

МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО
ХОЗЯЙСТВА СССР

Ордена Трудового Красного Знамени
Среднеазиатский научно-исследовательский
институт ирригации им. В. Д. Журина
„САНИИРИ“

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

ВЫПУСК 142

Обводнение, сельскохозяйственное водоснабжение

Часть I

Ташкент—1974

В сборнике даются рекомендации по системам технического водоснабжения, обосновывается целесообразность насосной установки для вертикального дренажа, приводятся данные по качеству воды отдельных водохранилищ Узбекистана и определяется возможность использования ее для различных отраслей народного хозяйства, показаны годовые потери стока реки Амударьи на испарение в среднем за многолетний период.

Сборник предназначен для специалистов, работающих в области проектирования и эксплуатации объектов водоснабжения и обводнения.

Редакционная коллегия

В.А.Духовный (отв.ред.САНИИРИ), Абдужабаров А.А.,
Алимов Р.А., Аскарлов Х.А., Белоцерковский К.И.,
Валентини Г.Г., Горошков И.И., Заиров Х.И., Кеберле С.И.,
Карешев Х.С. (КазНИИВХ), Лактаев Н.Т., Мухамедов А.М.,
Пулатов У.Ю., Хамадов И.Б., Якубов Х.И.

С

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

"САНИИРИ", 1974

В.Н. МАШКОВ
канд. техн. наук, зав. лабораторией
Р.А. УСМАНОВ
канд. техн. наук, ст. научн. сотр.
(САНИИРИ им. В.Д. Журина)

АНАЛИЗ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ
СМАЗКИ ПОДШИПНИКОВ НАСОСОВ ОПЮ-260 НА КАСКАДЕ
НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ КМК

Каскад Каршинских насосных станций в отечественной практике представляет собой уникальный комплекс сооружений как по мощности и подаче насосных агрегатов, так и по их количеству. Надежность работы каскада Каршинских насосных станций в значительной степени предопределяется работоспособностью насосов.

Особого внимания заслуживают узлы направляющих подшипников насоса, поскольку анализ работы существующих систем технического водоснабжения подшипников показал недостаточное совершенство проектных схем последних.

Фактическая схема системы технического водоснабжения подшипников Каршинских насосных станций представляет собой следующее. Для каждого насоса ОПЮ-260 смонтирована система трубопроводов с индивидуальным вспомогательным насосом технического водоснабжения 2К-6, питающаяся из общей магистрали осветленной водой. Идущая от насоса напорная линия разветвляется на две нитки, одна из которых подводит воду к верхнему подшипнику, другая - к нижнему. Смазочная вода попадает в верхнюю полость подшипников, откуда часть ее уходит через верхние уплотнения, а другая часть (рабочая), пройдя подшипник и нижнее уплотнение его, удаляется в проточную часть насоса.

Таким образом, схема технического водоснабжения может быть представлена в виде насоса (подтопленного), работающего на сеть с четырьмя параллельно включенными точками раздачи расхода. При этом две из них должны иметь опреде-

ленный расход, обеспечивающий охлаждение подшипников, а другие две — минимальный, необходимый для охлаждения трущихся поверхностей уплотнений.

Нормальная работа подшипниковых узлов требует, в основном, выполнения двух условий: 1) прохождения через подшипник такого количества воды, которое обеспечивало бы нормальное охлаждение трущихся пар; 2) отсутствия в смазочной воде абразивных частиц.

Значительные трудности, препятствующие правильно-му расчету принятой гидравлической схемы (параллельное включение подшипников), возникают вследствие того, что истечение в указанных точках раздачи происходит в полости с разным давлением, величина которого с достаточной достоверностью определяется лишь натурными испытаниями.

По предварительным подсчетам, когда разность давлений в местах истечения представлялась, как разность сумм геометрических высот подъема (гидростатическое давление) и скоростного напора, для нижнего подшипника давление над верхним уплотнением на 4 м вод.ст. больше, чем под нижним уплотнением. Измерения на работающем насосе показали, что разница давлений составляет до 15 м вод.ст. при подаче насоса $37 \text{ м}^3/\text{с}$.

В образовании перепада давлений между полостями над и под нижним подшипником участвуют изменение скоростного напора потока,

ажентирующие воздействие потока воды на щель между рабочим колесом и направляющим аппаратом, а также на щели в обтекатель выправляющего аппарата центробежный эффект от вращения жидкости в полости между рабочим колесом и направляющим аппаратом и другие факторы, связанные с особенностями прохождения потока через полость насоса.

Первые два фактора, по ориентировочным расчетам, создающие около половины ($\sim 6-7$ м вод.ст.) перепада давления, пропорциональны квадрату скорости протекания воды в насосе; третий фактор, создающий значительную часть ($\sim 3 - 5,6$ м вод.ст.) второй половины общего перепада давления, пропорционален квадрату числа оборотов насоса.

При отключении основного насоса и последующей его работе в турбинном режиме число оборотов и расход воды через насос будут значительно больше, чем при его нормальной работе. Число оборотов насоса и расход воды через него будут зависеть от угла установки лопастей рабочих колес. Если предположить, что число оборотов насоса при обратном вращении возрастет в 1,5 раза и во столько же раз увеличится расход через него, то перепад давления над и под нижним подшипником может быть больше, чем при нормальной работе насоса. Увеличение перепада за счет трех факторов ориентировочно будет равно

$$\Delta H_{об} = 0,5 \Delta H \frac{v_{об}^2}{v^2} + 0,25 \Delta H \frac{Q_{об}^2}{Q^2} \approx 1,7 \Delta H.$$

Перепад давления при обратном вращении насоса увеличивается в основном за счет снижения его в полости под подшипником. Давление над подшипником остается, примерно, на том же уровне, что и при нормальной работе насоса.

Таким образом, при обратном токе воды через насос необходимое абсолютное давление в камере нижнего подшипника остается, примерно, на том же уровне, тогда как расход через подшипник увеличится приблизительно в 1,7 раза. Резкое увеличение расхода через подшипник ведет к снижению напора, развиваемого насосом техводоснабжения и увеличению потери напора в подводящей ветви, в результате чего давление в камере перед подшипником уменьшается и может оказаться ниже, чем над верхним уплотнением. Тогда в подшипник будет поступать перекачиваемая вода.

Подобная картина может возникнуть и при нормальной эксплуатации насоса, когда 1) насос работает при режимах повышенных подач; 2) износилось верхнее уплотнение верхнего подшипника; 3) некачественно смонтировано какое-нибудь из нижних уплотнений подшипников; 4) по какой-либо причине увеличились сопротивления подводящих ветвей трубопровода.

Как показывает внешний осмотр работающих агрегатов на насосных станциях КМК (величины давлений на подводящих ветвях техводоснабжения), а также расхода воды, сбрасываемой в дренаж из верхнего подшипника, и др.), в системах смазки эксплуатируемых насосов одновременно отмечаются все перечисленные факторы.

Проведены специальные исследования для количественного анализа влияния отдельных элементов системы смазки подшипников на снижение их работоспособности.

Во вкладышах подшипников насосных агрегатов имеются два продольных паза, по которым вода имеет возможность протекать из верхней части в нижнюю, т.е. подшипник, как гидравлическое сопротивление, может быть условно представлен в виде двух параллельно работающих водоводов. Первый — это кольцевой зазор между валом и вкладышем; второй — два продольных паза. Причем, если гидравлическая характеристика кольцевого зазора в значительной степени зависит от степени износа подшипника, то гидравлическая характеристика пазов в процессе эксплуатации подшипника практически не изменяется.

Ввиду того, что сопротивление движению жидкости в пазах значительно меньше, чем через кольцевой зазор (площадь сечения пазов в 4-5 раз больше площади щели), сопротивление подшипника определяется в основном гидравлической характеристикой пазов (рис. I). Во избежание влияния пульсации давления в камере над подшипником на работу верхнего уплотнения подшипника минимальный (гарантированный) перепад давления в верхнем уплотнении должен быть, по-видимому, не меньше 3 м.

Наибольший перепад давления над и под подшипником отмечается при максимальной подаче насоса: при $Q = 40 \text{ м}^3/\text{с}$ $\Delta H = 17,1 \text{ м}$. Поэтому гидравлическое сопротивление подшипника и нижнего уплотнения не должно быть меньше 20 м вод.ст. при нормальном расходе воды.

Основным элементом предотвращающим попадание перекачиваемой воды в подшипник, является нижнее уплотнение, которое должно иметь определенную гидравлическую характеристику, изменяющуюся в процессе эксплуатации в весьма узких пределах.

По конструкции нижнее уплотнение мало приспособлено для регулирования сопротивления и тем более для поддержания постоянного сопротивления при эксплуатации, т.е. при износе трущихся поверхностей.

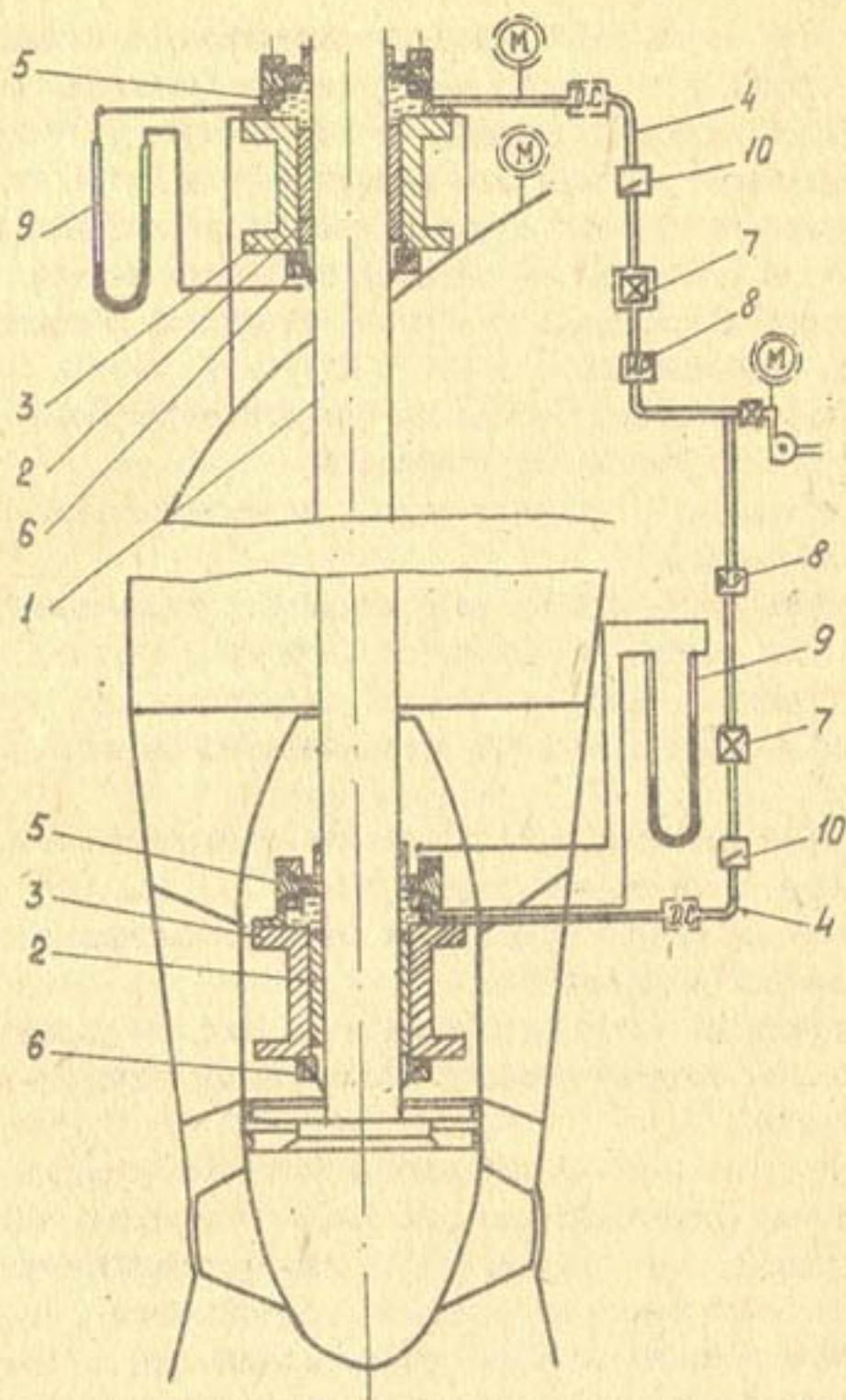


Рис. I. Принципиальная схема существующего техводоснабжения подшипников насоса ОП10-260: 1 - вал насоса; 2 - вкладыш подшипника; 3 - его корпус; 4 - труба для подачи технической воды; 5 - верхнее уплотнение; 6 - нижнее уплотнение; 7 - дроссельное устройство; 8 - измеритель расхода; 9 - дифманометр; 10 - обратный клапан; DC - датчик струи.
Примечание: имеющиеся на станции приборы и устройства обведены пунктиром.

Критерием нормальной работы подшипникового узла при его существующей конструкции может служить разность давлений в приемной камере подшипника и над верхним уплотнением, которая может контролироваться дифманометром.

При существующей конструкции нижнего подшипника нормальная работа его целиком зависит от работы нижнего уплотнения, которое должно удовлетворять следующим основным техническим требованиям:

- 1) Возможность регулирования его для обеспечения требуемого гидравлического сопротивления;
- 2) Стабильность гидравлической характеристики в процессе эксплуатации.

К сожалению, ни одному из приведенных требований существующее уплотнение не отвечает. По данным анализа гидравлической схемы техводоснабжения, существуют три основных пути предотвращения попадания перекачиваемой воды в подшипник:

1. Разработка конструкции нижнего уплотнения, отвечающего основным техническим требованиям.
2. Снижение перепада давления между полостями насоса над и под нижним подшипником.
3. Ликвидация верхнего уплотнения нижнего подшипника путем установки соединительного кожуха между верхним и нижним подшипником.

Конструктивная схема верхнего подшипника насосных агрегатов Каршинских насосных станций аналогична схеме нижнего. Основное отличие его - наличие постоянного положительного перепада давлений между полостью под подшипником и над ним (атмосферой), а также возможность регулирования верхнего уплотнения во время работы насоса и смены его при остановке насоса без осушения всасывающей трубы.

Для обеспечения нормальной работы верхнего подшипника необходимо, чтобы давление в водоприемной камере было больше, чем под нижним уплотнением (в полости насоса); через нижнее уплотнение при этом проходит расход технической воды, достаточный для охлаждения подшипника. Расход через верхнее уплотнение так же, как и расход технической воды, поданной к подшипнику, легко измеряется; поэтому для

обеспечения минимального расхода технической воды необходимо поддерживать лишь их разницу, которая должна быть не меньше расхода, необходимого для охлаждения подшипника. При этом давление перед дроссельным устройством на трубопроводе, ведущем к подшипнику, должно быть не меньше максимального, могущего возникнуть при работе насоса.

Для экономии технической воды нижнее уплотнение можно сделать двойным и подшипник оборудовать сливной трубой. При оснащении насосного агрегата соединительным кожухом условия работы верхнего подшипника не изменяются.

Натурная гидравлическая характеристика системы технического водоснабжения подшипников агрегата №2 насосной станции №2

Для получения гидравлической характеристики системы использованы данные натурных измерений сопротивлений ее элементов. Режим работы насоса задан, т.е. определены давления в полостях "И", "З" и "К", а также известна величина подтопления насоса 2КМ-6 и его характеристика $Q-H$ (рис.2).

Суммарная характеристика системы выявляется путем сложения (параллельное соединение) суммарных характеристик ветвей верхнего и нижнего подшипников. Точка пересечения суммарной характеристики системы с характеристикой насоса 2КМ-6 (с учетом потерь напора на участке 0 - А) дает рабочий режим системы.

Суммарная характеристика ветви (например, верхнего подшипника) определяется путем сложения сначала характеристики подшипника (с нижним уплотнением) с таковой верхнего уплотнения (параллельное соединение), а затем с характеристикой трубопровода А-С (последовательное соединение).

На рис.2 приведена сама построения характеристик системы, которые соответствуют данным опыта 34, когда насос работал в обычном режиме: угол установки лопастей рабочего колеса составлял 30° ; подача — $37 \text{ м}^3/\text{с}$; геометрическая высота подъема — 23,7 м. Величины давлений в узловых точках системы и полостях насоса даны уровнями в пьезометрах. Все

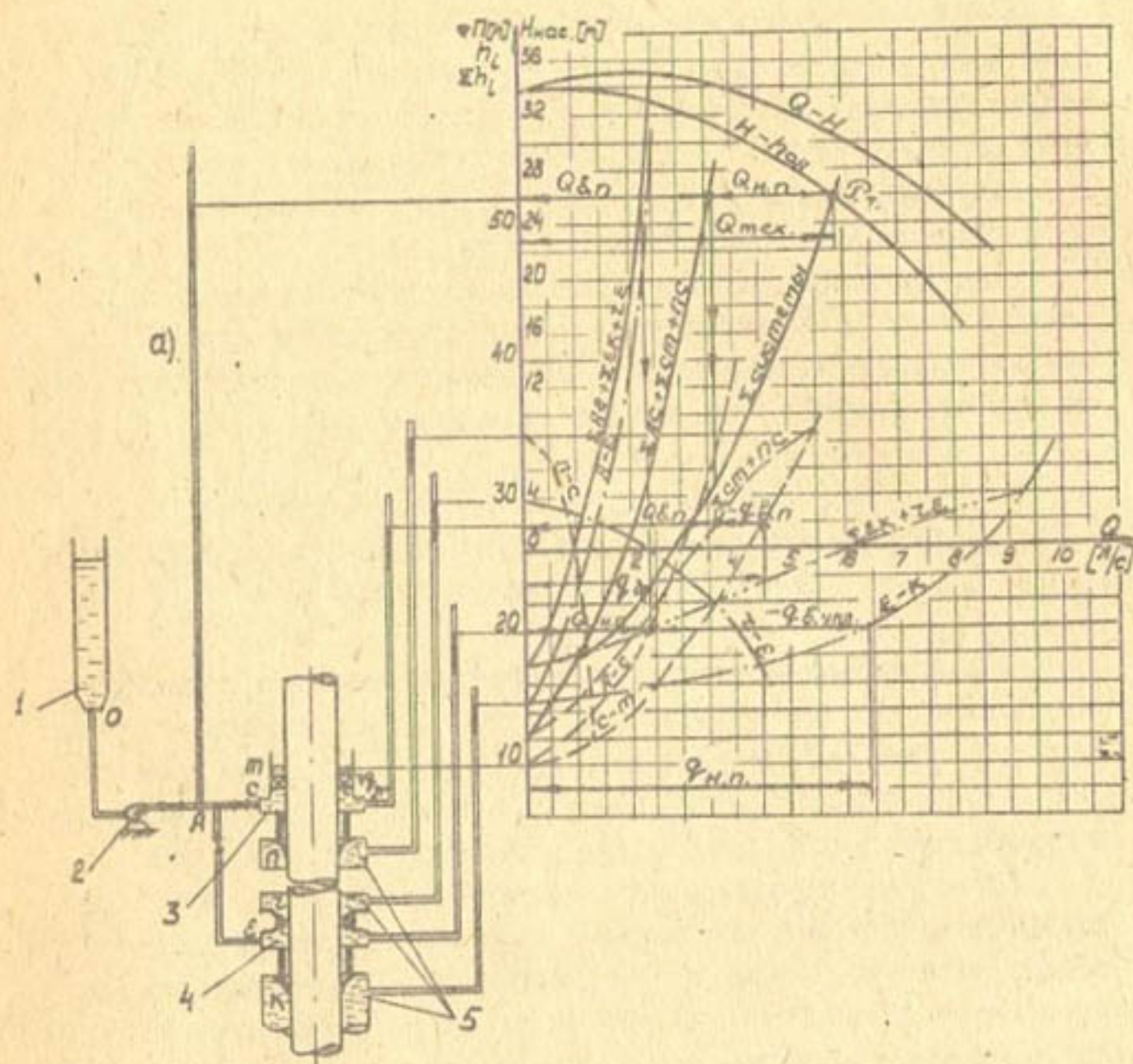


Рис. 2. Гидравлические характеристики работы системы технического водоснабжения насоса ОПЮ-260 на насосных станциях ЮМК: а) Схема технического водоснабжения подшипников насоса ОПЮ-260; 1 - отстойник; 2 - насос техводоснабжения 2К6; 3, 4 - камеры подшипников; 5 - полости насоса, куда течет смазывающая вода;

Примечание: Характеристики элементов трубопроводов подшипников и уплотнений (кроме λ - ε) получены экспериментально.

График соответствует режиму работы системы, когда верхнее уплотнение верхнего подшипника изношено — подшипники работают на перекачиваемой насосом воде.

Все задвижки и вентили открыты полностью.

Режим работы насоса: $\varphi = -3^\circ$; $Q = 37 \text{ м}^3/\text{с}$.

задвижки и вентили системы были открыты полностью. Вода к подшипникам подавалась через ветви с установленными водомерами ВВ-50, т.е. имели место дополнительные сопротивления на участках А-С и А-Б.

Основное отличие рассматриваемого условия работы системы от номинального состоит в "слабом" уплотнении верхнего подшипника (имитация сильного его износа), что нередко встречается в практике эксплуатации насосных станций. Поэтому выявление последствий подобного явления представляет практический интерес.

Из расположения уровней в пьезометрах (рис.2) видно, что 1) вода из полости насоса "1" поступает в подшипник и вместе с осветленной водой удаляется через уплотнение "12"; 2) вода из полости насоса "2" поступает в камеру и вместе с осветленной водой через нижний подшипник и нижнее уплотнение поступает в полость насоса "3". Таким образом, при данных условиях подшипники работают на "грязной" воде. Характеристика системы дает количественные соотношения расходов:

Всего в системе технического водоснабжения проходит расход $Q_{\text{тех.}} = 5,9$ л/с, который распределяется по ветвям подшипников следующим образом: $Q_{\text{в.н.}} = 3,7$ л/с; $Q_{\text{н.н.}} = 2,2$ л/с. Через верхний подшипник идет отрицательный расход - $q_{\text{б.н.}} = 1,02$ л/с; через верхнее уплотнение подшипника удаляется в дренаж расход $q_{\text{др.}} = 4,72$ л/с. Через нижний подшипник проходит расход $q_{\text{н.н.}} = 6,35$ л/с, в том числе $q_{\text{б.н.н.}} = 4,15$ л/с воды, поступающей из полости насоса через верхнее уплотнение.

Доведение до кондиции верхнего уплотнения верхнего подшипника, даже если создать положительный перепад в последнем (нормальный режим работы), не исключает поступления "грязной" воды в нижний подшипник. Как было указано выше, причина в конструктивных недоработках подшипников и уплотнений, а также подводящего трубопровода нижнего подшипника, т.е. слишком крутая характеристика.

В ы в о д ы

1. Существующая система технического водоснабжения подшипников насосных агрегатов Каршинских насосных станций не предотвращает попадания перекачиваемой воды в подшипниковые узлы, что при перекачке Амударьинской воды, содержащей большое количество взвешенных абразивных частиц, способствует быстрому износу подшипников.

2. Предложены три основных направления реконструкции существующих подшипниковых узлов с целью повышения надежности их работы.

3. Натурные испытания позволили установить, что

а) гидравлические сопротивления подшипника и его уплотнений в несколько раз меньше необходимых (подшипники работают на перекачиваемой воде). При перепаде давлений в 2 м через подшипник и нижнее уплотнение проходит расход более 3,5 л/с; при нормальном давлении в камере верхнего подшипника в 24 м через верхнее уплотнение в дренаж проходит расход 2,5 л/с;

б) гидравлические сопротивления подводящего трубопровода для верхнего подшипника составляют 5,4 м, для нижнего — 34 м при расходах 2,5 л/с.

Р.А. УСМАНОВ
канд. техн. наук
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

РЕЗУЛЬТАТЫ НАТУРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ "ХАМЗА I"

Насосная станция "Хамза I" (ХНС) входит в комплекс гидротехнических сооружений Аму-Бухарского машинного канала (АБМК), предназначенного для орошения земель Бухарской области УзССР в районах низовья р.Зарафшан водой Амударьи.

На ХНС установлены 9 насосов типа 56В-I7, приводимые во вращение электродвигателями ВДСО 25/44-I8 с числом оборотов 333 в минуту и мощностью 5000 квт.

Были проведены натурные испытания насосных агрегатов ХНС. Цель исследований - получение фактических параметров насоса и станции в целом; определение причин, снижающих надежность работы насосов (изучение рабочего процесса подшипника насоса; выявление путей оптимизации эксплуатации станции; получение баланса потерь энергии при различных режимах эксплуатации и разработка мероприятий по повышению средне-эксплуатационного к.п.д. насосных агрегатов.

Принятая схема расположения гидрометрических постов (рис. I) позволяла сопоставлять величины измерения одного и того же расхода (агрегат № 7) в трех сечениях - вход в колено подвода (рама, 35 вертушек), трубопроводы диаметром 2,4 и 3,6 м (крестовины, 29 вертушек), а также определять подачу насосов при различных комбинациях включения их на вторую нитку трубопровода.

Анализ результатов измерений расхода показал, что разница между показателями постов на трубопроводах диаметром 2,4 и 3,6 м не превышает 1,5% (работает один агрегат № 7). Кроме того, обнаружена погрешность (около 10%) при измерении расхода на входе в подводящее колено насоса, возникающая из-за отсутствия достаточно длинного козырька на раме над верхним рядом вертушек и по другим причинам.

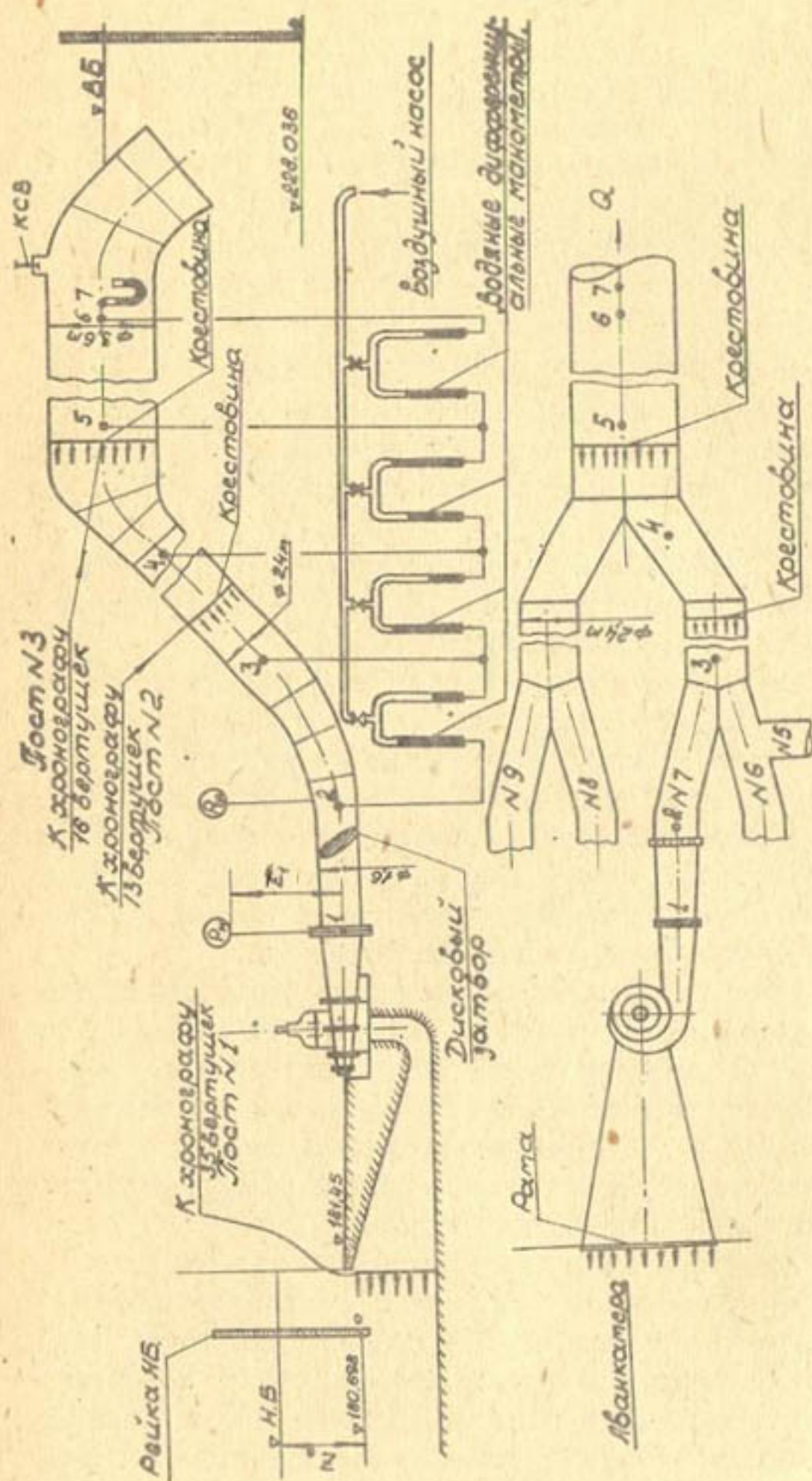


Рис.1. Обшая схема натуральных исследований насосной станции "Хамза I".

На рис.2 приведены три рабочие характеристики насоса 56В-17. Первая (в хронологическом порядке) соответствует техническим условиям на изготовление и поставку насосов 56В-17 (ТУ 26-06-241-67) и является проектной (штрихпунктир). Вторая, обозначенная на рис.2 пунктиром, соответствует характеристике, приведенной в каталоге-справочнике завода "Уралгидромаш" 1970 г. Различие характеристик (в рабочем диапазоне напоров на 8-9% по расходу) говорит о наличии разнообразных модификаций рабочих колес насоса 56В-17 - основная причина расхождения фактических и проектных параметров его, обнаруженная ранее. По-видимому, на ХНС были поставлены рабочие колеса с характеристикой, соответствующей пунктиру, что хорошо подтверждается натурной характеристикой насоса (рис.2, сплошная линия).

В первые годы эксплуатации ХНС (во время измерений расходов в отводящем канале) работала с открытыми клапанами срыва вакуума, и подача насосов была меньше. Как показывают натурные испытания, величина уменьшения подачи при открытии КСВ составляет 10,5 - 11,5%. Следовательно, фактическая подача насоса должна была быть на 20% меньше проектной, что соответствует действительности.

Для оптимизации эксплуатации насосной станции "Хамза I" необходимо было установить баланс потерь энергии на всех возможных режимах ее работы, которые определяются в основном четырьмя параметрами: уровнем нижнего и верхнего бьефов, величиной гидравлических потерь в напорном трубопроводе и степенью заряженности сифона.

Уровень верхнего бьефа, гидравлические потери и степень заряженности сифона при закрытом клапане срыва вакуума (нормальное положение) - функции числа работающих агрегатов (Z). Следовательно, можно считать, что режим задан, если известны уровень нижнего бьефа и число работающих агрегатов. Однако, в связи с тем, что одно и то же количество работающих агрегатов может быть представлено различными вариациями включения их в две нитки напорного трубопровода, однозначность решения по определению режима работы насосов достигается лишь для какой-либо зафиксированной схемы включения насосов.

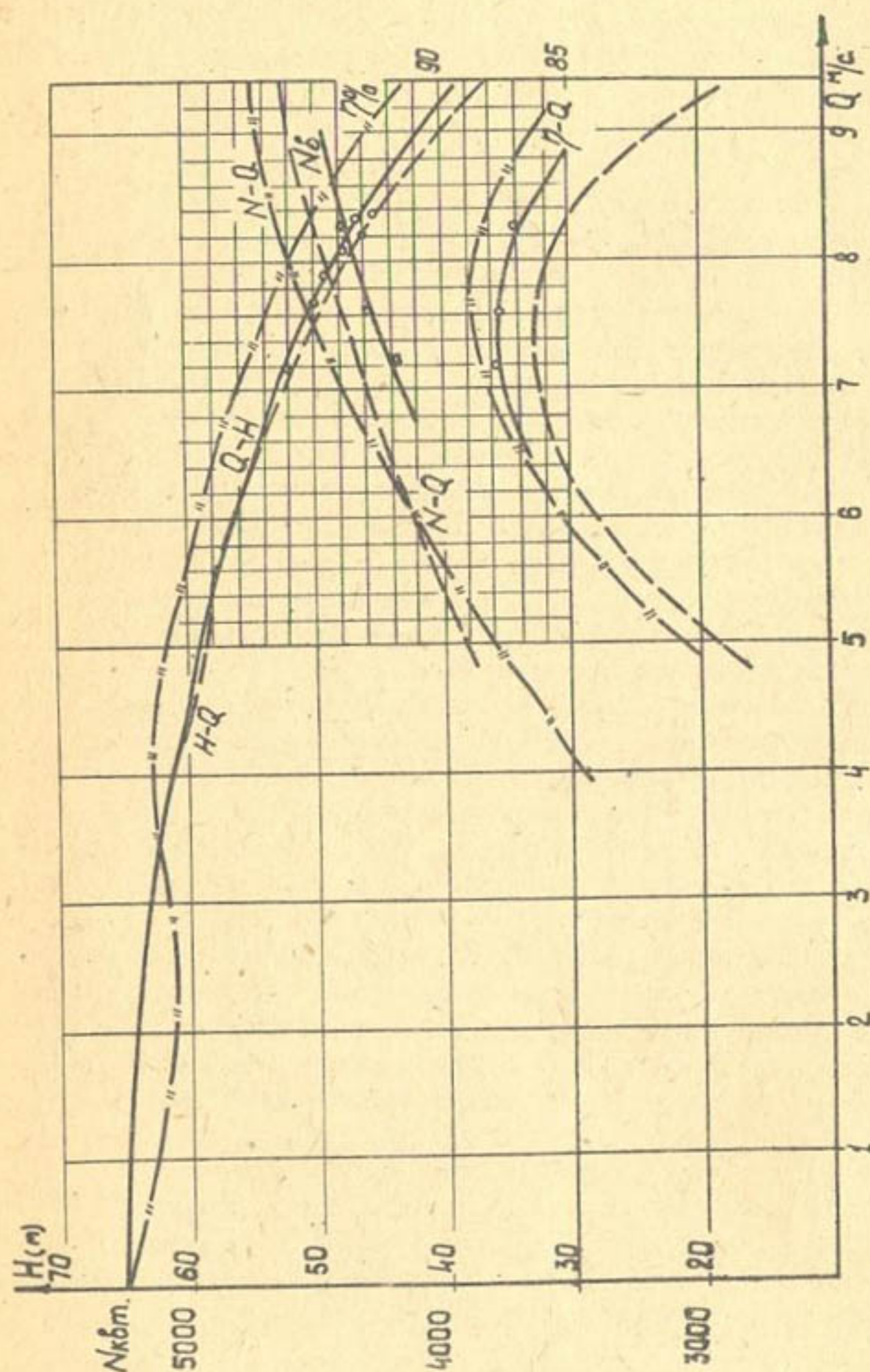


Рис.2. Натурная рабочая характеристика насоса 56В-17 с рабочим колесом 1960 мм при $n = 3330$ об/мин насосной станции "Хамза": 1 — натурная характеристика; 2 — характеристика завода "Уралгидромаш" (каталог-справочник 1970 г.); 3 — характеристика "Узгипроводхоза" (проект).

Практический интерес представляет нахождение экономически обоснованной схемы подключения агрегатов на два трубопровода для заданной подачи насосной станции. Для этого необходимо знать величины потерь напора насоса на гидравлические сопротивления и на переподем воды из-за неполной герметизации сифонного оголовка напорного трубопровода при различных вариантах подключения агрегатов.

Напорный трубопровод ХНС представляет собой сложную систему соединений трубопроводов, размеры которых значительно превосходят размеры таковых на насосных станциях, построенных ранее. Схема подключения приборов (рис. I) позволила определить величины гидравлических потерь на местные сопротивления и по длине трубопровода в диапазоне расходов 8-40 м³/с.

В результате анализа экспериментальных данных получена зависимость полных потерь^х напора на ХНС от числа работающих агрегатов (рис. 3), которая позволяет сделать следующие выводы (табл. I; 2):

1) суммарные потери напора минимальны для пяти работающих агрегатов, когда подключение к трубопроводам произведено по схеме 2 + 3;

для шести, соответственно,	3 + 3;
семи	" 3 + 4;
восьми	" 4 + 4;
деяти	" 4,5 + 4,5.

Следовательно, это наиболее рациональная схема эксплуатации станции;

2) Относительно высокая величина потерь $h_{сиф} = f(Z)$ говорит о несовершенстве конструкции сифонного оголовка, в частности геометрической формы горловины и водовыпускного отверстия, которые целесообразно выполнять (случай параллельной работы нескольких агрегатов) приплюснутыми;

^х Полные потери напора - сумма потерь напора в сифоне (перекачка) и суммарных гидравлических потерь в напорном трубопроводе.

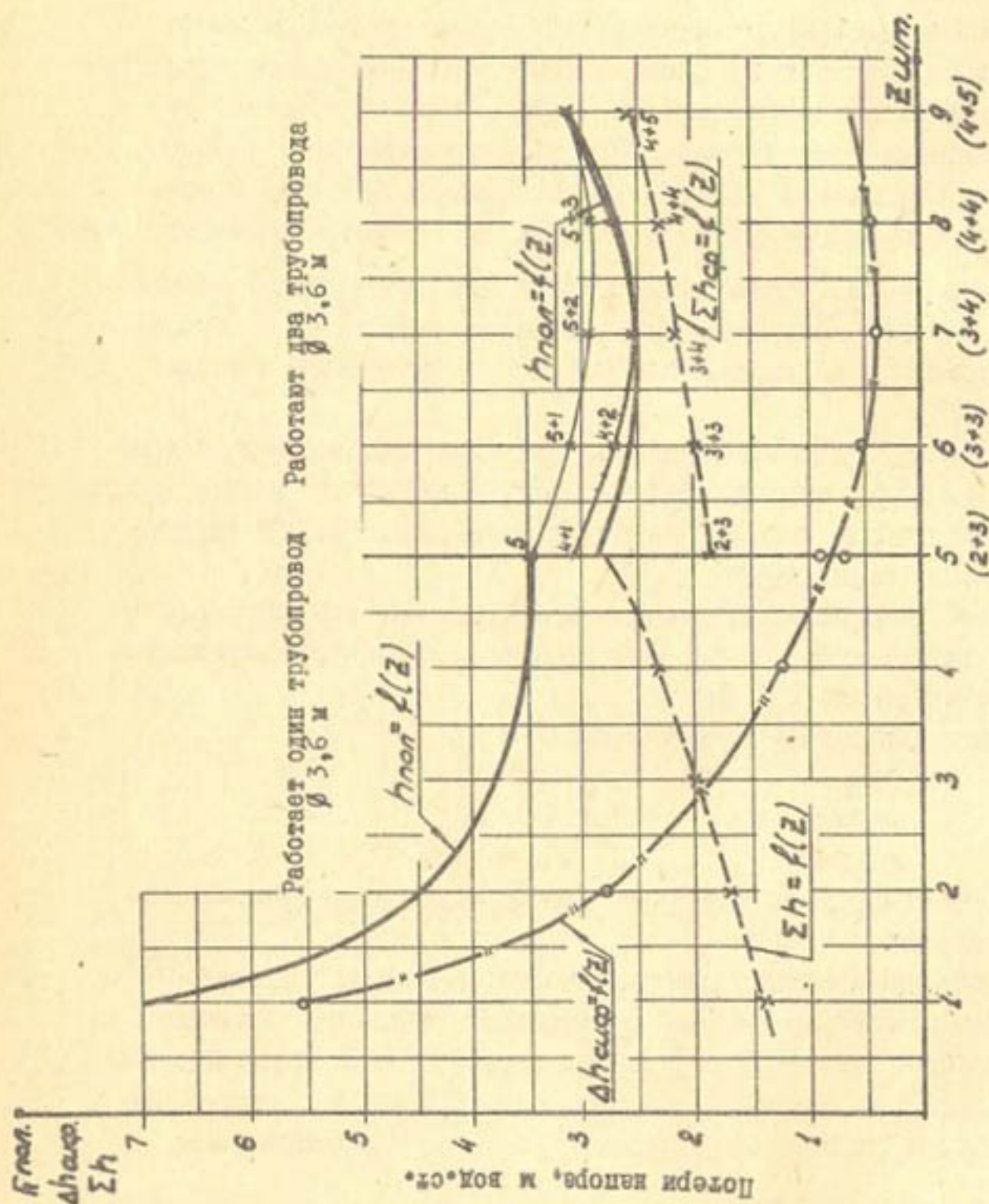


Рис. 3. Зависимость потерь напора на ХНС от числа работающих агрегатов.

Т а б л и ц а I
Результаты натурных измерений потерь напора на гидравлические сопротивления

Номер опыта	Расход		Средний		Коли- чество рабо- тающих агре- гатов	Гидравлические потери по участ- кам										Σh
	суммар- ного трубо- провода	в трубе	м ³ /с	м ³ /с		1-2		3-3		3-4		4-5		5-6		
						м вод. ст.	м вод. ст.	м вод. ст.	м вод. ст.	м вод. ст.	м вод. ст.	м вод. ст.	м вод. ст.			
2	8,28	8,28	8,28	8,28	1	0,51	0,812	0,05	0,032	0,1	1,504					
3	17	17	8,5	8,5	2	0,56	0,2	0,192	0,560	0,32	1,832					
4	24,3	16,3	8,1	8,1	3	0,52	0,2	0,16	0,342	0,67	1,892					
5	31,7	15,9	7,92	7,92	4	0,49	0,23	0,15	0,114	1,14	2,124					
6	36,4	21,9	7,3	7,3	5	0,435	-0,46	0,38	0,54	1,5	2,4					
7	30,6	15,7	7,65	7,65	4	0,48	0,229	0,14	0,105	1,04	1,96					
8	33,34	16,8	8,35	8,35	4	0,55	0,25	0,19	0,07	1,25	2,31					
9	25,63	17,0	8,54	8,54	3	0,56	0,273	0,193	0,293	0,74	2,05					
10	16,55	17,2	8,35	8,35	2	0,576	0,284	0,194	0,25	0,35	1,65					
11	8,95	-	8,95	8,95	1	0,6	0,78	0,055	0,06	0,19	1,59					
12	32,7	16,4	8,2	8,2	4	0,53	0,255	0,198	0,11	1,2	2,26					
13	41,12	-	8,22	8,22	5	0,5	-0,6	0,45	0,59	1,9	2,84					

Т а б л и ц а 2

Результаты натурных испытаний работы сифона на ХНС

Поло- жение клапа- на сры- ва ва- куума	Состояние сифона	Номер опыта	К-во раб. агр. на II нит- ку	Уровень нижнего сифона	Уровень верхне- го сифона	Давление в (сифон)	пьезо- уро- вень	Расход в сече- нии 7-7, м ³ /с	Ско- рость напор в сече- нии 7-7, м вод. ст.	Запас уд. энер- гии в сече- нии на гребне сифона. м	Труба на жи- вого сече- ния на гребне сифона. м
Открыт	Разряжен	2	1	187,80	230,42	0,888	233,93	8,28	0,05	+3,38	1,193
		3	2	187,70	230,62	1,345	234,38	17,0	0,22	+4,00	1,582
		4	3	187,60	230,68	1,725	234,76	23,2	0,29	+4,37	1,916
		5	4	187,50	230,84	2,00	235,03	31,7	0,49	+4,68	2,193
		6	5	187,30	230,98	2,211	235,25	36,4	0,67	+4,94	2,305
		7	4	187,24	230,02	2,037	235,07	30,6	0,48	+4,53	2,194
Закрыт	Частично Заряжен	8	4	186,74	231,20	-2,108	230,93	33,34	0,54	+0,27	2,472
		9	3	186,75	231,14	-2,070	230,96	25,63	0,32	+0,14	2,138
		10	2	186,88	231,02	-2,070	230,96	17,2	0,24	+0,28	1,749
		11	1	186,97	230,88	-2,310	230,72	8,95	0,06	+0,34	1,415
		14	5	186,6	231,30	-1,90	231,13	41,2	0,87	+0,7	2,583
Закрыт	Частично Заряжен	18	2	187,04	230,94	-1,3	231,73	15,3	0,24	+1,03	
		19	3	186,99	231,01	-1,9	231,03	25,7	0,32	+0,32	
		20	4	186,90	231,10	-2,03	231,00	32,88	0,53	+0,43	

3) баланс потерь напора, определенный экспериментальным путем, позволяет составить эксплуатационный график подач и удельного расхода электроэнергии (на $1 \text{ м}^3/\text{с}$) для фактических режимов работы насосной станции и тем самым теснее связать основные эксплуатационные характеристики последних - подачу и расход электроэнергии.

Для построения эксплуатационного графика подач ХНС при заданных уровне нижнего бьефа и количестве работающих агрегатов необходимо было установить зависимость уровня верхнего бьефа от числа работающих агрегатов и возможный диапазон колебаний нижнего бьефа. При использовании данных рис.3 были построены кривые $H = f(\sqrt{HБ})$ для различного Z , затем с помощью натурной рабочей характеристики определены подачи насоса и, соответственно, всей ХНС для значений $\sqrt{HБ}$ и Z . В условиях эксплуатации ХНС графики (рис. 4), построенные для различных сочетаний работающих агрегатов, являются пока единственным и удобным средством определения подачи станций.

До последнего времени выявить точно (из-за наличия определенных причин) соотношение количества поданной воды с затраченной электроэнергией не удавалось.

Используя методику построения графика подач, мы получили график удельного расхода электроэнергии (на $1 \text{ м}^3/\text{с}$), для соответствующих режимов эксплуатации станции (рис.5).

Сопоставление возможных режимов насосов с их рабочими характеристиками говорит о том, что в основном насосы работают при максимальных значениях к.п.д. агрегата. Следовательно, на рис.5 даны оптимальные значения удельного расхода электроэнергии для существующего варианта насосной станции (диаметр рабочего колеса насоса 1960, некоторый подсос воздуха в сифон и т.д.).

При эксплуатации насосной станции в других режимах (открытый клапан срыва вакуума, нерациональная схема подключения агрегатов и т.д.) произойдет рост удельного расхода мощности при прочих равных условиях, т.е. эффективность водоподъема снизится.

Примечание.

1. График составлен на основе натурной работы насоса 58В-П при $D=1960$ мм и $n=33300$ /мин.
2. График соответствует режиму эксплуатации при закрытом клапане срыва вакуума.
3. Для определения подачи станцией при одном рабочем агрегате (см. таблицу).

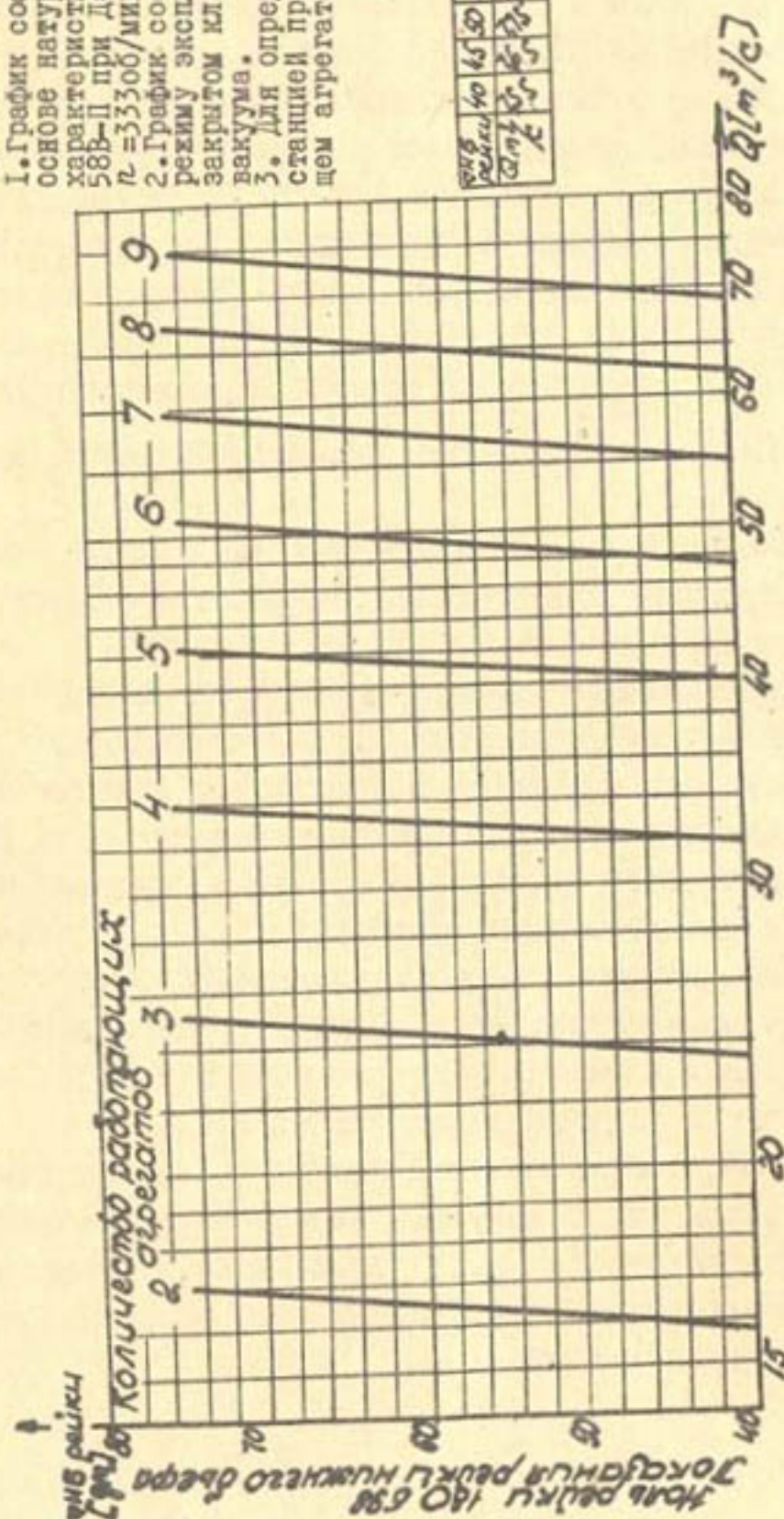


Рис. 4. График определения подачи насосной станции "Хамза I".

Было установлено, что электродвигатели насосов имеют запас мощности, а рабочие колеса можно увеличить по диаметру на 20-30 мм. По предварительным данным, увеличение диаметров рабочих колес насосов на 30 мм даст прирост максимальной подачи станции равный $10 \text{ м}^3/\text{с}$, что составит около 100 тыс. руб. годовой экономии.

Для повышения надежности работы насоса исследован наиболее уязвимый узел его (перекачиваемая вода содержит большое количество абразива) - нижний подшипник. Последний обычно гидродинамического типа с лигнофолевым вкладышем, смазывается осветленной водой технического водоснабжения. По техническим условиям завода-изготовителя в подшипник должно поступать не менее 1 л/с воды при перепаде давлений не менее 10-20 м вод.ст.

Осветленная вода из резервуара насосом ЗКМ-6 подается в магистральный трубопровод $d = 108 \text{ мм}$, от которого отходят патрубки $d = 2"$, подводящие воду к подшипнику. Общая длина магистрального трубопровода 60 м.

В расчетном режиме напор насоса составляет 53 м вод.ст. при подаче 15 л/с. С учетом гидравлических потерь давление над подшипником находится на уровне 48-49 м вод.ст., в то время как величина давления под подшипником - в пазухе насоса, являясь функцией режима работы насоса, может оказаться более 50 м вод.ст.

Следовательно, при некоторых режимах работы (закрытый дисковый затвор) подшипник работает на перекачиваемой воде, что недопустимо.

Экспериментальная проверка работы подшипника при натурных испытаниях насоса показала, что практически на всех режимах эксплуатации давление под подшипником на 1-3 м вод.ст. выше, чем над подшипником. По-видимому, в этом состояла основная причина ненадежности работы подшипника насоса. В настоящее время на ХНС произведена замена насоса технического водоснабжения на 4К-8 и реконструируется система подвода воды из отстойника к насосу, а также пересматривается конструкция нижнего уплотнения подшипника.

В ы в о д ы

1. В результате исследований получена натурная рабочая характеристика насоса 56В-17 с рабочими колесами 1960 и 1970 мм при $n = 333$ об/мин, определены оптимальные режимы эксплуатации ХНС.

2. Выявлена характеристика напорного трубопровода, определены величины гидравлических потерь в соединительных тройниках при симметричной и несимметричной их работе.

3. Исследования работы сифона на ХНС позволяют вычислить величину ущерба при эксплуатации станции с открытыми КСВ. Определены конструктивные недостатки сифонного водо-выпуска станции.

4. Экспериментальная проверка системы технического водоснабжения подтвердила предварительные сведения о неудовлетворительной работе последней. Даны рекомендации по ее реконструкции.

5. Разработаны рекомендации по увеличению подачи ХНС за счет использования резерва мощности двигателей и увеличения диаметра рабочих колес насосов на 25-30 мм.

А.Г. ЕРЕМЕНКОВ -
канд. техн. наук
Н.Д. КАЦ
руководитель группы
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

ХАРАКТЕРИСТИКИ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ ОСЕВОГО НАСОСА И ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

В каталогах и инструкциях по эксплуатации агрегатов, состоящих из осевого насоса и двигателя внутреннего сгорания, приводятся характеристики не агрегатов в целом, а только насосов. Эти характеристики, показывающие зависимости напора (H), допустимой высоты всасывания ($H_s^{доп.}$) и коэффициента полезного действия (η) от подачи (Q) при постоянной частоте вращения (n), не раскрывают возможностей и эффективности совместной работы насоса и двигателя в допустимом диапазоне изменения частот вращения их валов.

Для оценки эффективности совместной работы насоса и двигателя внутреннего сгорания нами принят критерий, представляющий собой частное от деления эффективного удельного расхода топлива двигателем (g_e) на к.п.д. насоса и характеризующий расход горючего на единицу полезной работы.

Характеристикой агрегата является график на поле $H-Q$ (напор-расход), ограниченный кривыми постоянного значения удельного расхода топлива, с линиями $H=f(Q)$ и $\Delta h=f(Q)$ при различных частотах вращения и углах разворота лопастей рабочего колеса (Δh - кавитационный запас).

Зная требуемый напор и подачу насоса, по такой характеристике можно определить допустимую высоту установки агрегата над горизонтом воды в источнике, необходимый угол разворота лопастей рабочего колеса, число оборотов вала двигателя и расход горючего.

Для построения поля $H-Q$ насосного агрегата, ограниченного кривыми $\frac{g_e}{\eta} = const$, необходимо знать значение g_e и

2 во многих точках поля, затем в этих точках вычислить $\frac{g_e}{\omega^2}$ и соединить кривыми точки с одинаковыми значениями $\frac{g_e}{\omega^2}$.

В качестве примера построим характеристики агрегата с насосом 06-70 и двигателем АМ-01. Для этого по безразмерной характеристике модельного насоса 06 определяем значения коэффициентов K_Q , K_H и $K_{\Delta h}$ при углах разворота $+3^\circ$, 0° и -9° .

Выбираем ряд частот вращения вала двигателя: n_0 ; $0,9 n_0$; $0,8 n_0$; $0,7 n_0$; $0,625 n_0$ и вычисляем соответствующий ряд частот вращения вала насоса с учетом передаточного числа редуктора от вала двигателя к валу насоса. Для построения характеристики агрегата можно брать большее количество углов разворота лопастей рабочего колеса и ступеней ряда чисел оборотов. При этом повышается точность построения, но возрастает трудоемкость работы.

Вычисляем подачу, напор, кавитационный запас и потребляемую насосом мощность для указанных частот вращения вала и углов разворота лопастей рабочего колеса насоса по известным формулам:

$$Q = K_Q \cdot n D^3;$$

$$H = K_H \cdot n^2 D^2;$$

$$\Delta h = K_{\Delta h} \cdot h^2 D^2;$$

$$N = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{\eta},$$

где D — диаметр рабочего колеса насоса;
 γ — удельный вес жидкости;
 N — потребляемая насосом мощность;
 η — к.п.д. насоса.

В расчетных точках потребляемая насосом мощность равна эффективной мощности приводного двигателя при соответствующих частотах вращения его вала. По вычисленным значениям эффективной мощности двигателя и частоте вращения определяется удельный расход горючего (g_e).

В существующей литературе по двигателям внутреннего сгорания зависимости удельного расхода горючего от мощности и частоты вращения не приводятся.

Для определения $g_e = f_1(N_e, n)$ можно воспользоваться многопараметровой характеристикой двигателя внутреннего сгорания (рис. I)

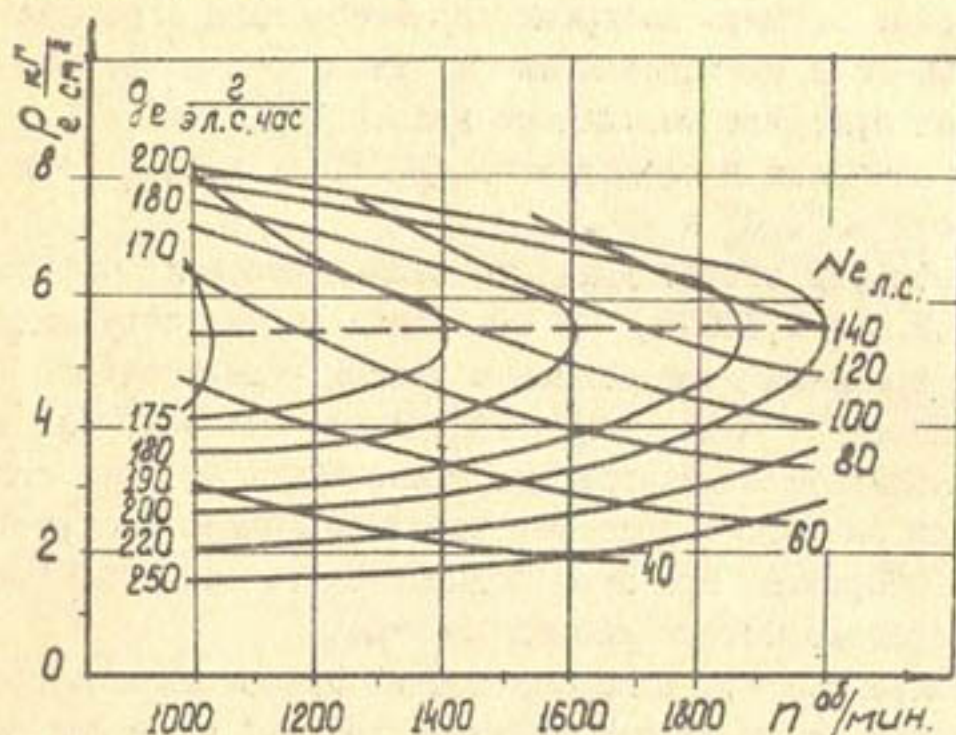


Рис. I. Многопараметровая характеристика двигателя AM-OI.

$$g_e = \varphi(P_e, n),$$

где N_e - эффективная мощность;

P_e - среднее эффективное индикаторное давление.

Характеристики пересчитываются по формуле

$$N_e = \frac{P_e \cdot n_{gb} \cdot V}{900},$$

где n_{gb} - частота вращения вала двигателя в оборотах в минуту;

V - рабочий объем цилиндров в литрах.

На рис. 2 показана характеристика двигателя AM-OI, построенная в координатах $g_e - N_e$ при различных частотах вращения. Пользуясь полученной характеристикой, можно для каждой расчетной точки поля H-Q насоса по значениям потребляемой мощности и частоте вращения определить удельный расход горючего.

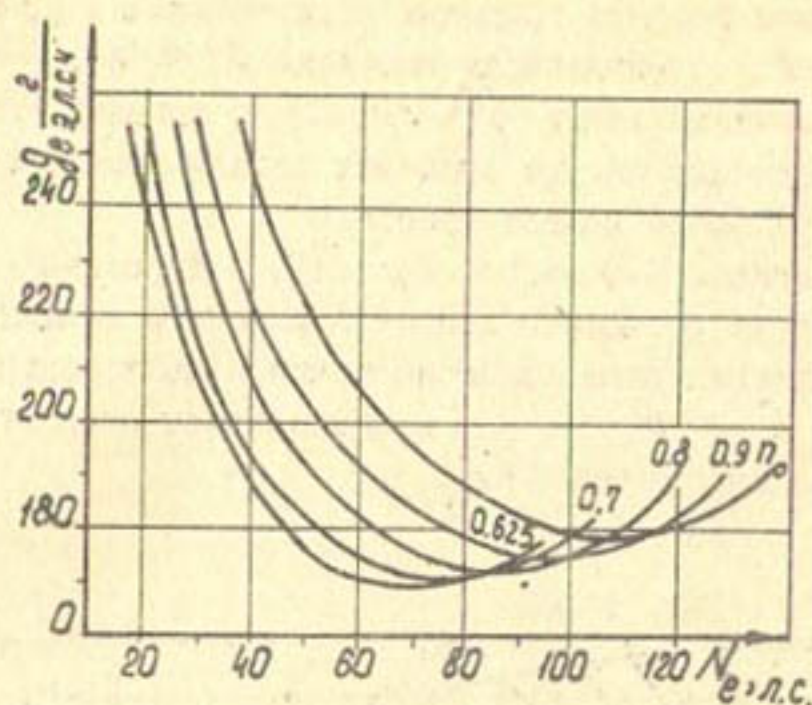


Рис. 2. Зависимость эффективного удельного расхода топлива от мощности при разной частоте вращения вала двигателя АМ-ОІ.

На рис. 3 приведены расчетные кривые $\frac{g_e}{2} = f(Q)$ для трех углов разворота лопастей и ряда частот вращения.

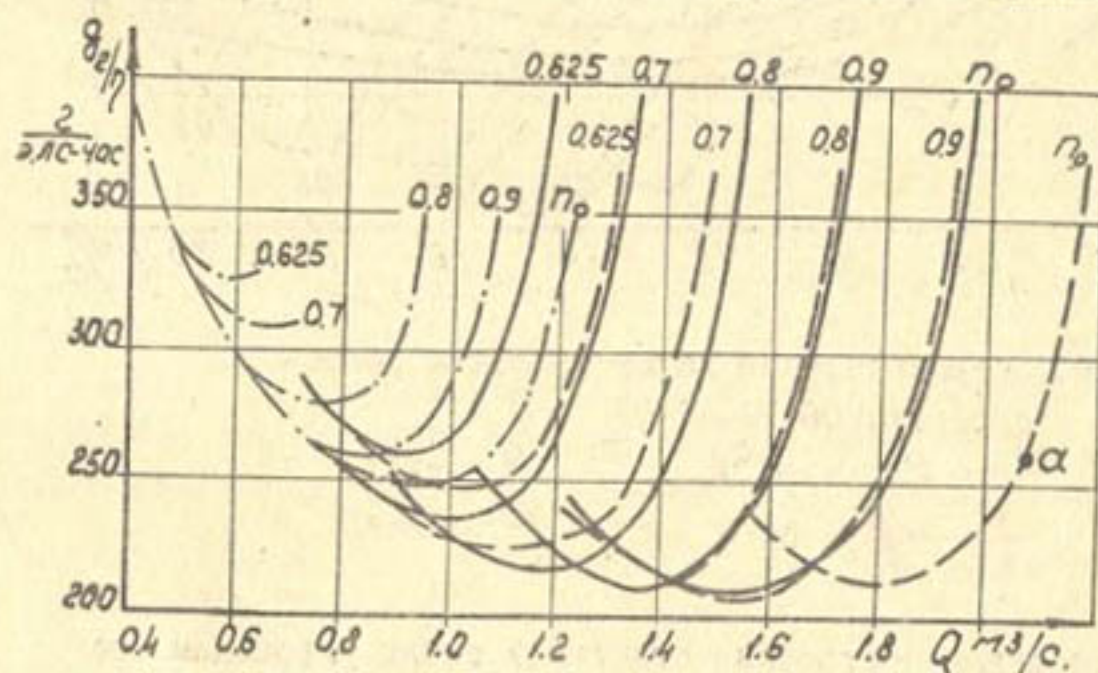


Рис. 3. Зависимость $\frac{g_e}{2}$ агрегата 06-70-АМ-ОІ от подачи при разных углах разворота лопастей рабочих колес насоса и частотах вращения.
 ---- $\theta = +3^\circ$; — $\theta = 0^\circ$; - · - $\theta = -9^\circ$.

На последнем графике проводим горизонтальные прямые линии $\frac{qe}{Q} = \text{const.}$ Выписываем значения Q, n, θ для точек пересечения линии $\frac{qe}{Q} = \text{const.}$ с кривыми, имеющими различные величины частот вращения вала и углов разворота лопастей рабочего колеса насоса.

Затем на кривые $H-Q$ насоса (рис.4), построенные для трех значений угла разворота лопастей рабочего колеса и ряда частот вращения вала, наносим точки с выписанными ранее величинами Q, n, θ и надписываем около точек соответствующие им значения $\frac{qe}{Q}$.

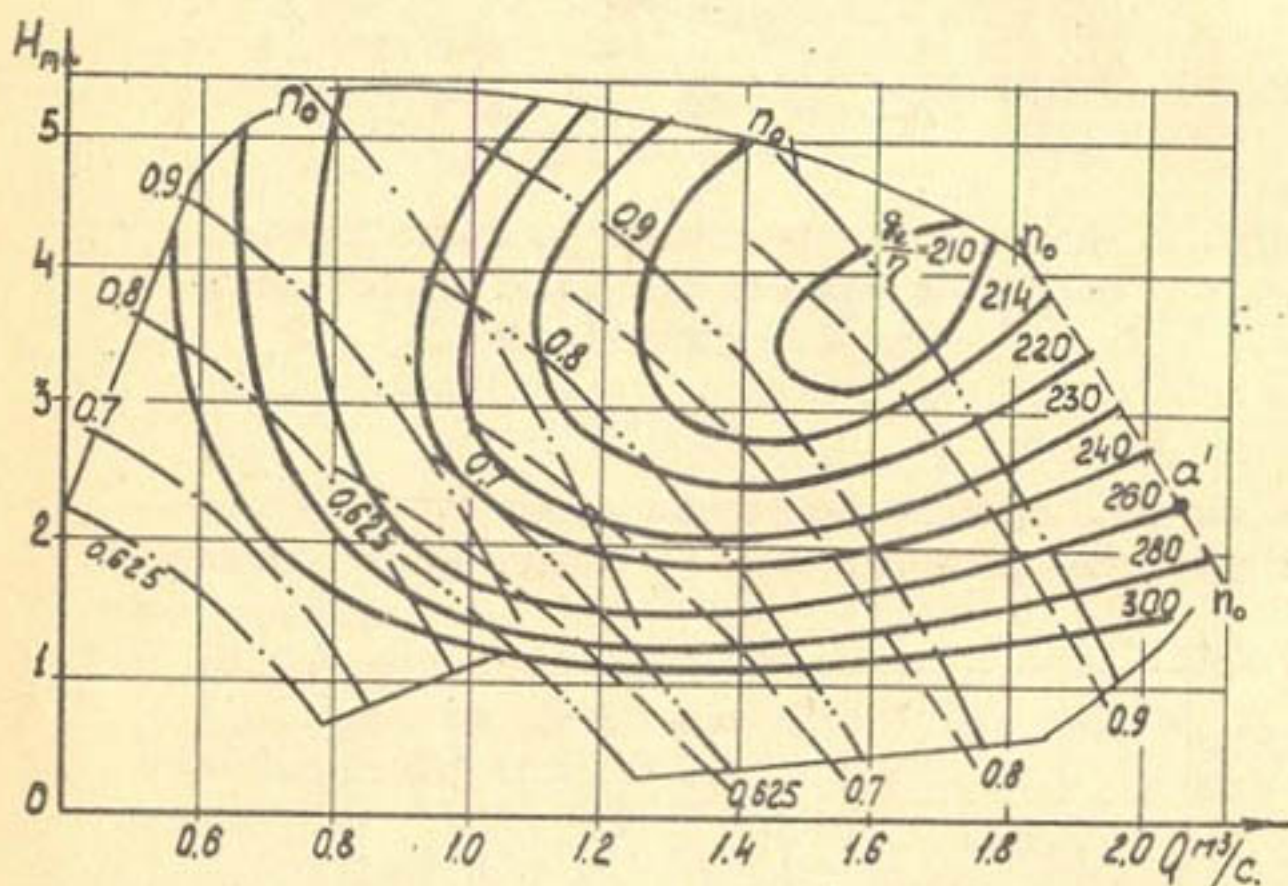


Рис.4. Энергетическая характеристика насосного агрегата 06-70-AM-01

--- $\theta = +3^\circ$; — $\theta = -9^\circ$;
 - - - $\theta = 0^\circ$; — $\frac{qe}{Q} = \text{const.}$

Проследим построение отдельной точки. Проводим на рис.3 горизонтальную линию $\frac{qe}{Q} = 260 \frac{\text{г}}{\text{э.л.с.ч.}}$. Она

пересечет несколько кривых $\frac{Qe}{z} = f(Q)$, и в частности, кривую, характеризуемую углом $\theta = +3^\circ$ и $n = n_0$ в точке а ($Q = 2,08 \text{ м}^3/\text{с}$). На рис.4 этой точке будет соответствовать точка Q' , имеющая тоже $Q = 2,08 \text{ м}^3/\text{с}$, $\theta = +3^\circ$ и $n = n_0$.

Аналогично строятся и все остальные точки. Кривую $\frac{Qe}{z} = 260 \frac{\text{г}}{\text{э.л.с.ч}}$ проводим так, чтобы охватывалась наибольшая площадь на поле Н-Q. Тогда отдельные точки с такими же значениями $\frac{Qe}{z} = 260 \text{ г/э.л.с.ч}$ могут оказаться и внутри контура $\frac{Qe}{z} = 260 \text{ г/э.л.с.ч}$. Эти точки имеют невыгодные углы разворота лопастей рабочего колеса. Если принять другие углы разворота лопастей, то получим $\frac{Qe}{z}$ менее 260 г/э.л.с.ч .

Ориентировочно угол разворота лопастей рабочего колеса должен соответствовать наибольшей частоте вращения вала насоса в данной точке поля Н-Q насоса.

Допускаемая нами возможность установки лопастей рабочего колеса с любым из промежуточных углов разворота является разрешимой конструкторской задачей, и позволяет выбирать наиболее выгодный угол разворота лопастей рабочего колеса для конкретных условий эксплуатации.

Поле Н-Q графика (рис.4) ограничено: сверху значением $\Delta h = 7,1 \text{ м}$ ($H_{\text{з}}^{\text{гор}} = 2,5 \text{ м}$), справа сверху - линией Н-Q при $\theta = +3^\circ$, внизу значениями к.п.д. насоса менее 0,7, слева внизу наименьшей устойчивой частотой вращения вала двигателя $n = 0,625$, n_0 , слева сверху - наибольшим напором, при котором обеспечивается устойчивая работа насоса.

Если заданы требуемый напор и подача насоса, то по графику (рис.4) можно определить удельный расход горючего на единицу полезной работы, и следовательно, полный расход горючего в единицу времени, а также нужный угол разворота лопастей рабочего колеса насоса и частоту вращения вала двигателя.

Полученная характеристика совместной работы осевого насоса с двигателем внутреннего сгорания представляет собой характеристику агрегата.

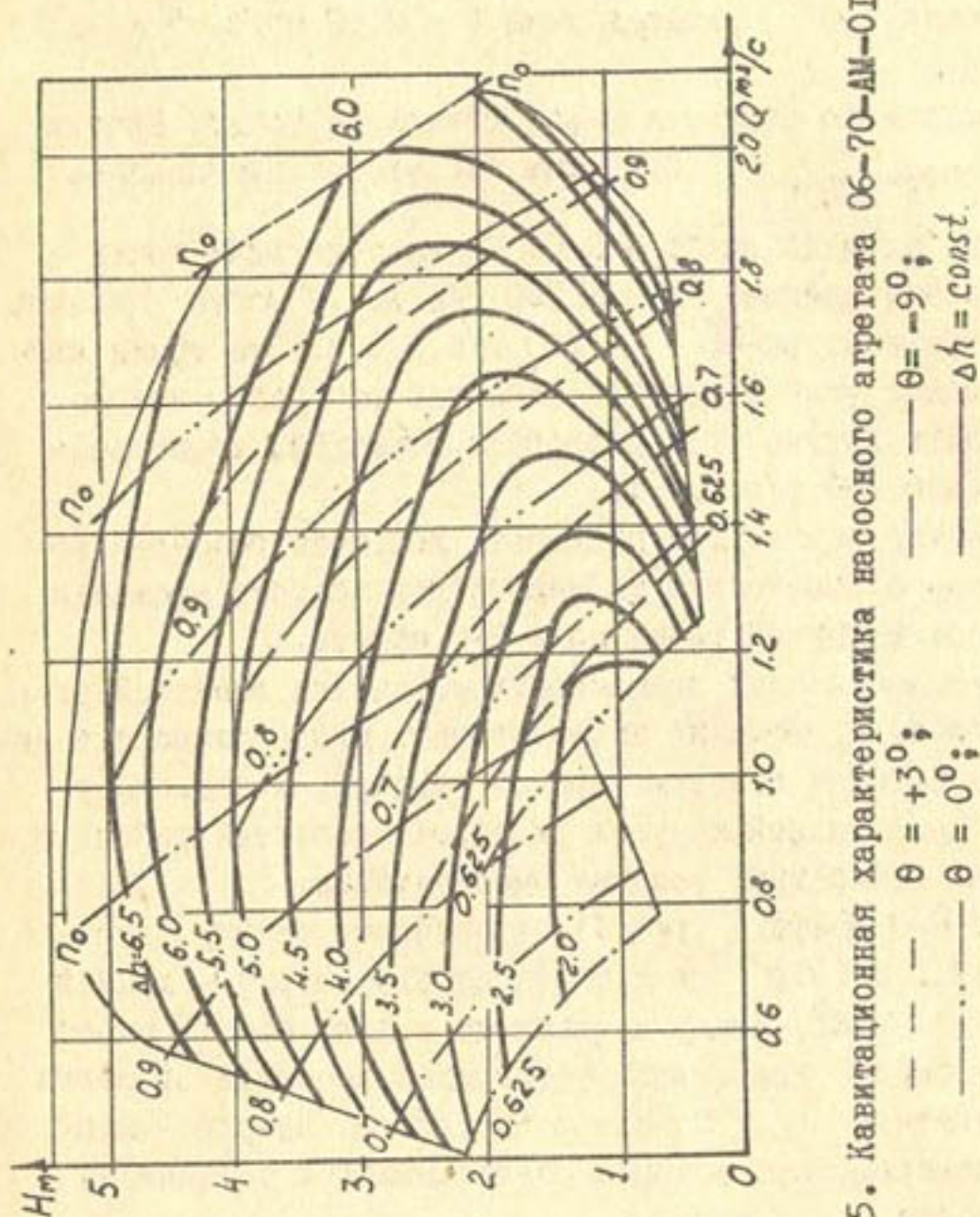


Рис.5. Кавитационная характеристика насосного агрегата 06-70-AM-01:

- — — $\theta = +3^\circ$;
 — — — $\theta = 0^\circ$;
 — $\theta = -9^\circ$;
 — $\Delta h = const.$

Кроме этих данных полезно знать допустимую высоту установки оси рабочего колеса насоса, а следовательно, и всего агрегата над горизонтом воды в источнике. Для этого на кривые $H-Q$ насоса (рис.5), построенные для трех значений угла разворота лопастей рабочего колеса и ряда частот вращения вала, наносим точки по их координатам Q, n и надписываем около точек соответствующие им величины Δh .

Поле насосного агрегата линиями $H-Q$ при $n = n_0$ и принятых значениях углов разворота лопастей оказывается разделенным на три зоны:

- 1) от $\theta = +3^\circ$ при $n = n_0$ до $\theta = 0^\circ$ при $n = n_0$
- 2) от $\theta = 0^\circ$ при $n = n_0$ до $\theta = -9^\circ$ при $n = n_0$
- 3) от $\theta = -9^\circ$ при $n = n_0$ до границы поля.

Кривые $\Delta h = \text{const}$ проводятся через точки со значениями этих величин в каждой зоне (рис.5). Если возьмем точку, например, в зоне угла $\theta = -9^\circ$, то работа насоса в этой точке с углом $\theta = 0^\circ$ будет осуществляться при меньшей частоте вращения, но величина Δh окажется большей. Поэтому угол разворота лопастей рабочего колеса для данной точки поля $H-Q$ насоса нужно выбирать при наибольшей частоте вращения. Этот же принцип был положен при выборе угла разворота лопастей для получения наименьшего удельного расхода топлива.

Таким образом, выбирая наивыгоднейший угол разворота лопастей рабочего колеса в зависимости от расхода топлива, получаем наименьший кавитационный запас, то есть наибольшую допустимую высоту всасывания.

Предложенные характеристики могут быть использованы в каталогах и инструкциях по монтажу и эксплуатации при проектировании агрегатов, состоящих из осевого насоса и двигателя внутреннего сгорания.

А.Я. БЕЛОУСОВ
руководитель группы
(САННИРИ им. В.Д. Журина)

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ НАСОСНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

Эффективность насосно-силового оборудования снижается из-за низкого срока работы погружных насосных агрегатов, основной причиной которого является пескование скважины в послепусковой период. По данным обследования вышедших из строя погружных насосных агрегатов, работавших на скважинах вертикального дренажа в Голодной степи, более 80% от общего количества приходит в негодность в результате пескования скважин.

Процесс пескования зависит от подбора фильтровой обсыпки и режима работы скважины. При правильном подборе обсыпки и стационарном режиме работы обеспечивается полное задержание песка, при нестационарном - может происходить нарушение структуры фильтра и вынос песка.

Инструкции по эксплуатации погружных насосных агрегатов типа ЭЦВ предусматривают осуществление пуска при полностью и частично закрытой задвижке для того, чтобы, постепенно открывая её, предотвратить опасность развития больших скоростей в прифильтровой части скважины.

Однако такой способ пуска целесообразен при заполненном водой водоподъемной колонны между насосом и задвижкой, а это возможно при наличии обратного клапана возле насоса. Вода, забираемая погружным насосом, по водоподъемным трубам подается непосредственно в отводящий канал (на излив).

Все погружные насосные агрегаты, выпускаемые нашей промышленностью и применяющиеся на скважинах вертикального дренажа в Узбекской ССР поставляются без обратного клапана и, следовательно, перед пуском водоподъемная колонна между статическим уровнем воды и задвижкой оказывается незаполненной водой.

На рис. I а, б представлены изменения давления в водоподъемной и обсадной колоннах скважины № 24, расположенной в Голодной степи, в зависимости от способа запуска насосной установки. Начало координат соответствует моменту включения энергопитания погружного насосного агрегата.

При пуске в системе насос-скважина-водоподъемная колонна возникают волновые процессы жидкости, вызванные изменениями режима работы насосной установки. Эти изменения обусловлены вначале разгоном насосного агрегата, а в дальнейшем — положением диска задвижки, расположенной на линии водоподъемной колонны выше устья скважины.

При разгоне ($T_{\text{разг.}} = 0,15-0,20$ с) подача насоса ЭЦВ12-255-30М достигает 110 л/с, что более чем в 1,5 раза превышает рабочую величину.

К концу разгона насоса давление в зоне между фильтром и насосным агрегатом резко снижается, а затем увеличивается по мере заполнения водоподъемной колонны и повышения напора насоса. При подходе воды к задвижке волновые процессы определяются степенью её открытия.

При полностью закрытой задвижке воздух, находящийся в водоподъемной колонне между статическим уровнем воды и задвижкой, сжимаясь, выполняет роль демпфера и плавно изменяет рост давления как в водоподъемной (кривая I, рис. I, а), так и в обсадной колоннах скважины (рис. I б, кривая I').

Наиболее опасные режимы пуска наблюдаются при частично открытом диске задвижки. В данном случае должно соблюдаться условие $\frac{Q_{\text{возд.}}}{Q_{\text{вод.}}} = \max$, при $\Delta P \rightarrow \min$, где $Q_{\text{возд.}}$ — количество вытесняемого водой воздуха, $Q_{\text{вод.}}$ — утечка воды, ΔP — перепад давления.

Для насосной установки ЭЦВ12-255-30М, оборудованной задвижкой I-200-10 (ГОСТ 8437-63), наиболее опасен режим пуска при открытии задвижки на 0,8-2,0% (рис. I а, б, кривая 2 и 2').

С увеличением степени открытия задвижки перед пуском насосного агрегата рост давления в водоподъемной и обсадной колоннах уменьшается (рис. I а, б, кривая 3 и 3'). Пуск насосного агрегата при полностью открытой задвижке практически не вызывает резких изменений давления

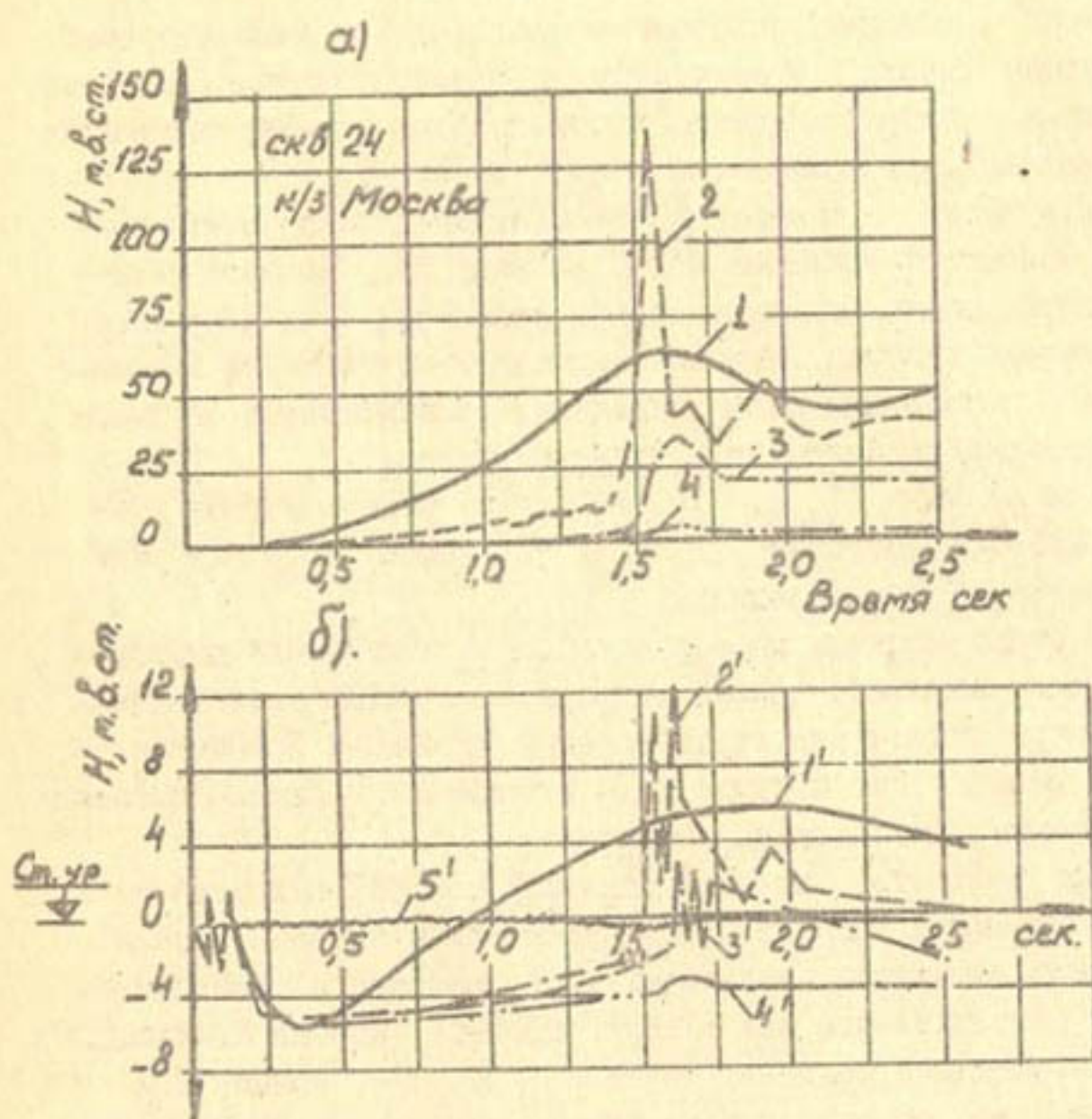


Рис. I. Изменение давления в зависимости от
 способа запуска насосной установки:
 а - в водоподъемной колонне труб
 на колене, возле задвижки;
 б - в обсадной колонне труб в зоне
 фильтра.

в водоподъемной и обсадной колоннах (рис. I, а, б, кривая 4 и 4').

Во всех случаях пуска насосной установки (исключая полностью открытую задвижку) в момент завершения заполнения колонны происходило сравнительно резкое повышение давления в водоподъемной и обсадной колоннах труб. Давление в обсадной колонне возникало в результате гидравлического удара возле диска задвижки и соударения возле насоса потоков воды, движущихся со стороны междутрубного пространства и фильтровой части. При этом возникшее давление (рис. I, б, кривые 1', 2', и 3') превышало статическое, что приводило к образованию между стволом и прифильтровой частью скважины обратного градиента давления, а следовательно, и к обратному току воды в нагнетаемый пласт.

Как следствие этого — нарушение ранее сформировавшейся профильтровой части и вынос песка из скважины.

На рис. 2, а, б показан процесс пескования скважины № 24 в зависимости от способов запуска насосной установки. Скорость открытия задвижки в послепусковой период во всех случаях оставалась постоянной.

Наибольший вынос песка (концентрация до 14 г/л, общий вынос 1134 кг) наблюдался при пуске насосной установки с предварительным открытием задвижки на 1,5% (рис. 2, а, б).

Вынос песка из скважины при пуске с полностью закрытой задвижкой также составляет значительную величину: по концентрации — до 13 г/л и общий вынос — до 920 кг (кривая 1, рис. 2, а, б). В этом случае кроме обратного тока воды в пласт на прифильтровую часть скважины действуют колебания давления от неустановившегося режима работы насоса, вызванного действием запертого сжатого воздуха в водоподъемной колонне труб.

При пуске с полностью открытой задвижкой отсутствуют резкие колебания давления, а также обратные токи воды, связанные с гидравлическим ударом возле задвижки (рис. I, а, б, кривые 4 и 4'). Пескование скважины имеет меньшую величину: по концентрации — до 7 г/л и общий вынос — до 799 кг песка (рис. 2, а, б, кривая 3). Вынос песка объясняется, в основном, большими скоростями и резким изменением направ-

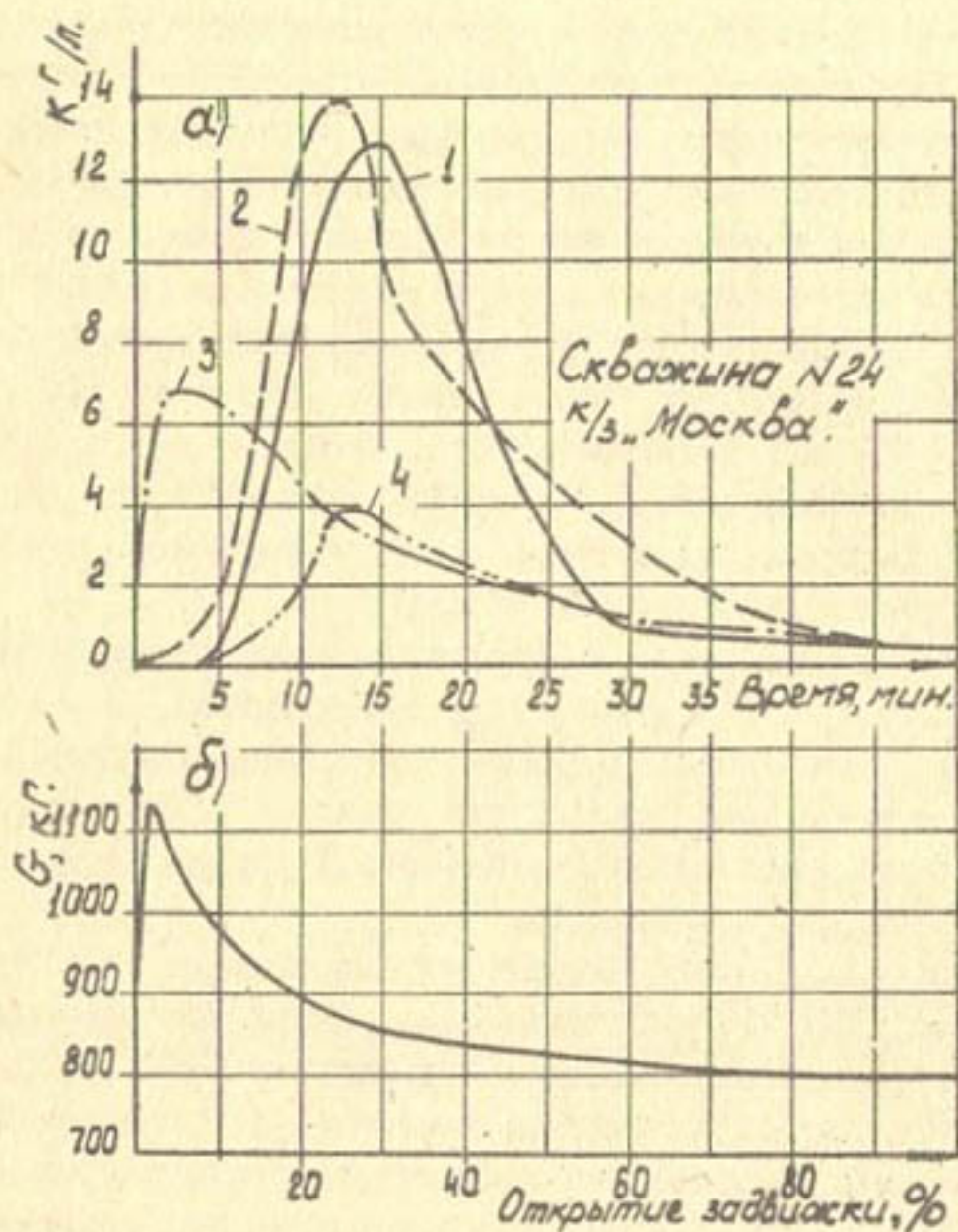


Рис. 2. Пескование скважины в послепусковой период работы в зависимости от способа запуска насосной установки: а - концентрация песка в откачиваемой воде; б - интегральное количество вынесенного песка из скважины за 60 мин. работы после пуска насосной установки.

ления движения воды в прифилтровой зоне скважины, а также образованием явления "высачивания" на стенке скважины.

Для предотвращения всех вышеперечисленных отрицательных гидравлических явлений подача насоса после пуска должна плавно увеличиваться от нуля до эксплуатационной величины.

С этой целью в САННИРИ было разработано и испытано автоматическое дроссельное устройство. При пуске насоса с данным устройством резких колебаний давлений в стволе обсадной колонны не наблюдается (рис.1 б, кривая 5'), а пескование скважины по сравнению с пуском насоса при полностью открытой задвижке снижается почти в 2 раза: концентрация песка составляет 4 г/л (рис.2 а, кривая 4), общий вынос - 377 кг.

В ы в о д ы

1. Пуск при закрытой и частично приоткрытой задвижках, рекомендуемый в инструкциях по эксплуатации погружных насосных агрегатов, приводит к резким колебаниям давлений в водоподъемной и обсадной колоннах и интенсивному пескованию скважин.

2. Наименее опасным в отношении гидравлического удара является режим пуска насосной установки при полностью открытой задвижке.

3. Для предотвращения нарушения структуры в прифилтровой зоне скважины после пуска необходимо обеспечить плавное нарастание подачи насоса от нуля до эксплуатационной величины.

И. Н. П А К

канд. техн. наук, ст. научный сотрудник

К РАСЧЕТУ ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ПОДШИПНИКОВ ДЛЯ КРУПНЫХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ОСЕВЫХ НАСОСОВ

Основные преимущества гидростатических подшипников перед существующими подшипниками скольжения гидродинамического трения следующие:

1) возможность получения смазочной пленки значительной толщины, позволяющей пропускать твердые взвешенные частицы, находящиеся в смазочной воде, предварительно осветленной в отстойниках технического водоснабжения насосных станций;

2) отсутствие пары трения вал-вкладыш при пусках и остановках, так как до включения насосного агрегата гидростатическим давлением смазочной воды образуется жидкостная пленка между валом и вкладышем [4].

Применение гидростатических подшипников в крупных вертикальных насосах позволит значительно увеличить их долговечность.

Методика расчета разработанной нами схемы гидростатического подшипника (рис. 1) для условий ламинарного режима течения смазки в щелях его основана на аналитическом определении несущей способности (грузоподъемности) подшипника и расхода смазки [5] с корректировкой этих величин по данным эксперимента.

Расчет предлагается производить в последующей последовательности:

1. Радиальная нагрузка K_r , действующая на подшипник, определяется по формуле [2]

$$P = 19,5 \frac{N}{n^2}, \quad (1)$$

где N — мощность насоса кВт n — частота вращения вала насоса, об/мин;

$$\gamma = \sqrt{\frac{\gamma_1^2 + \gamma_2^2}{2}}, \text{ М (} \gamma_1 \text{ и } \gamma_2 \text{ - соответственно радиусы камеры и втулки рабочего колеса).}$$

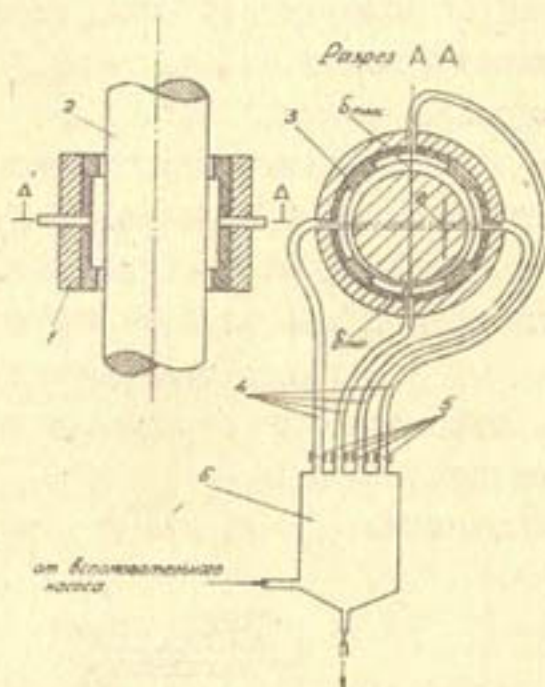


Рис. I. Схема гидростатического радиального подшипника для крупных вертикальных насосов: 1 - корпус подшипника; 2 - вал насоса; 3 - втулка подшипника; 4 - подводные трубопроводы; 5 - дроссельные диафрагмы; 6 - общая камера давления.

Эта сила распределяется на две (по количеству направляющих подшипников насоса); численные значения их устанавливаются известными методами расчета статически определяемых балок.

2. Диаметр подшипника $d_n = d_4 + 2\delta$. Диаметр цапфы d_4 равен диаметру вала насоса d_b , который рассчитывается из условия его прочности и жесткости, с учетом толщины облицовки шейки вала нержавеющей сталью (обычно 5-10 мм).

Радиальный зазор подшипника δ определяется по формуле

$$\delta \geq \frac{t}{2} + \delta_{min}, \quad (2)$$

где t — максимально допустимое биение вала у подшипника (по техническим требованиям завода-изготовителя насоса);

δ_{min} — минимальная толщина смазочной пленки, рассчитываемая из условия пропуска твердых наносов со смазочной водой $d_{min} > d_n$ (d_n — максимальный размер наноса);

3. В действующих насосах длина подшипника L известна, и изменение ее нецелесообразно, так как она predetermined размерами посадочных мест подшипника. В проектируемых насосах длину подшипника рекомендуется определять из условия $\frac{L}{d_n} \leq I$: гидростатические подшипники более чувствительны к перекосам по отношению к валу, чем подшипники гидродинамического типа.

Длина камеры подшипника $l_0 = L - 2l$, (рис.2).

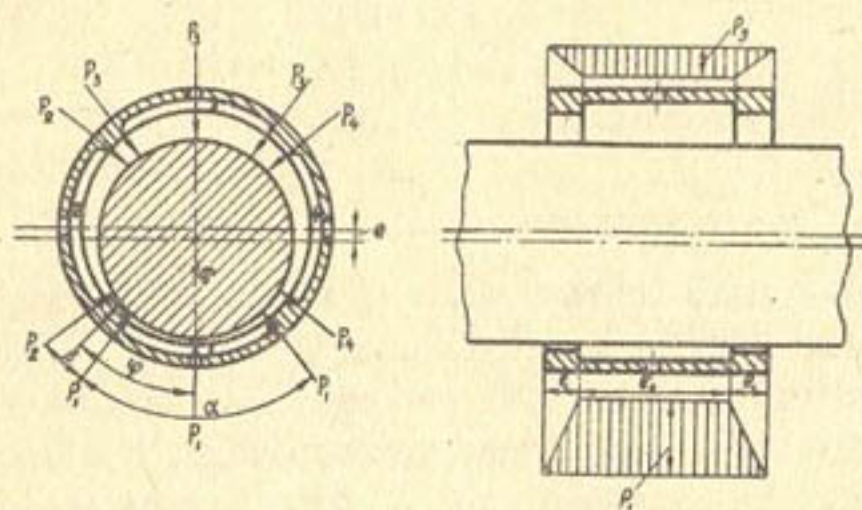


Рис.2. Расчетная схема четырехкамерного гидростатического подшипника.

4. Размеры торцовых l , и межкамерных a перегородок для подшипника диаметром от 150 до 600 мм предлагается определять из условия обеспечения гидродинамического трения в аварийных случаях, когда из-за внезапного

прекращения электроснабжения насосной станции останавливается вспомогательный насос, главный насос временно вращается в обратном направлении, а направляющие подшипники работают в гидродинамическом режиме со смазкой перекачиваемой водой. Длина торцевой перегородки при этом по экспериментальным данным, должна быть не менее 20 мм, а $\frac{a}{c} \gg 1$.

Гидродинамический расчет при принятых геометрических размерах элементов подшипника производится по формуле [6, стр. 70]

$$\Phi_p = \frac{q \psi^2}{m \omega}$$

где Φ_p - безразмерная величина - коэффициент нагруженности подшипника;

$q = \frac{P}{\pi d_n}$ - удельная нагрузка на подшипник, кг/см²;

$\psi = \frac{2\delta}{d_n}$ - относительный зазор подшипника;

$\omega = \frac{\pi n}{30}$ - угловая скорость вращения вала, с⁻¹;

m - динамический коэффициент вязкости (для воды при 20°C $m = 102,4 \cdot 10^{-6}$ кгс/м²).

Удельная нагрузка определяется с учетом уменьшения поверхности трения в подшипнике вследствие наличия несущих камер.

Зная Φ_p и $\frac{L}{d_n}$, по табл. 24 [6], находим относительный эксцентриситет цапфы в подшипнике ε . Минимальную толщину смазочной пленки определяем по формуле

$$\delta_{min} = \delta(1 - \varepsilon) \quad (3)$$

Если $\delta_{min} \geq 10$ мкм, то размеры перегородок принимаем окончательно без изменения. В противном случае пропорционально увеличиваем L и a и снова производим гидродинамический расчет подшипника.

5. Частота вращения вала насоса n определяется при расчете насоса. У эксплуатируемых насосов она известна.

6. Величина начального давления смазочной воды P_H устанавливается в зависимости от требуемого значения несущей способности подшипника (в пределах исследованных нами значений 4-15 кГ/см²).

7. Несущая способность гидростатического подшипника высчитывается по следующей формуле

$$F = (P_1 - P_3)(l_0 + l_1) \frac{d_n}{2} \left[\sin \frac{\alpha}{2} + \sin \left(\frac{\alpha}{2} + \beta \right) \right]. \quad (4)$$

8. Давления в камерах подшипника определяются решением системы уравнений:

$$\begin{aligned} A\sqrt{P_H - P_1} &= P_1 S^3 [(1-\varepsilon)^3 B + 2(1+\varepsilon \cdot 0,707)^3 C] - P_2 S^3 (1-\varepsilon \cdot 0,707)^3 - P_4 S^3 (1-\varepsilon \cdot 0,707)^3 \\ A\sqrt{P_H - P_2} &= P_2 S^3 [B + (1+\varepsilon \cdot 0,707)^3 C + (1-\varepsilon \cdot 0,707)^3 C] - P_1 S^3 (1-\varepsilon \cdot 0,707)^3 - P_3 S^3 (1+\varepsilon \cdot 0,707)^3 \\ A\sqrt{P_H - P_3} &= P_3 S^3 [(1+\varepsilon)^3 B + 2(1+\varepsilon \cdot 0,707)^3 C] - P_2 S^3 (1+\varepsilon \cdot 0,707)^3 - P_4 S^3 (1+\varepsilon \cdot 0,707)^3 \\ A\sqrt{P_H - P_4} &= P_4 S^3 [B + (1+\varepsilon \cdot 0,707)^3 C + (1-\varepsilon \cdot 0,707)^3 C] - P_1 S^3 (1+\varepsilon \cdot 0,707)^3 - P_3 S^3 (1-\varepsilon \cdot 0,707)^3 \end{aligned} \quad (5)$$

где $A = m f_0 \sqrt{\frac{2\sigma}{r}}$, $B = \frac{b_0 + a}{\varepsilon \pi e}$, $C = \frac{l_0}{12 \pi a}$ (m и f_0 - соответственно коэффициент расхода и площадь сечения отверстия диафрагмы; P_1, P_2, P_3, P_4 - давление в соответствующей камере подшипника): Для решения системы (5) предлагается применять "Метод скорейшего спуска" [1] с использованием ЭВМ.

9. Расход жидкости, идущей на смазку гидростатического подшипника с диафрагменной компенсацией равен

$$Q = m f_0 \sqrt{\frac{2\sigma}{r}} (\sqrt{P_H - P_1} + 2\sqrt{P_H - P_2} + \sqrt{P_H - P_3}) \quad (6)$$

Коэффициент расхода m определяется по методике В.И. Монахова [3], а в пределах диаметра отверстий 4÷9 мм можно принимать $m = 0,6$ (по данным тарировки диафрагм).

10. Общие значения F_0 и Q_0 выводятся умножением на корректирующие коэффициенты, полученные экспериментальным путем:

$$F_0 = K_\rho K_n F, \quad (7)$$

$$Q_0 = K_Q K_{br} Q \quad (8)$$

Коэффициенты, учитывающие несовпадение расчетных и экспериментальных значений несущей способности подшипника K_ρ , расхода смазки K_Q , а также увеличение несущей способности при вращении цапфы K_n , определяются по таблицам 1, 2, 3. Коэффициент K_{br} принимается равным 0,9 (уменьшение расхода смазки за счет увеличения сопротивления в щелях подшипника при вращении цапфы).

Т а б л и ц а 1

Значения K_ρ

$\rho_n, 2$ кг/см ²	ε			
	0,25	0,50	0,75	0,95
15	0,65	0,70	0,80	0,95
12	0,70	0,75	0,80	1,00
8	0,70	0,75	0,80	1,00
4	0,70	0,85	0,95	1,20

Т а б л и ц а 2

Значения K_Q

$P_H, \text{кг/см}^2$:	15	12	8	4
K_Q	0,70	0,75	0,85	0,90

Т а б л и ц а 3

Значения K_n

$v, \text{м/с}$	ρ_n кг/см ²	ϵ		
		0,25	0,50	0,75
4	12	1,2	1,15	1,15
	8	1,10	1,05	1,05

Полученные значения общей несущей способности подшипника для его надежной работы необходимо умножить на коэффициент запаса K'_n , который предлагается брать в пределах 1,5÷3.

11. Диаметр отверстия дроссельных диафрагм d_o определяется из условия $\zeta = 1$, где ζ — отношение суммы площадей отверстий дроссельных диафрагм к сумме площадей двух торцовых щелей подшипника. Отсюда $d_o = \sqrt{2d_n \delta}$

12. Диаметр соединительных трубопроводов для четырехкамерного подшипника

$$d_{mp} = \sqrt{\frac{Q}{\pi v_{mp}}},$$

где v_{mp} — скорость жидкости (воды) в трубопроводе, которая должна удовлетворять условию $v_{mp} \leq 4 \text{ м/с}$.

Гидростатические подшипники диаметром 180 и 215 мм, рассчитанные по предлагаемой методике, изготовлены и установлены в насосе ОП5-110Э Алатской насосной станции Амударьинского машинного канала и проходят длительные производственные испытания. После 7 тыс. часов работы износа поверхностей шейки вала и вкладыша не наблюдалось. Это позволяет считать предложенную методику приемлемой для практических расчетов гидростатических радиальных подшипников применительно к крупным вертикальным насосам осевого типа.

Л и т е р а т у р а

1. Б е р е з и н И.С., Ж и д к о в Н.П. Методы вычислений, т. II, М., Физматгиз, 1960.
2. К о в а л е в Н.Н. Гидротурбины, Л. изд-во "Машиностроение", 1971.
3. М о н а х о в В.И. Измерение расхода и количества жидкости, газа и пара. М.-Л., Госэнергоиздат, 1962.
4. П а к П.Н. Подшипник скольжения гидростатического типа. Труды САНИИРИ, вып. 122, Ташкент, 1970.
5. П а к П.Н. К теории четырехкамерных радиальных гидростатических подшипников. Труды САНИИРИ, вып. 131, Ташкент, 1972.
6. Ч е р н а в с к и й С.А. Подшипники скольжения. М., Машгиз, 1963.

В.П. СВЕТИЦКИЙ
канд. технических наук

ВОПРОСЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ВОЗВРАТНЫХ ВОД

Возвратные воды следует рассматривать в трех аспектах: как один из обобщенных показателей оптимальности комплекса мероприятий, применяемых в орошаемом земледелии; как один из определяющих факторов при установлении оросительной способности водных источников и как дополнительные водные ресурсы. Первые два имеют большое значение для планирования и оперативного управления процессами в мелиорации и орошении земель, последний является важным элементом водохозяйственных балансов в расчетах для проектных проработок.

Несмотря на большой научный и практический интерес к проблеме возвратных вод, последние до настоящего времени изучены мало, и методика их исследований почти не разработана.

В данной работе предлагаются некоторые рекомендации по методике исследования, выведенные из опыта изучения возвратных вод в бассейнах рек Средней Азии.

Для изучения возвратных вод необходимы гидрологические, метеорологические, гидрогеологические и водохозяйственные исходные данные.

Гидрологические данные характеризуют речной сток, который формируется под влиянием сложного взаимодействия климатических, геоморфологических, гидрогеологических, почвенных, ботанических и других условий. Это, прежде всего, материалы непосредственных наблюдений в виде стоковых характеристик, среднемесячных расходов и горизонтов воды, кривых расходов воды за весь ряд фактических наблюдений (или за расчетный ряд длительностью не менее 15-20 лет).

Орошаемое земледелие в современных условиях базируется в основном на поверхностном стоке речных систем: ресурсы их — решающий фактор в развитии орошения. Они характеризуются стоковыми данными в виде рядов за многолетний период, внутригодовым распределением его и изменчивостью стока в паводок и межень.

Метеорологические данные собираются и обрабатываются за тот же период, что и гидрологические, по элементам, необходимым для определения испарения с водной поверхности и с суши (температура, ветер, влажность, дефицит влаги, данные актинометрических наблюдений).

Гидрогеологические условия определяют ту среду, в которой формируются возвратные воды. Это, прежде всего, литология горных пород, их фильтрационные свойства, грунтовые воды и режим. Фильтрационные воды с орошаемых земель, попадая в зону аэрации, взаимодействуют с грунтовыми водами и далее проявляют себя как единый поток грунтовых вод. Определяющим здесь является количественная и качественная характеристики объемов (запасов) и химического состава грунтовых вод, их изменчивость внутри года и по годам.

Геологические и гидрогеологические материалы необходимы в виде геоморфологических и литологических характеристик исследуемой территории с подробным освещением зоны аэрации и данных гидроразжимных наблюдений по скважинам, шурфам и колодцам. Подобные материалы должны достаточно полно освещать бассейн питания возвратных вод как по количеству пунктов наблюдений, так и по продолжительности ряда. Желательно, чтобы он соответствовал гидрологическому ряду.

Водохозяйственные условия характеризуют следующие данные: методы орошения и способы полива; водопотребление на орошение основных сельскохозяйственных культур; водопотребление на промывку засоленных земель; коэффициенты полезного действия каналов всех степеней и систем; водозаборы в целом по системе; сбросы с полей орошения; отбор воды из сбросов и из коллекторов на орошение (повторное использование, возможности очистки — полной нейтрализации вредных растворенных веществ); общая характеристика орошаемой территории — орошаемые площади, состав культур, их динамика; оросительная сеть — водозаборные сооружения; ирригационная сеть и динамика ее развития; гидромелиоративная сеть и этапы ее развития; режим работы (количественные и качественные характеристики стока); результаты расчетов русловых балансов по ирригационным системам и их частям.

В исследованиях возвратных вод должно быть теоретическое и научно-техническое направления. Первое направление включает в себя изучение генезиса возвратных вод, исследование механизма движения (физики явления) и математическое описание процессов формирования и движения; второе — разработки методов исследований возвратных вод в природных условиях, уточнение методов количественной оценки их в приложении к главным бассейнам рек Средней Азии, изучение режимов и условий формирования на этих объектах, изучение вопросов отвода и транзита сильноминерализованных вод и разработку предложений по оптимальному использованию возвратных вод.

Рассмотрим один из перечисленных вопросов — опыт генетического анализа возвратных вод методом электро-гидродинамических аналогий.

Некоторые явления, например, движение установившегося фильтрационного потока в пористой среде, движение идеальной жидкости, газа, электрического тока и другие процессы, характеризуются одним и тем же дифференциальным уравнением в частных производных. Поэтому метод математического моделирования, или аналогии, заключающийся в решении заданного уравнения путем экспериментального изучения физических явлений, получил широкое распространение. Это моделирование по сравнению с физическим имеет преимущество в том, что оно является более общим, так как рассматривает целый класс аналогичных явлений, характеризуемых одним уравнением. Такие уравнения наиболее просто и удобно решать методами электрических аналогий.

Изучение пространственного фильтрационного потока больших территорий — сложная задача; решить ее аналитическим путем весьма трудно.

Один из наиболее эффективных, получивших широкое распространение методов определения количественных характеристик подземных вод — экспериментальный, известный как метод электрогидродинамических аналогий (ЭГДА). Метод ЭГДА может быть использован при генетическом анализе русловой приточности с разделением последней на две составляющие — возвратные воды и грунтовые.

Решение этой задачи осуществляется в два этапа. В первом моделируются природные условия исследуемой территории и существующая оросительная и коллекторно-дренажная сети (т.е. наличие искусственного орошения), во втором — только природные условия. Количественные показатели грунтового потока в первом случае характеризуются грунтовыми и возвратными водами совместно, во втором — только грунтовыми, а их разность — возвратными водами.

Ниже излагаются некоторые результаты исследований в долине р.Зарафшан, выполненных (по нашему предложению) специализированной группой под руководством А.А.Адылова.

Построенная методом ЭГДА карта гидроизогипс исследуемой части бассейна р.Зарафшан позволила выявить области питания и разгрузки грунтовых вод, формирующихся за счет фильтрации из ирригационной сети и полей орошения, атмосферных осадков и притока грунтовых вод из предгорий. Разгрузка же грунтовых вод происходит в русле р.Зарафшан.

В результате исследований методом ЭГДА определен сток грунтовых вод в р.Зарафшан от ст.Дупули до ст.Зиатдин в двух вариантах: в первом при орошении приток грунтовых вод в русло р.Зарафшан составил $46 \text{ м}^3/\text{с}$, или 1450 млн.м^3 в год; во втором — до орошения — естественный приток грунтовых вод определен в $21 \text{ м}^3/\text{с}$, или 670 млн.м^3 в год. Отсюда величина возвратных вод оценена как разность притока грунтовых вод в реку при современном орошении и до орошения в $21 \text{ м}^3/\text{с}$, или 785 млн.м^3 в год. Если в эту величину ввести коррективу на испарение с пойменных земель, имеющих близкое залегание грунтовых вод, то она составит 385 млн.м^3 в год.

По данным расчетов руслового баланса на исследуемом участке р.Зарафшан величина русловых возвратных вод составляет 447 млн.м^3 в год. В этих расчетах величина испарения с пойменных земель учтена в исходных стоковых характеристиках.

Таким образом, оценка русловых возвратных вод методом ЭГДА (385 млн.м^3 в год) и методом руслового баланса (447 млн.м^3 в год) показала близкие результаты.

А.П.ОРЛОВА
канд.техн.наук, зав.отделом
Л.В.ЯРОШЕНКО
ст.инженер
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ЯДОХИМИКАТАМИ И УДОБРЕНИЯМИ КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНОГО СТОКА ЧИРЧИК-АНГРЕНСКОГО БАССЕЙНА

В комплексе мероприятий по обеспечению высоких уроков сельскохозяйственных культур значимое место занимает химический метод защиты растений от вредителей и болезней. Ущерб, наносимый сельскому хозяйству вредителями и болезнями растений, огромен, и поэтому не случайно, что во всех странах мира производство пестицидов с каждым годом возрастает.

В настоящее время намечается постепенная замена хлорорганических пестицидов, обладающих высокой токсичностью и способностью накапливаться в организме человека и животного, фосфорорганическими инсектицидами (ФОИ). Преимущество их, по сравнению с другими химическими средствами, в способности быстро разрушаться во внешней среде с образованием нетоксичных продуктов. Использование ФОИ в хлопководстве разрешило проблему защиты хлопчатника от сосущих вредителей.

Узбекистан занимает одно из первых мест в Союзе по использованию пестицидов на 1 га сельскохозяйственных угодий — 34,4 кг, тогда как в РСФСР — 1,1 кг, на Украине — 2,32 кг, Белоруссии — 1,73 кг.

Агротехнические особенности поливного хлопководства заключаются в том, что здесь широко используется комплекс ядохимикатов и удобрений. Как ядохимикаты, так и удобрения имеют следующее поэтапное применение:

1) предпосевное протравливание семян, их обеззараживание (трихлорфенолят меди, 12%-ный гексахлоран);

2) опрыскивание хлопчатника против сосущих вредителей (рогор и его аналоги, антио, тиофос, метилмеркаптофос, севин, полидофен и др.);

3) опыление - борьба с хлопковой совкой и карадриной (ДДТ, гексахлоран);

4) дефолиация и десикация - предуборочное обезлиствление хлопчатника и подсушивание на корню (хлорат магния, бутифос, хлорат хлорид кальция).

Однако широкое использование химических средств защиты растений приводит к загрязнению ирригационной сети - крупных и мелких каналов, оагарьков, рек грунтовых и артезианских вод, которое может происходить при сбросе коллекторно-дренажных вод с полей орошения, в результате смыва химикатов с поверхности почв (снег, дождь), при обработке водоемов с целью уничтожения различных вредителей, а также спуске сточных вод промышленными объектами, вырабатывающими ядохимикаты.

Режим и степень загрязнения ядохимикатами и удобрениями водотоков Узбекистана изучены мало. Назрела необходимость более детального исследования всех факторов, влияющих на вынос ядохимикатов, в том числе сроков, способов и доз вносимых препаратов. Данные исследования выполняются в САНИИРИ в отделе охраны водных ресурсов с 1971 г.

В натуральных условиях изучали режим и степень загрязнения пестицидами и удобрениями коллекторно-дренажных и сбросных вод Чирчик-Ангренского бассейна. Определялось также влияние ассортимента применяемых ядохимикатов и удобрений на качество и степень загрязнения воды.

Анализ показал, что хлопковые поля обрабатывались рогором и его аналогами: БИ-58, фосфамидом, диметоатом, антио, а также ДДТ и севином в два или три тура из расчета 2-2,5 кг ядохимиката на одну обработку. Для дефолиации применялся хлорат магния - 18-20 кг/га и бутифос - 2,5-3,0 кг/га.

В результате исследования коллекторов выявлено следующее.

1. Коллекторы Чирчик-Ангренского бассейна загрязнены в основном хлорорганическими пестицидами. После первого тура обработки загрязнение достигает 0,05 -

0,77 мг/л по бассейну р.Чирчик и 0,03-0,18 мг/л-по бассейну р.Ахангаран; после второго, соответственно. 0,010 - 1,04 мг/л и 0,08-0,304 мг/л.

2. Загрязнение фосфорорганическими пестицидами коллекторно-дренажных вод по Чирчикскому бассейну после первого тура обработки находится в пределах 0,001-0,036 мг/л; по Ахангаранскому - от 0,0 до 0,003 мг/л. После второго тура обработки, соответственно, от 0,001 до 0,042 мг/л и от 0,0 до 0,011 мг/л.

3. После дефолиации в коллекторных водах Чирчикского бассейна содержалось от 0,22 до 2,24 мг/л хлората магния; Ахангаранского - от 0,19 до 0,416 мг/л.

4. Загрязнение отдельных участков в несколько раз превышает ПДК (смыв тары, площадок, одежды и т.д.).

5. По р.Чирчик после сбросов коллекторных вод концентрация хлорорганических пестицидов на отдельных участках была равна 0,2-0,34 мг/л, фосфорорганических - от 0,001 до 0,018 мг/л; по р.Ахангаран изменялась, соответственно, от 0,011 до 0,352 мг/л и от 0,0 до 0,0022 мг/л.

Были проведены также натурные исследования степени загрязнения ядохимикатами и удобрениями сбросных вод и опытного поля СоюзНИХИ, а также колхозов "Полярная Звезда" и им.Ахунбабаева Ташкентской области.

По данным исследований, которые проводились в течение всего вегетационного периода содержание фосфорорганических ядохимикатов в сбросных водах (рогоз и его аналогов) достигало до 0,17 мг/л; хлорорганических - от 0,45 до 0,80 мг/л. Внесение удобрений в почву повышает как в коллекторной, так и в сбросной воде с хлопковых полей содержание нитратов до 26,5 мг/л, аммиака до 1,0 мг/л. фосфатов до 0,15 мг/л.

На основании приведенных выше данных был произведен расчет выноса ядохимикатов и удобрений коллекторно-дренажными водами.

Оказалось, что коллекторно-дренажными водами выносятся 1,1-2,5% хлорорганических и 0,2-0,5% фосфорорганических ядохимикатов от количества примененных для обра-

ботки полей. В сбросных водах содержится 11,5% хлорорганических соединений, вносимых в первую и вторую обработки полей, а также 0,3% фосфорорганических ядохимикатов. Суммарный вынос пестицидов с хлопкового поля составил 2,5-4,2% от вносимых на поля и применяемых при дефолиации ядохимикатов.

За период вегетации коллекторно-дренажными водами в среднем выносятся 22,5% азотных удобрений от общего количества внесенных (в пересчете на азот); фосфорных почти в 10 раз меньше - 0,3%.

Общее количество азотных и фосфорных удобрений, внесенных с опытного хлопкового поля за период вегетации составило соответственно 5,0 и 0,64%.

Кроме натурных исследований были проведены лабораторные испытания, целью которых являлось изучение процессов самоочищения водотоков и установление зависимости скорости разложения ядохимикатов в природных водах от различных факторов (температуры, pH, донных отложений, вида воды и т.д.).

Исследования проводились с рогором и его аналогами (БИ-58, диметоатом), наиболее широко применяемыми в условиях Средней Азии при выращивании хлопчатника. Опыты выполнялись с речной (р.Чирчик), коллекторной и дистиллированной водой в стеклянных сосудах емкостью 30 л.

Изучали также наличие биогенных веществ (аммиака, нитратов, нитритов), солевой состав и кислородный режим (O_2 и БПК₅).

Испытания воды при pH равной 3,5 показали, что первоначальная концентрация рогора не меняется длительное время; при pH = 9 на четвертые сутки омыляется 64% ядохимиката; при pH = 13 через 3 часа ядохимиката в растворе не обнаруживается.

Итак, выяснено, что в кислой среде рогор и его аналоги устойчивы, в щелочной-подвергаются быстрому гидролизу.

Для выяснения зависимости скорости распада рогора от температуры воды были поставлены опыты с речной водой при температуре 4, 18, и 70°C при pH = 8,3. В ре-

зультате установлено, что при температуре 3-4°C процесс разложения ядохимиката и адсорбция его грунтом резко тормозится; при 18-20°C и той же начальной концентрации процесс распада рогора ускоряется почти в 10 раз. 50%-ный гидролиз его при температуре 70°C происходит за 8,5 час. Таким образом, повышение температуры раствора при одном и том же значении рН и начальной концентрации способствует ускорению разложения ядохимиката.

При начальной концентрации рогора 0,2 мг/л, рН = 8,3 время распада ядохимиката в речной воде определилось в 42 дня; при той же концентрации, но с грунтом, взятым в соотношении 1:50 по весу, процесс разложения закончился за 24 дня, т.е. почти в 2 раза быстрее. Следовательно, донные отложения активно адсорбируют пестициды. Сравнения показали, что на 25 день опыта концентрация рогора в речной воде достигает 0,01 мг/л, в коллекторной - 0,02 мг/л, при одной и той же начальной концентрации 0,2 мг/л.

Процесс самоочищения в речной воде протекает в 3 раза интенсивнее, чем в коллекторной, что объясняется наличием большого количества водорослей, микроорганизмов, а так же зависит от солевого состава воды.

В результате сложного биохимического процесса, протекающего при участии различных бактерий и ферментов, гидролитический распад рогора приводит к выделению аммиака; в связи с этим в воде и грунте происходит интенсивный процесс нитрификации, вследствие чего в конце опыта наличие нитратов в растворе повышается до 28,7 мг/л, БПК₅ до 5 мг/л, нитритов до 0,65 мг/л. Кривая распада и адсорбции рогора представляет собой изотерму Фрейндлиха, выраженную зависимостью

$$A = KC^{\frac{1}{n}}$$

Однако остаточные величины ядохимиката и образующиеся при его разложении метаболиты нами достаточно не изучены.

Как видно из сказанного выше, концентрация загрязнения ядохимикатами коллекторных и сбросных вод иногда превышает предельно допустимые нормы в несколько раз. В связи с этим необходимо разработать и внедрить в произ-

водство ряд мероприятий по охране качества вод. К ним, в частности, относятся:

а) применение биологических средств защиты растений от болезней и вредителей,

б) использование нетоксичных или малотоксичных пестицидов для обработки хлопковых полей от всех видов вредителей и сорняков;

в) предупреждение загрязнения водоемов возвратными водами с полей орошения (обеззараживание в специальных сооружениях, повторное использование);

г) предупреждение загрязнения вод ливневым стоком, содержащим примеси (устройство прибрежных водоохранных зон - лесозащитных полос, луговых урочищ, зон отчуждения, разомкнутых прибрежных емкостей и ряд других мероприятий).

Применение комплекса перечисленных выше мероприятий поможет предотвратить загрязнение сбросных и коллекторно-дренажных вод ядохимикатами.

В.А.НИКОЛАЕНКО
мл.научный сотрудник
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДОХРАНИЛИЩ УЗБЕКИСТАНА

Для успешного решения водохозяйственных задач в Узбекистане необходимо проведение всесторонних научно-исследовательских работ по различным водохозяйственным системам. Значительное место в этих работах должны занимать гидрохимические исследования.

За период 1967-1972 год нами были изучены девять водохранилищ Узбекистана, воды которых используются для различных целей народного хозяйства (таблица).

Т а б л и ц а

Элементы морфометрической характеристики исследованных водохранилищ

Водохранилище	Водный объект	Тип водохранилища	Максимальный объем, млн.м ³
Чарвакское	р.Чирчик	русловой	2006
Тудакульское	бас.р.Зарафшан	наливной	1000
Куимазарское	то же	"	350
Каттакурганское	то же	"	900
Южносурханское	р.Сурхандарья	русловой	800
Учкызылское	то же	наливной	160
Чимкуртанское	р.Кашкадарья	русловой	500
Пачкамарское	р.Гузардарья	русловой	280
Джизакское	р.Санзар	наливной	90

Все водохранилища Узбекистана тепловодны. Летом поверхностные слои воды прогреваются от 22 до 32⁰С. Разность поверхностных и придонных слоев обычно не превышает 10⁰С. Наиболее тепловодны Южносурханское и Учкызылское;

самое холодноводное – Чарвакское.

Содержание растворенного кислорода в воде водохранилищ достаточно высокое, и нередко наблюдаются случаи не-большого кислородного перенасыщения в поверхностных слоях, особенно в летний период (102–127%). В придонных слоях насыщенность в несколько десятков раз меньше.

Необходимо отметить, что в летний период усиливаются окислительные процессы и при плохой очистке ложа водохранилища в придонных слоях содержание кислорода может понижаться до ничтожно малых величин и даже отсутствовать совсем. Пример – Джизакское водохранилище, в первый год наполнения которого (30 млн.м³) в летний период была обнаружена бескислородная зона в придонных слоях приплотинного участка.

Режим основного ионного состава воды водохранилищ Узбекистана тесным образом связан с гидрологическим режимом питающих их рек и каналов. Поэтому минимальные значения главных ионов наблюдаются в весенне-летний период (паводок), а максимальные – в конце осенне-зимней межени (январь-март).

Самое маломинерализованное водохранилище в Узбекистане – Чарвакское, среднегодовая минерализация его не превышает 202 мг/л (118–244 мг/л); а самое сильноминерализованное – Тудакульское, сумма ионов достигает здесь 3,0 г/л.

По степени минерализации водохранилища Узбекистана можно разделить на 3 градации:

1. С хорошей минерализацией (до 1,0 г/л) – Чарвакское, Каттакурганское, Чимкуртанское, Южносурханское, Учкызылское, Кукмазарское и Джизакское.

2. С удовлетворительной минерализацией (от 1,0 до 2,0 г/л) – Пачкамарское.

3. С предельной минерализацией (от 2,5 до 3,0 г/л – Тудакульское.

По общей жесткости водохранилища делятся на 4 группы:

а) с мягкой водой – Чарвакское (1,45–3,0 мг.экв/л);

б) с умеренно жесткой водой – Джизакское, Каттакурганское, Чимкуртанское, Южносурханское (в летний паводок) (3,65–5,90 мг.экв/л).

в) с изменяющейся жесткой и очень жесткой водой – Учкызылское, Кукмазарское и Южносурханское (в осенне-зимнюю

межень) (7,00–11,40 мг.экв/л);

г) с очень жесткой водой – Тудакульское и Пачкамарское (11,7–32,3 мг.экв/л).

В катионном составе вод водохранилищ преобладают ионы кальция и магния, изредка натрия, в анионной части – гидрокарбонаты и сульфаты.

Согласно классификации О.А.Алекина [1], воды водохранилищ Узбекистана относятся ко второму типу ($HCO_3^- < Ca^{2+} + Mg^{2+} \leq HCO_3^- + SO_4^{2-}$) кроме Тудакульского, вода которого относится к третьему типу ($HCO_3^- + SO_4^{2-} < Ca^{2+} + Mg^{2+}$), а класс и группа их не одинаковы. Обнаружена вода, относящаяся к следующим классам и группам:

- гидрокарбонатно-кальциевым;
- гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевым;
- гидрокарбонатно-сульфатно-магниевым;
- гидрокарбонатно-сульфатно-натриевым;
- сульфатно-кальциевым;
- сульфатно-магниевым;
- сульфатно-натриевым;
- сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевым;
- сульфатно-гидрокарбонатно-магниевым.

Водоохранилища Узбекистана более бедны биогенными элементами и органическим веществом, чем в Европейской части СССР. В первый год наполнения водохранилищ содержание этих веществ в 3–5 раз больше, чем в последующие годы. Такое явление наблюдалось в Джизакском и Чарвакском водохранилищах. Это обусловлено вымыванием воднорастворимых органических веществ из залитых площадей земель и растительного покрова. При благоприятных температурных условиях происходят процессы ферментативного гидролиза, минерализация органического вещества и остатков водных организмов.

В водохранилищах нашей республики содержание общего азота не превышает 4,2 мг/л, фосфатов – 0,06 мгР/л и кремнекислоты – 4,2 мг Si /л.

Результаты наших исследований позволяют дать следующую оценку качеству вод водохранилищ.

1. Вода Чарвакского, Южносурханского, Учкызылского, Чимкурганского, Каттакурганского и Джизакского водохрани-

лиц согласно ГОСТу 2761-57 [2] по всем показателям вполне благоприятна для использования ее на водоснабжение.

2. Менее удовлетворительной является вода Кукмазарского водохранилища.

3. Вода Пачкамарского водохранилища почти по всем показателям превышает нормы указанного выше ГОСТа (кроме хлоридов), поэтому мало пригодна для водоснабжения.

4. Вода Тудакульского водохранилища для водоснабжения не пригодна.

По ирригационным показателям вода большинства водохранилищ является хорошей, Кукмазарского – удовлетворительной, а Тудакульского – неудовлетворительной.

Воды в основном не агрессивны, и только в некоторых водохранилищах – Кукмазарском, Тудакульском, Пачкамарском и Учкызылском – проявляется сульфатная агрессивность.

В ы в о д ы

1. Термический режим водохранилищ Узбекистана благоприятен для разведения в них теплолюбивых видов рыб.

2. Содержание растворенного кислорода вполне достаточно для развития гидробионтов, но при плохой очистке ложа водохранилища в летний период может наступить его дефицит.

3. Минерализация воды в водохранилищах Узбекистана колеблется в широких пределах – от 120 до 3000 мг/л.

4. Водохранилища Узбекистана бедны биогенными элементами и органическим веществом, за исключением первых лет накопления.

5. Большинство вод водохранилищ Узбекистана обладают хорошим качеством и являются вполне пригодными для водоснабжения и орошения. К неудовлетворительной относится вода Тудакульского водохранилища.

Л и т е р а т у р а

1. А л е к и н О.А. Основы гидрохимии. Гидрометеиздат, Л., 1970.
2. Г О С Т 2761-57. Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Правила выбора и оценки качества. М., 1957.

Е.Н.МИХЛИН
аспирант
Р.Д.БЕРШТИН
ст.преподаватель

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ФИЛЬТРОВ В ИССЛЕДОВАНИЯХ ДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ МАШИН

Случайные процессы, встречающиеся при работе сельскохозяйственных агрегатов, обычно имеют широкополосный спектр дисперсий, начинающийся от $\omega = 0$. Часто возникает необходимость выделить из процесса низкочастотные составляющие, так как составляющие с периодом, соизмеримым с длиной реализации, ведут к нестационарности реализации по математическому ожиданию, что существенно искажает оценки статистических характеристик процесса $[1]$. Кроме того, в связи с условиями работы машины исследователя может интересоваться только узкий диапазон частот, ограниченный как справа, так и слева. Например, при рассмотрении динамической системы с входным воздействием — профилем поля и выходным процессом — глубиной хода сошника или напряжением в раме машины — исследователей не интересуют частоты колебаний неровностей поля ниже определенного предела, так как они не влияют на глубину хода сошника или напряжения. Даже в тех случаях, когда исследователя интересуют все составляющие спектра, целесообразно делить его на низкочастотный и высокочастотный диапазоны, а дальнейшие исследования проводить отдельно.

Наиболее эффективным методом разделения составляющих с различными частотами является применение математических фильтров. Такая фильтрация заключается в замене исходного процесса $x(t)$ на процесс $\hat{x}(t)$, который вычисляется по выражению

$$\hat{x}(t) = x(t) - \frac{1}{2T} \int_{-T}^T f(\tau) \cdot x(t + \tau) d\tau,$$

где $f(\tau)$ - временная характеристика фильтра.
Известно несколько видов их весовых функций [2]

$$\begin{aligned} f_1(\tau) &= 0,5 \\ f_2(\tau) &= 1 - \frac{|\tau|}{T} \\ f_3(\tau) &= 0,75 \left[1 - \left(\frac{\tau}{T} \right)^2 \right] \end{aligned}$$

Этим временным характеристикам соответствуют амплитудно-частотные характеристики фильтров:

$$A_1(\omega) = 1 - \frac{\sin \omega T}{\omega T} \quad (1)$$

$$A_2(\omega) = 1 - \left(\frac{\sin \omega T}{\omega T} \right)^2 \quad (2)$$

$$A_3(\omega) = 1 - 1,5 \left(\frac{\sin \omega T}{\omega T} + \frac{\cos \omega T}{\omega^2 T^2} - \frac{\sin \omega T}{\omega^3 T^3} \right) \quad (3)$$

Из графиков, приведенных на рисунке, видно, что фильтры не только уменьшают колебания с частотой ниже $\omega_{\text{НС}}$, но и изменяют составляющие рабочего диапазона. Чтобы приблизить характеристики фильтров к идеальной, необходимо восстановить составляющие рабочего диапазона частот.

Спектральная плотность исходного процесса и отфильтрованного связаны соотношением

$$S_A(\omega) = [A(\omega)]^2 S_x(\omega),$$

а спектральная плотность исходного сигнала в рабочем диапазоне частот равна

$$S_x(\omega) = \frac{S_A(\omega)}{[A(\omega)]^2}$$

Диапазон частот, меньших разрешающей способности спектральной плотности, восстанавливать и вообще рассматривать не следует, так как спектральная плотность в этом диапазоне будет отображать частотную характеристику фильтра, метод вычислений и т.д., но не сам процесс.

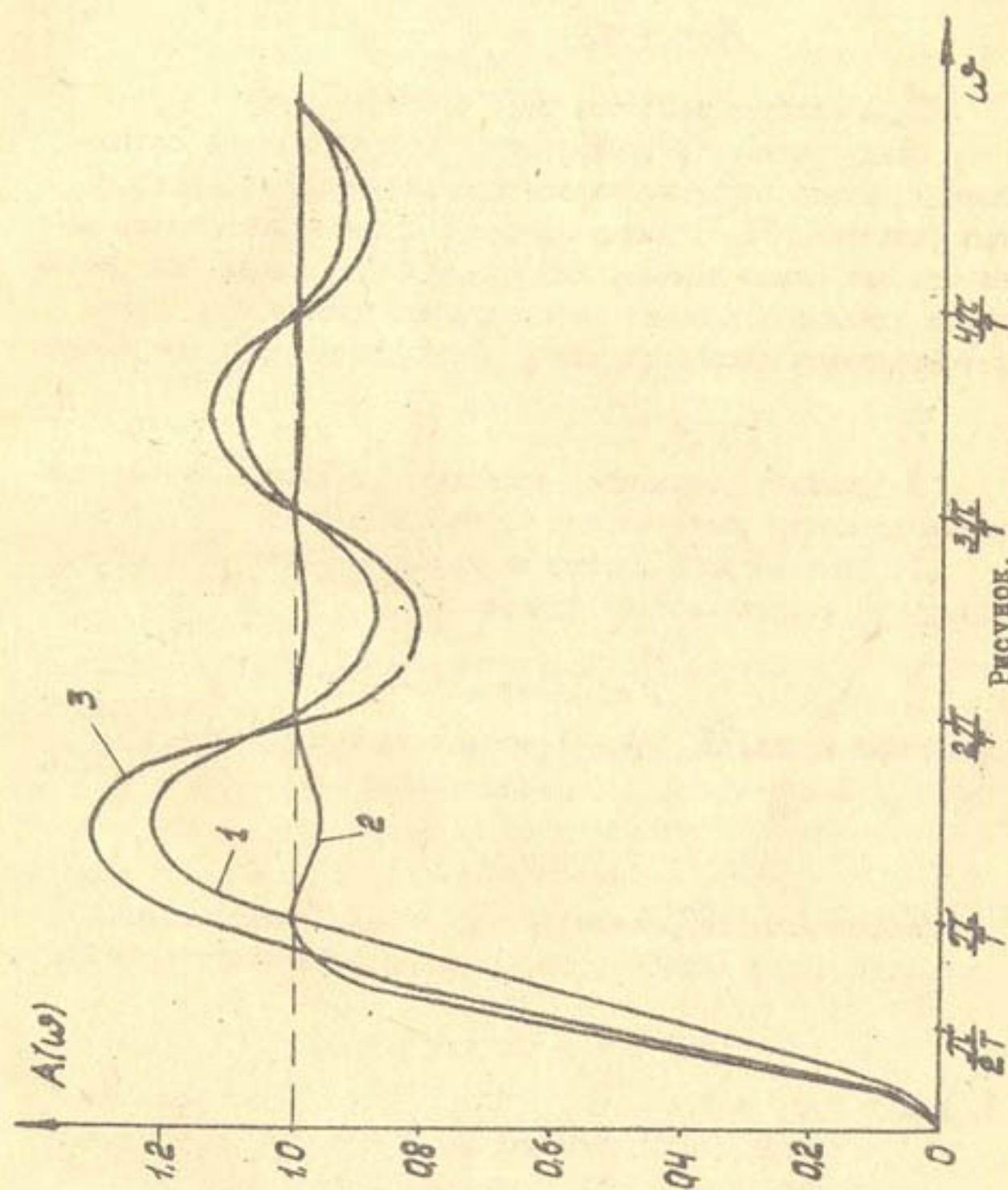


Рисунок.
Амплитудно-частотная характеристика фильтра.

Разрешающая способность спектральной плотности определяется длиной корреляционной функции T_{max} , т.е.

$$B_e = \frac{1}{T_{max}}$$

T_{max} следует выбирать так, чтобы $\omega_{nc} T_{max} \gg B_e$.

Ввиду того, что производится восстановление составляющих, можно воспользоваться простейшим из вышеуказанных фильтров [1]. Длину базового отрезка желательно выбирать как можно меньше, так как при фильтрации из реализации удаляются крайние отрезки общей длиной $2T$. Можно рекомендовать принимать длину базового отрезка так, чтобы

$$T = \frac{\pi}{2\omega_{nc}}$$

Дальнейшее уменьшение приведет к значительному снижению точности спектральной плотности вблизи ω_{nc} .

По спектральной плотности можно получить соответствующую ей корреляционную функцию:

$$R_x(T) = \int_{\omega_{nc}}^{\omega_{vc}} S_x(\omega) \cos \omega T d\omega;$$

дисперсия процесса D_K в рабочем диапазоне частот $\omega_{nc} \leftarrow \omega \leftarrow \omega_{vc}$ будет равна

$$D_K = \int_{\omega_{nc}}^{\omega_{vc}} S_x(\omega) d\omega,$$

а нормированные корреляционная функция и спектральная плотность будут определяться с помощью этой дисперсии D_K

Л и т е р а т у р а

1. В а л г а А.М., Ш о р е н к о Т.К. К методике вычисления статистических характеристик случайных процессов на ЭЦМ. Записки ЛСХИ, т.155, 1971.
2. К о р н Г. Моделирование случайных процессов на аналоговых и аналого-цифровых вычислительных машинах. М., изд-во "Мир", 1968.

Б.В.МИЛЬКИС
канд. физ.-мат. наук
Э.Д.ЧОЛПАНКУЛОВ
канд. геогр. наук
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)
А.Б.МАЛКОВ
инженер
А.С.САРАЕВ
инженер
(САОГИДРОПРОЕКТ)

ПОТЕРИ СТОКА р.АМУДАРЬИ НА ИСПАРЕНИЕ НА УЧАСТКЕ
ВЕРХНЕАМУДАРЬИНСКИЙ-ЧАТЛЫ

Увязка стока по длине р.Амударьи, выполненная различными авторами (А.К.Проскуряков, 1953; В.Л.Шульц, 1965), свидетельствует о значительных потерях воды.

По данным гидрогеологических исследований и расчетов, суммарная величина фильтрационных потерь здесь составляет $0,3 \text{ км}^3/\text{год}$.

Обширная пойма, заросшая влаголюбивой растительностью, значительные участки подтапливаемых земель, широкое русло в сочетании с сухим и жарким климатом способствуют значительным потерям стока реки на испарение.

Непосредственных наблюдений над испарением с водной поверхности р.Амударьи проводилось очень мало.

Первые сведения о величине испарения с поверхности р.Амударьи, получены еще в 1875 г. Ф.Б.Дорандтом (1878), в 1912-1917 гг. В.В.Цинзерлингом (1927) и в 1910-1917 гг. Л.К.Давыдовым (1925). Но эти данные представляют для нас лишь исторический интерес.

А.К.Проскуряков (1953), рассматривая водный баланс р.Амударьи на участке от г.Керки до г.Нукуса выявил, что у г.Керки величина испарения составляет 1220 мм; у г.Чарджоу 1330; у Ташсака - 1377 и у г.Нукуса-1218 мм.

А.И.Водолажская (1969) для расчета испарения с поверхности Амударьи применила формулу А.П.Браславского и З.А.Викулиной

(1954). Расчет произведен за 1967 г. Полученные ею величины испарения для различных участков составляют от 1372 до 1601 мм.

В связи с изысканиями для составления "Генеральной схемы комплексного использования водных ресурсов р.Амударьи" мы сделали несколько вариантов расчета испарения с водной поверхности реки.

Первые расчеты (1967-1968 гг.) были выполнены по формуле Б.Д.Зайкова (1949):

$$E = 0,2n(e_0 - e_{200}) \cdot (1 + 0,72 W_{200}). \quad (1)$$

За расчетный период с 1958 по 1963 год среднегодовая величина испарения с водной поверхности для Термеза была равна 1190 мм, Керки - 1270, Чарджоу - 1470, Дейнау - 1350, Дарганата - 1260, Тахиаташа - 1390 и Кунграда - 1140 мм (Б.Е. Милькис, 1968).

Шестилетний ряд для получения нормы недостаточен. Однако, как показывают сопоставления основных метеозаменов (средних за шесть лет, с их многолетней нормой), они близки между собой. Характерная особенность изменения годовой величины испарения - увеличение его в районе станций Чарджоу и Тахиаташ, обусловленное, в первую очередь, режимом ветра. Полученные величины испарения были использованы для расчета потерь стока р.Амударьи (А.Б.Малков, А.С.Сараев, Б.Е.Милькис, 1969).

В 1969 г. для определения испарения с водной поверхности нами была использована формула, рекомендованная "Указаниями по расчету испарения":

$$E = 0,14n(e_0 - e_{200}) \cdot (1 + 0,72 W_{200}). \quad (2)$$

Исходными данными были материалы наблюдений девяти метеорологических станций, расположенных в прибрежном районе, вблизи которых на водомерных постах измерялась температура воды (табл. I). Так как эти метеорологические станции находятся в зоне воздействия реки на воздушные массы, в расчетах использовалась абсолютная влажность;

отмеченная на станциях. Скорость ветра с высоты флюгера

Т а б л и ц а I
Список метеорологических станций и постов

Метеорологическая станция	Расстояние от устья	Водомерный пост
Айвадж	1409	Верхнеамударьинский
Термез	1276	В. амударьинский, Келиф
Керки	1045	Керки
Бурдалык	929	Керки, Чарджоу
Чарджоу	820	Чарджоу
Дарганата	611	Дарганата —
Данишеркала	519	Дарганата, Туямун
Ургенч	354	Туямун, Карамышташ
Тахиаташ	230	Чатлы

на высоту 200 см над водной поверхностью вычислена по формуле

$$W_{200} = K_1 K_2 K_3 W_{\varphi}, \quad (3)$$

где коэффициенты, учитывающие местные условия станций и длину разгона ветровой волны над рекой, приняты равными $K_1 = K_2 = 1,0$; $K_3 = 0,85$.

В качестве расчетного использовался период с 1965 по 1968 гг. При некотором различии среднемесячных значений отдельных метеосэлементов по годам, в целом рассматриваемый период характеризуется более низкими, по сравнению с нормой, температурами воздуха в теплый период года и повышенными — зимой. Скорость ветра от года к году почти не меняется и мало отличается от нормы.

Как видно из табл. 2, наименьшее испарение наблюдается в верховьях реки, т.е. в зоне наиболее низких температур воды, наибольшее — в среднем течении, что обусловлено возрастанием температуры воды и повышенными скоростями ветра.

Среднегодовая сумма испарения с водной поверхности по длине р. Амударьи, мм

Пункт	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Сумма за год
Айвадж	46	47	76	90	105	148	175	167	118	99	58	43	1172
Термез	35	42	77	85	140	165	153	150	116	90	53	37	1143
Керки	41	50	76	100	140	167	176	148	107	79	51	45	1180
Бурдалык	42	50	79	123	208	279	286	246	156	101	63	49	1682
Чарджоу	46	50	79	127	206	247	249	234	177	109	66	51	1641
Дарганата	38	42	61	124	192	236	229	207	150	106	59	45	1489
Данишеркала	38	45	75	120	214	265	266	262	182	120	61	43	1691
Ургенч	36	42	72	102	202	228	205	188	144	103	56	45	1423
Тахиаташ	31	32	55	92	170	192	209	200	136	94	50	36	1297

В 1969-1970 гг. для определения испарения с водной поверхности также была использована формула (2). Результаты расчетов приведены в табл. 3. За исходные данные были приняты среднемесячные значения температуры воды в реке и значения абсолютной влажности воздуха и скорости ветра на ближайшей к реке метеостанции.

В качестве расчетного был взят период с 1945 по 1969 год (для пунктов Термез, Керки, Чарджоу и Карамышташ) и с 1953 по 1969 год (для остальных пунктов).

Исследования испарения с водной поверхности и влаголюбивой растительностью, выполненные различными авторами в ходе экспедиций (Ленгидропроект, ГГИ, Институт географии АН СССР, Лаборатория озераведения) как в бассейне р.Амударьи, так и в других районах, показывают, что заросшие полупогруженной растительностью участки теряют на испарение большее количество воды, чем открытая водная поверхность (Н.С.Соседов, 1958; Т.М.Гельбух, 1964; В.Н.Кузнецов, 1959, 1964; Е.Н.Минаева, 1966).

В 1967-1969 гг. Среднеазиатским отделением института Гидропроект совместно с САНИИРИ были проведены наблюдения за испарением и транспирацией на одном из озер заповедника "Тигровая балка" в низовьях р.Вахш. За суммарным испарением с влаголюбивой растительности (тростник, рогоз), наблюдали на испарителях диаметром 1,0 м и глубиной 2,0 м.

Транспирация растений - сложный процесс, зависящий от многих факторов. Учитывая, что в рассматриваемом районе встречаются различные виды тростниковых зарослей, а имеющиеся данные наблюдений характеризуют отличные случаи, для оценки суммарного испарения с заросших водной растительностью участков р.Амударьи мы сочли возможным использовать средние коэффициенты перехода. При первом варианте расчета потерь стока р.Амударьи на испарение были использованы коэффициенты, полученные как средние из коэффициентов по данным Института Географии и Лаборатории озераведения:

Т а б л и ц а 3
Средние многолетние величины испарения с водной поверхности р. Амударьи, мм

Пункт	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Сумма за год
Термез	33	42	68	91	138	169	162	143	114	86	53	35	1134
Керки	37	45	66	83	127	149	165	144	106	78	52	36	1088
Чарджоу	36	44	55	104	161	197	223	195	141	96	62	43	1368
Ильчик	31	36	59	88	154	191	194	172	119	81	49	31	1205
Дарганата	29	36	60	95	155	165	185	156	116	80	42	28	1166
Турткуль	9	24	55	106	164	182	191	156	114	81	51	20	1153
Карамышташ	8	19	53	88	155	188	191	156	114	80	45	22	1119
Чаглы	3	15	46	100	172	198	204	186	131	84	45	22	1206
Техникаул	2	2	22	70	132	142	150	130	89	52	27	3	821

Коэф- фици- ент	: IУ	: У	: УI	: УII	: УIII	: IX	: X	: За пе- риод
-----------------------	------	-----	------	-------	--------	------	-----	------------------

К	1,0	1,1	1,9	2,3	2,0	1,4	1,2	1,56
---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

Последующие наблюдения позволили несколько уточнить эти коэффициенты. При втором варианте расчета были использованы средние из коэффициентов по данным Ленгидропроекта, Лаборатории озераведения, Саогидропроекта и САНИИРИ за 1968 г.:

Коэффи- циент	: IУ	: У	: УI	: УII	: УIII	: IX	: X	: За пе- риод
------------------	------	-----	------	-------	--------	------	-----	------------------

К	1,0	1,1	2,25	2,73	2,58	2,21	1,21	1,88
---	-----	-----	------	------	------	------	------	------

При третьем варианте расчета потерь стока р.Амударьи на испарение были использованы коэффициенты, рассчитанные по формулам, полученным на основе данных наблюдений в низовьях р.Вахи в 1967 и 1968 гг. (Э.Д.Чолпанкулов, 1971):

Коэффи- циент	: IУ	: У	: УI	: УII	: УIII	: IX	: X	: За пе- риод
------------------	------	-----	------	-------	--------	------	-----	------------------

К	0,6	1,1	2,3	2,7	2,3	2,0	1,7	1,81
---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

Вторая, не менее сложная, задача - определение размеров площадей каждой испаряющейся поверхности (зеркало воды, площади затопления и подтопления, обсыхающее ложе).

Для учета внутригодового изменения площадей испаряющихся поверхностей нами принят следующий способ их расчета.

По литокопиям масштаба 1:25000 определены площади водной поверхности, островов и подтапливаемых зон. Верхней границей зоны подтопления, занятой болотной растительностью, на участках выраженного русла принималась горизонталь, превышающая отметку горизонта воды в реке на 2-2,5 м. На участках обвалования русла за зону подтопления принята

область между первым и вторым рядом дамб (нижнее течение).

Далее по ширине реки, соответствующей значению среднемесячного уровня для каждого месяца, в створах опорных гидрометрических станций (постов) и расстоянию между двумя смежными створами вычислены площади зеркала водной поверхности. При этом сюда же входили и площади с полупогруженной растительностью.

Гидрометрические створы расположены, в основном, в районах сужения русла. Величина полученных указанным выше способом площадей водной поверхности несколько занижена.

На отдельных участках в 1962-1966 гг. выполнялись руслосъемочные работы для наблюдения за деформациями. На участке от слияния рек Вахш и Пяндж до створа Керки сделаны две серии аэрофотосъемок русла в межень и паводок. Карты и планы этих работ были использованы для получения уточняющих коэффициентов площадей водной поверхности реки.

Из общей площади водной поверхности (вода и затопляемая растительность) площади с полупогруженной растительностью выделены нами по отношению площадей островов, покрытых болотной растительностью, к площади зеркала водной поверхности на участке. Площади обсыхающего ложа реки приняты по разности площадей зеркал водной поверхности в предшествующий и последующий месяцы.

В 1969 г. были выполнены две аэрофотосъемки р.Амударьи на участке от створа Керки до створа Чатлы. По времени производства съемки относятся к минимальному (23-24.X-1969 г.) и максимальному (16-17.VI.1969 г.) наполнению русла (табл.4).

На исследуемом участке Керки-Чатлы расхождение в вычисленных разными методами площадях в половодье составляет около 10%, в межень - 15%, что подчеркивает достаточную точность расчета принятым нами способом.

Потери стока на испарение рассчитывались по участкам Верхнеамударьинский - Керки, Керки - Ильчик, Ильчик - Туямун, Туямун - Чатлы. В табл.5 приведены средние за расчетный период размеры испаряющих поверхностей по участкам.

Т а б л и ц а 4

Сопоставление площадей водной поверхности, полученных по аэрофотосъемке и по крупномасштабным картам

Участок	Площади водной поверхности (км ²) по			
	картам		аэрофотосъемке	
	половодье	межень	половодье	межень
Керки - Ильчик	500	270	440	220
Ильчик - Туямуюн	500	280	360	180
Туямуюн - Чатлы	340	230	450	190
Керки - Чатлы	1340	780	1250	590

Потери стока для каждого участка рассчитывались за многолетний период с 1945 по 1969 год и за время с 1965 по 1968 год. Как видно из табл. 6, основные потери стока по всей длине реки обусловлены испарением с водной поверхности и транспирацией растений с зоны затопления. Потери стока на испарение с обнаженного ложа реки незначительны. Период половодья совпадает с наибольшей интенсивностью испарения. Потери стока на испарение в вегетационный период в несколько раз выше, чем в невегетационный.

По длине реки наибольшие суммарные потери стока наблюдаются между Керки и Ильчиком, т.е. на участке наивысшего слоя испарения и относительно больших разливов реки. Наименьшие потери стока на испарение происходят на участке между Туямуюном и Чатлы, что обусловлено не только пониженным слоем испарения, но и тем, что разливы ограничены дамбами обвалования.

Таким образом, расчеты показали, что годовые потери стока р.Амударьи по длине от створа Верхнеамударьинский до Чатлы, полученные за период с 1965 по 1968 год, равны $5,9 \cdot 10^9 \text{ м}^3$, а за многолетний период - с 1945 по 1969 год - $4,7 \cdot 10^9 \text{ м}^3$.

Средние размеры испаряющих площадей, км²

Испаряющие поверхности	I	II	III	IV	V	VI	УП	УШ	IX	X	XI	XII
В е р х н е а м у д а р ь и н с к и й - К е р к и												
Водная поверхность	285	296	315	352	431	523	511	452	365	322	311	292
Подтопляемые зоны				627	563	487	497	545	617	654		
Полупогруженная раст.				30	94	170	160	112	40	3		
Обнаженное ложе реки							19	59	94	42		
К е р к и - И л ь ч и к												
Водная поверхность	284	275	308	390	445	488	500	478	412	356	337	318
Подтопляемые зоны				674	638	595	591	610	664	677		
Полупогружен. растит.				10	46	89	93	73	20	7		
Обнаженное ложе реки							I	20	63	60		
И л ь ч и к - Т у я м у д н												
Водная поверхность	96	289	299	352	427	484	498	462	376	334	330	323
Подтопляемые зоны				413	386	367	363	377	404	418		
Полупогружен. растит.				16	43	62	66	52	26	11		
Обнаженное ложе реки								36	86	40		
Т у я м у д н - Ч а т л и												
Водная поверхность	176	167	157	202	284	326	343	324	270	227	208	196
Подтопляемые зоны				268	258	248	246	249	258	265		
Полупогружен. растит.				I	13	20	23	20	11	4		
Обнаженное ложе реки								18	51	43		

Т а б л и ц а 6

Среднегодовые потери стока (10^6 м^3) р.Амударьи по отдельным участкам с разных
испаряющих поверхностей (1945-1969 гг.)

Испаряющая поверхность	I	II	III	IV	V	VI	УП	УШ	IX	X	XI	XII	Сумма за год
В е р х н е а м у д а р ь н с к и й - К е р к и													
Водная поверхность	10,0	12,9	21,1	30,6	57,1	83,2	83,6	64,9	40,2	27,0	16,3	10,4	457,3
Подтапливаемые зоны				22,9	63,1	124,7	153,6	125,9	95,0	65,4			650,6
Полупогруж.растит.				1,6	13,7	63,2	70,6	37,0	8,8	4,3			199,2
Обнаженное ложе реки							2,2	5,9	6,2	2,1			16,4
Потери стока	10,0	12,9	21,1	55,1	133,9	271,1	310,0	233,7	150,2	98,8	16,3	10,4	1323,5
К е р к и - И л ь ч и к													
Водная поверхность	9,9	11,6	19,8	37,2	67,2	89,8	101,0	84,6	52,3	31,2	19,0	12,2	535,8
Подтопляемые зоны				27,0	74,2	176,3	225,6	173,9	118,2	66,4			861,6
Полупогруж.растит.				0,6	7,6	39,7	50,7	29,7	5,1	1,0			134,4
Обнаженное ложе реки							0,1	2,1	4,8	2,6			9,6
Потери стока	9,9	11,6	19,8	64,8	149,0	305,8	377,4	290,3	180,4	101,2	19,0	12,2	1541,4
И л ь ч и к - Т у я м у ю н													
Водная поверхность	7,2	9,5	17,5	33,7	67,0	89,5	94,1	73,9	43,6	26,9	15,2	8,7	486,8

Продолжение табл. 6

Испаряющая поверхность	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII:Сумма за год
Подтопляемые зоны				16,6	46,7	109,3	129,7	98,1	65,6	40,0		506,0
Полупогруж.растит.				0,9	7,4	27,4	34,7	19,1	6,0	1,5		97,6
Обнаженное ложе реки								4,0	6,0	1,6		11,6
Потери стока	7,2	9,5	17,5	51,2	121,1	226,2	258,5	195,1	121,2	70,0	15,2	1101,4
Т у я м у ю н - Ч а т л ы												
Водная поверхность	1,2	3,2	8,1	19,3	46,0	61,6	66,9	61,2	32,0	18,4	9,7	331,8
Подтопляемые зоны				10,7	32,2	75,5	90,7	75,8	42,8	25,6		353,3
Полупогруж.растит.				0,1	2,3	8,7	12,1	8,7	2,6	0,6		35,1
Обнаженное ложе реки								2,4	3,6	1,8		7,8
Потери стока	1,2	3,2	8,1	30,1	80,5	145,8	169,7	148,1	81,0	46,4	9,7	728,0

О.Я. ГЛОВАЦКИЙ
старший инженер
(САНИИРИ им. В.Д. Журина)

ВЫБОР КОМПОНОВКИ СОРОУДЕРЖИВАЮЩЕГО СООРУЖЕНИЯ В АВАНКАМЕРЕ

На основе многолетнего опыта эксплуатации насосных станций установлено, что наиболее сложные защитные мероприятия требуются для борьбы с наносами и плавниками [1, 2, 3, 5]. При обследовании ряда водозаборных узлов ирригационных систем Закавказья и Средней Азии сотрудники Грузинского института гидросооружений повсеместно наблюдали заилнение водоприемников и засорение решеток плавающими предметами, древесным мусором и льдом. В Узбекистане особенно интенсивно заиляются аванкамеры Алатской, Каракульской и Бек-Ябской насосных станций. Воронкообразование у приемных камер наблюдалось автором на насосных станциях Хамза, Яманжар, Баяут и др. По данным САНИИРИ, перепады на решетках насосных станций достигают метра и более, на насосной станции Бек-Яб в ККАССР это привело к поломке решетки и аварии. Из-за поступления большого количества мусора в разгар поливного периода 1973 г. на два дня была остановлена насосная станция Хамза. С непредвиденными остановками гидроагрегатов, связанными с забивкой решеток сором или льдом, сталкиваются и за рубежом, например, в США это время на некоторых станциях составляет 15% от ежегодного простоя [5].

Такие явления вызываются нерациональной компоновкой аванкамер, неудачным расположением сороудерживающих сооружений (СУС) и неправильным применением сороуборочных механизмов.

Основным способом защиты от плавника являются сороудерживающие сооружения, которые в зависимости от места расположения в аванкамере делятся на два класса:

1. Прислонные — в конце аванкамеры. К ним можно отнести решетки в пазах всасывающих труб в конце аванкамеры.

2. Вынесенные-в начало аванкамеры.

В Узбекистане к первому классу относятся Шерабадская, Бек-Ябская и Дальверзинская, а ко второму – Хамзинские, Каршинские и Алатская насосные станции. Недостатком СУС второго класса является их высокая стоимость. Например, на гидроузле Даллес в США такое сооружение стоит 37 млн. долларов, а на Волжской ГЭС им. Ленина примерно такой же производительности – 25 млн. руб. Последнее расположено в 33 м перед зданием и состоит из 40 пролетов шириной в свету по 12,5 м. На козловых кранах установлены плоские и многолепестковые грейферы, высотой подъема до 50 м. Грейферы не только допускали забивку решеток сором, но и уплотняли его. Для удаления сора приходилось перекрывать каждый пролет ремонтными затворами, поднимать решетки и очищать пролеты от выпавшего мусора, причем, мелкие предметы выпадали из челюстей, а для подъема крупных не доставало усилий захвата. Грейферы часто заклинивались и опрокидывались, что вызывало задержки при маневрировании.

По проекту института "Ленгидросталь" для вынесенного СУС насосной станции Хамза-2 также предусмотрен козловый кран с грейфером, который должен захватывать крупный сор через специальные отверстия в сооружении. Кроме того, предусмотрена решеткоочистная машина (ром) непрерывного действия типа РМЦ-10. Вертикальное расположение решеток затрудняет использование ром, тогда как в наклонных решетках сила тяжести и гидродинамическое давление прижимают грабли, обеспечивая лучшую очистку.

В тресте "Узоргтехстроймелиорация" в 1973 г. для облегчения работы вынесенных соросудерживающих сооружений насосных станций Аму-Бухарского канала запроектированы ром непрерывного действия типа СРМ на наклонных решетках и геометрически неизменяемая плавучая запань.

Однако остаются недостатки компоновочного решения аванкамер с вынесенными СУС высокая стоимость, связанная со строительством отдельного сооружения и удорожанием самой аванкамеры (дополнительные основание, бычки, ныряющие стенки или другие виды сопряжений) и ухудшенные гидравлические условия работы решеток. Расположение решеток в

начале аванкамеры затрудняет развитие площади их и создание оптимальных скоростей (0,7–1,0 м/с). Как видно из таблицы, скорости воды на вынесенных СУС примерно в 2 раза выше, чем на прислонных. Отсутствие из-за недопустимых скоростей забральных стенок приводит к быстрой забивке пролетов решеток и еще большему увеличению скорости, происходит "цепная реакция" и вскоре решетка уже не поддается очистке.

Во втором варианте проекта Джизакской насосной станции от вынесенного СУС отказались, заменив его на присланное.

Также недопустима из-за больших скоростей установка сороудерживающих решеток в пазах всасывающих труб (Голоднотепские, Каракульская, Яманжарская насосные станции). В 1972 г. началось строительство прислонного СУС на Каракульской станции.

Для прислонных СУС представляет интерес конструкция водоприемника, предложенная В.Т. Айвазяном для Воткинской ГЭС, где водозаборная часть турбинного блока выполнена с продольными прорезями 19×10 м. Аналогичное решение по рекомендации С.И.В. Кеберле принято для Шерабадской насосной станции (рис.1). Площадь прорези в одном бычке составила около 16 м^2 , а в камере каждого насоса 32 м^2 . Продольные прорези, допускающие переток освобожденной от сора воды между камерами, гарантируют работу любого агрегата даже в случае полного засорения его решетки.

Оценка эксплуатационных качеств такого рода водоприемников требует нахождения оптимальных соотношений между выдвижением СУС и длиной бычков и сравнения очистных глубоководных устройств, способных гарантировать очистку решеток на глубине свыше 15–20 см. Например, низ решетки на Шерабадской насосной станции заглублен под горизонт воды на 13–15 м при высоте общего фронта СУС около 16 м. Кроме обеспечения нормальной работы сороудерживающих решеток должны выдерживаться гидравлически благоприятные и однозначные условия подвода воды к каждому насосному агрегату – без воронкообразований, подсоса воздуха, мертвых зон в аванкамере, пульсации давления и вибрации агрегата и т.д.

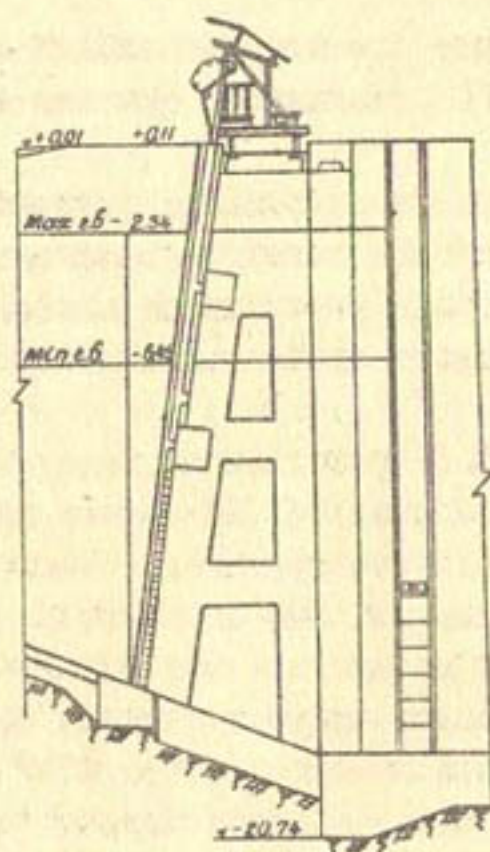


Рис. I. Прислонное-сороудерживающее
сооружение насосной станции
Шерабад.

То есть должна быть уточнена методика проектирования аванкамер, с учетом рациональной схемы подвода воды к насосам, и выбора места расположения СУС для каждого класса станций.

Анализ проектов аванкамер насосных станций, проведенный сравнением условных показателей, показывает (таблица) большую разбросанность значений зависимостей $h'_p = f(L'_p)$ и $V_p = f(L'_p)$ по сравнению с аванкамерами ГЭС.

В таблице $h'_p = \frac{h_p}{D}$ — приведенная высота решетки;
 $L'_p = \frac{L_p}{D}$ — приведенное удаление решетки от оси агрегата (значительно превосходит аналогичное значение для ГЭС: 6,5+40,4 по сравнению с 2,2+3,44).

Уменьшение скорости на решетке насосной станции Бек-Яб (0,21 м/с) объясняется отсутствием на прислонном СУС заборной балки, что во многом и вызвало значительные трудности эксплуатации. И наоборот при максимальной (для станций первого класса) скорости на Шерабадской станции заглубленные решетки и развитая площадь заборной балки оказались удачным конструктивным решением.

Приведенные в таблице данные свидетельствуют о тенденции к увеличению высоты решетки, определяющей ее площадь (ширина сечения зависит от выбранных габаритов агрегата), с возрастанием значения (Джизак, Карши-1, Хамза-2). Наличие связи между этими величинами вызывается необходимостью придания водоприемнику плавных очертаний, обеспечивающих лучшую гидравлику потока.

Ниже приводятся характерные, как для ГЭС, так и для насосных станций схемы принципиальных компоновок аванкамер и СУС (рис.2). В схеме I направление продольных осей подводящего канала и всасывающих труб станции совпадает, что обеспечивает благоприятный гидравлический подвод потока к СУС. При наличии водосброса и плавучей запани, с целью исключения возможности образования водоворотной зоны, у правой стенки аванкамеры возможна установка струенаправляющих щитов.

Если подводящий канал подходит к СУС под углом, то уменьшение потерь напора и улучшение обтекания стержней решетки может быть достигнуто путем одностороннего расширения аванкамеры с установкой запани (схема II).

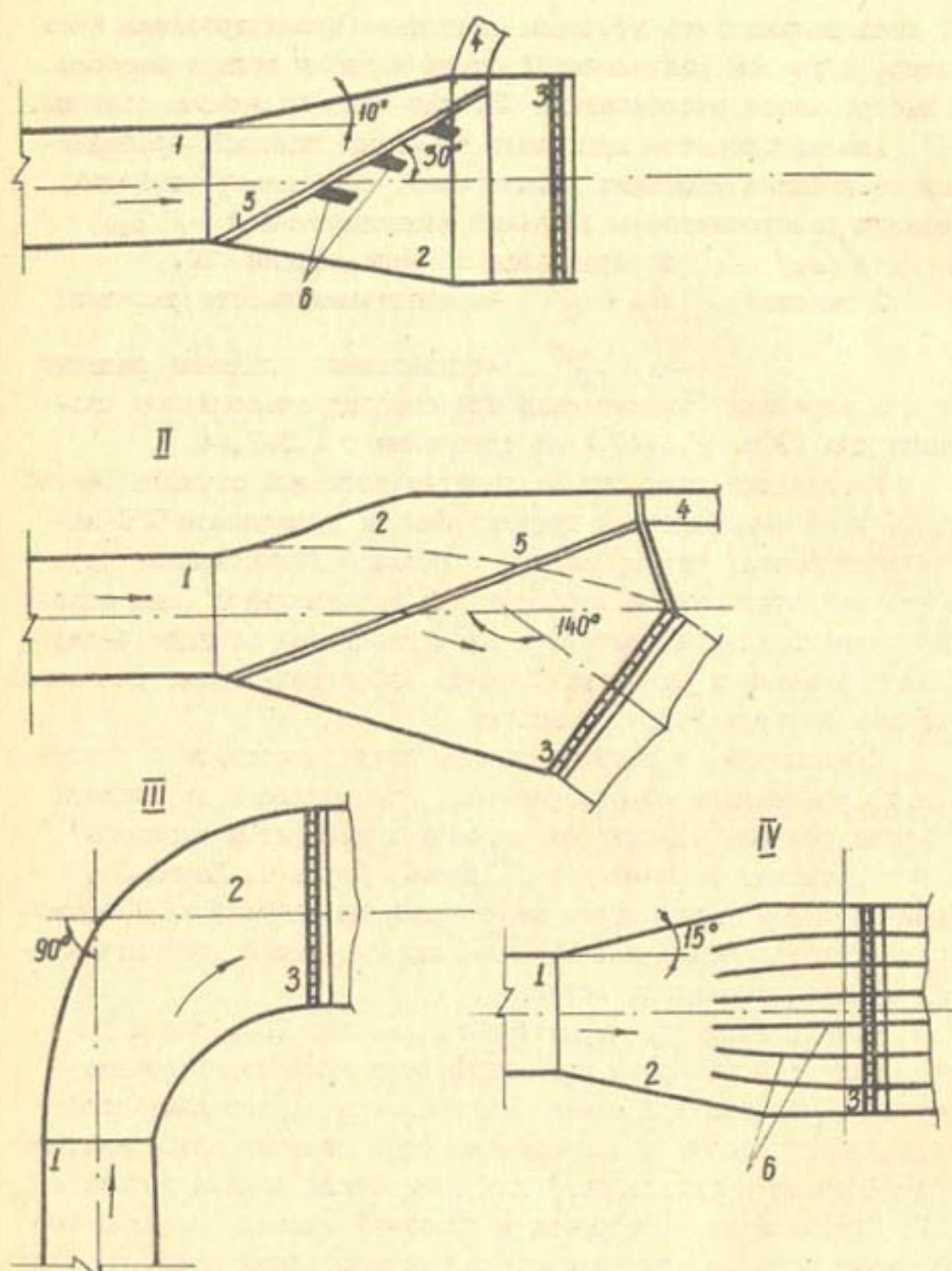


Рис.2. Схемы сопряжения аванкамер с каналами (I, II, III, IV): I - подводящий канал; 2 - аванкамера; 3 - сороудерживающее сооружение; 4 - холостой сброс, 5 - плавающая запань, 6 - направляющие стенки.

Многочисленные циркуляционные течения в аванкамере с криволинейной осью вызывают неравномерность подачи воды к всасывающим трубам агрегатов и застойные зоны у выпуклой части (Каракульская станция). Ликвидация заиливания аванкамеры, а в некоторых случаях и отрыва потока требует увеличения радиуса закругления (схема III).

Н.Н.Накладовым в 1968-1972 гг. выполнены лабораторные исследования водозабора с криволинейной аванкамерой и дан метод его расчета, причем, потери в аванкамере включают потери на решетке и потери косого подхода к ней, учитываемые интегральным коэффициентом, трудно применимым в практике при проектировании:

$$\xi = \frac{\int u^2 \sin^2 \delta d\omega}{\omega u^2}$$

где-

u - скорость на решетке;

ω - площадь;

δ - угол подхода воды.

Выводы Н.Н.Наклодова о сокращении длины аванкамеры и сужении фронта водозабора за счет увеличения угла конусности до 60° применимы только для насосных станций производительностью до $6-10 \text{ м}^3/\text{с}$ [2].

При рекомендуемом угле расширения $10^\circ-12^\circ$ резко возрастает длина аванкамер крупных станций, а при увеличении количества агрегатов - и ширина водоприемника. Сокращение габаритов, уменьшение заиливания аванкамер, а также улучшение условий работы СУС может быть достигнуто установкой распределительных стенок или даже вертикально плавающих полимерных пленок [6].

Под руководством автора для Каршинской насосной станции на кафедре "Насосы и насосные станции" ТИИМСХ, был предложен вариант аванкамеры с "полувынесенным" на конец стенок СУС. Решетки в последнем заглублении больше, чем на вынесенном в начале аванкамеры, что создает по мнению эксплуатационных организаций лучшие условия для защиты от растительного мусора и ледошуговых образований. Кроме того, при косом обтекании бычков часть площади входных отверстий крайних камер, имеющих вихревую зону, уменьшается ко дну [2]. При шести пролетах СУС, равных числу агрегатов, уширенные стержни решеток выравнивают поток и выпол-

няют дополнительную функцию струенаправляющего аппарата в каждой камере. За СУС будет наблюдаться лучшее распределение скоростей, причем, гарантированная очистка ликвидирует неравномерность засорения решетки и искривление потока. В самой аванкамере исключается воронкообразование, связанное с обтеканием бычков течением вдоль фронта водозабора. Сохранение постоянной скорости потока при любых комбинациях работающих агрегатов резко уменьшает функции аванкамеры как отстойника и предотвращает уменьшение производительности крайних насосов в случае совместной работы всех агрегатов.

Решетки могут располагаться либо в каждой камере (схема IV), либо общим фронтом, но во всех случаях по возможности должны быть приближены к зданию станции и защищены от заиления. Причем, первая компоновка между удлиненными бычками позволяет отказаться от защиты решеток безнапорными затворами, так как зона возможного заиления удалена от СУС. При очистке РОМ дискретного действия (типа РЗ-1) в зоне колебаний уровней воды необходимо предусматривать забральные стенки, не допускающие забивки просветов решетки скапливающимся плавником.

Для Каршинской насосной станции расположение решеток на расстоянии $L_p = 35$ м (ближе на 15 м к зданию, таблица) от оси агрегатов при метровой забальной стенке позволило увеличить высоту решетки до 9 м и снизить скорость до $V_p = 0,6$ м/с (то есть в 1,67 раза), что значительно улучшает условия эксплуатации.

В ы в о д ы

1. Компоновки сороудерживающих сооружений в аванкамерах насосных станций имеют ряд недостатков гидравлического, экономического и эксплуатационного характера.

2. Применение предлагаемой автором схемы аванкамеры позволит устранить ряд замеченных недостатков. Безусловно новую компоновку нужно проверить в лабораторных и натурных условиях до рекомендаций в производство.

Компоновка сороудерживающих сооружений в аванкамерах.
Таблица.

Станция	Расход, м ³ /с		Агрегаты		Решетки СУС			Скорость воды, м/с		Приведенные параметры		
	$Q_{\text{расч.}}$ $Q_{\text{расч. по агрег.}}$		кол-во, n	диаметр, м $D_{\text{пр}}$	высота, м h_p	расстояние до оси агрегата, м L_p	площадь, м ² F_p	V_p	$V_{p, \text{ср}}$	$\frac{h_p}{L_p} = \frac{D_{\text{пр}}}{L_p}$	$\frac{L_p}{D_{\text{пр}}}$	$\frac{h_p}{h_{\text{ср}}}$
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Насосные станции с прислонными СУС.												
Дальверзинская	10	12	6	0,97	3,0	8,0	24,0	0,5	0,68	3,1	8,25	2,0
Джалалабадская	4,2	5,1	6	0,84	2,28	17,2	16,5	0,31	0,4	2,7	20,5	1,3
Джизакская	172	210	10	2,85	7,0	25,0	510	0,41	0,55	2,5	8,8	1,4
Шерабадская	110	132	6	1,85	7,5	18,5	225	0,6	0,78	4	10	1,6
Бек-Ябская	55	66	6	1,45	10	9,4	320	0,21	0,28	6,9	6,5	6,1
Каракульская	40,2	46	6	1,1	7,28	6,65	130	0,35	0,47	6,6	6	2,3
Мургабская -I	49,5	60	10	1,1	3,5	8,3	131	0,46	0,7	3,2	7,5	1,3
Тахирская	6,0	7,5	6	0,55	1,73	7,5	19,7	0,38	0,5	3,14	13,5	1,5
Насосные станции с вынесенными СУС												
Каршинская -I	175	200	6	2,6	5,40	50,1	200	1,00	1,34	2,7	19,2	0,82
Хамзинская -2	105	150	10	1,67	5,5	70,1	240	0,62	0,83	2,0	26,3	1,84
Кую-Мазарская	100	120	6	1,9	4,5	83,9	148	0,81	1,08	2,4	40,4	1,0
Хамзинская -I	68	80	9	1,98	4,0	76,3	104	0,87	1,15	2,0	38,5	1,34
Алатская	40,5	47	7	1,1	3,75	39	75	0,63	0,85	3,4	35,5	1,17
Гидроэлектростанции												
Волжская им. Ленина	9300		20	9,3	11,5	22,5	242	2,79		1,24	2,42	1,20
Каховская	1780		6	8,0	13,4	20,0	241	2,03		1,68	2,5	1,12
Уч-Дурганская	600		4	5,0	8,0		112	1,78		1,6		1,38
Кайра-Кумская	700		6	5,0	9,2	11,0	108	1,67		1,84	2,2	1,38
Воткинская				9,3	35,0	32,0	860	0,75		3,76	3,44	2,36

1. Скорость на решетках с учетом засорения (по нормам НИИ ГТС, М-М2802 - 25%).

2. Данные В.С.Серкова.

Л и т е р а т у р а

1. К у х а н и д з е И.И. Опыт эксплуатации речных водозаборов, М., изд-во "Энергия", 1972.
2. Р ы ч а г о в В.В., Н а к л а д о в Н.Н. Конструкции камерных водозаборов на каналах. Экспресс-информация ЦБНТИ ММВХ СССР, серия 6, 1970.
3. Г л о в а ц к и й О.Я. К вопросу проектирования и эксплуатации сороудерживающих сооружений насосных станций в условиях Средней Азии. Тезисы докладов. XXXII научно-производственной конференции ТИИИМСХ. Ташкент, 1973.
4. Г у б и н Ф.Ф. Гидроэлектростанции, изд-во "Энергия", 1972.
5. С е р к о в В.С. Эксплуатация совмещенных гидроэлектростанций. М., изд-во "Энергия", 1968.
6. Г л о в а ц к и й О.Я. Особенности схем осветления высокомутных вод на насосных станциях машинного орошения Узбекистана. "Механизация хлопководства" № 7, 1973.
7. Г л о в а ц к и й О.Я. К вопросу проектирования сорозащитных устройств на насосных станциях Средней Азии. Труды ТИИИМСХ, вып.37, Ташкент, 1973.

З.П. ПУШКАРЕВА
канд. сельхоз. наук, ст. научн. сотр.
А.Б. БАЙМИРОВ
начальник Управления
(Голодностепстрой)

К ВОПРОСУ О ВОЗМОЖНОСТЯХ ОСВОЕНИЯ ПУСТЫННЫХ
ЗЕМЕЛЬ КЫЗЫЛКУМОВ ПРИ ОРОШЕНИИ ИХ МЕСТНЫМИ
МИНЕРАЛИЗОВАННЫМИ ВОДАМИ

В последние годы основной упор при освоении целинных земель как в Узбекистане, так и в других республиках Средней Азии был направлен по пути расширения посевных площадей в основном под технические культуры (в том числе хлопчатник). В связи с этим площади под выгоны и пастбища ежегодно оокращались, что приводило к снижению в этих республиках кормовой базы. Поэтому увеличение кормовой базы для животноводства — актуальнейший вопрос сегодняшнего дня. Перед учеными нашей страны встал задача — выяснить, нельзя ли использовать для этой цели "малопродуктивные" обширные пространства пустынь, применяя для орошения этих земель местные запасы пресных или минерализованных вод.

Над решением этой проблемы в настоящее время занимаются ученые многих стран мира. Не останавливаясь на работах, проводимых в этом направлении, хочется отметить, что большинство из них имело положительные результаты.

САНИИРИ совместно с Голодностепстроем в 1974 г. ведет исследовательские работы по освоению пустынных земель в юго-западных Кызылкумах, используя на орошение при этом минерализованные воды озера Тузкан.

Для исследований выбран запесчаненный барханный холм в юго-западной части Кызылкумов на прибрежной полосе озера Тузкан. Исходное состояние его было представлено в виде двугорбого холма, где местами отмечается эфемерный растительный покров, местами же песчаные отложения выходили на повер-

хность и были лишены растительности.

По климатическим условиям исследуемый массив относится к пустынной зоне, где среднегодовое количество не превышает 250–300 мм. Распределение их в течение года неравномерное. Максимум их выпадает в осенне-зимне-весенний период. Летом, как правило, осадки отсутствуют. Поэтому к началу июня растительный покров начинает отмирать, и пустыня из живописного ковра превращается в серые неприглядные бугры и западины с выцветами солей. Немаловажная роль в отмирании эфемерной растительности принадлежит песчаным бурям. Скорость ветра в этот период (по данным САРНИГМИ) достигает иногда 20–30 м/с. Эти ветры иссушают поверхность пустыни, лишая ее тем самым влаги, необходимой для прорастания дикой растительности. Удары песчинок вызывают также механическое повреждение листьев и стеблей и, кроме того, обжигают их.

Экспериментируемый участок перед посевом был спланирован под ровную поверхность и разбит на делянки; произведена солевая съемка его. В табл. I. приводятся данные по засолению земель на делянках с люцерной и кукурузой. Исходное состояние характеризовало собой слабый засоленный фон, где содержание солей в верхнем 60-сантиметровом слое не превышало 0,06–0,10%; и лишь там, где до планировки была пониженная часть участка, с глубины 0,6 м засоление резко возрастало и достигало 0,93–1,16% по сухому остатку. Тип засоления – от хлоридно-сульфатного до сульфатного. Преобладание щелочных оснований над щелочно-земельными наблюдается лишь в поверхностных слоях почв.

Данные анализов образцов грунта, отобранных после первого полива по этим же точкам, показали, что засоления почв после полива не наблюдается.

Вода из озера Тузкан на орошение подавалась с помощью помпы МП-600 и соединительных шлангов. При каждом поливе непосредственно из шланга отбирались пробы воды на анализ. Нормы и сроки поливов, а также минерализация оросительной воды приводятся в табл. 2.

Минерализация оросительной воды за вегетационный период колебалась в пределах 7,510–9,440 г/л, хлоридно-суль-

фатного типа с небольшим преобладанием натрия под суммой $Ca^{++} + Mg^{++}$. Максимальная концентрация наблюдалась в июне-июле (9,440 г/л).

При проведении исследований мы столкнулись с рядом трудностей, которые в последующем отразились на росте, развитии и урожайности испытуемых культур (кукуруза, люцерна, арбузы). Основные из них:

- 1) песчаные бури, приводившие к выдуву семян из почвы, обнажению корневой системы, обжигу и гибели всходов;
- 2) грызуны, поедающие семена и молодые всходы;
- 3) высокая температура почвы в летний период, которая также отрицательно сказывалась на развитии корневой системы, обжигала стебель и нижние листочки растений в ранний период их развития.

Ниже приводятся результаты наших исследований по различным видам культур.

Кукуруза. Размер делянок 100 м². Посев произведен 6 апреля на трех делянках в естественно увлажненный грунт. Утяжеление механического состава грунта наблюдалось от первой к третьей делянке.

Норма высева семян — 50 кг/га. Заделку их производили на глубину 5–6 см по 3 шт. в гнездо. Расстояние между гнездами 15 см; междурядье — 40–45 см.

Перед посевом на II делянку было внесено 15 кг навоза и 15 кг суперфосфата. Дружные, хорошие всходы появились на II день после посева.

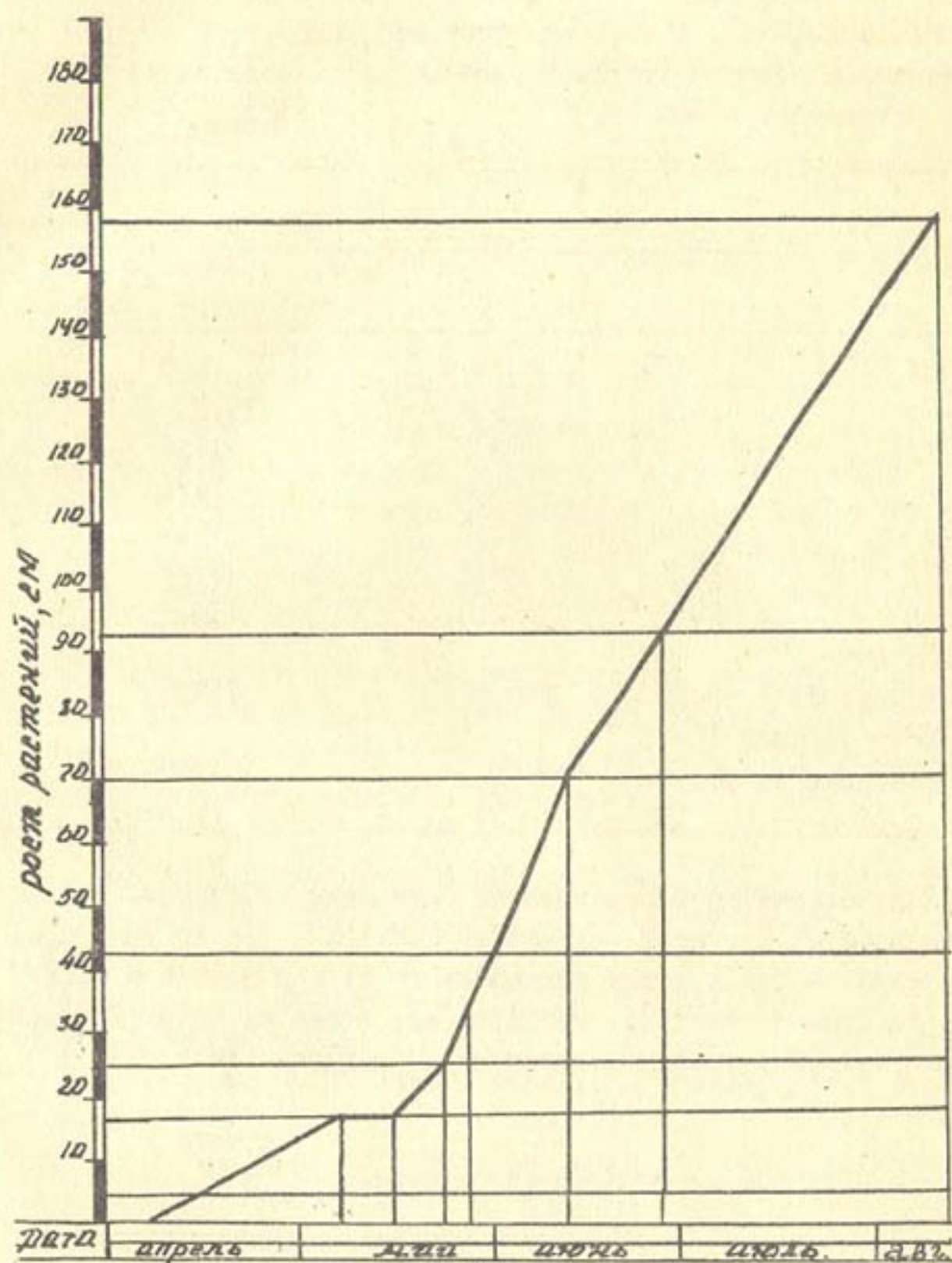
В начальный период развития рост культуры протекал в замедленном темпе из-за указанных выше причин. Приходилось делать подсев и еженедельную окучку обнаженных ветром корней. Наиболее интенсивно кукуруза росла в период от трубкования до выбрасывания метелки (рисунок). Так, в период с 23 по 30 мая (7 дней) величина прироста составила 16,9 см для делянки II и 20,1 см для делянки III, т.е. прирост растений за день составил, соответственно, 2,4 и 2,9 см. Далее рост несколько замедлился, и за период с 26 июня по 10 августа, т.е. до уборки урожая, прирост был равен 1,4–1,6 см/день. На период уборки урожая высота кукурузы на делянке I была равна

Таблица 2

Нормы и сроки поливов и динамика минерализации воды, подаваемой на орошение различных культур^{х)}

Номер полива	Дата	Орошаемая культура			Минерал. оросительн. воды, г/л			Соотношение, м-экв	
		кукуруза	люцер-на	арбузы	плотн. остат.	Ca'	SO_4''	$\frac{SO_4''}{Ca'}$	$\frac{Na+K}{Ca''+Mg''}$
		норма, м ³ /га							
I	25/IV	540	360	-	7,510	1,430	3,655	1,9	1,0
II	16/V	540	360	-	-	-	-	-	-
III	23/V	-	360	-	8,010	1,430	4,193	2,1	1,6
IV	30/V	500	500	-	8,120	1,430	4,193	2,1	1,6
V	12/VI	500	360	290	8,420	1,480	4,193	2,1	1,3
VI	25/VI	500	360	220	9,440	1,600	4,516	2,1	1,2
VII	1/VII	500	360	250	-	-	-	-	-
VIII	9/VII	500	360	250	9,200	1,660	4,515	2,0	1,4
IX	19/VII	500	360	250	-	-	-	-	-
X	24/VII	500	360	220	7,855	1,600	4,300	2,0	1,5
XI	1/VIII	420	380	240	8,420	1,660	4,085	1,8	1,2
XII	10/VIII	-	380	240	-	-	-	-	-
XIII	15/VIII	-	380	240	-	-	-	-	-
XIV	22/VIII	-	380	240	-	-	-	-	-
XV	28/VIII	-	380	240	-	-	-	-	-
XVI	5/IX	-	360	220	-	-	-	-	-
Оросит. норма		5000	5900	2900					

х) Данные по минерализации оросительной воды последних поливов еще не обработаны.



Динамика роста кукурузы по II делянке
(от прорастания до уборки урожая)

96,5 см; II – 158,5; III – 169,4. Длина корневой системы при этом составила 30,0; 37,2 и 35,5 см соответственно.

Динамика роста кукурузы и густота стояния растений по делянкам приводятся в табл.3.

Таблица 3

Д а т а	Д е л я н к и		
	I	II	III
17/IV	5,8	6,5	5,8
7/V	14,9	16,6	16,2
15/V	–	17,2	16,8
23/V	–	25,8	26,6
30/V	–	42,7	46,7
12/VI	40,5	70,1	77,2
26/VI	58,3	92,0	111,2
10/VIII (при снятии урожая)	96,5	158,5	169,4
Густота стояния растений, шт/га	42600	65600	57900

Непосредственно перед поливом были даны подкормки. Первая – 16/V из расчета 150 кг/га аммиачной селитры и 150 кг аммофоса; вторая 12/VI – вид и норма подкормки те же (о нормах и сроках полива см. выше в табл.2). Оросительная норма за сезон составила 5 тыс.м³/га. Сбор урожая произведен 10 августа (табл.4.)

Таблица 4

Данные о сборе урожая кукурузы, ц/га

Вес, ц/га	Д е л я н к и		
	I	II	III
Общий	73,6	199,0	283,0
Зеленой массы	70,0	180,0	231,0
Початок	3,6	19,0	52,0

Максимальный урожай получен на делянке III, где, по визуаль-
ному определению, прослеживается более тяжелый механический сос-
тав грунта (данные лабораторных анализов в стадии обработки).
Общий урожай зеленой массы и початок составил 283 ц/га, в том
числе початок — 52 ц/га. Минимальный урожай наблюдался на делян-
ке I, где посев был подвержен наиболее сильному выдуву и потраве
грызунами и в течение мая дважды производился подсев семян.

Общая средняя урожайность по трем делянкам — 185,2; ц/га;
в том числе зеленой массы 160,3 ц/га и початок 24,9 ц/га.

Люцерна. Площадь делянок 100 м². Посев произведен 6 апре-
ля вручную, вразброс в предварительно взрыхленную почву. Норма
высева семян 200 т/га; семена заделывались в почву на 0,5–1,0 см.
Через несколько часов сильный ветер выдул основную часть посеян-
ных семян; оставшиеся семена пришлось еще раз засыпать песком.

Как и в варианте с кукурузой, во вторую делянку перед по-
севом было внесено 15 кг навоза и суперфосфата. 12/VI все семена
с первой делянки были снесены песком.

К 17 апреля на II и III делянках появились хорошие всходы, но
прошедшие сильные ветры привели к гибели большей части всходов.
Наиболее крепкими оказались всходы на делянке II, где перед по-
севом были внесены удобрения. Значительно пострадали всходы на
делянке III.

В течение вегетационного периода (на II и III делянке) были
внесены следующие виды подкормок: 16 мая — аммиачная селитра и
аммофос из расчета по 150 кг/га; 30 мая — те же виды удобрения
и те же нормы; 24 июля — то же, но на делянку вместо 150 кг/га
аммофоса дали 600 кг/га.

Рост люцерны на 30 мая на делянке II равнялся 19,2 см, а на
делянке III всего 4 см. Стараясь несколько ускорить рост и разви-
тие люцерны, мы призвели I укос растений и сразу перед поливом
дали вторую подкормку. Данные по урожайности первого и последую-
щих укосов (в ц/га) приведены в табл.5.

Таблица 5

Делянка	У К О С Ы			
	I	II	III	Суммарный
II	1,2	9,25	16,8	27,25
III	0,5	1,5	3,0	5,0

Оросительная норма за вегетационный период составила 5,9 тыс.м³/га. Дано всего 10 поливов нормой 360–380 м³/га.

После первой подкормки и соответствующих поливов состояние люцерны заметно улучшилось и ко времени второго укоса (22/VI) рост ее на делянке II составлял уже 42,7 см; на III – 27,8 см. Урожайность значительно увеличилась: за каждые три проведенных укоса со второй делянки собрано в среднем по 27,25 ц/га; а с третьей – 5,0 ц/га.

А р б у з ы. Площадь, отведенная под посевы арбузов, составила 340 м². Посев зимнего сорта произведен в естественно увлажненный грунт 26 апреля. Семена заделывались на глубину 7–8 см; расстояние между рядками 2,6–2,7 см.

Всходы, изреженные, наблюдались на 10 день; многие из них через 5–6 дней были обглоданы грызунами, и нам пришлось сделать подсев. Стопроцентная всхожесть наблюдалась 15 мая; массовое цветение – 16 июня. За время вегетации дана одна подкормка (13 июня) из расчета по 120 кг аммиачной селитры и аммофоса. 30 мая проведено прореживание арбузов. Оставлялись по два наиболее здоровых растения в лунке.

Оросительная норма для арбузов составила 2,9 тыс.м³/га. Всего было дано 10 поливов. По данным на 6 сентября, количество плодов на делянке было 480 шт. Ожидаемый урожай арбузов колеблется от 205 до 410 ц/га.

Помимо перечисленных культур в целях эксперимента нами были посажены тыква, дыни, морковь, фасоль, томаты. Все они хорошо развивались и плодоносили.

По данным проведенных нами исследований можно сделать следующий вывод.

В условиях юго-западной части Кызылкумов на солончаковых почвах при орошении минерализованными (до 8-9 г/л) водами можно получить высокие урожаи как кормовых, так и овоще-бахчевых культур, что будет способствовать разрешению проблемы кормовой базы для животноводства республики и обеспечит население, ведущее отгонное животноводство, пищевыми продуктами.

Р Е Ф Е Р А Т Ы

статей в выпуску 142 Сборника научных трудов (Обводнение, сельскохозяйственное водоснабжение)

УДК 626.83

АНАЛИЗ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ СМАЗКИ ПОДШИПНИКОВ НАСОСОВ ОП10-260 НА КАСКАДЕ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ КМК

В.Н.Машков, Р.А.Усманов

В статье приведены результаты анализа системы технического водоснабжения смазки направляющих подшипников насосов ОП10-260 на насосных станциях Каршинского магистрального канала, определены основные причины, снижающие надежность подшипников узлов указанных насосов, намечены пути по совершенствованию системы смазки подшипников и дана гидравлическая характеристика системы технического водоснабжения агрегата № 2 насосной станции № 2.

УДК 626.83

РЕЗУЛЬТАТЫ НАТУРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ "ХАМЗА I "

Р.А.Усманов

Получена натурная рабочая характеристика насоса типа 56В-17; определены величины гидравлических потерь в соединительных тройниках; вычислена величина ущерба при эксплуатации станции с открытыми КСВ; даны рекомендации по реконструкции системы технического водоснабжения.

Иллюстр. - 5, табл. - 2.

УДК 621,6

ХАРАКТЕРИСТИКА СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ ОСЕВОГО НАСОСА С ДВИГАТЕЛЕМ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

А.Г.Еременков, Н.Д. Кац

В статье излагается методика построения рабочих характеристик агрегата, состоящего из осевого насоса и двигателя внутреннего сгорания. Эти характеристики для заданных напора и подачи позволяют определить наиболее выгодный угол разворота лопастей рабочего колеса, кавитационный запас, частоту вращения вала двигателя и расход топлива.

Иллюстр. 5.

УДК 626.83

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ НАСОСНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

А.Я.Белюсов

В статье представлены результаты полевых исследований по выяснению гидравлических явлений, происходящих при переходных режимах в послепусковой период работы насосных установок для вертикального дренажа.

Обоснована целесообразность пуска насосной установки при полностью открытой задвижке и даны рекомендации по уменьшению пескования скважины.

Иллюстр. 2.

УДК 621,6

К РАСЧЕТУ ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ПОДШИПНИКОВ ДЛЯ КРУПНЫХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ОСЕВЫХ НАСОСОВ

П.Н. Пак

Дана методика расчета гидростатических четырехкамерных подшипников для крупных осевых насосов.

Иллюстр. 2, табл. 3, библиогр. 6.

УДК 551.48+ 626.01

ВОПРОСЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗВРАТНЫХ ВОД

В.П.Светицкий

В статье излагается ряд положений, связанных с изучением возвратных вод: аспекты, исходные данные, теоретическое и научно-техническое направления в исследованиях, опыт использования метода ЭГДА для генетического анализа возвратных вод на примере бассейна р.Зарафшан.

УДК 628.394

ВЫНОС УДОБРЕНИЙ И ЯДОХИМИКАТОВ КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНЫМ СТОКОМ С ХЛОПКОВЫХ ПОЛЕЙ

А.П.Орлова, Л.В. Ярошенко

В статье приведены данные, характеризующие степень загрязнения ядохимикатами и удобрениями коллекторно-дренажных и сбросных вод Чирчик-Ангренского бассейна.

Даны предварительные результаты расчета выноса ядохимикатов и удобрений, а также лабораторных исследований по изучению разложения рогора и его аналогов в зависимости от различных факторов (рН, температуры, донных отложений, вида воды).

УДК 628.394

ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДОХРАНИЛИЩ
УЗБЕКИСТАНА

В.А. Николаенко

Обобщены итоги шестилетних исследований (1967 - 1972 гг.) по гидрохимии девяти водохранилищ Узбекистана в различные периоды их эксплуатации.

Дается сравнительная характеристика вод по минерализации, жесткости, содержанию растворенного кислорода в различных водохранилищах Узбекистана.

Приводятся данные по качеству воды и определяется возможность использования её для различных отраслей народного хозяйства.

Библиогр. - 2, табл. - 1.

УДК 626.01

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ФИЛЬТРОВ В ИССЛЕДОВАНИЯХ ДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Е.Н.Михлин, Р.Д. Берштин

В статье предлагается метод математической фильтрации случайных широкополосных процессов, встречающихся при работе мобильных агрегатов. Приведенный график амплитудно-частотной характеристики фильтра позволяет уменьшать колебания процесса с частотами ниже заданных и изменять составляющие рабочего диапазона.

Иллюстр. - 1, библиогр. - 2.

УДК 551.48

ПОТЕРИ СТОКА Р.АМУДАРЬИ НА ИСПАРЕНИЕ НА УЧАСТКЕ ВЕРХНЕАМУДАРЬИНСКИЙ - ЧАТЛЫ

Б.Е.Милькис, Э.Д.Чолпанкулов, А.Б.Малков, А.С.Сараев

В статье приводятся результаты расчетов потерь стока р.Амударьи на испарение с открытой водной поверхности, на суммарное испарение с поймы и подтапливаемых земель, на испарение с обнаженного ложа на участках Верхнеамударьинский - Керки, Керки - Ильчик, Ильчик - Туямукун и Туямукун - Чатлы.

Показано, что годовые потери стока р.Амударьи на испарение по длине от створа Верхнеамударьинский до створа Чатлы составляют $5,9 \times 10^3$ м³ - в среднем за период с 1965 по 1968 год, и $4,7 \times 10^3$ м³ - в среднем за многолетний период с 1945 по 1969 год.

УДК 627.881:626.816:626.83

ТИПИЗАЦИЯ И ВЫБОР КОМПОНОВКИ СОРОУДЕРЖИВАЮЩЕГО
СООРУЖЕНИЯ В АВАНКАМЕРЕ

О.Я.Гловацкий,

Рассмотрены, классифицированы и проанализированы компоновки сороудерживающих сооружений крупных насосных станций Средней Азии. Сравнение компоновок насосных станций методом условных показателей с подобным анализом гидроэлектростанций подтвердило опыт эксплуатации и показало преимущество при — слонного сооружения с водоприемником типа Воткинской ГЭС и Шерабадской насосной станции, имеющим развитую забральную стенку и продольные прорезки в бычках, гарантирующие работу любого агрегата даже в случае полного засорения его решетки.

Рекомендована схема аванкамеры с удлиненными бычками и "полувынесенным" сороудерживающим сооружением, исключая вредные гидравлические условия подхода к насосам и резко уменьшающая возможность забивки просветов решеток и заиливания самой аванкамеры

Таблица I. Рисунков 2. Библиогр.7.

УДК 626*8

К ВОПРОСУ О ВОЗМОЖНОСТЯХ ОСВОЕНИЯ ПУСТЫННЫХ ЗЕМЕЛЬ
КЫЗЫЛКУМОВ ПРИ ОРОШЕНИИ ИХ МЕСТНЫМИ МИНЕРАЛИЗОВАН-
НЫМИ ВОДАМИ

З.П.Пушкарева, А.Б.Баймиров

В статье приводятся результаты полевых исследований по выращиванию различных видов сельскохозяйственных культур в юго-западной части Кызылкумов при орошении их минерализованной водой до 8-9 г/л.

Иллюстр. I, табл. 5.

С о д е р ж а н и е

В.Н.М а ш к о в, Р.А. У с м а н о в. Анализ работы системы технического водоснабжения смазки подшипников насосов ОП10-260 на каскаде насосных станций КМК	3
Р.А. У с м а н о в. Результаты натурных исследований насосной станции "Хамза I"	13
А.Г.Е р е м е н к о в, Н.Д. К а ц. Характеристики совместной работы осевого насоса с двигателем внутреннего сгорания	26
А.Я. Б е л о у с о в. Особенности эксплуатации насосных установок для вертикального дренажа	34
П.Н. П а к. К расчету гидростатических подшипников для крупных вертикальных осевых насосов...	40
В.П.С в е т и ц к и й. Вопросы исследования возвратных вод	48
А.П.О р л о в а, Л.В.Я р о ш е н к о. Вывос удобрений и ядохимикатов коллекторно-дренажным стоком с хлопковых полей	52
В.А.Н и к о л а е н к о. Гидрохимическая характеристика водохранилищ Узбекистана	58
Е.Н.М и х л и н, Р.Д.Б е р ш т и н. Применение математических фильтров в исследованиях динамических моделей	63
Б.В.М и л ь к и с, Э.Д.Ч о л п а н к у л о в, А.Б.М а л к о в, А.С. С а р а е в. Потери стока р.Амударьи на испарение на участке Верхнеамударьинский-Чатлы	67
О.Я.Г л о в а ц к и й. Выбор компоновки сороудерживающего сооружения в аванкамере.....	79

З.П.Пушкарёва, А.Б.Баймиров. К вопросу о возможностях освоения пустынных земель Кызыл- кумов при орошении их местными минерализованны- ми водами	89
Р е ф е р а т ы к Сборнику научных трудов вып. I42 (Обводнение, сельскохозяйственное водоснабжение)	100