2	40,2	0,87	1,28	1,52	23,0	18,0
14.05	I	73,85	0,99	1,67	6,0	37,0	16,0
14.05	2	49,27	0,83	1,54	5,98	36,0	16,0
18.06	I	49,3	0,80	1,83	1,48	13,0	18,0
18.06	2	84,0	0,91	2,21	1,53	15,0	18,0
26.07	I	112,0	0,99	2,43	2,0	14,0	20,0
27.07	2	87,0	0,89	2,40	2,0	28,0	20,0

частицы свыше 50 мм, во второй — более 0,3 мм и в третьей — свыше 0,2 мм. Соответственно изменяются объемы отложений: в первой трети они составляют 15...20% общих отложений, во второй — 30...35 и в третьей — 50%. В результате профиль наносных отложений в камерах приобретает трапецеидальную форму;

фракции $> 0,1$ мм, поступающие в отстойник, осаждаются, а фракции $< 0,015$ мм выносятся в каналы.

Режим осаждения наносов проверяли по методике А.Н. Гостунского [4]. На рис. I представлены кривые изменения мутности потока по длине камер отстойников, построенные по натурным и расчетным данным,

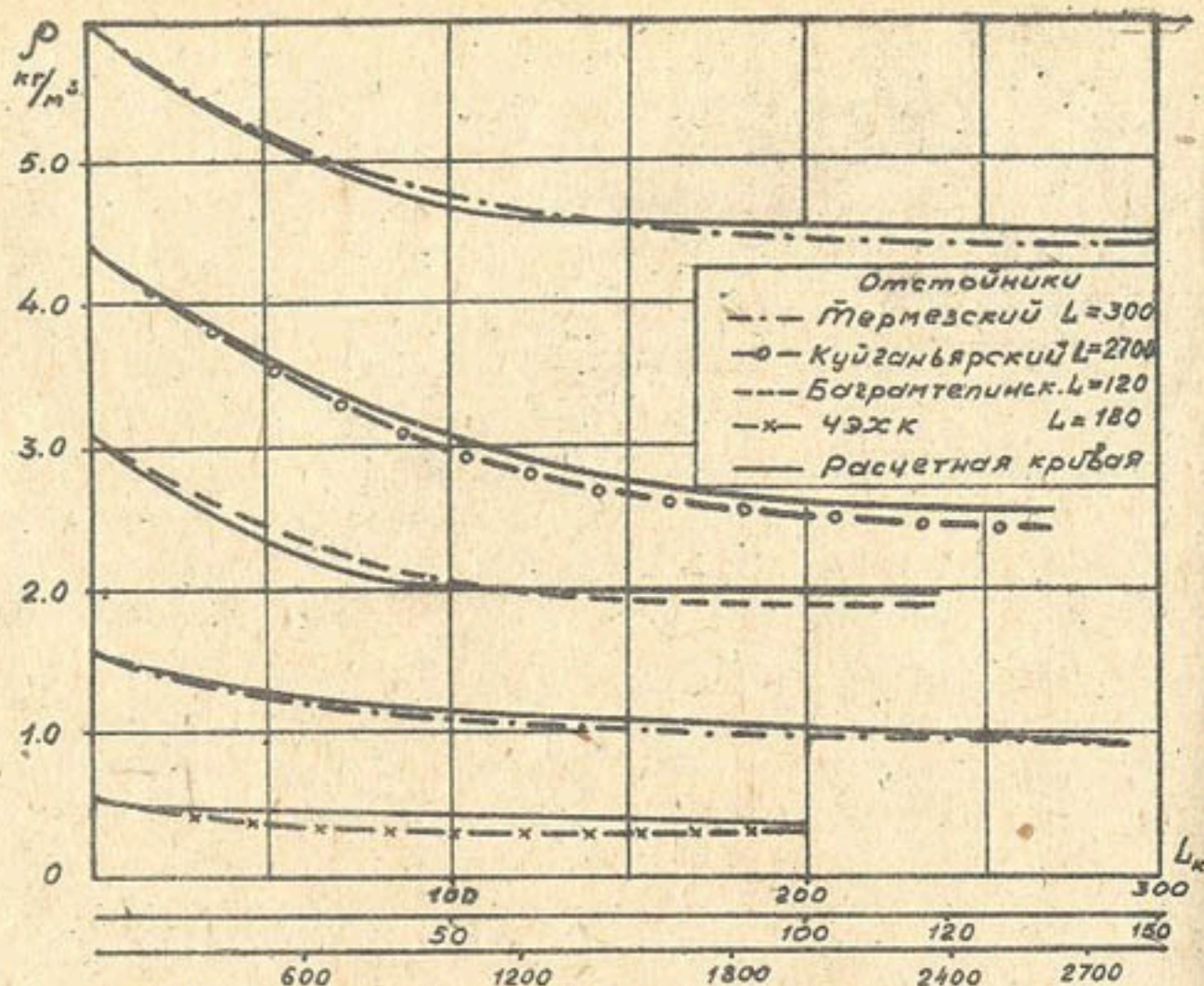


Рис. 1. Изменение мутности по длине камер отстойника.

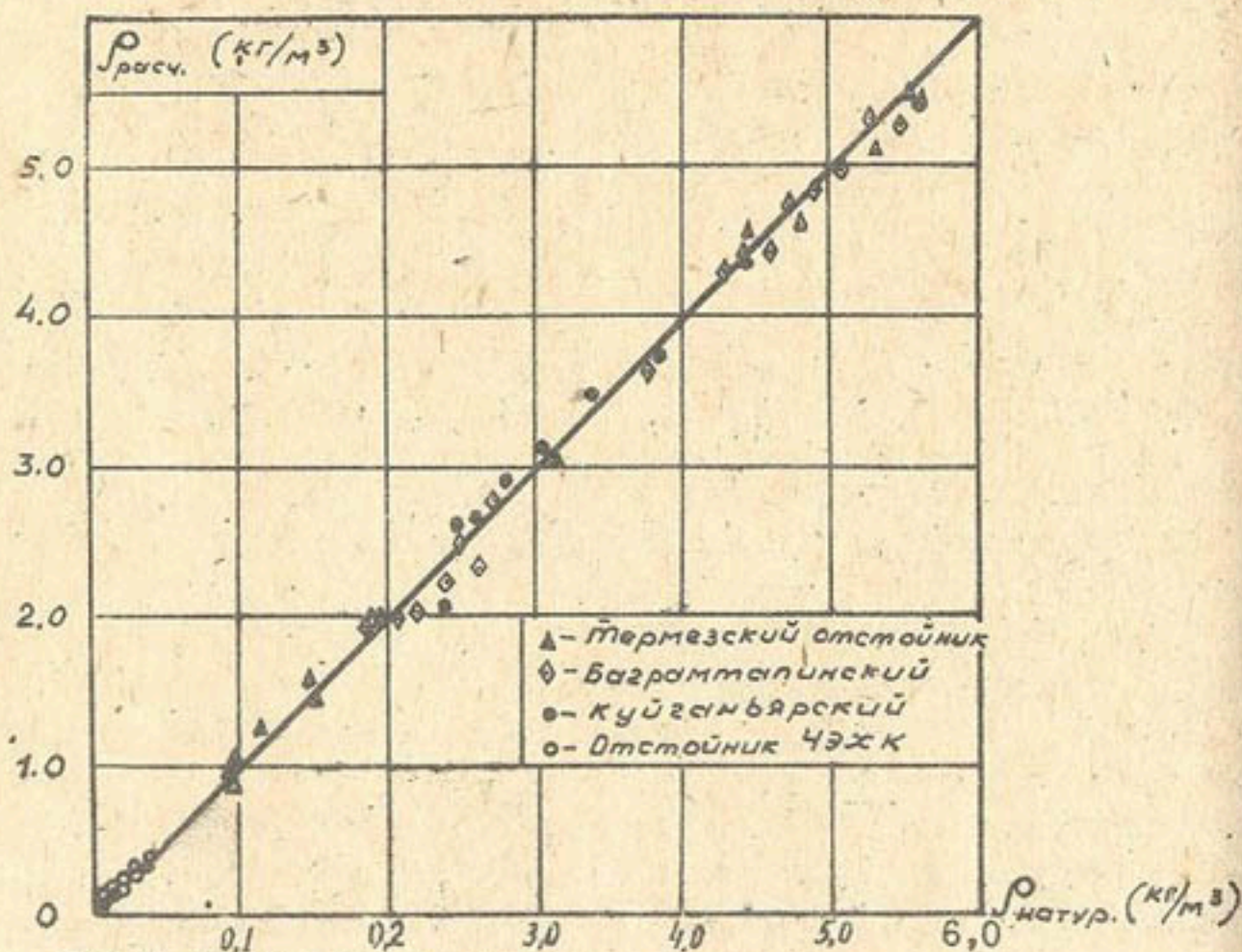


Рис. 2. График связи расчетных значений мутности с натурными данными.

на рис. 2 — график связи расчетных значений мутности с натурными данными. Расхождение не превышало $\pm 9\%$, что подтверждает правильность данной методики.

Процесс промыва изучался при разных гидравлических режимах. Средние значения гидравлических параметров и мутности потока, полученные при промыве, приведены в табл. 2. Промыв проводился практически при постоянном горизонте в верхнем бьефе и постоянном промывном расходе. Скорость промывного потока по длине камеры при этом оставалась постоянной.

Результаты исследований гидропромыва показали, что на манипуляцию шитами (закрытие шитов регулятора в промывную камеру и открытие шитов сбросного сооружения) требуется 15...20 мин; во всех случаях гидропромыва наблюдается закономерное изменение насыщения потока размываемыми наносами;

сразу после открытия шитов сбросного сооружения происходит незначительное насыщение потока, в основном мелкими наносами ($< 0,2$ мм). В это время наблюдается спад уровня воды в камерах;

после спада уровня воды в промывной камере интенсивность размыва резко возрастает, достигая в определенный момент максимальной величины. Глубина промывного потока в этот момент равна критической;

в дальнейшем, ввиду изменения гидравлических элементов потока (увеличение глубины и изменение скорости потока), процесс насыщения потока наносами затухает. Мутность промывного потока снижается до начальной величины. В этот период в десятки раз сокращается объем размываемых наносов, во столько же раз увеличивается удельный расход промывной воды, т.е. промыв в это время малоэффективен;

размыв наносных отложений происходит по всей ширине дна толщиной $\Delta h = (0,2...0,3)$ м;

изменение фракционного состава промывной пульпы зависит от степени интенсивности размыва: вначале поток насыщается мелкими фракциями (< 2 мм/с), затем, в период наибольшего размыва, насыщение происходит за счет более крупных фракций (12...2 мм/с), а также фракций > 12 мм/с. Мелкими фракциями промывной поток насыщается равномерно за все время промыва.

Средневзвешенной величиной фракции, насыщающей поток

Данные гидравлических параметров и мутности потока при промыве отстойников

Дата	: Промы-	: Гидравлические элементы:	Продолжит.	: Средняя	: Макс.	: Средняя	: Расход воды		
промыва:	: ваенные	: потока	: промыва,	: мутность:	: гидравли-	: на I м сыпучих з			
: камера	: камера	: Q_{np} ,	: T	: ρ ,	: ческая	: наносов	q_{np} , м ³		
: сёкция	: сёкция	: u_{np} ,	: h_{cp} , м	: кг/м ³	: крупность:	: крупность:			
	: Q_{np} , м ³ /с	: u_{np} , м/с	: h_{cp} , м	: W , мм/с	: W , мм/с	: W , мм/с			
I	: 2	: 3	: 4	: 5	: 6	: 7	: 8	: 9	: 10

		Т е р м е з с к и й	о т с т о й н и к	
20. IV	5	I, 26	I, 05	8ч20мин 0,25 29,6 2,47 42,5
25. IV	5	0,63	0,95	8ч35мин 0,26 27,7 2,06 23,5
25. V	I	I, 05	0,83	8ч40мин 0,43 27,9 2,84 36,0
6. VI	4	I, 56	I, 02	7ч05мин 0,3I 39,3 2,78 28,2
12. VI	5	I, 4	I, 26	6ч20мин 0,3 45,2 2,85 35,8

	Баграм - Тапинский	Отстойник
9.УШ	3/2	10,7
19.УШ	5/1	7,5
22.УШ	6/1	7,15
23.УШ	2/1	3,5
23.УШ	2/2	3,58

Продолжение табл. 2

	I	2	3	4	5	6	7	8	9	Ю-
				КУЙГАНЪЯРСКИЙ ОТСТОЙНИК						
3I.X	I		46,3	I,25	0,86	6ч	36,2	64,3	I9,5	34,5
I.XI	I		60,0	I,73	0,78	24ч	I3,3	I06,9	I7,2	94,2
2.XI	I		65,0	I,56	I,23	24ч	I2,6	I08,6	I2,2	99,2
3.XI	I		64,0	I,38	I,45	24ч	I,44	74,6	7,I	2907
*4.XI	I		67,0	I,29	I,50	24ч	0,43	52,4	8,4	3806
5.XI	I		64,0	I,34	0,96	I4ч	0,33	49,4	9,8	868
5.XI	2		65,0	I,35	I,4I	I0ч	8,52	78,5	I8,9	I46,7
6.XI	2		65,0	I,55	I,23	24ч	4,I0	92,8	I8,8	30I,9
7.XI	2		65,0	I,60	I,20	24ч	0,89	70,0	I6,9	I404
8.XI	2		65,0	I,5I	I,25	24ч	0,26	68,0	9,0	4735
9.XI	2		70,0	I,90	I,I0	24ч	0,I5	63,I	6,6	8II8
IO-II.XI	2		70,0	2,20	0,96	42ч	0,I2	49,4	6,8	9528
I2-I5.XI	2		76,0	2,36	I,20	96ч	0,I0	42,5	4,2	I322I

во время интенсивного размыва, является наибольшая гидравлическая крупность W_{max} размываемых наносных отложений, которую и примем за расчетную.

Анализ натурных исследований показал, что интенсивность размыва и степень насыщения размываемого потока по длине, камер и времени промыва находится в функциональной зависимости от гидравлических элементов потока и от фракционного состава наносных отложений. Эти функциональные зависимости использованы для разработки методики расчета гидропромыва наносных отложений в ирригационных отстойниках [5]. Согласно данной методике, можно рассчитать гидропромыв как головных, так и внутрихозяйственных отстойников, диаметр частиц отложений в которых не превышает 1,5 мм. Цель расчета гидропромыва — определить объем смываемых отложений и время промыва. Для этого предварительно необходимо по предлагаемым зависимостям рассчитать: величины размывающей

U_p и наибольшей взвешивающей $U_{\theta'_{max}}$ скоростей, гидравлические параметры промывного потока U_{np} , h_{np} , q_{np} , коэффициент плотности укладки наносов, наибольшее (критическое) насыщение потока взвешенными $\rho_{кр.в}$ и донными $\rho_{кр.д}$ наносами, длину размываемого участка L_p .

Эффект гидропромыва зависит от правильного выбора основных гидравлических параметров промывного потока.

Режим промыва является оптимальным, если промыв происходит при максимальном насыщении потока размываемыми наносами. Все гидравлические параметры определяются для этого режима. При таком режиме поток, скорость которого превосходит взвешивающую скорость $U_{np} > U_{\theta'_{max}}$, двигаясь, размывает наносные отложения и стремится насытиться ими до критической мутности $\rho_{кр}$. Наносы двигаются в потоках как во взвешенном, так и в донном состоянии, т.е.

$$\rho_{кр} = \rho_{в.кр} + \rho_{д.кр}.$$

Величина размывающей скорости определяется по формуле

$$U_p = 6,45 m d_{max}^{0,5} \lg \frac{12 h_{np}}{d_{max}}, \quad (I)$$

где $h_{кр}$ — глубина промывного потока, м;
 d_{max} — наибольший диаметр частиц, мм;

m — коэффициент, учитывающий неоднородность состава размываемых наносов, который рассчитывается по формуле В.А.Мухина [6]

$$m = \sqrt{\frac{\lg 8,8 h_{np}/d}{\lg 8,8 h_{np}/d_k}}, \quad (2)$$

где d — средний диаметр частиц, мм;
 d_k — диаметр крупных частиц наносов, содержание которых более 5%, мм.

Наибольшая взвешивающая скорость определяется по зависимости

$$U_{\theta'_{max}} = \frac{U_{np}^{1,5}}{\sqrt{h_{np}}} - f \bar{W}, \quad (3)$$

где U_{np} — промывная скорость потока, которая рассчитывается по формуле

$$U_{np} = \frac{1,3}{\sqrt{\beta^2}} W_{max}^{0,67} \cdot h_{np}^{0,22} \quad (4)$$

или

$$U_{np} = \alpha_1 W_{max}^{0,67} \cdot h_{np}^{0,22}; \quad (5)$$

f — степень уплотнения наносов определяется по следующей зависимости

$$f = \frac{0,23 W_{max}^{0,67} h_{np}^{0,22} + \bar{W}}{\beta^{0,67} \cdot \bar{W}} \quad (6)$$

В формулах (4-6) α_1, β и f — эмпирические коэффициенты, зависящие от гидравлических параметров промывного потока, наибольший W_{max} и средний $\bar{W}$ гидравлических крупностей размываемых частиц (табл.3).

Для удобства расчета гидропромыва составлены кривые зависимости $U_{np} = f(W_{max})$, по которым определяется промывная скорость для разных глубин потока (рис.3).

Наибольшая гидравлическая крупность, по Н.Бежимбетову и К.И.Байманову [7], принимается

$$W_{max} = \varphi U_* - \varphi \sqrt{g H_i}, \quad (7)$$

где $\varphi = 0,67$.

Т а б л и ц а 3
Величины коэффициентов α, β, f

W_{max} м/с · 10 ⁻³	α	$\beta \cdot 10^{-2}$	W_{max} м/с · 10 ⁻³	α	$\beta \cdot 10^{-2}$	$\frac{W_{max}}{W}$	f	$\frac{W_{max}}{W}$	f
10	22	0,8	90	6,85	7,4	I	6,5	II	72
20	17,8	2,0	100	6,6	7,8	2	13,5	I2	80
30	13,6	3,3	110	6,0	8,8	3	18,5	I3	87
40	11,6	3,9	120	5,6	9,6	4	24	I4	96
50	10,2	4,8	130	5,4	10,1	5	30	I5	110
60	9,0	5,6	140	5,2	10,4	6	40	I6	116
70	8,0	6,2	150	5,0	10,8	7	50	I7	124
80	7,4	6,8	160	4,8	11,2	8	54	I8	130
						9	58	I9	135
						10	63	20	144

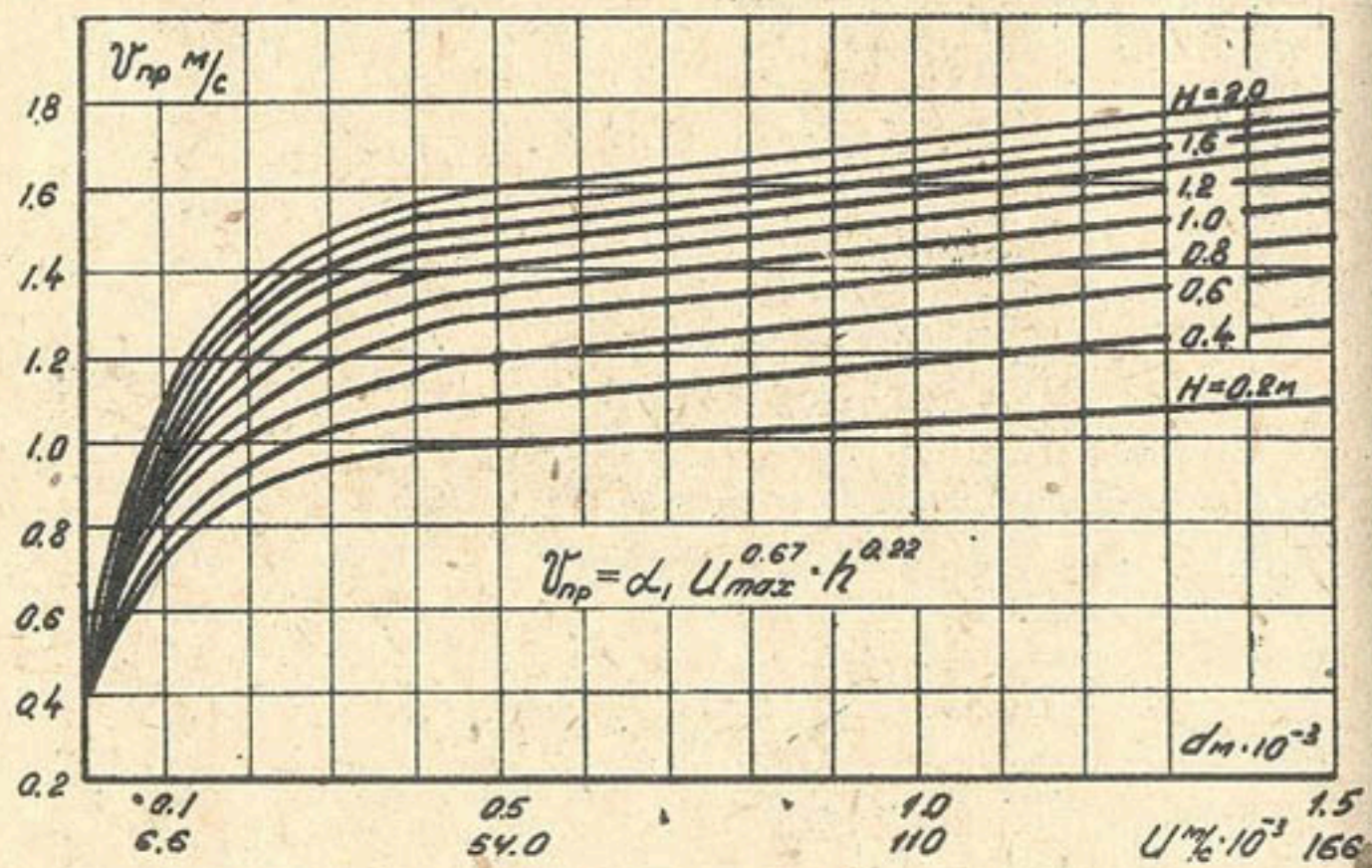


Рис.3. Кривые зависимости $V_{пр} = f(W_{max})$ для разных глубин потока.

Средняя гидравлическая крупность $\bar{W}$ определяется по формуле

$$\bar{W} = \frac{\sum \bar{W}_k P_k}{\sum P_k}, \quad (8)$$

где P_k — процентное содержание фракции в составе наносов;

$\bar{W}_k$ — средняя гидравлическая крупность рассматриваемой фракции, определяемая по формуле А.Н.Гостунского

$$\bar{W}_k = \frac{3W_n + W_{n+1}}{4}, \quad (9)$$

где W_n, W_{n+1} — минимальные и максимальные величины крупности рассматриваемой фракции.

Предельное насыщение промывного потока взвешенными наносами можно рассчитать по формуле

$$\rho_{в.кр} = \psi \frac{U_{пр}^3}{R \bar{W}}, \quad (10)$$

где $\psi = 0,034$ — при размыве наносов со средней гидравлической крупностью $\bar{W} < 50$ мм/с;

$\psi = 0,2$ — при $\bar{W} > 50$ мм/с.

Для определения наибольшей мутности донных наносов рекомендуется формула И.И.Леви

$$\rho_{г.кр} = c \delta a \frac{U_{пр}^2}{U_p^3} (U_{пр} - U_p), \quad (11)$$

где c — постоянный коэффициент ($c = 5 \cdot 10^{-4}$);

$\delta = 1000$ кг/м³;

$a = \frac{\delta_{ср}}{\delta}$ — относительная шероховатость;

$U_{пр}$ — промывная скорость потока, определяемая по формуле (4);

U_p — размывающая скорость, рассчитываемая по формуле (1).

Длина размываемого участка равна

$$L_p = \frac{Q_{пр}}{U_{в.кр}} \ln \frac{\rho_{кр} - \rho_0}{\rho_{кр} - \rho_{пр}}, \quad (12)$$

где $q_{пр}$ - удельный промывной расход; его рекомендуют принимать

$$q_{пр} = (1,1 \dots 1,25) v_{пр} \cdot h_{пр}; \quad (I3)$$

ρ_0 - начальная мутность;

$\rho_{кр}$ - наибольшая (критическая) мутность промывного потока

$$\rho_{кр} = \rho_{в.кр} + \rho_{г.кр}; \quad (I4)$$

$\rho_{пр}$ - мутность промывного потока определяется уравнением

$$\rho_{пр} = \rho_{кр} - (\rho_{кр} - \rho_0) e^{-\frac{v_{в.макс} \cdot L_p}{q_{пр}}}. \quad (I5)$$

Итак, зная общий объем заиленности камер, фракционный состав отложений, определив гидравлические параметры и мутность промывного потока по рекомендуемым зависимостям, можно легко определить время промыва камер отстойника.

ВЫВОДЫ

Осветление потока следует производить по частям, т.е. защищать магистральную и межхозяйственную сеть головными отстойниками, с осветлением потока до 30%, а внутрихозяйственную - внутрисистемными, с осветлением потока до 50%.

Расчет осаждения наносов в отстойниках равнинной части оросительных систем рекомендуется проводить по методике А.Н.Гостунского, а гидравлический промыв - по предлагаемой методике.

В результате расчета по предлагаемой методике продолжительность промыва отстойника сокращается в несколько раз, что позволяет сэкономить сбрасываемую воду при промыве, уменьшить эксплуатационные расходы, повысить эффективность промыва.

В целях улучшения эксплуатации отстойников рекомендуется на каждом гидроузле организовать лабораторию для фракционного анализа наносов и строго соблюдать эксплуатационный

режим работы отстойников.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маркин Н.П. Результаты исследований САНИИРИ режима работы Термезского отстойника. - Сб.научн.тр. Вып.145. - Ташкент: 1974, с.60-61.
2. Маркин Н.П., Нурматова М.Х. Эксплуатационный режим отстойника в голове Большого Ферганского канала им. У.Юсупова. - Труды ТИИИМСХ. Вып.67. - Ташкент: 1974, с.72-76.
3. Маркин Н.П. Режим осаждения наносов в отстойнике Баграм-Тепинского гидроузла. - Сб.научн.тр. Вып.145. - Ташкент: 1975, с.99-105.
4. Материалы к ТУ и НП оросительных систем. Отстойники на оросительных системах. - М.: Гипроводхоз, 1957, с.13-31.
5. Маркин Н.П. О методе расчета промыва ирригационных отстойников. - Тезисы докладов Республиканской научно-технической конференции молодых ученых и специалистов водного хозяйства, посвященной XXV съезду КПСС. - Ташкент: 1976, с.66-67.
6. Мухин В.А. Разработка методики расчета и исследования промыва отстойников на каналах горно-предгорной зоны: Автореф. Дис...канд.техн.наук. - Ташкент: 1970, с.10.
7. Бекимбетов Н., Байманов К.И. Транспортирующая способность потока в оросительных каналах. - Гидротехническое строительство, 1977, № 4, с.36.

А.В.Хохлов
(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

РЕЖИМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДЖИЗАКСКОЙ ГОЛОВНОЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ, ВЫЗЫВАЮЩИЕ АВАРИЙНО-ОПАСНЫЕ ВИБРАЦИИ АГРЕГАТОВ, И БОРЬБА С НИМИ

Освоение целинных земель на современном этапе связано с решением ряда актуальных проблем. Одна из них - строительство крупных насосных станций. Но в связи с тем, что единичные мощности агрегатов возрастают и увеличиваются

длина и диаметры напорных трубопроводов, приходится особое внимание уделять переходным режимам на насосных станциях.

В процессе эксплуатации крупных насосных станций были обнаружены нежелательные явления, одним из которых является повышенная вибрация насосов и напорных трубопроводов при внезапном отключении части агрегатов, работающих совместно на общий трубопровод. Известны случаи разрыва напорных трубопроводов вследствие вибрации на насосных станциях "Кызыл-Теп", "Хамза-2", "Аму-Занг".

На Джизакской головной насосной станции (ДГНС), технические данные которой приведены в табл. I, отключение части агрегатов, работающих на общий трубопровод, возможно при аварийном погашении электроэнергии на любой из шин или на любом трансформаторе (рис. I).

Т а б л и ц а I

Насос		Электродвигатель						
Марка	Кол-во	Подача, м ³ /с	Напор, м	Тип	Мощность, кВт	Частота вращения, мин ⁻¹	Напряжение, кВ	
2400В-25/40	8	29,0-24,4	28,1-37,3	ВДС-375/125-28	12500	214,3	10,0	
1600В-10/40	2	10,2-6,0	25,7-36,5	ВДС-325/59-24	5000	250,0	6,0	
Напорный трубопровод								
Кол-во ниток:		Длина нитки, м:		Диаметр, мм:		Кол-во клапанов		
3		2257		4240		12		

Гидромеханические переходные процессы при отключении части агрегатов, работающих на общий трубопровод, пока еще мало изучены и представляют практический и научный интерес.

При внезапном отключении агрегатов в напорном трубопроводе образуется отрицательная волна гидравлического удара или волна понижения давления $[I]$, величина которого может достигать и даже превышать величину манометрического напора в начале общего трубопровода. Меняется режим работы и насосного агрегата, ос-

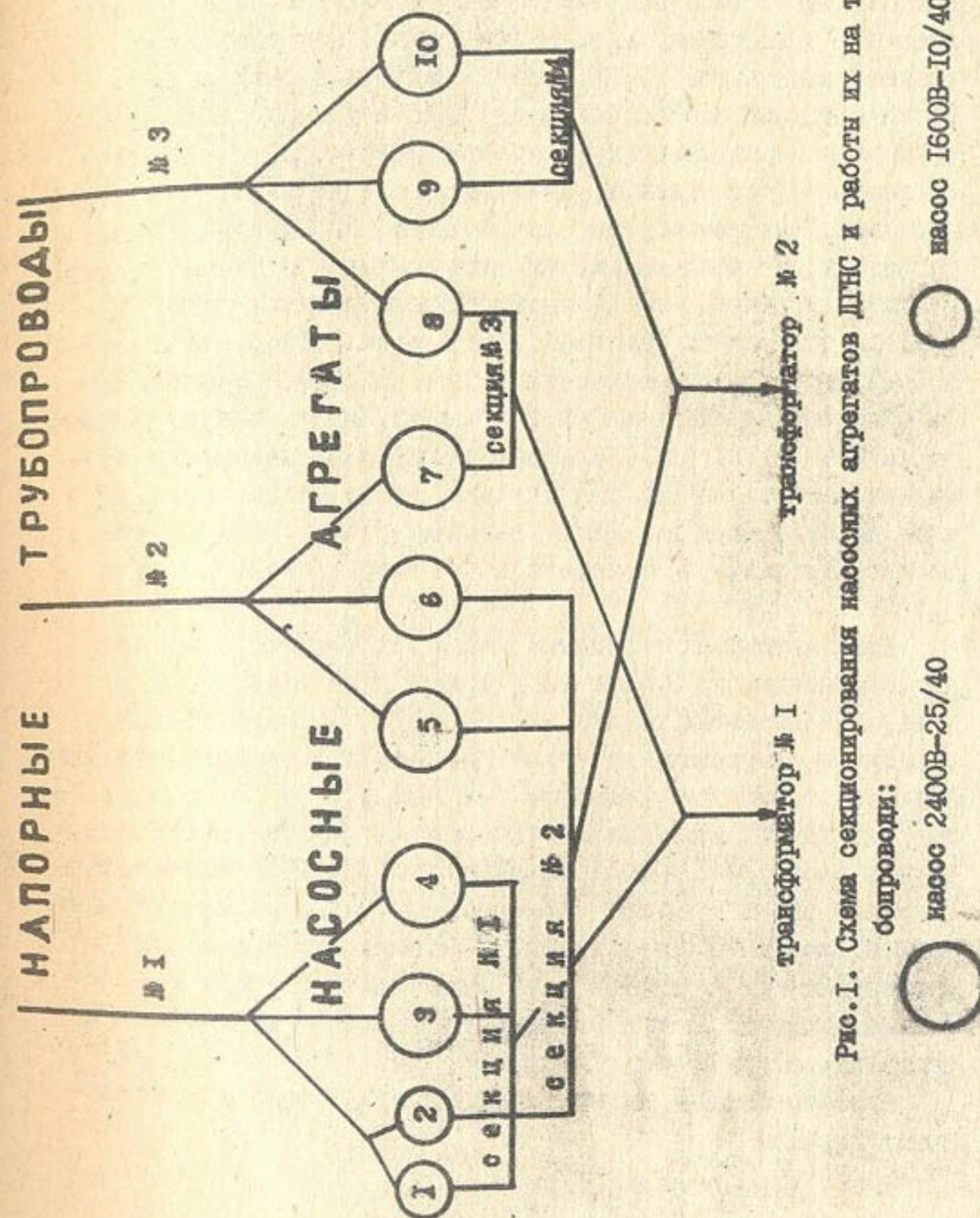


Рис. I. Схема секционирования насосных агрегатов ДГНС и работы их на трубопроводах:

тавшегося в работе, вследствие понижения давления в общем трубопроводе. Рабочая точка у него смещается на характеристике $Q - H$ в сторону увеличения подачи. Как установлено рядом исследований [2,3], центробежный агрегат при этом резко ухудшает свои показатели. Так, по данным МИСИ им.В.В. Куйбышева, при работе насоса с подачей, в 1,4–1,45 раза превышающей оптимальную, он попадает во второй кавитационный режим. В этом случае образование и "схлопывание" кавитационных зон сопровождается значительными пульсациями давления и вибрацией всего основного оборудования станции.

Для уточнения физического состояния агрегата при переходных процессах и разработки способов борьбы с возникновением нежелательных режимов при частичном отключении насосов в САНИИРИ к.т.н. В.Н. Машковым разработана методика и проведены расчеты на ЭВМ для случаев, когда гидравлический удар не оказывает заметного влияния на переходный процесс. Однако эти расчеты проводились без учета гидравлического удара.

Нами предпринята попытка выполнить расчеты с помощью дифференциального уравнения гидравлического удара [4] и уравнения движения ротора агрегата [5]. Диапазон расчета ограничен затухающим насосным режимом отключенного агрегата. Сделано это на том основании, что уже в этом диапазоне достаточно точно можно выявить наибольшее понижение давления в трубопроводе [6], а следовательно, и наихудший режим оставшегося в работе насоса. Кроме того, для разработки способов защиты насосов от кавитационных режимов необходимо знать время движения жидкости через отключенный агрегат в насосном направлении, а оно, как правило, всегда меньше времени вращения ротора в насосном режиме [4].

Преобразование дифференциальных уравнений гидравлического удара

$$g \frac{\partial y}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial t} \quad (1)$$

и неразрывности потока упругой жидкости

$$g \frac{\partial y}{\partial t} = -a^2 \frac{\partial v}{\partial x} \quad (2)$$

приводит к так называемым уравнениям Алливи

$$\begin{aligned} y_1 - y_0 &= \frac{a}{g} (v_0 - v_1), \\ y_1 + y_0 - 2y_0 &= \frac{a}{g} (v_1 - v_2), \\ y_{n-1} + y_n - 2y_0 &= \frac{a}{g} (v_{n-1} - v_n), \end{aligned} \quad (3)$$

где y – давление жидкости в рассматриваемом сечении напорного трубопровода;
 a – скорость распространения ударной волны;
 v – скорость движения жидкости в трубопроводе.

Для того чтобы пользоваться уравнениями гидравлического удара, необходимо знать закон изменения скорости движения жидкости в трубопроводе. Выявить его можно путем решения дифференциального уравнения механического переходного процесса (уравнение Парка-Горева) [5].

$$(\mathcal{I}_g + \mathcal{I}_n + \mathcal{I}_m) \frac{\partial \omega}{\partial t} = M_g - (M_r + M_t), \quad (4)$$

где $\mathcal{I}_g, \mathcal{I}_n, \mathcal{I}_m$ – моменты инерции двигателя, насоса и присоединенных масс жидкости;

M_g – вращающий момент двигателя;

M_r – гидравлический момент взаимодействия ротора насоса и потока воды;

M_t – момент трения в опорах агрегата.

Величину гидравлического момента насоса можно определить, воспользовавшись четырехквadrантными характеристиками насоса. Таким образом, для проведения расчетов необходимо иметь для отключенных агрегатов четырехквadrантные характеристики, а для оставшихся в работе достаточно рабочей характеристики.

Напор в водоводе определяется решением уравнения неустановившегося движения несжимаемой жидкости

$$H = H_r + h_m + h_\lambda + h_n, \quad (5)$$

где H, H_r – действующий и геометрический напор;

h_m, h_λ – потери напора в местных сопротивлениях и по длине;

h_n – инерционная составляющая напора, определяемая по зависимости,

$$h_n = \frac{1}{g \cdot F} \frac{dQ}{dt} \int \frac{dh}{L} \frac{dL}{dt}, \quad (6)$$

где L, F — длина и площадь поперечного сечения трубопровода.

Отличие предлагаемых расчетов гидравлического удара от уже известных (4,5) состоит в учете оставшегося в работе насоса. При этом следует иметь в виду, что этот насос во время переходного процесса постоянно меняет рабочую точку на характеристике.

С помощью уравнения (3), решенного совместно с уравнениями (4-6), можно определить основные параметры переходного процесса с учетом их значений в предыдущий период. За начальные условия принимается установившийся режим работы насосной станции.

На рис. 2. представлены результаты расчета переходного



Рис. 2. Изменение давления в трубопроводе и частоты вращения отключенного насоса 2400В-25/40 при работающем насосе 1600В-10/40 на ДГНС.

процесса на ДГНС в момент, когда при совместной работе на трубопровод насоса 2400В-25/40 и насоса 1600В-10/40 происходит отключение первого. Расчет проведен для двух случаев: с установкой клапана для выпуска воздуха на трубопроводе и без него. Здесь же приводятся графические зависимости изменения давления в начале совместного трубопровода и частоты вращения отключенного агрегата.

Для проверки достоверности разработанной методики расчета были проведены натурные испытания переходных процессов на ДГНС, в процессе которых на осциллограмму фиксировались следующие параметры:

давление в трубопроводе (с помощью индуктивных датчиков давления);

частота вращения вала насоса;

виброперемещение узла направляющего подшипника насоса и напорного трубопровода.

На рис. 2. дается сопоставление расчетных и экспериментальных данных одного и того же переходного процесса. При этом следует учитывать, что на 6-ой секунде с начала переходного процесса в работу включались клапаны выпуска воздуха, установленные на общей нитке трубопровода. Анализ зависимостей подтверждает, что методика расчета довольно точно отражает сущность происходящих физических процессов.

При проведении натурных испытаний на ДГНС мы стремились выявить также аварийно-опасные зоны работы агрегатов на характеристике насоса и определить характер протекания переходного процесса в зависимости от скорости закрытия дискового затвора у отключенного агрегата.

Результаты эксперимента и проведенных расчетов позволили наметить мероприятия по защите трубопроводов и насосных агрегатов от вибрации. Но прежде необходимо было построить вибрационные характеристики насосов при работе их на малые напоры. С этой целью на ДГНС были проведены специальные опыты на насосах 2400В-25/40 и 1600В-10/40. Из напорного трубопровода сливалась вода, а затем исследуемый насос включался в работу на малый напор. При работе насоса замерялась вибрация на узле направляющего подшипника.

Вибрационные характеристики насосов представлены на рис.3. Здесь не дается допустимая норма двойной амплитуды вибрации при переходных процессах, согласно [7]. Анализ зависимостей показывает, что при падении напора у насоса 2400В-25/40 ниже 19,5 м и насоса 1600В-10/40 — ниже 10 м вибрация агрегатов превышает допустимую норму. Дальнейшее, даже незначительное, понижение давления у насосов может вызвать резкое повышение двойной амплитуды вибрации.

Следовательно, нельзя допускать, чтобы насосные агрегаты работали в режимах, которые могут привести к аварийным ситуациям. Эффективным средством борьбы с этим является быстрое частичное прикрытие дискового затвора у оставшегося

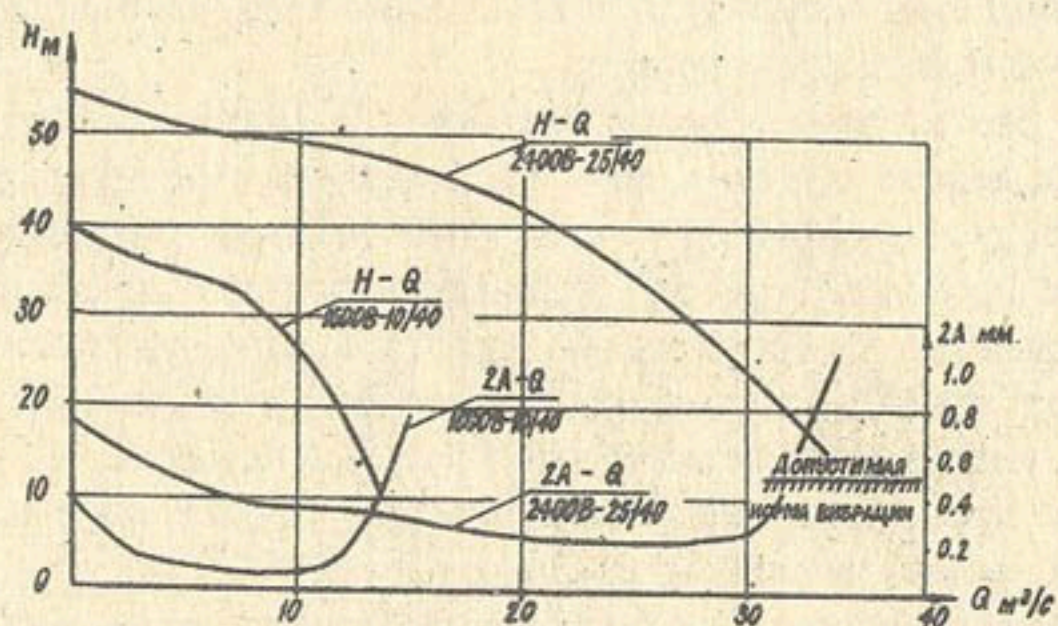


Рис.3. Напорные и вибрационные характеристики насосов 2400В-25/40 и 1600В-10/40, снятые на ДГНС.

в работе насоса на время переходного процесса, что позволяет увеличить напор насоса на величину потерь в дисковом затворе. Величину прикрытия можно определить расчетным путем при условии, что режим насоса, оставшегося в работе, не сместится в аварийно-опасную зону.

Изменять характер переходного процесса можно также за счет изменения скорости закрытия дисковых затворов у отключенных агрегатов. В СНИИРИ этой проблемой занимались под руководством к.т.н. В.Н.Машкова на специальном лабораторном стенде, технические характеристики которого приведены в табл.2.

Т а б л и ц а 2

Насос				Электродвигатель			
Марка	Кол-во	Подача	Напор	Тип	Мощность	Частота вращения	Напряжение
:	:	м³/ч	:	:	кВт	мин⁻¹	кВ
4К-12	I	41,4	3,87	A02-52-6	7,5	980	380
I,5K-6	I	24,2	7,22	A-42-4	2,6	1480	380
Напорный трубопровод							
Длина, м		Диаметр, мм		Геометрическая высота подъема, м			
50,5		132		0,425			

На рис.4 приведены зависимости изменения давления в начале общей нитки трубопровода при внезапном отключении насоса 4К-12 и оставшемся в работе насосе I,5 K-6 при разных скоростях закрытия дискового затвора. Здесь же дана зависимость изменения подачи насоса отключенного агрегата, измеренной с помощью электромагнитного расходомера ИР-51, установленного на трубопроводе до объединения в общую нитку. Давление измеряли индуктивными датчиками давления и вместе с подачей насоса записывали на осциллограф.

Скорость закрытия дискового затвора изменяли с помощью специального устройства, установленного на стенде.

Как показали результаты исследований, характер подачи

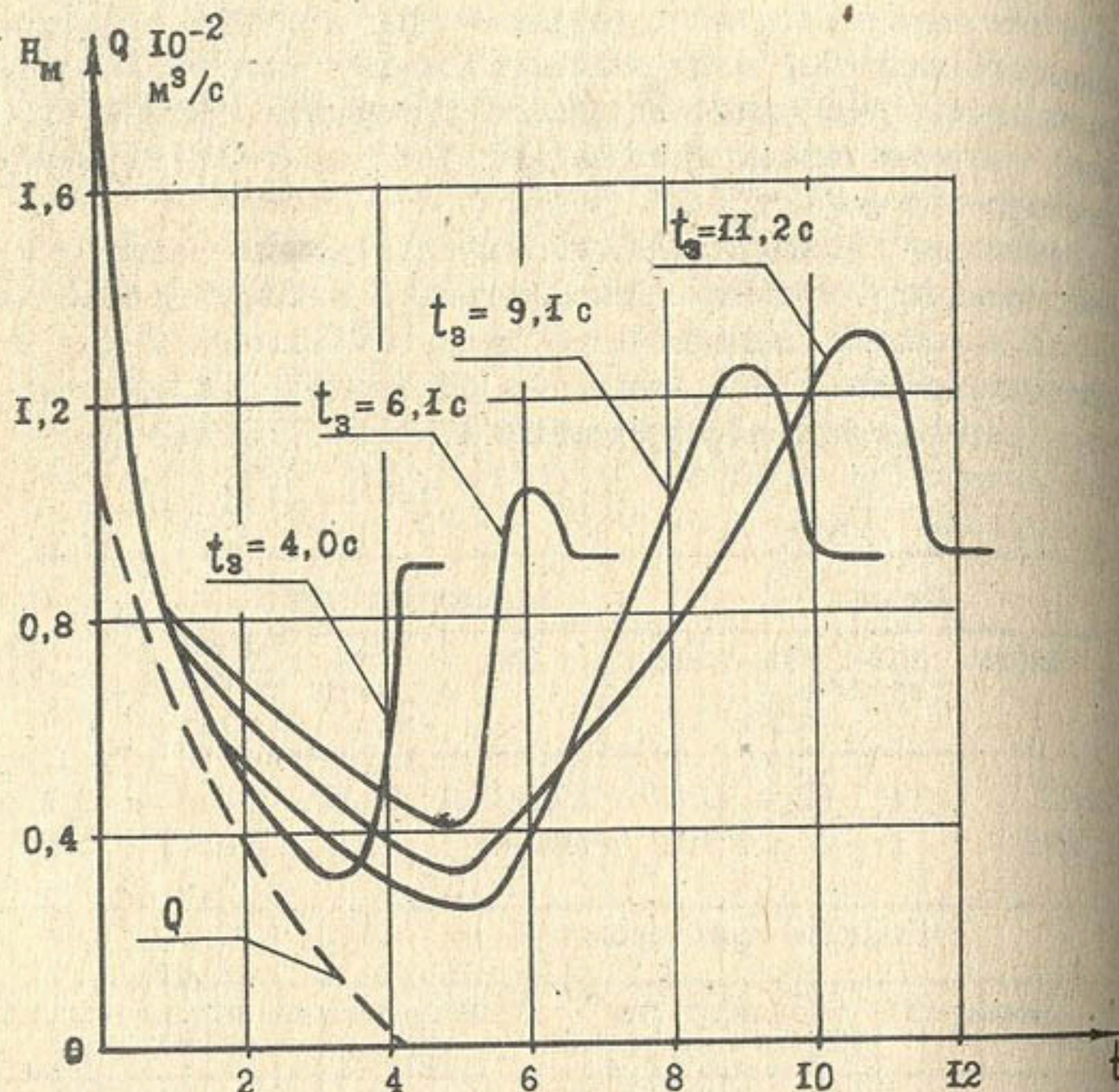


Рис. 4. Зависимости изменения давления в трубопроводе на модельной установке при различном времени закрытия дискового затвора у отключенного агрегата.

насоса 4К-12 в нормальном, насосном направлении не зависит от скорости закрытия дискового затвора. Время прохождения подачи через "ноль" для всех опытов составляло около 4 с после отключения насоса.

Изучив зависимости (рис. 4), мы пришли к выводу, что чем быстрее закрывается дисковый затвор у отключенного насоса, тем быстрее повышается давление в общем трубопроводе и тем меньше времени оставшийся в работе насос будет работать с пониженным напором. Кроме того, увеличивая скорость закры-

тия, можно практически избежать повышения давления в трубопроводе, вызывающего положительный гидравлический удар.

Выводы, сделанные на основании модельных исследований, были подтверждены натурными испытаниями на ДГНС. При совместной работе насоса 2400В-25/40 и насоса 1600В-10/40 производились отключения первого насоса по аварийной схеме с закрытием дискового затвора у него, соответственно, за 189, 105 и 42 с (проектное время закрытия - 180 ± 30 с).

Результаты проведенных опытов представлены в табл. 3.

Таблица 3.

Время закрытия ДЗ у насоса 2400В-25/40	Угонная частота вращения насоса 2400В-25/40, мин ⁻¹	Двойная амплитуда вибрации, мм	Время работы насоса 1600В-10/40 на пониженные напоры, с
189	228	0,68	4,16
105	175	0,30	3,40
42	54	0,05	1,10

Как видно из табл. 3, сокращение времени закрытия дискового затвора положительно влияет не только на оставшийся в работе насос (снижается длительность его работы в кавитационном режиме), но и на отключенный насос, сокращая величину и продолжительность его реверса. В этом случае улучшается и режим работы напорного трубопровода за счет уменьшения пульсации давления, вызываемой работой насосов в режиме кавитации и реверсном режиме.

Исследования подтвердили необходимость введения на Джизакской головной насосной станции дополнительных режимов работы дисковых затворов. При внезапном отключении части агрегатов, работающих на общий трубопровод, следует закрывать у них дисковые затворы за время, равное или несколько большее времени движения жидкости через них в насосном направлении. У оставшихся в работе насосов на время переходного процесса необходимо частично прикрывать дисковые затворы для создания

дополнительных гидравлических потерь и, следовательно, увеличения их напора.

В САНИИРИ разработана конструкция устройства, создающего требуемые режимы работы дисковых затворов, и составлена схема электрической автоматики обеспечения его функционирования. На ДГНС планируется провести опытное внедрение этого устройства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андрияшев М.М. Графические расчеты гидравлического удара в водоводах. - М.: Стройиздат, 1969.
2. Карелин В.Я. Кавитационные явления в центробежных и осевых насосах. - М.: Машиностроение, 1975.
3. Knapp R.T., Daily J.W., Hammitt F.G. *Cavitation*. N.Y. Mcgraw-Hill., 1970.
4. Указание по защите водоводов от гидравлического удара. / Под ред. Л.Ф. Мошникова, Е.Т. Тимофеевой. - М.: Госстройиздат, 1961.
5. Виссарионов В.М., Елистратов В.В., Ишан-Ходжаев Р.С. Исследование переходных процессов в насосных станциях. - Энергетика, № 5, 1980.
6. Баранов В.А. Методика практических расчетов гидравлического удара в мелиоративных насосных станциях. - Труды САНИИРИ. Вып. 92. - Ташкент: 1957.
7. Киселев И.И. и др. Крупные осевые и центробежные насосы. Монтаж, эксплуатация и ремонт. Справочное пособие. - М.: Машиностроение, 1977.

А.В. Хохлов, О.Е. Легецкий
(САНИИРИ им. В.Д. Журина)

ВЫБОР ЭНЕРГЕТИЧЕСКИ НАИВЫГОДНЕЙШИХ РЕЖИМОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДЖИЗАКСКОЙ ГОЛОВНОЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

В последнее время широкое распространение в мелиорации получили водоподъемные и водотранспортирующие сооружения - каскады насосных станций. Джизакский каскад насосных стан-

ций в Узбекской ССР - уникальное гидротехническое сооружение. Первая ступень водоподъема на нем включает Джизакскую головную насосную станцию (ДГНС), где применены многочисленные новаторские технические решения. В проекте насосная станция представляет собой совокупность 10 насосных агрегатов (из них 8 насосов марки 2400В-25/40 и 2 насоса марки 1600В-10/40) и 3 ниток напорного трубопровода диаметром 4,2 м и длиной 2,257 км.

Вопросы эксплуатации насосно-силового и трубопроводного оборудования на ДГНС, анализ существующих режимов эксплуатации и разработка наиболее оптимальных представляют большой интерес.

На ДГНС проводились целенаправленные исследовательские работы по выявлению существующих режимов эксплуатации. Фактический материал представляет собой совокупность оперативной информации, которая фиксировалась на насосной станции за вегетативный период, на основе ежесуточного учета изменения параметров работающего гидромеханического оборудования.

В результате натурных исследований выявлены режимные условия, в которых приходится эксплуатировать основные и разменные насосные агрегаты, а также напорные трубопроводы на ДГНС. Установлено, что по многим показателям они не соответствуют оптимальным значениям. Так, среднесуточный КПД насосных агрегатов 1600В-10/40 за весь период вегетации 1984 г. находился в интервале 0,69...0,82 (среднее 0,74), что на 2...3% ниже проектных характеристик института "Средазгипроводхлопок"; среднесуточный КПД насосных агрегатов 2400В-25/40 - 0,65...0,84 (среднее 0,77), что на 3...5% ниже проектного; КПД трубопровода при подаче насосной станции 52,9 м³/с составлял 0,65, что на 10...12% ниже проектного значения.

Наличие на ДГНС разнообразного насосного оборудования и большое количество ниток напорного трубопровода обусловило большое количество вариантов - около 90 - совместной работы насосов и трубопроводов. Выбор наиболее экономичных и рациональных - цель исследований, проводимых на ДГНС.

Рассматривая все возможные варианты покрытия графика водопотребления, выявили, что, примерно, одну и ту же подачу, развиваемую насосной станцией, можно обеспечить различными комбинациями работающих агрегатов и ниток трубопровода (таблица). Причем, обеспечив заданную подачу насосной станцией различными комбинациями включения агрегатов, каждая из них будет иметь свои сум-

[illegible]

марную затрачиваемую мощность. Следовательно, разные варианты будут иметь и различные эксплуатационные затраты. Таким образом, имеется возможность количественно оценить эффективность работы каждого из всех возможных вариантов, обеспечивающих заданную подачу насосной станции.

В лаборатории эксплуатации насосных станций и водоподъемных машин разработан метод оценки различных способов обеспечения заданной подачи насосной станции, основанный на ее экономичности. За основу была принята величина суммарной мощности работающих насосных агрегатов, приходящаяся на единицу расхода — $\frac{N_{\text{сум}}}{Q_{\text{сум}}}$.

Выбор наиболее экономичных вариантов имеет большое значение для эксплуатации насосной станции, потому что часто обеспечение заданной подачи станции не является экономически оправданным ввиду отсутствия соответствующих рекомендаций.

Учитывая это положение, при анализе режимных характеристик агрегатов с учетом их энергетических показателей нами была принята следующая классификация режимов эксплуатации: наиболее экономичные, экономичные и неэкономичные.

В ходе обработки данных по работе насосной станции были подсчитаны коэффициенты полезного действия насосных агрегатов ниток трубопровода и всей насосной станции. Для каждого из 90 вариантов возможных способов совместной работы агрегатов и ниток трубопроводов расчету подвергались величины, выражающие средневзвешенные значения КПД. Величина средневзвешенного КПД агрегатов, работающих одновременно, определялась по выра-

$$\eta_{\text{ср в3б}}^{\text{азр}} = \frac{\sum (\eta_i \cdot Q_i)}{Q_{\text{сум}}} \quad , \quad (\text{I})$$

где

η_i - КПД работающего насосного агрегата;

Q_i - подача агрегата, м³/с;

$Q_{\text{сум}}$ — суммарная подача работающих агрегатов (подача насосной станции), м³/с.

КПД трубопроводной системы определялся как

$$\eta_{TP-\partial a} = \frac{H_r}{H_{cp \partial 30}} \quad (2)$$

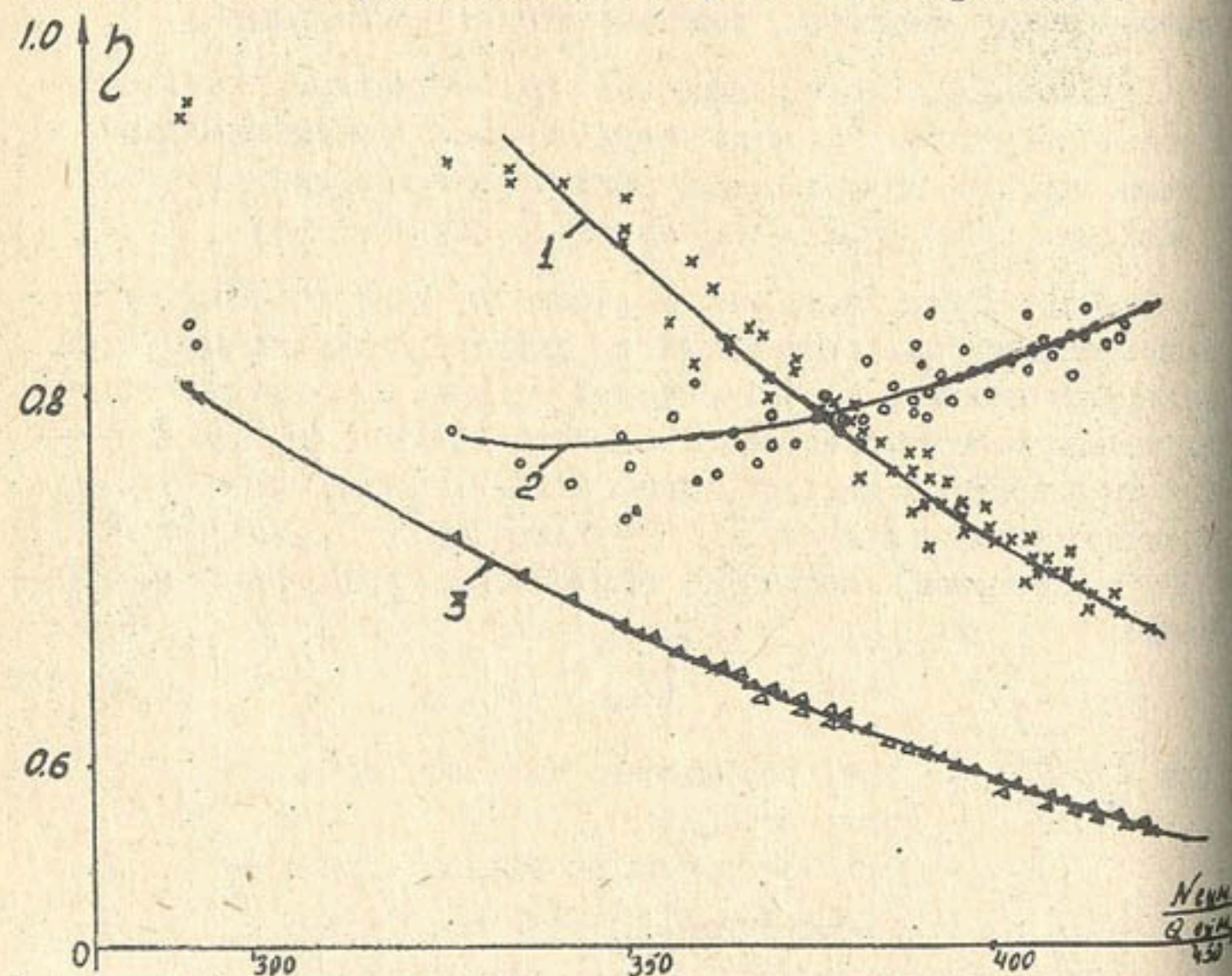
где H_r — геометрическая высота подъема воды, м;
 $H_{ср. \partial зв}$ — средневзвешенная величина напора, развиваемого системой работающих насосных агрегатов, определяемая по формуле

$$H_{ср. \partial зв} = \frac{\sum (H_i \cdot Q_i)}{Q_{сум}} \quad (3)$$

КПД насосной станции вычисляли по формуле

$$\eta_{ор} = \eta_{тр-да} \cdot \eta_{ср. \partial зв}^{агр} \quad (4)$$

На рисунке показаны графические зависимости коэффициентов полезного действия трубопровода, агрегатов и насосной станции при изменении удельной мощности работающих агрегатов.



Графики зависимости коэффициентов полезного действия насосных агрегатов (2) и насосной станции (3) от удельной величины суммарной мощности насосных агрегатов.

Из рисунка видно, что при большей или меньшей разработанности точек кривых зависимостей $\eta_{ср. \partial зв}^{агр} = f\left(\frac{N_{сум}}{Q_{сум}}\right)$ и $\eta_{тр-да} = f\left(\frac{N_{сум}}{Q_{сум}}\right)$ зависимость, отражающая изменение КПД насосной станции от удельной мощности агрегатов, представляет собой ниспадающий участок кривой КПД с минимальным разбросом точек. Удобство пользования подобной характеристикой КПД при изучении режимов эксплуатации очевидно.

Расчеты, проведенные по предлагаемой методике, показали, что эксплуатация насосной станции с равномерно загруженными нитками трубопровода на ДГНС — наиболее экономична.

С.Д.Пак, канд.техн.наук
 К.К.Адылов, канд.техн.наук
 А.А.Абдугафуров

(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

ОПЫТ ВРЕМЕННОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СТРОЯЩЕГОСЯ ПАРКЕНТСКОГО МАГИСТРАЛЬНОГО КАНАЛА

В 1976 г. начато строительство Паркентского магистрального канала (ПМК), предназначенного для развития орошения и организации плодовоовощеводческих и животноводческих хозяйств в предгорной зоне Ташкентской области.

Канал длиной 95,6 км с водозабором (расчетным) 57 м³/с из верхнего бьефа существующего Газалкентского гидроузла на р.Чирчик должен обеспечить водоподачу для орошения земель на площади 23,6 тыс.га.

Строительство ПМК в бетонной облицовке и освоение подкомандных ему земель намечено в две очереди: первая — строительство канала (69,6 км) и освоение земель на площади 13 тыс.га, вторая — строительство концевой части канала (26 км) и освоение земель на площади 10,6 тыс.га. Первая очередь завершена в 1983 г., плановый срок строительства — 1986 г.

ПМК проложен на территории, сложенной в основном лессовыми просадочными грунтами, и пересекает многочисленные сая. Около 60% общей протяженности канала первой очереди проходит в насыпи вы-

сотой от 5 до 10 м. Перед строителями стояла сложная задача — провести противопросадочные мероприятия по основаниям дамб и возвести качественные насыпи канала при отсутствии в районе строительства водоисточника для замочки грунтов как по трассе канала, так и в карьерах, где естественная влажность не превышала 10% по массе.

Проектом предусматривалась замочка оснований дамб канала из временной водопроводной сети, увлажнение укладываемого в дамбы грунта до оптимальной влажности (16...18% по массе) непосредственно в насыпи, послойно (толщиной до 40 см) с помощью автоцистерн, а уплотнение грунта — кулачковым катком.

Следует отметить, что проектное решение замочки грунта оказалось экономически нецелесообразным. Если в головной части канала, расположенной вблизи от водоисточника, стоимость работ по замочке грунта из временной водопроводной сети и с помощью автоцистерн варьирует в приемлемых рамках, то по мере удаления объектов от водоисточника эта стоимость резко возрастает.

Более того, замочка просадочного основания дамб под бытовой нагрузкой хотя и приводит к значительной деформации просадочной толщи, но не настолько, чтобы под действием нагрузки от массы возведенной на ней насыпи, достигающей 0,2 МПа, и последующего влагонасыщения грунтов основания за счет фильтрации воды из каналов, поверхность основания не дала дополнительную осадку. Результаты компрессионных испытаний замоченных под бытовой нагрузкой грунтов основания на ПК401, ПК406 и ПК415+70 показали, что при исходной плотности 1,4...1,5 т/м³ и влажности 20...23% увеличение вертикальной нагрузки с 0,02 до 0,1 МПа дало модуль осадки 22 мм/м, при повышении этой нагрузки до 0,2 МПа — 89 мм/м и при среднем значении — 62 мм/м. Это означает, что 10-метровая просадочная толща, замоченная под бытовой нагрузкой, впоследствии может дать осадку до 0,9 м, что, естественно, недопустимо при возведении насыпи, на которой прокладывается открытый канал с облицованным руслом.

Кроме того, как показала практика строительства гидротехнических насыпей из местных материалов, маловлажный (сухой) лессовый грунт с нарушенной структурой плохо поддается равномерному увлажнению до оптимальной влажности, особенно в аридной зоне в летнее время.

Нами был проведен специальный опыт, результаты которого показали, что в увлажненной 10-сантиметровой толще насыпного грунта через трое суток, в течение которых периодически замачивалась поверхность насыпи, не была достигнута желаемая однородность влажности. Она колебалась от 12 до 19,5%.

Для равномерного распределения влаги требовалось более длительное время с периодическим увлажнением и "перелопачиванием" увлажняемого грунта, что повлекло бы за собой снижение темпов строительства.

Эти обстоятельства заставляли искать более эффективный способ строительства ПМК. Трест "Паркентводстрой" выдвинул предложение использовать модифицированный вариант известного метода пионерных траншей. Опытно-исследовательские работы по решению конкретных вопросов, связанных с технологией строительства и изменением качественного состояния грунтов в насыпи под влиянием внешних факторов, проводились в СНИИРИ.

Еще до Октябрьской революции в Средней Азии технологическими правилами для строительства магистральных каналов на просадочных грунтах предусматривалось строительство пионерной траншеи, по которой пропусклась вода для предварительной замочки трассы. На следующий год канал расширяли до проектного профиля.

Известно, что маловлажный лессовый грунт в производственных условиях практически не поддается уплотнению, поэтому насыпь, возведенную из такого грунта, с небольшой погрешностью можно уподобить просадочной толще.

Производственные опыты проводили в головной части Паркентского магистрального канала. Разработку и погрузку грунта в карьере экскаватором ЭКГ-4,6 на транспорт, его перевозку в насыпь автосамосвалом БелАЗ-545, разравнивание отсыпанного грунта бульдозером осуществляли в соответствии с проектом. Однако грунт, вопреки проекту, дополнительно не увлажняли и отсыпку вели слоями до 70 см, вместо рекомендованных 40 см, причем на полный профиль, не прокладывая канала.

Каждый слой отсыпанного грунта прокатывался самосвалом. Этим достигалась равномерная прикатка насыпного грунта, влажность которого не превышала 10%, а плотность колебалась в пределах 1,30 т/м³.

Дамбу возводили несколько выше проектной с учетом последующей ее осадки и осадки основания после увлажнения грунта.

В дамбе нарезался канал с более суженным профилем, чем это предусматривалось в проекте, для пропуска до 20% воды от максимального расхода. Однако первоначальный расход воды составил около $1 \text{ м}^3/\text{с}$, через три месяца расход был увеличен до $3 \text{ м}^3/\text{с}$, а через год — доведен до $6 \text{ м}^3/\text{с}$.

В первые два-три месяца наблюдались случаи образования каверн в ложе канала и поперечных трещин в дамбе, которые ликвидировались инспектирующей бригадой, ведущей постоянное наблюдение за состоянием канала.

После двухлетней временной эксплуатации построенных участков канала в верхней 5-метровой толще насыпи плотность грунта достигла проектных значений $1,60 \dots 1,65 \text{ т/м}^3$, после трехлетней она составила в среднем $1,7 \text{ т/м}^3$. Однако стабилизационный процесс продолжается, хотя и незначительный. Несмотря на это, участки канала, подвергавшиеся двух-трехлетней замочке, были доведены до проектного профиля с окончательной отделкой русла под облицовку. Дальнейшая эксплуатация не вызывала существенных деформаций бетонных облицовок.

Применение описанного метода строительства на Паркентском магистральном канале дало экономический эффект только за счет снижения стоимости строительно-монтажных работ около 16 тыс.руб. на 1 км протяженности канала.

Кроме того, временная эксплуатация построенных участков канала позволила уже до завершения строительства канала первой очереди орошать земли совхозов "Чаткал", "Бустон", "Коммуна", "Гулбаг" и совхоза № 5 (с 1982 г.). По данным районного агропромышленного объединения, в этих совхозах только в 1980 г. был получен урожай картофеля и овощей на сумму 1468 тыс.руб. (чистая прибыль составила 139 тыс.руб.), в 1982 г., соответственно, на 2386 и 358 тыс.руб.

Метод пионерного канала в насыпи, возведенной из маловлажного грунта, с временной его эксплуатацией и последующей доработкой до проектного профиля одобрен Минводхозом УзССР и рекомендован к использованию при строительстве больших каналов, имеющих конструктивные элементы и условия производства, аналогичные строящемуся Паркентскому каналу.

С.Д. Пак, канд. техн. наук
(САНИИРИ им. В.Д. Журина)

В.И. Динерштейн, Ф.Х. Урманов
(ГСКБ по ирригации)

МЕХАНИЗАЦИЯ ОЧИСТКИ КАНАЛОВ ОТ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

В аридной зоне, в частности в Узбекистане, не нашел пока достаточно широкого применения опыт очистки русел каналов от растительности механизированным способом. И хотя ученые САНИИРИ давно занимаются этой проблемой, однако их исследования носили эпизодический характер и не выходили за рамки эксперимента.

В последние годы для окашивания русел каналов созданы разного типа косилки, снабженные либо сегментно-пальцевым режущим аппаратом (ККД-1,5), либо ротационным (РР-26, РР-28, РР-41, К-48Б), предназначенные для очистки каналов глубиной до 3 м. На наш взгляд, очистка небольших каналов оросительных систем в Средней Азии от растительности может быть механизирована указанными машинами.

В то же время большинство каналов, особенно коллекторно-дренажной сети, имеет глубину более 3,5 м, для окашивания которых нет специализированной техники. Поэтому в программе НИР на 1981-1985 гг. по проблеме "Разработать и внедрить высокоэффективные технологические процессы и технические средства для водохозяйственного строительства, содержания и ремонта мелиоративных систем" предусматривалось специальное задание по разработке и внедрению косилок, предназначенных для окашивания откосов каналов глубиной до 6 м.

В рамках выполнения этого задания САНИИРИ и ГСКБ по иррига-

ции проводят совместные исследовательские и опытно-конструкторские работы.

По опыту использования косилки ККД-1,5 для окашивания каналов, характеризующихся большим разнообразием растений по видовому составу и густоте стояния [1], а также техническим данным косилок [2], выпускаемых отечественной промышленностью, для условий Узбекистана, где на откосах коллекторов преимущественно прорастают жесткостебельные растения и кустарники, диаметр ствола которых превышает 30 мм, предпочтение следует отдать ротационным режущим аппаратам.

Для проверки работоспособности ротационного режущего аппарата в ГСКБ по ирригации был разработан и изготовлен макетный образец косилки КОК-6, оборудованный четырехроторным аппаратом сельскохозяйственной косилки КРН-2,1, выпускаемым Люберецким заводом им. Ухтомского. Для навески рабочего органа использовали стрелу и рукоятку мелиоративной косилки РР-41, обеспечивающих окашивание откосов длиной до 5 м при крутизне от 1:1 до 1:2. Базовой машиной послужил трелевочный трактор ТТ-4. Технические данные макетного образца косилки приведены в таблице.

Т а б л и ц а

Технические данные макетного образца косилки КОК-6

Наименование показателя	: Значение показателя
I	2
Тип машины	Навесная
Максимальная длина окашивания откоса от бровки канала, м	5,0
Количество проходов для окашивания одного откоса	2...3
Привод ходовой части	Механический
Привод рабочего органа	Гидравлический
Потребляемая мощность, л.с. (кВт)	50 (36)
Рабочая скорость, км/ч	2,25...5,1
Транспортная скорость, км/ч	2,25...9,75
Производительность, га/ч	до 1

I	2
Число обслуживающего персонала, чел.	2
Габариты машины, мм	
в рабочем положении	
длина	5700
ширина	8400
высота	3800
в транспортном положении	
длина	5700
ширина	3800
высота	4990
Дорожный просвет, мм	490
Общая масса, кг	14775
В том числе:	
рамы	375
рукояти	830
рабочего органа	270
Необходимая ширина бермы, м	4...5
Давление в гидросистеме, МПа	
механизма подъема	до 13
привода рабочего органа	до 15
Рабочий орган	Многороторный режущий аппарат
количество роторов, шт.	4
диаметр ротора, мм	600
количество ножей на роторе, шт.	2
ширина захвата рабочего органа, м	2,1
частота вращения ротора, 1/мин	до 1940
высота среза (стерни), мм	до 150
скорость резания, м/с	до 60,9
Базовая машина	Трактор ТТ-4
двигатель:	
модель	А-01 МЛ
мощность, л.с. (кВт)	110(80)
топливо	дизельное

Испытания косилки КОК-6 проводили на коллекторах в совхозе № I "А" Сырдарьинской области (1982 г.) и на каналах агропромышленного объединения "Халкабад" Ташкентской области (1983 г.).

Цель испытаний — определить качество скашивания растительности ротационным режущим аппаратом; получить предварительные эксплуатационные и технико-экономические показатели работ, энергетические показатели, а также показатели надежности выполнения технологического процесса.

Исследования проводили на коллекторах, где глубина достигала 6 м при заложении откосов порядка 1:1,5.

Наиболее часто встречающийся вид растительности — камыш. Густота стеблей диаметром ствола (10 см от поверхности земли) до 12 мм и высотой до 3,5 м достигала до 120 шт. на 1 м². На сухой части откоса (на глубину канала до 1,5 м) и на бермах вместе с камышом прорастал кустарник Карелина каспийская (акбаш). Его ствол в диаметре составлял 15 мм, густота стояния — 5 стволов на 1 м².

Откосы практически всех обследованных коллекторов имели значительные отклонения от плоскости в виде вогнутости, выпуклости, отдельных бугров и впадин высотой (глубиной) до 15 см. Ширина бермы коллекторов превышала 10 м, но на ней беспорядочно располагались отвалы грунта высотой до 1,5 м, лишь полоса бермы шириной до 3 м, примыкающая к бровке канала, представляла собой в какой-то мере распланированную поверхность.

Ввиду того, что ширина пути движения базовой машины косилки должна быть не менее 4,5 м, начиная от бровки канала, большой объем работ был выполнен по планировке бермы. К сожалению, недостаточно четкая работа механизаторов совхоза сказалась на качестве планировки, что в свою очередь отразилось и на качестве работы косилки.

До начала работы косилки был проведен тщательный осмотр скашиваемых откосов с целью устранения посторонних предметов.

Скашивание производилось полосой вдоль канала и с каждым последующим проходом машины опускали режущий аппарат на его длину ниже по откосу.

За период испытаний косилки (июнь-ноябрь) в совхозе № I "А" ее выработка составила порядка 12 км протяженности коллектора, в АПО "Халкабад" — около 3 км.

Встречающиеся бугорки грунта режущий аппарат режет и сминает, образующийся при этом валик грунта уклоняет растение в направлении движения режущего аппарата, которое в свою очередь аналогично действует на находящееся перед собой растение.

Упавшее растение нож режущего аппарата не достает и после прохода косилки оно вновь распрямляется. Кроме того, бугорки грунта затрудняют перемещение рабочего органа, что вызывает деформацию навесного оборудования (стрелы и рукоятки).

Испытания показали:

ротационный режущий аппарат надежно скашивает растительность на откосах коллекторов. Высокая скорость ножей ($V = 60$ м/с) позволяет скашивать все виды растений: мягкостебельчатую и вьющуюся, камыш и кустарник "акбаш";

корпус режущего бруса косилки КРН-2, I оказался недостаточно жестким в месте перехода от редуктора к первому ротору;

базовая машина косилки — гусеничный трактор ТТ-4 обладает необходимыми параметрами:

наличие ходоуменьшителя позволяет варьировать рабочую скорость в широком диапазоне;

двигатель трактора имеет резерв мощности, за счет этого можно увеличить производительность косилки (при введении устройств, облегчающих управление косилкой), а также установить бульдозерное оборудование для планировки пути рабочих ходов базовой машины; раздаточная коробка трактора, имеющая три выходных вала, а также наличие насоса НШ-50Л-2 позволяет осуществить одновременно привод вращения роторов, подъем и опускание рабочего органа, регулировку положения рабочего органа;

платформа трактора позволяет свободно разместить элементы косилки и создать место для оператора.

Одним из существенных недостатков навески рабочего органа является отсутствие разгрузки массы стрелы, рукоятки и режущего бруса, что приводило к большому давлению на опорные лыжи режущего бруса, возникновению поперечных нагрузок на рукоятки.

Кроме того, было трудно вести наблюдения из кабины трактора за работой режущего бруса и одновременно управлять трактором и работой режущего аппарата. Было решено вынести пульт управления за пределы кабины.

Косилкой теперь управляли два человека вместо одного, предусмотренного техническими требованиями. Обслуживание косилки трактористом и оператором оказалось экономически целесообразным.

С учетом всех этих замечаний был создан опытный образец косилки КОК-6Н. На ней применили телескопическую рукоять, позволившую увеличить максимальную длину окашиваемого откоса от 5 до 10 м.

Предусмотрена была и повторная платформа, с помощью которой стало возможным переводить оборот.

Телескопическая рукоять к тому же снабжена опорным колесом, что позволяет снять нагрузку от массы рукояти на опорные лыжи рабочего органа.

Для уменьшения удельного давления на опорные лыжи рабочего органа предусмотрен также специальный механизм навески рабочего органа, с помощью пружинного устройства которого можно отрегулировать давление опорной лыжи от массы самого рабочего органа практически до нуля.

Гидромотор привода рабочего органа соединен непосредственно с ведущей шестерней без промежуточного редуктора и клиноременной передачи.

В настоящее время проводятся производственные испытания косилки КОК-6Н, которая впервые позволила механизировать окашивание откосов каналов глубиной до 6 м.

А.Г.Еременков, канд.техн.наук

Ф.Х.Махмудов

(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

ИЗМЕРЕНИЕ РАБОЧИХ КОЛЕС ОСЕВЫХ НАСОСОВ

При эксплуатации крупных осевых насосов оросительных насосных станций отмечаются случаи повышения уровня вибрации насосных агрегатов с увеличением угла установки лопастей рабочего колеса. Эксплуатационный персонал, во избежание преждевременного или аварийного выхода из строя насосного агрегата, уменьшает угол разворота лопастей рабочего колеса, снижая тем самым

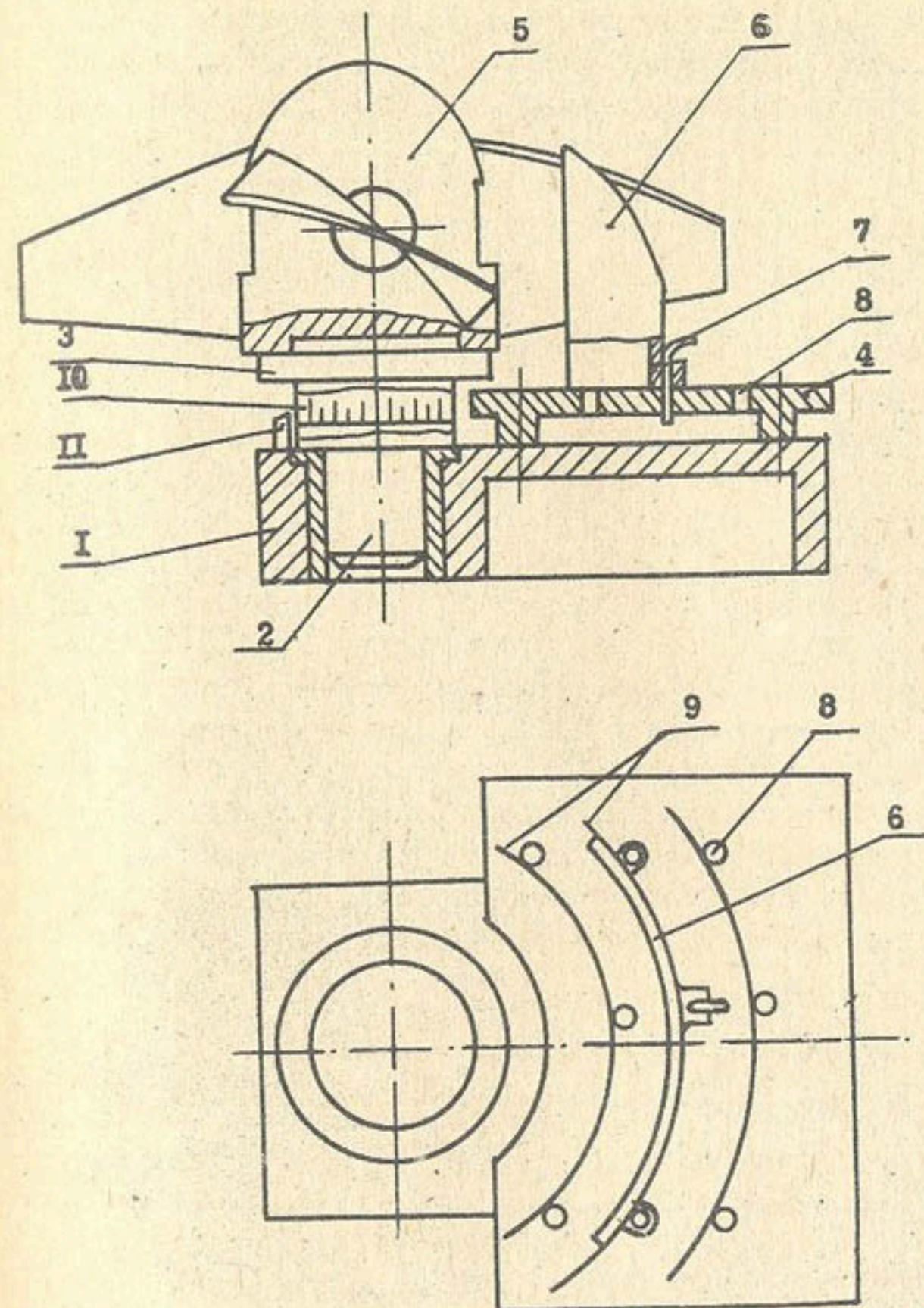


Схема устройства для контроля профилей лопастей и их расположения на втулке рабочего колеса осевой гидромашины.

лопасть во втулке добиваются наилучшего прилегания лопасти к шаблону. При этом передняя и задняя кромки лопасти располагаются симметрично относительно своих расчетных точек на шаблоне. Зазор между лопастью и шаблоном измеряют линейкой или шупом. Угол разворота фиксируется нанесением меток на лопасть и втулку рабочего колеса.

Для контроля профиля тыльной стороны лопасти толщиномером измеряют толщину лопасти в контрольных точках. Направление измерения – вдоль образующей цилиндра, на котором располагается рабочая кромка шаблона.

После проверки одной лопасти шаблон с плиты снимаются и рабочее колесо поворачивается для контроля следующей лопасти.

На описанном устройстве было измерено 13 рабочих колес диаметром 1850 и 1930 мм, из которых 5 – поворотнолопастные, остальные – жестколопастные. Последние проверялись только на неидентичность угла установки лопастей рабочих колес.

Угол наклона профиля в каждом расчетном сечении определялся по координатам входной и выходной точек профиля лопасти с базой на рабочую кромку шаблона.

Неидентичность угла установки лопастей вычислялась как разность между фактическим углом установки лопасти и среднеарифметическим его значением для всех лопастей рабочего колеса. Результаты измерений приведены в таблице.

Т а б л и ц а

Контролируемый параметр	Наибольшее отклонение:		Организация, рекомендуемая величину отклонения
	фактическое:	рекомендуемое:	
Неидентичность угла установки лопасти	от -2° $1^{\circ}30'$	15	ВНИИГидромаш [3]
Толщина профиля от диаметра рабочего колеса, %			
у втулки	0,01	0,0008	ЛМЗ [4]
на периферии	0,004	0,0008	
Форма профиля сечения	3+4	1,5+2	УралГидромаш [5]

Как видно из таблицы, неидентичность угла установки лопастей в 5–6 раз больше рекомендуемой. Причина больших отклонений – недостаточная точность выверки угла установки лопасти по существующей методике при изготовлении и ремонте рабочего колеса. Методика заключается в последовательном очерчивании периферийных контуров лопастей на листе картона, который базируется на плоскость, перпендикулярную оси рабочего колеса. Уменьшение толщины профиля лопастей связано главным образом с абразивным износом.

Опыт эксплуатации и модельные исследования [3,6] показывают, что на вибрацию и снижение КПД насосов наибольшее влияние оказывают неидентичность углов установки лопастей и грубые нарушения формы профиля лопасти (отгиб выходной кромки и др.).

С помощью устройства для контроля профилей лопастей и их расположения на втулке рабочего колеса в условиях ремонтно-эксплуатационного предприятия были доработаны рабочие колеса для Кушмазарской насосной станции. Лопасти с выверенными углами установки были прихвачены сваркой к втулке рабочего колеса. Эксплуатация насосных агрегатов показала, что межремонтный период возрос в среднем на 1500 ч.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андриенко Б.К., Мазил П.Г., Пылаев Н.И. Действующие нагрузки на направляющий подшипник вертикальных гидротурбин. – Энергомашиностроение, 1967, № 4, с.33–35.
2. Шейнин И.С., Виноградов О.Г. Динамические нагрузки, передаваемые вертикальным гидроагрегатом на сооружение. – Труды координационных совещаний по гидротехнике. Динамика гидротехнических сооружений. Дополнительные материалы. Л., Энергия, 1972, вып.64, с.54–66.
3. Захаров О.В. и др. Опыт эксплуатации крупных осевых насосов на магистральных каналах. – Гидротехническое строительство, 1976, № 8, с.20–24.

4. Бронковский Г.А. и др. Технология гидротурбостроения. - Л., Машиностроение, 1978, с.192.
5. Агрегаты электронасосные типа ОПВ-1853Г. - ТУ 26-06-1042-76. НПО "Уралгидромаш", 1975, с.27.
6. Куль А.М. Некоторые результаты исследований активной решетки турбинных лопаток при малых отклонениях их геометрии. - Труды ЛПИ.-Л., Машиностроение, 1958, вып.193, с.150-156.

Г.Б.Давтян

(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ РЫХЛИТЕЛЯ ГРУНТО-ЗАБОРНЫХ УСТРОЙСТВ МЕЛИОРАТИВНЫХ ЗЕМСНАРЯДОВ

Одна из ведущих машин на очистке оросительных каналов и водоемов от наносов - плавучий землесосный снаряд, объединяющий в непрерывный гидромеханизированный технологический поток (процесс) разработку, транспортирование и укладку грунта. Большие возможности этого поточного способа производства земляных работ по ряду объективных и субъективных причин используются далеко не в полную меру.

За последние годы проведена определенная работа по созданию новых мелиоративных землесосных снарядов и совершенствованию существующих грунтозаборных устройств, однако ощутимого повышения производительности и эффективности гидромеханизации пока не наблюдается.

На очистке профильных выемок оросительных систем от наносов большое распространение получили грунтозаборные устройства простого, непосредственного, всасывания с гидравлическими (в основном одно- и двухнасадочными) и механическими (преимущественно фрезерными) рыхлениями.

Наиболее перспективен грунтозабор, интенсифицированный тем или иным механическим рыхлителем.

Тип (вид), состав и параметры основных элементов рыхлителя

и грунтозаборного устройства, его привод должны обеспечить более полную реализацию прогрессивных способов резания и рыхления грунта, смешивания его с водой, направленной доставки этой смеси к приемному отверстию наконечника и всасывания ее без потерь при работе земснаряда в различных гидролого-грунтовых и производственных условиях.

Большинству этих требований отвечают рыхлители, оснащенные винтовыми режущими элементами. Они достаточно универсальны, производительны и способны качественно профилировать выемки.

Решить вопрос создания нового рабочего органа в целом в настоящее время теоретическим путем вряд ли возможно, поэтому основная роль отводилась экспериментальным исследованиям. С этой целью были разработаны и изготовлены модель грунтозаборного устройства простого всасывания и совмещаемые с ней рыхлители с двумя типами винтовых режущих элементов. Один из них - шнек - широко используется на очистке профильных выемок от наносов в качестве экскавационно-транспортирующего рабочего органа мелиоративных машин. Второй - ленточный винт, выполненный в форме открытого косоугольного геликоида, ранее не применявшийся для экскавации и перемещения грунта. С нашей точки зрения, этот вид режущего элемента, обладая всеми положительными качествами первого, способен обеспечить более производительный грунтозабор при меньших энергозатратах.

Экспериментальными исследованиями намечалось определить количественные и качественные показатели работы моделей грунтозаборных устройств и на их основе сделать выбор наиболее эффективного режущего элемента.

Исследованиям в лабораторных условиях подвергались три модификации модели рабочего органа, состоящей из всасывающего наконечника с приваренным к нему, перпендикулярно оси, цилиндрическим кожухом, охватывающим соосно расположенный внутри винтовой рыхлитель, с вырезом одной трети передней нижней части образующей цилиндра. В торцы кожуха вмонтированы подшипники вала рыхлителя, привод которого осуществляется двигателем постоянного тока мощностью 1,5 кВт при 3000 об/мин через червячный редуктор с передаточным числом 10,25 и телескопическим корданным валом посредством конического и

цепного редукторов, укрепленных на кожухе модели. Наконечник модели другим концом соединяется со всасывающей трубой грунтового насоса (2,5 НФ) стенда. Диаметр приемного отверстия наконечника равен 100 мм, диаметр всасывающей трубы — 80 мм.

Винт (шнек) рыхлителя имеет диаметр 166, длину 400 мм и состоит из двух частей, симметрично расположенных относительно приемного отверстия наконечника всасывающей трубы: в каждой части по два витка левой и правой навивки с шагом 72 мм.

При вращении рыхлителя срезанный в пределах кожуха обеими частями режущих элементов грунт при непрерывном перемешивании с водой подается в зону активного всасывания у приемного отверстия наконечника.

Кожух наконечника снабжен спереди и сзади подвижными заслонками, ограничивающими подсос воды, не выполняющей полезной работы по грунтозабору. Положение этих заслонок изменяется в зависимости от угла наклона всасывающей трубы, наклон которой зависит от высоты забоя и величины заглубления рыхлителя в грунт.

Число оборотов вала рыхлителя регулировалось в пределах 200...300 об/мин бесступенчато. Скорость траншейного хода модели изменялась от 2 до 10 см/с пятью ступенями примерно равными интервалами.

Описанная выше модель грунтозаборного устройства землесосного снаряда представлена в трех модификациях: первая — просто-го всасывания — состоит из наконечника с нормально закрепленным к нему кожухом, без рыхлителя; две другие — отличаются от первой наличием в кожухе рыхлителя, а между собой — формой винтовых линий режущих элементов.

Методика экспериментальных исследований рассчитана на использование универсальной лабораторной установки (стенда) гидромеханизации (УЛУТ-САНИИРИ) с измерением основных параметров работы грунтового насоса и модели грунтозаборного устройства.

Запуск лабораторной установки состоит из запуска грунтонасосной установки и перекачивающего насоса, предназначенного для поддержания одинакового уровня воды в рабочем и вспомогательном бассейнах стенда, а при переподготовке забоя — перекачивания разработанного во время опыта грунта из второго бассейна в первый.

В соответствии с задачами опытов данной серии задавался определенный режим работы грунтонасосной установки по оборотам и расходу, соответственно, реостатом двигателя постоянно-го тока и дросселем ее напорной линии.

Скорость движения ходовой тележки (2...10 см/с) устанавливалась ступенчато (5 скоростей) коробкой перемены передач.

Количество отбираемой пробы определялось расходом грунтового насоса и скоростью движения тележки, в соответствии с которыми устанавливалась предельная нагрузка на циферблатных весах.

При исследовании модели рабочего органа простого всасывания (без рыхлителя) пуск тележки осуществлялся после снятия показания амперметра двигателя привода грунтового насоса.

При исследовании моделей с рыхлителем запускался двигатель его привода, реостатом устанавливались необходимые обороты и снималось показание киловаттметра — мощность, затрачиваемая на холостой ход рыхлителя в воде.

Время отбора пробы автоматически фиксировалось электросекундомером с помощью датчиков начала и окончания отбора. По массе и объему пробы определялась ее объемная масса, по объему и времени отбора — расход воды либо пульпы.

В качестве одной из наглядных характеристик работы землесосной установки с данной моделью в таблицу включена масса грунта (влажного) отобранной пробы, отсчитываемая на весах после слива воды из мерного бака.

Проба пульпы отбиралась во второй трети рабочего хода модели, т.е. при установившемся режиме работы грунтового насоса, привода рыхлителя и самой ходовой тележки.

По окончании опыта производился замер поперечников разработанной в процессе опыта траншеи — в начале, середине и ее конце. В каждом поперечнике определялась ширина поверху и понизу, а также ее глубина.

Забой разрабатывался траншейными ходами: вначале, для определения технических возможностей моделей, слоями от 1,5 до 7,5 см, а затем, во время опытов — от 6,0 до 7,5 см, при соблюдении других одинаковых условий опыта на каждом слое для всех трех моделей грунтозаборного устройства.

По каждому опыту задавались, определялись и регистрировались следующие параметры.

Задавались:

- число оборотов рабочего колеса грунтового насоса;

- расход грунтового насоса;

- скорость движения ходовой тележки стенда;

- число оборотов двигателя привода рыхлителя;

- толщина разрабатываемого слоя грунта.

Определялись (измерялись):

- масса пробн водогрунтовой смеси (пульпы);

- объем пробн;

- объемная масса пульпы;

- время отбора пробн;

- расход пульпы;

- масса влажного грунта пробн;

- производительность по грунту;

- расход энергии при работе грунтового насоса на воде;

- то же, при работе на пульпе;

- удельный расход энергии грунтового насоса;

- расход энергии рыхлителя при работе в воде;

- расход энергии рыхлителя при разработке грунта;

- удельный расход энергии рыхлителя;

- суммарный удельный расход энергии грунтового насоса и рыхлителя;

- три измерения поперечников разработанных траншей;

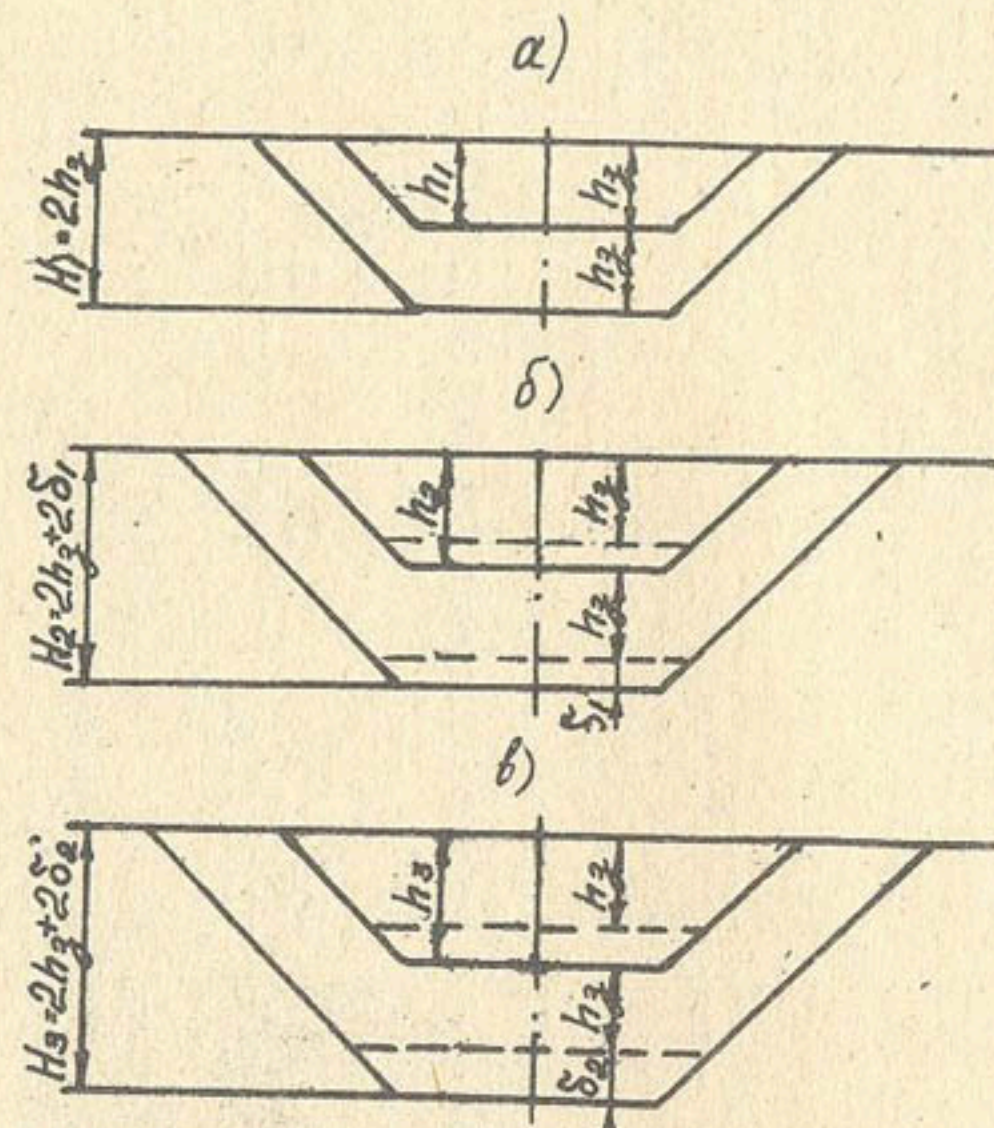
- плотность разрабатываемого грунта;

Для дополнительной характеристики работы грунтонасосной установки стенда замерялись вакуум и напор, соответственно, на всасывающей и напорной линии.

По изложенной методике выполнено 46 опытов, обобщенные результаты которых иллюстрируются рисунком и таблицей.

Исследования четвертой, пятой и шестой серии опытов выполнены с полным составом приемов и измерений по указанным разновидностям модели грунтозаборного устройства.

Размеры и форма траншей и их поперечников позволяют сделать сравнительный анализ эффективности примененных рыхлителей. Наиболее наглядно результаты сравнения видны по разности глубины разработанной траншеи и заданного заглубления для каждого модельного рабочего органа. Эта разность для модели без рыхлителя равна нулю, т.е. глубина траншеи равна заданному заглублению; для модели с рыхлителем со сплошной формой винтовой линии (шпек) она составляет 1,5...2 см, а для модели с ленточным винтовым рыхлителем (косой открытый геликонд) —



Поперечники траншей при двукратном проходе модельных рабочих органов: а) модель грунтозаборного устройства простого всасывания (без рыхлителя); б) модель грунтозаборного устройства со сплошным винтовым рыхлителем (шпек); модель грунтозаборного устройства с ленточным винтовым рыхлителем (косой открытый геликонд).

h_3 — задаваемое заглубление рабочего органа;
 $h_{1,2,3}$ — глубина разработанной траншеи;
 $H_{1,2,3}$ — глубина траншеи после двух проходов;
 $\delta_{1,2}$ — переуглубление траншей.

Т а б л и ц а

№ : №	Масса	Объем	Время	Объемная	Расход	Масса	Произво-	Удельный расход энергии Дж/кг		
се-опы-рий: та	пробы, кг	пробы, м ³	отбора, с	масса, кг/м ³	пульш, м ³ /с	грунта, кг	дит. по грунту, кг/с	(грунта)		
								грунтовым	рыхлителем	суммарный
								насосом		

Модель грунтозаборного устройства непосредственного (простого)
всасывания (без рыхлителя)

	43	281,0	0,259	22,50	1085,0	0,01151	45,0	2,00	220,0	-	220,0
	44	281,0	0,259	22,45	1085,0	0,01153	45,0	2,00	220,0	-	220,0
У	45	280,0	0,258	22,50	1085,0	0,01147	44,5	1,98	218,0	-	218,0
	46	282,0	0,260	22,50	1085,0	0,01155	45,5	2,02	222,0	-	222,0

Среднее значение	281,0	0,259	22,49	1085,0	0,01151	45,0	2,00	220,0	-	220,0
------------------	-------	-------	-------	--------	---------	------	------	-------	---	-------

Модель грунтозаборного устройства со сплошным винтовым рыхлителем (шнек)

	39	285,0	0,260	22,45	1095,0	0,01158	54,0	2,40	182,4	12,40	194,8
	40	290,0	0,261	22,60	1111,0	0,01155	60,0	2,65	165,0	14,00	179,0
У	41	291,0	0,265	22,50	1098,0	0,01177	55,0	2,44	180,0	18,40	198,4
	42	282,0	0,253	22,35	1114,0	0,01132	60,0	2,68	159,0	14,00	173,0

Среднее значение	287,0	0,260	22,48	1105,0	0,01156	57,25	2,54	171,6	14,70	186,3
------------------	-------	-------	-------	--------	---------	-------	------	-------	-------	-------

Модель грунтозаборного устройства с ленточным винтовым рыхлителем
(косой открытый геликоид)

	35	279,0	0,254	21,90	1098,0	0,0116	53,0	2,42	156,0	12,4	168,4
--	----	-------	-------	-------	--------	--------	------	------	-------	------	-------

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
IV	36	299,0	0,270	22,40	1108,0	0,01205	61,0	2,72	161,5	16,6	178,1
	37	288,0	0,258	22,30	1116,0	0,01157	64,0	2,87	153,0	11,0	164,0
	38	307,0	0,278	22,40	1109,0	0,01242	67,0	3,00	145,0	14,8	159,8
Среднее значение		293,25	0,265	22,25	1108,0	0,01191	61,25	2,75	153,88	13,7	167,58

— 2...3,5 см. Приведенные разности довольно стабильны на заглублениях порядка 6...7,5 см. Данные по консистенции пульпы также указывают на возрастание ее значения от простой (без рыхлителя) модели к модели с ленточным винтовым рыхлителем.

При описанных условиях экспериментов достигнута устойчивая массовая консистенция пульпы в пределах 16...20...21%, причем, большее значение получено при работе модели с ленточным винтовым рыхлителем. Объясняется это лучшими условиями смесеобразования и движения водогрунтовой смеси в полости между лентой и валом рыхлителя. Кроме того, очень важно, что в зоне между тыльной поверхностью ленты винта и поверхностью забоя возникает разряжение, увеличивающее количество и глубину разработки грунта сверх заданного заглубления.

Этот выявленный факт мы назвали эффектом переуглубления забоя. Очевидно, что такое явление может возникнуть при подводной разработке грунта, оно не наблюдается при разработке незатопленного грунта аналогичными рабочими органами.

Моделями рабочего органа с рыхлителями при практически одинаковом расходе воды разрабатывалось грунта: шнеком — на 27% и ленточным — на 36% больше, чем моделью простого всасывания.

Сопоставление энергетических затрат на разработку единицы массы (объема) грунта показывает относительную эффективность ленточных винтовых режущих элементов рыхлителя по сравнению со шнековым более чем на 10%, а по сравнению с простым всасыванием — почти на 24%. По всем показателям, приведенным в таблице (пп. 3...12), модель грунтозаборного устройства с ленточным винтовым рыхлителем превосходит модель со шнековым рыхлителем, а последняя превосходит модель простого, непосредственного, всасывания.

Общим недостатком исследованных модификаций модели грунтозаборного устройства является необходимость послойной разработки забоя многократным проходом по одному следу. Рабочими органами подобной конструкции (с горизонтальным винтовым рыхлителем) можно разрабатывать грунт толщиной слоя не более 0,3...0,5 м траншейными ходами. Послойная разработка грунта такой толщины в большинстве случаев недостаточно эффективна, поэтому может иметь ограниченное применение.

На основании анализа результатов лабораторных исследований

работы моделей в качестве эффективного режущего элемента рыхлителя принят ленточный винт, выполненный в форме открытого косого геликоида, а в качестве интенсификатора грунтозабора — рыхлитель, состоящий из парных, удлиненных, составных по длине фрез, вращаемых навстречу друг другу. Каждая из фрез, являясь зеркальным отображением другой, состоит из вала и двух навстречу навитых на него винтовых режущих элементов с разъемом между ними, причем, верхняя, большая, часть выполнена в виде открытого косого геликоида и нижняя, меньшая, — в виде двухзаходного винта, а приемное отверстие наконечника размещается у разьема винтовых линий.

Для исключения многократного прохода рыхлителя по одному следу при разработке подводного забоя толщиной 1...3 м фрез необходимо располагать в пространстве симметрично относительно вертикальной плоскости, проходящей через продольную ось всасывающей трубы земснаряда, впереди ее наконечника.

Встречное вращение фрез необходимо для формирования и направленного перемещения разработанного, разрыхленного и смешанного с водой грунта верхними и нижними их частями к приемному отверстию наконечника, в зону активного всасывания. Верхние части фрез работают при содействии гравитационных сил, поэтому они выполнены удлиненными, а нижние части работают в условиях противодействия этих сил, поэтому они выполнены не только укороченными, но и двухзаходными.

Для предотвращения подтока воды, не выполняющей полезной работы по грунтозабору, с тыльной стороны фрез размещается объединенный экран, закрепленный к раме рыхлителя. Эта рама, несущая на себе рыхлитель, привод фрез и экран с наконечником всасывающей трубы, воспринимающая и передающая силовые и массовые нагрузки раме грунтозаборного устройства, названа нами силовой рамой.

Силовая рама и наконечник присоединяются к раме и всасывающей трубе грунтозаборного устройства подвижно, соответственно, посредством карданова подвеса и размещенного на пересечении его взаимно перпендикулярных осей шарового шарнира.

Такая конструкция подвески грунтозаборного устройства вызвана необходимостью изменять наклон фрез к горизонту для разработки забоя разной толщины и поворачивать фрезы в сторону папильонажного хода для совместной их работы на больших подачах

при сохранении непрерывности проточной линии всасывающего пульпопровода землесосного снаряда.

По описанной принципиальной конструктивной схеме рабочего органа земснаряда, названного нами грунтозаборным устройством с парным винтовым рыхлителем, разработана, изготовлена и испытана его модель на стенде гидромеханизации САНИИРИ.

Результаты испытаний на разработке несвязного грунта оказались весьма обнадеживающими: модель устойчиво обеспечивала работу грунтонасосной установки стенда при массовой (весовой) консистенции пульпы 60%, что в пересчете на объемную консистенцию составляет около 40%.

В Н В О Д Ы

В результате экспериментальных исследований выявлен новый эффективный ленточный винтовой режущий элемент для фрез грунтозаборных устройств мелиоративных земснарядов, выполненный в форме открытого косоугольного геликоида.

С использованием данного режущего элемента в качестве основы разработаны конструкция парного винтового рыхлителя и грунтозаборного устройства для мелиоративных землесосных снарядов.

Новизна и полезность этого рабочего органа подтверждена Государственным Комитетом СССР по делам изобретений и открытий выдачей САНИИРИ авторского свидетельства № 779517.

Сопоставление результатов исследований показывает, что разработка даже несвязного грунта с помощью грунтозаборных устройств с рыхлителями значительно эффективнее, чем рабочими органами простого всасывания.

Способность винтовых (ленточных и шнековых) рыхлителей переуглублять подводный забой сверх заданного заглубления можно использовать при разработке рабочих органов машин для очистки от наносов действующих облицованных и лотковых каналов.

Ф.Ф. Беглов, А.А.Рахимов
(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

К ВОПРОСУ ОЧИСТКИ СМОТРОВЫХ КОЛОДЦЕВ ЗАКРЫТЫХ ДРЕН

Эффективная и долговечная работа элементов дренажных систем зависит от многих факторов, в частности от регулярного проведения комплекса технических мероприятий, направленных на поддержание сооружений в работоспособном состоянии.

Основной объем ремонтных работ на дренажных системах зоны орошения, представленных горизонтальными трубчатыми дренами, падает главным образом на два вида работ — очистку трубчатой линии от наносов (наилка) и очистку смотровых колодцев от наносов и посторонних предметов.

Если работы по очистке дренажного трубопровода, полностью механизированы и для этих работ созданы специальные отечественные машины (ПДТ-125 — для зоны орошения, Д-910 — зоны осушения), то трудоемкая работа по очистке смотровых колодцев, глубина которых в зоне орошения достигает 6 м, выполняется в настоящее время вручную.

Смотровые колодцы диаметром 0,8 и 1 м очищают от заиления и мусора трое рабочих, один из которых находится в колодце, а двое других — на поверхности земли. Рабочий, находящийся на дне колодца, загружает опускаемое вторым рабочим, стоящим на устроенном поверх колодца специальном настиле, порожнее ведро, которое при подъеме подхватывает третий рабочий и опорожняет его. В зависимости от величины заполнения грунтом бригада из 3 человек очищает за один день 1-3 колодца. При проведении очистных работ необходимо соблюдать правила по технике безопасности. В частности, рабочий занятый на погрузке наносов на дне колодца, должен быть защищен козырьком. Нельзя допускать спуска человека в смотровой колодец, имеющий признаки застоя воды и специфический запах.

Ежегодно в республике строится около 1000 км закрытых

дрен, оснащенных дренажными колодцами в среднем по 2 на километр дрены. В первые 2-3 года эксплуатации до полной стабилизации грунта обратной засыпки и фильтра дрены наблюдается вынос отдельных мелких частиц в трубчатую линию и в колодец, где за счет уменьшения скорости тока воды они оседают в отстойной части.

В дальнейшем, по мере стабилизации грунта обратной засыпки и фильтра дрены, вынос частиц прекращается. Однако довольно часто при проведении тех или иных сельскохозяйственных работ наблюдается разрушение верхней части дренажных колодцев, эрозия грунта обратной засыпки, сброс излишней воды при поливе в колодцы и др. В результате часть колодцев заиливается, засоряется и требует ремонта и очистки.

Малопродуктивный тяжелый ручной труд и рассредоточенность объектов работ на большой территории выявили острую необходимость скорейшего разрешения проблемы механизации очистки смотровых колодцев закрытых горизонтальных дрен.

НПО "ВНИИЗеммаш" разработано и изготовлено дополнительное сменное оборудование к одноковшовому экскаватору ЭО-2621А для очистки смотровых колодцев, состоящее из двух сменных рабочих органов: грейфера и землесоса.

Управление рабочими органами осуществляется из кабины экскаватора. Привод их гидравлический. Испытания оборудования показали хорошие результаты. Грейфером смотровые колодцы очищаются на 70%. Повреждения бетонных стенок колодцев и выступающих частей дренажных трубок не наблюдаются. Очистка колодцев землесосным оборудованием при заполнении колодца слоем воды на 0,5 м обеспечивается до 90%. Техническая характеристика указанного оборудования приведена в таблице.

Годовой экономический эффект от внедрения в народное хозяйство указанного сменного оборудования составит 1930 руб.

Аналогичная машина для очистки смотровых колодцев под маркой КОРД-5 разработана в ИСКБ по ирригации. В состав машины входит: напорная насосная станция для размыва грунтовых отложений, обеспечивающая напор 0,62 МПа (62 м вод.ст.) и расход не менее 30 м³/ч; насосная станция для откачивания и транспортирования гидросмеси на расстояние не менее 25 м; гидравлическая размывная головка для приведения грунтовых отложений в состояние гидросмеси; грузоподъемное неполнопо-

Техническая характеристика экскаватора ЭО-2621А
с оборудованием КМ-903

Показатели	Значение показателей
Рабочее давление в гидросистеме, МПа	10
Длина стрелы, м	3,86
Ход гидроцилиндров выдвижения, м:	
первого телескопа	1,7
второго телескопа	1,8
Сменные рабочие органы:	
емкость грейфера, м ³	0,035
ширина челюсти, мм	500
ширина захвата, мм	500
масса, кг	15
Землесос:	
диаметр рабочего колеса, мм	200
производительность (по пульпе), м ³ /ч	до 25
масса, кг	не более 175
Масса оборудования с рабочим органом - землесосом, т	0,775
Масса оборудования с рабочим органом - грейфером, т	0,610

воротное устройство грузоподъемностью 150 кг, высотой подъема до 2 м, радиусом поворота 2,5 м и углом поворота 250° (рис.1). Перечисленное оборудование размещено на одном колесном тракторе класса I,4 типа "Белорусь" МТЗ-82 П. Совместно с машиной агрегатируется также прицепная на пневмоколесном ходу емкость для воды вместимостью 4 м³.

Техническая производительность машины на очистке смотровых колодцев от грунтовых отложений - 3,7 м³/ч. Машина позволяет очищать до 8 колодцев в смену со степенью заиливания 50% по высоте. Обслуживающий персонал - 2 человека: тракторист и рабочий.

Работы выполняются в следующей последовательности. Трактор "Белорусь" МТЗ-82П с навесным оборудованием подъезжает к смотровому колодцу. Напорный шланг опускается в колодец. Во избежа-

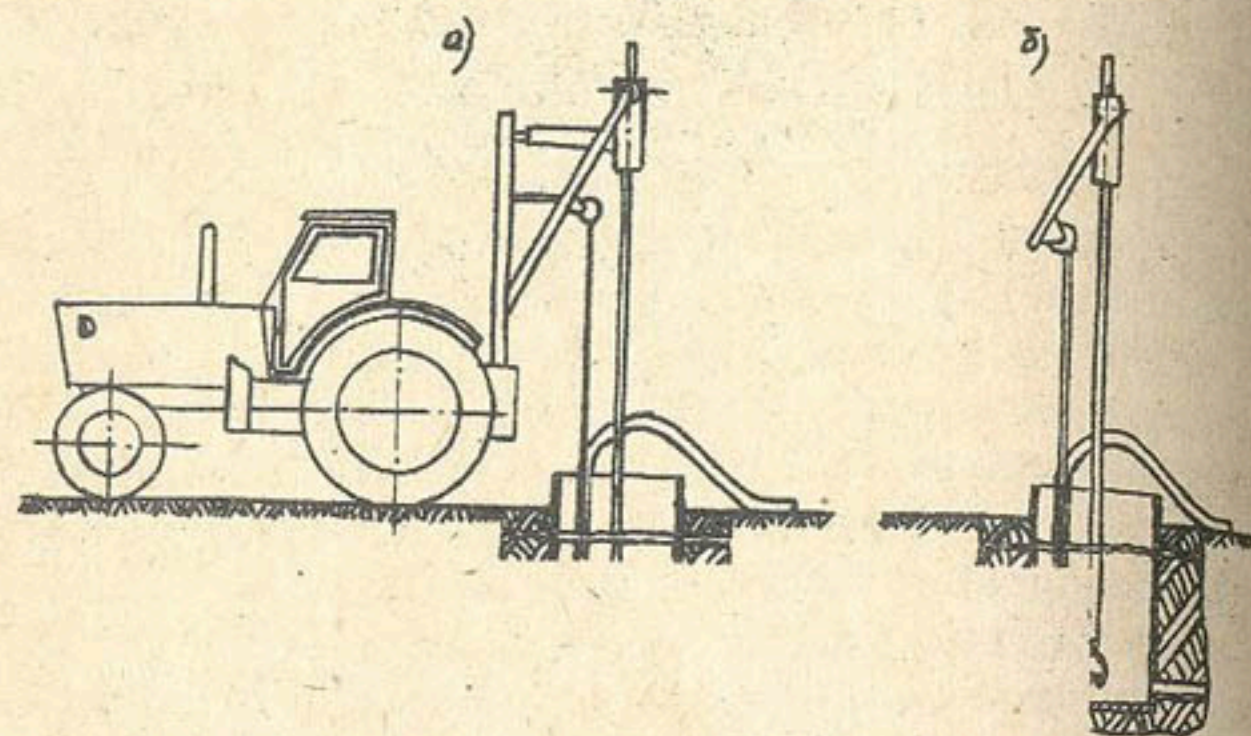


Рис.1. Схема машины КОРД-5 для очистки дренажных колодцев со сменными рабочими органами: землесосом (а) и грейфером (б).

ние затекания пульпы в полость трубчатой линии оба оголовка дренажных труб в колодце закупориваются. Включается насос и под напором происходит размыв грунтовых отложений. По мере превращения грунта в пульпу в колодец опускается шланг для откачивания и транспортирования гидросмеси наносов.

При наличии посторонних предметов в колодце применяется специальное устройство с гидравлическим клещевым захватом грузоподъемностью 150 кг. Устройство выполнено неполноповоротным, с углом поворота 250° . Высота подъема 2 м, радиус поворота — 2,5 м.

Обе конструкции машин проходят производственные испытания. В САНИИРИ разработан способ очистки дренажных колодцев (авторы У.Ю.Пулатов, Р.М.Давляканов, Ф.Ф.Беглов, Э.Н.Афанасьев и А.Я.Рахимов), который позволяет исключить тяжелый ручной труд при выполнении этого вида ремонтных работ.

Сущность способа состоит в том, что на дно колодца помещается емкость соответствующих размеров для накопления наносов и мусора, которая периодически, после заполнения, извлекается на поверхность для опорожнения. Подъем емкости и опускание ее на дно производится с помощью грузоподъемного оборудования.

Емкость имеет в плане круглую форму. Высота бортов не должна превышать глубину донной части (отстойника) колодца. Материал емкости должен обладать антикоррозионной стойкостью. Наиболее подходящим материалом служит железобетон из сульфатостойкого цемента с добавками, например, фурфурола. Тяги и кольца выполняются с антикоррозионным покрытием.

Перспективным является применение стеклопластика, полимербетона и др. На рис.2 показан в разрезе промежуточный

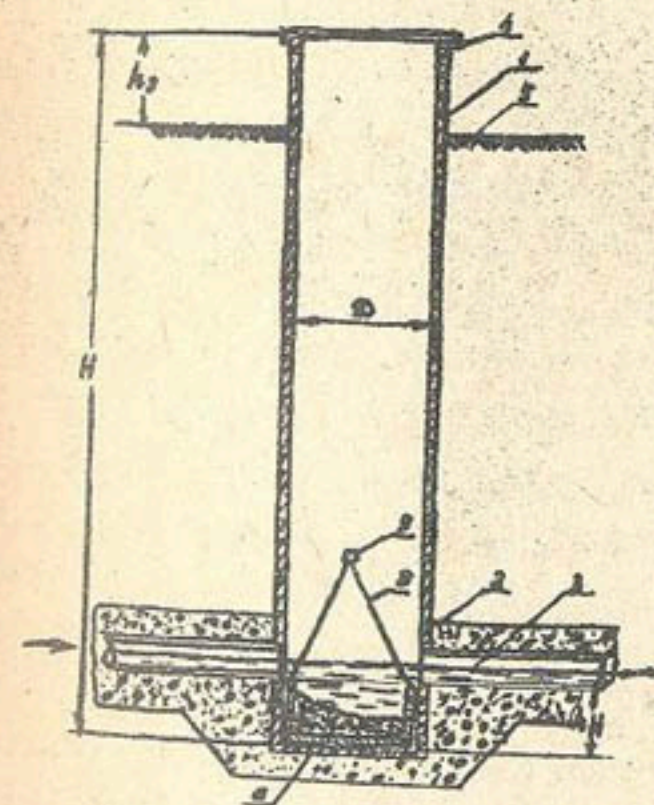


Рис.2. Схема дренажного колодца с донной емкостью для удаления наносов.

смотровой колодец I закрытого горизонтального дренажа из цельной железобетонной трубы диаметром ϕ 0,8 или 1 м, длиной $H = 5$ м, к которому с двух сторон подключены уложенные в фильтровую обсыпку 2 дренажные трубы 3. Наземная часть колодца снабжена крышкой 5, расположенной над поверхностью земли на высоте $h_1 = 0,6 \dots 1,0$ м. Дно смотрового колодца 6 располагается ниже дренажных труб на глубине $h_2 = 0,5 \dots 0,6$ м, образуя донную камеру.

Для аккумуляции наносов и мусора на дне колодца установлена специальная емкость 7, снабженная для подъема и опускания металлическими тягами 8. Тяги соединены сверху в один узел при помощи кольца 9, для зацепа крюка грузоподъемного устройства.

Очистка дренажных колодцев осуществляется следующим образом. После монтажа колодца I, при строительстве дренажа, а также после очистки существующих и эксплуатирующихся колодцев на дно 6, при помощи кранового оборудования (например, крана-укосины), установленного на тракторном шасси, опускается емкость 7.

При работе дрены отводимая вода поступает в колодец I по трубам 3. За счет уменьшения скорости тока воды взвешенные частицы грунта и влекомые донные наносы оседают в емкости 7. По наполнении емкости до соответствующего уровня, что устанавливается техником-смотрителем, емкость 7 при помощи крана поднимается на поверхность земли и опорожняется.

После освобождения емкости от наносов и мусора она снова опускается на дно колодца. Через 2-3 года работы, когда грунт обратной засыпки дрены стабилизируется, вынос частиц фильтра и грунта в смотровой колодец прекращается, емкость переносится на новую прокладываемую дрену. При сроке службы емкости 25-30 лет ее оборачиваемость равна 10.

Использование предлагаемого способа позволит ликвидировать тяжелой ручной труд на очистке колодцев, полностью механизировать этот процесс и поднять надежность и эффективность закрытого горизонтального дренажа.

У.Ю.Пулатов, канд.техн.наук

Р.М.Давляканов, Т.Н.Наралиев

(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

К РАСЧЕТУ ПОТРЕБНОСТИ МЕХАНИЗАТОРОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РАБОТ НА ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

В Отчетном докладе Центрального Комитета КПСС XXVI съезду Коммунистической партии Советского Союза отмечалось, что в 80-х годах будет действовать ряд факторов, усложняющих экономическое развитие. Один из них — сокращение прироста трудовых ресурсов [1].

Под "трудовыми ресурсами" принято понимать часть населения страны, обладающую определенным физическим развитием, необходимыми знаниями и практическим опытом для работы в народном хозяйстве. Одним из главных условий, обеспечивающих эффективное использование трудовых ресурсов — наличие научно обоснованных нормативов потребности в них по каждой отрасли народного хозяйства, разработанных с учетом характерных региональных особенностей и с дифференциацией по видам производимых работ.

Для укрупненных расчетов потребности водохозяйственных организаций в рабочей силе в САНИИРИ составлена "Методика разработки нормативов потребности в трудовых ресурсах рабочих профессий для выполнения ремонтно-эксплуатационных работ на гидромелиоративных системах" [2].

С 1982 г. в отделе нормативов и системы машин САНИИРИ по вышеуказанной "Методике", утвержденной Минводхозом СССР, разрабатываются нормативы потребности в рабочей силе для выполнения ремонтно-эксплуатационных работ на гидромелиоративных системах Узбекистана.

При расчете потребности в трудовых ресурсах важно точно выявить все виды работ, производимых на системах, и относимых к

ремонтно-эксплуатационным, а также правильно установить значения годовых объемов работ и периодичность их выполнения.

Гидромелиоративные системы различаются составом, типом, конструкцией и материалом слагающих сооружений, размером и рельефом обслуживаемой территории, технической оснащенностью и др.

Эта особенность характерна для гидромелиоративных систем Узбекистана, где в настоящее время функционируют около 800 оросительных систем, из которых орошается 3 млн. 500 тыс. га земель. Около половины этой площади орошается из мелких (до 700 шт.) оросительных систем, а остальная — "подвешена" к крупным системам, имеющим инженерный головной водозабор.

Объекты, слагающие оросительные системы Узбекистана, можно скомполювать в пять самостоятельных групп: водозаборный узел; оросительная сеть; дренажные сооружения; поливной участок и вспомогательные сооружения и устройства. Используя предлагаемую классификацию, составлен полный и систематизированный перечень ремонтно-эксплуатационных работ, производимых на объектах оросительных систем для поддержания их в работоспособном состоянии.

Общая потребность в трудовых ресурсах на 1000 га мелиорированной площади в человеко-годах, необходимых для выполнения ремонтно-эксплуатационных работ, представляет собой сумму чисел рабочих различных профессий, занятых на производстве технического обслуживания и ремонтов элементов, слагающих систему:

$$N = N_{змд} + N_{кдк} + N_{кгс} + N_{спн} + N_{овд} + N_{ртз} + N_{мпо} + N_{жвд}, \quad (I)$$

где $N_{змд}$ — число рабочих, выполняющих ремонтно-строительные работы с целью поддержания в работоспособном состоянии гидротехнических, мелиоративных и дорожных сооружений, а также защитно-регулирующих устройств на реках. Сюда же включено и число рабочих, выполняющих текущую планировку поливных земель;

$N_{кдк}$ — число линейных рабочих: наблюдатели, регулировщики, обходчики и другие, обслуживающие

оросительные и коллекторно-дренажные каналы и сооружения на сети;

$N_{кгс}$ — число строительных рабочих, ремонтников крупных гидротехнических сооружений на реках, водохранилищах и в голове больших каналов;

$N_{спн}$ — число ремонтных рабочих стационарных и передвижных насосных станций;

$N_{овд}$ — число рабочих, занятых ремонтом оборудования скважин вертикального дренажа;

$N_{ртз}$ — число рабочих занятых на обслуживании и ремонте радио- и телефонной связи, электролиний, автоматизации и телеуправления;

$N_{мпо}$ — число ремонтных механиков, обслуживающих затворы, подъемные механизмы и решетки;

$N_{жвд}$ — число строительных рабочих, занятых на ремонте жилищных, производственных, подсобных и вспомогательных зданий, а также водопровода и канализации.

Из всего многообразия рабочих профессий, занятых на эксплуатационных работах, в настоящей статье рассматривается только вопрос расчета потребности механизаторов для производства ремонтно-строительных работ на гидромелиоративных системах Узбекистана.

Под ремонтно-строительными работами, выполняемыми на оросительных системах, понимается комплекс технических мероприятий, направленных на поддержание в работоспособном состоянии гидротехнических, мелиоративных и дорожных сооружений, а также защитно-регулирующих устройств на реках; к этому виду работ отнесена и текущая планировка поливных земель.

Потребное число рабочих, обслуживающих машины, необходимое для выполнения механизированных объемов ремонтно-строительных работ на 1000 га мелиорированной площади определяются по формуле

$$N_{змд}^{мех} = \sum n_{ij} \cdot \alpha_{ij} \cdot K_{ij}, \quad (2)$$

где

n_{ij} — число машин вида i типоразмера j , потребное для выполнения работ на 1000 га мелиорированной площади;

α_{ij} — нормативное количество рабочих соответствующих профессий и разрядов, обслуживающих машину;

K_{ij} — число смен работы машины в сутки.

Годовое количество машин, необходимое для производства определенного вида ремонтно-строительных работ на площади 1000 га, определяется по выражению [3]

$$n_{ij} = \frac{0,1 \cdot h_m \cdot \chi_{mn} \cdot q_{mn} \cdot z_{ij}}{\varphi_{ij}^{cp} \cdot \Pi_{ij} \cdot S \cdot K_{prx} \cdot P_{mn}}, \quad (3)$$

где h_m — общая длина или число сооружений данного вида m , м или шт;
 χ_{mn} — протяженность или число сооружений вида m типоразмера n , %;
 q_{mn} — удельный объем ремонтно-строительных работ на единицу длины или одно сооружение вида m типоразмера n ; м³/м, м²/м, м³/шт., м²/шт соответственно;
 z_{ij} — процент объема работ, выполняемого машиной вида i типоразмера j ;
 φ_{ij}^{cp} — число часов работы в году среднесписочной машины вида i типоразмера j , ч/год;
 Π_{ij} — эксплуатационная производительность машины вида i типоразмера j , м³/ч;
 S — мелиорируемая площадь системы (республики), га;
 K_{prx} — коэффициент перехода от производительности эксплуатационной к сметной;
 P_{mn} — периодичность выполнения ремонтно-строительных работ по сооружению вида m , типоразмера n ; годы.

Приведем пример расчета потребного количества одноковшовых экскаваторов вместимостью ковша 0,65 м³ на очистке от наносов открытой оросительной сети IV типоразмера. Очистка данного типоразмера выполняется экскаваторами различной вместимостью ковша (0,65 м³ и 0,4 м³) и землесосными снарядами. На долю каждого экскаватора указанной вместимости приходится по 40% работ от общего объема земляных работ, а землесосных снарядов — 20%

$$n_1 = \frac{0,1 \times 150330000 \times 4,3 \times 3,1 \times 40}{3240 \times 41,6 \times 3500000 \times 0,85 \times 2} = 0,010 \text{ шт/1000 га.}$$

Так же подсчитано необходимое количество экскаваторов вместимостью ковша 0,65 м³ на очистке от наносов открытой оросительной сети V типоразмера и открытой коллекторно-дренажной сети II типоразмера, которые составляют соответственно 0,010 и 0,007 шт/1000 га. Следовательно, потребное годовое количество экскаваторов вышеуказанной вместимости ковша, необходимое для производства ремонтно-строительных работ на площади 1000 га, составит $n = 0,010 + 0,010 + 0,007 = 0,027$ шт/1000 га.

Аналогично подсчитывается необходимое количество одноковшовых экскаваторов различной вместимостью ковша и остальной техники, потребной для выполнения ремонтно-строительных работ на 1000 га мелиорированной площади.

Следующий этап расчета — определение нормативного числа механизаторов. В рассматриваемом примере для обслуживания экскаватора вместимостью ковша 0,65 м³, согласно действующим нормам [4], необходим I машинист VI разряда и I помощник машиниста V разряда.

Материалы многолетних исследований отдела нормативов и системы машин САНИИРИ об использовании одноковшовых экскаваторов и другой техники на водохозяйственных объектах Узбекистана позволяют принять коэффициент сменности для экскаваторов равным 2.

Подставив полученные числовые значения в формулу (2), определяем потребное число механизаторов

$$N_{эмд}^{экс} = 0,027 \times I \times 2 = 0,054 \text{ чел/1000 га,}$$

т.е. для обслуживания экскаватора вместимостью ковша 0,65 м³ при производстве ремонтно-строительных работ на площади 1000 га потребуется 0,054 чел. по профессии — машинист VI разряда и столько же помощников машиниста V разряда.

Таким образом, при наличии орошаемой площади в 3500 тыс. га для обслуживания экскаватора вместимостью ковша 0,65 м³ требуется:

машинистов VI разряда = $0,054 \times 3500 = 189$ чел.,
 помощников машиниста V разряда — 189 чел.

Аналогично определяется количество механизаторов, обслуживающих экскаваторы различной вместимостью ковша и другую технику, для производства эксплуатационных работ на гидромелиоративных системах республики (таблица).

Т а б л и ц а
Потребное число механизаторов для производства
эксплуатационных работ на ГМС

Профессия	Механизаторы		
	: разряд	: количество	
		чел.	%
Машинист экскаватора	УІ	278	
	У	1282	42,5
Помощник машиниста	У	278	
	УІ	340	
Машинист бульдозера	У	721	24,5
	УІ	79	
Машинист скрепера	У	140	5,0
	УІ	55	
Машинист землесосного снаряда	У	132	
	УІ	55	
механического обо- рудования	У	55	
	ІУ	340	17,5
электрического обо- рудования	У	55	
	ІУ	123	
Тракторист	УІ	198	
	У	14	10,5
	ІУ	242	
Итого	ІУ-УІ	4332	100

Следовательно, для производства ремонтно-строительных работ на оросительных системах республики для обслуживания основной строительной и мелиоративной техники потребуется 3878 машинистов и 454 тракториста.

1. Разработанный в САНИИРИ метод определения потребности рабочей силы, в частности механизаторов строительно-мелиоративных машин, для производства ремонтно-строительных работ на оросительных системах является первой попыткой научно обоснованного подхода к установлению необходимого количества трудовых ресурсов для ирригации.

2. Степень точности расчета потребности в рабочей силе для производства эксплуатационных работ на гидромелиоративных системах зависит от правильности установления типоразмерного вида машин и их потребного количества на 1000 га мелиорированной площади.

3. Основной профессией на производстве эксплуатационных работ на оросительных системах Узбекской ССР является машинист экскаватора. Общее количество механизаторов, обслуживающих строительно-мелиоративную технику, составляет 42,5%.

4. Потребное число рабочих - механизаторов, занятых на ремонтно-строительных работах оросительных систем республики, подсчитано, исходя из условия производства всех плановых объемов земляных работ, в том числе и по внутрихозяйственной сети, независимо от ведомственного подчинения организации, их выполняющей.

Л и т е р а т у р а

1. Материалы XXVI съезда КПСС. - М.: Политиздат, 1981.
2. Методика разработки нормативов потребности в трудовых ресурсах рабочих профессий для выполнения ремонтно-эксплуатационных работ на гидромелиоративных системах. - Ташкент: САНИИРИ, 1982, 31 с.
3. Методика разработки нормативов потребности в машинах для выполнения ремонтно-строительных работ на гидромелиоративных системах и годовых выработок этих машин. - Ташкент: САНИИРИ, 1981, 40 с.
4. Ведомственные нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы, Сб.В-40. - М.: Стройиздат, 1974, 159 с.

К КЛАССИФИКАЦИИ ПЛАНИРОВОЧНЫХ РАБОТ

Состав техники для планировки поливных земель определяется в общем случае удельными объемами работ, размерами срезки, дальностью транспортирования и состоянием грунта, требованиями к точности выравнивания (величинами установленных допусков), параметрами и конфигурацией поля и др. Этим объясняется разнообразный по назначению, типам и мощностям состав парка машин, занятого на подготовке поверхности сельскохозяйственных площадей к поливам и промывкам. Например, скреперы — основной тип средств на рассматриваемых работах — используются с вместимостью ковшей от 2,75 до 15 м³.

При больших объемах работ возрастает число машин, занятых на копании и возке грунта, относительно техники, призванной профилировать, "довести" поверхность поля до проектного значения. При незначительных удельных объемах работ соотношение используемых машин обратное. Поэтому классификация видов планировки, отражающая истинный характер и объем выполняемых работ, упорядочит учет и отчетность этих наиболее массовых и трудоемких работ в ирригации и позволит научно обоснованно вести разработку нормирования труда планировочных бригад, обеспечивая более прогрессивный их уровень.

Процесс планировки земель состоит из срезки грунта на повышенных участках (в нашем случае — поливного поля), где фактическая поверхность превышает проектную, перемещения его на некоторое расстояние и отсыпки на участках с отметками ниже заданных. В результате орошаемое поле приобретает новую искомую поверхность — горизонтальную, наклонную или кривую, в зависимости от выбранного способа полива выращиваемой культуры.

В тех случаях, когда поверхность земли сильно отличается от намеченной, а толщина срезки грунта достигает больших величин (например, 0,8... 0,9 м и более), работа по пла-

нировке приобретает объемный характер, так как требует перемещения больших объемов земляных масс. Последнее диктует необходимость использования на этих видах планировочных работ крупной техники — большегрузных скреперов (вместимостью 10–15 м³) и мощных бульдозеров (120–180 кВт).

В случаях, когда расхождение в отметках существующих и потребных для обеспечения нужной поверхности незначительное (например 8...12 см), работа по планировке в общем сводится к профилированию поверхности орошаемого поля, что обычно выполняется скреперами малой вместимостью (2,75–3 м³) и планировщиками, имеющими длинную базу.

Таким образом, правильно и логично планировку с большим объемом работ называть "объемной", или, отдавая дань укоренившимся в быту терминам, "капитальной", а с малым — "профильной", или, временно, "текущей".

Перед тем, как далее излагать рекомендуемую терминологию планировочных работ, договоримся широко применяемые на практике понятия "строительная и эксплуатационная планировки" считать не разновидностью работ, а указателями времени или периодом их осуществления. В первом случае планировка выполняется в процессе строительства оросительных систем, а во втором — в период эксплуатации поливного поля. Что же касается планировки земель, выполняемой при переустройстве (правильнее было бы сказать при совершенствовании) систем, то в зависимости от характера работ по конкретному объекту ее можно отнести к строительной или эксплуатационной.

На практике, как отмечалось выше, диапазон колебаний удельных объемов планировочных работ очень велик, и простая разбивка их на два рекомендуемых вида — объемный и профильный — при всей своей обоснованности и закономерности не решает проблемы. Поэтому правильнее каждый вид планировки дополнительно разбить на подвиды.

Наиболее приемлемый вариант, если исходить из пределов колебания удельных объемов и трудоемкости работ, —

разбивка объемной планировки на три подвида: тяжелую, среднюю и легкую, а профильной — на два: среднюю и легкую, ограничив каждый подвид критериями, служащими границами их влияния. Такими критериями, характеризующими как виды, так и подвиды планировок будут удельные значения объемов земляных работ.

В первом приближении диапазон действия рекомендуемых терминов, ограниченный количественными значениями удельных объемов работ, приведен в таблице.

Таблица

Классификация планировочных работ по их особенностям

Наименование планировки	Вид планировки	Подвид	Удельный объем работ, м ³ /га
Строительная или эксплуатационная	Объемная (капитальная)	Тяжелая	> 1500
		Средняя	700-1500
		Легкая	300-700
	Профильная (текущая)	Средняя	150-300
		Легкая	< 150
	Предпосевная	—	< 50

Качество планировочных работ характеризуется величиной отклонения фактически полученной поверхности поля от проектной. Исходя из условия поверхностного полива, допустимое отклонение установлено равным ± 5 см. Однако получить такую точность, определенную без учета возможностей используемой техники, не всегда представляется возможным, во многих случаях достижение ее связано с большой затратой работы, сильно снижающей эффективность механизированных процессов. От точности планировки в немалой степени зависит и объем производимых работ.

Ориентировочно можно принять, что машина ведет работу

без снижения производительности в том случае, если толщина срезаемой ею стружки t не меньше паспортной. Тогда допуск, имеющий значение "+" (недобор) и "-" (перебор), составит $0,5t$.

Скреперы в зависимости от типоразмера работают с $t = 12...35$ см. При этом малый типоразмер имеет вместимость ковша до 3 м³, средний — до 10...12 м³ и большой — более 15...18 м³. Следовательно, каждый из типоразмеров скрепера может вести планировку, не снижая свою техническую производительность, с допусками ± 6 см, ± 12 см и ± 18 см.

Значения величин допусков для типоразмеров скреперов распределяются по видам планировочных работ следующим образом: при тяжелой объемной планировке ± 18 , при средней ± 12 и легкой ± 6 см. Точность профильной планировки, где наряду с малыми типоразмерами скреперов участвуют длиннбазовые планировщики, составит ± 5 см.

Основная работа по доведению поверхности до требуемой придется очевидно, на предпосевную планировку, выполняемую ежегодно — весной, перед посевом, и осенью — сразу после зяблевой вспашки.

Рекомендуемые выше классификация планировочных работ по удельному объему и соображения по точности их выполнения, являясь исходной основой комплексной механизации этих работ, позволяют научно обоснованно подходить к районированию земель по характеру, видам и подвидам планировок.

Проблема подобного районирования особенно актуальна в последние годы в связи с освоением новых территорий в менее благоприятных зонах — предгорных и пустынных, требующих выполнения больших объемов планировочных работ. Большое значение приобретает проблема районирования и в связи с перераспределением стока сибирских рек в Среднюю Азию и Казахстан.

Разработка системы машин для комплексной механизации мелиоративных работ должна вестись на базе Нормативов потребности в технике для производства гидромелиоративных работ на пятилетку или ближайшую перспективу. Точность (достоверность) нормативов по некоторым видам работ, в том числе

и планировочным, оставляет желать лучшего из-за отсутствия обоснованных исходных данных, используемых при расчете потребности машин.

Наличие материалов по районированию планировочных работ позволит значительно улучшить качество нормативной документации и повысить ее эффективность в решении проблемы комплексной механизации работ по планировке поливных полей.

А.Д.Дабылов

(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ ОЧИСТНЫХ РАБОТ НА РИСОВЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Понижение функциональной способности оросительной системы зависит от заиления и зарастания каналов. Заиление канала происходит на участках, где уклоны и глубина не соответствуют проектным данным [1], а также от неправильной эксплуатации — некачественной очистки русла, зарастания сорной растительностью [2]. Отсюда увеличение коэффициента шероховатости с соответствующим уменьшением скоростей потока. Заиление, в свою очередь, создает более благоприятные условия для образования растительной массы, что способствует уменьшению площади живого сечения потока и увеличению коэффициента шероховатости, т.е. резко уменьшается пропускная способность канала.

По данным И.А.Долгушева [3], для некоторых каналов отношение фактического расхода к проектному Q_f/Q_0 составляет $\sim 0,1$. Поскольку процессы заиления и зарастания стимулируют друг друга, то в результате их совместного действия канал должен бы полностью потерять свою пропускную способность (что иногда и встречается). Однако, как показывает анализ натурных наблюдений, в большинстве каналов наступает стадия равновесия, когда канал работает неполным сечением из-за заиления и зарастания, но дальнейшего увеличения растительности и ила не наблюдается. Следовательно, в оставшемся живом сечении потока, несмотря на увеличение коэффици-

ента шероховатости, существует скорость, достаточная для транспортирования имеющихся наносов и препятствующая дальнейшему увеличению растительности.

В результате обработки материалов исследований по внутрихозяйственной оросительной сети Каракалпакской АССР получены уравнения, описывающие процессы заиления и зарастания каналов.

Объем заиления и зарастания подчиняется трансцендентному уравнению

$$V_i(t) = W(V_z, V_p) + V_p(t), \quad (1)$$

где V_z — объем заиления;
 V_p — объем растительной массы;
 W — объем водоподдачи системой;

$$V_p(t) = \Omega \sum_{i=1}^3 \bar{\ell}_i V_i^{пред} (1 - e^{-\lambda_i t}), \quad (2)$$

где Ω — площадь системы;
 $\bar{\ell}_i$ — удельная длина канала;
 $V_i^{пред}$ — предельный объем зарастания для распределительного, группового и участкового каналов на I м;
 λ_i — коэффициент, характеризующий интенсивность образования растительной массы (для рисовых хозяйств ККАССР $\lambda = 1,53 \pm 0,08$).

На существующем уровне исследований по данному вопросу изменение объема водоподдачи в зависимости от заиления и зарастания можно определить лишь теоретическим путем. Зависимость $W - W(V_z \text{ и } V_p)$ строится на основе данных экспериментальных исследований:

$$V_z = \Omega \frac{W_f}{W^{пл}} \sum_{i=1}^3 \bar{\ell}_i V_i^{пред} (1 - \lambda_{i4} \cdot e^{-\lambda_{i5} t}), \quad (3)$$

где $W_f, W^{пл}$ — фактический и плановый объемы подаваемой воды;
 $\lambda_{i4}, \lambda_{i5}$ — коэффициенты, характеризующие интенсивность заиления на распределительном, групповом и участковом каналах.

Численные значения данных коэффициентов по результа-

там экспериментальных исследований методом наименьших квадратов. Для этого уравнение (3) приводится к виду линейного уравнения регрессии

$$\ln \lambda_{i4} + \lambda_{i5} t = \varphi_i, \quad (4)$$

где

$$\varphi_i = \ln \left(1 - \frac{V_3}{\Omega \frac{W^{\text{нп}}}{W^{\text{нп}}} \bar{V}_i V_i^{\text{пред}}} \right);$$

$$\lambda_{i4}, \lambda_{i5} \quad i = 1, 2, 3$$

Здесь 1 - распределительный канал;
2 - групповой;
3 - участковый.

Используя значения Ω , $\bar{V}_i$, $V_i^{\text{пред}}$, V_3 разных систем, собранные в процессе натурных исследований, получим систему экспериментальных точек, по которым с помощью метода наименьших квадратов найдем $\ln \lambda_{i4}$ и λ_{i5} .

Фактический объем подаваемой воды зависит от состояния системы, т.е. от объемов заиления и зарастания, которые снижают величину расхода воды в канале. Таким образом, если величина поливного периода неизменна, то уменьшается объем подаваемой воды. Если же требуется сохранить объем подаваемой воды, то необходимо увеличить поливной период. И то и другое отрицательно сказывается на урожайности.

Учитывая, что поливной период T неизменен, общий объем подаваемой воды можно записать в следующем виде:

$$W^{\text{п}} = W^{\text{нп}} \left[f(V_p) \right] \left[1 - \frac{V_3}{V_i^{\text{пред}}} \right]^{5/3} \quad (5)$$

Подставляя (5) в (3), после сокращения на $W^{\text{нп}}$ получим

$$V_3 = \Omega \left[f(V_p) \right] \left[1 - \frac{V_3}{V_i^{\text{пред}}} \right]^{5/3} \sum_{i=1}^3 \bar{V}_i V_i^{\text{пред}} (1 - \lambda_{i4} e^{-\lambda_{i5} t}). \quad (6)$$

Уравнения (2) и (6) образуют замкнутую полуэмпирическую модель, описывающую динамику заиления и зарастания оросительной сети.

Полученные уравнения являются достаточно общими и мо-

гут быть использованы не только для рисовых оросительных систем Каракалпакской АССР. При переходе к другим системам достаточно лишь осуществить настройку модели по параметрам λ_i .

Суммарный объем очистных работ складывается согласно (2) из объема заиления и зарастания. Суммируя (2) и (6), получим

$$V_i(t) = \Omega \left\{ f(V_p) \cdot \left(1 - \frac{V_3}{V_i^{\text{пред}}} \right)^{5/3} \sum_{i=1}^3 \bar{V}_i V_i^{\text{пред}} (1 - \lambda_{i4} e^{-\lambda_{i5} t}) + \sum_{i=1}^3 \bar{V}_i V_i^{\text{пред}} (1 - e^{-\lambda_{i5} t}) \right\} \quad (7)$$

Л и т е р а т у р а

1. Р а м а з а н о в А., К у р б а н б а е в Е., Я к у б о в Х. Некоторые вопросы мелиорации засоленных земель в низовьях Амударьи. - Нукус: Каракалпакстан, 1978. - 222 с.
2. С а я т о в К., Р а м а з а н о в А. Некоторые вопросы эксплуатации рисовых оросительных систем в ККАССР. - Сб. научн. трудов САНИИРИ. Вып. 153, Ташкент: 1971.
3. Д о л г у ш е в И.А. Повышение эксплуатационной надежности оросительных каналов. М.: Колос, 1975. - 136 с.

В.Н.Машков, канд.техн.наук
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

РАСЧЕТ ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА ПРИ ВНЕЗАПНОМ ОТКЛЮЧЕНИИ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ

В Средней Азии при строительстве насосных станций для освоения новых земель в последнее время все большее применение находят длинные и пологие трубопроводы (длина более 1 км, угол подъема трубопровода относительно горизонтальной плоскости $\alpha < 2^\circ$).

Инерция воды, движущейся в длинном и пологом трубопроводе, значительна, а проекция силы тяжести на ось трубопровода весьма мала. Поэтому процесс уменьшения скорости движения воды в трубопроводе происходит медленнее процесса уменьшения подачи внезапно отключенных насосов из-за уменьшения скорости их вращения.

Для сохранения условия неразрывности потока воды в трубопроводе суммарная подача неотключенных и отключенных насосов должна быть равна расходу в общей нитке напорного трубопровода (ОННТ). Подача насосов может быть увеличена только за счет уменьшения общего напора насосов, в рассматриваемом случае — за счет уменьшения давления в напорном патрубке насоса. При внезапном отключении части насосов, работающих на общий трубопровод, давление в его начале уменьшается из-за того, что расход в ОННТ оказывается больше суммарной подачи неотключенных и отключенных насосов. Понижение давления уменьшает разность давлений в начале и в конце общего трубопровода и тем самым уменьшает скорость движения воды в трубопроводе.

Таким образом, понижение давления в начале ОННТ создает условия для равенства подачи неотключенных и отключенных насосов расходу воды в ОННТ.

В длинном и пологом трубопроводе при внезапном отключении части насосов вода продолжает двигаться в нормальном направлении обычно более 5 секунд после их отключения.

При обратном движении воды через отключенные насосы последние вращаются в обратном направлении с угонным числом оборотов, т.е. работают в несвойственном им режиме, что вызывает сокращение срока их безаварийной работы и может быть причиной возникновения аварийной ситуации. Во избежание появления каких-либо непредвиденных случаев желательно, чтобы такой режим мог быть рассчитан на ЭВМ.

Дисковый затвор насоса может быть закрыт на промежуток времени между моментом внезапного отключения насосного агрегата и моментом, когда скорость движения воды в индивидуальном трубопроводе внезапно отключенного насоса

уменьшится почти до нуля. Это позволит избежать вращения в обратном направлении отключенного насосного агрегата, который обычно не приспособлен к такому режиму работы, и уменьшить вероятность возникновения гидравлических ударов аварийно-опасной величины (при скорости воды, стремящейся к нулю, величина гидравлического удара весьма мала).

Для выявления продолжительности движения воды в нормальном направлении через внезапно отключенные насосы, когда внезапно отключена только часть насосов, работающих на общий трубопровод, необходимо было разработать методику и программу расчета на ЭВМ этих переходных процессов, так как существующие методики расчета охватывают только случай внезапного отключения всех насосов, работающих на общий трубопровод / 1, 2, 3 /.

С целью определения основных показателей переходного процесса составляется балансовое уравнение для начала ОННТ, исходя из условия неразрывности потока воды

$$\sum Q_{н.о} + \sum Q_{н} = \left\{ U_{n-1} + \left[\left(\frac{dU}{dt} \right)_g + \left(\frac{dU}{dt} \right)_c + \left(\frac{dU}{dt} \right)_d \right] \cdot dt \right\} \cdot \omega_{тр}.$$

Обозначив ускорение воды в ОННТ: от силы тяжести — $\left(\frac{dU}{dt} \right)_g = a_g = g \cdot \frac{H_{г.оннт}}{l_2}$, от силы сопротивления трубопроводов движению воды — $\left(\frac{dU}{dt} \right)_c = a_c = \frac{\xi_{тр} \cdot U_n^2}{2l}$ и от силы, возникающей из-за разности давлений в начале и конце ОННТ, — $\left(\frac{dU}{dt} \right)_d = a_d = g \cdot \frac{H}{l}$ и приняв

$$\sum a = g \cdot \frac{H_{г.оннт}}{l} + \frac{\xi_{тр} \cdot U_n^2}{2l} + g \frac{H_1}{l}, \text{ подставим эти значе-}$$

ния в балансовое уравнение

$$\sum Q_{н.о} + \sum Q_{н} = \left[U_{n-1} + \left(g \cdot \frac{H_{г.оннт}}{l} + \frac{\xi_{тр} \cdot U_n^2}{2l} + g \frac{H_1}{l} \right) \Delta t \right] \cdot \omega_{тр},$$

где $\sum Q_{н.о}$ и $\sum Q_{н}$ — суммарная подача насосов, соответственно, внезапно отключенных и продолжающих работать;

U_{n-1} — средняя скорость воды в ОННТ в предыдущую секунду;

$H_{г.оннт}$ — геометрическая высота подъема воды в ОННТ;

l — длина ОННТ;

$\epsilon_{тр}$ — коэффициент сопротивления ОННТ;
 U_n — средняя скорость воды в ОННТ в расчетную секунду;
 H_1 — напор в начале ОННТ;
 Δt — расчетный отрезок времени, $\Delta t = 1$ с.

По рабочим характеристикам параллельно работающих насосов определяется напор H для каждого насоса и при $\beta = 1$ вычисляется величина $\frac{H}{\beta^2}$. Затем по найденной величине $\frac{H}{\beta^2}$ с помощью четырехквadrанных характеристик — $\frac{H}{\beta^2} = \psi\left(\frac{Q}{\beta}\right)$ — определяется $\frac{Q_1}{\beta} - \frac{Q_1}{1} = Q$, где β — отношение числа оборотов насоса к номинальному.

При расчете на ЭВМ с использованием четырехквadrанных характеристик $\frac{H}{\beta^2} = \psi\left(\frac{Q}{\beta}\right)$ и $\frac{M}{\beta^2} = f\left(\frac{Q}{\beta}\right)$ (рис. I) применяется кусочно-линейное приближение.

Здесь H — напор насоса;
 M — крутящий момент на валу его рабочего колеса;
 Q — подача насоса.

Кривые, изображающие эти характеристики, вводятся в ЭВМ в виде двумерных массивов (матриц) для каждого типа насосных агрегатов. Число столбцов в этих массивах равно трем. Это величины $\frac{Q}{\beta}$, $\frac{M}{\beta^2}$ и $\frac{H}{\beta^2}$, снятые в произвольных точках характеристик при $\beta > 0$ и $\beta < 0$. Число строк определяется числом данных точек и влияет на точность расчета.

На рис. 2 представлена блок-схема алгоритма расчета на ЭВМ переходного процесса при внезапном отключении части насосных агрегатов, работающих на общий трубопровод, с использованием четырехквadrанных характеристик. Согласно этой блок-схеме расчет каждой из последующих секунд для внезапно отключенных насосов произведем в следующей последовательности:

а) по четырехквadrанным характеристикам $\frac{M}{\beta^2} = f\left(\frac{Q}{\beta}\right)$, используя " Q " и " β " для предыдущей секунды, найдем M . Зная M , вычислим динамический крутящий момент $M_{дин} = M + \text{sign } \beta \cdot M_{тр}$. Полагая, что момент трения

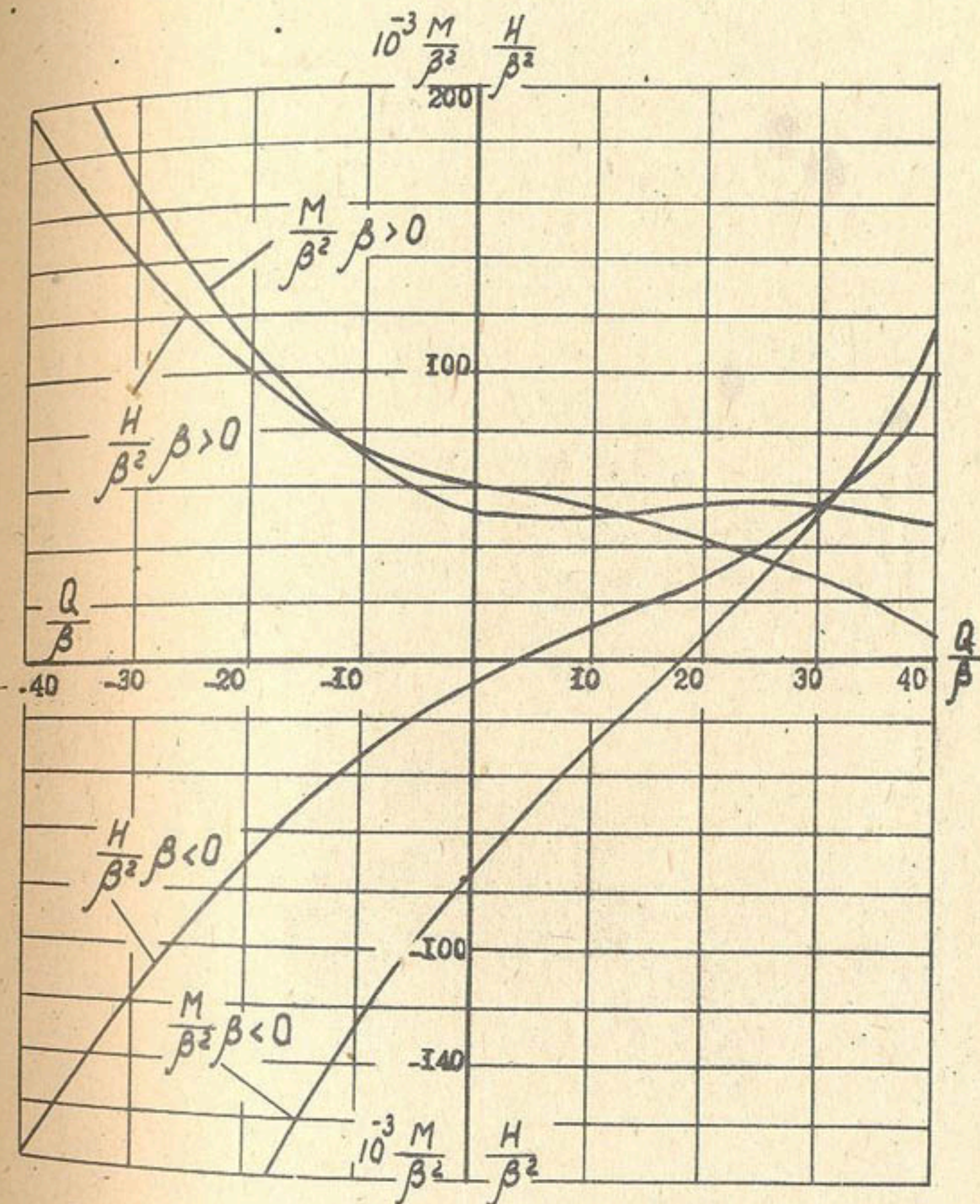


Рис. I. Насос В 24 25/40-I

Зависимости $\frac{M}{\beta^2} = \psi\left(\frac{Q}{\beta}\right)$ и $\frac{H}{\beta^2} = \psi_1\left(\frac{Q}{\beta}\right)$.

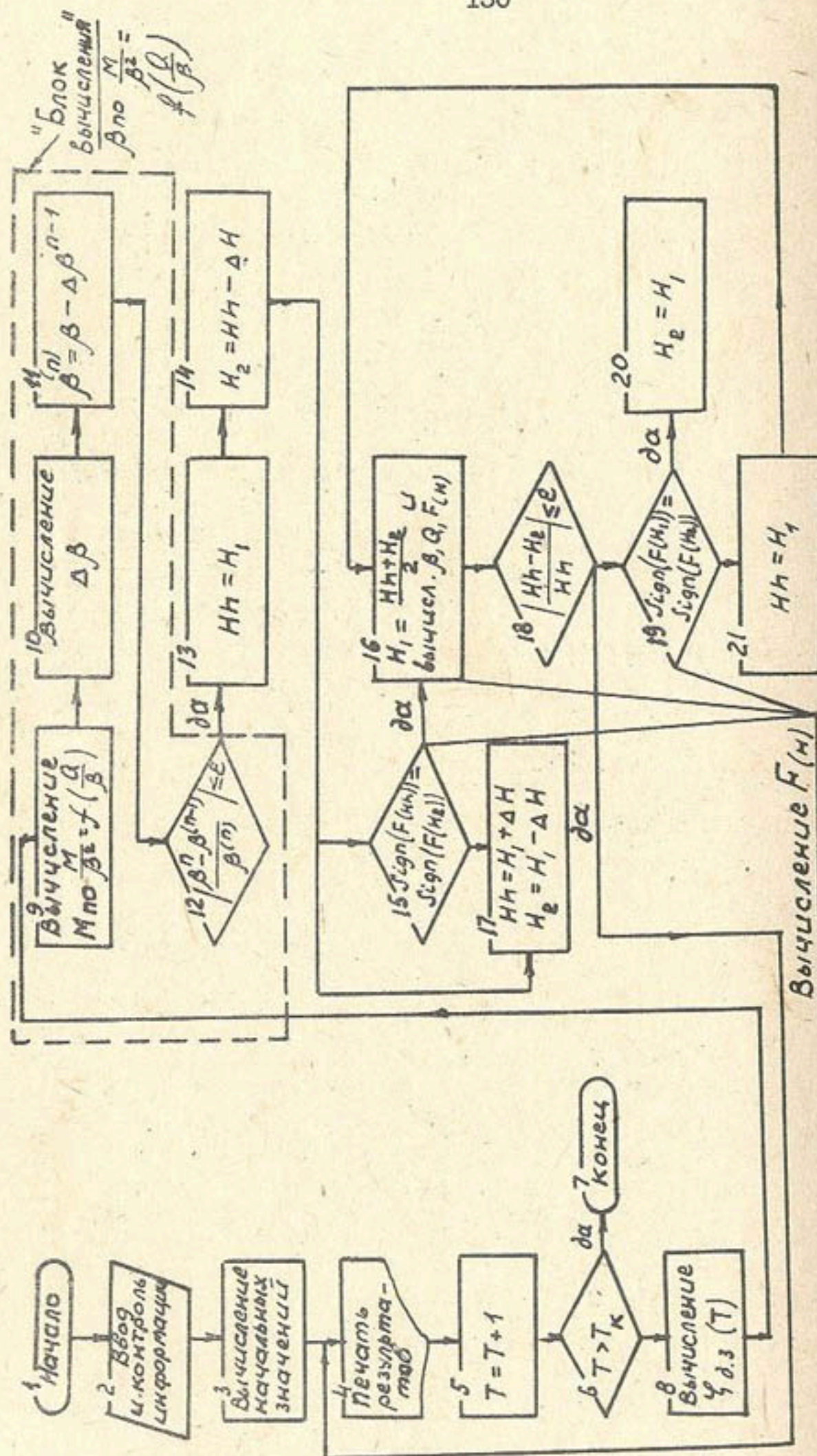


Рис.2. Блок-схема алгоритма расчета переходного процесса (с помощью четырехквадрантных характеристик насосов): $F(H) = (\sum Q / W_{TP}) - U_1 + (a_0 + \text{Sign}(U_1) a_c - a_d) \cdot I$

пропорционален нагрузке на подпятник насосного агрегата, получим

$$M_{TP} = \frac{G + P_{ман} \cdot \omega_{вс}}{G + P_{ном} \cdot \omega_{вс}} \cdot M_{тр.ном.}; M_{тр.ном.} = 0,02 M_{двиг.ном.},$$

где

- G — вес ротора вертикального насосного агрегата, т;
- $P_{ман}$ — манометрический напор насоса, т/м²;
- $P_{ном}$ — номинальный напор насоса (при максимальном КПД);
- $M_{тр}$ — момент трения в подшипниках агрегата;
- M — момент насоса по четырехквадрантной характеристике;
- $M_{дин}$ — момент насоса с учетом трения в подшипниках агрегата;
- $M_{тр.ном.}$ — момент трения ротора насосного агрегата в номинальном режиме;
- $\omega_{вс}$ — площадь поперечного сечения всасывающей трубы при входе в рабочее колесо насоса;
- $M_{двиг.ном.}$ — крутящий момент электродвигателя в номинальном режиме.

б) вычислим относительное изменение скорости вращения насосного агрегата за расчетную секунду $\Delta \beta_1^{(1)} = 9,55 \frac{M_{дин}}{\theta \cdot n_{ном}}$,

где $\theta = \frac{GD^2}{4g}$ — постоянная величина для каждого насосного агрегата;

$n_{ном}$ — номинальное число оборотов насосного агрегата в минуту;

GD^2 — маховый момент ротора агрегата;

в) произведем предварительное вычисление β в n -ую секунду

$$\beta_n^{(1)} = \beta_{n-1} - \Delta \beta_n^{(1)},$$

по полученному значению $\beta_n^{(1)}$ определим значение крутящего момента

$$M_n^{(1)} = M_{n-1} \left(\frac{\beta_{n-1}}{\beta_n} \right)^2; M_{дин.п} \text{ и } \Delta \beta_n^{(2)} = 9,55 \frac{M_{дин.п}}{\theta \cdot n_{ном}}.$$

По новому приближению $\Delta \beta_n^{(2)}$ найдем

$$\beta_n^{(2)} = \beta_{n-1} - \Delta \beta_n^{(2)}$$

Процесс повторяется до тех пор, пока не осуществится неравенство

$$\frac{\beta_n^m - \beta_n^{(m-1)}}{\beta_n^m} < \varepsilon,$$

где ε — весьма малая величина. При расчете величина ε принималась равной 0,001.

При выполнении этого условия величины M_n^m и β_n^m считаются пригодными для дальнейшего расчета. По четырехквadrантным характеристикам $\frac{H}{\beta^2} = \varphi\left(\frac{Q}{\beta}\right)$.

Определим подачу Q_n для каждого насоса и вычислим сначала $\sum Q_n$, затем

$$U_n = \frac{\sum Q_n}{\omega_{тр}}; \quad a_d, a_c, a_d.$$

Выразим напоры, при которых работают насосы (H_n), через напор в начале ОННТ — H_1 .

Первоначально примем $H_1 = H_{нх} - H_r$,

где $H_{нх}$ — напор насоса по его характеристике при нормальных расчетных условиях;

H_r — геометрическая высота подъема воды от нижнего бьефа до начала ОННТ.

Для неотключенных насосов $H_n^H = H_1^n + H_r + A Q^2$,
для внезапно отключенных

$$H_n^0 = H_1^n + H_r + \text{sign}(Q) \cdot (A Q_n^2 + \sum h_{\omega_{дз}}),$$

где $A Q_n^2$ — потери напора в индивидуальном трубопроводе насоса;

$\sum h_{\omega_{дз}}$ — потери напора в закрывающемся дисковом затворе

$$\sum h_{\omega_{дз}} = \frac{\xi_{дз} \left(\frac{Q_n}{\omega_{дз}}\right)^2}{2g};$$

$\xi_{дз}$ — коэффициент сопротивления дискового затвора в расчетную секунду;

$\omega_{дз}$ — площадь поперечного сечения дискового затвора.

Величина $\xi_{дз}$ изменяется в зависимости от угла поворота дискового затвора. Угол поворота зависит от отрезка времени, прошедшего с момента внезапного отключения, и от скорости закрытия затвора.

В балансовое уравнение подставляются значения $\sum Q_n$ и H_1^n и оно решается относительно H_1^n методом "вилки". При первоначальной подстановке равенство левой и правой части уравнения не соблюдается и можно вычислить их разность.

Подберем такое значение $H_1^{(1)} = H_1 + \Delta H$, чтобы вычисленная разность была другого знака (при этом, безусловно, изменяется значение Q_n , H_n и U_n). Для этого вычислим и определим по четырехквadrантным характеристикам соответствующие $H_1^{(1)}$ значения $H_n^{(1)}$, $M_n^{(1)}$, $\beta_n^{(1)}$ и $Q_n^{(1)}$, и вновь произведем следующее приближение значения $Q_n^{(1)}$, но уже с новым $\beta_n^{(1)}$.

Далее возьмем значение $H_1^{(2)} = \frac{H_1 + H_1^{(1)}}{2}$ и вновь определим разность между левой и правой частью балансового уравнения. Если она будет того же знака, что и при $H_1^{(1)}$, то в следующем приближении необходимо произвести расчеты для $H_1^{(3)} = \frac{H_1 + H_1^{(2)}}{2}$, если же знак разности будет противоположный, то $H_1^{(3)} = \frac{H_1^{(1)} + H_1^{(2)}}{2}$. И так, до тех пор, пока не будет достигнуто неравенство

$$\frac{H_1^{(n)} - H_1^{(n-1)}}{H_1^{(n)}} \leq \varepsilon.$$

При выполнении неравенства значение H_1 в расчетную секунду будет равно $H_1^{(n)}$, а значения величин H , Q , M и n , полученные при последнем приближении, будут считаться пригодными для расчета следующей секунды переходного процесса.

Таким образом может быть рассчитан переходный процесс в системе "насосы-трубопровод" в любую секунду при любом сочетании внезапно отключенных и продолжающих работать на общий трубопровод насосных агрегатов.

Наблюдения за эксплуатацией, натурные и модельные испытания показали, что результаты расчетов на ЭВМ хорошо

совпадают с результатами испытаний, а некоторые несовпадения (10–20%) являются в основном результатом допущений (об абсолютной жесткости трубопровода, одинаковой скорости движения воды по всему его сечению и т.п.), принятых для упрощения схемы расчета (рис.3).

Расчет переходных процессов на Джизакской головной насосной станции (ДГНС) при различных скоростях закрытия дисковых затворов внезапно отключенных насосных агрегатов, а также лабораторные испытания моделей и натурные испытания насосной станции показали, что уменьшение времени полного закрытия дисковых затворов до величины, равной примерно времени движения воды через насос в нормальном направлении после его внезапного отключения, значительно улучшает условия работы насосного агрегата во время переходного процесса.

Изменение времени полного закрытия дисковых затворов внезапно отключенных насосов, работающих на общий трубопровод, может быть осуществлено следующим образом. При расчете переходных процессов на насосной станции рассматриваются все возможные случаи внезапного отключения насосных агрегатов, все эти случаи рассчитываются на ЭВМ, для каждой нитки напорного трубопровода составляется таблица (см. таблицу).

По данным подобной таблицы можно рассчитать размеры диафрагм, устанавливаемых на маслопроводной системе, проложенной параллельно основному трубопроводу и соединяющей маслонапорные установки с сервомоторами дисковых затворов.

При внезапном отключении части (или всех) насосов должна начать работать диафрагма на дополнительном трубопроводе, обеспечивающая вместе с основной диафрагмой такой суммарный расход масла, который, попадая в сервомотор, обеспечивает закрытие дискового затвора за оптимальное время.

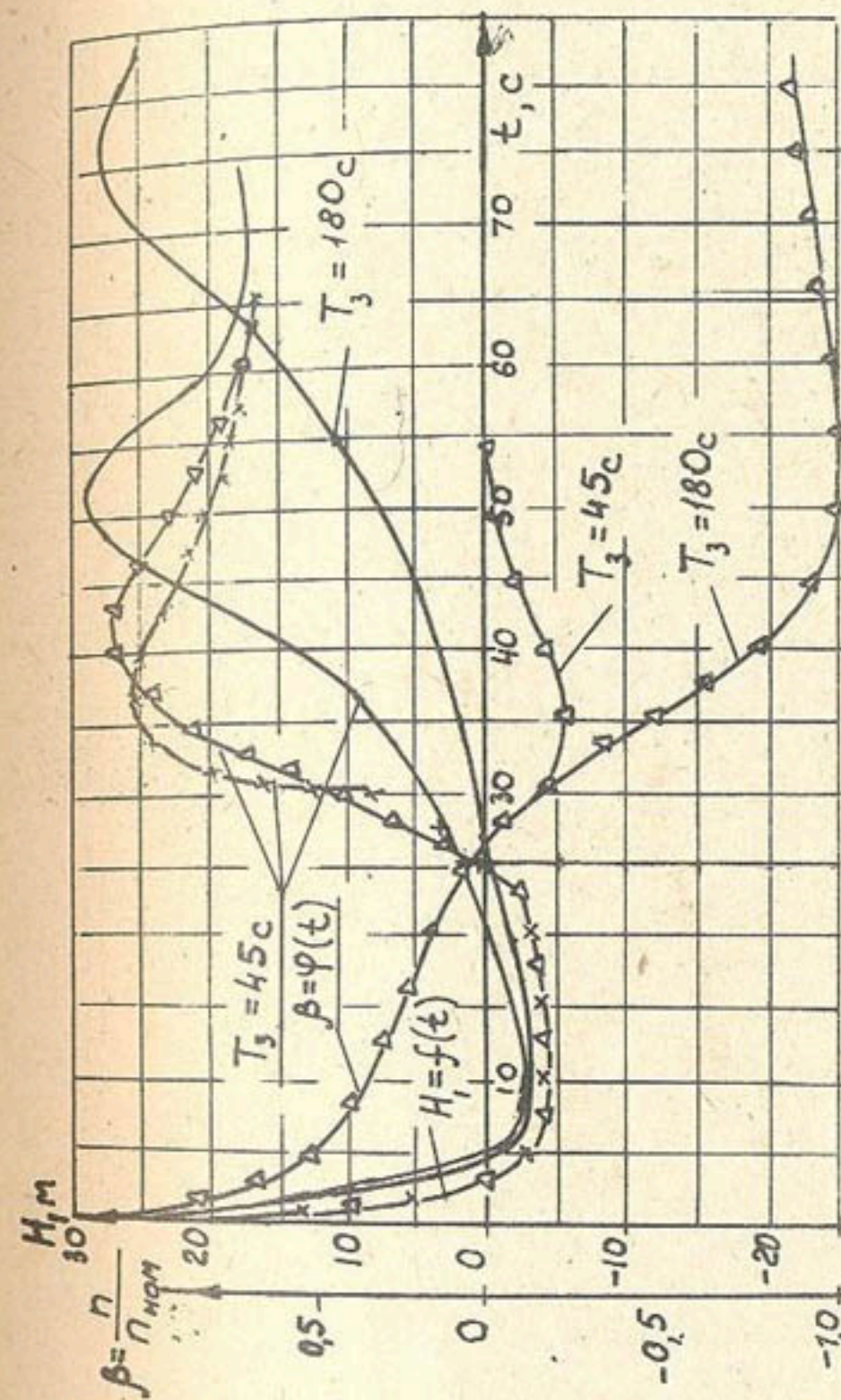


Рис.3. Левая нитка напорного трубопровода (работали один основной и один разменный насосные агрегаты, внезапно отключился основной агрегат):
 T_z — время закрытия дискового затвора внезапно отключенного насоса;
 — — — фактические зависимости.
 Расчетные кривые:
 x — с четырехквadrанными характеристиками; Δ — по универсальной методике.

Т а б л и ц а

Время течения воды в нормальном направлении через внезапно отключенные насосы на левой нитке Джизакской головной насосной станции, с (расчетные данные)

До внезапно- го отключе- ния работали насосы	Внезапно отключенные насосы							
	2o+2p	2o+Ip	2o	Io+2p	Io+Ip	Io	2p	Ip
2o+2p	27	22	17	11	7,5	6,3	6,1	4,5
2o+Ip		25	20	-	15	10	-	4,7
2o			23	-	-	12	-	-
Io+2p				22	19	16	13	5,3
Io+Ip					20	17	-	5,8
Io						19	-	-
2p							15	7,5
Ip								11,1

Примечание: "о" — основной насос марки В-24 — 25/40;
"р" — разменный насос марки 72В22; —случаи, которые невозможны; цифры, обведенные рамкой — наиболее вероятные случаи.

Л и т е р а т у р а

1. М о ш и н и Л.Ф. и Т и м о ф е е в а Е.Д. Указания по защите трубопроводов от гидравлического удара. — М.: Энергия, 1961.
2. Г р е ч у ш к и н Г.А. Методика расчетов переходных резонансных поворотнолопастных насосов. — Сб. научн. тр. Средазгипроводхлопка, 1971, вып. 2, с. 60-70.
3. Р у к о в о д с т в о по проектированию мелиоративных насосных станций. Расчеты пуска и остановки насосных агрегатов. (1 редакция). Проект. — М., Союзводпроект, 1975, вып. I, 2.

А.Г.Еременков, канд. техн. наук
(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

О ПОСТРОЕНИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОДАЧИ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ ОРОСИТЕЛЬНЫХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

В условиях нарастающего дефицита воды требуется рациональное распределение ее на водовыделах во времени. Это возможно при регулировании расхода воды в каналах и подачи насосных станций.

Для орошения в настоящее время применяются в основном осевые и центробежные насосы. Крупные и средние осевые насосы могут изменять подачу воды за счет поворота лопастей рабочих колес. В сочетании с изменением числа работающих осевых насосов насосная станция обеспечивает плавное изменение подачи.

Подачу оросительных насосных станций центробежными насосами можно регулировать путем:

- изменения числа работающих насосов;
- использования регулирующей емкости канала или водохранилища;
- изменения характеристик насоса и трубопровода.

Первый способ обеспечивает ступенчатое регулирование подачи насосной станции, а два последующих — плавное.

В настоящей статье рассматривается процесс регулирования подачи в результате изменения характеристики насоса и трубопровода, которое обеспечивается:

- дросселированием;
- направляющим аппаратом на входе в насос;
- шириной рабочего колеса;
- частотой вращения вала насоса.

Разрозненные попытки регулирования подачи насосных станций с центробежными насосами предпринимаются без анализа эффективности применяемых способов. Для выбора рационального способа регулирования подачи и разработки

наиболее перспективных средств необходима методика сравнения и оценки этих способов. Сравнение способов необходимо осуществлять при одинаковом условии регулирования – параллельном или последовательном. При параллельном регулировании все насосы изменяют подачу на одинаковую величину. При последовательном – насосы постепенно, один за другим, уменьшают подачу до предельно возможной величины.

Если при регулировании дросселированием зависимость мощности насосного агрегата от подачи линейная (линия K, fcd на рис. I), то регулирование может быть как параллельным, так и последовательным. Поскольку при параллельном и последовательном регулировании суммарная подача всех насосов, работающих на трубопровод, одинакова, то справедливо равенство

$$Q'_{рег} + (m-1) Q_{нер} = m Q''_{рег}, \quad (I)$$

где $Q'_{рег}, Q''_{рег}$ – подача регулируемых насосов при последовательном и параллельном регулировании;

$Q_{нер}$ – подача нерегулируемых насосов;

m – число насосов, работающих на трубопровод.

Из подобия треугольников adf и ebd (рис. I) следует

$$\frac{Q_{нер} - Q'_{рег}}{Q_{нер} - Q_{рег}} = \frac{N_{нер} - N'_{рег}}{N_{нер} - N''_{рег}} = m, \quad (2)$$

где $N'_{рег}, N''_{рег}$ – мощность насосов при последовательном и параллельном регулировании;

$N_{нер}$ – мощность нерегулируемых насосов.

$$N'_{рег} + (m-1) N_{нер} = m N''_{рег}. \quad (3)$$

В случае нелинейной мощностной характеристики насосного агрегата затраты мощности при последовательном и параллельном регулировании подачи будут различными.

Если мощностная характеристика имеет форму кривой выпуклостью вверх (рис. I), то последовательное регулирование

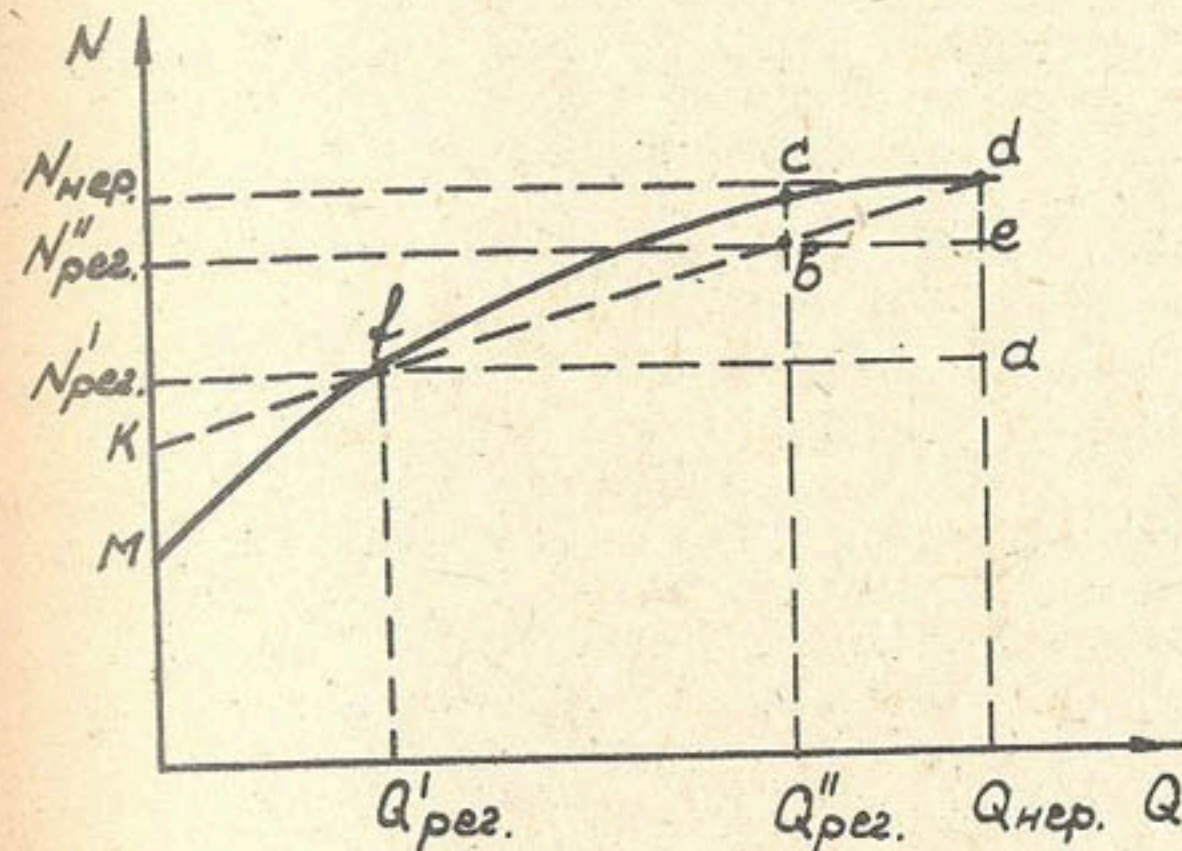


Рис. I. Затраты мощности при параллельном и последовательном регулировании подачи.

требует меньших затрат мощности, чем параллельное. Это видно из следующего.

Допустим, линия Mfd изображает мощностную характеристику насоса. Если бы мощностная характеристика была линейной, изображенной, например, линией Kfd , то, как уже отмечалось, затраты мощности при последовательном и параллельном регулировании были бы одинаковыми. При этом мощность всех насосных агрегатов численно равнялась бы произведению ординаты точки "f" на число агрегатов. Однако мощность при параллельном регулировании насосов с заданной выпуклой характеристикой равна произведению ординаты точки "c" на число агрегатов. так как ордината точки "c" больше, чем точки "b"; то и суммарная мощность насосных агрегатов при параллельном регулировании подачи больше, чем при последовательном. Если характеристика имеет форму выпуклостью вниз,

то, наоборот, мощность при параллельном регулировании меньше, чем при последовательном.

Способы регулирования подачи путем изменения характеристики насоса и трубопровода можно сравнивать по зависимости суммарной мощности насосных агрегатов от подачи.

В процессе регулирования подачи рабочая точка (точка пересечения суммарной характеристики насосов и трубопровода) перемещается по характеристике трубопровода^{х)}.

Необходимо определить суммарную мощность насосов в этих текущих рабочих точках.

Подача (Q) и напор (H) регулируемых и нерегулируемых насосов, работающих на один трубопровод, определяются довольно просто. Трудности возникают при определении КПД насоса и всего агрегата.

КПД насоса при дросселировании находят по характеристике насоса в зависимости от подачи. При регулировании подачи направляющим аппаратом на входе в насос КПД определяется по кривым постоянного КПД на графике характеристики насоса при данных величинах подачи и напора. При регулировании подачи частотой вращения в текущей точке режима работы с данными значениями подачи и напора КПД насоса находят путем проведения через эту точку параболы подобных режимов до пересечения с характеристикой $H(Q)$ насоса при номинальной частоте вращения. КПД в этих точках можно считать равным. Снижение КПД насоса при уменьшении ширины рабочего колеса от расчетной величины можно рассчитать, согласно М.Д. Айзенштейну, по зависимости [1]

$$\eta_y = \eta \left(\frac{Q_y}{Q} \right)^{2/3}, \quad (4)$$

где Q, η — подача и КПД при расчетной ширине рабочего колеса;

Q_y, η_y — подача и КПД при уменьшенной ширине рабочего колеса.

При этом КПД будет перемещаться по кривой постоянного коэффициента быстроходности насоса.

х) В случае дросселирования сопротивление в затворе необходимо учитывать в характеристике насоса.

Уравнение кривой постоянного коэффициента быстроходности находим из известного равенства

$$\eta_s = 3,65 \frac{n \sqrt{Q}}{H^{3/4}} = \text{const}$$

где η_s — коэффициент быстроходности насоса;
 n — частота вращения вала насоса, об/мин.

Отсюда
$$H = C Q^{2/3}, \quad (5)$$

где C — коэффициент пропорциональности.

КПД насоса находят, проведя через текущую точку (H, Q) режима работы кривую постоянного коэффициента быстроходности до пересечения ее с характеристикой $H(Q)$ насоса при расчетной ширине рабочего колеса. После этого по зависимости (4) находят КПД насоса в заданной текущей точке (H, Q) при уменьшенной ширине рабочего колеса.

КПД электродвигателя зависит от его нагрузки, т.е. отношения рабочей мощности насоса к номинальной мощности двигателя. При регулировании подачи насоса частотой вращения с помощью асинхронного двигателя с фазным ротором необходимо учитывать также потери в регулирующем реостате, которые можно выявить по зависимости [2]

$$\eta_{gb} = \eta'_{gb} \cdot \frac{\omega}{\omega_n}, \quad (6)$$

где η_{gb} — полный КПД двигателя с реостатом;
 η'_{gb} — КПД асинхронного двигателя, зависящий от нагрузки;
 ω, ω_n — рабочая и номинальная частоты вращения вала двигателя

$$\frac{\omega}{\omega_n} = \frac{Q_r}{Q_x}, \quad (7)$$

где Q_r, Q_x — подача насоса в текущей точке, определяемой режимом работы, и в точке на характеристике насоса при номинальной частоте вращения, лежащих на одной параболе подобных режимов.

При регулировании частоты вращения с помощью тиристорного преобразователя частоты его КПД определяют в зависи-

мости от отношения выходного рабочего напряжения к номинальному / 3 /. Это отношение находят по формуле, приведенной в работе / 4 /.

$$\frac{U}{U_n} = \sqrt{\frac{M \cdot n}{M_n \cdot n_n}}, \quad (8)$$

где U, M, n — рабочие значения напряжения, момента и частоты вращения насоса;

U_n, M_n, n_n — номинальные значения тех же величин.

В этой формуле для удобства расчета отношение моментов насоса можно заменить отношением мощностей двигателя.

Характер зависимости мощности от подачи, взятой в относительных координатах, определяется в основном коэффициентом быстроходности насоса, и при заданной величине в широких пределах не зависит от номинальной мощности насоса. Поэтому в относительных координатах удобно сравнивать способы регулирования насосов заданной быстроходности.

На рис. 2, 3, 4 приводятся зависимости мощности от подачи насосов разных быстроходностей при различных способах регулирования подачи. При этом были использованы характеристики насосов, указанные в каталогах:

Марка насоса	Коэффициент быстроходности (n_s)
20Д-6	60
1200ВР-6,3/100	110
2400ВР-25/25	305

Для упрощения расчетов был рассмотрен случай работы одного насоса на трубопровод, сопротивление которого равно нулю. Характеристика трубопровода проходит через оптимальную точку характеристики насоса. Расчет сделан при указанных выше допущениях и имеет качественный характер для сравнения разных способов регулирования подачи.

Из графиков следует, что наибольшая мощность расходуется при регулировании подачи "сбросом воды в нижний бьеф" насосной станции. С уменьшением коэффициента быстроходности насоса мощность при регулировании подачи дросселированием уменьшается, приближаясь к величинам мощности, затрачиваемой при регулировании подачи изменением характеристик насоса.

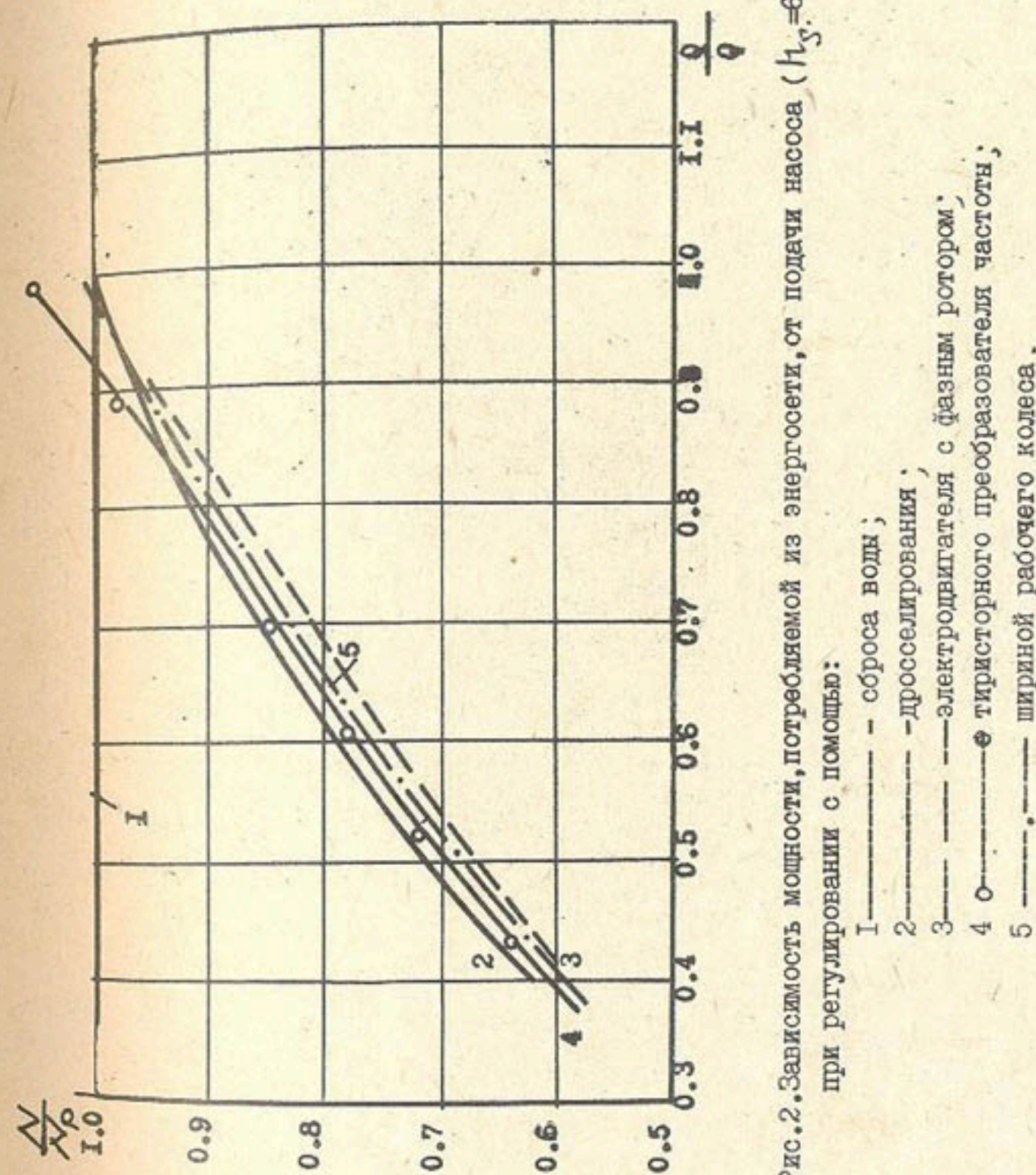


Рис. 2. Зависимость мощности, потребляемой из энергосети, от подачи насоса ($n_s=60$) при регулировании с помощью:

- 1 — сброс воды;
- 2 — дросселирование;
- 3 — электродвигатель с фазным ротором;
- 4 — тиристорного преобразователя частоты;
- 5 — шириной рабочего колеса.

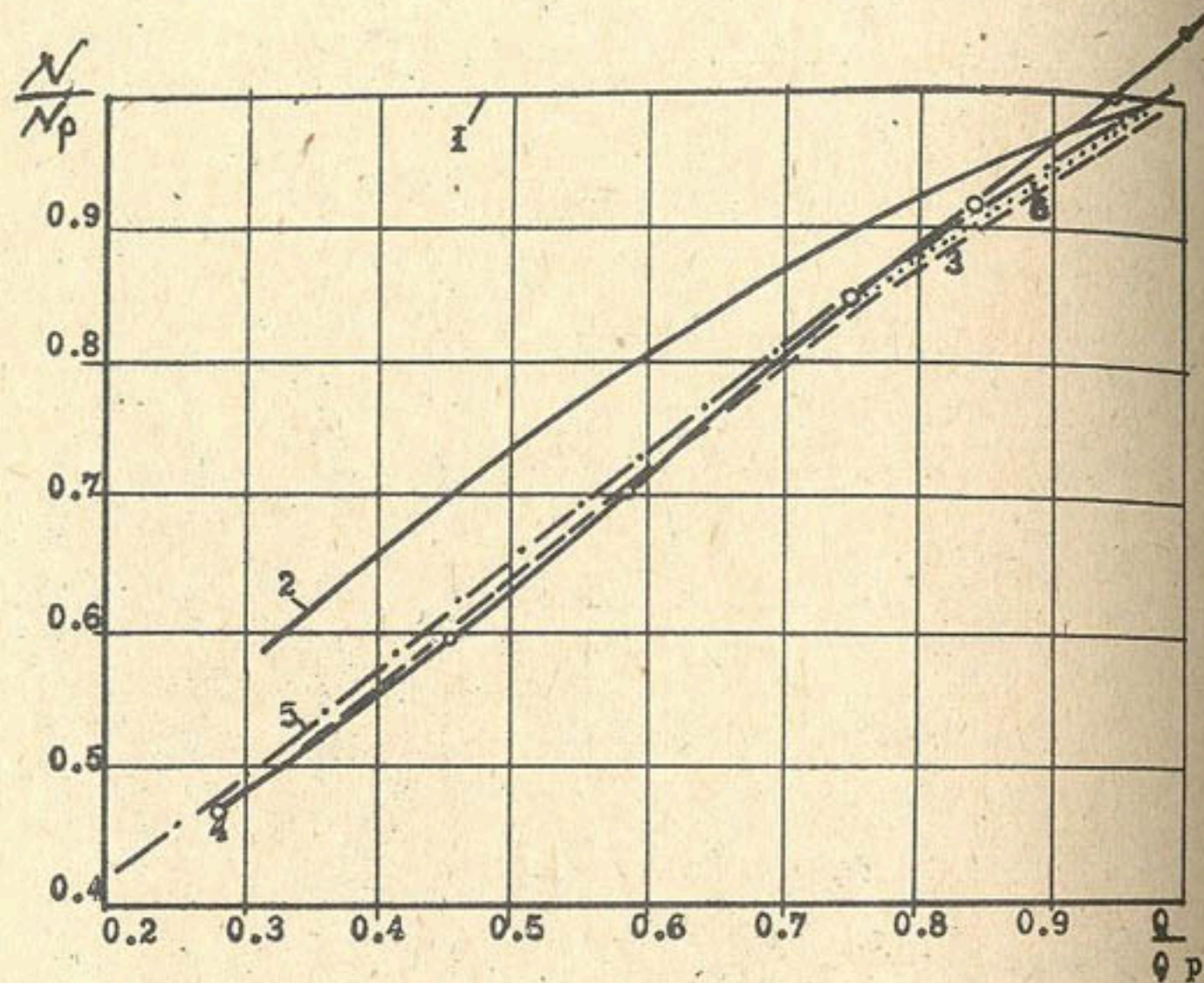


Рис.3. Зависимость мощности, потребляемой из энергосети от подачи насоса ($\eta_s = 110$) при регулировании с помощью:

- 1 — сброса воды;
- 2 — дросселирования;
- 3 — электродвигателя с фазным ротором;
- 4 — тиристорного преобразователя частоты;
- 5 — шириной рабочего колеса;
- 6 — направляющим аппаратом на выходе в насос.

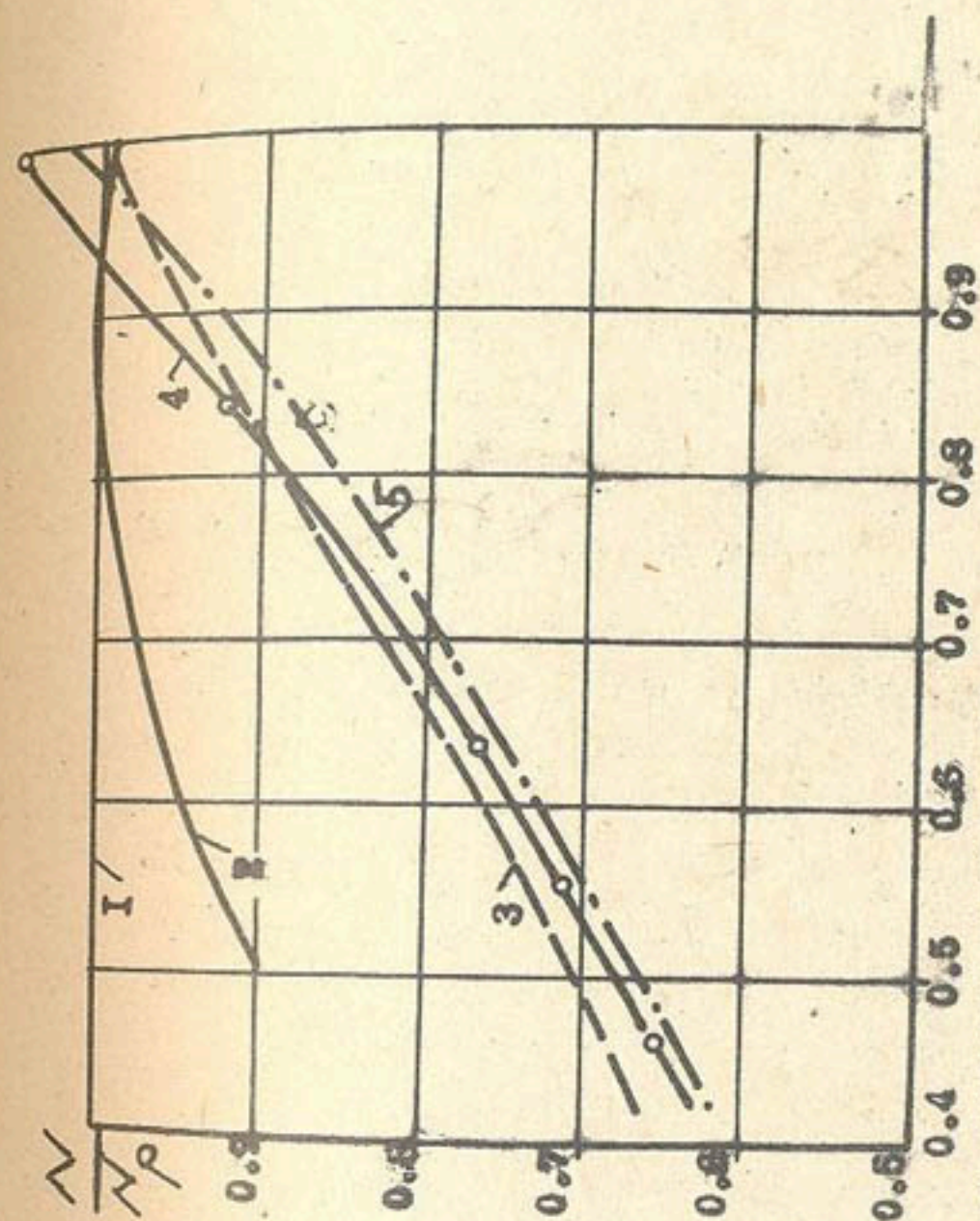


Рис.4. Зависимость мощности, потребляемой из энергосети, от подачи насоса ($\eta_s = 305$) при регулировании с помощью:

- 1 — сброса воды;
- 2 — дросселирования;
- 3 — электродвигателя с фазным ротором;
- 4 — тиристорного преобразователя частоты;
- 5 — направляющим аппаратом на входе.

Л и т е р а т у р а

1. А й з е н ш т е й н Н.Д. Центробежные насосы для нефтяной промышленности. - М.: Изд-во нефтяной и горно-топливной лит-ры, 1957, с.363.
2. К о с т е н к о М.П., П и о т р о в с к и й Л.М. Электрические машины. - М.-Л.: Энергия, 1964, с.548.
3. С м и р н о в Ю.В. Некоторые вопросы электрпривода с дросселями насыщения и полупроводниковым выпрямителем. - Изв. ВУЗов. - Энергетика, вып.10, 1962, с.32-38.
4. А б у т а л и е в Ф.А., А х м е д о в И.А., Х у с а н о в М.А., С у л т а н х о д ж а е в М.П. Сравнение энергетических показателей двух методов регулирования производительности центробежного насоса. В сб.: Вопросы проектирования и эффективности работы гидромелиоративных систем Средней Азии. Вып.8. Ташкент: 1977, с.125-132.

А.А.Кузьменко, В.Т.Насыров
(САННИРИ им.В.Д.Журина)

ИССЛЕДОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ПОГРУЖНЫХ ЭЛЕКТРОНАСОСОВ НА СКВАЖИНАХ ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

При решении многих практических задач возникает необходимость определения показателей надежности. Например, при включении в нормативно-техническую документацию вновь разрабатываемых типоразмеров, разработке предложений по совершенствованию конструкции серийно выпускаемых скважинных насосов, организации ремонтов и т.д.

Для обоснования профилактического обслуживания насосно-силового оборудования необходимо знать вид теоретичес-

кого распределения, которому подчиняется наработка на отказ, поскольку целесообразность проведения профремонтов возникает только при нарастающей интенсивности отказов. Причем для составления методики определения периодичности проведения профилактического обслуживания требуются параметры формы распределения.

Практически все показатели надежности взаимосвязаны между собой функцией распределения наработки на отказ

$$P(t_0 \leq t) = F(t), \quad (1)$$

где t_0 - случайная величина, обозначающая наработку до отказа, а также характер функции интенсивности отказов.

Следует отметить, что существующие данные показателей надежности погружных электронасосов типа ЭЦВ [1] имеют противоречивый характер, поскольку были выявлены различные законы распределения наработки на отказ. Кроме того, не определены параметры формы распределения и диапазон их изменения в зависимости от условий эксплуатации.

В связи с появлением модернизированных электронасосов типа ЭЦВ-"Г" (в консольном исполнении) потребовалось уточнение показателей их надежности при работе в условиях вертикального дренажа. На основании того, что в конструкции насоса исключены наиболее слабые узлы (подшипники в насосной части), а проточная часть выполнена из износостойких материалов (нержавеющая сталь, бронза), сложилось мнение, что показатели его надежности не зависят от условий эксплуатации.

Все насосные установки скважин вертикального дренажа, расположенные на территории Сырдарьинской области, оборудованы в основном электронасосами ЭЦВ10-160-35Г; ЭЦВ10-210-25; 2ЭЦВ12-255-30Г и ЭЦВ12-375-30. Они обслуживаются одним СПМК, осуществляющим все виды ремонтных работ.

Качество перекачиваемой дренажной воды для исследуемого района характеризуется минерализацией от 2 до 20 г/л (по плотному остатку) и содержанием механических примесей

от 0,01 до 1 г/л (средневзвешенное пескование за 90 мин после пуска). По степени минерализации и пескованию все скважины условно можно разбить на 5 групп (табл. I).

Т а б л и ц а I

Характеристика скважин по качеству перекачиваемой воды

Группа	Степень минерализации	Плотный остаток г/л	Степень пескования	Средне-взвешен. пескован., г/л
I	Пресные	до 1	Не пескующие	до 0,01
II	Слабо минерализованные	1-5	Слабо пескующие	0,01-0,1
III	Минерализованные	5-10	Пескующие	0,1-0,5
IV	Сильно минерализованные	10-20	Сильно пескующие	0,5-1,0
V	Особо сильно минерализованные	более 20	Особо сильно пескующие	более 1,0

При рассмотрении показателей надежности различных устройств [2] было сделано предположение, что при наличии трущихся и вращающихся элементов из известных видов распределения приемлемы только те, интенсивность отказов которых имеет возрастающий характер. К этим распределениям относятся Вейбуловское, Эрланга, нормальное, логарифмически-нормальное, Релея, "Гамма"-распределение, которые затем проверяются путем аппроксимации экспериментальных данных по наработке до отказа. Проверка их согласованности осуществляется графическим методом с использованием вероятностной сетки, по критерию согласия Колмогорова. По этому критерию, теоретическое распределение не противоречит экспериментальным данным, если

$$D\sqrt{N} \leq 1, \quad (2)$$

где D — максимальное значение модуля отклонения теоретической функции от экспериментальной;
 N — объем выборки наработок до отказа.

Объем необходимой статистической выборки для каждого из исследуемых случаев в соответствии с ГОСТом 17510-72 принимается, исходя их значений доверительной вероятности 0,8 и достоверного интервала 0,15. Получить точность оценки не хуже заданной можно при объеме выборки не менее чем 45 наработок.

Вероятностная сетка для различных теоретических распределений строится на основании ГОСТа 11.008-75, на которую наносится экспериментальная функция распределения наработки до отказа (рис. 1).

Проверка согласованности теоретического распределения с экспериментальными данными показала, что они соответствуют Вейбуловскому двухпараметрическому закону, функция распределения которого имеет вид

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{a}\right)^B};$$

интенсивность отказов

$$\lambda(t) = \frac{B}{a} \left(\frac{t}{a}\right)^{B-1};$$

наработка на отказ

$$t_0 = a\Gamma\left(\frac{1}{B} + 1\right),$$

где a — масштаб;
 B — угловой коэффициент;
 Γ — "Гамма"-функция.

Результаты исследований (табл. 2) показали, что во всех случаях выполняется условие (2). Характерно, что при ухудшении качества перекачиваемой воды увеличивается угловой коэффициент " B " и снижается масштаб " a ". Следовательно, при определенных соотношениях затрат проведение профилактических ремонтов может быть целесообразным.

На примере наиболее распространенного типоразмера 2ЭЦВ12-255-30Г была установлена зависимость показателей надежности и параметров формы, закона распределения наработки на отказ от условий эксплуатации. При определении влияния степени минерализации на показатели надежности анализируются статистические данные по наработке электронасосов для группы скважин со средневзвешенным песковани-

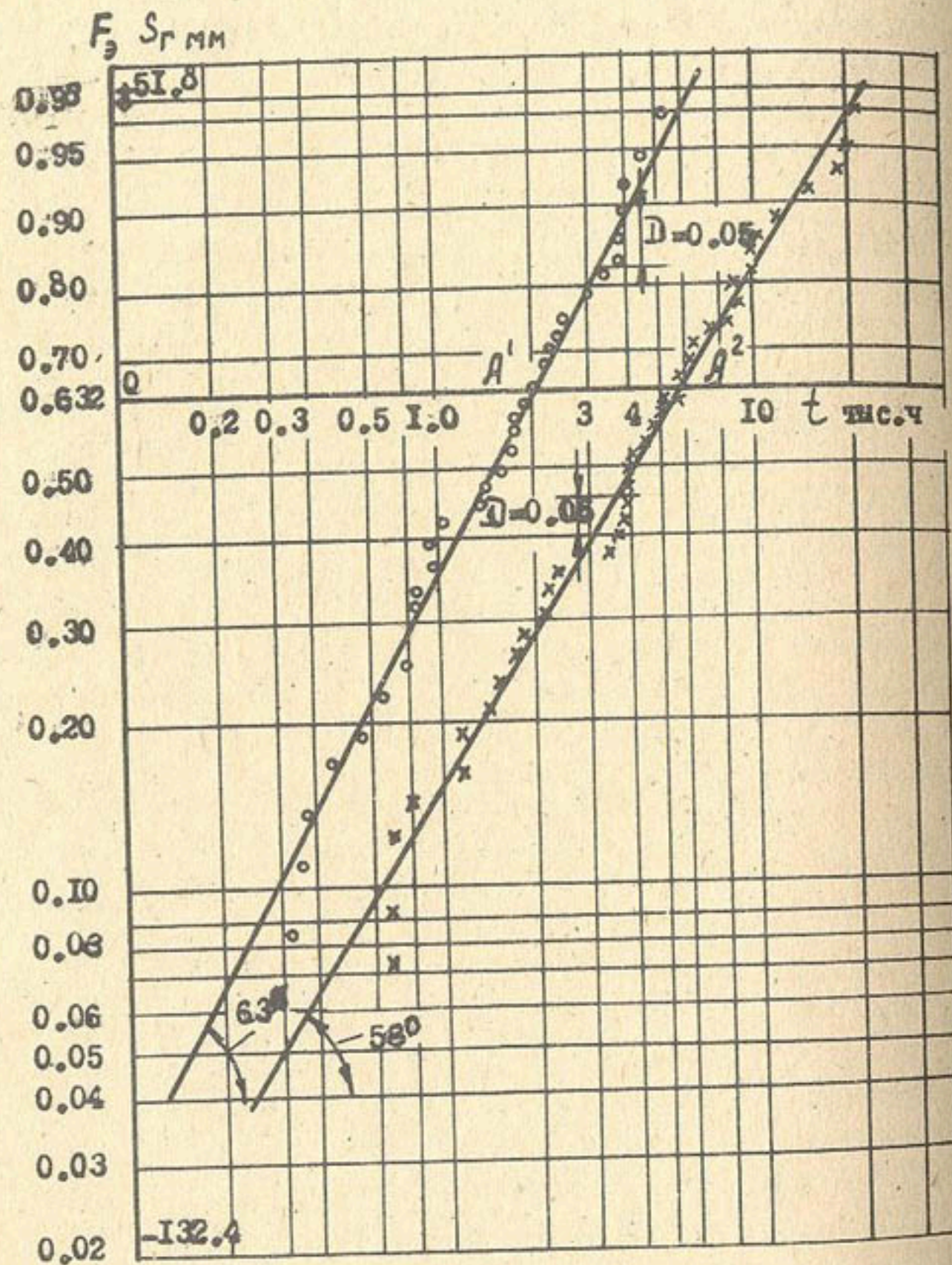


Рис. 1. Графики экспериментальных функций распределения наработки на отказ электронасоса ЭЦВ10-160-35Г: 1 - минерализация 4-8 г/л, пескование 0,1-0,3; 2 - минерализация 2-4 г/л, пескование до 0,01 г/л.

Таблица 2

Показатели надежности и параметры формы закона распределения наработки на отказ электронасосов на скважинах вертикального дренажа в Сырдарьинской области

Типоразмер электронасоса	Условия эксплуатации		$D\sqrt{N}$	B	α , тыс.ч	Средняя наработка на отказ, тыс.ч
	минерализация, г/л	пескование, г/л				
ЭЦВ10-160-35Г	2 ÷ 4	до 0,01	0,33	1,1	5,9	5,8
—	4 ÷ 8	0,1 ÷ 0,3	0,36	1,6	2,1	1,9
ЭЦВ10-210-25	2 ÷ 4	до 0,01	0,38	1,2	4,2	3,9
—	4 ÷ 6	0,1 ÷ 0,3	0,31	1,3	5,3	4,9
ЭЦВ12-375-30	2 ÷ 4	0,01 ÷ 0,1	0,25	1,2	4,6	4,3
—	2 ÷ 4	0,1 ÷ 0,3	0,19	1,5	4,7	4,2
ЭЦВ12-255-30Г	до 2	0,1 ÷ 0,3	0,43	1,1	3,6	3,5
—	2 ÷ 4	до 0,01	0,36	1,3	6,4	5,9

ем 0,1-0,5 г/л, а при определении влияния пескования - для групп скважин с минерализацией 1-5 г/л, т.е. для наиболее характерных групп скважин.

Результаты исследований показали, что при увеличении минерализации с 2 до 15 г/л наработка на отказ изменяется в пределах 0,8 - 1,2 к средней наработке на отказ для данной группы скважин по пескованию. Что касается показателя "B", то он с небольшим разбросом остается постоянным 1,1... 1,3.

Таким образом, степень минерализации откачиваемой дренажной воды практически не влияет на показатели надежности. Однако для более точной оценки наработки степень минерализации может быть учтена путем введения корреляционного коэффициента.

Основным фактором, определяющим надежность погружных электронасосов, является пескование скважин. Зависимость показателей надежности от величины средневзвешенного пескования представлена на рис. 2.

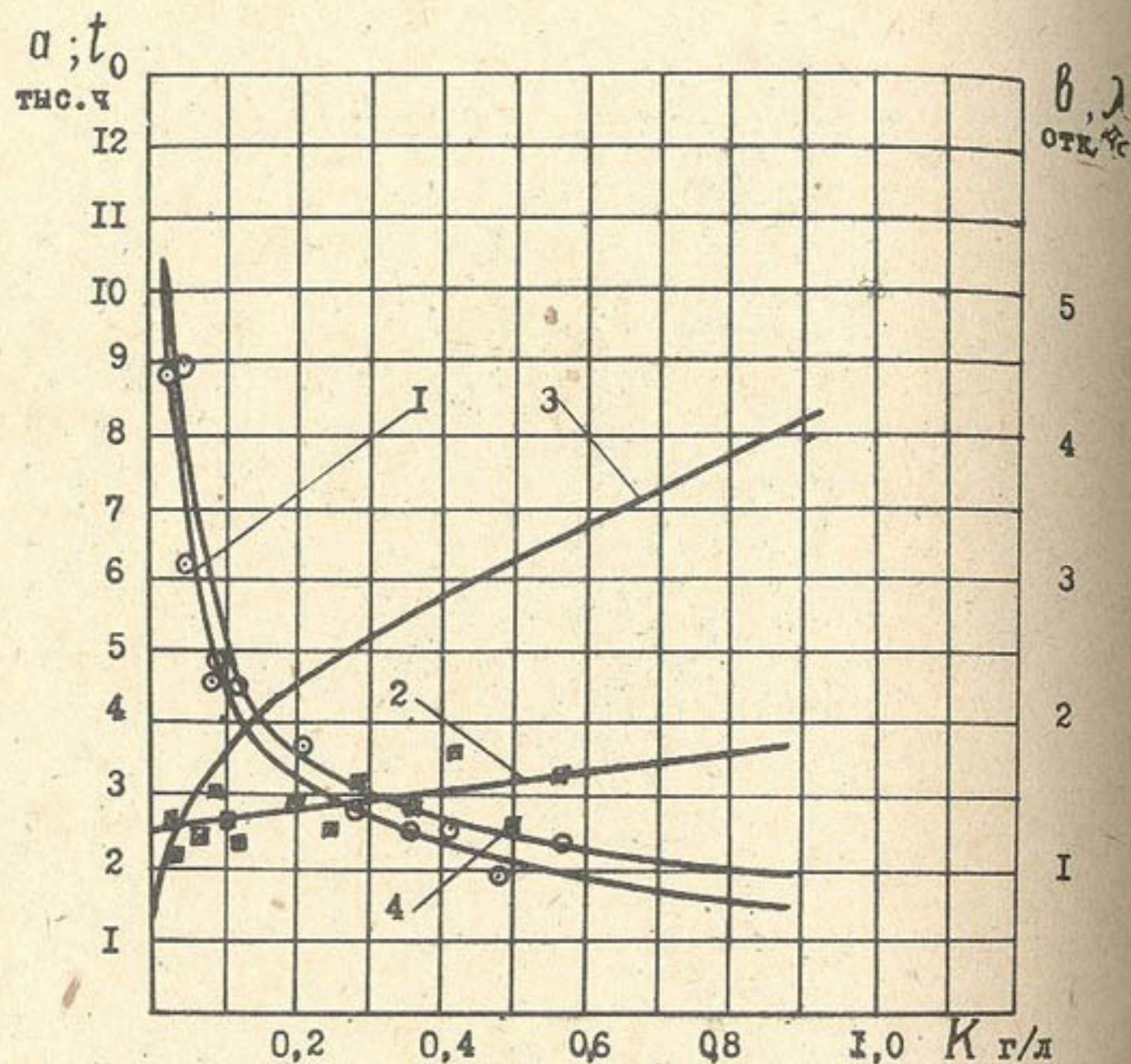


Рис.2. Зависимость показателей надежности и параметров закона распределения наработки на отказ электронасоса 2ЭЦВ12-255-30Г от пескования (минерализация 2-5 г/л):

- 1 $a = f(K)$ масштаб распределения;
- 2 $B = f(K)$ угловой коэффициент распределения;
- 3 $\lambda = f(K)$ интенсивность отказов;
- 4 $t_0 = f(K)$ наработка на отказ.

Как видно, средняя наработка на отказ модернизированных электронасосов составила 3870 час. Снижение пескования до 0,01 г/л, которого можно добиться за счет улучшения качества строительства, а также пусковых режимов, позволяет увеличить наработку более чем в два раза. И наоборот, при увеличении пескования свыше 0,5 г/л наработка не будет превышать 2 тыс. час. Это указывает на необходимость продолжения работ по его снижению.

Характерно, что эмпирический закон распределения наработок до отказа в большинстве случаев имеет параметр " B ", близкий к единице. Это объясняется тем, что в настоящее время эксплуатационные организации фиксируют только функциональный отказ, возникающий вследствие различных поломок (обрыв вала ротора, поломка пяты, пробой изоляции и др.). Интенсивность таких отказов носит постоянный характер. В то же время отказы, которые возникают в результате износа проточной части насоса и уплотнения рабочего колеса, имеют возрастающую интенсивность. Если не брать во внимание параметрический отказ, выражающийся в снижении подачи насоса, и КПД ниже допустимой величины, то в результате нарушения режима откачек и повышения энергетических затрат заметно снижается эффективность вертикального дренажа.

Для повышения эффективности работы установок вертикального дренажа необходимо определить допустимое снижение эксплуатационных параметров скважинных электронасосов и зафиксировать их как параметрический отказ.

Л и т е р а т у р а

1. Белоусов А.Я. Некоторые вопросы повышения надежности погружных электронасосов типа ЭЦВ на скважинах вертикального дренажа в УзССР. - Труды САННИРИ. Вып.135. - Ташкент: 1972, с.169-178.
2. Барзилевич Е.Ю., Каштанов В.Л. Некоторые вопросы теории обслуживания сложных систем. - М.: Советское радио, 1971, с.271.

О РАСЧЕТНОЙ ФОРМУЛЕ РАСХОДОМЕРНОГО ПОРОГА С
ПРОДОЛЬНЫМ ТРАПЕЦЕИДАЛЬНЫМ ВЫРЕЗОМ

В Средней Азии, в частности в Узбекистане [1, 2], в практике эксплуатации мелиоративных систем для учета расхода воды на открытых каналах, наряду с другими расходомерными устройствами, получили применение расходомерные пороги с продольным трапецеидальным вырезом (рис.1). Автоматизированный способ учета расхода воды, возможность использовать их при незначительных перепадах уровней воды и подтопленным истечением и т.д. свидетельствуют в пользу последних.

Положительный опыт эксплуатации указанных расходомерных порогов позволил рекомендовать их для более широкого использования. Данная конструкция была представлена на УШ Международном заседании по стандартизации ИСО (Ленинград, 1978 г.) в качестве новой темы для разработки Международного стандарта. Подобная работа проводится в САНИИРИ и ТИИИМСХ.

Следует отметить, что по полученным замечаниям из стран - членов Международной организации по стандартизации было предложено заменить расчетную формулу по определению расхода воды на стандартную, которая более точно отражает физический смысл, вкладываемый в расчетную формулу. В связи с этим нами были проведены дополнительно теоретические и экспериментальные исследования, которые позволили уточнить расчетную формулу для определения расхода воды, протекающей через расходомерный порог с продольным трапецеидальным вырезом.

Рассматриваемый (рис.2) расходомерный порог с продольным трапецеидальным вырезом в гидравлическом отношении работает по принципу истечения воды через водослив практического профиля, имеющего в поперечном сечении сложное очертание. Если принять горизонтальное дно канала за плоскость сравнения и составить уравнение Бернулли для сечений I-I (перед порогом) и 2-2 (по порогу), то путем незначительных алгебраичес-

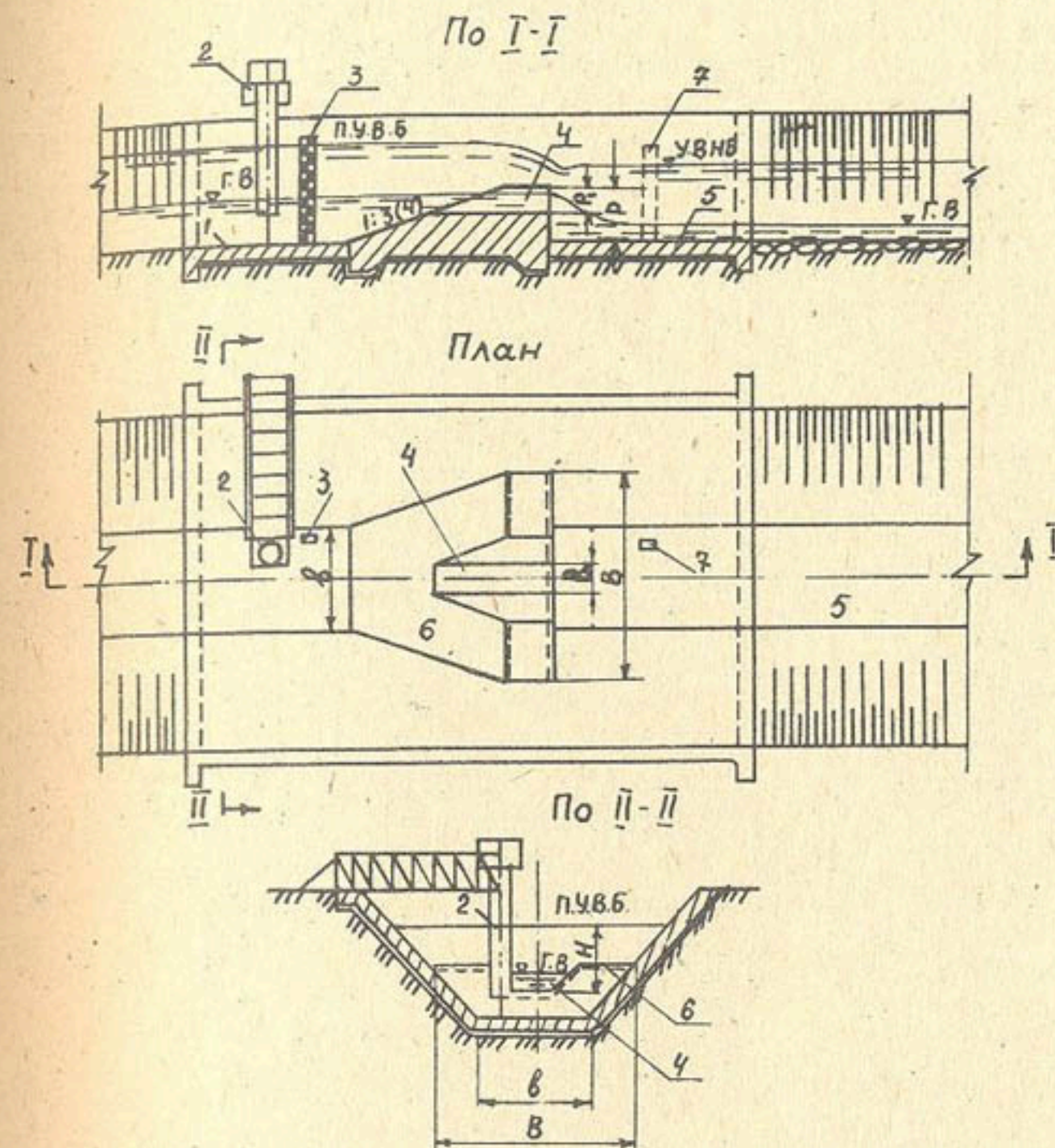


Рис.1. Расходомерный порог с продольным трапецеидальным вырезом:

1,5 - бетонированный участок канала; 2 - выносной уровнемерный колодец; 3,7 - уровнемерные рейки; 4 - продольный трапецеидальный вырез; 6 - расходомерный порог.

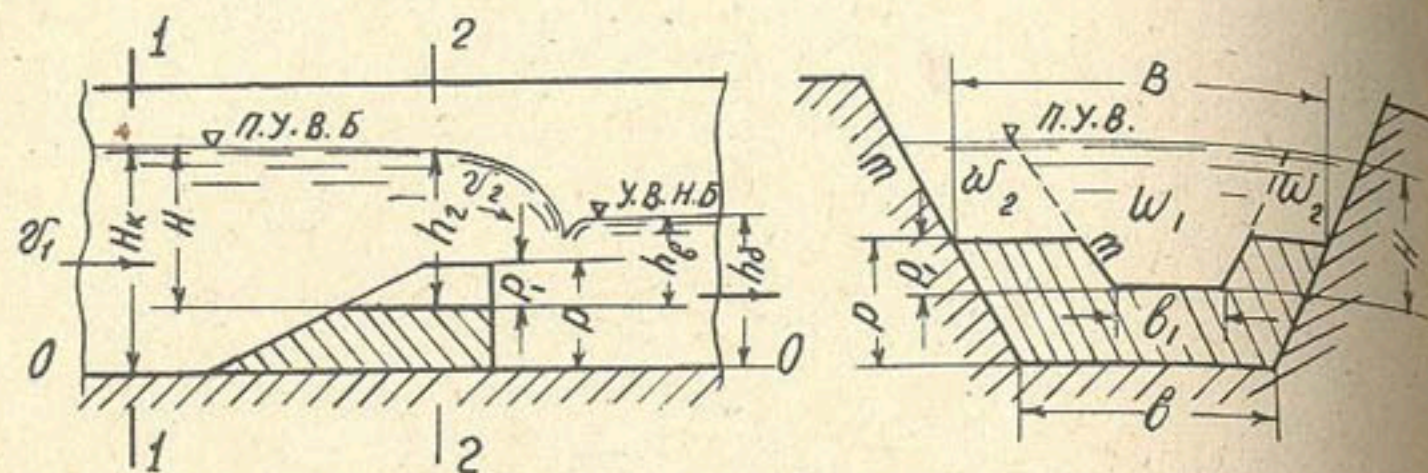


Рис. 2. Расчетная схема расходомерного порога с продольным трапецидальным вырезом.

ких преобразований получим расчетную зависимость следующего вида:

$$Q = C_1 \cdot C_2 (b_1 + mH) H \sqrt{2gH} + C_3 (B - b_1 - 2mP_1) (H - P_1) \sqrt{2g(H - P_1)}, \quad (1)$$

где Q - расход воды, м³/с;
 b_1 - ширина трапецидального выреза, м;
 m - коэффициент заложения боковых откосов выреза;
 C_1 - коэффициент бокового сжатия потока вырезной части порога

$$C_1 = 0,7 + 0,3 \left(\frac{b_1}{B - 2mP_1} \right)^2; \quad (2)$$

C_2 - коэффициент расхода вырезной части порога

$$C_2 = 0,372 + 0,025 \left(\frac{H}{P - P_1} \right); \quad (3)$$

C_3 - коэффициент расхода порога;
 B - общая ширина порога, м;
 P - общая высота порога, м;
 P_1 - высота вырезной части порога, м;
 H - глубина над дном вырезной части порога, со стороны верхнего бьефа, м.

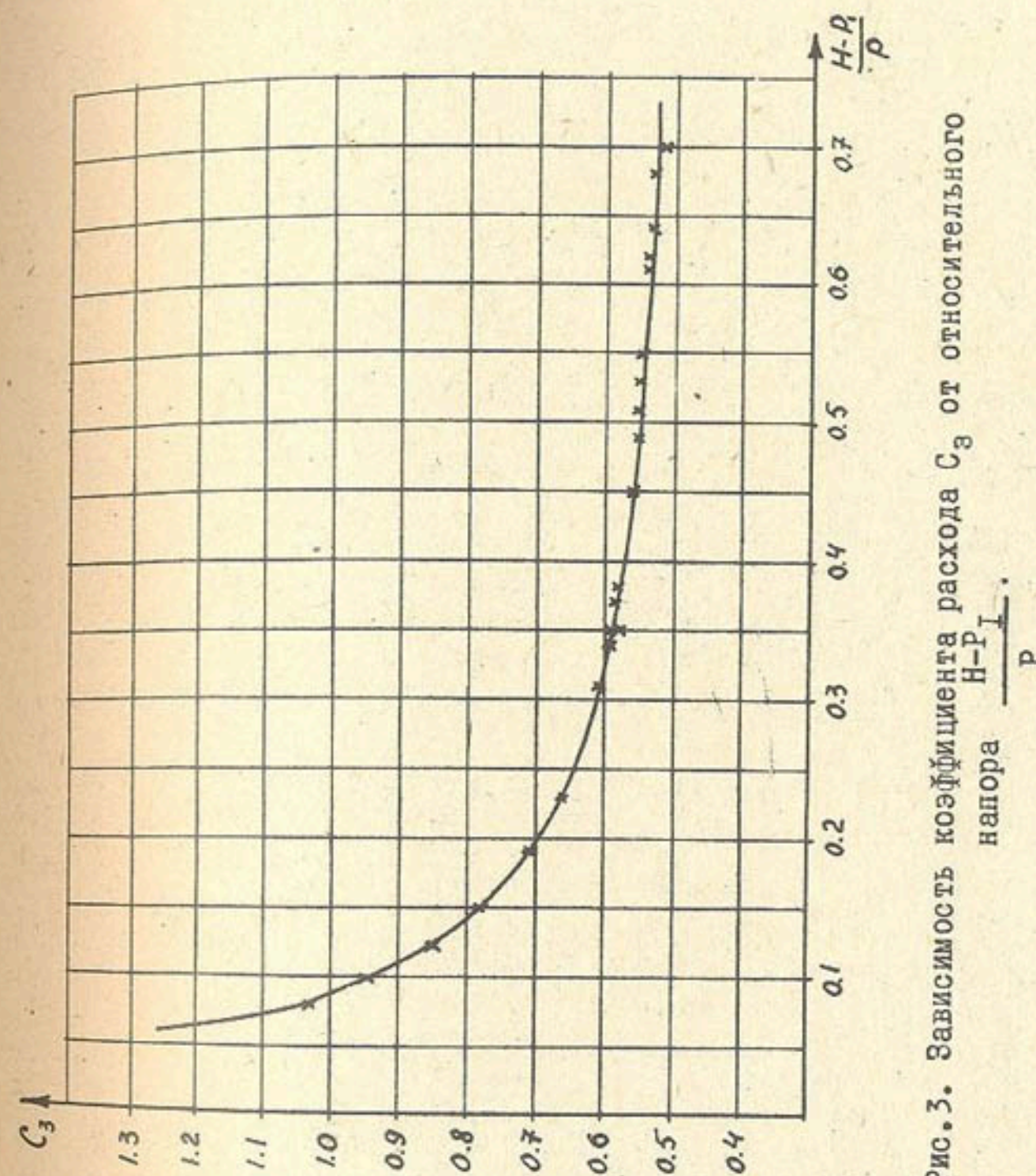


Рис. 3. Зависимость коэффициента расхода C_3 от относительного напора $\frac{H - P_1}{P}$.

Сравнение результатов опытных и вычисленных по формуле
(I) значений расходов воды, протекающей через расходо-
мерный порог

Q , л/с	H_K , см	$P-P_1$, см	P_1 , см	P , см	H , см	b_1 , см	m	θ , см	C_2	C_1	C_2	C_5	Q_1 , л/с	$H-P_1-2mP$, см	Q_2 , л/с	Q_1-Q_2 , л/с	δ , %	
6,4	12,40	5,5	4,9	10,4	6,90	10,0	1,0	30	0,403	0,717	0,289	0,704	3,9	2,00	31,0	2,70	6,60	+3,1
11,1	14,00	5,5	4,9	10,4	8,50	10,0	1,0	30	0,411	0,717	0,294	0,596	5,9	3,60	31,0	5,50	11,40	+2,7
17,0	15,50	5,5	4,9	10,4	10,00	10,0	1,0	30	0,417	0,717	0,298	0,555	8,35	5,10	31,0	8,80	17,15	+0,8
22,7	16,80	5,5	4,9	10,4	11,30	10,0	1,0	30	0,423	0,717	0,304	0,536	10,8	6,40	31,0	11,90	22,70	
13,2	14,30	5,5	4,9	10,4	8,80	15,0	1,0	30	0,412	0,742	0,306	0,585	8,46	3,90	26,0	5,10	13,56	+2,7
19,5	15,90	5,5	4,9	10,4	10,00	15,0	1,0	30	0,419	0,742	0,311	0,549	11,7	5,50	26,0	7,80	19,50	
23,1	16,90	5,5	4,9	10,4	11,40	15,0	1,0	30	0,424	0,742	0,315	0,535	13,2	6,50	26,0	10,20	23,40	+1,3
8,8	10,70	4,0	3,9	7,9	6,70	20,0	1,0	30	0,414	0,785	0,326	0,592	6,7	2,80	18,0	2,20	8,90	+1,1
13,0	11,95	4,0	3,9	7,9	7,95	20,0	1,0	30	0,422	0,785	0,332	0,551	9,32	4,05	18,0	3,60	12,92	+0,6
16,9	12,95	4,0	3,9	7,9	8,95	20,0	1,0	30	0,428	0,785	0,337	0,533	11,6	5,05	18,0	4,81	16,41	-2,8
19,5	13,50	4,0	3,9	7,9	9,60	20,0	1,0	30	0,432	0,785	0,340	0,526	13,5	5,60	18,0	5,05	18,60	-4,7
19,2	14,80	5,2	5,0	10,2	9,60	25,0	1,0	30	0,418	0,815	0,342	0,564	15,6	4,60	15,4	3,79	19,39	+1
16,8	14,10	5,2	5,0	10,2	8,90	25,0	1,0	30	0,415	0,815	0,338	0,582	13,5	3,90	15,4	3,05	16,55	-1
8,3	11,70	5,2	5,0	10,2	6,50	25,0	1,0	30	0,403	0,815	0,328	0,779	7,6	1,50	15,4	0,98	8,58	+3
13,5	11,10	4,0	3,9	7,9	7,10	30,0	1,0	30	0,416	0,89	0,371	0,576	12,8	3,20	8,0	1,16	13,96	+3
17,6	12,00	4,0	3,9	7,9	8,00	30,0	1,0	30	0,422	0,89	0,376	0,550	16,0	4,10	8,0	1,60	17,60	
21,0	12,80	4,0	3,9	7,9	8,80	30,0	1,0	30	0,427	0,89	0,380	0,535	19,1	4,90	8,0	2,05	21,60	+3

Продолж. табл. I

16,8	13,40	5,5	5,0	10,5	7,90	3,5	1,0	30	0,408	0,92	0,376	0,515	15,9	2,9	6,0	3,63	16,57	+2,1
18,6	13,80	5,5	5,0	10,5	8,30	3,5	1,0	30	0,410	0,92	0,376	0,609	17,1	3,3	6,0	0,97	18,07	+2,8
14,9	12,90	5,5	5,0	10,5	7,40	3,5	1,0	30	0,406	0,92	0,373	0,666	14,3	2,4	6,0	0,66	14,96	+0,4
8,8	11,70	4,6	3,9	8,5	7,10	10,2	1,5	20	0,411	0,745	0,306	0,584	5,35	3,2	23,6	3,50	8,85	+0,9
15,7	13,70	4,6	3,9	8,5	9,10	10,2	1,5	20	0,422	0,745	0,315	0,536	9,1	5,2	23,6	6,60	15,70	+0
18,6	14,30	4,6	3,9	8,5	9,70	10,2	1,5	20	0,425	0,745	0,317	0,528	10,5	5,8	23,6	7,70	18,20	-2,2
3,1	9,20	4,5	4,0	8,5	4,70	15,0	1,5	20	0,398	0,77	0,306	1,030	2,75	0,7	18,5	0,49	3,24	+4,5
8,3	11,30	4,5	4,0	8,5	6,80	15,0	1,5	20	0,410	0,77	0,315	0,603	6,15	2,8	18,5	2,31	8,46	+1,9
11,9	12,30	4,5	4,0	8,5	7,80	15,0	1,5	20	0,415	0,77	0,320	0,565	8,2	3,8	18,5	3,40	11,60	-2,5
15,4	13,20	4,5	4,0	8,5	8,70	15,0	1,5	20	0,420	0,77	0,324	0,545	10,3	4,7	18,5	4,50	14,80	-3,9
3,05	8,75	4,3	3,5	7,9	4,45	10,0	2,0	20	0,399	0,73	0,291	0,851	2,26	0,95	27,2	0,94	3,20	+5,0
14,7	12,25	4,3	3,5	7,9	7,95	10,0	2,0	20	0,418	0,73	0,306	0,543	7,93	4,45	27,2	6,10	14,03	-4,6
12,4	10,10	4,1	3,7	7,8	6,40	30,0	2,0	20	0,408	0,905	0,370	0,596	11,3	2,7	8,2	0,96	12,26	-1,1
15,4	11,20	4,1	3,7	7,8	7,10	30,0	2,0	20	0,415	0,905	0,375	0,568	13,9	3,4	8,2	1,30	15,20	-1,3
13,5	10,80	4,1	3,7	7,8	6,70	30,0	2,0	20	0,412	0,905	0,373	0,582	12,5	3,0	8,2	1,10	13,60	+0,7

Сравнение опытных и вычисленных по существующей [11, 2]
формуле значений расходов воды, протекающей через расходо-
мерный порог в трапециевидальном вырезе

Q л/с	H_K см	$p - p_1$ см	p_1 см	P см	H см	β_1 см	m см	β см	C_2	C_1	$C_1 \cdot C_2$	C_3	Q_r л/с	$H - p_1 - \frac{B - \beta_1}{2mP}$ см	Q_2 л/с	$Q - Q_1 + Q_2$ л/с	δ , %	
6,4	12,4	5,5	4,9	10,4	6,90	10	1,0	30	0,403	0,717	0,289	0,377	3,90	2,00	31,0	2,70	6,60	-2,3
11,1	14,0	5,5	4,9	10,4	8,50	10	1,0	30	0,411	0,717	0,294	0,385	5,90	3,60	31,0	5,50	11,40	-2,5
17,0	15,5	5,5	4,9	10,4	10,00	10	1,0	30	0,417	0,717	0,298	0,389	8,35	5,10	31,0	8,60	16,85	0,8
22,7	16,8	5,5	4,9	10,4	11,30	10	1,0	30	0,423	0,717	0,304	0,395	10,80	6,40	31,0	11,70	22,50	0,8
13,2	14,3	5,5	4,9	10,4	8,80	15	1,0	30	0,412	0,742	0,306	0,385	8,46	3,90	26,0	5,10	13,50	2,2
19,5	15,9	5,5	4,9	10,4	10,00	15	1,0	30	0,419	0,742	0,311	0,391	11,70	5,50	26,0	8,00	19,70	1
23,1	16,9	5,5	4,9	10,4	11,40	15	1,0	30	0,424	0,742	0,315	0,395	13,20	6,50	26,0	10,00	23,20	
8,8	10,7	4,0	3,9	7,9	6,70	20	1,0	30	0,414	0,785	0,326	0,398	6,70	2,80	18,0	2,30	9,00	-2,2
13,0	11,95	4,0	3,9	7,9	7,95	20	1,0	30	0,422	0,785	0,332	0,410	9,32	4,05	18,0	3,73	13,10	0
16,9	12,95	4,0	3,9	7,9	8,95	20	1,0	30	0,428	0,785	0,337	0,420	11,60	5,05	18,0	5,05	16,60	+0,2
19,5	13,5	4,0	3,9	7,9	9,60	20	1,0	30	0,432	0,785	0,340	0,426	13,00	5,60	18,0	5,90	18,90	+0,3
19,2	14,8	5,2	5,0	10,2	9,60	25	1,0	30	0,418	0,815	0,342	0,388	15,60	4,60	15,4	3,76	19,30	-0,5
16,8	14,1	5,2	5,0	10,2	8,90	25	1,0	30	0,415	0,815	0,338	0,385	13,50	3,90	15,4	3,05	16,60	+1,2
8,3	11,7	5,2	5,0	10,2	6,50	25	1,0	30	0,403	0,815	0,328	0,375	7,60	1,50	15,4	0,98	9,58	-3,3

Продолж. табл. 2

13,5	11,1	4,0	3,9	7,9	7,10	30	1,0	30	0,416	0,89	0,371	0,386	12,80	3,20	8,0	1,16	13,90	-2,8
17,6	12,0	4,0	3,9	7,9	8,00	30	1,0	30	0,422	0,89	0,376	0,391	16,00	4,10	8,0	1,60	17,60	0
21,0	12,8	4,0	3,9	7,9	8,80	30	1,0	30	0,427	0,89	0,380	0,395	19,10	4,90	8,0	2,02	21,20	-0,8
16,80	13,40	5,5	5,0	10,5	7,90	35	1,0	30	0,408	0,92	0,376	0,381	15,90	8,9	6,0	0,82	16,72	-0,5
18,60	13,80	5,5	5,0	10,5	8,30	35	1,0	30	0,410	0,92	0,376	0,382	17,10	3,3	6,0	0,96	18,06	+3,1
14,90	12,90	5,5	5,0	10,5	7,40	35	1,0	30	0,406	0,92	0,373	0,380	14,30	2,4	6,0	0,65	14,95	-0,3
8,80	11,70	4,6	3,9	8,5	7,10	10,2	1,5	20	0,411	0,745	0,306	0,398	5,35	3,2	23,6	3,40	8,75	0
15,70	13,70	4,6	3,9	8,5	9,10	10,2	1,5	20	0,422	0,745	0,315	0,415	9,10	5,2	23,6	6,50	15,60	+1
18,60	14,30	4,6	3,9	8,5	9,70	10,2	1,5	20	0,425	0,745	0,317	0,420	10,50	5,8	23,6	7,50	18,00	+1
3,10	9,20	4,5	4,0	8,5	4,70	15,0	1,5	20	0,398	0,770	0,306	0,370	2,75	0,7	18,5	0,46	3,20	-3
8,30	11,30	4,5	4,0	8,5	6,80	15,0	1,5	20	0,410	0,770	0,315	0,395	6,15	2,8	18,5	2,36	8,51	-2,1
11,90	12,30	4,5	4,0	8,5	7,80	15,0	1,5	20	0,415	0,770	0,320	0,404	8,20	3,8	18,5	3,50	11,70	0
15,40	13,20	4,5	4,0	8,5	8,70	15,0	1,5	20	0,420	0,770	0,324	0,411	10,30	4,7	18,5	4,65	15,05	+2,5
3,05	8,75	4,3	3,5	7,9	4,45	10,0	2,0	20	0,399	0,730	0,291	0,378	2,28	0,95	27,2	0,91	3,19	-1
14,70	12,25	4,3	3,5	7,9	7,95	10,0	2,0	20	0,418	0,730	0,306	0,411	7,93	4,45	27,2	0,91	14,13	+4
12,40	10,10	4,1	3,7	7,8	6,40	30,0	2,0	20	0,408	0,905	0,370	0,383	11,30	2,7	8,2	0,75	12,20	-0,1
15,40	11,20	4,1	3,7	7,8	7,10	30,0	2,0	20	0,415	0,905	0,375	0,387	13,90	3,4	8,2	1,00	14,90	+3,2
13,50	10,80	4,1	3,7	7,8	6,70	30,0	2,0	20	0,412	0,905	0,373	0,385	12,50	3,0	8,2	0,84	13,2	+1,3

Как показали результаты экспериментальных исследований, первое слагаемое формулы (I), а также входящие в нее коэффициенты C_1 и C_2 остались без изменения. Второе же слагаемое и входящий в нее коэффициент C_3 приняли по сравнению с существующей в настоящее время формулой [1], [2], [3] иной вид. Зависимость для коэффициента C_3 получена следующим образом. Зная общий расход воды, протекающей через расходомерный порог (его измеряли на модели), определяли коэффициент C_3 из формулы (I)

$$C_3 = \frac{Q - C_1 C_2 (b_1 + mH) H \sqrt{2gH}}{(B - b_1 - 2mP_1)(H - P_1) \sqrt{2g(H - P_1)}} \quad (4)$$

Построенный на основании проведенных опытов график зависимости $C_3 = f\left(\frac{H - P_1}{P_1}\right)$ показывает, что коэффициент C_3 уменьшается с увеличением значений $\frac{H - P_1}{P_1}$ (рис.3). Аппроксимация графика $C_3 = f\left(\frac{H - P_1}{P_1}\right)$ позволила получить связь, которая математически описывается уравнением

$$C_3 = 0,46 + 0,047 \frac{1}{\frac{H - P_1}{P_1}} \quad (5)$$

Сравнение расходов воды, вычисленных по формуле (I), и данных модельных исследований показало, что максимальная относительная погрешность не превышает $\pm 5\%$ (табл.1). Такой же ($\delta \leq \pm 5\%$) оказалась погрешность и при сравнении данных, вычисленных по существующей формуле [1], [3], представленной в табл.2.

Л и т е р а т у р а

1. Хамадов И.Б., Бутырин М.В. Гидрометрия в ирригации. - М.: Колос, 1975, с.123-124.
2. Бутырин М.В., Киенчук А.Ф. и др. Водомерные устройства для гидромелиоративных систем. - М.: Колос, 1982, с.17-18.
3. Хамадов И.Б., Хусанходжаев У.И. Лабораторные исследования водомерного порога

с вырезной частью конструкции САНИИРИ. - Сб. научных трудов САНИИРИ, вып.137. - Ташкент: 1973, с.38-43.

В.А. Ковалев, канд.техн.наук
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

О ПРОСАДКАХ ЛОТКОВЫХ КАНАЛОВ

Строительство лотковых просителей в Голодной степи обусловлено особенностями лессовых грунтов - низкая природная влажность, небольшие значения объемного веса скелета грунта, а также сравнительно невысокие значения (30-90 кН) действующих на опоры лотков вертикальных нагрузок.

Просадка макропористых грунтов - явление, обусловленное множеством факторов. Основным из них является свойство деформироваться при замачивании и отсутствии внешней нагрузки. При решении практических вопросов строительства требуется устанавливать зону просадочного явления для определения необходимого варианта строительства.

Для прогноза величины просадки расчетным методом необходимо пользоваться формулами, учитывающими вес конструкции и собственный вес грунта. Сопоставление условий деформации просадочных грунтов с непросадочными показало, что разница между ними лишь в фазе уплотнения.

Конечная осадка конструкции на непросадочных грунтах определяется фазой уплотнения грунта под действием переданного давления (по классификации Н.М.Герсеванова), а на просадочных - грунт уплотняется под воздействием замачивания.

Исследования А.И.Озерцовского и В.С.Шарова [1] показали, что физико-химические процессы, возникающие при взаимодействии твердой фазы грунта с водой, в случае отсутствия хлоридов практически мало влияют на величину просадки и поэтому не учитываются. Величина деформации основания при уплотнении

грунта нарушенной структуры под воздействием замачивания зависит от значения относительной просадочности, толщины слоя просадочного грунта, начального давления, при котором проявляются просадочные свойства его, и общего количества воды, просочившейся в грунт [2].

В практике строительства оросительной сети промышленно-гражданских сооружений на сильнопросадочных и макропористых грунтах отмечаются следующие особенности.

1. Замачивание грунта происходит при подаче небольшого количества воды, недостаточного для промачивания всей толщи, или толщина слоя невелика и давление от собственного веса меньше начального давления, при котором проявляются просадочные свойства грунта.

2. Замачивание происходит при подаче большого количества воды, достаточной для насыщения грунта до полной потери его связности в пределах всей толщи. Просадочные явления грунта проявляются под воздействием его собственного веса.

В первом случае величина просадки зависит от значения относительной просадочности, размеров и формы фундаментов, т.е. от величины напряженной зоны грунта в основании, оконтуренной изобарой (изолиниями) начального давления [3].

Во втором варианте величина просадки зависит от значений относительной просадочности для отдельных горизонтов по глубине и общей толщине слоя просадочного грунта, залегающего в основании, и от проведения противопросадочных мероприятий и соответственно форм и размеров фундаментов.

Таким образом, наибольший интерес представляет второй вариант, когда уплотняется вся толща просадочных грунтов. Для подтверждения этого с 1966 по 1981 год проводились систематические наблюдения за лотковыми оросителями, установленными на стоечных основаниях в Голодной и Джизакской степях.

Грунты зоны Голодной степи представляют собой в основном лессовидные суглинки и супеси, залегающие на значительной глубине и обладающие просадочными свойствами (табл. I и 2).

Расчетная величина грунта определялась по формуле

Т а б л и ц а I
Физико-механические и просадочные свойства исследованных грунтов совхозов № 10, 17 Центрального массива Голодной степи.

Толщина слоя по глубине (расчетный интервал)	Грунт	Весовая влажность, %	Пористость, %	Объемная масса, т/м ³	Удельный вес грунта, т/м ³	Степень влажности, %	Бытовое давление, т/см ²	Коэфф. пористости при бытовом давлении и естественной влажности грунта	Коэфф. пористости при бытовом давлении и насыщении водой грунта	Оптим. просад. коэф. на просадки, мм	Величина просадки, мм
0-3	Суглинок лессовидный	5,8	44,9	1,47	2,67	0,19	0,47	0,808	0,805	0,0016	64
3-5	"	4,9	47,1	1,41	2,67	0,15	0,765	0,880	0,842	0,0202	52
3-7	"	6,7	44,1	1,49	2,67	0,2	1,084	0,779	0,715	0,036	94
7-9	"	7,8	45,6	1,45	2,67	0,25	1,396	0,828	0,821	0,0038	5
9-11	Супесь лессовидная	11,6	47,0	1,42	2,69	0,3	1,720	0,779	0,764	0,0027	5
11-13	Суглинок лессовидный	18,0	39,1	1,62	2,66	0,35	2,036	0,862	0,845	0,00914	18
13-17	"	17,5	41,3	1,59	2,71	0,673	2,310	0,672	0,661	0,0066	26
17-19	Суглинок	23,8	44,3	1,52	2,73	0,83	2,680	0,761	0,751	0,0056	11

Физико-механические и просадочные свойства грунтов совхоза № 2, 3 Юго-Восточного массива Голодной степи

Толщина слоя по глубине (расчет- ный ин- тервал)	Грунт	Весовая влажность, %	Порис- тость, %	Объемн. вес скеле- та грун- та, т/м ³	Удель- ный вес грунта, т/м ³	Бытовое давл., на- шенного водой грун- та, кг/см ²	Коэфф. на- пористости при бы- товом да- влении, при ес- теств. во- влажн. та	Коэфф. на- пористости при бы- товом да- влении, при ес- теств. во- влажн. та	Коэф. по- росности при бы- товом да- влении, при ес- теств. во- влажн. та	Оптим. проса- дка, мм	Вели- чина проса- дки, мм	
Шурф 1069												
0-1	Суглинок средний	13,2	16	25	45,6	1,43	2,63	0,094	0,839	0,830	0,0049	4,9
1-3	Суглинок тяжелый	24,7	22	31	44,5	1,52	2,72	0,39	0,790	0,782	0,0045	9
3-5	" "	21,0	19	29	44,7	1,51	2,73	0,98	0,808	0,787	0,012	24
5-7	Супесь тяжелая пылеватая не просадочные	21,7	19	26	44,0	1,50	2,68	2,15	0,787	0,755	0,018	59,8
Шурф 1047												
0-1	Суглинок легкий	9	20,6	26,1	46,1	1,46	2,71	0,096	0,856	0,850	0,0032	3,2
1-4	Суглинок тяжелый не просадочные	8	20,6	26	50,6	1,32	2,67	0,46	1,023	0,940	0,041	138,9
Шурф 1025												
0-1	Суглинок средний	8,2	24,3	26,1	46,2	1,39	2,58	0,092	0,923	0,915	0,0042	4,2
1-5	Глина	15,3	24,4	29,4	48,6	1,39	2,70	0,56	0,943	0,885	0,03	119,4
5-7	Глина пылеват.	17,1	20,1	30,2	42,4	1,55	2,69	1,32	0,713	0,700	0,0076	15,2
7-9	Сугл. средн. пылев. не просадочные	22,9	18,2	26,3	44,1	2,51	2,70	2,83	0,788	0,780	0,0045	16,6
155,4												

$$S = m \delta H,$$

где S - возможная просадка под весом вышележащей толщи, мм;
 m - коэффициент условий работы, принимаемый равным 1,3;
 H - толщина того же слоя, м;
 δ - относительная просадочность грунта.

Величина просадки по Центральному массиву при $H = 19$ м составляла $S = 357$ мм, а по Юго-Восточному массиву при $H = 7-9$ м $S = 171$ мм.

Натурные наблюдения в Северо-Западной части Голодной степи (совхоз "Пахтаарал") показали, что осадка репера за данный период составила 24 см [4].

Среднегипроводхлопком получены данные по Центральной части Голодной степи при поверхностной замочке обводненного участка $\omega = 15$ м². Величина просадки при УГВ II, 0-12, 0 м с дополнительной нагрузкой в 1 кг/см², созданной насыпью 5,5 м, достигала 25-30 см.

Таким образом, величины просадок, полученные на основании теоретических исследований и данных инженерной геологии этих районов, а также натурные наблюдения прошлых лет оказались одного порядка.

В настоящее время имеется достаточно много данных о просадках, возникающих при строительстве лотковых оросителей в Голодной степи, подготовка оснований которых проводилась методом ударного выштамповывания увлажненного грунта согласно "Указаниям по производству работ при строительстве лотков-каналов из сборного железобетона в Голодной степи" [5]. Однако предложенный в "Указаниях" метод не позволяет ликвидировать общую величину просадки, а лишь уменьшить ее за счет уплотнения верхнего метрового слоя, где достигается плотность грунта в пределах 1,5...1,65 т/м³. Остальная толща грунта, достигающая 10 м и более, подвергается просадке после ее замочки.

Натурные наблюдения в х/с № 17 Центральной части Голод-

ной степи с периодической геодезической съемкой лотковых оросителей I7-Y-36 - 2,4 км, I7-Y-38^a - 2,2 км, I7-Y-39 - 2,8 км, I7-Y-42 - 2,1 км показали, что величина просадки зависит от степени замачивания: от 41 до 57 см на первых 1,5-2 км и от 1 до 3 см - в хвостовой части лотковых оросителей.

Такая неравномерность просадки затрудняла подачу воды в хвостовую часть лотковых оросителей и поэтому земли здесь не орошались. Подобное явление наблюдалось и на лотковом оросителе ЮР-12-1-1, где с ПК-6 до ПК-12 величина просадки достигала 5...18 см, в связи с чем пропускная способность оросителя уменьшилась на 30%. Работы по устранению просадки выполнялись в аварийном порядке.

Таким образом, видна закономерность просадочных явлений на лотковых оросителях, построенных на просадочных грунтах с уплотнением основания. Накопленный опыт строительства на макропористых лессовых грунтах в районах нового орошения в сочетании с рекомендуемыми классификациями толщ макропористых лессовых грунтов по величине просадочности позволяет рекомендовать следующие мероприятия по ликвидации просадочных явлений.

I тип грунтовых условий - ожидаемая величина просадки при бытовом давлении менее 5 см² - ударное уплотнение или железобетонные сваи длиной 4 м;

II тип грунтовых условий - ожидаемая величина просадки при бытовом давлении:

- 5-15 см - I категория просадочности, когда толща оценивается как практически устойчивая при последующем замачивании - железобетонная свая длиной 4 м;

- 15-50 см - II категория просадочности, когда толща оценивается как малопросадочная при последующем замачивании - железобетонная свая длиной 4,5 м;

- 50-100 см - III категория просадочности, когда толща оценивается как просадочная - комбинированная железобетонная свая с закреплением;

- более 100 см - толща оценивается как сильнопросадочная - комбинированная железобетонная свая с закреплением.

Исходя из категории толщи макропористых лессовых грунтов, по величине просадочности можно легко оценить степень влияния орошения в основании оросителя или сооружения, возможность неравномерных просадок основания и принять необходимые меры конструктивного характера, а также провести мероприятия по уменьшению или устранению вероятной просадки основания.

В ы в о д ы

1. При проектировании лотковых оросителей и других гидротехнических сооружений необходимо на основании инженерно-геологических данных предварительно определять величину возможной просадки грунта.

2. Способ подготовки основания необходимо принимать на основании расчетной величины возможной просадки.

3. В лессовых грунтах I и II типа I категории просадочности необходимо вести строительство лотковых оросителей на железобетонных свайных опорах.

4. В лессовых грунтах II типа II категории просадочности можно вести строительство лотковых оросителей на железобетонных свайных опорах при мощности просадочной толщи, не превышающей 6 м.

Л и т е р а т у р а

1. О з е р е ц к о в с к и й А.И., Ш а р о в Б.С. Влияние увлажнения и фильтрации воды и растворов на деформацию лессовых грунтов оснований сооружений. Вопросы строительства на макропористых просадочных грунтах. - Сб. № 37 НИИОСП, Госстройиздат, 1959.
2. А б е л е в Ю.М. Основы проектирования и строительства на макропористых грунтах. - Военморстройиздат, 1948.

3. А б е л е в Ю.М. Явление просадки и ее закономерности для макропористых глинистых лессовых грунтов. Вопросы строительства на макропористых просадочных грунтах. - Сб. № 37. Госстройиздат, 1959.
4. П ы ш к и н Б.А. Семхоз-Пахта-Арал. Вестник ирригации, 1928, № I.
5. Д у х о в н ы й В.А. Орошение и освоение Голодной степи. М.: Колос, 1973.
6. Указания по производству работ при строительстве лотков-каналов из сборного железобетона в Голодной степи. Ташкент: Главголноостепстрой МСХ СССР и Институт водных проблем и гидротехники АН УЗССР, 1963.
7. Руководство по строительству лотковых ВТР-С-14-79.-М.: Союзводпроект, 1979.

А. Абрарходжаев, Э.Н.Афанасьев
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

ОПЫТ УПРОЧНЕНИЯ ОБРАТНОЙ ЗАСЫПКИ ЗАКРЫТЫХ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ДРЕН КОМБИНИРОВАННОЙ ЗАМОЧКОЙ

Строительство закрытого горизонтального дренажа, начавшееся в конце 50-х годов в Голодной степи, широко развернулось в различных районах зоны орошения. Однако некоторые вопросы технологии его укладки и сохранения в постоянном работоспособном состоянии полностью еще не решены.

Многолетний опыт эксплуатации закрытых горизонтальных дрен показал необходимость упрочнения грунта обратной засыпки, но эта операция технологического процесса практически не производится, вследствие чего при первом же поливе или в период промывки земель оросительная вода, попадая на

наддренную полосу с рыхлой обратной засыпкой, размывает ее и, проникая внутрь трубчатой линии, вызывает заиливание полости дрены. Наиболее уязвимым местом является устьевая часть, при размыве которой происходит заиливание открытого коллектора и разрушение его откосов.

Известные механические способы уплотнения грунта обратной засыпки в траншеях закрытых дрен укаткой и трамбованием и гидравлическое уплотнение замочкой сверху или снизу через дренажную линию обладают недостатками, обусловленными спецификой строительства закрытого дренажа в зоне орошения - узкая (0,6 м) и глубокая (3,0 м) траншея с вертикальными стенками.

Актуальность вопроса потребовала поиска иных путей предохранения закрытых горизонтальных дрен от разрушения и заиливания. В Средазгипроводхлопке предложен способ их укладки, при котором дрены строятся вначале тупиковыми, т.е. не доводятся до коллектора (I этап строительства), а после определенной стабилизации грунта обратной засыпки их подключают к коллектору (II этап) (рис. I).

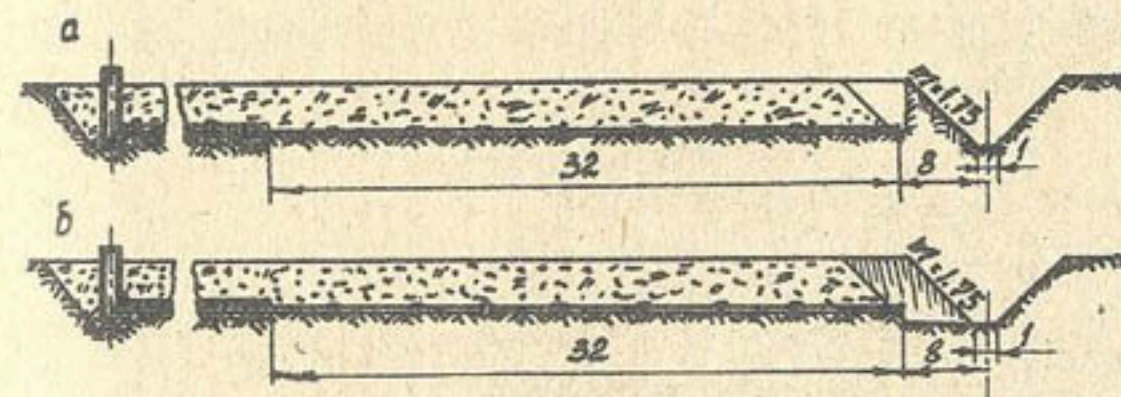


Рис. I. Технология поэтапного строительства закрытых горизонтальных дрен (размеры в м):
а - I этап; б - 2 этап.

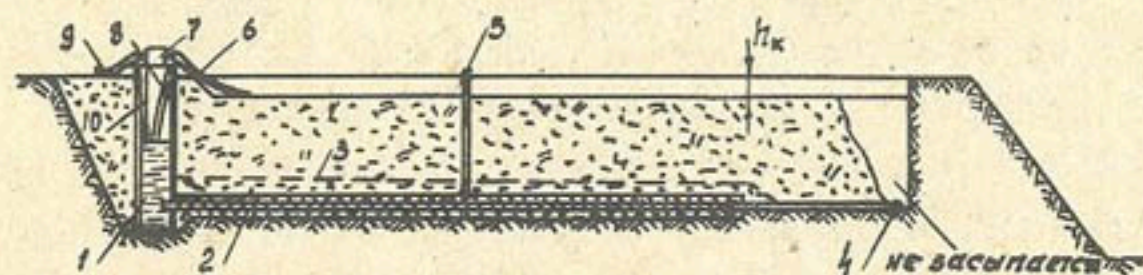


Рис.2. Технологическая схема производства работ по комбинированной замочке грунта в траншеях закрытых горизонтальных дрен:

1 - смотровой колодец; 2 - дренажная линия; 3 - уровень водяной подушки; 4 - заглушка; 5 - смотровая трубка; 6 - шланг для подачи воды сверху траншеи; 7 - распределительный кран; 8 - шланг для подачи воды в колодец; 9 - шланг от источника водозабора; 10 - поплавок, фиксирующий уровень воды в колодце;
 h_k - глубина корыта.

Обследования дрен, построенных тупиковым способом, проведенные САНИИРИ в 1974-1976 гг. в совхозах № 12, 13, 14 и 22 Голодной степи, показали, что все они находятся в нерабочем состоянии из-за заиливания трубчатой линии полным сечением на всю длину. Откосы же открытых коллекторов и устьевые сооружения этих дрен поливной водой не разрушены.

В САНИИРИ разработан и апробирован в широких производственных условиях способ уплотнения обратной засыпки комби-

нированной замочкой, сущность которого заключается в том, что вначале воду подают в траншею снизу через дренажную линию путем заполнения смотрового колодца. После образования над дренажной линией водяной подушки высотой 0,4...0,5 м подают воду и сверху траншеи (рис.2). Способ комбинированной замочки прост в исполнении, обеспечивает равномерное и удовлетворительное уплотнение грунта в траншее без каких-либо нарушений и повреждений дренажной линии и других элементов закрытых дрен.

Впервые этот способ был применен на практике в Голодной степи (1975 г.). Работы (У.Ю.Пулатов, С.А.Иванов, А.Абракходжаев, Э.Н.Афанасьев, а.с. № 212828, опубликованное в Б.И. № 9, 1968) по уплотнению обратной засыпки дрен выполнялись на двенадцати дренах IV агроучастка х/с № 9-а (рис.3).

К началу работ все эти дрена были подключены к коллектору, наддренные полосы спланированы. Подготовительные работы заключались в устройстве "замка" в устьевой части, предотвращающего вынос грунта обратной засыпки в коллектор, и восстановлении "корыта" на глубину 0,4...0,5 м для подачи воды сверху траншеи. Для устройства "замка" экскаватором ЭО-2623 на базе трактора "Белорусь" откапывали шурфы, вынимали трубы (2,5...3,0 м) и бульдозером ДЗ-42 производили заполнение шурфов отсыпкой грунта в воду с последующим уплотнением гусеницами бульдозера. Воду подвозили автоводозовом на шасси автомашины ГАЗ-51 из лотковой линии 9-У-32. "Корыто" восстанавливали тем же бульдозером.

Уплотнением обратной засыпки способом комбинированной замочки занималась под руководством прораба бригада, состоящая из трех человек: бригадира IV разряда и двух рабочих III разряда, а машинист экскаватора и бульдозерист производили подготовительные работы на следующих дренах. Подача воды осуществлялась с помощью сифонов из лотковой оросительной сети 9-У-32, расположенной на расстоянии 18...20 м от смотровых колодцев. После окончания работ по уплотнению обратной засыпки на дренах с IV-Д-159^а по IV-Д-170^а, общей протяженностью 4920 м, приступали к восстановлению трубчатых

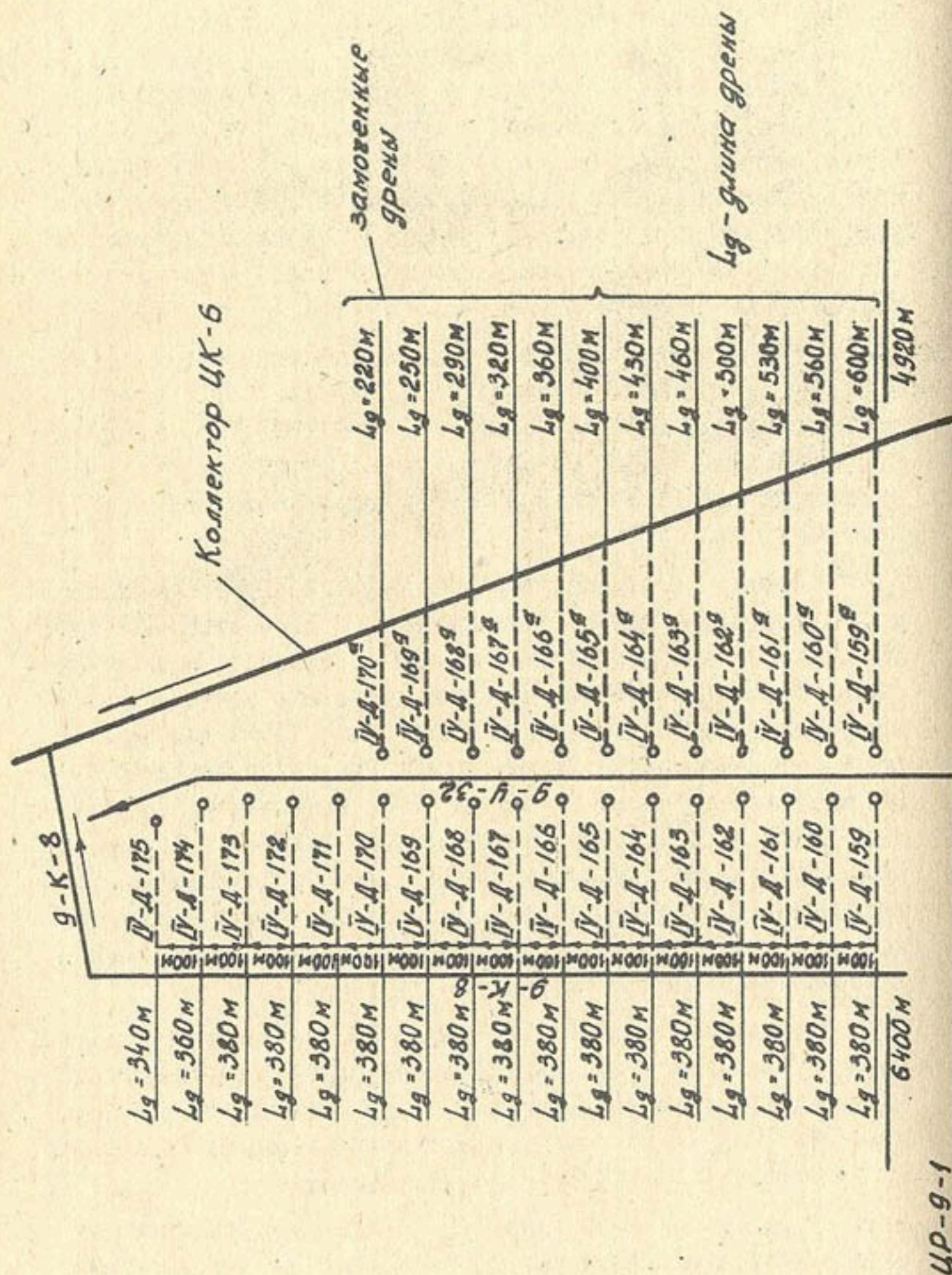


Рис.3.Схема расположения дрен на опытном участке.

линий в месте устройства "замка", промывке дрен и планировке наддренных полос.

Одновременно производилось обследование дрен с ИУ-Д-159 по ИУ-Д-175, расположенных на этом же участке, обратная засыпка которых не уплотнялась после затопления их поверхностной водой при поливах хлопчатника. Отмечено: смотровые колодцы заилены и вокруг них наблюдается просадка грунта; по наддренным полосам образовались провалы и свод, под которым вода проникала до устьевой части; устья дрен размыты с выносом грунта в коллектор.

Обследования (сентябрь 1976, июль 1981, август 1982 и сентябрь 1984 гг.) дрен, обратная засыпка которых уплотнена способом комбинированной замочки, показали удовлетворительное состояние их работы, видимых деформаций по трассам дрен не обнаружено.

Во время обследований в устьях дрен замеры расходов из них производили объемным методом с 3-х кратной повторностью (таблица).

Т а б л и ц а

Дрена	Расход, л/с			
	1976г.	1981г.	1982г.	1984г.
Д-159 ^а	0,43	0,45	0,50	
Д-160 ^а	0,40	0,42	0,45	
Д-161 ^а	0,22	0,20	0,15	0,034 ^х)
Д-162 ^а	0,30	0,25	0,30	
Д-163 ^а	0,12	0,10	0,08	0,03
Д-164 ^а	0,15	0,17	0,17	
Д-165 ^а	0,20	0,20	0,22	
Д-166 ^а	0,23	0,25	0,30	
Д-167 ^а	0,20	0,32	0,40	
Д-168 ^а	0,07	0,10	0,12	
Д-169 ^а	0,12	0,12	0,10	
Д-170 ^а	0,06	0,08	0,06	

х) Вследствие повреждения концов устьевых труб, выходящих в коллектор при его очистке экскаватором драглайном, в 1984 г. расходы определены только на двух дренах.

Из таблицы видно, что с 1976г. на этих дренах установлен определенный расход — 0,06...0,050 л/с. Колебания его объясняются длиной дрен (от 200 до 600 м).

Очевидна эффективность применения комбинированной замочки грунта обратной засыпки в сочетании с тупиковым методом строительства дрен. На II этапе строительства производят уплотнение грунта обратной засыпки способом комбинированной замочки, после чего дренам подсоединяют к коллектору, удаляя перемычку из материкового грунта. Образующийся при этом приемный "карман" предохраняет устье дрена от повреждений во время очистки коллектора.

С.А.Печаткин, канд.эконом.наук
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДЫ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ СТИМУЛИРУЮ- ЩИХ ПРИНЦИПОВ

Минводхоз УзССР постоянно планирует и реализует мероприятия по мобилизации и использованию резервов водных ресурсов за счет реконструкции ирригационной сети, строительства регулирующих водохранилищ, межбассейновых перебросов, машинного водоподъема и других аналогичных технических решений. Однако подобные мероприятия дорогостоящи и труднореализуемы. На наш взгляд, совершенно недостаточно уделяется внимания проведению организационных мероприятий, когда при определенных резервах продуктивность водных ресурсов повышается более дешевыми методами.

Одним из таких организационных мероприятий является внедрение системы специальных мер по материальному стимулированию работников эксплуатационных водохозяйственных организаций и сельскохозяйственных предприятий, добившихся бо-

лее высоких показателей при распределении и использовании воды.

В настоящее время организационная система сельскохозяйственного водопользования регламентируется Правилами технической эксплуатации оросительных систем, Основами водного законодательства и другими правовыми и директивными документами [1-5]. При этом предусматривается бесплатная система водообеспечения без специальных мер по выявлению и стимулированию лучших водопотребителей и водопользователей.

Так, выплата дополнительных средств в виде премий работникам водохозяйственных эксплуатационных служб предусматривается только при выполнении плановых заданий по производству сельскохозяйственной продукции обслуживаемыми гидромелиоративными системами, колхозами и совхозами и при условии безаварийной работы обслуживаемых объектов [6]. Причем при определении размера премий и числа премируемых работников не учитываются показатели рационального распределения воды, а принимаются во внимание только результирующие показатели сельскохозяйственного производства без учета характеристики этих предприятий как водопотребителей.

Очевидно, что при нарастающем дефиците водных ресурсов необходимо изыскивать средства для тех работников службы эксплуатации водохозяйственных систем, колхозов и совхозов, которые добиваются более высоких коэффициентов использования воды, КПД сети, снижают себестоимость водоподдачи и орошения, обеспечивают большее производство продукции на единицу объема полученной воды и т.д.

Стимулирование лучших водопотребителей и водопользователей особенно насущным становится при создании агропромышленных объединений, когда каждый его участник заинтересован в конечных результатах всего агропромышленного комплекса. При принятии системы стимулирования необходимо разработать специальное положение, предусматривающее источники формирования премиального фонда, регулирующие органы по определению размеров премий и количество премируемых работников, регламентирующие показатели и порядок оформления и представления необходимой документации.

Источниками создания премиального фонда для поощрения лучших водопользователей и водопотребителей могут быть:

- часть средств, полученных в форме штрафов и неустоек с нарушителей водного законодательства и правил водопользования (7-8);
 - часть премиального фонда МСХ УзССР за успешное выполнение плановых заданий по производству сельскохозяйственной продукции;
 - часть централизованных премиальных средств ММВХ УзССР из фондов развития производства;
 - часть операционных средств ММВХ УзССР, планируемых на непредвиденные расходы (стихийные бедствия, борьба с маловодьем и т.д.).
- При этом премирование руководящих, инженерно-технических работников и служащих эксплуатационных водохозяйственных организаций производить:
- за повышение КПД распределительной сети и сокращение нормативных организационных потерь за счет совершенствования системы эксплуатации;
 - за обеспечение сверхнормированного КИВ за счет повышения степени использования водных ресурсов;
 - за систематическое и планомерное снижение удельной и общей водоподачи в результате реализации организационных и технологических мероприятий;
 - за высокое качество эксплуатационных работ и своевременную подготовку ирригационных систем к поливному сезону;
 - за внедрение прогрессивных методов организации труда и новых технических средств при выполнении работ.

Работников сельскохозяйственных предприятий и других водопользователей премировать:

- за планомерное снижение удельного водопотребления орошаемых земель;
- за повышение степени использования оросительной воды (КИВ);

- за освоение прогрессивной техники орошения и новых средств дренирования орошаемых земель;
- за планомерное повышение КПД внутрихозяйственной сети;
- за оказание помощи работникам службы эксплуатации в проведении мероприятий по повышению эффективности использования воды.

Основанием для начисления премий могут являться представления руководителей водохозяйственных организаций, хозяйства руководителей контролирующих органов и сельскохозяйственных управлений.

Для принятия решений о премировании, наряду с другими функциями, при агропромышленных объединениях должны быть созданы постоянно действующие комиссии по водопользованию, в которые могут быть включены:

- зампреда агропромышленного объединения (председатель комиссии);
- инженер по регулированию использования и охране вод (зампреда);
- представитель органов народного контроля;
- депутаты исполкома - члены комиссий по водному и сельскому хозяйству;
- руководитель сельхозуправления или его заместитель.

Решение о премировании принимается на заседании комиссии по водопользованию после подведения годовых итогов на основании соответственно оформленных документов, подтверждающих факты участия конкретных работников в каком-либо из вышеперечисленных мероприятий по повышению эффективности использования воды.

Премирование работников службы эксплуатации нужно производить только при условии обязательного выполнения плановых заданий соответствующих производственных подразделений.

Решения о премировании работников сельскохозяйственных предприятий можно принимать только при выполнении плана производства и сдачи сельскохозяйственной продукции соот-

ветствующими административными подразделениями (звено, бригада, отделение, колхоз, совхоз).

При определении размеров премиальных выплат за основу принимается расчетный годовой экономический эффект, для расчета которого предлагается использовать следующие выражения:

- для мероприятий, повышающих КПД распределительной сети, сокращающих организационные потери и увеличивающих степень использования воды —

$$\mathcal{E}_{\text{с.х.}} = \Delta W \bar{U}_{\text{с.х.}} - \mathcal{Z}_{\text{с.х.}}, \quad (1)$$

где $\mathcal{E}_{\text{с.х.}}$ — годовой экономический эффект;
 ΔW — фактический или расчетный объем дополнительной воды, полученный в результате осуществления мероприятий;
 $\bar{U}_{\text{с.х.}}$ — себестоимость подачи воды в системе (определяется за 3-5 предшествующих лет);
 $\mathcal{Z}_{\text{с.х.}}$ — приведенные затраты на реализацию мероприятий;

- себестоимость подачи воды в системе

$$\bar{U}_{\text{с.х.}} = \frac{U_{\text{с.х.}} + A \cdot \Phi_{\text{с.х.}}}{W}, \quad (2)$$

где $U_{\text{с.х.}}$ — учитываемые годовые затраты на эксплуатацию водохозяйственных объектов по системе;
 A — норма отчислений на амортизацию основных производственных фондов;
 $\Phi_{\text{с.х.}}$ — среднегодовая стоимость основных производственных фондов водохозяйственного назначения;
 W — годовой объем воды, поданной гидромелиоративной системой на границу хозяйств-водопотребителей.

Приведенные затраты на реализацию мероприятий определяются по выражению

$$\mathcal{Z}_{\text{с.х.}} = \pm \Delta U_{\text{с.х.}} + E_n \cdot K_{\text{с.х.}}, \quad (3)$$

где

$\pm \Delta U_{\text{с.х.}}$ — изменение ("+" — увеличение, "-" — уменьшение) ежегодных затрат по системе в результате реализации мероприятий;

$K_{\text{с.х.}}$ — капитальные вложения в производственные фонды системы, вызванные реализацией мероприятий;

E_n — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

Для расчета годового экономического эффекта от реализации хозяйствами-водопотребителями мероприятий по планомерному снижению удельного водопотребления, повышению КИВ, КПД внутрихозяйственной сети и т.д. можно использовать выражение

$$\mathcal{E}_{\text{с.х.}} = \Delta W \cdot D \frac{P}{100} - \mathcal{Z}_{\text{с.х.}}, \quad (4)$$

где D — эффективность использования оросительной воды в целом по гидромелиоративной системе (чистый доход колхозов или расчетная прибыль совхозов, приходящаяся на единицу объема безвозвратно потребленной оросительной воды); определяется за 3-5 предшествующих лет;
 P — относительная эффективность использования оросительной воды в конкретном хозяйстве, %;
 $\mathcal{Z}_{\text{с.х.}}$ — приведенные затраты на реализацию мероприятий.

Для определения относительной эффективности использования оросительной воды предлагается формула

$$P = \frac{D_t}{D_{\text{с.х.}}} \cdot 100, \quad (5)$$

где D_t — эффективность использования воды в конкретном хозяйстве; определяется по данным текущего года t .

Приведенные затраты на реализацию мероприятий (3 с.х.) можно вычислять по выражению

$$\mathcal{Z}_{\text{с.х.}} = \pm \Delta U_{\text{с.х.}} + E_n \cdot K_{\text{с.х.}}, \quad (6)$$

где $\pm \Delta I_{с.х.}$ — изменение ("+" — увеличение, "-" — уменьшение) себестоимости производства сельскохозяйственной продукции в результате реализации мероприятий;

$K_{с.х.}$ — капитальные вложения в производственные фонды сельскохозяйственных предприятий.

В отдельных случаях, когда величину годового экономического эффекта невозможно определить с достаточной достоверностью, комиссии по водопользованию должно быть предоставлено право премировать конкретных работников водного и сельского хозяйства (исключая руководителей предприятий и их заместителей, главных инженеров и главных специалистов, заведующих отделениями совхозов и бригадиров колхозов) на основании специальных представлений руководителя эксплуатационной водохозяйственной организации. При этом за основу определения размера премий принимается должностной оклад или средняя за год зарплата работников и наличие свободного премиального фонда в распоряжении комиссии по водопользованию.

При наличии в составе представленных в комиссию документов расчета годового экономического эффекта размер премиальных выплат определяется по его величине (см. таблицу).

Т а б л и ц а

Размер премиальных выплат за повышение эффективности использования оросительной воды в зависимости от величины годового эффекта (Э)

Размер годового экономического эффекта, тыс. руб.	Сумма премиальных выплат, тыс. руб.	Значение премий, руб.	
		минимальное	максимальное
До 5,0	5% от Э	-	250
5,1-10,0	3% от Э+100 руб.	250	400
10,1-25,0	2% от Э+200 руб.	400	700
25,1-50,0	1,5% от Э+325 руб.	700	1075
Свыше 50,0	1,0% от Э+575 руб.	1075	-

В составе предъявляемых в комиссию по водопользованию документов на премирование должны быть:

— заверенные руководителями эксплуатационных служб справки, подтверждающие показатели повышения эффективности использования воды и изменения текущих затрат;

— справки финансовых органов о затратах на реализацию мероприятий;

— заверенные выписки из статистической отчетности, подтверждающие выполнение плановых заданий рассматриваемых организаций или их отдельных подразделений;

— обоснованные ходатайства руководителей эксплуатационных водохозяйственных организаций, сельскохозяйственных предприятий или других водопользователей о премировании коллективов или отдельных работников, принимавших участие в реализации мероприятий по повышению эффективности использования воды.

Внедрение системы премирования лучших работников водного и сельского хозяйства создает определенный экономический стимул к более эффективному использованию воды и, в конечном счете, повысит общую эффективность орошаемого земледелия.

Л и т е р а т у р а

1. Правила технической эксплуатации оросительных систем. — М.: ММВХ СССР, МСХ СССР, 1975, 42 с.
2. Устав эксплуатационной службы органов мелиорации и водного хозяйства СССР. — М.: 1971, 15 с.
3. Основы водного законодательства Союза ССР и союзных республик М.: 1971, 30 с.
4. Постановление Совета Министров СССР "О порядке приемки в эксплуатацию законченных оросительных объектов производственного назначения". 22 января 1966г. — В сб.: СП СССР, М., 1966, № 3, с.29.

5. Положение о государственном контроле за использованием и охраной водных ресурсов. 22 июня 1979 г., №17, с.114.
6. Типовое положение о премировании руководящих, инженерно-технических работников и служащих. Постановление Госкомтруда и секретариата ВЦСПС от 29 октября 1970., №405/31, М., 1970.
7. Положение о производстве денежных начетов комитетами народного контроля. Указ Президиума Верховного Совета СССР от 28 августа 1981 г., М.: 1981.
8. Методические указания о порядке привлечения к ответственности лиц, виновных в нарушении водного законодательства. Харьков: ММИВХ СССР, ВНИИВО, 1981.

А.А. Рафиков

(САННИРИ им.В.Д.Журина)

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В ОРОШАЕМОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ

Для дальнейшего развития сельскохозяйственного производства большое значение имеет освоение засушливых районов страны. К их числу относятся Северный и Центральный Казах-

стан, специализирующиеся на производстве животноводческой продукции и зерна на богарных землях, но нуждающиеся в дополнительном искусственном орошении. Эти районы отличаются ограниченностью водных ресурсов.

Согласно данным института экономики при Госплане КазССР, местными водными ресурсами здесь можно оросить только около 250 тыс.га (без учета Павлодарской области) тогда как потенциальные возможности орошения по площади оцениваются в 2,7 млн.га, т.е. площади возможного орошения составляют около 10%. Большие возможности для освоения этих районов Казахстана появятся с осуществлением переброски части стока сибирских рек в бассейн Аральского моря.

Особое внимание на данном этапе уделяется вопросам повышения эффективности использования поливной воды на действующих оросительных системах. В этом плане большой интерес представляет статья "Резервы повышения эффективности"х), Автор рекомендует использовать подвижное орошение, т.е. применять поливы в соответствии со складывающимися условиями естественного увлажнения, отказавшись от проектирования систем орошения по самому засушливому году, который может случиться один раз в 20 лет, что приводит к нерациональному использованию водных ресурсов.

Изучение технологии поливных работ в хозяйствах Северного и Центрального Казахстана подтвердила актуальность затронутых в упомянутой статье вопросов для степных районов Казахстана.

Для анализируемых районов характерна тесная связь технологии орошения с характером увлажнения осадками, их взаимодополняемость. Расчеты показывают, что доля осадков в водопотреблении сельскохозяйственных культур этих районов составляла в различные годы от 20 до 60% и более.

Характер увлажнения осадками и влияние его на осуществление поливных работ изучались нами на примере орошения земель сов-

х) Зузик Д.Т. Резервы повышения эффективности орошения. - Вопросы экономики, 1981, № 8.

хова "Черноярский" Павлодарской области, расположенного в Центральном Казахстане. Как показывают наблюдения, потребная средневзвешенная оросительная норма в 1971-1980 гг. была близка к $6300 \text{ м}^3/\text{га}$, а поливная норма, согласно плану водопользования, не должна была опускаться ниже $300 \text{ м}^3/\text{га}$. В 1971 г. поливная норма овощей в I и II декадах июля достигла $450 \text{ м}^3/\text{га}$, а в III декаде этого же месяца благоприятные естественные условия увлажнения позволили снизить величину нормы полива до $80 \text{ м}^3/\text{га}$, т.е. сэкономить $220 \text{ м}^3/\text{га}$. В следующем году величина поливной нормы в I декаде июля составила 120, в III - $200 \text{ м}^3/\text{га}$. В 1972 и 1973 гг. июль был относительно влагообеспеченным (осадков выпало в размере 20 мм за декаду, а в III декаде 1973 г. - 35 мм), поливная норма не превышала $300 \text{ м}^3/\text{га}$. В последующие годы (1974, 1976, 1977) этот месяц был наиболее засушливым, и поливная норма увеличилась до $450-550 \text{ м}^3/\text{га}$.

Следовательно, многолетняя изменчивость естественных условий влагообеспеченности оказывала влияние на степень обеспеченности поливами сельскохозяйственных культур. Например, в 1971 г. полной нормой (100%) были обеспечены овощи, меньшей - картофель (60 - 80%) и совсем малой (30%) - зерновые. В 1974 г. полной нормой были обеспечены овощи и картофель, все остальные культуры обеспечивались на 50% и более. Поливы, таким образом, как бы регулируют естественное увлажнение.

Осуществление таких регулирующих подивов повысило общую продуктивность земледелия. Урожайность сельскохозяйственных культур в хозяйстве была на уровне проектных показателей и выше; в частности, по овощам продуктивность земель выше проектных показателей на 90 ц/га и более (табл. I).

В сравнении с производством сельскохозяйственных культур на богарных землях этого же хозяйства урожайность трав и зерновых при орошении повысилась в 2-3 раза.

Хозяйство отличается высокими показателями использования трудовых и продуктивностью водных ресурсов. Так, в исследуемые годы трудовые затраты в хозяйстве составили 51,2 чел.-дн/га, а продуктивность воды - $20,5 \text{ коп}/\text{м}^3$. Для сравнения:

Т а б л и ц а I

Урожайность сельскохозяйственных культур в совхозе "Черноярский" в среднем за период 1969-1980 гг., ц/га

Культура	Средняя по хозяйству	Средняя в передовых бригадах	Проектная	На богарных землях
Картофель	111,0	120-150	150	-
Овощи	220,0	290-320	200	-
Травы	17,6	22-30	60	10
Кукуруза на силос	134,8	210-230	400	80-100
Зерновые	6,70	8-12	30	2-4

в совхозах, расположенных в подобных условиях в зоне канала Иртыш-Караганда (Березняки, им. Кирова, "Ленинский", "Трудовой") затраты труда составили 56...69,4 чел.-дн/га, продуктивность поливной воды - $11,2...17,2 \text{ коп}/\text{м}^3$. В существующих условиях величина P_0 в совхозе "Черноярский" составляет около 50%. Расчеты по оценке технико-экономических показателей сельскохозяйственного производства (табл. 2) при снижении расчетной величины P_0 с 95 до 50% показывают, что коэффициент использования воды (КИВ) за многолетний период изменился с 0,62 до 0,85, валовая продукция увеличилась на 1091,1 тыс.руб., эксплуатационные издержки - на 1000 тыс.руб., продуктивность воды по прибыли повысилась с 0,013 до 0,022 руб./ м^3 . При этом возделываемая площадь увеличилась на 1871 га (с 2292 до 4163).

Следовательно, необходимо совершенствование технологических принципов полива, неразрывно связанных с методами проектирования оросительных систем.

На существующих оросительных системах мощность (орошаемая площадь) назначалась в соответствии с нормативной величиной расчетной обеспеченности по водопотреблению, равной 75 или 95%, которая обычно не обосновывалась технико-эконо-

Т а б л и ц а 2

Изменение расчетных показателей сельскохозяйственного производства на землях совхоза "Черноярский" при изменении расчетной величины обеспеченности оросительной системы

Расчетная обеспеченность орошения $P_o, \%$	Площадь орошения, га	Используемая вода, тыс. м ³	Коэффициент использования воды	Увеличение валовой продукции, тыс. руб.	Увеличение эксплуатационных издержек, тыс. руб.	Отношение прироста к использованной воде, руб./м ³
95	2292	8920	0,62	0	0	0,013
90	2432	9620	0,67	150,1	118,0	0,015
75	3025	10820	0,75	502,1	435,0	0,017
50	4163	12180	0,85	1091,1	1000,0	0,022
25	7380	13370	0,93	2007,1	1940,0	0,016
10	10612	13920	0,97	3602,1	4345,0	0,024

мическими расчетами. Между тем, выбор поливной площади применительно к условиям острозасушливого года ($P_o = 95\%$) ограничивает потенциальные возможности орошаемого земледелия и не позволяет варьировать поливами в соответствии со складывающимися условиями естественного увлажнения, так как для анализируемых районов характерно возникновение острозасушливых лет только в 2-3 года из десяти, а в остальные годы потребная величина оросительной нормы снижается на 60...80%. Для выбора оптимальной величины P_o необходимо оценить работу оросительной системы в течение многолетнего периода эксплуатации при различных вариантах расчетной величины P_o .

В соответствии с рассмотренными условиями орошения нами рекомендуется следующий порядок расчета оптимальной величины P_o :

I. Составляется ранжированный ряд средневзвешенных норм орошения за многолетний период (не менее 30 лет) и вычисляются соответствующие каждому члену ряда величины обеспеченности P_o .

2. По количеству вычисленных P_o принимается число вариантов систем орошения, по которым производится оценка сельскохозяйственного производства в течение многолетнего периода эксплуатации оросительной системы.

3. В соответствии с составом севооборота и нормой полива ежегодно в течение многолетнего периода оценивается максимальная величина водопотребления на системе орошения;

4. При дефиците влагообеспеченности ($P_o^{год} > P_o$) распределение оросительной воды производится в соответствии с критическими фазами и ценностью сельскохозяйственных культур. В результате определяется фактическое и возможное водопотребление каждой культуры.

5. По существующим методикам расчета проектной урожайности в зависимости от водораспределения (Г.И. Мечитова, П.А. Гончаренко и др.) устанавливается прогнозная урожайность сельскохозяйственных культур за все годы работы системы.

6. Рассчитываются экономические показатели работы системы орошения (себестоимость, капиталовложения и др.) для определения приведенных затрат ($З_{пр}$) и выбора оптимальной величины P_o по принятому критерию:

$$З_{пр} = C + E_n K + C_{хр} + E_n K_{хр},$$

где $З_{пр}$ — приведенные затраты в орошаемом земледелии и на хранение продукции;

$C, C_{хр}$ — соответственно себестоимость сельскохозяйственной продукции орошаемого земледелия при производстве и при хранении;

$K, K_{хр}$ — соответственно капитальные вложения в производство сельскохозяйственной продукции и ее хранение;

E_n — нормативный коэффициент эффективности, равен 0,12.

Предлагаемый порядок расчета был положен в основу оценки выбора оптимальной величины P_o для предполагаемого орошения в зоне влияния проектируемого канала переброски части стока сибирских рек в бассейн Аральского моря на территории КазССР. В результате расчета получены значения P_o

для зоны орошения Актыбинской, Аркалыкской и Кызылординской областей (табл.3). Для двух первых областей, расположенных в Центральной части Казахстана, оптимальная величина P_0 составила 70%, для третьей области, расположенной в южной части Казахстана, она оказалась равной 90% (рисунок).

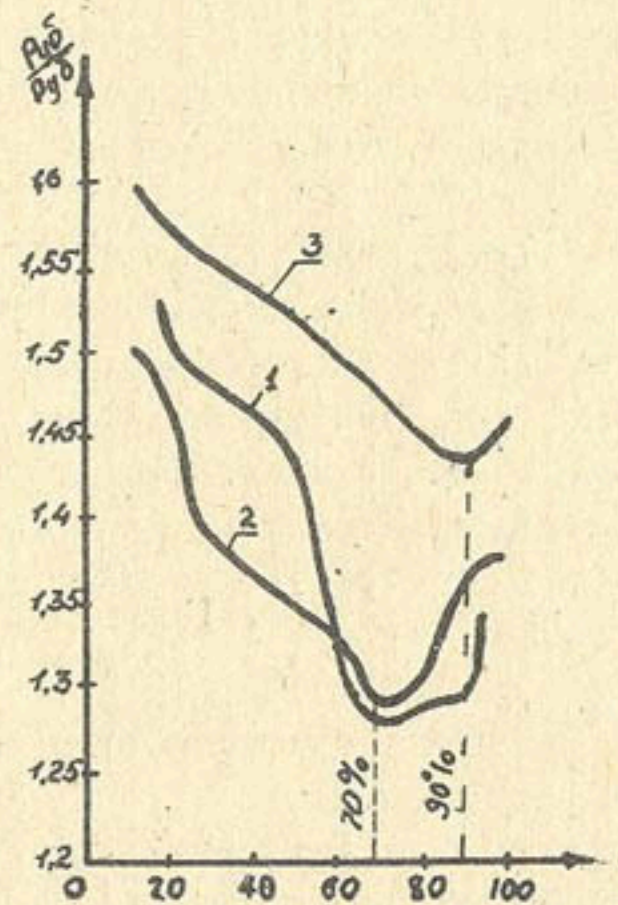


Рис.1. Выбор оптимальной величины P_0 (ордината — отношение приведенных затрат к стоимости продукции, абсцисса — расчетная обеспеченность орошения P_0):

- 1 — Актыбинская область;
- 2 — Аркалыкская;
- 3 — Кызылординская.

Таблица 3

Расчетные варианты выбора оптимальной величины P_0 по схеме орошения из Актыбинского канала

Показатели	Ед. измерения	Варианты расчета									
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
		Расчетная обеспеченность орошения, $P_0\%$									
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
Орошаемая площадь	тыс. га	4342	2966	2725	2652	2464	2286	2194	1998	1917	1711
Норма орошения	м ³ /га	1570	2780	2840	2910	3140	3370	3510	3880	3970	4520
Урожайность сельскохозяйственных культур:	ц/га										
зерновые	"	21,6	30,6	31,3	31,4	31,9	32,1	32,2	32,4	32,5	32,6
кукуруза на силос	"	239	274	276	277	282	323	327	329	333	338
многолетние травы	"	80,7	87,7	94,2	96,2	101	103	104	107	107,8	108,2
овощи	"	155	162,7	164	164,9	165	182,4	190	192,5	193	200

Технико-экономические показатели по оптимальному варианту и по варианту при $P_o=95\%$ приведены в табл.4. Расчеты показывают, что при снижении величины P_o до 70% среднегодовалая урожайность сельскохозяйственных культур на всей поливной площади снижается на 3-8%, капвложения и затраты увеличиваются на 4-6%. Однако за счет полива дополнительной площади, которая увеличилась на 15-20%, количество продукции и полезно используемой воды увеличилось на 20-30%.

Т а б л и ц а 4

Результаты расчета оптимальной величины обеспеченности $P_o\%$ систем орошения Актобинского канала

Показатели	Ед. измерения	Варианты расчета	
		оптимальный	сравнимый
Орошаемая площадь	тыс. га	2194,1	1711,4
Оросительная норма (M_{op})	м ³ /га	3510	4520
Коэффициент использования воды (КИВ)		0,422	0,343
Количество поданной воды	млн. м ³	14340	14340
То же, использованной	"	6038	4914
Среднегодовая урожайность:	ц/га		
зерновые	"	32,2	32,6
кукуруза на силос	"	327	338
многолетние травы	"	104	108,2
овощи	"	190,3	200
Количество продукции по стоимости	млн. руб.	1551	1202,9
Издержки производства сельскохозяйственной продукции (С)	"	778,4	690,5
Капвложения в орошение (К)	"	9939,9	8914,1
Издержки хранения продукции (С _{хр})	"	38,5	10,1
Капвложения в мероприятия по хранению (К _{хр})	"	1695,9	610,0

Продолж. табл. 4

(К + К _{хр}) x 0,1	млн. руб.	1163,6	653,4
Приведенные затраты, З _{пр}	руб./га	907	965
То же, к стоимости продукции	руб/га	1,28	1,34

В ы в о д ы

1. При планировании и проектировании оросительных мероприятий необходимо произвести обоснованный выбор величины расчетной обеспеченности орошения P_o .

2. В зонах неустойчивого орошения следует предусматривать дифференцированное распределение воды между сельскохозяйственными культурами и поливными участками в соответствии с естественными условиями увлажнения.

3. В орошаемых районах Северного и Центрального Казахстана при проектировании расчетную величину оросительных систем P_o рекомендуется принимать равной 70%.

Снижение расчетной величины P_o оросительных систем с 95 до 70% позволит увеличить поливную площадь на 20-30%, продукцию сельского хозяйства - на 20 и улучшить использование дефицитных водных ресурсов на 22%.

I. В.А.Д у х о в н ы й - Эксплуатация оросительных систем (тенденции, задачи, пути совершенствования).....	3
2.А.В.Б о ч а р и н , Т.И. Г о л у б е в а - Расчетный метод установления КПД внутрихозяйственной оросительной сети....	21
3.А.В.Б о ч а р и н - Оперативная корректировка графиков головных водозаборов на источнике орошения с каскадом водохранилищ сезонного регулирования	31
4.Р.А.У с м а н о в , С.А.П о л и н о в , А.М.Я х ъ я б а е в - Оценка водообеспеченности КМК в условиях действия технологических ограничений по водозабору	45
5.Н.П.М а р к и н - Эксплуатационный режим работы ирригационных отстойников с гидропромывом	53
6.А.В.Х о х л о в - Режимы эксплуатации Джизакской головной насосной станции, вызывающие аварийно-опасные вибрации агрегатов и борьба с ними	65
7.А.В.Х о х л о в , О.Е.Л е г е ц к и й - Выбор энергетики наиболее выгодных режимов эксплуатации Джизакской головной насосной станции	76
8.С.Д.П а к , К.К.А д ы л о в , А.А.А б д у г а ф у р о в - Опыт временной эксплуатации строящегося Паркентского магистрального канала	81
9.С.Д.П а к , В.И.Д и н е р ш т е й н , Ф.Х.У р м а н о в - Механизация очистки каналов от растительности	85
10.А.Г.Е р е м е н к о в , Ф.Х. М а х м у д о в - Измерение рабочих колес осевых насосов	90
11.Г.Б.Д а в т я н - Исследование режущих элементов рыхлителя грунтозаборных устройств мелиоративных земснарядов	94
12.Ф.Ф.Б е г л о в , А.А.Р а х и м о в - К вопросу очистки смотровых колодцев закрытых дрен	105
13.У.Ю.П у л а т о в , Р.М.Д а в л я к а н о в , Т.Н.Н а р а л и е в - К расчету потребности механизаторов для производства эксплуатационных работ на оросительных системах	111
14.У.Ю.П у л а т о в - К классификации планировочных работ	118
15.А.Д.Д а б ы л о в - Определение объемов очистных работ на рисовых оросительных системах	122

16.В.Н.М а ш к о в - Расчет переходного процесса при внезапном отключении насосных агрегатов	125
17.А.Г.Е р е м е н к о в - О построении энергетических характеристик регулирования подачи центробежных насосов оросительных насосных станций	137
18.А.А.К у з ъ м е н к о , В.Т.Н а с ы р о в - Исследования показателей надежности погружных электронасосов на скважинах вертикального дренажа	146
19.У.И.Х у с а н х о д ж а е в - О расчетной формуле расходомерного порога с продольным трапецидальным вырезом	154
20.В.А.К о в а л е в - О просадках лотковых каналов	163
21.А.А.Б р а р х о д ж а е в , Э.Н.А ф а н а с ъ е в - Опыт упрочения обратной засыпки закрытых горизонтальных дрен комбинированной замочкой	170
22.С.А.П е ч а т к и н - Повышение эффективности использования воды на основе применения стимулирующих принципов ...	176
23.А.А.Р а ф и к о в - Повышение эффективности использования водных ресурсов в орошаемом земледелии	184

РЕФЕРАТЫ

к сборнику научных трудов, вып. I71

(Эксплуатация гидромелиоративных систем и ремонтно-эксплуатационные работы)

УДК 626.8

Эксплуатация оросительных систем (тенденции, задачи, пути совершенствования). Духовный В.А.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1984, вып. I71.

В статье в свете решений майского (1966г.) Пленума ЦК КПСС анализируются особенности эксплуатации мелиоративных систем. Рассматриваются задачи и конкретные пути совершенствования эксплуатации оросительных систем на перспективу.

Табл.2, иллюстр.2.

УДК 626.8

Расчетный метод установления КПД внутрихозяйственной оросительной сети. Бочарин А.В., Голубева Т.И.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1984, вып. I71.

Обосновывается упрощенный метод расчета КПД внутрихозяйственной оросительной сети, в основу которого положены существующие предположения по установлению удельных потерь воды, схематизированное представление по изменению расходов различных звеньев оросительной сети и логические предпосылки по учету работающей длины каналов и числа хозяйственных отводов.

Расчетные зависимости построены с учетом информации, применяемой при планировании и анализе использования воды на оросительных системах. Рекомендуются метод может быть использован при составлении хозяйственных планов водопользования и оценки эффективности переустройства, когда отсутствуют другие достаточно обоснованные данные.

Табл. I, иллюстр.2, библи.5.

УДК 626.8

Оперативная корректировка графиков головных водозаборов на источнике орошения с каскадом водохранилищ сезонного регулирования. Бочарин А.В.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1984, вып. I71.

Разработана методика регулирования режима работы системы водохранилищ на источнике орошения, учитывающая различия в требованиях отдельных отраслей народного хозяйства к обеспеченности их водными ресурсами.

Методика позволяет рационально использовать имеющиеся емкости водохранилищ в целях обеспечения минимума народнохозяйственного ущерба от дефицита прогнозных водных ресурсов.

Рекомендуется для использования водохозяйственными органами, осуществляющими распределение водных ресурсов на источниках орошения.

Библи.7.

УДК 626.8

Оценка водообеспеченности КМК в условиях действия технологических ограничений по водозабору. Усманов Р.А., Полинов С.А., Яхьябаев А.М.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1984, I71.

В статье рассматриваются факторы, определяющие величину водозабора в КМК, приводятся результаты анализа основных из них, в том числе кавитационных характеристик насосов (ОПШ-260), водохозяйственной обстановки в Амударье в створе водозабора. Даются расчеты величины дефицита по водозабору в КМК при 90%-ной обеспеченности, составляющие почти 20% от планового.

Табл. I, иллюстр.3.

УДК 626.8

Эксплуатационный режим работы ирригационных отстойников с гидропромывом. Маркин Н.П.
Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1984, вып. I7I.

В статье изложены результаты натурных исследований по изучению режима работы ирригационных отстойников с гидропромывом как при отстое наносов, так и при гидравлическом смыве отложений. Предлагаются методика расчета гидравлического промыва, а также графики зависимостей, облегчающие расчет. Даны рекомендации по улучшению эксплуатации ирригационных отстойников.

Табл.3, иллюстр.3, библи.7.

УДК 626.8

Режимы эксплуатации Джизакской головной насосной станции, вызывающие аварийно-опасные вибрации агрегатов, и борьба с ними. Хохлов А.В.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1984, вып. I7I.

Рассматриваются режимы работы насосных агрегатов Джизакской головной насосной станции, связанные с их внезапным отключением. Приводится методика расчета переходных процессов и сопоставление расчетов с результатами натурных испытаний на ДГНС.

Предлагается технологический процесс закрытия дисковых затворов у отключенных агрегатов, способный значительно уменьшить вибрацию основного агрегата.

Табл.3, иллюстр.4, библи.7.

УДК 626.8

Выбор энергетически наиболее выгодных режимов эксплуатации Джизакской головной насосной станции. Хохлов А.В., Легецкий О.Е.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1984, вып. I7I.

Приводится методика выбора экономически наиболее выгодных режимов эксплуатации Джизакской головной насосной станции. Показано влияние изменения КПД насосов и трубопровода на среднеэксплуатационный КПД насосной станции. Даются рекомендации по поддержанию экономичных режимов на ДГНС.

Табл. I, иллюстр. I.

УДК 626.8

Опыт временной эксплуатации строящегося Паркентского магистрального канала. Пак С.Д., Адылов К.К., Абдугафуров А.А.
Сборник научных трудов. Ташкент, САНИИРИ, 1984, вып. I7I.

Изложен опыт строительства канала в насыпи, возведенный из сухого грунта пионерным способом, позволяющим вводить канал во временную эксплуатацию последовательно, в процессе его строительства.

УДК 626.8

Механизация очистки каналов от растительности. Пак С.Д., Динерштейн В.И., Урманов Ф.Х.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1984, вып. I7I.

В статье изложены результаты исследований работы образца косилки на окашивании откосов каналов глубиной до 6 м.

Табл. I.

УДК 626.8

Измерение рабочих колес осевых насосов. Еременков А.Г.,
Махмудов Ф.Х.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1984, вып. I7I.

В статье описывается устройство, предназначенное для контроля геометрической формы лопастей и их расположения на втулке рабочего колеса осевого насоса, приведены результаты измерения рабочих колес, указаны причины возникновения отклонений.

Табл. I, илюстр. I, библи. 6.

УДК 626.8

Исследование режущих элементов рыхлителя грунтозаборных устройств мелиоративных земснарядов. Давтян Г.Б.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1984, вып. I7I.

Приведены результаты исследований работы моделей грунтозаборных устройств, на основе которых разработаны конструктивные схемы рыхлителя и нового рабочего органа мелиоративных землесосных снарядов.

Табл. I, илюстр. I.

УДК 626.8

К вопросу очистки смотровых колодцев закрытых дрен.
Беглов Ф.Ф., Рахимов А.А.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1984, вып. I7I.

Рассматриваются способы очистки смотровых колодцев закрытых горизонтальных дрен. Дается краткое описание опытных образцов машин для очистки колодцев. Излагается новый промышленный способ очистки, разработанный в САНИИРИ.

Табл. I, илюстр. 2.

УДК 626.8

К расчету потребности механизаторов для производства эксплуатационных работ на оросительных системах. Пулатов У.Ю.,
Давляканов Р.М., Наралиев Т.Н.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1984, вып. I7I.

Приведены формулы и пример расчета требуемого числа механизаторов для производства эксплуатационных работ на оросительных системах Узбекистана.

Табл. I, библи. 4.

УДК 626.8

К классификации планировочных работ. Пулатов У.Ю.

В статье даны рекомендации по классификации планировочных работ по удельному объему; приведены значения по точности выполнения работ.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1984, вып. I7I.

Табл. I.

УДК 626.8

Определение объемов очистных работ на рисовых оросительных системах. Дабылов А.Д.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1984, вып. I7I.

В результате обработки материалов исследований по внутрихозяйственной оросительной сети Каракалпакской АССР получены уравнения, описывающие процессы заиления и зарастания каналов.

Обоснованные уравнения могут быть использованы не только для рисовых оросительных систем ККАССР. При переходе к другим системам достаточно лишь осуществить настройку модели по параметрам A_i .

Библи. 3.

УДК 626.8

Расчет переходного процесса при внезапном отключении насосных агрегатов. Машков В.Н.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1984, вып. I7I.

В статье изложена методика расчета переходного процесса в гидромеханическом оборудовании насосной станции при внезапном отключении части работающих насосов, использующая четырехквadrантные характеристики насосов.

Предложены способы определения оптимальных режимов работы дисковых затворов с помощью расчетов на ЭВМ.

Табл. I, иллюстр. 3, библи. 3.

УДК 626.8

О построении энергетических характеристик регулирования подачи центробежных насосов оросительных насосных станций.

Еременков А.Г.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1984, вып. I7I.

В статье приводится сравнение затрат мощности при параллельном и последовательном регулировании подачи насоса дросселированием в зависимости от формы кривой мощности. Описываются методы определения КПД и мощности насосного агрегата при регулировании подачи дросселированием, шириной рабочего колеса и изменением частоты вращения с помощью электродвигателя с фазным ротором, а также тиристорного преобразователя частоты.

Иллюстр. 4, библи. 4.

УДК 626.8

Исследования показателей надежности погружных электронасосов на скважинах вертикального дренажа. Кузьменко А.А., Насыров В.Т.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1984, вып. I7I.

В статье рассматриваются пути повышения эффективности работы установок вертикального дренажа. Делается попытка определить степень снижения эксплуатационных параметров скважинных электронасосов.

Табл. 2, иллюстр. 2, библи. 2.

УДК 626.8

О расчетной формуле расходомерного порога с продольным трапецеидальным вырезом. Хусанходжаев У.И.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1984, вып. I7I.

В статье на основании теоретических и экспериментальных исследований приводится уточненная расчетная формула для определения расхода воды, протекающей через расходомерный порог с продольным трапецеидальным вырезом. Сравнение расходов воды, вычисленных по уточненной формуле, и данных модельных исследований показывает, что максимальная относительная погрешность не превышает $\pm 5\%$.

Табл. 2, иллюстр. 3, библи. 3.

УДК 626.8

О просадках лотковых каналов. Ковалев В.А.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1984, вып. I7I.

В статье изложены факты просадочных явлений при строительстве лотковых оросителей. Даны рекомендации по улучшению подготовки основания при их строительстве.

Табл. 2, библи. 7.

УДК 626.8

Опыт упрочения обратной засыпки закрытых горизонтальных дрен комбинированной замочкой. Аббарходжаев А., Афанасьев Э.Н. Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1984, вып. I7I.

Рассмотрены методы защиты закрытых горизонтальных дрен от ирригационной эрозии в зоне орошения. Приведены результаты применения способа уплотнения грунта обратной засыпки комбинированной замочкой и рекомендовано его выполнение в сочетании с тупиковым методом строительства дрен, разработанным Средазгипроводхлопком.

Табл. I, иллюстр. 3.

УДК 626.8

Повышение эффективности использования воды на основе применения стимулирующих принципов. Печаткин С.А.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1984, вып. I7I.

Предлагается система премиальных выплат лучшим работникам водного и сельского хозяйства, обеспечивающим более эффективное использование воды на гидромелиоративных системах и в хозяйствах-водопотребителях.

Приведены расчетные формулы определения эффекта от реализации с этой целью водохозяйственных мероприятий и примерный размер премиальных выплат.

Табл. I, биол. 8.

УДК 626.8

Повышение эффективности использования водных ресурсов в орошаемом земледелии. Рафиков А.А.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1984, вып. I7I.

В статье рассмотрены мероприятия по повышению эффективности использования поливной воды. Предлагается применение дифференцированных норм орошения в зависимости от стадии развития сельскохозяйственных культур, их ценности и ряда других факторов. Приводится методика расчета выбора оптимальной величины расчетной обеспеченности орошения.

Табл. 4, иллюстр. I.

Св. план, 1984, поз.2

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ И РЕМОНТНО-
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ РАБОТЫ

Редакторы: А.С. Меркина, Е.Я. Ялфимова

Р-03627 Подписано в печать 13.XII.84 г.

Тираж 400 экз. Формат 60x90 1/16 Бумага № 3

Уч.-изд.л.7,0 Заказ № 1361

Цена 80 коп.

Картфабрика ин-та "Узгипрозем"

Ташкент, Муками, 176