

ВОПРОСЫ ГИДРОТЕХНИКИ

ВЫПУСК

14

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК УЗБЕКСКОЙ ССР

ЎЗБЕКИСТОН ССР ФАНЛАР АКАДЕМИЯСИ
СУВ ПРОБЛЕМАЛАРИ ВА ГИДРОТЕХНИКА ИНСТИТУТИ

ГИДРОТЕХНИКА МАСАЛАЛАРИ

14-КИТОБ

МАШИНА ЁРДАМИДА СУҒОРИШ

ЎЗБЕКИСТОН ССР ФАНЛАР АКАДЕМИЯСИ НАШРИЁТИ
ТОШКЕНТ • 1963

АКАДЕМИЯ НАУК УЗБЕКСКОЙ ССР

ИНСТИТУТ ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ И ГИДРОТЕХНИКИ

ВОПРОСЫ ГИДРОТЕХНИКИ

ВЫПУСК 14

МАШИННОЕ ОРОШЕНИЕ

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК УЗБЕКСКОЙ ССР

ТАШКЕНТ-1963

В сборнике даны научно-методические разработки по вопросам проектирования и усовершенствования эксплуатации оросительных насосных станций. Рассмотрены пути развития насосных установок в низовьях Аму-Дарьи с момента возникновения машинного орошения до настоящего времени; предложен метод экономического сравнения вариантов оросительных насосных станций и исследованы возможности повышения энергоэкономической эффективности систем электро-машинного орошения; освещены перспективы развития водоснабжения в Узбекской республике и сельских населенных пунктах кокандской группы районов Ферганской области.

Сборник предназначен для работников проектных и эксплуатационных организаций водного хозяйства и может служить практическим руководством по отдельным вопросам машинного орошения и сельскохозяйственного водоснабжения.

Ответственный редактор
кандидат технических наук
З. Х. ХУСАН-ХОДЖАЕВ

В. А. БАРАНОВ

ОБ УСТАНОВКАХ МАШИННОГО ОРОШЕНИЯ В НИЗОВЬЯХ АМУ-ДАРЬИ

Низовья Аму-Дарьи представляют собой плодородные равнины, образованные отложениями реки в ее древней и современной дельте. Лишь несколько небольших возвышенностей и каменистых гряд нарушают однообразие рельефа местности. Равнины имеют предельно малые уклоны и почти безотточные грунтовые воды. Уклоны, в среднем составляющие 0,00015—0,00020, направлены вдоль реки и от реки к границам оазиса. В нижней (современной) дельте уклоны меньше, чем в верхней.

Оазис (площадью 4,3 млн. га), вытянутый вдоль реки, включает Хорезмскую область УзССР, часть Ташаузской области ТуркмССР и часть ККАССР.

Больше половины площади оазиса занимают солончаки разных степеней развития. Площадь земель, пригодных для орошения, по данным СОПС Госэкономсовета СССР, составляет 2.325 тыс. га. Из этой площади в 1960 г. орошалось 479 тыс. га [8] (100 тыс. га было под машинным орошением).

Машинное орошение наиболее развито в Хорезмской области УзССР. Так, согласно ЦСУ и ИВПиГ АН УзССР, оно в Хорезмской области в 1960 г. занимало площадь в 58,8 тыс. га, в Каракалпакии — 31,1.

Борьба с засолением почв в низовьях Аму-Дарьи является одной из главных проблем водного хозяйства.

Работы по мелиорации земель и переустройству ирригационной сети развернулись после принятия Советом Министров в 1950 г. постановления о переходе на новую систему орошения.

Всего в период от начала восстановления народного хозяйства до 1960 г. в оазисе было построено около 90 районных и межрайонных коллекторов общей длиной до 1500 км. В 1961 г. пущена в эксплуатацию первая очередь Большого озерного коллектора — пионерная траншея протяженностью 212 км. По этой траншее грунтовые и сбросные воды с периферии левобережной зоны оазиса направлены через Дарьялыкский коллектор в Сарыкамышскую впадину. В отдельных местах на коллекторах смонтированы насосные установки для повторного использования сбросных вод на орошение.

Благодаря плоскому рельефу и малым уклонам местности высоты подъема воды во всех зонах машинного орошения невелики; они изменяются в течение поливного сезона. Их максимальные значения на существующих насосных установках в левобережной части оазиса

лежат в пределах 1—4 м, составляя в среднем 2—2,5 м. Как исключение, встречаются высоты подъема до 5 м.

Высоты подъема воды в правобережной части оазиса в целом примерно на 1 м выше, чем в левобережной. При малых высотах водоподъема возможна высокая экономичность машинного орошения.

Орошаемые участки образуют террасы, размеры и размещение которых меняются по годам в зависимости от производимых планировочных работ.

Зоны устойчивого машинного орошения располагаются вдоль реки и головных участков магистральных каналов, а также в отдалении от реки, среди земель самотечного орошения.

Расходы воды в Аму-Дарье в течение года сильно изменяются: бывает три-четыре, иногда и больше [3], летних паводка. В зимнее время в дельте реки наблюдаются заторы шуги, создающие значительные колебания уровня воды в реке, и разливы.

Максимальное колебание горизонта воды, зарегистрированное за 25 лет (до 1960 г.) на гидрометрической станции у канала им. Ленина, составило в 1941 г. 3,76 м. Амплитуда колебаний горизонтов Аму-Дарьи за поливной сезон достигла 2—2,5 м.

Вследствие малых высот подъема и относительно больших колебаний нижнего уровня в районах машинного орошения, расположенных в нижней дельте, имеются участки, на которые во время паводков вода поступает самотеком. В некоторых же районах самотечного орошения в весенний период, особенно в маловодные годы, возникает необходимость краткосрочной подкачки воды насосами. Во многих колхозах имеются запасные насосные агрегаты; их используют в периоды низких горизонтов воды в источнике орошения.

Неустойчивость зон машинного орошения и их раздробленность усложняют организацию эксплуатации насосных установок. В период весенних предпосевных поливов работает наибольшее количество насосов. Можно считать, что в среднем за сезон число действующих насосных установок уменьшается на 30%.

Ввиду неустойчивости площадей машинного орошения работники сельского хозяйства должны вести учет работы насосных установок по площадям однократного полива. Сумма последних за год превышает 900 тыс. га.

Во время весенних предпосевных поливов вследствие слишком низких горизонтов воды в Аму-Дарье в системах самотечного орошения ощущается недостаток в воде.

Борьба с весенними низкими горизонтами в Аму-Дарье и каналах — вторая важнейшая проблема водного хозяйства в этом районе.

Аму-Дарья по сравнению с реками, имеющими переменное русло, характеризуется большими уклонами. Воды ее интенсивно размывают неустойчивые песчаные берега и заносят в каналы большое количество ила и песка, а также корневища и стебли смытых с берегов растений. В паводки количество взвешенных наносов в магистральных каналах без отстойников превышает 5,0 кг/м³. Все это приводит к заилению подводящих и отводящих каналов, быстрому засорению и повышенному износу насосов и тем самым усложняет эксплуатацию насосных установок.

Благодаря отмеченным выше особенностям местных условий и проводимым переустройствам ирригационной сети в низовьях Аму-Дарьи создавались оросительные установки временного типа без капитальных водозаборных сооружений, с легкими навесами вместо машинных зданий, легко демонтируемых и переносимых с места на место.

Большие сдвиги в экономике Хорезма произошли после Великой Отечественной войны. Была построена железная дорога Чарджоу—Кунград, пущена в эксплуатацию мощная ГРЭС в Тахиаташе. Оазис пересекла газовая магистраль Бухара—Урал. Запланировано строительство Каракалпакской ГРЭС мощностью в 600 тыс. квт и Тюямуюнского гидроузла.

В развитии машинного орошения Хорезма различают несколько периодов, каждому из которых соответствует свой распространенный тип оросительной установки.

ОРОСИТЕЛЬНЫЕ ВОДОПОДЪЕМНЫЕ УСТАНОВКИ ДОРЕВОЛЮЦИОННОГО ПЕРИОДА

В низовьях Аму-Дарьи в дореволюционный период и первые годы Советской власти (до 1933 г.) в качестве водоподъемных установок использовали чигири, общее количество которых достигало 67 тыс. В это число входило несколько тысяч еще более примитивных устройств (нова) в виде качающегося желоба с противовесом, приводимого в действие человеком. Нова применялась преимущественно в Ташаузском округе [5] на участках с самыми малыми высотами подъема воды порядка 0,5 м.

Существовало два типа чигирей — приводимые в действие животными и самоходные (движимые силой текущей воды). Самоходных чигирей было сравнительно немного, не более 10—15% от общего количества [3, 6]. Высота подъема воды приводным чигирем составляла в среднем 1,5—2 м, а производительность — 3—6 л/сек. [2, 3].

Конструкция чигирей, выработанная вековым народным опытом, была очень простой: они не имели ни одной металлической детали, в то же время обладали достаточно высокими к. п. д.¹ Однако вследствие низкой оросительной способности² удельная стоимость орошения чигирями была высокой, значительно выше, чем считал В. В. Цинзерлинг [3].

Как и следовало ожидать, попытки значительно увеличить производительность установки черпакового типа приводили к громоздким конструкциям. Чигирное орошение мешало развитию общественных форм организации сельского хозяйства. Возникновение машинного орошения в Хорезме относится к 1910 г. С этого момента стали появляться оросительные насосные установки и станции в имениях баев, частных предпринимателей и ханских чиновников. В 1915 г. их насчитывалось уже 52 общей мощностью свыше 900 л. с.

Оборудование насосных установок состояло из нефтяных двигателей мощностью 7—25 л. с. и центробежных насосов диаметром 8"—14". Имелось несколько станций с агрегатами большой мощности. Среди них особое положение занимали насосные установки в Ходжейли (принадлежавшие Сафарьянцу), оборудованные тремя дизелями Коломенского завода мощностью по 100 л. с. и центробежными насосами диаметром 24"×22".

В период басмачества машинное орошение в Хорезме пришло в упадок. Большинство станций было разрушено. Сохранились (относительно) лишь две установки под Ново-Ургенчем и одна в Хиве.

На рис. 1 показана насосная станция, построенная частным предпринимателем в 1912 г. Основное оборудование станции состоит из

¹ Проведенные ОИИВХ [11] испытания 26 приводных чигирей дали среднее значение полного к.п.д., равное 0,42.

² По данным С. К. Кондрашева [6], в Каракалпакии один чигирь орошал в среднем 1,68 га посевов.

горизонтального нефтяного двигателя «Рустон-Проктор» мощностью 40 л. с.¹ и центробежного насоса (той же фирмы) диаметром 14"×12". Насос установлен в специальной кирпичной камере внутри машинного помещения, ниже максимального уровня воды в питающем канале. Всасывающая труба, имеющая горизонтальную часть длиной около 16 м, проложена под землей к водозаборному колодцу из жженого кирпича. Высота подъема воды лежит в пределах 2,5—0,3 м в зависимости от уровня воды в Шавате.

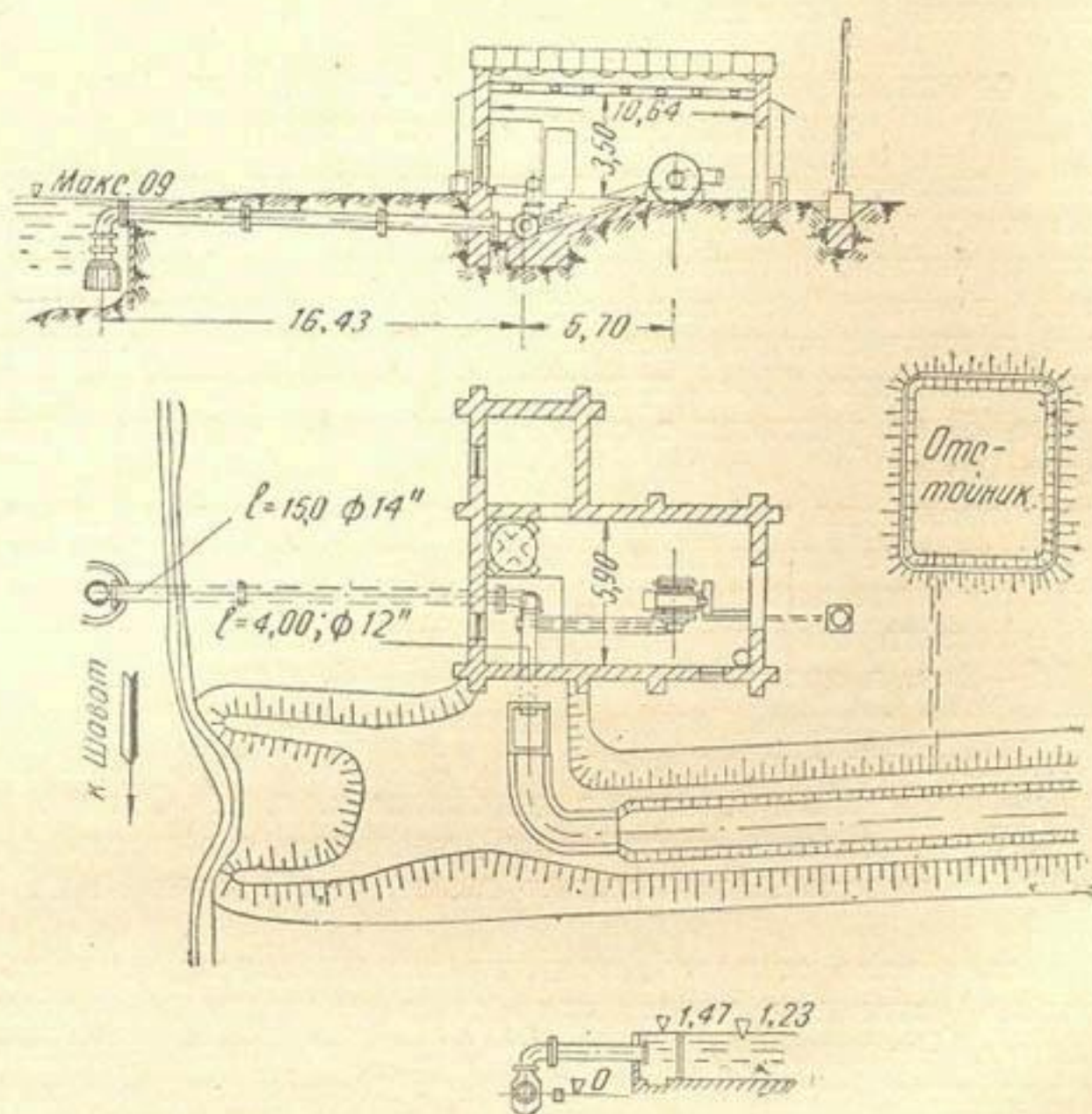


Рис. 1. Насосная станция старого типа (1912 г.) на канале Шават около Ново-Ургенча.

Следует предположить, что в прошлом водозаборный колодец имел щитовой затвор и решетку, при помощи которых можно было избежать затруднений в эксплуатации, связанных с обслуживанием низко установленного насоса.

Для конструкции данной и других насосных станций дореволюционной постройки характерны камерный водозабор с длинной горизонтальной частью всасывающей трубы, низкое расположение насоса и тихоходный нефтяной двигатель.

Больше в низовьях Аму-Дарьи насосные станции такого типа не строились. Между тем это был наиболее распространенный в дореволюционном Туркестане тип оросительных насосных станций. Десятки таких установок, в большинстве с одним или двумя агрегатами, работали на Сыр-Дарье, Мургабе, Теджене и других реках Средней Азии.

В зависимости от высоты подъема воды и амплитуды колебаний нижнего уровня насосы располагались ниже или на уровне пола ма-

¹ Вначале был установлен двигатель мощностью 25 л. с.

шинного помещения, а напорные трубы выводились вертикально вверх через крышу здания станции до уровня верхнего бьефа и там, после поворота в горизонтальное направление, соединялись с водовыводящим лотком или оголовком машинного канала. Некоторые из этих станций продолжают работать и в настоящее время.

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАГРУЗКИ ДВИГАТЕЛЯ

Объектами непосредственных наблюдений на насосных станциях служат: количество подаваемой в машинный канал воды; высота подъема воды насосами и переподем; время работы агрегатов; число оборотов насосов; число оборотов двигателей и цвет выхлопных газов; расход горючего и смазочных материалов; простои, их длительность и причины, вызвавшие их; температура воздуха и охлаждающей воды.

Высоты находили нивелированием. Расходы воды измеряли при помощи водослива или гидрометрической вертушки. При кратковременных испытаниях отдельных агрегатов в низовьях Аму-Дарьи производительность их определяли путем установки гидрометрической вертушки в нагнетательной трубе насоса. В этом случае принимались меры к заполнению всего сечения трубы в зоне установки вертушки. Кроме того, в отдельных случаях с помощью ртутного манометра измеряли манометрический напор.

Число оборотов машин при длительных наблюдениях определяли после каждого пуска установки, а также в начале и конце рабочей смены. При кратковременных испытаниях число оборотов проверяли по три раза через каждые 10 мин. в течение опыта.

Поступление нефтепродуктов на станцию учитывали по фактурам при получении их с нефтебазы, расход — наполнением предварительно протарированных бачков. Расход горючего во время кратковременных испытаний насосных агрегатов измеряли (не раньше, чем через полчаса после пуска в ход агрегата) объемно-весовым способом „по отрыву от иглы“ непрерывно в течение трех-четырех часов.

Для определения вероятной загрузки нефтяного двигателя был принят не требующий индицирования приближенный метод, сущность которого заключается в следующем. Используя результаты непосредственных измерений перечисленных выше величин и нормальные характеристики двигателя и насоса, взятые из каталогов, определяют две фиктивные нагрузки двигателя, из которых одна заведомо больше действительной, а вторая — заведомо меньше. Тогда вероятная нагрузка двигателя определяется как среднее между ними. Метод подсчета фиктивных нагрузок преследует цель по возможности сузить разрыв между ними. Заведомо меньшая нагрузка двигателя вычисляется по действительным значениям производительности насоса и манометрического напора по формуле

$$N_{эф. 1} = \frac{\gamma \cdot Q' \cdot H'}{75 \cdot \eta \cdot \eta_{пер}}, \quad (1)$$

где Q' — измеренная секундная подача воды, л;
 H' — измеренный манометрический напор, м;
 $\gamma = 1$ — вес единицы объема воды;
 $\eta_{пер} \approx 0,96$ — к. п. д. ременной передачи;
 η — к. п. д. насоса.

К. п. д. насоса определяется на основании нормальной рабочей характеристики насоса, взятой из каталога. В незасоренном изношен-

ном насосе по сравнению с новым потери энергии возрастают главным образом за счет увеличения щелевой потери, определяющего объемный к. п. д., равный

$$\eta_0 = \frac{Q}{Q + q}; \quad (2)$$

здесь q — щелевая потеря.

Известно, что под влиянием возрастающих потерь через зазор характеристики напоров смещаются влево параллельно горизонтальной оси, при этом особых искажений не наблюдается [19, стр. 254]. Можно считать, что это приводит к смещению оси ординат вправо (рис. 2).

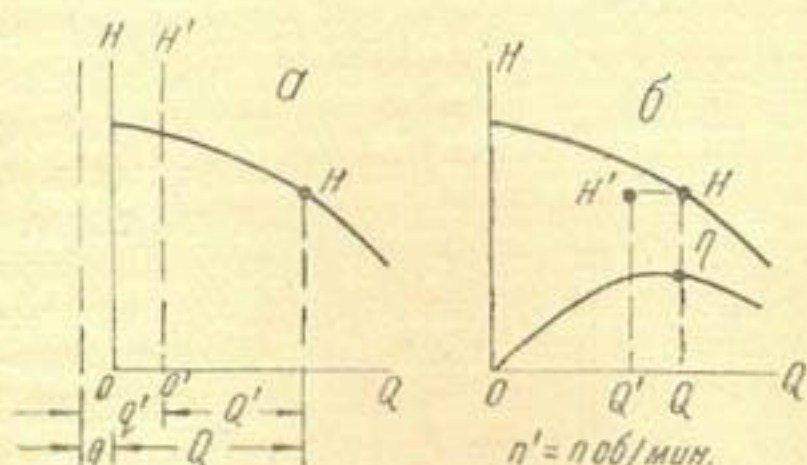


Рис. 2. Приближенное определение к. п. д. изношенного насоса:

а — изменение напорной характеристики насоса вследствие увеличения щелевой потери (q); б — связь между параметрами изношенного и нового насоса.

В данном случае равенство

$$Q' + q' = Q + q$$

сохраняется, что равносильно постоянству расхода, проходящего через рабочее колесо насоса.

Следовательно, отношение к. п. д. изношенного и нового насосов при одинаковых числах оборотов и манометрических напорах можно считать приблизительно равным

$$\frac{\eta'}{\eta} \approx \frac{\eta_0'}{\eta_0} = \frac{Q' (Q + q)}{(Q' + q') \cdot Q} = \frac{Q'}{Q}, \quad (3)$$

где Q и η — производительность и к. п. д. насоса по его нормальной характеристике при $n = n'$ и $H = H'$ (см. рис. 2б).

Верхний предел нагрузки двигателя определяется на основании учета расхода горючего. Эффективная мощность двигателя, вычисляемая таким путем, составляет

$$N_{эф.2} = \frac{427 \cdot G' \cdot Q_n^p \cdot \eta_{дв} \cdot \delta}{3600 \cdot 75A}; \quad (4)$$

здесь G — измеренный часовой расход горючего, кг;

$Q_n^p = 10000$ — низшая теплопроизводительность рабочего топлива из нефтепродуктов или нефти, кал/кг;

$\eta_{дв}$ — к. п. д. двигателя при полной нагрузке;

$\delta = f\left(\frac{N_{дв.1}}{N_{уст}}\right)$ — коэффициент понижения к. п. д. двигателя при недогрузке.

Действительная нагрузка двигателя определяется на основании неравенства

$$N_{эф.1} < N_{эф} < N_{эф.2}. \quad (5)$$

Для нефтяных двигателей¹ имеем

$$A = \frac{760 (530 + t^{\circ})}{B545}, \quad (6)$$

¹ Загрузку тракторных двигателей не определяли.

где A — коэффициент, учитывающий влияние атмосферных факторов;
 B — барометрическое давление, мм рт. ст.;
 t° — температура воздуха, $^\circ\text{C}$.

Проведенные совместно с С. К. Переверзевым натурные испытания нескольких насосных установок временного типа дали возможность выработать свою методику испытаний, позволяющую нормировать машинное орошение [14, 16].

НАСОСНЫЕ УСТАНОВКИ В ПЕРИОД ВОССТАНОВЛЕНИЯ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

В 1924 г. в Хорезме действовало всего три насосных станции общей мощностью около 100 л. с.

Планомерное восстановление и дальнейшее развитие машинного орошения началось с 1927 г. В это время общая мощность действовавших насосных станций составляла 160 л. с.

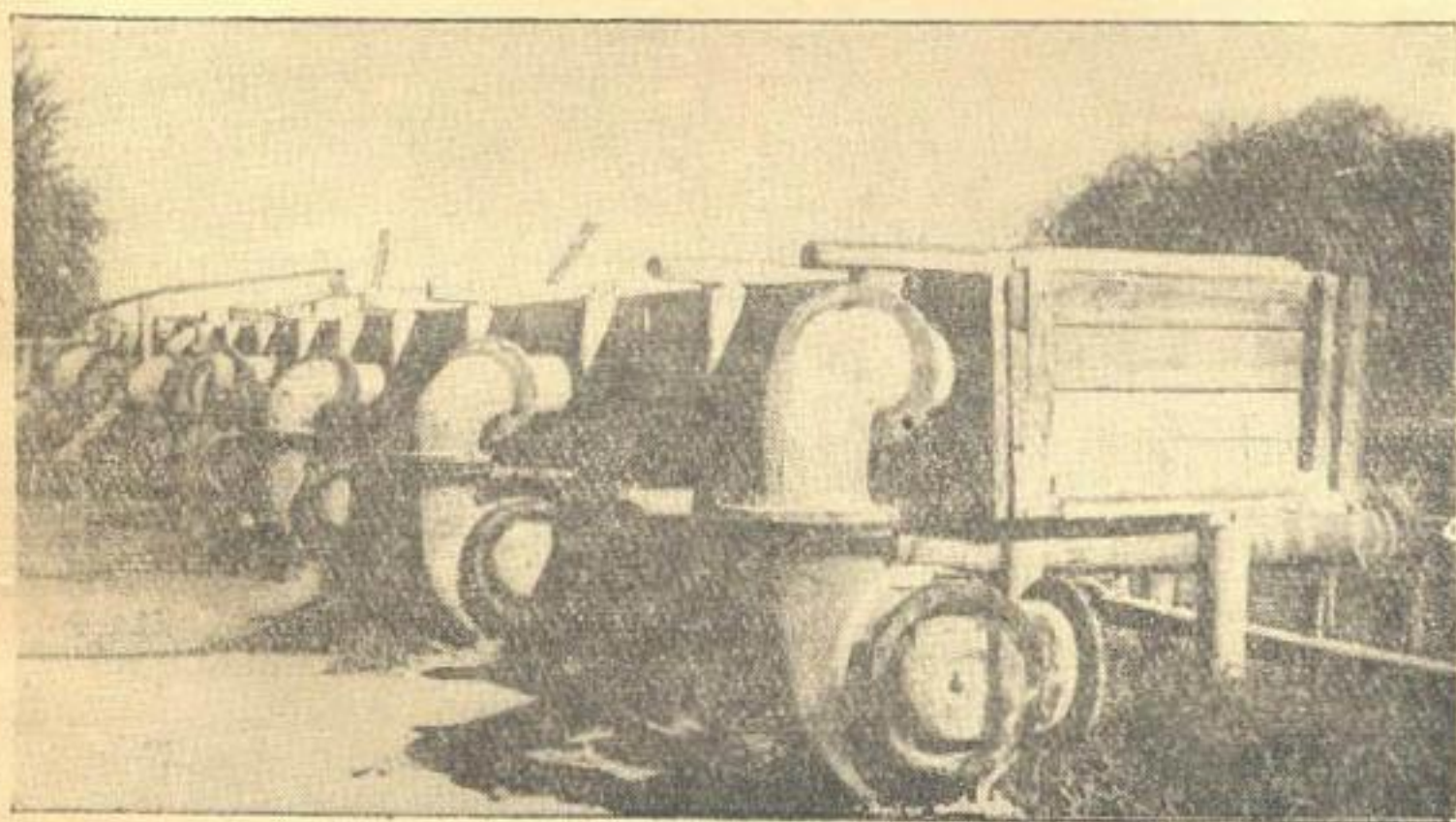


Рис. 3. Семиагрегатная насосная установка, построенная совхозом Тулу-Максум на канале Шават в 1932 г.

Первое время насосные установки строились не для замены чигирного орошения, а для орошения новых площадей. Строительство станций велось в основном совхозами и Управлением амударьинских дельтовых ирригационных систем (Упрадис).

Детальное обследование и паспортизация стационарных насосных станций в Хорезмской области были проведены САНИИРИ в 1935 г. под руководством Т. А. Колпаковой; при этом зарегистрировано 45 станций общей мощностью 1554,5 л. с. (эту мощность использовали не полностью). Станции были расположены преимущественно на магистральных каналах. Число агрегатов доходило до семи (две станции), но в основном преобладали станции с одним и двумя агрегатами (36 станций из 45).

Восемнадцатисильные нефтяные двигатели «Красный прогресс», приводившие в действие центробежные насосы диаметром 250 мм типа Ф-22 завода «Борец», представляли собой в тот период наиболее распространенный тип оросительных установок. Почти на всех стацио-

нарных насосных станциях двигатели были установлены на бетонных фундаментах в зданиях капитального типа. Система охлаждения у всех двигателей переделана на проточную. Насосы смонтированы на деревянных рамах вне зданий, выше максимального уровня воды в каналах (рис. 3).

Забор воды в большинстве случаев сделан непосредственно из питающего канала с вертикальным креплением берега посредством свай и досок, позади всасывающих труб, опущенных вертикально.

На нескольких станциях были устроены водозаборные камеры, представляющие собой прямоугольный котлован, выкопанный в нескольких метрах от канала, закрепленный досками и камышом, соединенный с каналом узким подводом (рис. 4). Вследствие относительно высокого расположения насосов, все эти станции имели переподачи воды, составляющие от 0,1 до 1,5 м.

Работу насосных станций рассмотренного типа характеризуют приводимые ниже результаты обследования одной из них на канале Шават.

За 22 дня наблюдений в июле пять агрегатов станции выработали 690 машино-часов. Баланс времени, %, за период наблюдений составил: работа на поливы — 32,7; вынужденные простои — 12,1; плановые простои и простои, не зависящие от работы станции, — 55,2.

Вынужденные простои, принятые за 100%, включали простои организационного характера — 2%; неисправность машинного оборудования — 2,5; прорывы дамб на распределительных каналах — 11,5; задержка в доставке нефтепродуктов — 84%.

Полученные в результате наблюдений средние значения показателей работы станции следующие: средняя высота подъема воды на станции — 1,8 м; то же насосами — 2,15 м; подача воды одним насосом — 95 л/сек; то же на 1 кг сожженного топлива — 70 м³/кг; полезная работа 1 кг топлива — 150 т·м/кг; термический к. п. д. агрегатов — 3,5%.

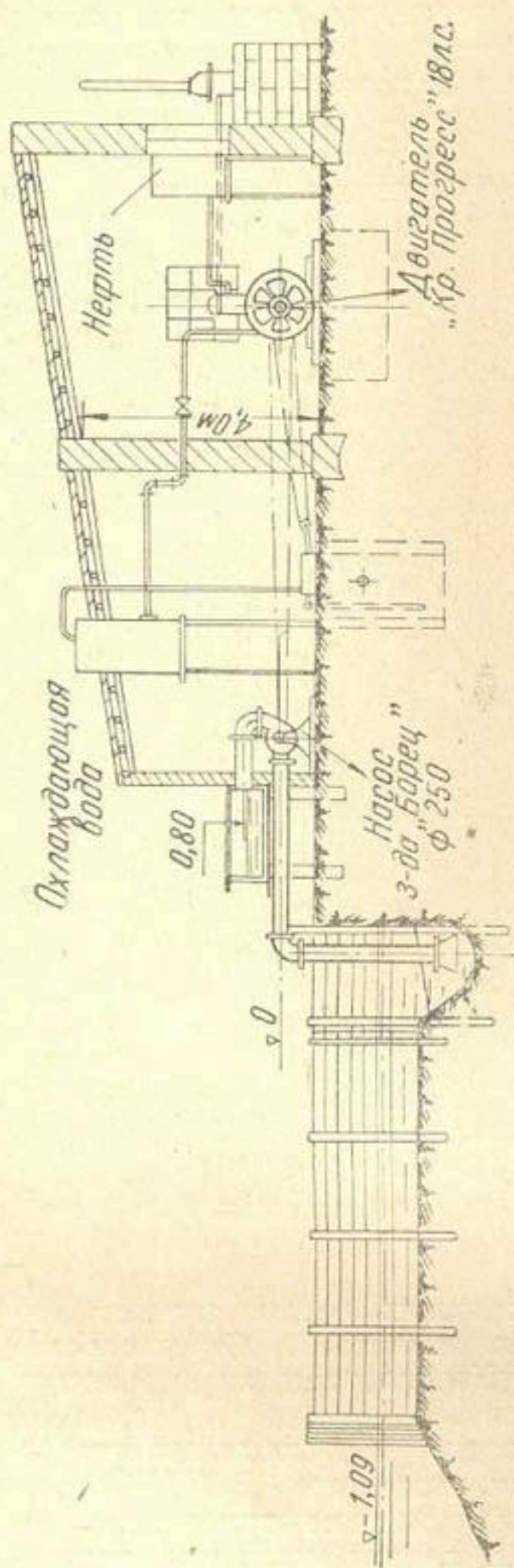


Рис. 4. Четырехагрегатная насосная станция с водозаборной камерой в Ханкинском районе (по материалам обследования 1935 г.).

Кратковременное испытание трех агрегатов станции при высоте подъема 2,15 м, равной средней ее величине за период наблюдений, позволило определить полезную работу 1 кг топлива, равную 171 т·м/кг, и термический к. п. д. в 4%, что на 11,5% выше его среднего эксплуатационного значения.

Для сравнения действительной работы насосной установки с теоретическими расчетами один из агрегатов станции был тщательно прочищен и отрегулирован. Испытание производили на бакинской нефти при высоте подъема воды насосом 2,3 м.

Результаты испытания и сравнительных расчетов показали следующее:

1) при высоте подъема 2,3 м расчетная погрузка двигателя равна 100%, т. е. двигатель подобран без запаса мощности. В действительности же при нормальной работе насоса с числом оборотов 480 об/мин двигатель должен оказаться перегруженным вследствие меньшего действительного сопротивления трубопровода и связанной с этим увеличенной подачей воды;

2) действительная подача воды меньше расчетной. В то же время термический к. п. д. и подача воды на 1 кг сожженного топлива оказываются выше расчетных. Причина этого заключается в том, что к. п. д. трубопровода в действительности выше его расчетного значения вследствие меньшей подачи воды и меньшего действительного значения коэффициента сопротивления трубопровода;

3) показатели работы насосной установки, вычисленные по нормальным характеристикам двигателя и насоса, выше измеренных, за исключением к. п. д. трубопровода и термического к. п. д. агрегата. Это означает, что при надлежащем ремонте машин и достижении нормальной нагрузки двигателя эффективность использования топлива не будет улучшена вследствие понижения к. п. д. трубопровода при увеличении подачи воды. Однако стоимость кубометра поднятой воды все же снизится ввиду повышения производительности установки;

4) замена трубопровода другим (большего диаметра) даст незначительный эффект ввиду одновременного понижения к. п. д. насоса;

5) для достижения максимального использования энергии топлива надо заменить насос с трубопроводом другими — большего размера, т. е. произвести капитальное переустройство установки.

ТРАКТОРНЫЕ НАСОСНЫЕ УСТАНОВКИ В ПЕРИОД РЕКОНСТРУКЦИИ ОРОШЕНИЯ

Развитие социалистических форм орошаемого сельского хозяйства требовало увеличения орошаемых площадей и широкого внедрения механизации полевых работ.

В связи с организацией колхозов к 1933 г. необходимо было ликвидировать чигири и объединить разрозненные мелкие орошаемые участки земли. Количество чигирей и орошаемые ими площади в это время составляли¹ соответственно по Хорезмскому округу УзССР — 46 000, 104 300 из 126 614 га; Ташаузскому округу ТуркмССР — 7 280, 11 600 из 62 000 га; ККАССР — 15 950, 33 830 из 125 285 га.

Замена чигирного орошения самотечным требовала больших затрат труда и денег и не могла быть осуществлена в сжатые сроки. Приходилось ориентироваться в первую очередь на машинное орошение с использованием тракторов на поливах.

¹ Приводимые показатели составлены по данным статистического сектора ЦИУПРа, годового отчета УПРАДИСа, доклада начальника Управления водного хозяйства ККАССР тов. Петрова и материалам Ташаузского окрводхоза за 1933 г.

Впервые в широком масштабе строительство тракторных насосных установок временного типа, без машинных зданий, начало Оргстройбюро Трактороцентра. В Хорезмский оазис было завезено свыше 1000 малых насосов различных марок диаметром 150 и 200 мм. Решили каждым трактором «Интернационал» 10/20 приводить в действие по два насоса. В общей сложности установили около 500 насосов.

Переустройство ирригационной сети под насосное орошение произвели на площади 21 500 га, что составило 14,3% всей площади чигирного орошения.

Насосы монтировали попарно на высоких свайных основаниях, расположенных непосредственно в канале или широком квадратном котловане рядом с каналом. Установки имели от одного до восьми двухнасосных агрегатов. Конструкция насосных установок, вызванная недостатком труб и фасонных частей, оказалась очень неудобной в эксплуатации.

Несмотря на несовершенство конструкции и относительно низкие к. п. д., тракторные насосные установки позволили значительно увеличить площади орошаемых карт.

Работы по замене чигирного орошения насосным продолжались. Тракторы «Интернационал» 10/20 повсеместно заменялись более мощными тракторами СТЗ 15/30.

В 1933 г. в САНИИРИ под руководством Т. А. Колпаковой был разработан типовой проект тракторной насосной установки с центробежным насосом диаметром 300 мм и водозаборной камерой. Однако он не был осуществлен потому, что в первую очередь необходимо было использовать уже завезенные в большом количестве насосы. Кроме того, водозаборная камера заметно удорожала установку.

Почти одновременно с САНИИРИ в Наркомземе СССР был разработан типовой проект тракторной насосной установки с непосредственным забором воды из канала и трансмиссионным валом, с помощью которого одним трактором приводилось в действие от двух до пяти насосов диаметром 150 мм.

Установки также оказались громоздкими и неудобными в эксплуатации. Их было построено немного, применялись они главным образом в Каракалпакии.

В 1934 г. в Узнаркомземе был составлен третий типовой проект оросительной установки временного типа тоже с непосредственным забором воды из канала и двумя насосами, приводимыми в действие трактором без трансмиссионного вала.

Проведенное в лаборатории САНИИРИ испытание одной из насосных установок показало, что наилучшее возможное использование мощности трактора СТЗ 15/30 достижимо лишь при загрузке его четырьмя насосами, присоединение пятого насоса практически нецелесообразно. С увеличением высоты подъема на 1 м производительность одного насоса снижается всего только на 2—3 л/сек. Путем увеличения диаметра трубопровода до 200 мм можно улучшить работу установки на 10—20%. Дальнейшее увеличение диаметра бесполезно вследствие резкого ухудшения гидравлического режима насоса. Таким образом, в результате испытания насосной установки выявили большие несоответствия между его основными частями.

Технико-экономические расчеты показали, что с применением на тракторных установках насосов диаметром 400 мм стоимость орошения может быть снижена почти в три раза по сравнению с существующей. При использовании трактора как на поливе, так и на пахоте стоимость орошения снижается не намного, а организация эксплуатации установок усложняется. Экономически целесообразные высоты подъема для

насосных установок, работающих на керосине, лежат в пределах 6—7 м.

Вследствие тяжелых условий работы и ненормальной эксплуатации мелкие насосы быстро выходили из строя и требовали частых ремонтов. В скором времени стал ощущаться недостаток в насосах. Механики на местах по собственной инициативе начали снимать вторые насосы тракторных агрегатов и ставить их на самостоятельную работу (рис. 5).

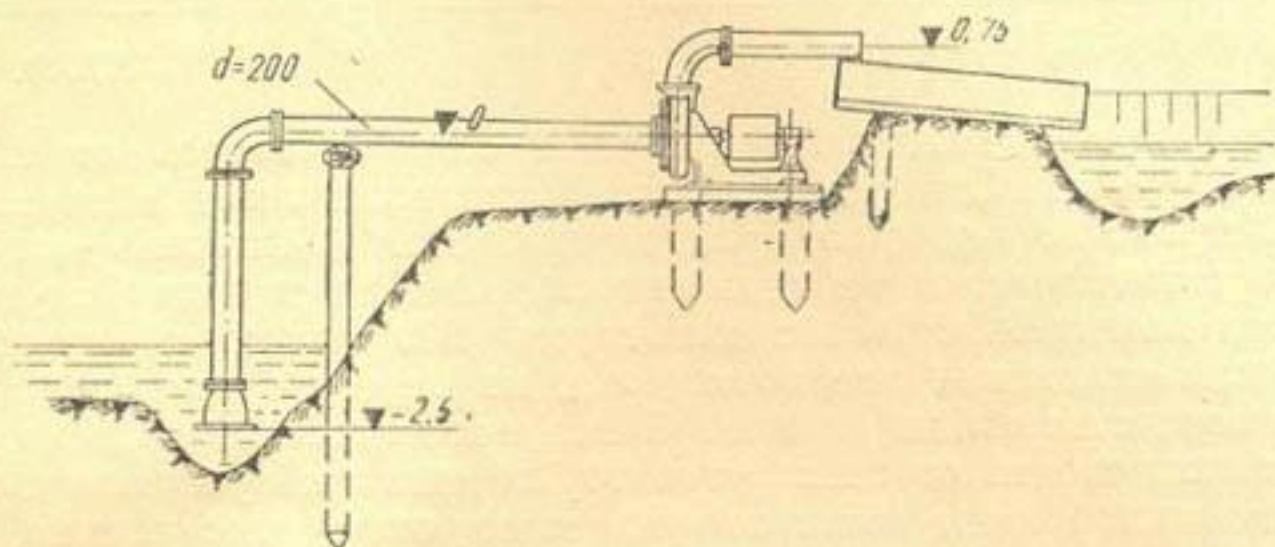


Рис. 5. Типичная схема тракторной насосной установки, существовавшей в период с 1936 по 1948 г.

Проведенное САНИИРИ в Новоургенчском районе в 1937 г. наблюдение эксплуатации тракторной насосной установки с насосом диаметром 150 мм дало следующие средние эксплуатационные показатели: высота подъема воды насосом 2,0 м; секундная подача воды 50 л/сек; часовой расход керосина 6,65 кг/час; число оборотов шкива трактора 352 об/мин; продолжительность рабочего дня 18,05 час.; подача воды на 1 кг сожженного топлива 27 м³/кг; термический к. п. д. всей установки 1,3%; полезная работа на 1 кг сожженного топлива 54 т·м/кг; коэффициент использования времени 0,75.

Несмотря на то, что с 1935 г. велось строительство более экономичных стационарных насосных установок с нефтяными двигателями, количество тракторных насосных установок увеличивалось.

В 1941 г. по Хорезмской области и ККАССР на тракторные насосные установки приходилось 70% всей площади машинного орошения, в 1943 — 87 и 1947 — 90%.

СТРОИТЕЛЬСТВО КОЛХОЗНЫХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

Следующим шагом на пути ликвидации чигирного орошения явилось распоряжение Совнаркома и ЦК ВКП(б) 1935 г., обязывающее органы водного хозяйства Хорезмского оазиса в первую очередь построить 225 колхозных насосных установок с нефтяными двигателями для перевода 22 500 га земель с чигирного орошения на машинное. Из них 11 200 га приходилось на Хорезмский округ, 7500 — на Ташаузский и 3800 га — на ККАССР. Во вторую очередь намечалось оросить насосами по Хорезмскому округу — 30 000 га; Ташаузскому — 10 000; ККАССР — 8000 га.

За период с конца 1935 по 1937 г. было построено 242 насосных установки с нефтедвигателями [14], в том числе по Хорезмскому округу — 112; Ташаузскому — 76; ККАССР — 44. Общая мощность построенных колхозных насосных станций составила около 4,5 тыс. л. с.

Приводимые ниже данные характеризуют весь оазис в отношении способов подачи оросительной воды в начале 1937 г. [14]:

Орошение, га

Округ	самотечное	машинное	чигирное	Всего, га
Хорезмский	32000	35500	47500	115000
Ташаузский	61500	9500	16000	87000
ККАССР	91000	7000	17000	115000
Всего	184500	52000	80500	317000.

Строительство колхозных насосных станций велось по типовому проекту Упрадиса. Станции строились одноагрегатными и двухагрегатными. Устройство их было крайне упрощено. Двигатель мощностью 18 л. с. устанавливался на деревянном свайном основании внутри глинобитного помещения. Насос диаметром 200 мм монтировался тоже на свайном основании вне помещения, на берегу канала. Водозабор был непосредственно из канала. Схема расположения насосного агрегата в целом сходна со схемой тракторной насосной установки.

В типовой проект были внесены следующие добавления, учитывающие накопленный опыт эксплуатации насосных установок:

1) вертикальная часть всасывающей трубы сделана составной из двух частей для того, чтобы укорачивать ее при сильном заилении канала;

2) предусмотрена возможность ввода в машинное помещение трактора в качестве резервного двигателя;

3) подобран более подходящий диаметр шкива насоса для лучшей загрузки двигателя.

При строительстве насосных станций были допущены отклонения от проекта и недоделки. Кроме допущенных переподелок воды порядка 1,0 м, существенным недостатком строительства колхозных насосных станций являлась слабость деревянных оснований под двигателями, что зачастую лишало возможности дать двигателю полное число оборотов.

При организации эксплуатации насосных станций наблюдались:

а) частые задержки в снабжении нефтепродуктами и техническом обслуживании станций со стороны МТС, связанные с отсутствием транспорта и разбросанностью объектов;

б) недостаточность планово-предупредительных технических уходов за машинами;

в) отсутствие учета подаваемой воды;

г) недостаток ремонтных средств на станциях и квалифицированных кадров в колхозах.

В результате испытаний, проведенных в течение 103 дней (с мая по сентябрь) на одной из колхозных насосных станций Новоургенчского района, оборудованной двигателем «Красный прогресс» мощностью 18 л. с. и центробежным насосом диаметром 200 мм завода им. М. И. Калинина, получены были следующие эксплуатационные показатели работы станции: средняя высота подъема — 1,45 м; секундная подача воды — 77 л/сек; часовой расход горючего — 6,06 кг/час; число оборотов двигателя — 244 об/мин; средняя продолжительность рабочего дня — 15,2 час.; подача воды на 1 кг сожженного топлива — 45,6 м³/кг; полезная работа 1 кг сожженного топлива — 67,1 т·м/кг; термический к. п. д. — 1,55%.

Сравнение среднего термического к. п. д. и средней секундной подачи воды с результатами испытания этой станции, произведенного

при высоте подъема, сходной со средней высотой подъема, за период наблюдений показало, что величины их примерно на 10% ниже величин, полученных при испытании.

Почти такой же результат сравнения средних за длительный и короткий периоды времени показателей работы был найден и при описанном выше исследовании эксплуатации насосной станции, построенной совхозом в Новоургенчском районе.

Представленный краткий анализ работы насосных установок малой мощности с центробежными насосами показывает, к какому понижению эффективности приводит пренебрежение теми или иными правилами компоновки насосных агрегатов при малой высоте подъема.

ОПЫТ СТРОИТЕЛЬСТВА МЕЖКОЛХОЗНЫХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

Летом 1937 г. на канале Шават в Ново-Ургенче под руководством инж. В. Евментьева была построена первая в Хорезме опытная установка с низконапорным, вертикальным насосом пропеллерного типа, выпущенным Пятигорским ремонтно-механическим заводом Наркомзема (рис. 6). Конструкция насоса под маркой ПВ-1 разработана в Ленинградском индустриальном институте по заданию НКЗ СССР.

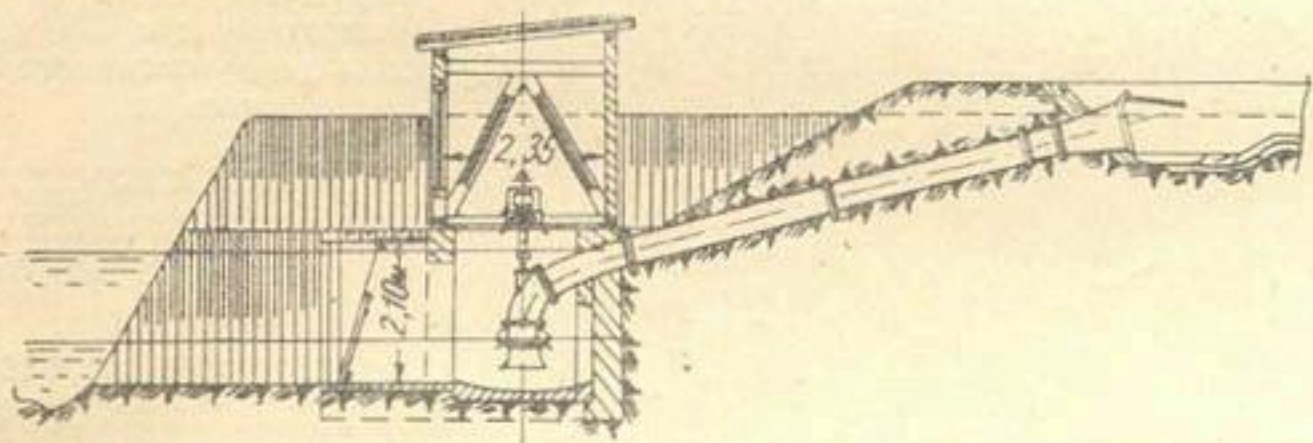


Рис. 6. Установка с вертикальным пропеллерным насосом ПВ-1 по проекту Наркомзема СССР.

Вертикальное исполнение насоса, было выбрано ввиду его меньшей металлоемкости и постоянной готовности насоса к пуску без предварительного заполнения водой. Межколхозные станции, строившиеся по проектам Упрадиса, разработанным при участии САНИИРИ, имели от одного до трех агрегатов, состоящих из нефтяного двигателя «Победа» мощностью 25 л. с. при 500 об/мин и насоса ПВ-1.

Каждый насос монтировался в отдельной водозаборной камере (рис. 7). Камерные блоки были запроектированы из жженого кирпича. В каждой камере предусматривались установка щита и шандор для отключения ее и опорожнения во время ревизии насоса. В отдельных случаях строились станции с деревянными водозаборными камерами. Двигатели размещались в капитальных машинных зданиях.

На рис. 8 дана схема размещения насосных станций с вертикальными пропеллерными насосами.

Сотрудниками САНИИРИ под руководством Т. А. Колпаковой были проведены в 1938 г. производственные испытания трех новых межколхозных насосных станций.

В результате наблюдений за эксплуатацией насосных станций данного типа, проведенных А. А. Черкасовым на двухагрегатной станции с/с Шават-Кала за 39 дней — с половины июля по конец августа, — были получены следующие эксплуатационные показатели (на один агрегат): средняя высота подъема — 1,95 м; секундная подача воды —

224 л/сек; расход топлива на 1 машино-час. — 4,5 кг/час; подача воды на 1 кг сожженного топлива — 174 м³/кг; полезная работа на 1 кг сожженного топлива — 340 т·м/кг; термический к. п. д. агрегата — 8%.

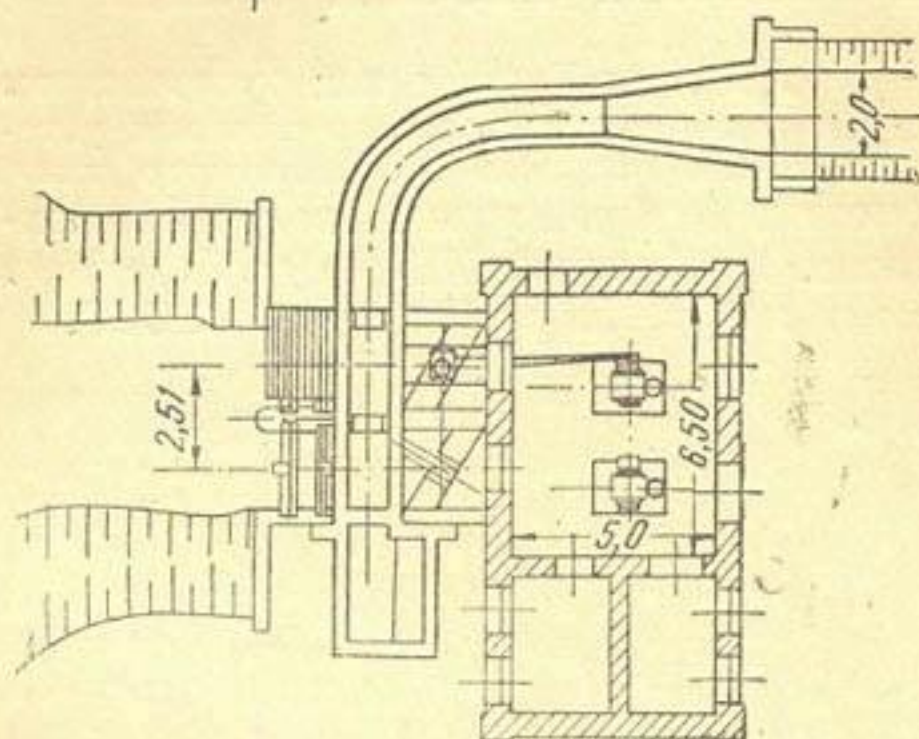
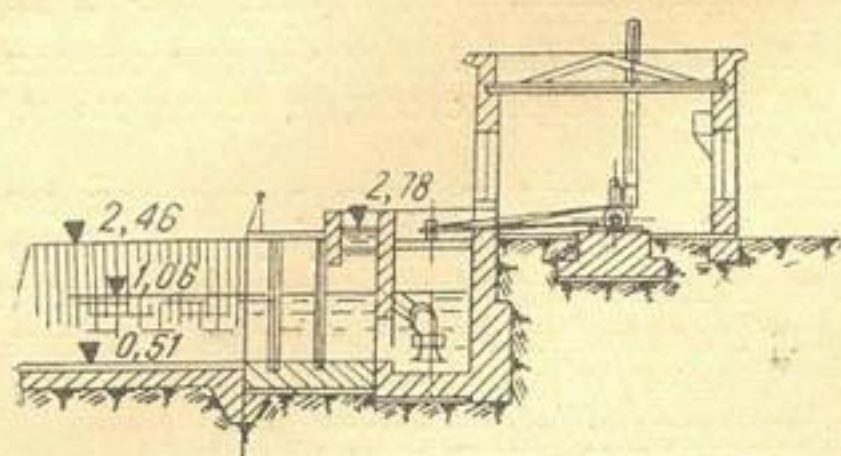


Рис. 7. Межколхозная двухагрегатная насосная станция с насосами ПВ-1 на канале Шават, построенная по проекту Упрадиса.

топленный тип насоса усложнял осмотр рабочих частей насоса в эксплуатации и разборку его для ремонта. Установка шкива насоса на консольном конце длинного вала оказалась неудачной, так как вызывала изгиб вала от натяжения приводного ремня. Закрепление лопаток рабочего колеса во втулке было ненадежным: расслаблялось во время работы и приводило к поломкам лопаток. Чугун как металл для лопаток слаб, поэтому у лопаток обычно отламывались задние концы, часто — и вся лопасть.

Таким образом, рассмотренные насосные установки не были совершенными главным образом ввиду наличия недостатков в конструкции основных частей (двигателя, передачи, насоса и водоприемного сооружения), а также низкого качества монтажа и организации эксплуатации. Расход нефти в двигателях и число оборотов их зависят не от нагрузки двигателя, а от квалификации машиниста — от того, как последний сумеет отрегулировать подачу нефти, воды в цилиндр и приток охлаждающей воды. Часто машинист намеренно понижает число оборотов двигателя, чтобы уменьшить расход горючего.

С каждым годом площади машинного орошения все увеличивались. Общая мощность всех насосных установок возросла почти до 20 тыс. л. с. Так продолжалось до конца 1940 г., когда была завершена первая очередь работ по реконструкции головного питания ирригационных каналов и значительная часть земель чигирного орошения переведена на самотечное орошение.

За время наблюдений общая продолжительность простоев насосных агрегатов составила около 70% времени их возможной работы. Ниже рассмотрены причины этих простоев. За 100% принимается общая продолжительность простоя обоих агрегатов:

Причины неполадок	%
Неисправность оборудования:	
двигателей	14
насосов	18
передачи	1
Организационные неполадки:	
отсутствие горючего	3,5
ночные простои	50,5
выходные дни	12,5
Прорывы дамб машинного канала	0,5.

На всех насосных станциях у пропеллерных насосов внутренние направляющие подшипники, смазка которых производилась водой из фильтров, быстро изнашивались. Фильтры действовали неудовлетворительно. Вертикальный за-

В период Великой Отечественной войны в связи с большими затруднениями в снабжении насосных установок жидким топливом колхозы стремились подавать оросительную воду самотеком. Своими силами они строили подпорные сооружения на мелких и крупных каналах. Так, в Хорезмской области таких сооружений было построено свыше 200. Однако эти сооружения наносили ущерб ирригационной сети и посевам, так как происходило интенсивное заиливание каналов, особенно на головных участках, уменьшалась их пропускная способность (требовалось производить очистку два-три раза в течение поливного периода).

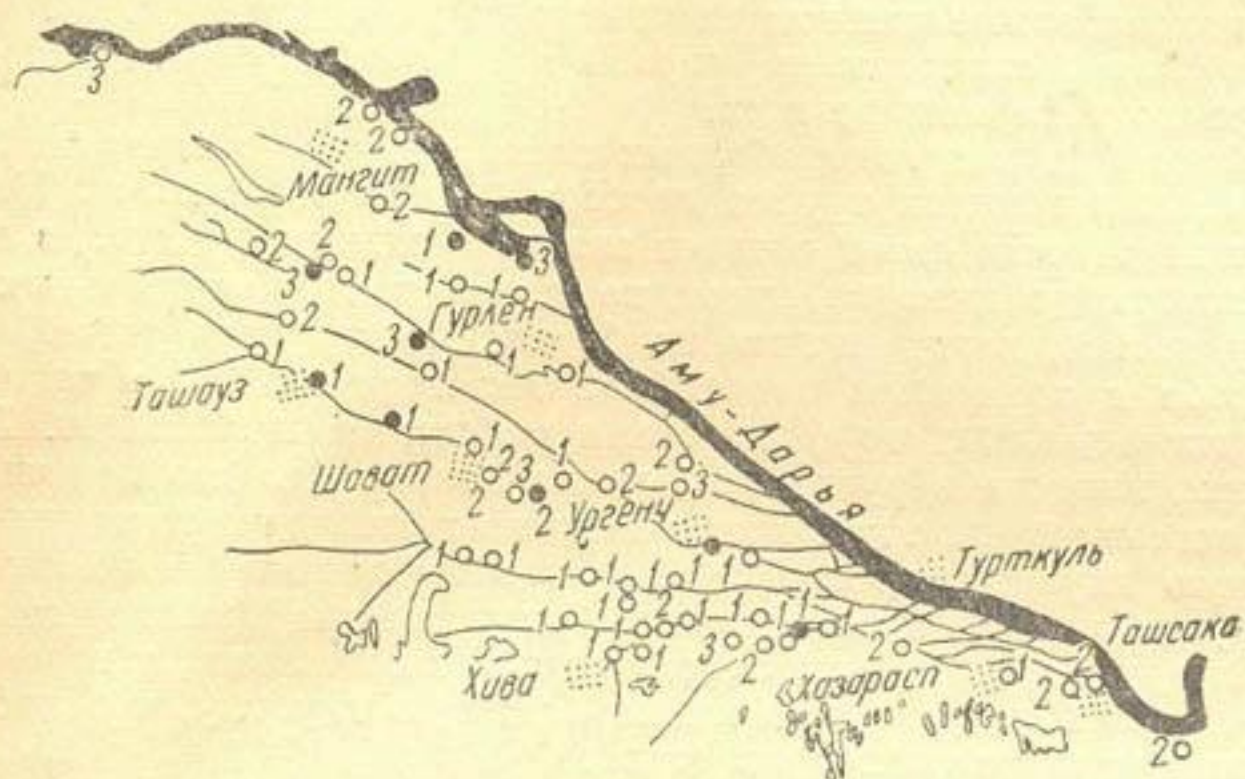


Рис. 8. Схема размещения насосных станций с насосами ПВ-1:
а — построенные до 1939 г.; б — намеченные к постройке; 1, 2, 3 — число агрегатов.

В результате создания многочисленных подпоров при отсутствии сбросных систем земли, прилегающие к каналам, стали заболачиваться в то время, как земли колхозов, расположенных в хвостовых частях каналов, страдали от недостатка воды.

Вследствие изменений, наблюдавшихся в системе подачи воды, распределение площадей машинного орошения и их размеры из года в год менялись. Наибольшее применение получили мелкие насосные установки временного типа, действующие иногда лишь в течение короткого периода времени, а также установки для откачки грунтовых вод. Насосное оборудование за эти годы изнашивалось. Завезенные до 1940 г. вертикальные пропеллерные насосы вследствие отсутствия регулярного технического надзора, а также несовершенства конструкции вышли из строя.

До 1948 г. работали насосные установки, состоящие из трактора СХТЗ 15/30 мощностью на шкиве 28 л. с. и маленького центробежного насоса диаметром 200 мм, забиравшего воду непосредственно из питающего канала. Производительность такой установки составляла 250—280 м³/час. Одна установка орошала от 50 до 80 га хлопчатника.

Большая распространенность таких установок и относительно низкая их эффективность создали необходимость реконструкции установок машинного орошения.

УСТРОЙСТВО ВОДОЗАБОРА

На ирригационных насосных станциях в низовьях Аму-Дарьи были обследованы водозаборы следующих типов:

- 1) непосредственный водозабор с укладкой, всасывающей трубы на сваях, без крепления берега (см. рис. 5);
- 2) непосредственный забор воды из питающего канала с вертикальным креплением берега позади всасывающих труб (см. рис. 3);
- 3) небольшие камеры в береге канала, примитивной конструкции, без щитов и решеток;
- 4) такие же примитивные камеры с подводным руслом (см. рис. 4);
- 5) водозаборные камеры инженерного типа (см. рис. 7).

Наиболее распространен первый тип водозаборов. Водозаборы инженерного типа меньше всех.

Наблюдения над водозаборами показали, что предохранительные сетки на всасывающих трубах насосов быстро засоряются. Необходимая частая очистка сеток создает значительные неудобства в эксплуатации, которых обычно избегают, не ставя предохранительных сеток. Очистку насоса, находящегося на берегу, производить легче.

Борьба с заилением водозабора является наиболее важной. Заиления всасывающих труб во время работы не происходит. По мере отложения наносов в русле питающего канала дно его повышается, и вокруг всасывающих труб, которые на всех станциях опущены на максимальную глубину, чтобы производить предпосевные поливы, образуются углубления в виде воронок. При остановке насосной станции на несколько дней эти воронки заполняются отложениями, и всасывающие трубы оказываются заиленными на большую глубину, что иногда выводит насосную установку из строя.

Водозаборные камеры без щитовых затворов и предохранительных решеток в отношении засорения насосов и заиления всасывающих труб не имеют никаких преимуществ по сравнению с непосредственным водозабором. Наоборот, они заиляются и засоряются больше, чем русло канала.

На тех станциях, где всасывающие трубы насосов опущены в небольшие прямоугольные камеры, сделанные на берегу канала, часто во время работы позади этих труб образуются устойчивые воронки и происходит всасывание воздуха, сильно снижающее производительность насоса. Воронки наблюдаются даже при значительной глубине погружения всасывающей трубы (до 1,5 м).

В двух случаях воронки были уничтожены путем установки позади всасывающих труб вертикальных деревянных щитов.

Водозаборные камеры, расположенные непосредственно на берегу канала, заиляются так же сильно и быстро, как и камеры с подводным руслом. Более или менее оправдывают свое назначение только водозаборные камеры инженерного типа, без подводного русла, снабженные решетками и щитами для закрытия их во время остановки агрегатов. Но такие камеры — наиболее дорогая и сложная в строительстве часть насосной установки: стоимость ее составляет примерно $\frac{1}{3}$ стоимости всей станции. Они применялись на межколхозных насосных станциях с вертикальными пропеллерными насосами и после этого больше не строились до 1962 г., когда была построена мощная насосная станция с вертикальными осевыми насосами.

Таким образом, для ирригационных насосных установок малой мощности на Амударьинских ирригационных системах рациональным оказался непосредственный водозабор с устройством всасывающей трубы из двух или трех частей.

ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ ПРОПЕЛЛЕРНЫЕ НАСОСНЫЕ АГРЕГАТЫ КОНСТРУКЦИИ САНИИРИ — ИВПиГ

Первоначально в САНИИРИ при участии автора делались попытки рекомендовать вертикальный пропеллерный насос в открытой камере. В лаборатории была изготовлена опытная установка в натуральную величину. Гидравлические испытания ее дали благоприятные результаты; но внедрить эту установку в производство не удалось по причине относительно высокой стоимости стационарного узла камерного типа в сравнении с другими распространенными в низовьях Аму-Дарьи видами водозабора.

Несколько позднее в Хорезмскую область, кроме вертикальных пропеллерных насосов, были завезены в небольшом количестве горизонтальные пропеллерные насосы, которые приводились в действие нефтет двигателями мощностью 22 и 25 л. с. Однако насосы не имели должного успеха по двум основным причинам: во-первых, вал насоса имел внутренний направляющий подшипник скользящего трения, смонтированный во втулке выправляющего аппарата и не отвечающий требованиям защиты трущихся поверхностей от взвешенных наносов; во-вторых, для зарядки насоса водой перед пуском был применен ручной вакуумнасос слишком малой производительности. В результате насосы запускались в работу с большим трудом и были подвержены быстрому износу внутренних уплотнений в эксплуатации, что приводило к потере напора и снижению производительности установки. Кроме того, конструкция шкивного привода насоса требовала устройства надежного фундамента и тщательного монтажа.

Для повышения эффективности работы низконапорных оросительных насосных установок следовало:

- 1) провести капитальную реконструкцию тракторных насосных установок с малыми центробежными насосами;

- 2) правильно использовать поднятую воду (не допускать ее потерь, особенно в период ночных поливов); обеспечить бесперебойный подвоз горючего с нефтебазы на насосные установки, а также сохранить насосные установки во время нерабочего периода; повысить квалификацию колхозных кадров, обслуживающих насосные установки.

Описанные выше результаты производственных испытаний оросительных насосных установок малой мощности указывали на то, что реконструкция тракторных насосных установок должна заключаться:

- 1) в разработке конструкции горизонтального пропеллерного насоса с рабочим колесом диаметром 350 мм и трубопроводом, имеющим экономически выгодный диаметр; при этом должны быть приняты меры по устранению выявленных недостатков обследованных насосных установок (надо обеспечить легкость очистки засоренного насоса и предупредить преждевременный износ направляющего подшипника);

- 2) в замене на тракторных насосных установках центробежных насосов малых размеров (250, 200 и 150 мм) горизонтальными пропеллерными насосами; в этом случае значительно повысятся термические к. п. д. установок, а производительность возрастет не меньше, чем до 1200 м³/час, вместо существующих 200—300 м³/час;

- 3) в применении насосных установок преимущественно с непосредственным забором воды из источника орошения;

- 4) в установке насосов на рамах без фундаментов;

- 5) в устройстве легких навесов над двигателями вместо машинных зданий.

Все это позволит максимально снизить капитальные затраты по

реконструкции насосных установок. Кроме того, такие установки можно легко переносить с места на место, что является важным свойством машинных оросительных систем временного типа. Следует отдавать предпочтение одноагрегатным и двухагрегатным установкам.

Дальнейшего значительного снижения эксплуатационных расходов можно достигнуть заменой керосиновых тракторов дизельными. На установках со стационарными нефтяными двигателями надо предусмотреть возможность подвода трактора в качестве резервного двигателя.

Для проверки намеченных мероприятий нами в 1944 г. был осуществлен монтаж двухагрегатной рационализированной насосной установки с опытными горизонтальными пропеллерными насосами сварной конструкции диаметром 350 мм и стационарными нефтяными двигателями мощностью 18 и 25 л. с. на р. Сыр-Дарье около разъезда № 56 Ташкентской железной дороги.

В результате эксплуатационных испытаний агрегата (мощностью 18 л. с.) этой установки 7 июня 1946 г. после двух лет эксплуатации были получены следующие результаты: геометрическая высота подъема — 1,25 м, манометрический напор — 1,6 м, подача воды — 210 л/сек, расход горючего — 3,87 кг/час, обороты двигателя — 238 об/мин., обороты насоса — 612 об/мин, ориентировочная загрузка двигателя — 41%; коэффициент скольжения приводного ремня — 0,96; термический к. п. д. агрегата — 6%; подача воды на 1 кг сожженного топлива — 195 м³/кг.

Удовлетворительные результаты эксплуатационного испытания, произведенного в неблагоприятных для насосной установки условиях (высота подъема почти в четыре раза меньше оптимальной), послужили основанием для внесения предложения правительству УзССР в июне 1946 г. о разработке серийной конструкции и внедрении в низовьях Аму-Дарьи горизонтальных пропеллерных насосных агрегатов, которым была присвоена марка ПГ-35 САНИИРИ. Эта работа выполнена нами совместно с С. К. Переверзевым.

Производство пропеллерных насосных агрегатов было начато в 1947 г. в Ташкенте (рис. 9).

С 1948 г. Министерства сельского хозяйства УзССР и ККАССР, а затем и ТуркмССР коренным образом реконструировали тракторные и стационарные насосные установки на базе внедрения горизонтальных пропеллерных насосных агрегатов ПГ-35 конструкции САНИИРИ (ныне ИВПиГ). Оросительная способность этих агрегатов с тем же трактором СХТЗ 15/30 превысила 300 га хлопчатника, что намного снизило стоимость машинного орошения. Через четыре года после своего появления они стали преобладающим типом оросительных установок в низовьях Аму-Дарьи. Установок с центробежными насосами осталось очень немного, только на мелких орошаемых участках.

В 1954 г. САНИИРИ совместно с заводом-изготовителем была произведена модернизация пропеллерных насосных агрегатов. Они стали выпускаться под маркой ПГ-35М САНИИРИ. Разработан и передан в производство двухступенчатый пропеллерный насос для подъема воды на высоту до 10 м (таблица). Заводы УзССР выпускали насосы агрегатированными с тракторными моторами и электродвигателями.

В 1959 г. одним из заводов УзССР выпущены малые мелиоративные насосные агрегаты 10Пр САНИИРИ¹, предназначенные для орошения небольших участков площадью 50—150 га (рис. 10). Первая партия их поступила в Ташаузскую область.

¹ Разработка насосных агрегатов конструкции САНИИРИ и ИВПиГ производилась в лаборатории гидравлических машин под руководством автора.

Отличительной особенностью насосных установок конструкции ИВПиГ является возможность их монтажа без производства строительных работ. Эти установки не требуют фундаментов. Их легко можно переносить с места на место. Мобильность установок послужила основным стимулом для их широкого распространения.

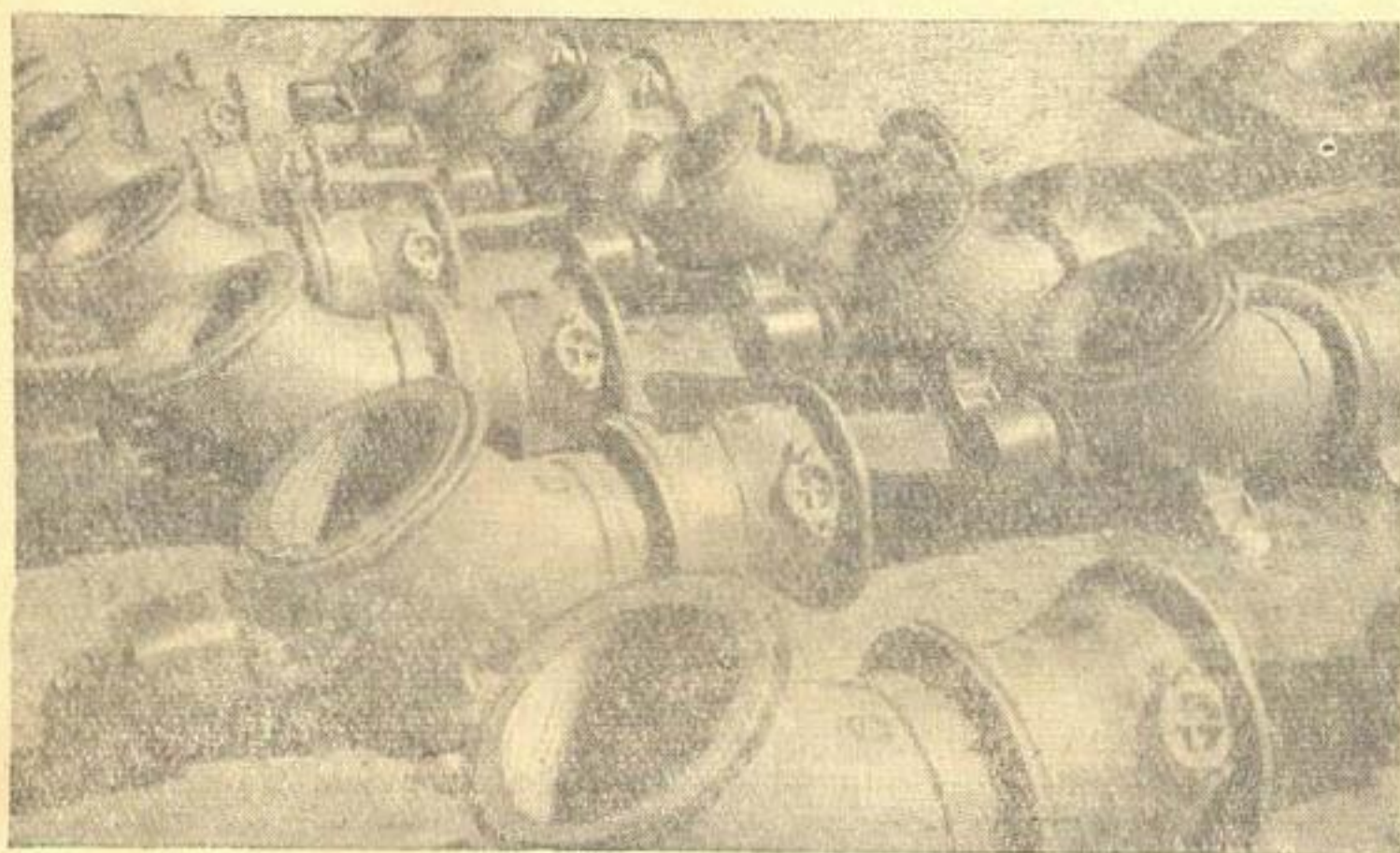


Рис. 9. Первая партия насосов ПГ-35 САНИИРИ, приготовленная к отправке в Хорезм (1947 г.)

Таким образом, существующее машинное орошение в низовьях Аму-Дарьи представляет собой пример развития установок временного типа, обладающих высокой мобильностью. Созданные специально для низовий Аму-Дарьи горизонтальные пропеллерные насосы вышли в настоящее время далеко за их пределы.

Показатели работы горизонтальных пропеллерных насосных агрегатов ПГ-35 САНИИРИ с тракторами СХТЗ по актам испытаний в Хорезмской области за период с 12 по 27 июля 1948 г.

Место установки	Высота подъема, м	Расход керосина, кг/час	Подача воды, л/сек	Подача воды на 1 кг керосина, м ³ /кг	Орошаемая площадь, га
Колхоз им. Ленина Гурленского района	1,08	6	330	200	200
Колхоз „Янгиюль“ Шаватского района	1,71	8,36	313	135	135
Колхоз им. Дмитрова Шаватского района	1,70	5,80	316	196	—
Колхоз им. Кирова Шаватского района	1,46	7,36	316	155	180

В 1960 г. ИВПиГ совместно с заводами была проведена вторая модернизация пропеллерных насосных агрегатов (рис. 11).

С 1961 г. в производстве находятся агрегаты под марками 10Пр, ПГ-35М, ПГ-35МА, ПГ-35 × 2 (рис. 12 и 13). Они выпускаются укомп-

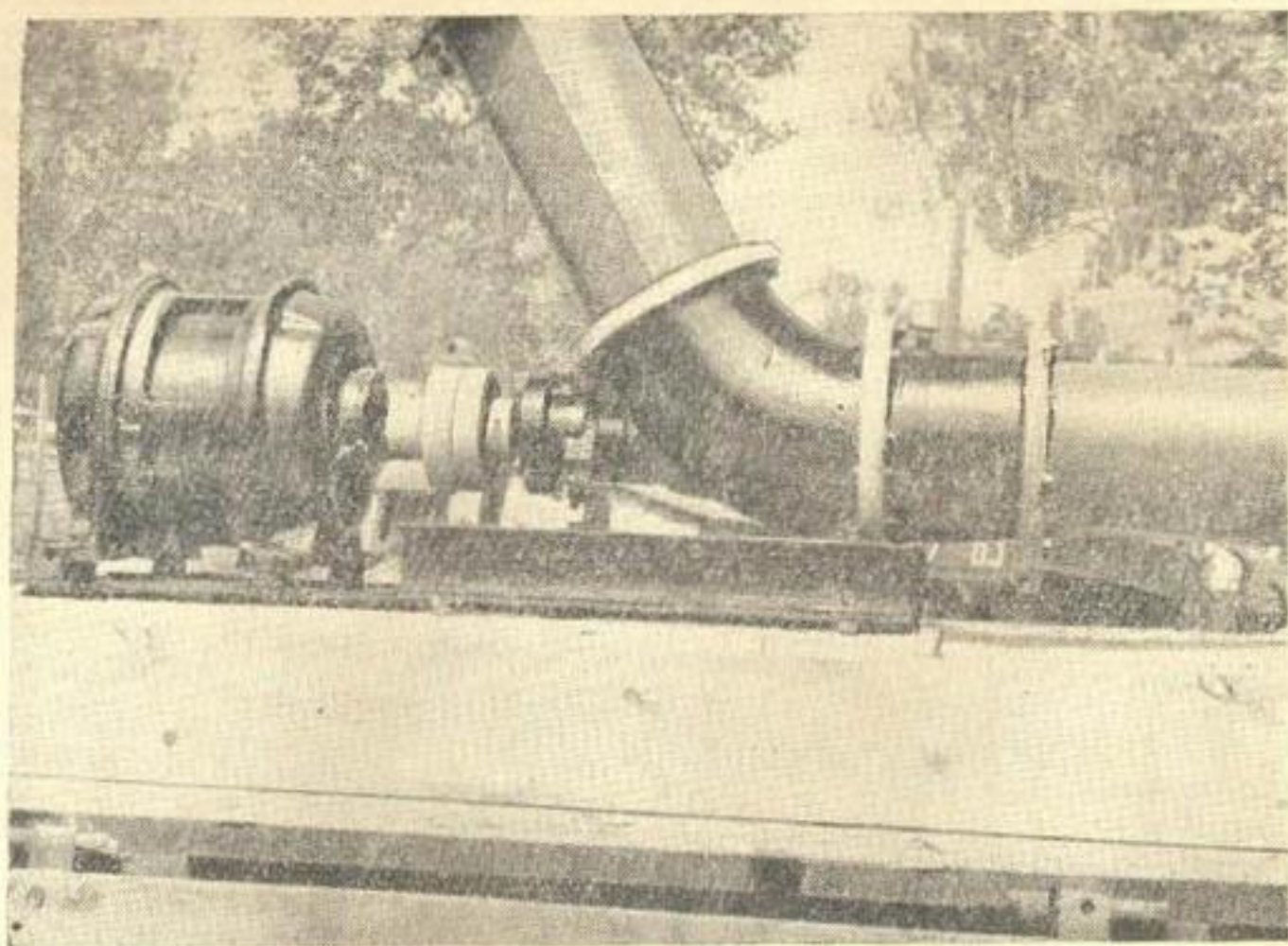


Рис. 10. Малый мелиоративный насосный агрегат 10Пр САНИИРИ с трубопроводом 250 мм в диаметре. Мощность электродвигателя 14 кВт при 1450 об/мин. напор до 5,5 м, производительность 50—165 л/сек.

лектованные двигателями, на общих рамах с насосами, а также всасывающими и напорными трубопроводами в Ташкенте, Самарканде, Андижане, Манкенте, Баку и Астрахани. Двигателями служат быстроходные дизели тракторного типа и электромоторы. Общее количество выпущенных комплектов превысило уже 18 тыс. В настоящее время указанные агрегаты являются наиболее распространенными мелиоративными насосными установками временного типа для высот подъема воды 5 и 10 м в Узбекистане, Туркмении, Таджикистане, Киргизии и Южной части Казахской республики, а также на Дальнем Востоке, Украине, в Белоруссии, Краснодарском крае, Литве, Азербайджане и других республиках и районах СССР.

Для дальнейшего усовершенствования конструкции и расширения выпуска мелиоративных насосных агрегатов в лаборатории гидравлических машин ИВПиГ в 1962 г. разработали еще один типоразмер горизонтального пропеллерного насоса под маркой ОГ-8-29,5.

В 1963 г. проводились заводские испытания экспериментального образца насоса. По решению союзного правительства, в 1963 г. насосные агрегаты ПГ-35 × 2 с дизелями КДМ-100 приняты Внешторгом для поставки на Кубу. По заданию «Машинэкспорта» в лаборатории определили технические условия на эти насосные агрегаты в тропическом исполнении, кроме того оказали научно-техническую помощь заводу-изготовителю.

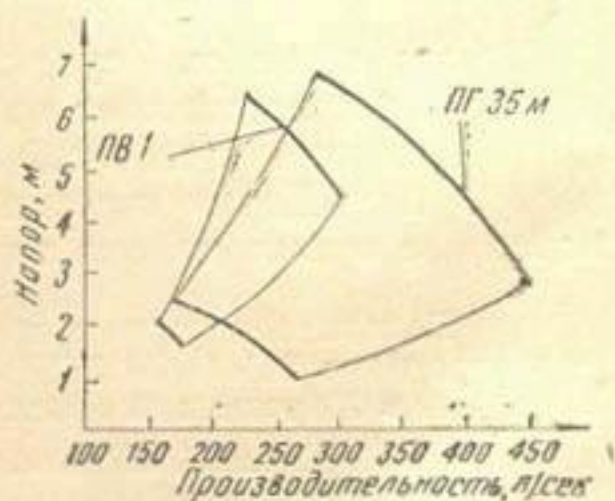


Рис. 11. Зона выгодного использования насосов ПГ-35М и ПВ-1.

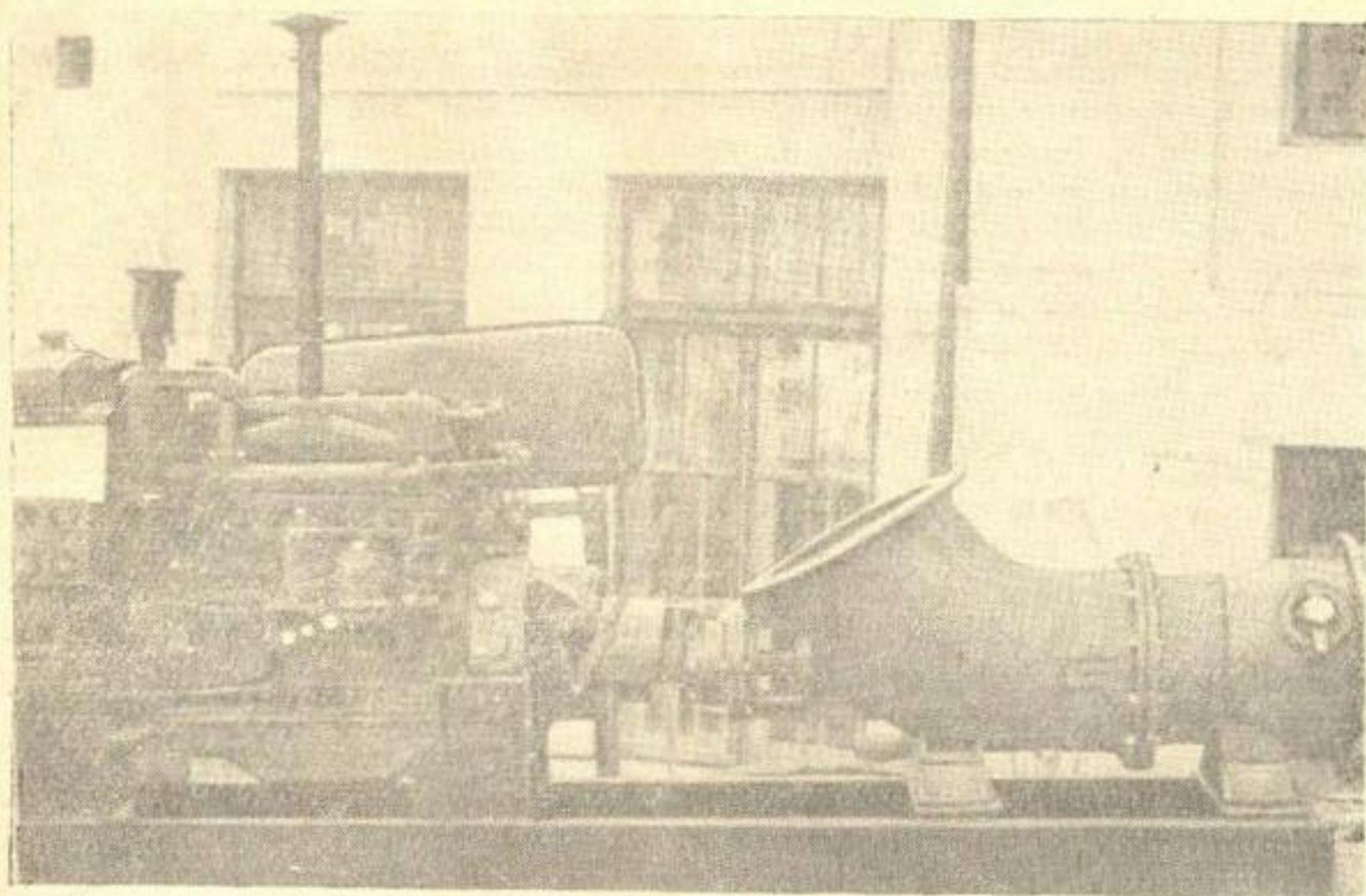


Рис. 12. Модернизированный насосный агрегат ПГ-35МА и ИВПиГ (1961 г.).



Рис. 13. Испытание насосного агрегата ПГ-35×2 с приподнятым коленом всасывающей трубы вместо пускового вакуумнасоса (1954 г.)

УСТАНОВКИ ДЛЯ БОРЬБЫ С ВЕСЕННИМ МАЛОВОДЬЕМ

Как было отмечено, в низовьях Аму-Дарьи временами (обычно в марте) возникает необходимость подпитывать некоторые из систем самотечного орошения.

В такие периоды на реке и в головах отдельных крупных самотечных каналов практикуется установка многих батарей из 20—30 и больше горизонтальных пропеллерных насосов конструкции ИВПиГ, которые работают в течение месяца, а затем демонтируются. Так, в 1957 г. такие батареи были смонтированы на каналах Кызкеткен и им. Ленина в Каракалпакии. Такой случай повторился и в маловодном 1961 г.

Весной 1961 г. на крупнейшем в Хорезмской области Ташсакинском канале было установлено для его подпитывания свыше двухсот пропеллерных насосных агрегатов конструкции ИВПиГ. В это же время из Чехословакии в ККАССР прибыло пять мощных плавучих дизельных насосных станций производительностью по $7,5 \text{ м}^3/\text{сек}$ каждая, предназначенных для подачи воды из Аму-Дарьи в каналы им. Ленина, Кызкеткен и др. В 1962 г. в голове канала им. Ленина построили по проекту Узгипросельэлектро мощную электрифицированную насосную станцию (рис. 14), которая работает в периоды весенних маловодий и подает в канал до $54 \text{ м}^3/\text{сек}$. амударьинской воды.

В том же 1962 г. весной для подпитывания магистральных ирригационных каналов в Хорезмской области было смонтировано 240 насосных агрегатов с насосами конструкции ИВПиГ и быстроходными дизелями тракторного типа.

На 1963 г., помимо упомянутых выше пяти плавучих насосных станций и мощной электрифицированной насосной станции, запланировали установку на берегах Аму-Дарьи: в ККАССР — 250 пропеллерных насосов конструкции ИВПиГ и в Хорезмской области — 200.

Следует отметить, что весеннее подпитывание самотечных каналов принимает систематический характер. Поэтому целесообразнее и на других крупных каналах построить электрифицированные насосные станции с низконапорными большими осевыми насосами без выпрямляющих аппаратов вместо ежегодно повторяющегося монтажа и демонтажа добавочных сотен временных насосных установок, работающих на жидком топливе.

Плавучие насосные станции также подходят к этим необычным условиям кратковременной эксплуатации.

К числу первых плавучих насосных станций на Аму-Дарье можно отнести построенную Управлением механизации МВХ ТуркмССР трехагрегатную установку, смонтированную на прямоугольном стальном патроне. Насосные агрегаты состоят из нефтедвигателей типа «Красный прогресс» или «Кировец» и насосов ПГ-35.

Полученные из Чехословакии мощные плавучие насосные станции имеют следующую техническую характеристику: плавучие насосные станции ПНС-7,5 предназначены для машинного орошения с водозабором на водных объектах с минимальной глубиной 1,4 м (при работе) или 1,0 м (при перемещении) и скоростью течения до $7,2 \text{ км/час}$.

Корпус плавучей насосной станции состоит из трех отдельных блоков, конструктивно соединенных в одно целое: длина корпуса — 40,46 м; ширина — 9,86 м; высота среднего понтона — 1,50 м; максимальная осадка — 0,80 м; осадка насосной станции при работе, считая от открытых входных патрубков насосов — 1,30 м; водоизмещение при осадке насосной станции — 260 т; производительность насосной станции $3 \times 2,5 \text{ м}^3/\text{сек}$. при манометрической высоте напора в 6,5 м вод. ст.

Насосные станции оборудованы тремя горизонтальными насосами с непосредственным приводом от дизелей. Каждый насос имеет входное колено с затвором на уровне дна понтона и индивидуальный напорный трубопровод с возможностью присоединения с правой или левой стороны насосной станции.

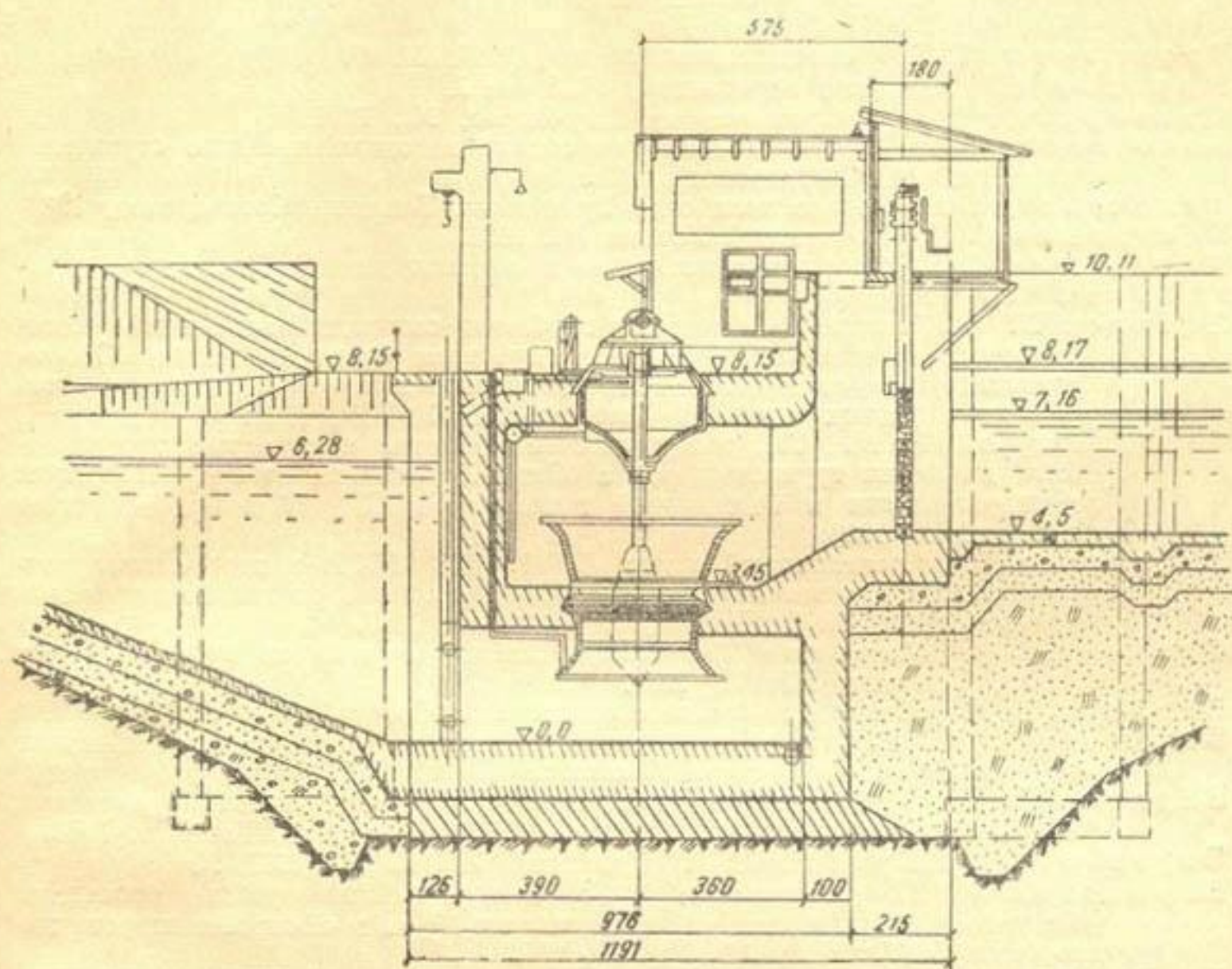


Рис. 14. Мощная четырехагрегатная насосная станция на головном участке канала им. Ленина в ККАССР. Вертикальные пропеллерные насосы диаметром 2,5 м установлены в открытых камерах (1962 г.)

Главные насосные агрегаты включают:

а) дизель в судовом исполнении, нереверсивный, четырехтактный, простого действия, однорядный, шестицилиндровый, с непосредственным впрыском топлива; установлен для номинальной мощности 290 л. с. при 375 об/мин;

б) насос горизонтальный, одноступенчатый с диагональным рабочим колесом; статор насоса между всасывающим патрубком и двойным отводящим напорным коленом разъемный в горизонтальной плоскости; напорные патрубки имеют диаметр 1000 мм; рабочее колесо — открытой конструкции с нерегулируемыми лопатками и диагональным потоком воды;

в) напорный трубопровод номинального диаметра 1000 мм и для номинального давления 2,5 атм может проходить по правой или левой стороне средних понтонов; оканчивается резиновыми компенсаторами, обеспечивающими соединение с понтонной частью трубопровода.

В заключение остается упомянуть о плавучей самоходной насосной станции, построенной Красноводским судоремонтным заводом по проекту КБ Узсовнархоза для обводнения пастбищ массива Кзыл-Джар в ККАССР. Станция имеет производительность 2 м³/сек при манометрическом напоре в 20 м.

В критические моменты роль плавучих насосных станций возлагалась также на землесосы с помпами диаметром 200 и 300 мм.

Следует ожидать, что плавучие насосные станции также получат распространение в низовьях Аму-Дарьи.

ЛИТЕРАТУРА¹

1. Тромбачев С. П. «Вестник ирригации», 1925, № 12.
2. Манохин И. «Вестник ирригации», 1926, № 6.
3. Цинзерлинг В. В. Орошение на Аму-Дарье, М., 1927.
4. Аскоченский А. Южный Хорезм как объект водохозяйственного строительства, Ташкент, Сазгипровод, 1933.
5. Аскоченский А. Водное хозяйство Туркмении, Ташкент, Сазгипровод, 1934.
6. Кондрашев С. К. Орошаемый Хорезм, М., 1931.
7. Кондрашев С. К. Орошаемое хозяйство и водопользование Хивинского оазиса, М., 1916.
8. Легунов П. А. Земельные фонды и проблема сельскохозяйственного освоения новых орошаемых земель в республиках Средней Азии и Южном Казахстане, Научное совещание по комплексному использованию земельных и водных ресурсов, Ташкент, АН УзССР, 1962.
9. Георгиевский Б. М. Гидрогеологические процессы и основные закономерности динамики грунтовых вод в Южно-Хорезмском оазисе, Материалы по гидрогеологии и инженерной геологии УзССР, Ташкент, Комитет наук УзССР, 1935.
10. Евментьев В. Пропеллерный насос ПВ-1 НКЗ СССР и перспективы развития насосостроения в системе НКЗ, В сборнике статей по ирригации и гидротехнике, № 1, САНИИРИ, Ташкент, 1937.
11. Громов М. и Баранов В. Чигирь как водоподъемная машина и как привод, Ташкент, НИХИ, 1931.
12. Баранов В. А. «Социалистическое строительство Средней Азии», 1933, № 2, 3.
13. Баранов В. А. Работа ирригационных насосных агрегатов малых высот подъема, Канд. диссертация, Ташкент, ТИИИМСХ, 1944.
14. Баранов В. А. Методика натурных испытаний мелiorативных насосных установок временного типа, Труды САНИИРИ, вып. 92, Ташкент, 1958.
15. Баранов В. А. и Бучный И. Т. «Известия АН УзССР», 1947, № 6.
16. Баранов В. А., Переверзев С. К. О нормировании работы оросительных насосных установок малой мощности, В сб.: «Вопросы гидротехники», вып. 5, Ташкент, АН УзССР, 1962.
17. Баранов В. А. и Переверзев С. К. Монтаж и эксплуатация горизонтальных пропеллерных насосных агрегатов ПГ-35 САНИИРИ, М., МСХ СССР, 1952.
18. Баранов В. А. Малые мелiorативные насосные агрегаты 10Пр САНИИРИ, Ташкент, 1958.
19. Пфлейдерер К. Центробежные и пропеллерные насосы М.—Л., ОНТИ, 1937.

¹ Кроме перечисленных работ, использованы научно-технические отчеты Отдела машинного орошения САНИИРИ за период с 1933 по 1940 г. по теме о реконструкции машинного орошения в Хорезме, выполнявшейся Т. А. Колпаковой, В. А. Барановым, Ф. В. Конради, А. А. Черкасовым, Н. Ф. Цветиковой и И. А. Якштас; научно-технические отчеты лаборатории гидравлических машин САНИИРИ (ныне ИВПиГ) о разработке горизонтальных пропеллерных насосных агрегатов, проводимой В. А. Барановым и С. К. Переверзевым в период с 1947 по 1963 г., а также материалы научной производственной конференции по вопросам развития водного хозяйства в Хорезме, состоявшейся в гор. Ново-Ургенче в сентябре 1958 г.

В. А. БАРАНОВ

РЕЖИМЫ РАБОТЫ УСТАНОВОК МАШИННОГО ОРОШЕНИЯ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕЙ АЗИИ

Тема о режимах работы оросительных насосных установок объединяет вопросы, относящиеся к гидравлике, энергетике, экономике и др. Примерный план исследований, направленных на усовершенствование режимов насосных станций, дается в работах [7—11].

Ниже мы устанавливаем в общих чертах участие оросительных насосных установок в сельскохозяйственном производстве, выясняем типичные режимы подачи воды в орошаемые хозяйства в условиях Средней Азии.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УСЛОВИЙ И ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ МАШИННОГО ОРОШЕНИЯ

Работа насосной установки на орошении сельхозкультур в течение поливного периода отражена на графике водоподачи, сравниваемом с графиком потребности в воде, приведенной к голове машинного канала. Потребность орошаемого хозяйства в воде определяется, помимо орошаемых площадей, природными факторами (климатические и почвенные условия, мелиоративное состояние земель, состав орошаемых культур), и организационными мероприятиями (организация поливов и техника орошения).

По схеме мелиоративного районирования СССР [1] республики Средней Азии и Юго-Западный Казахстан относятся к последним трем из пяти мелиоративных районов сухой зоны, характеризующихся следующими климатическими и почвенными условиями.

Северный среднеазиатский мелиоративный район — сумма активного тепла выше 10°C составляет около 4000° . Преобладающие почвы — серо-бурые пустынные и пустынные сероземы. Атмосферные осадки за год — 70—600 мм. В этот район входят Юго-Западный Казахстан, Северный Узбекистан и северная часть Туркмении.

Центральный среднеазиатский мелиоративный район — сумма активного тепла выше 10°C равняется 4600° . Почвы — серо-бурые пустынные и пустынные сероземы. Атмосферные осадки в год — 120—400 мм. Район включает южную часть Юго-Западного Казахстана, Центральный Узбекистан, Южную Киргизию и Центральную Туркмению.

Южный Среднеазиатский мелиоративный район — характеризуется самой большой суммой активного тепла выше 10°C (5300°). Преобладающие почвы — пустынные сероземы. Атмосферные осадки за

год — 100—500 мм. В состав района входят Южный Узбекистан, Южный Таджикистан и Южная Туркмения.

Общей характеристикой всех трех районов является повторяемость засух свыше 60% и очень малое выпадение осадков летом, всего 1—48 мм. Север Киргизии относится к резко засушливому Семиреченскому мелиоративному району.

Максимальное потребление воды, а следовательно и электроэнергии, на поливы хлопчатника в системах электромашиного орошения

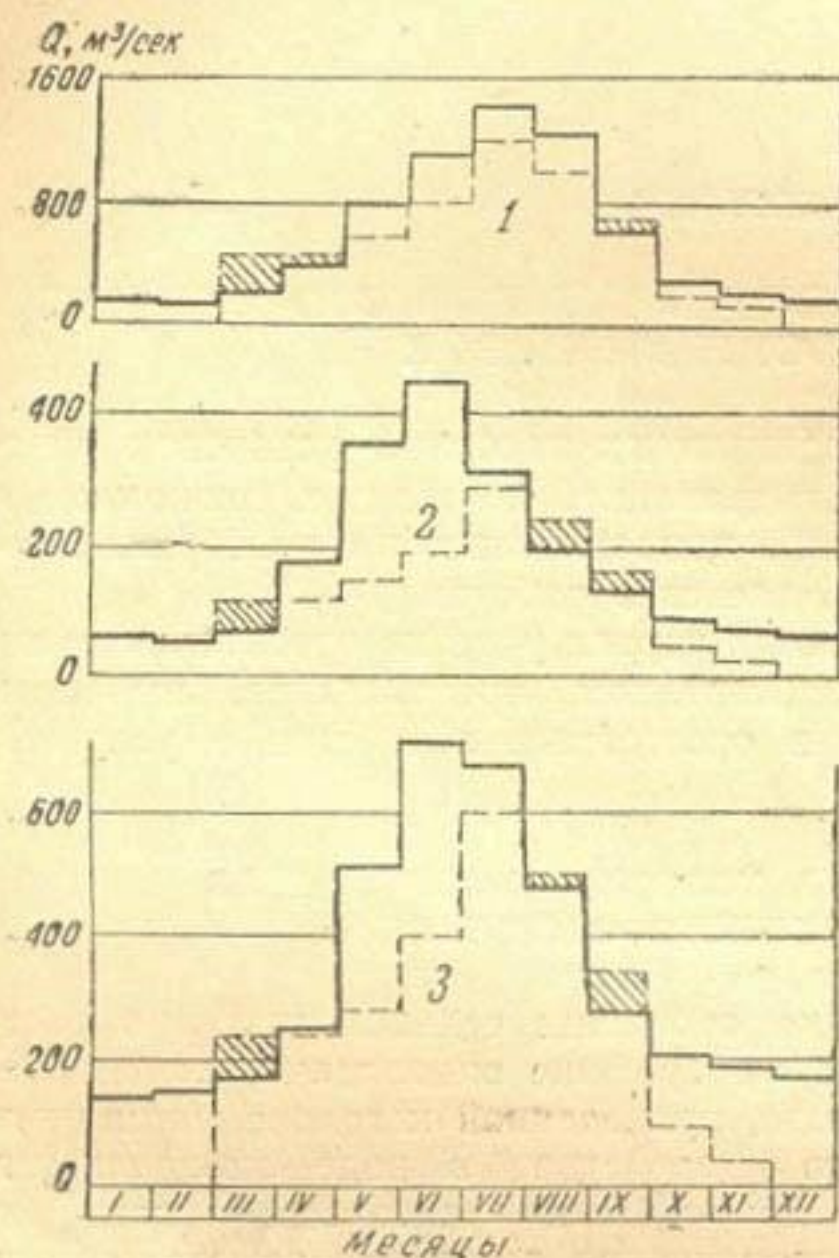


Рис. 1. Расходы воды в реках Вахш (1), Чирчик (2), Нарын (3) в годы пониженной водоносности в сопоставлении с осредненным характером водопотребления (пунктирная линия)

обычного типа, не имеющих буферных водохранилищ, приходится на июль и август, что совпадает с возможностью максимальной выработки электроэнергии в среднеазиатских энергосистемах, использующих в значительной степени энергию рек ледникового питания. Однако, как показано на рис. 1, бытовой сток рек Средней Азии не совпадает по времени полностью с потребностями орошения хлопчатника. Это расхождение особенно заметно весной во время предпосевных поливов, когда таяние снегов в горах только начинается, и в начале осени в период спада стока рек, происходящего раньше конца поливного сезона¹.

Проблема регулирования стока рек имеет первостепенное значение как в водном хозяйстве, так и в энергетике республик Средней Азии. В настоящее время в республиках Средней Азии на гидроэнергию приходится больше половины электробаланса. Однако в перспективе все воз-

растающее значение будут иметь тепловые электростанции большой мощности, работающие на природном газе.

Ученные гидроэнергетические ресурсы и запасы природного газа позволяют считать их практически неисчерпаемыми для удовлетворения потребностей народного хозяйства среднеазиатских республик, в частности электромашиного орошения. Пригодные к орошению земли республик Средней Азии расположены в бассейнах Сыр-Дарьи и Аму-Дарьи с их притоками и соседними реками. Почти $\frac{3}{4}$ земель в той или иной степени засолены или подвержены засолению.

Так, по данным Арало-Каспийской комплексной экспедиции СОПСа АН СССР, представленным С. Л. Миркиным [1], в Средней

¹ И. Я. Каминский [3] считает необходимым обратить внимание заинтересованных организаций на возможность использования рельефа местности для строительства резервных чаш — водоемов и маневренных ГЭС, совмещенных с резервными водоемами или станциями машинного водоподъема.

Азии фонд земель, пригодных для орошения, и потребные мелиорации на них составляют:

Земли	Площади нетто, тыс. га и % (знаменатели) в бассейне	
	Сыр-Дарьи	Аму-Дарьи
Не требующие мелиораций	1602/27,6	1854/23,2
Требующие осушения	198/5,1	162/2
Редкий дренаж	1879/32,2	2537/31,7
Интенсивный дренаж	845/14,5	1339/16,7
Дренаж в будущем	1201/20,6	2118/26,4
Всего	5825/100	8010/100.

Земли, требующие мелиорации, расположены преимущественно в низинах и в большинстве равнинных районов, где климатические и почвенно-гидрогеологические условия способствуют возникновению и развитию солончаков или болот. Так, например, по данным Г. С. Чекулаева (отдел мелиорации б. САНИИРИ), в Андижанской и Сурхандарьинской областях преобладают земли, благополучные в мелиоративном отношении, в Ташкентской и Ферганской областях — частично засоленные и заболоченные, в Бухарской, Хорезмской областях и Каракалпакской АССР — засоленные в разной степени и подверженные засолению; Самаркандская и Кашкадарьинская области, хотя и имеют хорошие земли, страдают от недостатка оросительной воды.

В настоящее время земли, благополучные в мелиоративном отношении и наиболее доступные самотечному орошению, в Узбекской и других среднеазиатских республиках в большинстве своем освоены. Дальнейшее расширение орошаемых площадей все чаще требует проведения на них мелиоративных мероприятий, связанных с откачкой дренажных вод, а также машинного подъема оросительной воды.

Первые насосные станции машинного орошения на территории нынешних республик Средней Азии начали появляться в начале 1900 гг. По данным Н. И. Белькова [13] и нашим [8], в основных районах машинного орошения в 1917 г. насчитывалось: в Ферганской долине (преимущественно на Сыр-Дарье) до 100 насосных станций, общая мощность которых превышала 4200 л. с., в районах рек Мургаб и Теджен — 22 станции мощностью в сумме около 1500 л. с. и в низовьях Аму-Дарьи в 1915 г. — 52 насосных станции общей мощностью свыше 900 л. с. Все станции были оборудованы в основном нефтяными двигателями мощностью 12—120 л. с. и центробежными насосами диаметром 6—24 дюймов.

Во время гражданской войны многие из насосных станций были разрушены, особенно в низовьях Аму-Дарьи. Здесь сохранилось всего три установки. В районах Мургаба и Теджена осталось 14 станций, в Ферганской долине — 26.

Вскоре после образования среднеазиатских республик начались работы по восстановлению водокачек. Первое время машинное орошение развивалось относительно медленно, так как усилия работников водного хозяйства были направлены на реконструкцию и строительство систем самотечного орошения. В этот период проектировались и строились исключительно тепловые насосные станции — с дизелями стационарного типа и нефтедвигателями низкого сжатия. В совхозе «Баяут № 4» на Северном Голодностепском канале (УзССР) была построена самая мощная в Средней Азии дизельная насосная станция,

где к 1935 г. было смонтировано восемь насосных агрегатов общей мощностью 2900 л.с.¹ Схема этой станции (рис. 2) типична для оросительных насосных установок того периода.

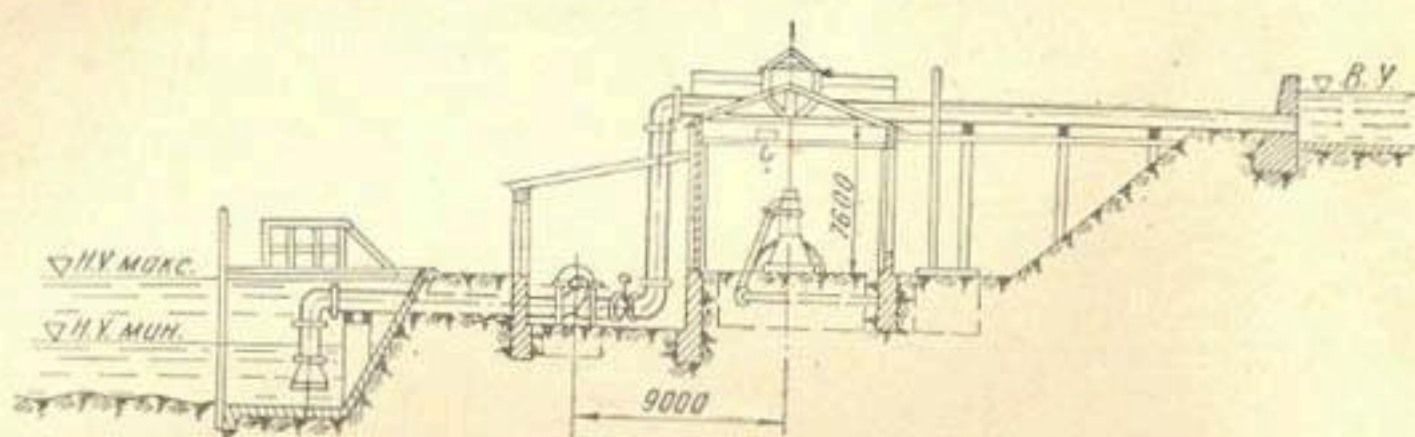


Рис. 2. Дизельная насосная станция в совхозе „Баяут № 4“ (1935 г.).
Разрез по агрегату № 8.

Во время Великой Отечественной войны установки машинного орошения испытывали недостаток в нефтепродуктах, а также в квалифицированных механиках.

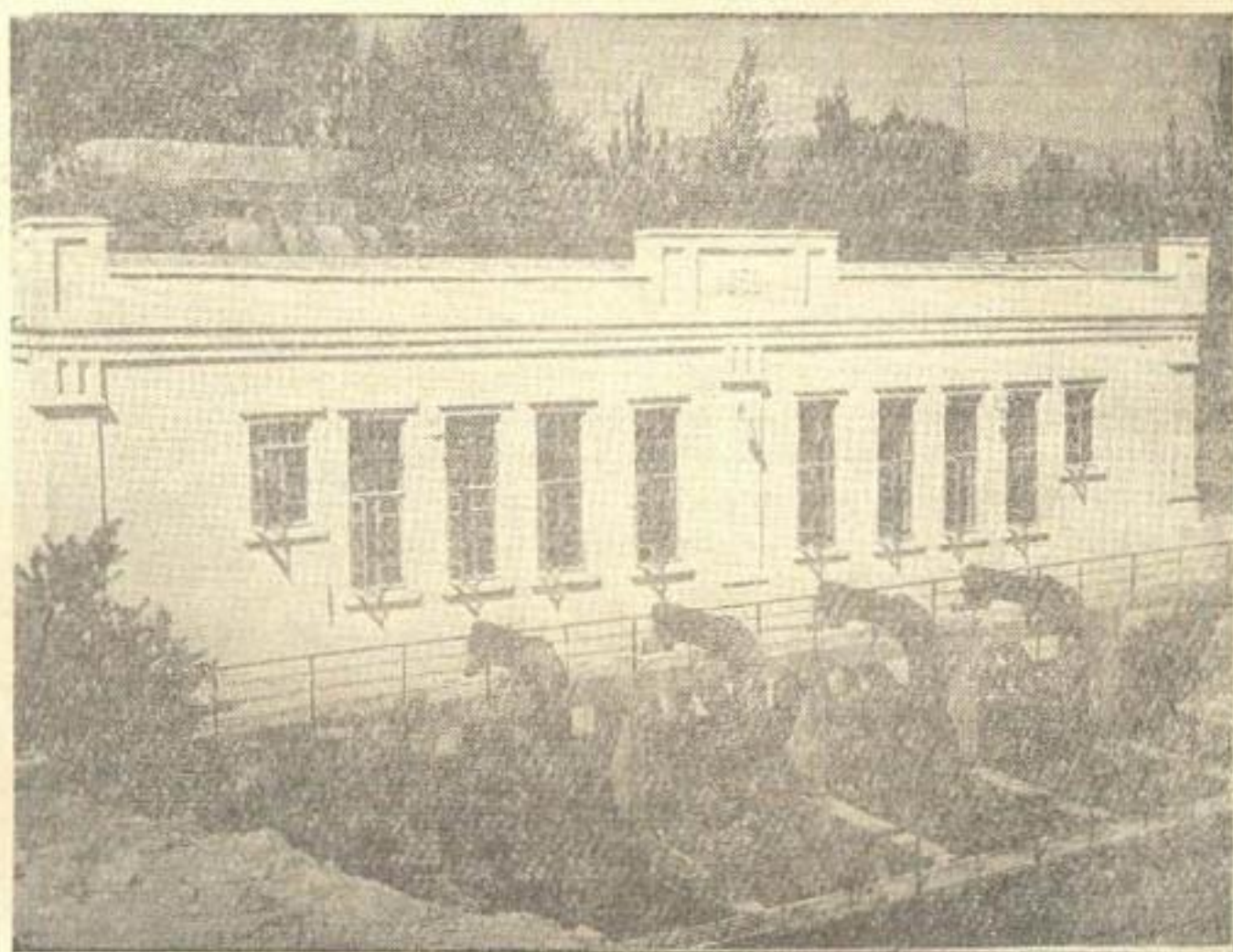


Рис. 3. Электрифицированная насосная станция Чайро-Карон (1950 г.)

Построенные в военный и послевоенный периоды мощные гидроэлектрические и тепловые электростанции в различных районах УзССР и ТаджССР создали условия для развития электромашинного орошения. В числе первых электрифицированных насосных станций современного типа была построенная в Гиссарской долине в 1950 г. насосная станция Чайро-Карон мощностью 420 квт (рис. 3). В 1951 г. в Ферганской долине начала действовать первая зональная система

¹ В настоящее время земли совхоза орошаются самотеком, а станция демонтирована.

электромашинного орошения с насосными станциями Унджи I мощностью 1360 *квт* и Унджи II — 920 *квт*¹. Мощности насосных станций постепенно увеличивались. На рис. 4 показана насосная станция мощностью 8680 *квт*, введенная в эксплуатацию в 1958 г.

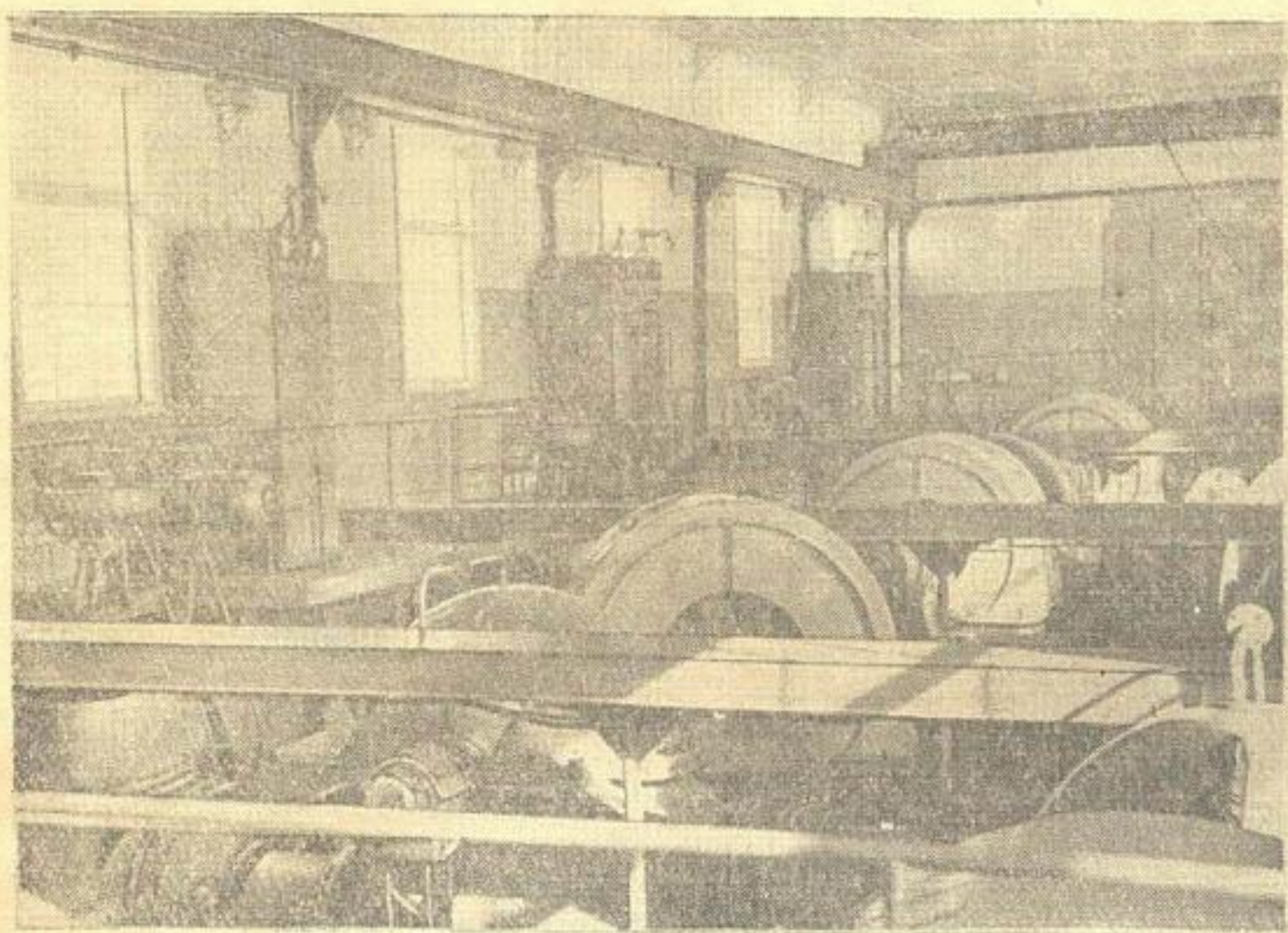


Рис. 4. Главная насосная станция Самгар I трехзональной оросительной системы (1958 г.). Семь агрегатов общей мощностью 8680 *квт*.

В настоящее время (1963 г.) в республиках Средней Азии (в основном в УзССР) проектируются и строятся электрифицированные насосные станции машинного орошения разных типов и мощностей, достигающих 30 000 и 45 000 *квт*.

О перспективах развития машинного орошения можно судить на основании следующих ориентировочных данных.

По одному из вариантов подсчетов Института Средазгипроводхлопок возможный прирост площадей машинного орошения на части территории УзССР составит по Караулбазарскому массиву до 26 тыс. га; Кзылкумскому — до 319,5; на землях к северу от Куюмазарского водохранилища — до 47; в Бухарском оазисе — до 322,5; в Каршинской степи — до 1 033 тыс. га. В сумме это даст 1748 тыс. га.

Крупные массивы машинного орошения в УзССР характеризуются относительно небольшими высотами подъема воды. В Таджикской республике, наоборот, преобладают средние и большие (свыше 100 м) высоты подъема воды. Существующие и перспективные площади машинного орошения располагаются на предгорных холмах, горных плато и склонах гор, земли которых мало подвержены засолению. В равнинной зоне Таджикистана, в частности в долине Вахша, имеются массивы, неблагоприятные в мелиоративном отношении.

Предположения института Таджикгипроводхоз [2] о возможном приросте площадей машинного орошения по бассейнам рек Таджики-

¹ Обе станции построены по проектам института Средазгипроводхлопок.

стана подтверждаются следующими цифрами: возможный прирост, тыс. га, в бассейне рек Пяндж, Кзыл-Су, Ях-Су составляет 22,3; Вахш — 101,5; Кафирниган — 33,2; Зеравшан — 2,0; Сыр-Дарья — 171,8. Всего 330,8 тыс. га.

В Туркменской республике в основных районах существующего машинного орошения, в бассейнах рек Мургаб и Теджен и особенно в низовьях Аму-Дарьи преобладают земли, подверженные развитию солончаков. В этих районах намечается строительство на больших площадях лотковой водораспределительной сети, питаемой низконапорными насосными установками.

По ориентировочным данным института Туркменгипроводхоз площади возможного машинного орошения в ТуркмССР составляют в низовьях Аму-Дарьи до 100 тыс. га лотковой сети¹, в бассейне Мургаба — до 90 (в том числе 20 тыс. га лотковой сети); в бассейне Теджена — 55 ÷ 60 (до 40 тыс. га лотковой сети); в Прикапетдагском районе нового орошения — до 150; в среднем течении Аму-Дарьи — до 20; Юго-Западном районе (в сторону Красноводска) и Западном районе (субтропики) — до 40 тыс. га. Итого в сумме — до 460 тыс. га.

В ТуркмССР преобладают оросительные насосные установки небольшой мощности и низких напоров; но в перспективе значительное распространение получают мощные электрифицированные насосные станции.

В орошаемом сельском хозяйстве Киргизии машинное орошение играет незначительную роль. Оно развито в основном в районе Ферганской долины. К сожалению, мы не располагаем сведениями о перспективах его развития.

В южной хлопководческой зоне КиргССР нет значительных фондов земель, доступных орошению. Площадь их определена институтом Средазгипроводхлопок [1] в размере 53 тыс. га в верховьях Сыр-Дарьи и 116 тыс. га в Ферганской долине. Новое орошение с использованием машинного подъема воды реально на площади около 27 тыс. га в горной части и до 100 тыс. га в Ферганской долине.

Таким образом, общий возможный прирост площадей машинного орошения в республиках Средней Азии достигает значительной величины порядка 2,7 млн. га (не считая земель, орошаемых подземными водами с машинным водоподъемом).

При строительстве машинных оросительных систем все больше применяются мощные электрифицированные насосные станции и зональная система водоподдачи.

ВИДЫ ПОЛИВОВ

В республиках Средней Азии основной орошаемой культурой в системах машинного орошения является хлопчатник в чередовании с люцерной, джугарой и кукурузой.

При определении плановой водоподдачи для орошения посевов работники водного хозяйства обычно придерживаются рекомендаций СоюзНИХИ [4] с последующими уточнениями. Согласно этим рекомендациям вся территория Средней Азии и Южного Казахстана разделена на четыре климатические зоны²: южную (Ю), центральную (Ц), северную (С) и нехлопковую (НХ), в каждой из которых в зави-

¹ О мелиоративном эффекте лотковой водораспределительной сети мнения специалистов расходятся.

² Эти зоны во многом сходны с упомянутыми выше тремя мелиоративными районами.

симости от механического состава почв и глубины залегания грунтовых вод выделено по десять гидромодульных районов:

Почвы	Глубина залегания уровня грунтовых вод, м			
	0—1	1—2	2—3	>3
	Номер гидромодульного района			
Легкие	10	7	4	1
Средние	10	8	5	2
Тяжелые	10	9	6	3

Во время вегетационных поливов, занимающих в общем весь период с первых чисел мая до последних чисел сентября, надо особенно строго соблюдать календарные сроки их начала и окончания.

Производимые на местах уточнения данных СоюзНИХИ преследуют цели повышения урожайности сельхозкультур и экономии воды. В этом отношении значительный интерес представляет проводимый в совхозе «Пахта-Арал» в течение нескольких лет производственный опыт, имеющий целью постепенное сокращение ороситель-

Режимы орошения сельхозкультур по совхозу «Пахта-Арал» при поливе по бороздам

Сель- хоз куль- тура	Номер по- лива	Поливные нормы*, м ³ /га	Сроки поли- ва*		Поливные нормы**, м ³ /га	Сроки поли- ва**		Поливные нормы***, м ³ /га	Сроки поли- ва***	
			нача- ло	конец		нача- ло	конец		нача- ло	конец
Хлопок	1	900	26.V	10.VI	1100	1.VI	30.VI	600	26.V	15.VI
	2	1000	11.VI	26.VI	1100	1.VII	25.VII	700	16.VI	5.VII
	3	1100	27.VI	12.VII	1100****	26.VII	15.VIII	800	6.VII	20.VII
	4	1100	13.VII	28.VII	—	—	—	800	21.VII	5.VIII
	5	900	29.VIII	13.VIII	—	—	—	800	6.VIII	20.VIII
	6	800	14.VIII	29.VIII	—	—	—	700	21.VIII	10.IX
	—	5800	—	—	3300	—	—	4400	—	—
Травы	1	1200	16.IV	30.IV	1200	26.IV	25.V	800	21.IV	20.V
	2	1200	4.V	30.V	1200	26.V	20.VI	900	21.V	15.VI
	3	1200	1.VI	30.VI	1200	21.VI	15.VII	900	16.VI	7.VII
	4	1200	1.VII	3.VIII	1200	16.VII	10.VIII	900	8.VII	29.VII
	5	1200	5.VIII	5.IX	1200	11.VIII	5.IX	900	30.VII	20.VIII
	6	—	—	—	—	—	—	800	21.VIII	15.IX
	—	6000	—	—	6000	—	—	5200	—	—

* Приняты в планах на 1940—1950 гг.

** Указаны в планах последних лет.

*** Даны в рекомендациях СоюзНИХИ для восьми районов центральной климатической зоны (средние почвы) при глубине залегания грунтовых вод от 1 до 2 м.

**** Третий полив был произведен на 50% хлопковой площади, а на остальных 50% площади было всего два полива.

ной нормы полива хлопчатника по бороздам и числа вегетационных поливов при усиленных не вегетационных поливах, проводимых в тот период, когда оросительная система не испытывает обычного в летнее время недостатка в воде.

По отчетным данным за 1958 г. (таблица) на опытных участках совхоза оросительная норма была сокращена почти вдвое и число

вегетационных поливов за сезон составило всего 3, а на отдельных участках даже два вместо шести.

Такое значительное сокращение числа поливов оказалось возможным благодаря наличию в данном районе близких к поверхности земли пресных грунтовых вод, за счет которых осуществлялось подпитывание корневой системы растений.

Описанный опыт был особенно ценным в маловодные 1961 и 1962 годы. В настоящее время он переносится и в другие хлопководческие хозяйства, находящиеся в подобных гидрогеологических условиях.

Как известно, невегетационные поливы включают:

1) запасные поливы земель в районах с малым количеством осадков в осенне-зимний период и с глубоким залеганием уровня грунтовых вод. Это больше всего относится к районам машинного орошения. Рекомендуемые сроки запасных поливов на тяжелых и средних почвах приходятся на январь — февраль, на легких — март;

2) предпосевные поливы под хлопчатник в течение марта;

3) предпахотные поливы в основном для хлопчатника, за период сентябрь — декабрь;

4) промывные профилактические поливы на землях с высоким стоянием минерализованных грунтовых вод, с начала октября до середины января;

5) промывки на неблагоприятных в мелиоративном отношении землях с различной степенью засоления¹ корнеобитаемого слоя почвы частыми, следующими один за другим поливами, во время которых в зависимости от степени засоления почвы выливается на поля в общей сложности до 12 000 м³/га воды и больше (16 000 м³/га), что в два — четыре раза превышает вегетационные оросительные нормы хлопчатника. Успех промывок в значительной степени зависит от дренированности почвы, естественной или искусственной.

С устройством дренажа появляется возможность усилить промывки и скорее добиться вытеснения солей. Рекомендуемое время для промывок — февраль и первая половина марта месяца.

Профилактические и капитальные промывочные поливы, как средство поднятия урожайности сельхозкультур, имеют особое значение в природных условиях республик Средней Азии, где, как отмечалось, почти $\frac{3}{4}$ земель, пригодных к орошению в той или иной степени, засолены или подвержены засолению.

ОРГАНИЗАЦИЯ ПОЛИВОВ

После окончания очередного полива обработку почвы начинают только тогда, когда почва «созреет», что наступает через разное число дней в зависимости от многих причин.

Чередующиеся с поливами обработка почвы и уход за растениями создают непрерывный сельскохозяйственный цикл, нарушать который нельзя (так как это повредит урожаю).

Цикл сельскохозяйственного производства, зависящий от изменяющихся природных факторов, не может из года в год оставаться строго постоянным. Поэтому проектные и плановые графики водоподачи насосных станций служат только ориентирами. Они должны подвергаться

¹ Степень засоления почв оценивается по пятибалльной системе в зависимости от содержания хлора в метровом слое, % к весу воздушно-сухой почвы [4]:

Балл засоления	1	2	3	4	5
Содержание хлора, %	0,01—0,4	0,4—1,0	1—2,0	2—3,0	3—0,4

корректированию, чтобы по возможности приблизиться к действительности.

Работа насосных станций определяется не проектным заданием и не планом, составленным в начале года, а действительной потребностью сельхозкультур в воде в каждой фазе их развития. Потребность тесно связана с метеорологическими факторами, применяемой агротехникой и организацией работы полеводческих бригад.

Различие между самотечным и машинным поверхностным орошением по существу заключается только в способе доставки воды в главный распределительный канал; организация полевых работ и поливов в том и другом случае может быть одинаковой. Рассмотрим организацию поливов по бороздам в совхозе „Пахта-Арал“, который вышел в число передовых благодаря созданию крупных тракторно-полеводческих бригад, являющихся одновременно укрупненными единицами водопользования, разработке и осуществлению нового режима орошения хлопчатника при уменьшенном числе вегетационных поливов три—два—вместо пяти—шести; широкой планировке полей и переустройству ирригационной сети, а также внедрению механизации орошения.

Предлагаемое ниже описание производства поливов основано на материалах отдела эксплуатации ИВПиГ, собранных Н. Т. Лактаевым, проводившем эксплуатационные наблюдения в этом совхозе в отделении им. Дзержинского.

Весь орошаемый массив отделения (рис. 5) разделен на крупные участки (карты) площадью до 200 га и больше, за которыми закреплены тракторно-полеводческие бригады. При поливах карты дробятся временными оросителями на части площадью по 4—4,5 га; эти части в свою очередь разбиваются на три—четыре поливные делянки. Делянки, планируемые горизонтально для равномерного затопления при промывочных и запасных (влажзарядковых) поливах, располагаются террасами, с небольшими уступами по границам. Величина их меняется по годам в зависимости от проводимых планировочных работ.

На период поливов в бригадах организуются звенья поливальщиков (обычно из шести человек), работающих в две смены, круглосуточно. Три поливальщика должны оросить за смену одну делянку, следующая смена не приступает к поливу своей делянки, пока предыдущая не «освободит» воду, т. е. пока не закончит полива. В пределах карты водой распоряжается бригадир. Имея практический навык и зная условия местности, он определяет, какую из делянок и когда надо поливать.

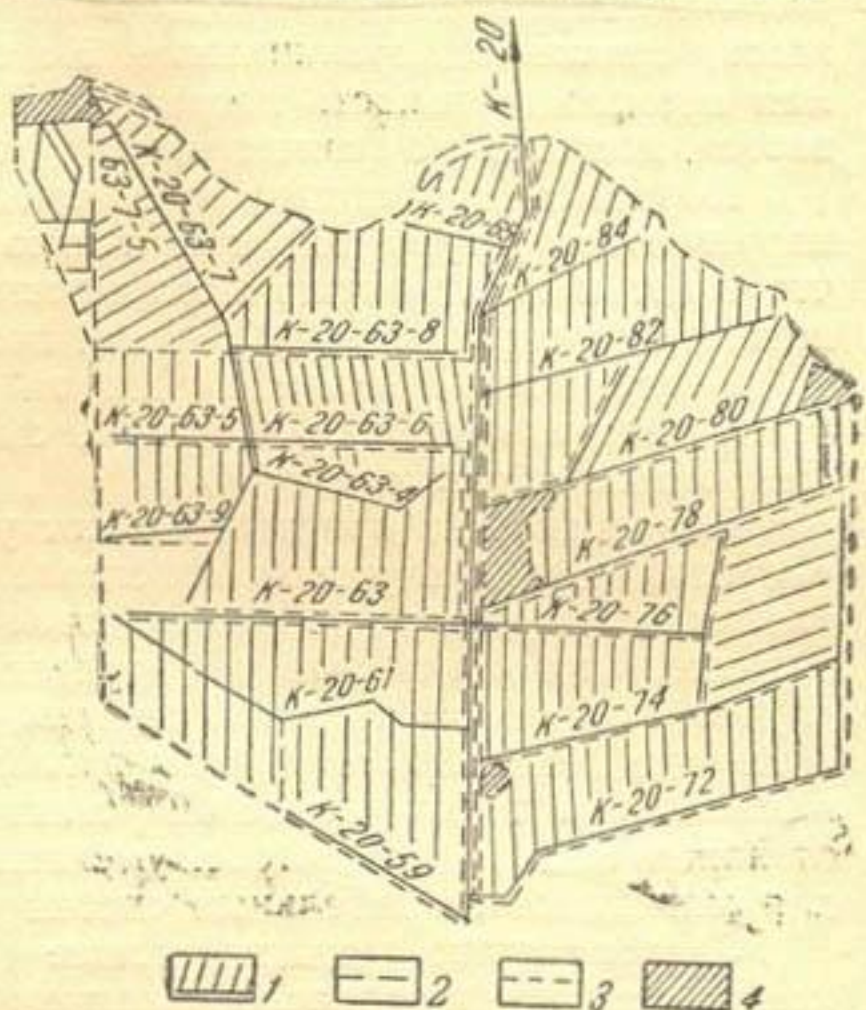


Рис. 5. Схема переустроенной ирригационной сети отделения им. Дзержинского в совхозе „Пахта-Арал“

1—оронительная; 2—сбросная сеть; 3—дороги;
4—усадыбы.

Таким образом, полив поля — непрерывный круглосуточный процесс. В совхозе «Пахта-Арал» при образцовой организации агротехнического комплекса полив укрупненных участков продолжается двое — трое суток. В других хозяйствах полив крупного участка затягивается на пять — шесть суток. Даже мелкие участки нельзя полить быстрее, чем за сутки, так как процесс полива связан с процессом впитывания воды почвой.

В Пахта-Арале при бороздковом поливе необходимая средняя продолжительность подачи воды в борозду составляет 24 часа. Почвы здесь средне-водопроницаемые. На слабоводопроницаемых необходимая продолжительность непрерывной подачи воды в борозду увеличивается, достигая на глинистых почвах трое и более суток.

Перерывы при подаче воды в борозды недопустимы, так как это нарушает структуру почвы и сильно снижает ее водопроницаемость, что ведет к затягиванию последующих поливов, излишним потерям воды и затруднениям в обработке посевов.

В соответствии с производством поливов подача воды в главный распределительный канал (К-20, см. рис. 5) планируется подекадно следующим образом.

Полеводческие бригады делают устные заявки на необходимые им расходы воды в картовом оросителе в предстоящую декаду. В УОС заявки суммируются, корректируются и на декаду составляется задание для подачи воды в главный распределительный канал, т. е. в нашем случае для работы насосной станции в следующей декаде. Кроме того, в течение декады подача воды в главный распределительный канал — в машинный канал насосной станции — регулируется в зависимости от наполнения канала, чтобы уменьшить сбросы лишней воды, которые для машинных оросительных систем особенно нежелательны.

Следовательно, существующее оперативное водораспределение можно назвать водораспределением по требованиям на основании заявок.

Многолетний опыт машинного орошения хлопчатника на освоенных землях показывает, что в нормальных условиях эксплуатации отчетные данные о количестве поданной в машинный канал воды довольно близко сходятся с запланированными графиками водоподдачи насосных станций. В районах, неблагоприятных в мелиоративном отношении, часто происходят переборы воды на 20—50% сверх запланированного нормального водопотребления¹. Особенно большие переборы, достигающие до 100% нормального водопотребления, наблюдаются на новых оросительных системах в период освоения земель.

Данное обстоятельство, если оно не учтено в проекте машинного орошения, может создать известную напряженность в работе насосных станций в период освоения орошаемого объекта.

Н. А. Янишевский [5] в 1957 г. в докладе об организации планового водопользования с учетом современных требований сельскохозяйственного производства указывал, что «...методы составления и проведения оперативных планов водопользования должны быть наиболее простыми и гибкими. Основное внимание следует сосредоточить на оперативном проведении планов.

Практические условия, вполне отвечающие этим требованиям, создаются при завершении организации территории колхозов и совхозов и достижении ими высшего уровня сельскохозяйственного произ-

¹ Используются данные Г. С. Чекулаева о переборах воды на поливы (отдел мелиорации ИВПиГ).

водства на базе комплексной механизации, когда все элементы хозяйственного плана — лимиты водоподачи, поливные режимы, водораспределение, поливы, обработки относительно стабилизируются и будут закреплены на территории...».

Опыт передового совхоза „Пахта-Арал“, служащий подтверждением указанного положения, помогает выявить и определить следующие условия, играющие главную роль в планировании режимов работы насосных станций машинного орошения:

1) проектные графики водопотребления и водоподачи — не более, чем ориентиры, служащие только для подбора насосных агрегатов при составлении проекта насосной станции;

2) составляемые ежегодно для насосных станций эксплуатационные планы водоподачи — также ориентиры для технико-экономических прогнозов и заключения договоров со снабжающими организациями, в частности с энергосбытом;

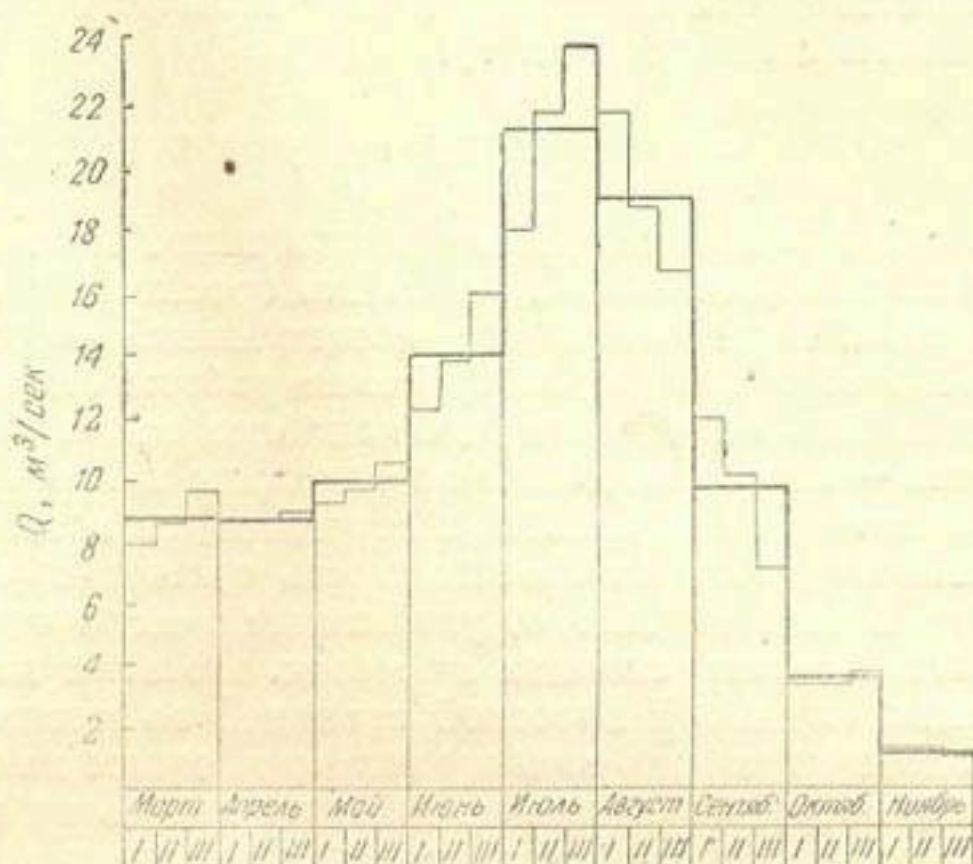


Рис. 6. Оперативный декадный и отчетный месячный графики водопотребления крупного объекта машинного орошения.

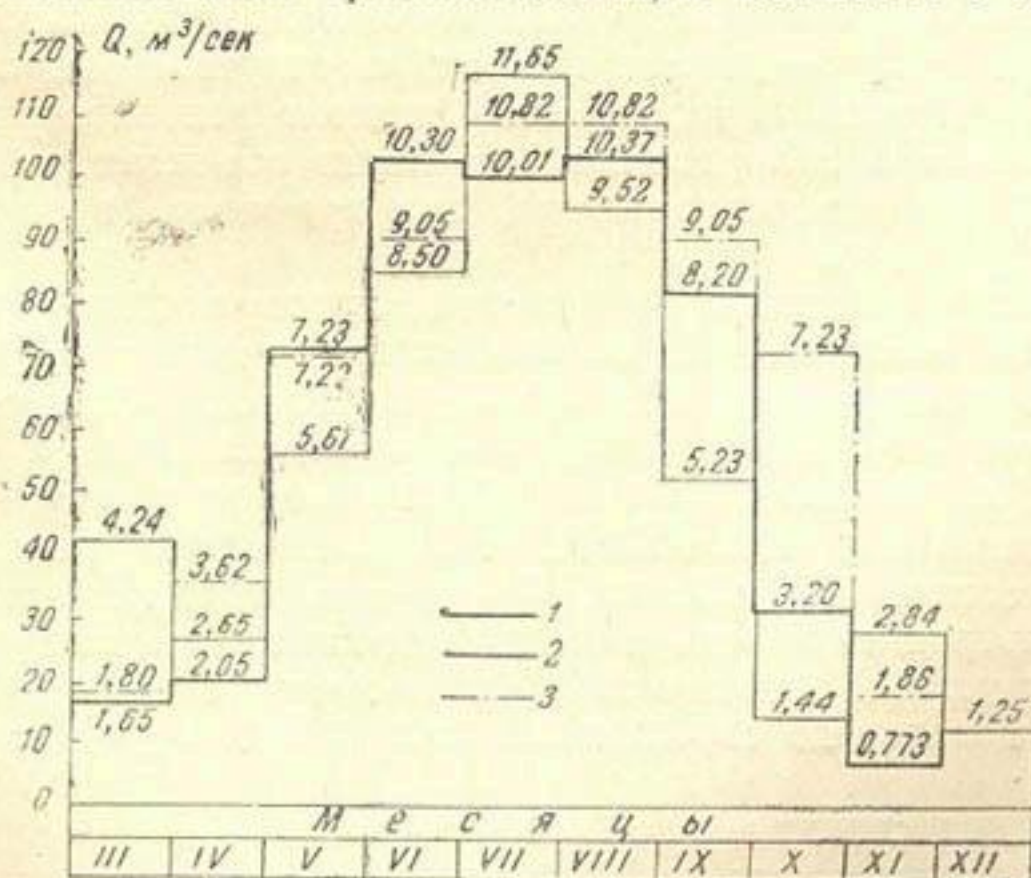


Рис. 7. Фактическая (1), вернее, отчетная, за 1960 г., проектная (2) и плановая (3) на 1960 г. водоподача крупной семиагрегатной насосной станции Самгар I трехзональной оросительной системы в Ленинабадской области ТаджССР.,

3) поступающие в УОС заявки на воду, не имеющие никакого отношения к проектным и плановым графикам водоподачи (рис. 6) —

основа оперативного планирования работы насосных станций на относительно короткие интервалы времени в течение всего поливного периода.

Ежегодное корректирование годовых планов подачи воды насосными станциями позволяет приблизить планы к действительным режимам работы станции (рис. 7).

ТИПЫ ГРАФИКОВ ВОДОПОДАЧИ

На основании изложенного выше можно заключить, что характеристикой режима эксплуатации оросительной насосной станции служит график ее работы за год, составленный на основании отчетных данных. Помимо общей характеристики работы станции, этот график дает возможность определить два наиболее важных эксплуатационных показателя — объем поданной за год воды и коэффициент использования рабочего времени насосных агрегатов, от которых в значительной степени зависит удельная себестоимость орошения [12].

В отчетах обычно указывается число часов работы каждого насосного агрегата станции за месяц. По этим данным вычисляется объем воды, поданной насосной станцией за месяц, а затем и за год. Такие годовые графики водоподачи по месяцам для существующих оросительных насосных станций можно разделить на шесть типов, определяемых главным образом засоленностью земель и водообеспеченностью района.

1. Орошение земель, благополучных в мелиоративном отношении (рис. 8а). Основное место занимают вегетационные поливы с максимумом водоподачи в июле и августе. Коэффициент использования рабочего времени насосных агрегатов станции составляет 0,32—0,38. Поливы начинаются в марте и заканчиваются в сентябре или октябре.

2. Орошение земель, подверженных засолению (рис. 8б). Необходимость профилактических и капитальных промывок почвы до и после вегетационных поливов делает график растянутым на значительную часть года (в зимний период). Коэффициент использования рабочего времени машинного оборудования на таких объектах равняется 0,4—0,5. Это наиболее распространенный тип графиков в условиях Средней Азии.

3. Насосные станции с буферными водохранилищами (рис. 8в). Такие станции работают по выровненному графику и при наличии необходимого запаса мощности дают возможность согласовать их работу с суточным графиком нагрузки энергосистемы, а в некоторых случаях и с сезонной выработкой электроэнергии. Такие насосные станции, обладающие наибольшей маневренностью, наиболее удобны для энергосистемы. Недостаток буферного водохранилища — потери воды на фильтрацию и испарение. Коэффициент использования рабочего времени установленной мощности насосной станции в этом случае может быть доведен до своего максимального значения, порядка 0,8 и больше.

4. Насосная станция на Аму-Дарье в ККАССР, служащая для подпитывания самотечного канала им. В. И. Ленина в период весеннего маловодья (рис. 8г). Четыре насосных агрегата этой станции подают $54 \text{ м}^3/\text{сек}$ при напоре в 1,26 м. Они работают в году только два месяца — март и апрель, обеспечивая предпосевные поливы. Такую же функцию на других самотечных каналах в Хорезмской области и ККАССР выполняют в настоящее время плавучие дизельные насосные станции (пять станций производительностью по $7,5 \text{ м}^3/\text{сек}$) и батареи временных насосных установок конструкции ИВПиГ с тракторными

двигателями. Коэффициент использования рабочего времени насосных агрегатов электрифицированной станции в голове канала им. В. И. Ленина составляет всего 0,17, однако создаваемое своевременными поливами повышение урожайности хлопчатника и рекордно малая высота подъема воды обеспечивают экономическую эффективность этого мероприятия.

5. Подпитывание низовых участков самотечных оросительных систем в период летнего максимума водопотребления (рис. 8д). Такие случаи наблюдаются в Андижанской области. Они также характеризуются низкими значениями коэффициента использования рабочего времени основных электродвигателей порядка 0,22—0,28, что ведет к завышению удельной себестоимости поливов, особенно при двухставочном тарифе на электроэнергию [12].

6. Машинное орошение, переходящее в самотечное в период максимальных горизонтов воды в источнике орошения (рис. 8е). Насосные установки с такими графиками водоподдачи встречаются в низовьях Аму-Дарьи. Это низконапорные установки временного типа, небольшой мощности. Число их значительно сократилось после переустройства ирригационной сети и постройки головных сооружений на магистральных каналах.

Приведенные шесть типов графиков водоподдачи охватывают все существующие режимы эксплуатации установок машинного орошения в республиках Средней Азии. Из них наибольшее значение имеют первые три типа, причем второй из них в настоящее время наиболее распространен, а третий характеризует нарождающийся тип крупных машинных оросительных систем, обладающих высокой эффективностью [6].

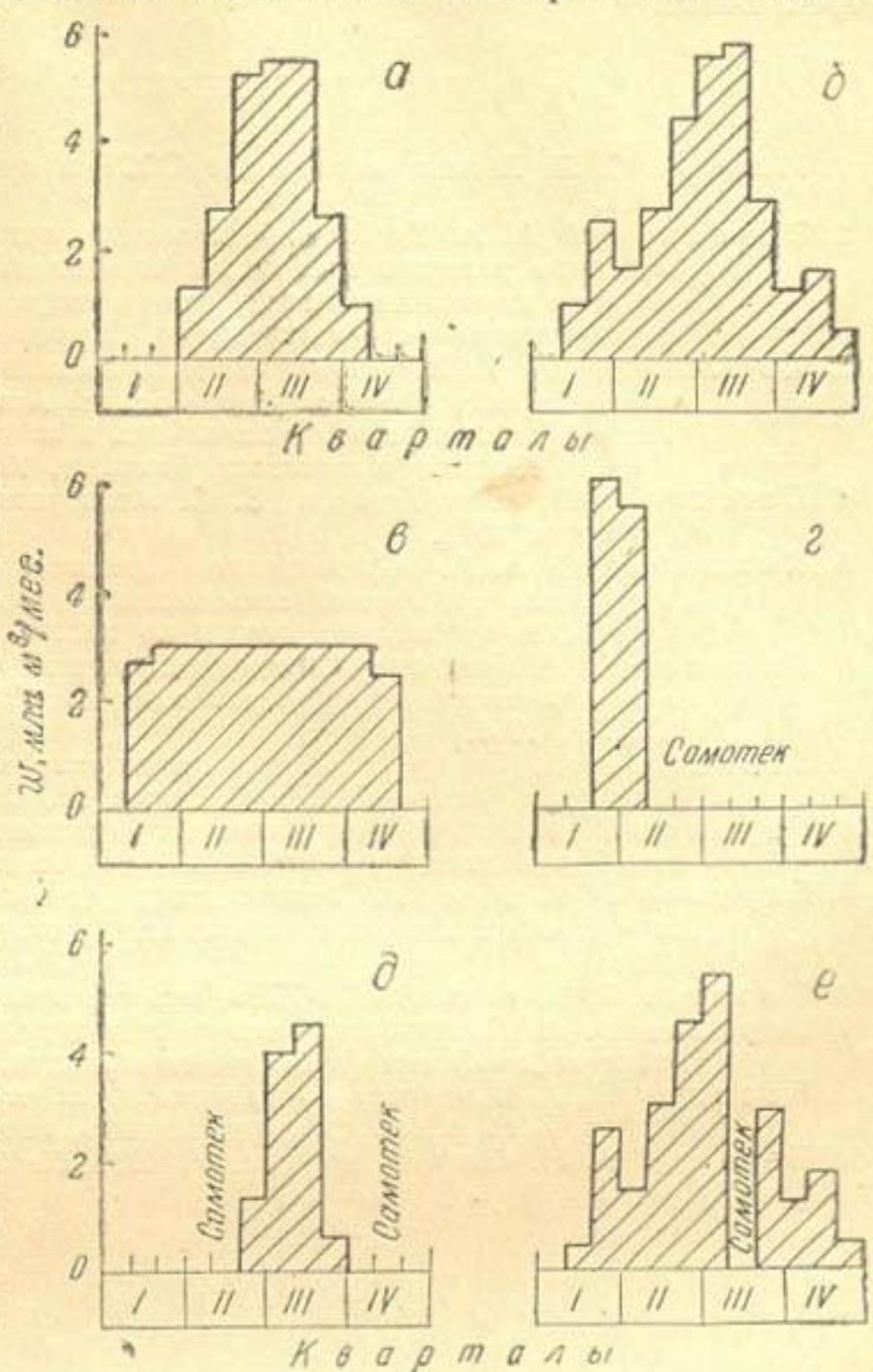


Рис. 8. Типы среднемесячных графиков водоподдачи насосных станций машинного орошения:

а—орошение земель, благоприятных в мелiorативном отношении; б—подверженных засолению и требующих усиленных зимних промывок; в—график, выровненный благодаря наличию буферного водохранилища; г—график работы насосной станции для подпитывания самотечной оросительной системы в период весеннего маловодья; д—подпитывание низовых участков системы самотечного орошения в период летнего максимального разбора воды вышерасположенными хозяйствами; е—прерывистый график водоподдачи насосной станции в случае „переменного“, машинного или самотечного орошения в зависимости от горизонтов воды в реке, служащей источником орошения. Случай, типичный для низовий Аму-Дарьи.

Возможные режимы работы насосных станций зонального машинного орошения полностью соответствуют графикам водоподачи первых трех типов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Миркин С. Л. Водные мелиорации СССР и пути их развития, М., АН СССР, 1960.
 2. Запольский А. А. Требования к энергоиригационным узлам в свете предстоящего развития ирригации, определенного XXII съездом КПСС, Всесоюзное научно-техническое совещание по энерго-иригационным узлам и электромеханическому орошению, Душанбе, 1962.
 3. Каминский И. Я. Некоторые вопросы комплексного использования земельных и водных ресурсов республик Средней Азии. Научное совещание по комплексному использованию земельных и водных ресурсов республик Средней Азии и Южного Казахстана, Ташкент, 1962.
 4. Легостаев В. М. и Коньков Б. С. Мелиоративное районирование, Ташкент, Госиздат, 1951.
 5. Янишевский Н. А. Организация планового водопользования с учетом современных требований сельскохозяйственного производства, МСХ СССР, Объединенная научная сессия по хлопководству, Ташкент, 1957.
 6. Полинов С. А. Вопросы энерго-экономических расчетов режима электронасосного орошения, Автореферат кандидатской диссертации, Ташкент, АН УзССР, 1961.
 7. Баранов В. А. Определение экономических режимов мелиоративных насосных установок, Труды САНИИРИ, вып. 93, Ташкент, 1958.
 8. Баранов В. А. Работа иригационных насосных агрегатов малых высот подъема, Канд. диссертация, ТИИИМСХ, Ташкент, 1944.
 9. Баранов В. А. Методика практических расчетов гидравлического удара в мелиоративных насосных станциях, Труды САНИИРИ, вып. 92, Ташкент, 1958.
 10. Баранов В. А. «Изв. АН УзССР», сер. техн. наук, 1961, № 4.
 11. Баранов В. А. Пути усовершенствования эксплуатации насосных станций машинного орошения (публикуется в настоящем сборнике).
 12. Баранов В. А. К вопросу об эффективности насосных станций машинного орошения, В сб. «Вопросы гидротехники», вып. 15, Ташкент, АН УзССР, 1963.
 13. Бельков Н. И. «Вестник ирригации», 1926, № 12.
-

В. А. БАРАНОВ

ПУТИ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ УСТАНОВОК МАШИННОГО ОРОШЕНИЯ В РЕСПУБЛИКАХ СРЕДНЕЙ АЗИИ

Дальнейшее расширение площади орошаемых земель в республиках Средней Азии тесно связано с развитием систем электромашиного орошения, особенно в Узбекистане и Таджикистане. В ТаджССР, например, прирост земель машинного орошения должен в 1,75 раза превысить прирост земель, орошаемых самотеком. Площади же машинного орошения увеличатся более чем в семь раз [4].

Перспективы развития машинного орошения в Узбекистане значительно шире, чем в Таджикистане. В УзССР с 1959 г. действует крупная система трехзонального машинного орошения на площади в 10,737 га в Голодной степи, питаемая Баяутской насосной станцией.

В Бухарской области в 1963 г. будет закончено строительство Аму-Каракульского машинного оросительного канала с двумя крупными насосными станциями: Алатской и Каракульской, подающими воду в три зоны орошения общей площадью около 41 тыс. га. В этом же районе в 1963 г. начато строительство Аму-Бухарского машинного канала с двумя мощными насосными станциями: Хамзинской (мощность 45 000 квт) и Куюмазарской (мощность 30 000 квт), имеющей буферное водохранилище (рис. 1).

В институте Средазгипроводхлопок разработан проект еще более крупной системы зонального машинного орошения Каршинской степи на площади свыше 200 тыс. га. Возможные площади будущего машинного орошения в УзССР исчисляются миллионами гектаров при относительно небольших по сравнению с ТаджССР высотах подъема воды.

Машинная оросительная система отличается от самотечной в принципе только тем, что у нее забор воды из источника орошения расположен ниже орошаемых земель и оросительная вода доставляется на поля специальными водоподъемными установками. Вместе с тем она имеет определенные специфические преимущества и недостатки. Главными из недостатков являются:

1) повышенная удельная стоимость поливов, вызванная дополнительными расходами на содержание персонала насосных станций, оплату электроэнергии или горючего, ремонты насосных станций и т. д.;

2) зависимость оросительной системы не только от источника питания водой, но и от источника питания энергией.

Преимущества машинного орошения заключаются в том, что оно позволяет, во-первых, снизить капитальные затраты и сократить сроки строительства машинной оросительной системы по сравнению с заменяющей ее самотечной системой, требующей строительства длинного

магистрального канала и сооружений для выхода на заданную отметку; во-вторых, освоить такие земельные массивы, которые самотеком оросить нельзя; в-третьих, использовать на орошение сбросные и дренажные воды без сниже-

ния дренажной эффективности коллекторно-дренажных систем, а также несамоизливающиеся подземные воды.

Возвышенные земельные массивы по сравнению с низинными благодаря своей хорошей естественной дренированности обычно дают увеличенный урожай сельскохозяйственных культур.

Перечисленные положительные и отрицательные свойства машинного орошения служат главными ориентирами при определении направлений его развития и усовершенствования.

В республиках Средней Азии можно встретить разнообразные

водоподъемные установки машинного орошения: мощные электрифицированные и автоматизированные насосные станции современных типов и мелкие насосные установки с двигателями внутреннего сгорания и электромоторами; дождевальные установки разных типов; большие и малые плавучие насосные станции, установки глубинных насосов на буровых скважинах, орошающие поля подземными водами; небольшие насосные станции старых типов с нефтедвигателями; проходящие производственные испытания поливальные агрегаты позиционного действия с гибкими шлангами и другие водоподъемные устройства.

Все эти многочисленные установки и станции эксплуатируются областными и районными организациями водного и сельского хозяйства, совхозами, колхозами, отдельными учреждениями. Крупные насосные станции в основном находятся в подчинении областных управлений оросительных систем. В Ленинабадской области ТаджССР организовано специальное Управление машинного орошения, пока единственное в Средней Азии.

В настоящее время наибольшее значение имеют два типа водоподъемных устройств:

- 1) мощные электрифицированные насосные станции систем зонального машинного орошения;
- 2) небольшие насосные установки временного типа, облегченной конструкции, работающие главным образом на жидком топливе.

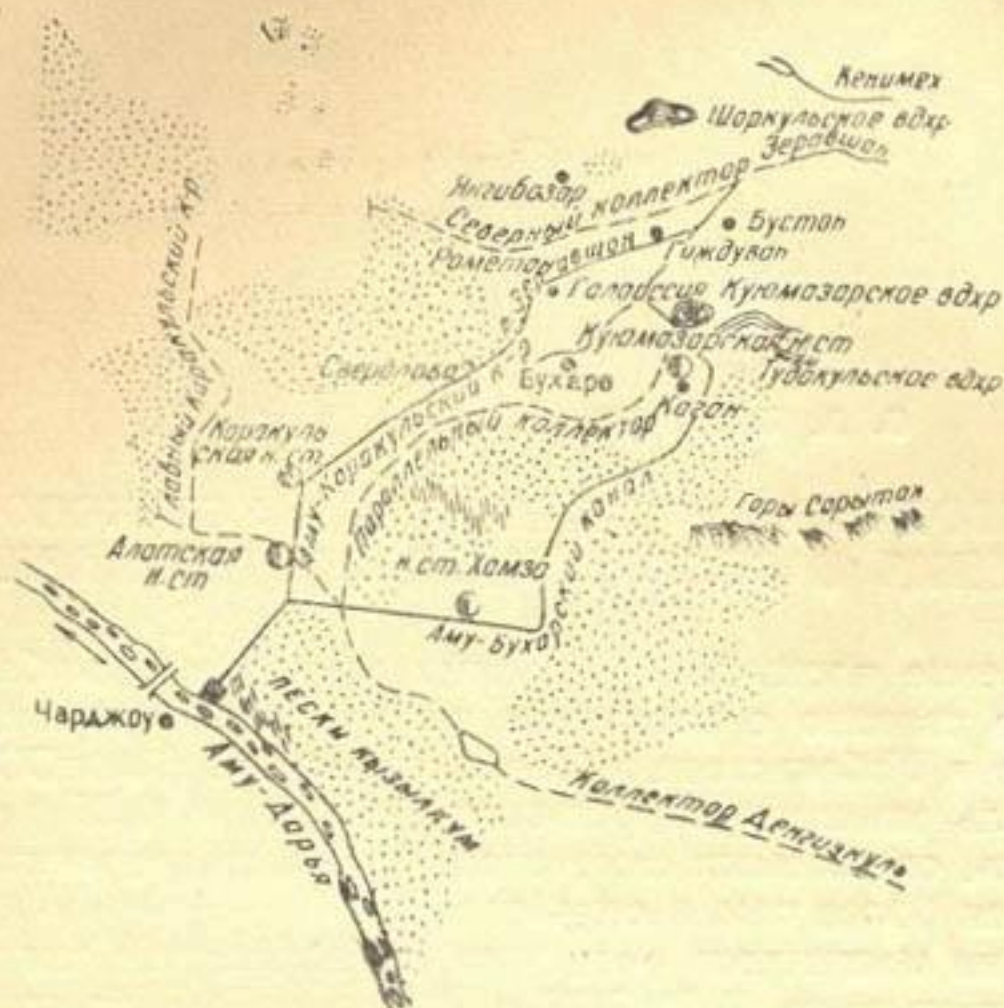


Рис. 1. Схема Аму-Каракульского и Аму-Бухарского машинных оросительных каналов с четырьмя крупными насосными станциями: Алатской, Каракульской, Хамзинской и Куюмазарской.

НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ КРУПНЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Современная крупная электромашинная оросительная система представляет собой сложное хозяйство, включающее свои линии электропередачи с трансформаторными подстанциями, насосные станции разных ступеней водоподачи, магистральные каналы, водораспределительную и коллекторную сеть, оросительную технику, дороги, ремонтные мастерские, средства связи и транспорта, жилой фонд, коммунальные и административные строения и другие элементы вспомогательного назначения.

Поэтому вопрос о подготовке квалифицированных кадров специально для эксплуатации систем машинного орошения является основным. Профиль и уровень необходимой квалификации кадров должны быть определены организациями, непосредственно ведающими эксплуатацией.

Машинные оросительные системы, различающиеся между собой по территориальным, хозяйственным и административным признакам, характеризуются следующими элементами: источниками орошения и энергоснабжения, водоподъемными устройствами, водораспределительной сетью и средствами полива.

Усовершенствование эксплуатации, тесно связанное с усовершенствованием конструкции элементов системы, может идти по трем направлениям.

1. Выбор рациональной схемы водоподачи и конструкций основных элементов машинной оросительной системы в период ее проектирования. В данном случае важно правильно разбить орошаемый массив на зоны, выяснить возможности создания буферных водохранилищ, определить места расположения насосных станций и подобрать их основное оборудование. Все это даст возможность достичь наибольшего экономического эффекта, связанного со снижением затраты энергии на подъем воды.

2. Усовершенствование и реконструкция элементов системы в процессе эксплуатации осуществляется:

во-первых, путем замены морально изношенного оборудования более эффективным и реконструкции сооружений и трубопроводов насосных станций, ведущей к уменьшению потерь энергии; реконструкции водораспределительной сети, снижающей потери воды, поднятой насосами, а также усовершенствования техники полива, снижающего поливные нормы;

во-вторых, путем автоматизации и телемеханизации управления насосными станциями и распределительными водоводами, что облегчит труд людей, снизит затраты на содержание обслуживающего персонала и повысит сохранность основного машинного оборудования.

3. Усовершенствование организации обслуживания системы и учета ее работы достигается в результате улучшения дисциплины труда, экономии электроэнергии или топлива, сокращения всех видов расходов на собственные нужды, борьбы с переполивами и сбросами воды, рационализации ремонтов, разработки эксплуатационных норм и техники учета, подготовки кадров, улучшения средств связи и транспорта, техники безопасности, бытовых условий и т. д. Помимо экономии средств, все эти мероприятия играют важную роль в обеспечении надежности и бесперебойности действия насосных станций и всей оросительной системы.

Для уже построенной и действующей системы совершенствовать эксплуатацию можно по второму и третьему направлениям, но в этом

случае значительный эффект может быть получен только после проведения целого ряда мероприятий, каждое из которых лишь на немного повышает эффективность системы. Таким образом, усовершенствование эксплуатации действующей машинной оросительной системы представляет собой комплексную задачу, включающую вопросы, требующие специальной проработки.

Для оценки эффективности машинного водоподъема в качестве основных можно использовать следующие технико-экономические показатели:

а) количество воды, подаваемой каждым насосным агрегатом за час, сутки, декаду, месяц и год;

б) коэффициенты использования рабочего времени насосных агрегатов за те же интервалы времени;

в) среднюю за год себестоимость кубометра поднятой воды;

г) среднюю за год стоимость одного часа работы насосного агрегата (для станций с однотипным оборудованием) или работы одного киловатта установленной мощности станции;

д) среднюю за год подачу воды на единицу израсходованной электроэнергии или топлива;

е) полные к.п.д. насосных агрегатов по эпизодическим измерениям.

При оценке работы всей машинной оросительной системы исходят из таких характеристик:

ж) количества воды, приходящегося на один орошаемый гектар за полив и за год;

з) к.п.д. ирригационной сети;

и) себестоимости орошения одного гектара за полив и за год, определяемой по среднегодовым величинам стоимостей кубометра поднятой воды, содержания ирригационной сети и производства поливов. При этом необходимо организовать точный учет количества воды, подаваемой каждым насосным агрегатом, и воды, действительно расходуемой на поливы сельскохозяйственных культур.

Однако в результате эпизодических обследований установок машинного орошения, проводимых лабораторией гидравлических машин ИВПиГ, ни на одной из них не было обнаружено действующего водомера.

В то же время были установлены факты снижения производительности насосных агрегатов, происходящего вследствие износа и засорения насосов, уменьшения оборотов насосов на установках с двигателями внутреннего сгорания (Мингбулакская насосная установка в Ферганской области) или имеющих ременную передачу.

В настоящее время отсутствие учета водоподдачи является одним из главных недостатков в организации эксплуатации машинных оросительных систем. Насосные станции фактически работают без контроля выдаваемой ими продукции, что ставит под сомнение достоверность всех эксплуатационно-технических показателей, скрывает возможности их улучшения.

Так, после обследований 12 крупных насосных станций в Ленинабадской области в 1960 г. (рис. 2), каскадов насосных станций Ляурского и Чайрокаронского массивов в Гиссарской долине и Акгазинского — в Вахшской в 1961 и 1962 гг., а также самой крупной в Ташкентской области насосной станции совхоза «Фархад» (Голодная степь) в 1959 г. (в первый год эксплуатации) выявлена одна и та же картина — быстрое засорение входных решеток в аванкамерах скоплениями растений, известных под названием «перекати-поле», которые в течение поч-

ти всего поливного периода заносятся ветром в каналы и реки в большом количестве.

Перекасти-поле (*Coniolumon tataricum*) — степное травянистое растение шарообразной, кустистой формы с изогнутыми, цепкими стеблями. Существует несколько видов этих растений. Размеры их весьма различны — от нескольких сантиметров до метра. При созревании они легко отделяются от корней и уносятся ветром, образуя подвижные скопления. С решеток насосных станций их удаляют вручную граблями. Нередки случаи, когда они забивают и рабочие колеса насосов.

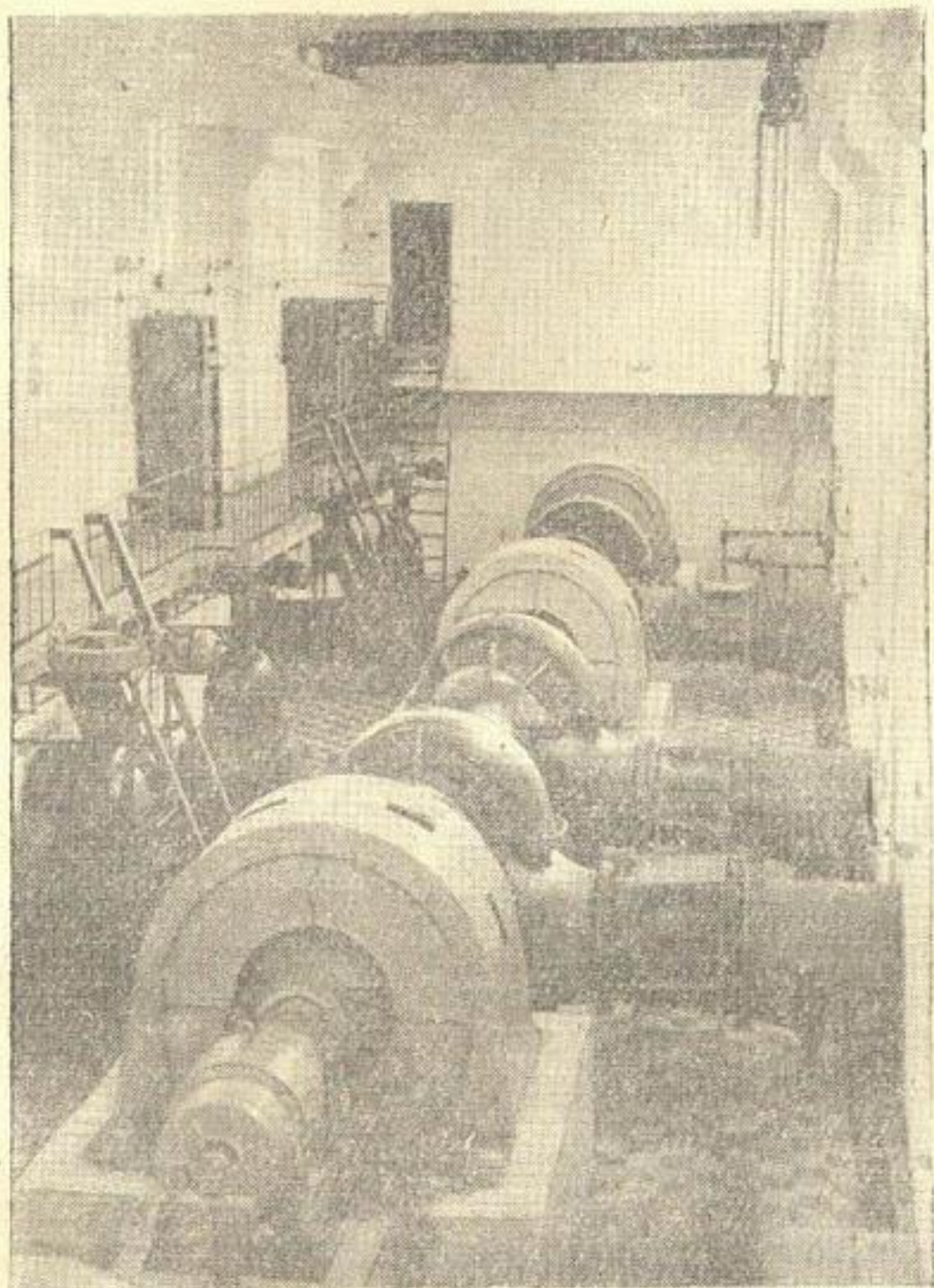


Рис. 2. Машинный зал оросительной насосной станции Самгар III средней мощности. Третья зона орошения Самгарского массива (ТаджССР).

На станции камерного типа во время поливного периода очистка засоренного насоса, установленного ниже уровня воды в аванкамере, вследствие несовершенной конструкции затворов со стороны нижнего бьефа и отсутствия возможности остановить станцию и опорожнить аванкамеру зачастую неосуществима.

Очистку насосов станций приходится откладывать до периода, когда окончатся поливы и станция остановится на ремонт.

На станциях водопроводного типа с положительной высотой всасывания очистку насосов легко можно осуществить в любое время, не останавливая станции. Это увеличивает их действительный к.п.д. и производительность в эксплуатации.

На рис. 3 приведены результаты двух испытаний на засорение¹ экспериментального насоса с трехлопастным рабочим колесом диаметром 350 мм.

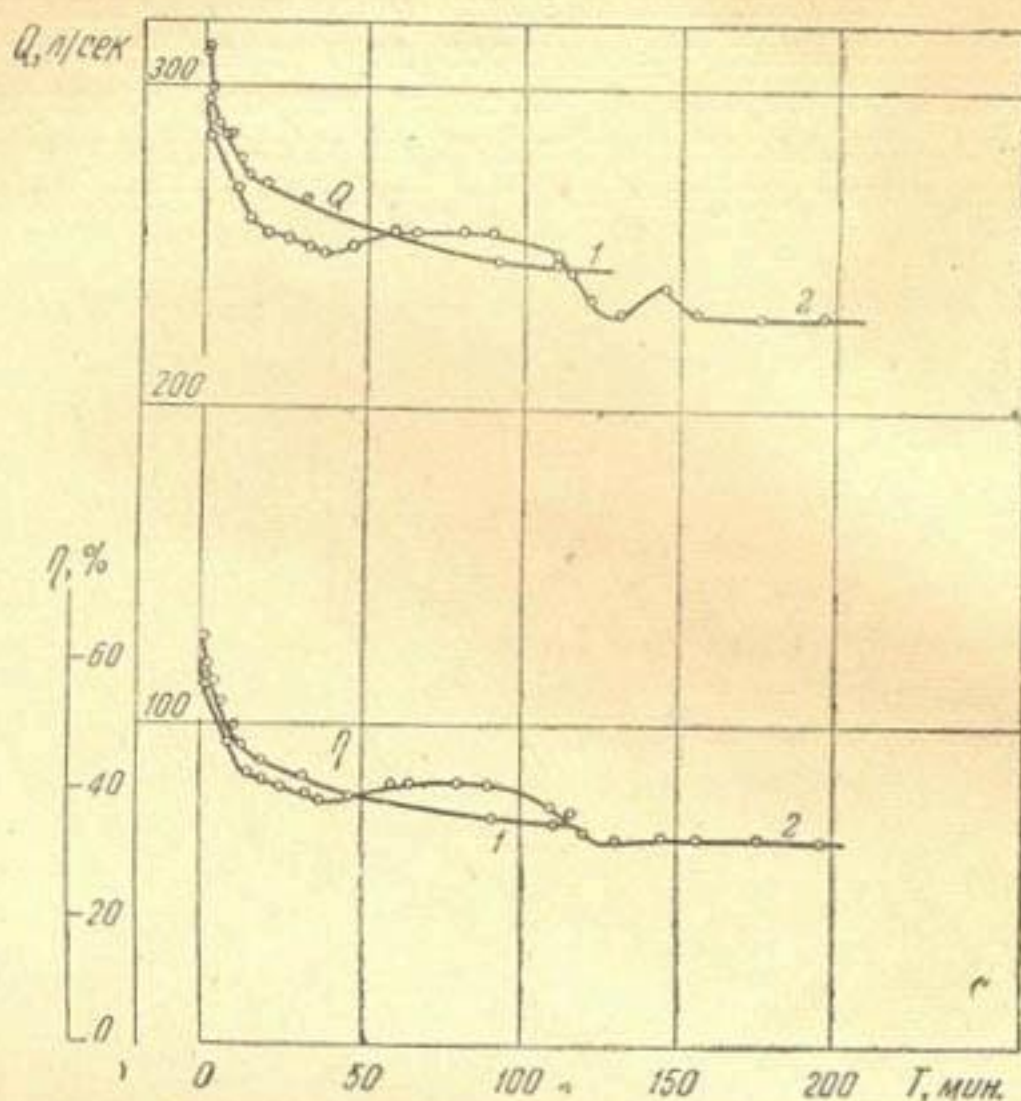


Рис. 3. Результаты испытания модельного осевого насоса на засорение ($D=350$ мм, $d=160$ мм, $Z=3$, $K=65$ мм, $Z_{II}=8$, $n=950$ об/мин, $H_T=1,64$ м):

1—в воде листья деревьев; 2—в воде стебли растений, трава.

Как видно из рис. 3, насос сначала засоряется очень быстро, в течение получаса, затем процесс засорения приостанавливается. Производительность засоренного насоса составляет немногим больше 70% нормального значения. Помимо засорения, насосы, перекачивающие воду с большим содержанием песчаных и илистых взвесей, как известно, подвержены интенсивной разработке кольцевых зазоров между рабочим колесом и корпусом насоса, что ведет к смещению напорной характеристики насоса влево, к оси ординат, вследствие увеличения объемных потерь внутри насоса [5]. Мы исследовали два одинаковых центробежных насоса, изношенных, но не засоренных; перед испытанием их осматривали и очищали. Результаты испытаний насосных установок на Северном Голодностепском канале в конце поливного сезона представлены на рис. 4.

Фактические производительности насосов составили 88 и 77% их нормальных величин. Подобные результаты были получены и на других объектах. На рис. 5 показаны изменения рабочей характеристики осевого насоса в результате увеличения ширины кольцевого зазора (δ) путем обточки концов лопаток рабочего колеса [2].

Сказанное выше относится к насосам малых и средних размеров, имеющих широкое распространение на существующих насосных установках и станциях.

¹ Это и следующие испытания насосов и установок проводились автором в ИВПиГ в разное время.

В настоящее время еще не выяснено, в какой степени будут засоряться и подвергаться износу большие центробежные и осевые насосы новых марок, которые установлены и устанавливаются на новых мощ-

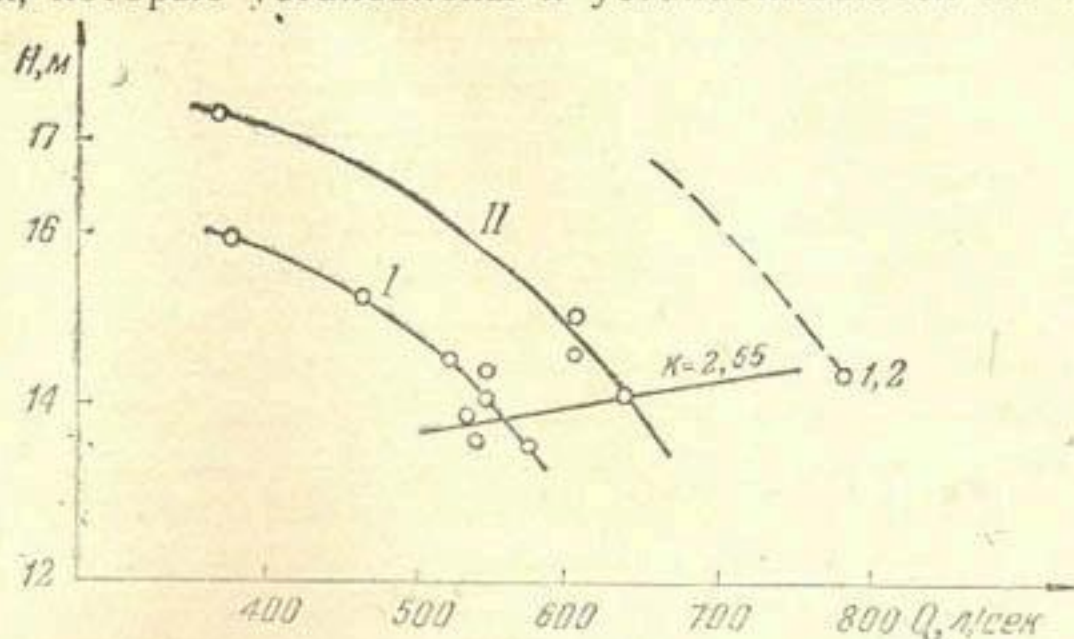


Рис. 4. Напорные характеристики двух одинаковых центробежных насосов изношенных, но не засоренных. Насосы старого типа ИИЦ-700/600 мм, $n = 727$ об/мин. Пунктирная кривая соответствует данным каталога. Линия $K=2,55$ — характеристика трубопроводов насосной установки (Северный Голодностепский канал).

ных насосных станциях в Узбекской и Таджикской республиках (насосы ОП5-110 на Алатской и Каракульской станциях; ОП 10-185 — Ширабдской; 52 В-11 — Голодностепских; 56 В-17 — Хамзинской и др.).

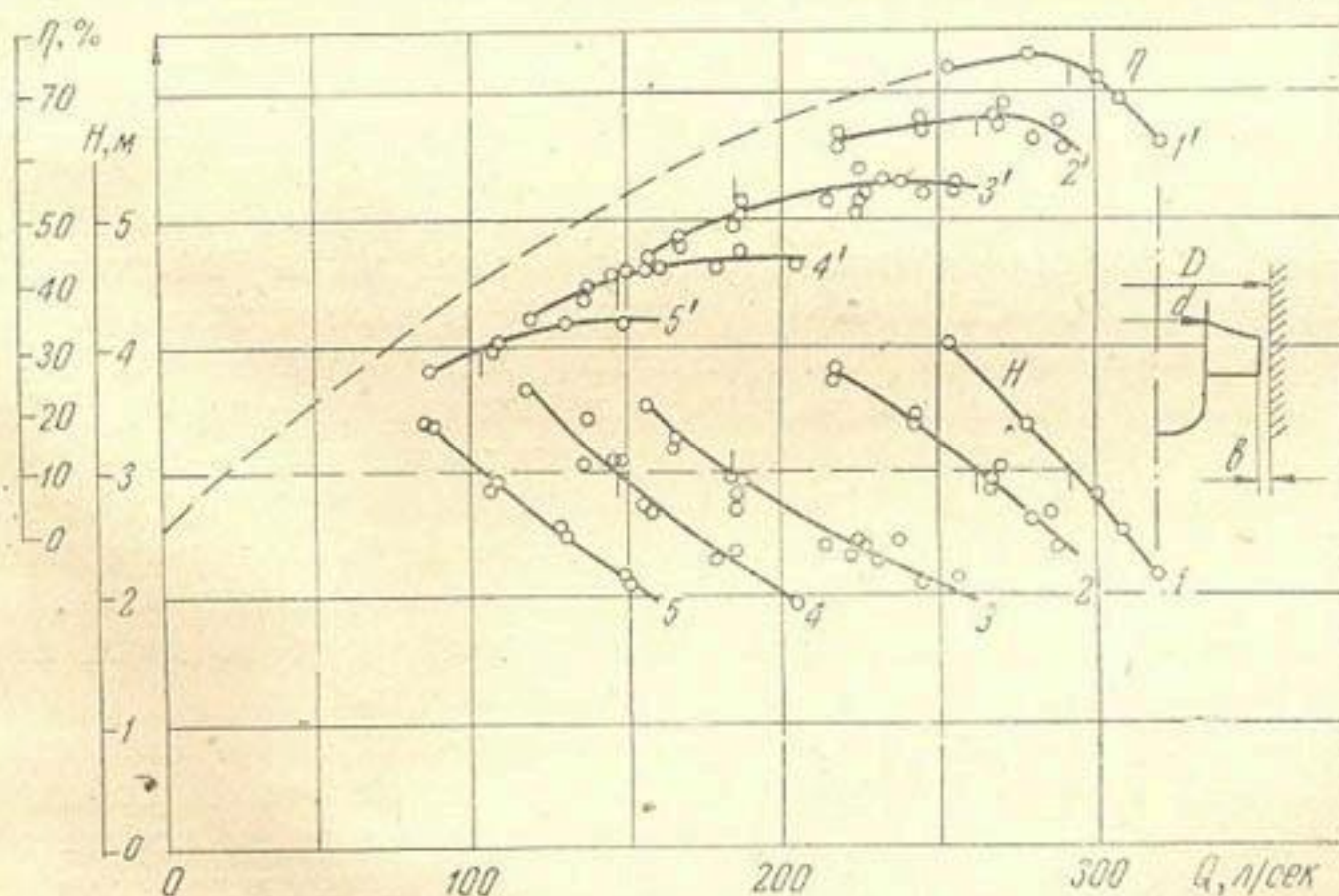


Рис. 5. Изменение рабочей характеристики модельного осевого насоса (параметры его даны на рис. 3) вследствие увеличения ширины кольцевого зазора (δ) путем обточки концов лопаток рабочего колеса. Снятые характеристики (кривые 1, 2, 3, 4, 5) соответствуют следующим размерам зазора, мм: 0,61, 2,75, 5,9, 8,16, 11,3.

Следует ожидать, что напорные характеристики крупных насосов будут более устойчивыми в эксплуатации.

Для средних и крупных насосных станций нужны инструкции по надзору за режимом взвешенных и донных наносов в аванкамерах.

Станции следует оснастить необходимым геодезическим и лабораторным оборудованием для производства замеров, взятия проб и анализов. Данными вопросами эффективно может заниматься только технический персонал, проживающий на станциях. Результаты наблюдений лягут в основу целого ряда выводов и таких рекомендаций, как корректирование норм амортизации насосов, проектирование аванкамер, борьба с засорением и т. п.

Трудность внедрения водоучитывающей аппаратуры на насосных станциях объясняется, во-первых, недостаточно надежной работой ее на воде, несущей взвеси, и, во-вторых, тем, что эксплуатирующие организации не заинтересованы в ее применении. Контроль выдачи продукции может вскрыть ее недодачу. Мало того, засоренный центробежный насос снижает загрузку двигателя и создает видимость «экономии» электроэнергии.

Введение точного учета количества подаваемой и потребляемой воды должно быть первым шагом к усовершенствованию эксплуатации машинных оросительных систем всех типов.

Контроль водоподдачи поможет усилить борьбу с засорением водозаборных решеток, износом и засорением насосов. Конструкции существующих водозаборов насосных станций — аванкамер, решеток и затворов на всасывающих линиях в отношении засоряемости еще недостаточно совершенны и требуют доработки.

Ввиду бездействия или отсутствия водоучитывающей аппаратуры на насосных станциях эксплуатирующие организации используют условно проектные производительности насосных агрегатов.

Такая система учета водоподдачи принята фактически на всех оросительных установках и станциях. По этим условным производительностям составляются планы водоподдачи, ведется расчет себестоимости кубометра поднятой воды и себестоимости орошения одного гектара.

Отчеты по эксплуатации существующих крупных электрифицированных насосных станций машинного орошения как в Таджикской, так и Узбекской ССР, включают бухгалтерские данные о затратах денежных и материальных средств по статьям расходов; сведения о потреблении электроэнергии основными насосными агрегатами и на собственные нужды по показаниям электрических счетчиков на станциях; данные учета электроэнергии и коэффициентов мощности в точках раздела электросетей энергосистемы и системы машинного орошения; записи температур подшипников электродвигателей; число часов работы каждого из насосных агрегатов по записям времени их пуска и остановки в эксплуатационном журнале насосной станции.

На некоторых из станций ведется учет высот подъема воды по показаниям водомерных реек в аванкамере насосной станции и в голове машинного канала. Эпизодическим испытанием всегда может быть определен действительный общий коэффициент характеристики напорного и всасывающего трубопроводов, приведенный к одному агрегату:

$$K_{np} = \frac{m^2 (H - H_r)}{Q_r^2}, \quad (1)$$

где m — число насосных агрегатов, подключенных к одной нитке напорного трубопровода (считается, что агрегаты одинаковые);

Q_r — расход воды в одной нитке напорного трубопровода при совместной работе подключенных к ней агрегатов, $м^3/сек$;

H_r — геометрическая высота подъема воды насосами;

H — манометрический напор насоса.

В практике эксплуатации государственных оросительных систем, в том числе и машинных, амортизацию не учитывают. Ее учитывают только по объектам, переведенным на хозрасчет. Однако при определении себестоимости поднятой воды амортизацию надо включать, так как она входит в число прямых затрат. К косвенным относятся затраты на содержание штата и материального фонда системного управленческого аппарата, распределяющиеся между насосными станциями пропорционально орошаемым площадям или годовым суммам прямых затрат.

Оценивая работу отдельных насосных агрегатов станции, на основании данных годового отчета по эксплуатации сумму всех расходов за год с вычетом платы за электроэнергию можно распределить между агрегатами пропорционально их установленной мощности, а плату за электроэнергию — пропорционально произведениям установленной мощности агрегата на число часов работы в году.

Такая система распределения затрат технически обоснованна и удобна, так как не требует сведений, сверх имеющихся в бухгалтерском эксплуатационном отчете и паспорте станции.

В данном случае средняя за год стоимость часа работы одного агрегата станции (s , руб/час) равна¹

$$s = \frac{N_{\text{агр}}}{T_{\text{агр}}} \left[\frac{\sum I - I_{\text{э}}}{\sum_1^{z_0} N_{\text{агр}}} + \frac{I_{\text{э}} T_{\text{агр}}}{\sum_1^{z_0} N_{\text{агр}} T_{\text{агр}}} \right]; \quad (2)$$

здесь $N_{\text{агр}}$ — установленная мощность данного агрегата, кВт;

$T_{\text{агр}}$ — число часов работы агрегата за год;

z_0 — число агрегатов на станции;

$\sum I$ — издержки эксплуатации насосной станции за год, руб.;

$I_{\text{э}}$ — энергетическая составляющая годовых издержек эксплуатации, руб.

Средняя за год условная себестоимость (s_n , коп/м³) кубометра воды, поданной одним насосным агрегатом станции, на основании отчетных данных по ее эксплуатации составляет

$$s_n = \frac{100s}{Q_n - \Delta Q}, \quad (3)$$

где Q_n — условная производительность агрегата, м³/час;

s — среднегодовая стоимость одного часа работы данного агрегата станции, руб.;

ΔQ — дефицит производительности насоса вследствие износа внутреннего уплотнения рабочего колеса, м³/час.

Эти показатели, несмотря на условность, все же дают возможность судить об эффективности действия каждого из агрегатов насосной станции, особенно если известна величина ΔQ .

¹ Постановлением № 338 от 27 марта 1958 г. Совет Министров СССР ввел в действие новую шкалу скидок-надбавок к тарифу на электроэнергию за коэффициент мощности электроустановок, отнесенную к нейтральной величине его, лежащей в пределах 0,90—0,92. В постановлении указывается, что уплачиваемые надбавки и скидки с тарифа на электроэнергию не должны включаться в плановую себестоимость промышленной продукции. Но в фактической себестоимости они принимаются во внимание. Влияние изменений тарифа на электроэнергию составляет небольшую величину, лежащую в пределах $\pm 4\%$.

В том случае, когда на напорных трубопроводах станции или в начале машинного канала ведется учет воды и известно общее количество ее, поданное за год (W , $\text{м}^3/\text{год}$), можно определить средний за год полный эксплуатационный к. п. д. станции

$$\eta_{\text{ст}} = \frac{9,81 \cdot W H_{\text{ст. ср}}}{3600 E}, \quad (4)$$

где $H_{\text{ст. ср}}$ — средневзвешенная высота подъема воды на станции;

E — полный расход электроэнергии на шинах насосной станции за год, $\text{квт} \cdot \text{ч}$.

Высота подъема воды на станции представляет собой разность горизонтов воды в конце подводящего канала, перед решетками аванкамеры, и в начале отводящего канала за водовыпускным сооружением.

Изучение структуры фактических затрат эксплуатации насосных станций и всей оросительной системы, гидрометрические измерения на станциях и ирригационной сети, а также составление балансов энергии насосных станций позволяют выявить наиболее эффективные пути усовершенствования эксплуатации в каждом частном случае и собрать необходимые данные для рационального проектирования новых систем.

Работы в таком направлении проводятся частично Управлением машинного орошения в Ленинабадской области. В свое время они проводились лабораторией гидравлических машин ИВПиГ в Голодной степи, Хорезмской области и КК АССР. Польза таких исследований очевидна. ИВПиГ следует продолжить их, прежде всего в Андижанской области, где машинное орошение находится в относительно тяжелых условиях эксплуатации и не дает желаемого эффекта.

Учитывая особо важную роль машинного орошения в ирригации Таджикистана, ИВП МВХ ТаджССР необходимо организовать всестороннее изучение эксплуатации систем машинного орошения прежде всего в Гиссарской долине, где действуют две крупные электрооросительные зональные системы: Ляурская и Чайрокаронская. Особый интерес представляет Ляурская система, оснащенная насосными станциями оригинальной конструкции, разработанной в Таджгипроводхозе.

Исследования по этой комплексной теме могут проводиться согласно предлагаемой схеме.

I. Усовершенствование режимов

1. Изучение рельефа объектов машинного орошения и условий зонирования водоподачи.
2. Наблюдение режимов эксплуатации насосных станций и машинных каналов (водоподача и водопотребление).
3. Определение энергетических балансов насосных станций и водных балансов машинной водораспределительной сети.
4. Исследование переходных процессов в напорных трубопроводах, насосных агрегатах и закрытой водораспределительной сети.

II. Усовершенствование конструкций

5. Изучение абразивного и кавитационного износа насосов.
6. Разработка водоучитывающей аппаратуры для насосных агрегатов и станций.

7. Исследование аванкамер и водозабора насосов в отношении заиления и засорения, изучение водовыпускных сооружений насосных станций.

8. Изучение микроклимата, конструкции и архитектуры зданий насосных станций.

III. Автоматизация

9. Разработка схем и конструкций аппаратуры для автоматизации и телемеханизации насосных станций и водораспределения.

10. Исследование систем автоматики на действующих насосных станциях.

IV. Усовершенствование организации эксплуатации

11. Изучение организации эксплуатации и техники учета работы насосных станций и машинных оросительных систем.

12. Исследование экономики машинного водоподъема и машинного орошения.

Тематический план научно-исследовательских работ дается для определения их основных направлений. Сгруппированные в нем темы имеют каждая самостоятельное значение и могут разрабатываться параллельно в соответствии с наличием специалистов и материальных возможностей.

Предполагается, что темы будут корректироваться и уточняться в деталях для определенных объектов — машинных оросительных систем или отдельных насосных станций.

ОРОСИТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ ВРЕМЕННОГО ТИПА

Машинные оросительные системы временного типа, распространенные в районах с малыми высотами подъема воды, представляют собой группы земельных участков, орошаемых отдельными насосными установками облегченной конструкции, без машинных зданий и инженерных водозаборов.

Установки, оборудованные горизонтальными пропеллерными насосными агрегатами разных марок конструкции ИВПиГ АН УзССР, имеют один или два агрегата, реже до десяти и больше (рис. 6).

Насосные агрегаты выпускаются в виде комплектов, включающих трубопроводы и двигатели тракторного типа, а также электромоторы (в небольшом количестве). В их конструкции предусматривается очистка насосов в случае засорения.

Установки, эксплуатируемые преимущественно колхозами и совхозами, легко монтируются, демонтируются и переносятся с места на место. Применяются они в зависимости от потребности в воде и водообеспеченности источников орошения.

Насосы с момента появления первой марки (ПГ-350 САНИИРИ, 1947 г.) периодически совершенствуются и модернизируются как институтом, так и заводами-изготовителями. В результате отпускная стоимость комплекта насосного агрегата типа ПГ-35М (без двигателя) была снижена с 1200 руб. (в новых деньгах) в 1948 г., до 439 руб. в 1962 г.

Анализ стоимости эксплуатации капитально построенной одноагрегатной насосной станции камерного типа с вертикальным пропел-

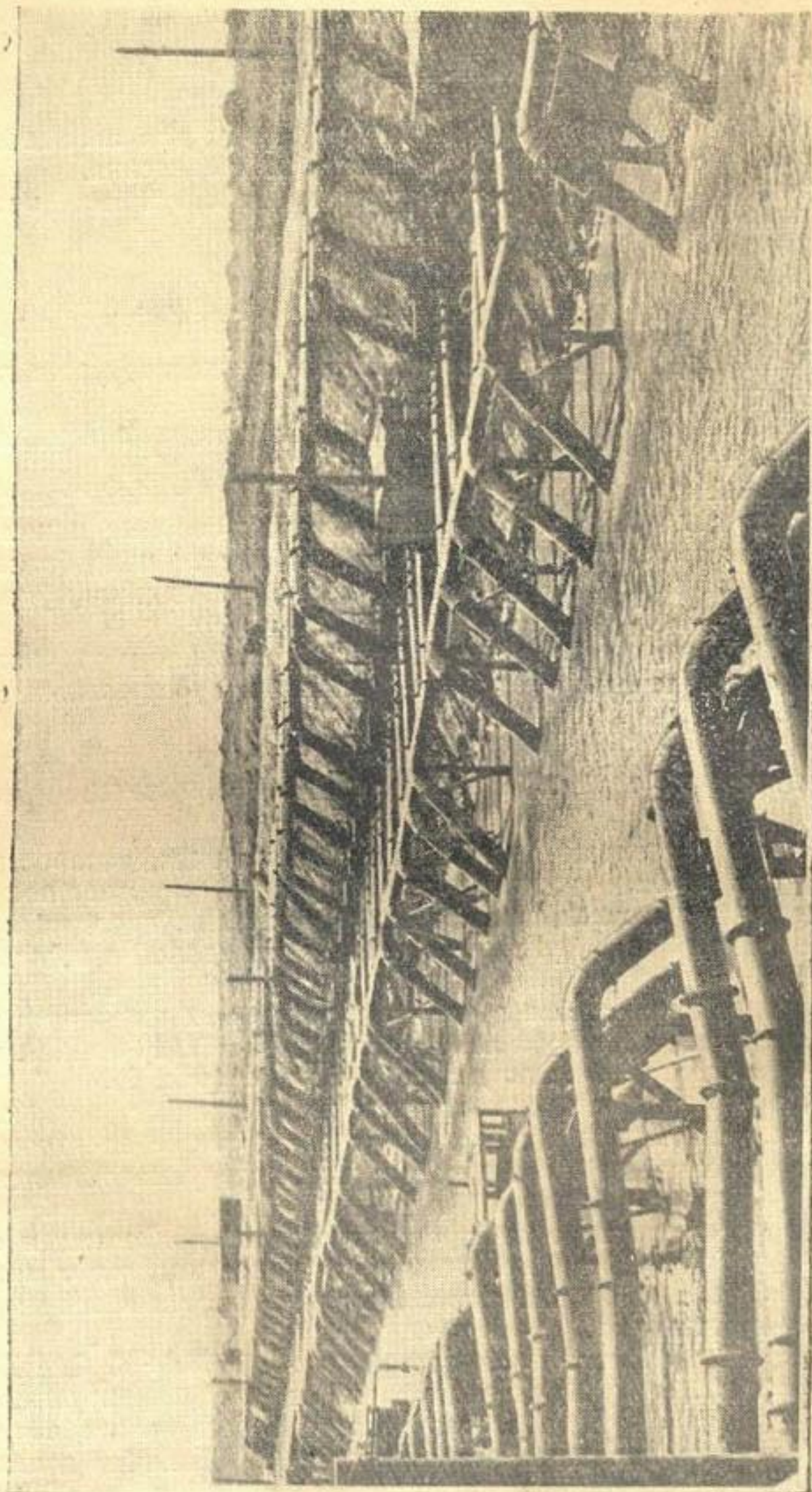


Рис. 6. Батарейная насосная установка временного типа на Аму-Каракульском канале в Бухарской области УзССР с насосами 1Г-35×2 ИВПиГ и дизелями СМД-14А. Всасывающие трубы насосов имеют приподнятые колена.

лерным насосом ПВ-1 и нефтедвигателем мощностью 25 л.с. выявил следующую структуру эксплуатационных расходов [1]:

группа I — плата за нефтепродукты и доставку их на станцию — 16%;

группа II — зарплата механика с начислениями, текущий ремонт сооружений и амортизация сооружений и машин — 61%;

группа III — текущий ремонт машин и прочие расходы эксплуатации — 23%.

Оказалось, что расходы, непосредственно связанные с работой машин, вследствие малой мощности установки и относительно небольшого числа часов работы в году (2732 часа) составляют меньшую часть стоимости эксплуатации.

Введение зимних промывочных поливов могло бы понизить удельную стоимость эксплуатации станции в данном случае на 10—12% за счет увеличения времени работы ее до 3500 час. в год.

Таким образом, наибольший удельный вес в сумме часовой стоимости эксплуатации насосного агрегата малой мощности имеет та ее часть, которая представляет собой приходящуюся на один час его работы долю годовых расходов по эксплуатации, несвязанных с работой машин. Сюда входят ремонт сооружений, амортизационные отчисления и годовая зарплата постоянного персонала. Сокращение этих расходов в установках временного типа, несомненно, повысило их народно-хозяйственную эффективность. Относительно низкая стоимость орошения с помощью таких установок, работающих на жидком топливе, создается также за счет малых высот подъема.

Усовершенствованию эксплуатации насосных установок конструкции ИВПиГ способствовало также внедрение всасывающих труб с приподнятым коленом (см. рис. 6), позволившее отказаться от применения специальных пусковых вакуумнасосов и упростить процесс пуска в ход агрегатов с горизонтальными пропеллерными насосами. В настоящее время данный метод применяется и на установках с центробежными насосами небольших размеров (12 НДс).

Двигатели и насосы ремонтируются централизованно на ремонтных заводах, на местах же установки этих агрегатов производится только замена вышедшего из строя оборудования, что также является одним из элементов усовершенствования эксплуатации. Для осуществления этой замены потребовалось создать оборотный фонд насосов и двигателей, чем была значительно повышена надежность действия установок.

Главное затруднение, возникающее при эксплуатации временных насосных установок с двигателями внутреннего сгорания, заключается в необходимости частого подвоза нефтепродуктов к установкам, разбросанным на значительной территории. При этом требуется обеспечить запасы горючего на базе и доставку его на места установок. Устраивать нефтехранилища на установках, не имеющих постоянного места расположения, не имеет смысла.

Требование мобильности ведет к тому, что двигатели внутреннего сгорания применяются и, по-видимому, будут применяться в оросительных системах временного типа.

В обеспеченных электроэнергией районах (где установки временного типа не меняют своего места расположения), целесообразно переводить установки на электропитание с последующим введением автоматики, что даст большой экономический эффект и облегчит эксплуатацию. С этой целью в Средазгипроводхлопке в 1960—1962 гг. была проведена разработка типовых проектов электрифицированных

насосных установок с горизонтальными осевыми насосами конструкции ИВПиГ АН УзССР (б. САНИИРИ).

Реальные возможности электрификации оросительных и дренажных установок малой мощности существуют уже во многих районах Средней Азии, в том числе в низовьях Аму-Дарьи, Голодной степи и Ферганской долине.

Насосные установки временного типа имеют и другую область применения. В отдельных районах Узбекистана на вновь осваиваемых массивах машинного орошения с подъемами воды в пределах до 10 м установки предшествуют или сопутствуют строительству капитальных электрифицированных насосных станций, являясь как бы авангардом машинного орошения.

Так, временная многоагрегатная установка в Хавастском районе, имевшая 27 агрегатов с насосами ПГ-35 $\times$ 2 и дизелями КДМ-46, орошала земли, ныне подключенные к первой ступени водоподачи мощной Баяутской насосной станции. В Бухарской области при строительстве мощных электрифицированных Алатской и Каракульской насосных станций были смонтированы две временные насосные установки: первая насчитывала до 60, вторая — до 90 агрегатов с насосами ПГ-35 $\times$ 2 ИВПиГ (см. рис. 6).

Во время весеннего маловодья в низовьях Аму-Дарьи часто возникает необходимость кратковременной, в пределах месяца, подкачки воды из реки в самотечные каналы. В таких случаях также используют батареи по 20—30 и больше пропеллерных насосов ИВПиГ с тракторными двигателями. В Хорезмской области УзССР для предпосевных поливов в 1961 и 1962 г. устанавливали на кратковременную работу до 250 насосных агрегатов.

Обследование насосных установок временного типа в б. Наманганской области УзССР показало, что в некоторых случаях насосные агрегаты ПГ-35М используются с последовательной перекачкой воды со ступени на ступень для орошения высоко расположенных участков земли. В колхозе «Узбекистан», например, было смонтировано шесть ступеней перекачки воды на высоту 25 м.

Увеличение числа многоагрегатных насосных установок временного типа и применение установок с последовательной перекачкой воды указывает на необходимость расширения номенклатуры их оборудования в сторону увеличения производительности и напора; однако во избежание потери основного достоинства таких установок — мобильности — параметры их нельзя значительно увеличивать.

Проведенная нами в 1953 г. разработка конструкций насосов ПГ-35 $\times$ 2 и ПГ-50 с удвоенным напором (по сравнению с ПГ-35) у первого и удвоенной производительностью и удвоенным напором у второго привела к внедрению только насосов ПГ-35 $\times$ 2. На насосы ПГ-50 не поступило достаточного количества заказов, и их выпуск был остановлен.

Насос ПГ-50 (рис. 7) имеет относительно малые габариты и позволяет производить разборку его без отклонения от трубопроводов. Лаборатории гидромашин ИВПиГ надо провести необходимую модернизацию насоса и снова начать его внедрение.

Опыт показывает, что выпускать надо не просто насосы, а насосные агрегаты, укомплектованные двигателями, фундаментными рамами и трубопроводами.

В заключение обзора путей и методов усовершенствования эксплуатации систем машинного орошения следует отметить возможность значительного снижения непроизводительных потерь воды, поданной

насосами, и повышения к.п.д. водораспределительной сети вследствие применения лотков и облицовок каналов или перехода к закрытой водораспределительной сети из труб, армированных гидрантами. И тот,

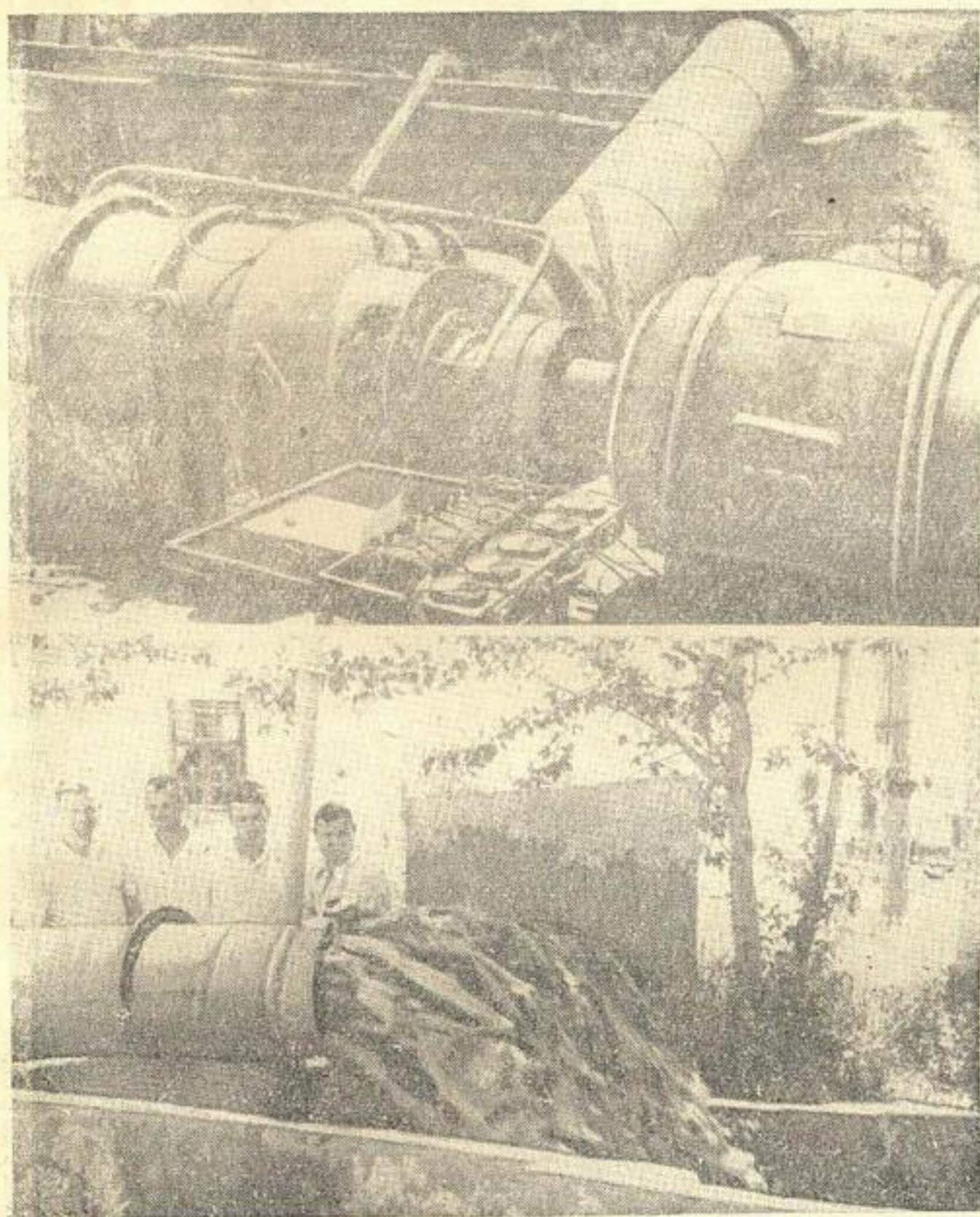


Рис. 7. Экспериментальный экземпляр насоса ПГ-50 САНИИРИ во время испытания на заводе в Андижане (а). Подача воды насосом ПГ-50 (б).

и другой путь уже прошли производственную проверку на опытных участках совхоза № 4 в Голодной степи и других хозяйствах, где разрабатывается новая техника полива хлопчатника. Вопросы техники полива не рассматриваются, так как они относятся к усовершенствованию эксплуатации не только систем машинного орошения, а всех оросительных систем. Эта тема освещена в работе Н. А. Янишевского [3], подготовленной им к XXII научно-производственной конференции ТИИИМСХ в апреле 1963 г., и И. А. Шарова, М. Ф. Натальчука [6].

Однако было бы своевременным начать научную разработку вопросов о целесообразности применения закрытой ирригационной сети, питаемой непосредственно насосными установками стационарного дождевания и напорного подпочвенного орошения, в Средней Азии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранов В. А. Определение экономических режимов мелиоративных насосных установок, Труды САНИИРИ, вып. 93, Ташкент, 1958.
 2. Баранов В. А. «Изв. АН УзССР», 1947, № 6.
 3. Янишевский Н. А. Основные направления и методы совершенствования эксплуатации оросительных систем и повышения их эффективности, Тезисы XXII научно-технической конференции ТИИИМСХ, Ташкент, 1963.
 4. Запольский А. А. Требования к энергоиригационным узлам в свете предстоящего развития ирригации, определенного XXII съездом КПСС. Тезисы всесоюзного научно-технического совещания, Душанбе, 1962.
 5. Пфлейдерер К. Центробежные и пропеллерные насосы, М.—Л., ОНТИ — НКТП, 1937.
 6. Шаров И. А., Натальчук М. Ф. Пути улучшения эксплуатации оросительных систем в районах хлопководства. Материалы к Объединенной научной сессии по хлопководству, Ташкент, 1957.
-

В. А. БАРАНОВ

О СРАВНЕНИИ ВАРИАНТОВ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ МАШИННОГО ОРОШЕНИЯ

Развитие систем электромашинного орошения в республиках Средней Азии и рост мощности насосных станций требуют уделять все больше внимания вопросам технико-экономических обоснований проектов. Одновариантные проекты насосных станций во многих случаях не удовлетворяют возросшим требованиям экономики.

Детальная проработка необходимого числа вариантов для выбора экономичного решения привела бы к недопустимой затяжке срока выдачи проекта. Поэтому возникла задача подобрать укрупненные технико-экономические измерители, требующие минимум проектных работ.

В Институте водных проблем и гидротехники был проведен анализ сметных данных по выполненным проектам некоторых оросительных насосных станций в Узбекской и Таджикской республиках и получены удельные показатели капиталовложений в следующие элементы станций: подводный блок с аванкамерой, верхнее строение, гидромеханическое и электротехническое оборудование, напорный трубопровод и водовыпускное сооружение¹. Кроме того, были определены структуры капиталовложений и издержек эксплуатации. Эта работа должна систематически повторяться по мере накопления новых исходных данных.

Следующая наша задача — определить условия применения существующего метода экономической оценки объектов строительства к насосным станциям машинного орошения. Это необходимо потому, что в настоящее время еще нет опубликованного руководства на эту тему. Ниже рассматриваются в порядке обсуждения основные вопросы сравнения вариантов машинного водоподъема в ирригации.

ИСТОРИЧЕСКАЯ СПРАВКА

Современные расчеты относительной экономической эффективности капитальных вложений в системы машинного орошения и вообще в водное хозяйство основываются на известном методе срока окупаемости, являющемся в настоящее время официально признанным в СССР методом оценки экономической эффективности капиталовложений во всех отраслях народного хозяйства.

Понятие о сроке окупаемости впервые было введено в техническую литературу С. А. Кукель-Краевским [1, 2] применительно к энергетике.

¹ Работа выполнена автором при участии В. М. Пикулина в 1963 г.

в 1938 г., но им не было дано научного обоснования нормативных величин срока окупаемости. Долгое время метод не получал распространения. Лишь в 1956 г. появилось первое официальное методическое руководство [5], основанное на применении срока окупаемости капиталовложений, изданное Гостехникой СССР для определения экономической эффективности внедрения новой техники. Однако это первое практическое руководство имело серьезные недостатки: в качестве критерия экономической эффективности был рекомендован минимальный срок окупаемости; наряду со стоимостными показателями предлагались также и натуральные показатели, что вносило неопределенность в оценку экономической эффективности объекта.

Значительную роль в дальнейшем развитии метода окупаемости сыграла состоявшаяся в 1958 г. Всесоюзная научно-техническая конференция по проблемам экономической эффективности капиталовложений и новой техники в народном хозяйстве СССР [6]. На основании рекомендаций этой конференции временной комиссией Государственного научно-технического комитета Совета Министров СССР были разработаны «Основные методические положения технико-экономических расчетов в энергетике» [7], в которых принят метод окупаемости капиталовложений с единым нормативным сроком окупаемости, равным восьми годам, для всех объектов энергетике. Эти методические положения утверждены Коллегией ГНТК СМ СССР и изданы в 1959 г., а в 1960 г. Институтом экономики АН СССР опубликована разработанная на основе решений той же конференции «Типовая методика определения экономической эффективности капитальных вложений и новой техники в народном хозяйстве СССР» [9]. Методика, согласованная с Госпланом СССР, Госстроем СССР, ГНТК СССР, ЦСУ СССР, Стройбанком СССР и утвержденная президентом АН СССР, предназначена для применения разными организациями, в том числе научно-исследовательскими учреждениями. Методика содержит положения, на основании которых должны быть разработаны отраслевые методики, учитывающие особенности отраслей промышленности, сельского хозяйства, строительства и транспорта.

В последующем «Основные методические положения» ГНТК СССР, а также «Типовая методика» АН СССР подвергались критике со стороны экономистов-теоретиков. Главным пунктом разногласий и споров являлся вопрос о величине нормативного срока окупаемости. Эта величина, или обратная ей величина нормативного коэффициента эффективности капиталовложений, оказывает решающее влияние на результаты технико-экономического сравнения вариантов строительства новых объектов, а также расширения существующих. До упомянутой выше Всесоюзной конференции Министерство электростанций СССР в 1957 г. рекомендовало принимать в проектах гидроэлектростанций срок окупаемости от 15 до 25 лет.

После конференции сроки окупаемости были резко сокращены. По рекомендациям Академии наук СССР они должны быть дифференцированы по отраслям народного хозяйства и лежать в пределах 3—7 лет. Для отдельных отраслей (энергетика, транспорт) их можно увеличить, но не более чем до 10 лет. ГНТК СМ СССР, как уже было сказано, предлагает принимать в области энергетике и энергомашиностроения единый срок окупаемости, равный 8 годам.

Всесоюзная научно-техническая конференция по вопросам экономики электроснабжения промышленных предприятий, состоявшаяся в ноябре 1959 г. в г. Горьком, в своих решениях предложила, чтобы нормативный срок окупаемости был единым для всего народного хозяйства Советского Союза, а не одной его отрасли.

Изданная в 1961 г. Министерством строительства электростанций СССР «Методика определения экономической эффективности гидроэлектростанций» содержит рекомендацию принимать срок окупаемости в 10 лет.

Однако Л. А. Вааг и С. Н. Захаров [15], участвовавшие в разработке «Основных методических положений» ГНТК СССР, считают, что указанный срок МСЭС неоправданно завышен. Кроме того, на конкретном примере они доказывают [15], что применение разных нормативных сроков окупаемости неизбежно приводит к потерям в народном хозяйстве.

В области экономики водного хозяйства в 1959 г. вышел капитальный труд Д. Т. Зузика [8]. К сожалению, в нем мало внимания уделено специальным вопросам экономики машинного орошения.

Точно так же не выделяют специфику установок машинного орошения и изданные в 1961 г. «Указания по методике определения экономической эффективности капитальных вложений и новой техники в мелиорации» (2), разработанные М. Н. Лойтером в отделе экономики водного хозяйства ВНИИГиМа им. А. Н. Костякова. В этих указаниях, основанных на положениях типовой методики АН СССР, приняты дифференцированные сроки окупаемости капиталовложений от 3,5 до 9 лет для разных видов мелиораций. В частности для орошения хлопка рекомендован срок окупаемости меньше 6 лет (точнее 5,9 года).

На пленуме ЦЕНТОЭП (март 1962 г., Ленинград) по обсуждению проекта «Методики распределения затрат между отраслями водно-энергетических комплексов» снова возникли споры о методе окупаемости, в частности о нормативных сроках окупаемости и об учете фактора времени.

За 1960—1962 гг. в периодической специальной литературе¹ опубликованы статьи, критикующие и уточняющие детали метода окупаемости.

В Гипроводхозе МСХ СССР по заданию Гидропроекта в 1960 г. разработана методика определения экономической эффективности гидроэнергоузлов для сельского хозяйства, в которой основное внимание уделяется вопросам определения ущерба сельскому хозяйству от строительства водохранилищ ГЭС вследствие затопления и подтопления. Там же в 1962 г. составлены методические указания под названием «Методика определения экономической эффективности капитальных вложений для развития орошения и осушения сельскохозяйственных земель» (авторы Е. С. Кремер, Т. В. Крутякова). Но и в ней вопросы экономики машинного водоподъема не рассматриваются.

ПРИНЦИП СРАВНЕНИЯ ВАРИАНТОВ МАШИННОГО ВОДОПОДЪЕМА

1. Сравниваться должны варианты, одинаковые по выработке продукции.

Оросительные насосные станции являются участниками производства сельскохозяйственной культуры, выращиваемой на орошенных землях. Однако сравнивать между собой варианты насосных станций или схем водоподъема путем подсчетов себестоимости конечного сельскохозяйственного продукта нецелесообразно потому, что эта себестоимость включает длинный ряд слагаемых, не имеющих отношения к машинному водоподъему. Среди этих слагаемых роль машинного водоподъема становится мало заметной.

¹ В «Экономической газете», журналах «Вопросы экономики», «Электричество», «Гидротехническое строительство» и др.

2. Непосредственным результатом действия насосной станции или группы станций, расположенных на данном орошаемом массиве, является подъем воды на определенную высоту в течение полного сельскохозяйственного цикла, иными словами, совершенная за год полезная работа. Однако эта работа не может рассматриваться как продукция машинного водоподъема при экономическом сравнении вариантов по той причине, что для выращивания урожая важна сама вода, а не работа, затраченная на ее подъем.

3. Для сравнения вариантов машинного водоподъема, различающихся числом зон орошения, продукцией производства может служить постоянный общий объем воды, подаваемой за год на весь орошаемый массив при условии, что в сравниваемых вариантах будут одинаковыми все остальные элементы, определяющие непосредственно объем сельскохозяйственной продукции, который должен оставаться постоянным. В число этих элементов входят общая орошаемая площадь (нетто) и распределение ее под сельхозкультуры, состав последних и гидромодули, агротехника, режимы орошения, техника полива и к.п.д. ирригационной сети.

При соблюдении данного условия роль продукции насосных станций может выполнять поднятая вода, несмотря на то, что плата за воду отменена и вода не имеет утвержденной отпускной цены.

Полезная работа, совершаемая водоподъемными установками, вместе взятыми, в этом случае в сравниваемых вариантах будет разная.

4. При сравнении вариантов насосных станций, для которых число зон орошения и распределение земель по зонам одинаково (рис. 1), одинаковыми будут:

а) требуемая подача воды в каждую зону за год, приведенная к голове машинного канала:

$$W_{\text{зон}} = \sum_{i=1}^n Q_i \Delta T_i = \text{const}, \quad (1)$$

где ΔT_i — расчетный интервал времени (чаще всего декада) по графику водопотребления, час.;

Q_i — приведенный сток воды по графику водопотребления, $\text{м}^3/\text{час}$;

n — число расчетных интервалов времени за год (36 декад);

б) полезная работа подъема воды в каждую зону, независимо от принятой схемы водоподдачи [20]:

$$R_{\text{зон}} = \gamma W_{\text{зон}} H_{\text{ср}}^{\text{зон}} = \text{const}; \quad (2)$$

здесь $H_{\text{ср}}^{\text{зон}}$ — средневзвешенная геометрическая высота подъема воды для данной зоны, считая от уровня воды в источнике питания всей рассматриваемой зональной оросительной системы;

$\gamma = 1000 \text{ кг}/\text{м}^3$ — удельный вес воды.

Такие варианты могут различаться между собой схемами размещения насосных станций по ступеням водоподдачи [20], числом агрегатов каждой ступени, типами и марками насосов и двигателей, типами и конструкцией сооружений напорно-станционного узла, объемами земляных работ.

5. Согласно методическим указаниям ГНТК СССР [7], качественный анализ вариантов — необходимая составная часть экономического

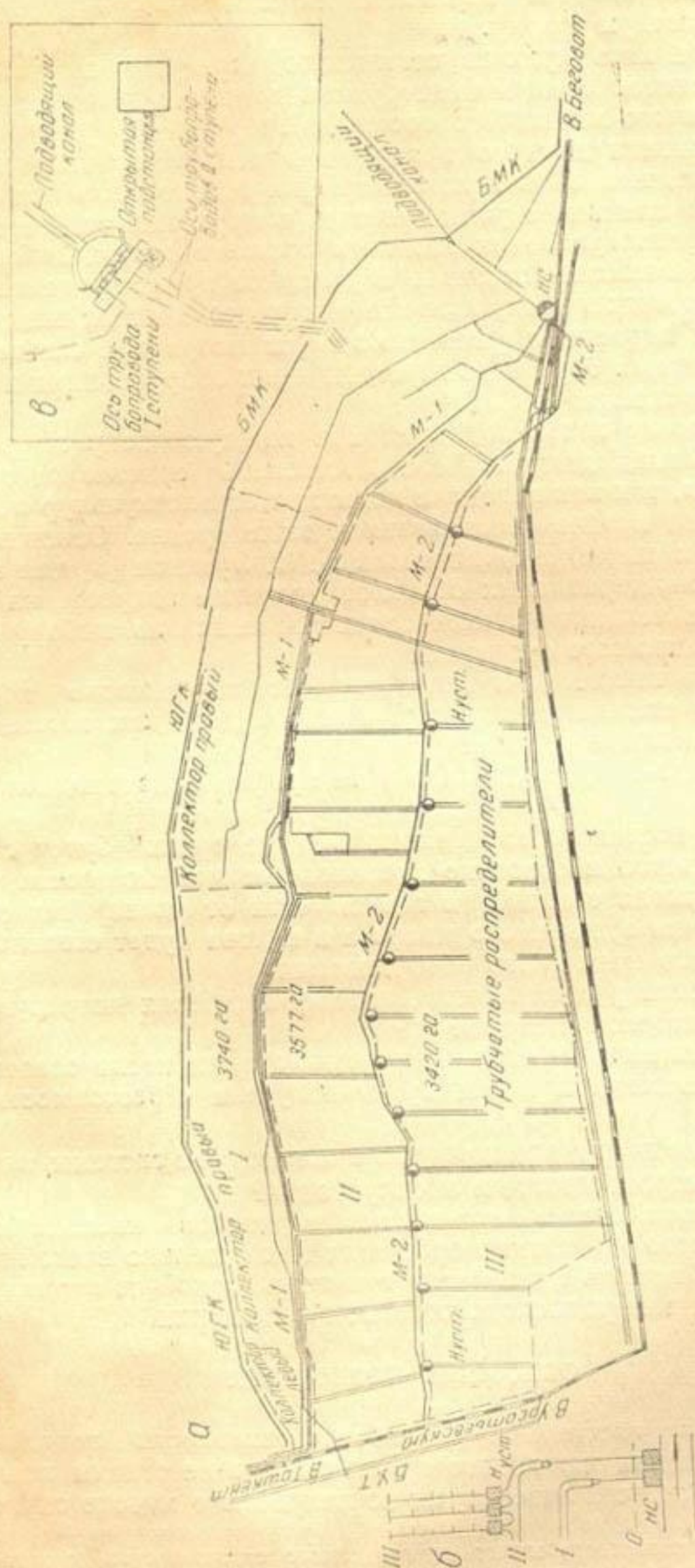


Рис. 1. Схема трехзонального машинного орошения Баяутского массива (Голодная степь, УзССР (а). Орошение третьей зоны массива, осуществляемое из канала М-2 с помощью 13 рассредоточенных электрифицированных насосных установок. Схема водоподдачи (б) и напорно-станционного узла (в).

обоснования любого объекта, так как народнохозяйственное значение объекта не всегда может получить прямое денежное выражение, однако качественные особенности вариантов по возможности следует переводить в стоимостную форму.

Изложенные пять пунктов составляют принцип экономического сравнения вариантов схем и конструкций водоподъемных устройств в системах зонального машинного орошения¹.

При соблюдении данного принципа в основу технико-экономических расчетов должен быть положен график водопотребления, отнесенного к насосной станции, с учетом потерь в ирригационной сети.

Графики водопотребления входят в состав задания, даваемого на проектирование насосных станций. В процессе проектирования составляются графики водоподдачи, которые могут различаться между собой в сравниваемых вариантах в зависимости от выбранной схемы водоподдачи принятого числа агрегатов на станции, их оборудования и системы регулирования водоподдачи.

Однако объемы воды, подаваемой в каждую зону за расчетные интервалы времени, должны соответствовать зональным графикам водопотребления, так как недодача воды для сельхозкультур недопустима, а избыточная подача бесполезна и даже вредна. Основываясь на этом принципе и схеме, предложенной Д. Т. Зузиком [8] для экономической оценки мелиоративных объектов, выделим вопросы, на которые надо ответить в технико-экономических расчетах по выбору технических средств машинного орошения.

1. На какие высоты и в каких количествах должна подаваться вода в течение поливного периода, включающего как вегетационные, так и невегетационные поливы?

Ответ на этот вопрос дается в виде графиков водоподдачи и высот подъема.

2. В какой последовательности и в какие сроки будет осуществляться строительство и освоение производственной мощности насосной станции или каскада станций в зависимости от плана сельскохозяйственного освоения орошаемого массива и какова будет степень использования основного машинного оборудования?

3. Какие единовременные капитальные вложения потребуются при строительстве насосной станции?

4. Каковы ежегодные издержки эксплуатации после освоения полной мощности станции и какая будет получена себестоимость поднятой воды?

5. Каковы удельные экономические показатели системы машинного водоподъема в строительстве и эксплуатации?

Метод экономического сравнения вариантов каскада насосных станций зонального машинного орошения или отдельно взятой насосной станции должен помочь однозначно выяснить, какой из вариантов наиболее выгодный в народнохозяйственном отношении.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Рассматривая частный вопрос об эффективности водоподъемных устройств в системах машинного орошения, мы не ставим перед собой задачи дать обзор всей литературы по вопросам о методе окупаемости,

¹ В случае комплексного энерго-ирригационного строительства должен быть решен вопрос о распределении затрат между участниками комплекса. Этот вопрос рассматривается в решениях пленума ЦЕНТОЭП [13], в работе Ф. Ф. Губина [4], канд. диссертации А. А. Семенова [17] и других руководствах.

но считаем необходимым определить свое отношение к наиболее важным пунктам разногласий, тем более, что в настоящее время по некоторым из них еще не достигнуто единого мнения.

Упомянутый выше труд Л. А. Ваага и С. Н. Захарова [15], посвященный в основном теоретическому обоснованию и защите «Основных методических положений» ГНТК СССР, на ряде примеров разъясняет ошибочность многих из критических замечаний.

Ниже мы приводим окончательные выводы авторов по пунктам разногласий, которые имеют отношение к машинному водоподъему.

1. При вычислении суммарных затрат за расчетный период по методу ГНТК в составе эксплуатационных расходов учитывается амортизация основных фондов. По мнению некоторых видных экономистов, амортизацию следует исключить, чтобы избежать повторного счета капиталовложений. Однако эта точка зрения ошибочна. Амортизацию учитывать надо [15, стр. 34]. Соглашаясь с этим общим выводом авторов, считаем необходимым уточнить следующее.

Амортизацию, вернее отчисления на реновацию оборудования и сооружений водоподъемных устройств, не следует учитывать при определении полных затрат на строительство и эксплуатацию объекта за период времени, лежащий в пределах срока службы¹ этих устройств, по формуле²

$$Z_T = K + (I_{к.р} + \sum I) T, \quad (3a)$$

где K — полная сметная стоимость объекта;
 $\sum I$ и $I_{к.р}$ — ежегодные издержки на эксплуатацию и капитальный ремонт для всего объекта;
 $T \leq T_{сл}$ — число лет эксплуатации, меньшее или равное сроку службы объекта.

При вычислении себестоимости всего количества поднятой за год воды отчисления на реновацию должны входить вместо единовременных капиталовложений в сумму затрат. Себестоимость поднятой за год воды (руб/год) составляет

$$C = \sum_{i=1}^m a_{pi} \cdot K_i + \sum I + I_{к.р},$$

или

$$C = \sum_{i=1}^m a_i \cdot K_i + \sum I; \quad (36)$$

здесь a_{pi} — нормы ежегодных отчислений на реновацию по элементам (m) объекта;
 a_i — норма амортизации³.

2. Ошибочно мнение о том, что всегда наиболее экономичным является вариант, имеющий меньшие суммарные затраты (3a) за срок службы объекта [15, стр. 34].

¹ В работе [15] указывается, что амортизацию не следует учитывать при определении полных затрат за весь срок службы объекта.

² По методике 6. МСЭС [10] капиталовложения, учитываемые при сравнении вариантов проекта, принимаются без возвратных сумм, включающих стоимость сооружений, которые после окончания строительства передаются другим организациям в эксплуатацию.

³ Предполагаются равномерные амортизационные отчисления в пределах срока службы объекта. Существуют и другие системы отчислений [18].

3. Заявление о том, что метод срока окупаемости пригоден для экономического сравнения только тех вариантов, по которым срок службы объекта не изменяется, также является ошибочным [15, стр. 36].

4. Предложение использовать в качестве критерия сравнительной оценки экономичности вариантов принцип минимума срока окупаемости капиталовложений не отвечает требованию достижения максимума народно-хозяйственной эффективности [15, стр. 170]¹.

5. Существует мнение, что вообще нельзя найти общего и единственного критерия оценки соизмерения капитальных вложений и издержек производства при сравнении вариантов [15, стр. 46]. Согласиться с этим, значит отказаться от метода окупаемости.

6. Многие считают, что срок окупаемости вообще не представляет собой реальной величины, а является лишь величиной, обратной коэффициенту эффективности капиталовложений (p) и имеющей только размерность времени (лет)

$$\frac{1}{p} = T_{\text{ок}},$$

Отметим, что в расчетах эти величины вполне заменяют одна другую.

7. Некоторые экономисты [15, стр. 41] считают, будто метод окупаемости капиталовложений не всегда применим и предлагают наряду с ним использовать другие экономические и натурные показатели, в частности удельную себестоимость продукции. Однако это является результатом того, что применение метода окупаемости в форме попарного сопоставления вариантов может иногда приводить к неясному представлению о степени экономичности одного варианта по сравнению с другим. Не совсем удачное существующее графическое изображение роста суммарных затрат с течением времени также иногда приводит к неверным выводам. Наиболее совершенным оказалось применение метода окупаемости в виде формулы минимума расчетных затрат (4). Этой формулой мы и будем пользоваться в дальнейшем².

Нормативный коэффициент эффективности является минимальным его значением, ниже которого нецелесообразно увеличивать капитальные вложения в данный объект с народно-хозяйственной точки зрения. Увеличение этого коэффициента отражается на капиталовложениях в сторону их сокращения и на себестоимости продукции — в сторону ее повышения.

Теперь надо решить, какой величины коэффициент эффективности или срок окупаемости следует считать нормативным для установок машинного орошения. В настоящее время нет единого нормативного коэффициента эффективности капиталовложений, но есть утвержденные нормативы в области энергетики ($p_n = 0,125$ и $T_n = 8$ лет) и рекомендации в области водного хозяйства ($p_n = 0,17$ и $T_n = 6$ лет)³.

По конструкции современные крупные электрифицированные насосные станции (ЭНС) оросительных систем, особенно станции блочного типа, сходны с гидроэлектростанциями соответствующих типов

¹ Далее указывается, что оно справедливо лишь при условии равенства капиталовложений по сравниваемым вариантам.

² Согласно типовой методике АН СССР, при определении эффективности капитальных вложений в производственные объекты затраты на жилищное, коммунальное и культурно-бытовое строительство не включаются, а учитываются отдельно.

³ Методов получения этих нормативов мы не касаемся.

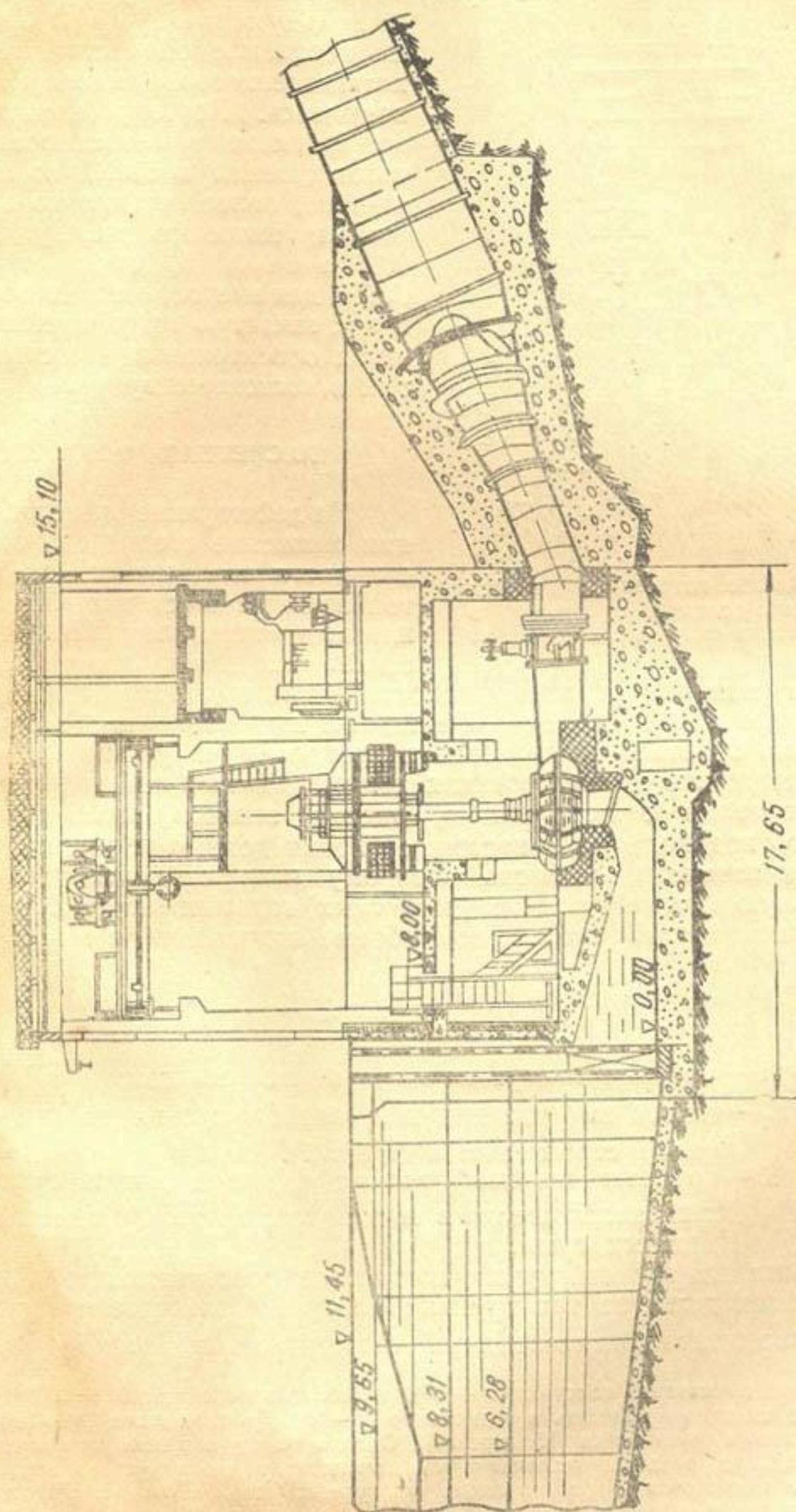


Рис. 2. Здание Хамзинской оросительной насосной станции (УзССР). Вариант с насосами 56В-17.

(рис. 2 и 3). Однако „сырье“ и „продукция“ у ГЭС и ЭНС прямо противоположны. ЭНС как средство производства, рассчитанное на

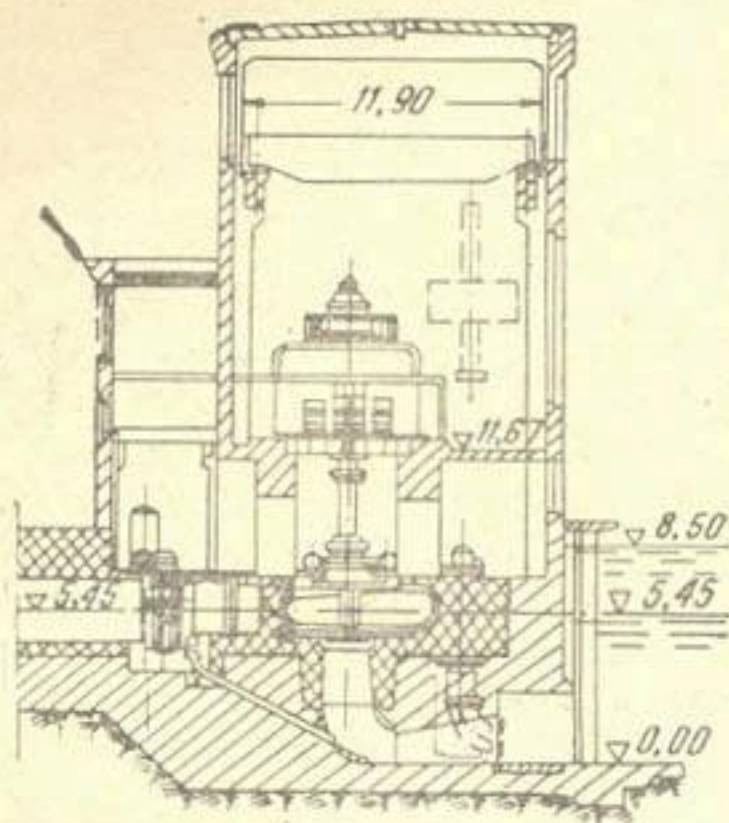


Рис. 3. Здание гидроэлектростанции с радиально-осевыми турбинами в металлических спиральных камерах.

длительную эксплуатацию, является неотъемлемой частью сельскохозяйственного мелиоративного комплекса. Поэтому нормативный коэффициент эффективности капиталовложений в ЭНС, по нашему мнению, более правильно принять равным значению между 0,125 и 0,17, а не 0,125, как рекомендует ГНТК для энергетических объектов и как зачастую принимается в проектах оросительных насосных станций в настоящее время.

РАСЧЕТНАЯ ФОРМУЛА

На действующей насосной станции снижение среднегодовой себестоимости единицы объема поднятой воды, осуществимое без дополнительных капиталовложений вследствие экономии электроэнергии,

снижения различных потерь, рационализации и др., представляет собой бесспорный и наиболее эффективный вид экономии, за которую необходимо бороться повседневно в процессе эксплуатации.

На стадии же проектирования новых насосных станций или усовершенствования существующих, оценка экономичности вариантов машинного водоподъема в настоящее время должна производиться по методу окупаемости, согласно которому надо стремиться получить минимальную величину полных (расчетных) годовых затрат (Z , руб/год) при заданном постоянном годовом объеме водоподдачи, а именно:

$$Z = \sum I + \sum_{i=1}^m a_i \cdot K_i + p_n K = \min, \quad (4)$$

где $\sum I$ — годовые издержки эксплуатации станции;

a_i и K_i — нормы амортизации и капиталовложения по отдельным узлам строительства (табл. 1).

p_n и K — нормативный коэффициент эффективности и суммарные капиталовложения в насосную станцию за вычетом возвратных сумм.

Для анализа экономических показателей составляющие издержек эксплуатации делят на три группы: плату за электроэнергию (I_e), содержание штата с начислениями¹ плюс накладные расходы² ($I_{шт}$) и

¹ Обычно начисления составляют 4—6% на социальное страхование. Существует мнение, что их надо принимать в размере до 35—40%, учитывая все виды бесплатного обслуживания трудящихся [15, стр. 38]. Однако на практике это не применяется.

² Накладные расходы включают: 1) административно-хозяйственные расходы (содержание транспорта и средств связи, выплата командировочных, содержание в чистоте помещений и территории, канцелярские расходы и т. п.); 2) обслуживание рабочих (мероприятия по охране труда и технике безопасности, культурно-бытовому обслуживанию и т. п.); 3) обслуживание объекта (пожарная и сторожевая охрана, набор кадров, содержание производственного инвентаря и т. д.); 4) непроизводительные расходы (штрафы, пени, потери материальных ценностей и пр.). Накладные расходы обычно учитываются также в виде процентов от сумм зарплаты.

**Выписки из норм отчислений на амортизацию и текущий ремонт
сооружений и оборудования***
(Гипроводхоз МСХ СССР, Москва, 1957 г.)

№№ пп	Наименование соору- жений, оборудования, механизмов и инвен- таря	Срок служ- бы, лет	Норма на аморти- зацию, % от стои- мости	В том числе		Норма на текущий ремонт, %	Ликвид- ная стои- мость, %
				на восста- новление первона- чальной стоимос- ти	на капи- тальный ремонт		

Гидротехнические сооружения на реках, водохранилищах и больших каналах

Насосные станции

Водоприемники

25.	Деревянные	18	8,1	5,6	2,5	1,0	3
26.	Железобетонные	60	2,1	1,7	0,4	0,4	0
27.	Каменные и бетон- ные	100	1,4	1,0	0,4	0,4	0

Гидромеханическое оборудование

28.	Для станций с рас- ходом более 50 м ³ /сек	28	5,0	3,6	1,4	2,5	4
29.	Для станций с рас- ходом от 10 до 50 м ³ /сек	25	5,5	4,0	1,5	3,0	4
30.	Для станций с рас- ходом от 1 до 10 м ³ /сек	20	7,0	5,0	2,0	3,5	4

Здания станций

33.	Подземные части зданий (железобетон- ные, каменные, бе- тонные)	70	2,0	1,4	0,6	1,5	0
-----	--	----	-----	-----	-----	-----	---

Понтоны

34.	Деревянные	10	15,0	10,0	5,0	3,0	2
35.	Железобетонные	30	5,9	3,3	2,6	1,5	0
36.	Металлические (са- моходные)	30	4,9	3,3	1,6	1,0	4
37.	Металлические (не- самоходные)	до 50	Сведений нет				4

Напорные бассейны (водовыпускные сооружения)

Железобетонные

38.	С расходом более 50 м ³ /сек	60	2,1	1,7	0,4	0,4	0
39.	С расходом от 10 до 50 м ³ /сек	50	2,8	2,0	0,8	0,6	0
40.	С расходом от 1 до 10 м ³ /сек	40	3,5	2,5	1,0	0,8	0

Каменные и бетонные

42.	С расходом более 50 м ³ /сек	100	1,4	1,0	0,4	0,4	0
43.	С расходом от 10 до 50 м ³ /сек	50	2,8	2,0	0,8	0,6	0
44.	С расходом от 1 до 10 м ³ /сек	40	3,5	2,5	1,0	0,8	0

№№ пп	Наименование соору- жений, оборудования, механизмов и инвен- таря	Срок служ- бы, лет	Норма на аморти- зацию, % от стои- мости	В том числе		Норма на текущий ремонт, %	Ликвид- ная стои- мость, %
				на восста- новление первоначальной стоимос- ти	на капи- тальный ремонт		

Электросиловое оборудование—электромоторы, распределительные устройства, внутренняя сеть, автоматика

49.	Для станций с рас- ходом более 50 м³/сек	28	5,4	3,6	1,8	1,5	4
50.	Для станций с рас- ходом от 10 до 50 м³/сек	25	6,0	4,0	2,0	2,0	4
51.	Для станций с рас- ходом от 1 до 10 м³/сек	22	7,0	4,5	2,5	2,5	4

Трубопроводы

203.	Асбоцементные	25	6,0	4,0	2,0	1,0	0
204.	Бетонные и желе- зобетонные	30	4,0	3,3	0,7	1,0	0
207.	Железные в здании	35	4,0	2,9	1,1	0,5	4
208.	Железные вне зда- ния, а также в земле	20	6,0	5,0	1,0	0,5	4

Гражданские жилые, подсобные и производственные здания

6. Производственные постройки—мастерские, гаражи, насосные станции

426.	Деревянные-бре- венчатые	25	5,5	4,0	1,5	4,0	3
427.	Деревянные-доща- тые, каркасные	20	7,5	5,0	2,5	4,0	3
428.	Каменные и кир- пичные	70	2,8	1,4	1,4	3,2	0
429.	Сырцовые и са- манные	30	5,8	3,3	2,0	2,6	0

* Приведенные данные Гипроводхоза МСХ СССР дополнены нами графой (8) о ликвидной стоимости сооружений и оборудования насосных станций, % от первоначальной.

прочие расходы, основную часть которых составляют расходы на текущий ремонт и обслуживание установки в работе

$$\sum I = I_0 + I_{шт} + I_{проч} \quad (5)$$

Первое из этих слагаемых зависит главным образом от работы станции, ее мощности и загрузки, второе содержит расходы, не связанные с работой основных насосных агрегатов, а в третьем собраны издержки, зависящие только от продолжительности работы машин.

Известно, что усовершенствование конструкции насосной станции в результате дополнительных капиталовложений позволяет в некоторых пределах сократить издержки эксплуатации за счет повышения к. п. д. насосных агрегатов, сокращения обслуживающего персонала и уменьшения некоторых других расходов. Но процесс сокращения издержек эксплуатации неизбежно затухает с ростом капиталовложений, особенно при условии, что годовой объем поднятой воды не из-

меняется. Одновременно с этим растут последние два слагаемых в сумме полных затрат по формуле (4). Наиболее экономичное решение соответствует минимуму этой суммы (рис. 4). Из рис. 4 видно, что увеличение нормативного коэффициента эффективности капиталовложений смещает влево минимум расчетных затрат (3) и тем самым уменьшает допустимую величину капиталовложений для данной насосной станции с заданной годовой подачей воды.

Построенная на рис. 4 по уравнению (3б) кривая (C) себестоимости поднятого за год объема воды имеет минимум, всегда смещенный вправо по отношению к минимуму расчетных затрат (3). Следовательно, увеличение нормативного коэффициента эффективности неизбежно ведет к увеличению себестоимости кубометра оросительной воды.

Кривая расчетных затрат может быть построена для диаметра напорного трубопровода [22], площади живого сечения машинного канала и т. п. Возвращаясь к сравнению вариантов насосной станции отмечаем, что при соблюдении условия постоянства объема поднимаемой за год воды, сравниваемые варианты насосной станции или каскада станций могут различаться между собой числом агрегатов и их общей производительностью. При этом у них будут соответственно разные коэффициенты использования рабочего времени машинного оборудования с вытекающими последствиями в отношении себестоимости поднятой воды [19, формулы 5 и 15]. Определяемые указанными вариантами точки (1, 2, 3 на рис. 4) не будут лежать на кривой полных затрат (3), предполагающей плавное изменение себестоимости продукции в зависимости от капиталовложений.

Несмотря на то, что в данном случае указанную кривую нельзя построить и точка минимума расчетных затрат неизвестна, приведенные выше общие соображения сохраняют силу. Может случиться, что сравниваемые варианты дадут почти одинаковые суммы расчетных затрат, чему соответствуют, например, точки 2 и 3 на рис. 4. При этом надо воспользоваться методом попарного сравнения вариантов, найти коэффициент эффективности дополнительных капиталовложений и сравнить его с нормативным.

Формула (4), пригодная в случае, если сравниваемые варианты рассчитаны на строительство и освоение полной мощности объекта в срок до одного года, не учитывает разновременности производимых затрат.

Для оросительных насосных станций небольшой и средней мощности, а также установок временного типа, рассматриваемое условие выполняется довольно часто. Строительство и освоение производственной мощности современных крупных насосных станций, как видно из табл. 2, продолжается от года до трех лет.

При экономических расчетах учитывать фактор времени практически приходится тогда, когда строительство продолжается три года

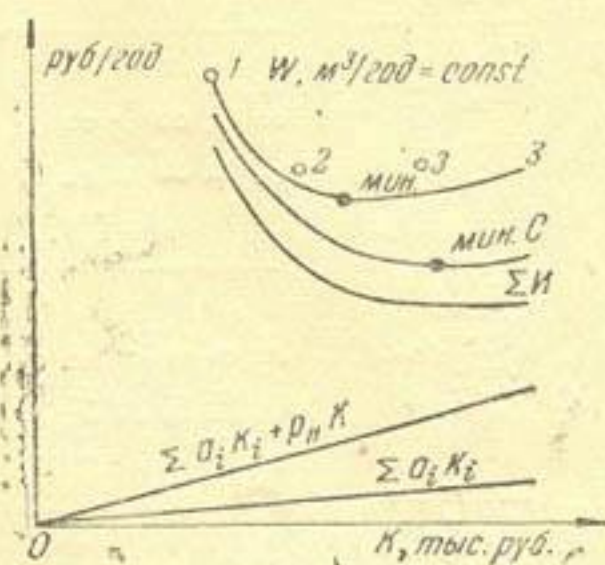


Рис. 4. Характер изменений суммы годовых издержек эксплуатации (ΣИ), себестоимости (C) поднимаемого за год объема воды (W) (последний должен быть постоянным в сравниваемых вариантах) и расчетных годовых затрат (3) по уравнению (4) в зависимости от капиталовложений (K).

Таблица 2
Сроки строительства крупных оросительных насосных станций в республиках Средней Азии

Станция	Даты этапов строительства						доделки и подчистки	пуск временных насосных установок	
	Число агрегатов	Мощность агрегата, квт* (числитель)	начало земляных работ	начало бетонных работ	ввод в эксплуатацию агрегатов	число пущенных агрегатов			конец строительных работ
Таджикская ССР									
Дальверзин I	4	$\frac{1500}{2,0}$	1 кв. 1957	Ноябрь 1957	17 мая 1958	2	Май 1959	2-3 мес.	Нет
Янтак I	4	$\frac{400}{1,27}$	1 кв. 1958	Октябрь 1958	28 апреля 1959	2	Май 1960	1-2 мес.	Нет
Самгар II	4	$\frac{840}{1,72}$	Конец 1957	Середина 1958	26 апреля 1959	4 (смонтированы все 4)	Май 1959	2-3 мес.	Нет
Голодная степь I	6	$\frac{7500}{5,5}$	Октябрь 1959	1 февраля 1961	Май 1961	1 (смонтированы 2)	1963	—	Май 1960
Янтак II	2	$\frac{350}{0,825}$	Зима 1958/59	III кв. 1959	Май 1960	2	Май 1960	1 мес.	Нет
Самгар III	3	$\frac{455}{1,0}$	Зима 1958/59	III кв. 1959	Май 1960	3	Май 1960	1-2 мес.	Нет
Узбекская ССР									
Баяутская	1+3	$\frac{1 \times 390}{3,5}$ $\frac{3 \times 1250}{3,0}$	Март 1957	Июль 1957	Май 1959	4	1959	1-2 мес.	Июнь 1954
Алатская	7	$\frac{800}{6,7}$	Октябрь 1961	10 апреля 1962	10 июня 1962	3 (смонт. 4)	1 апреля 1963	2-3 мес.	Май 1962
Каракульская	4+2	$\frac{4 \times 500}{6,0}$ $\frac{2 \times 800}{6,7}$	Декабрь 1962	15 февраля 1963	Май 1963	4	—	—	Май 1962
Хамзинская	9	$\frac{5000}{8,5}$	20 апреля 1963	—	—	—	—	—	—
На канале им. Ленина	4	$\frac{368}{13,5}$	Октябрь 1961	10 февраля 1962	10 апреля 1962	4	Апрель 1962	1-2 мес.	Март 1959

*) В знаменателе дана производительность агрегата, м³/сек.

и больше. Эксплуатация насосных станций часто начинается раньше, чем завершится их строительство (рис. 5).

Из табл. 2 следует также, что земляные работы в основном начинаются осенью после окончания вегетационных поливов или в начале года и занимают в среднем полгода.

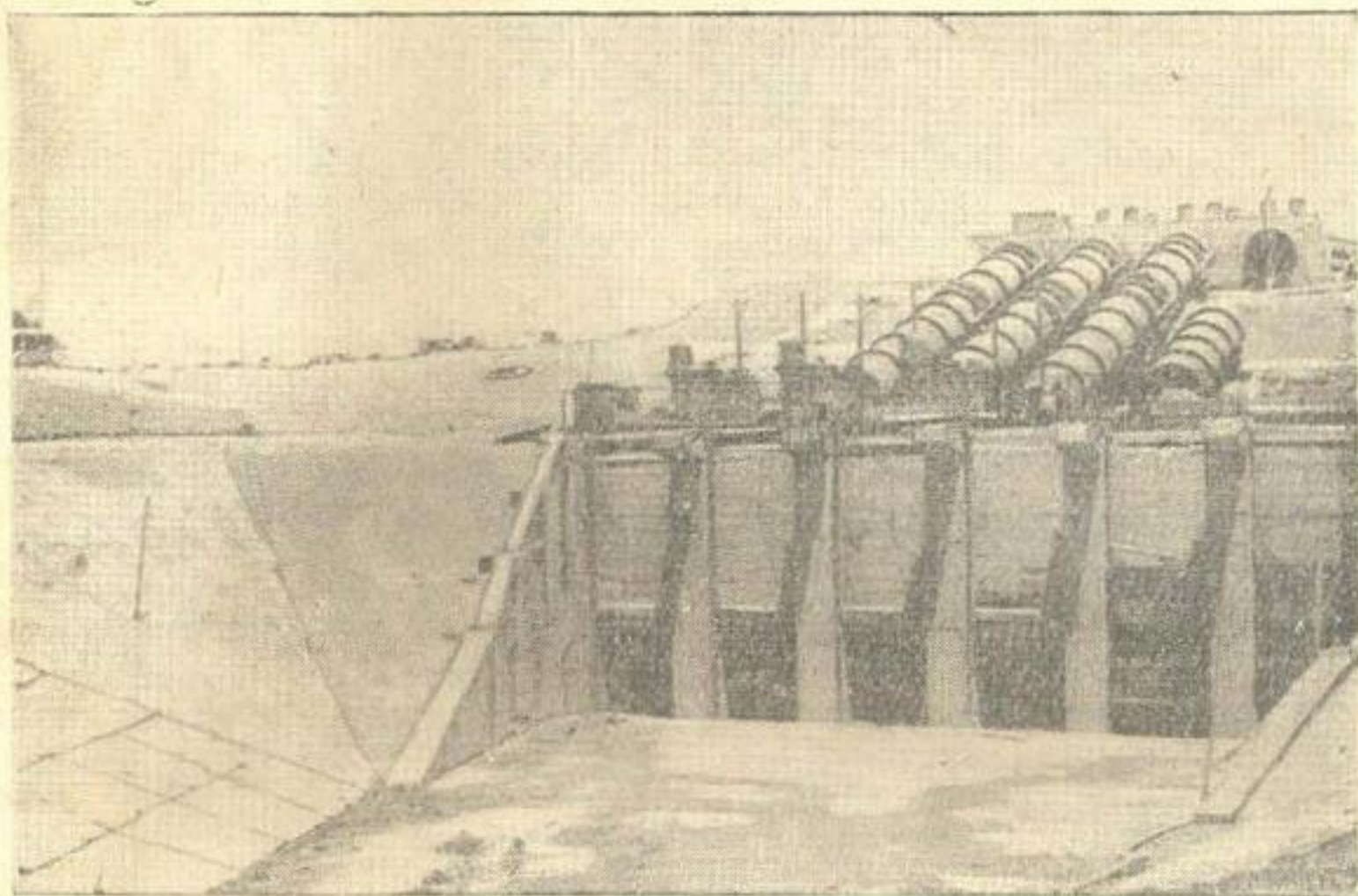


Рис. 5. Мощная семиагрегатная Алатская насосная станция (УзССР) в период пуска в ход первых трех смонтированных агрегатов (10 июня 1962 г.). Закончено строительство только подводной части. Здания станции еще нет (фото Т. У. Мамышева).

Пуск станции или ее отдельных агрегатов приурочивается обычно к началу вегетационных поливов.

УЧЕТ ФАКТОРА ВРЕМЕНИ

После окончания строительства и освоения полной производственной мощности насосной станции дополнительных капиталовложений в нее больше не производится, а ежегодные нормальные издержки эксплуатации станции становятся постоянными.

При этих условиях учет фактора времени может осуществляться только приведением суммы капитальных вложений к моменту окончания срока строительства по формуле сложных процентов [15, стр. 61—65] с учетом экономического эффекта от частичного ввода станции в эксплуатацию за этот период.

Формула (4) в этом случае принимает вид¹:

$$Z_{\text{прив}} = \sum I + \sum_{i=1}^m a_i \cdot K_i + p_n \cdot K_{\text{прив}} = \min, \quad (6)$$

где $K_{\text{прив}}$ — приведенные капиталовложения.

¹ Определение амортизационных отчислений в этой формуле следовало бы производить с учетом убытка от замораживания капиталовложений [15, стр. 55]. Однако на практике этого не делают.

В области энергетики для сравнения вариантов электростанции в аналогичных условиях применяется формула приведенных капиталовложений следующего вида [15, стр. 105, формула 46]:

$$K_{\text{прив}} = \sum_{\tau=1}^{T'_{\text{стр}}} K_{\tau} \cdot \alpha^{T'_{\text{стр}}-\tau} - \sum_{\tau=1}^{T'_{\text{стр}}} (Ц_{\tau} - C_{\tau}) \alpha^{T'_{\text{стр}}-\tau}, \quad (7)$$

где K_{τ} — капиталовложения по годам 1, 2..... τ $T'_{\text{стр}}$;
 $T'_{\text{стр}}$ — наибольшее число лет строительства по сравниваемым вариантам;

$Ц_{\tau}$ и C_{τ} — цены и себестоимости годовой продукции за те же годы;
 $\alpha = 1 + p_n$ — годовой множитель учета.

Данная формула используется и в случае приведения затрат к моменту полного освоения мощности объекта, если этот момент лежит за пределами срока строительства этого объекта.

Особенность оросительных насосных станций в отношении применения к ним этой формулы заключается в том, что, как было сказано выше, их продукция не имеет установленной цены, плата за воду отменена, затраты на орошение хлопчатника входят в число других затрат, определяющих себестоимость конечного продукта — хлопка-сырца. Отсутствие цены на воду означает, что последняя должна учитываться по себестоимости в сумме затрат сельскохозяйственного производства.

В данном случае в уравнении (7) все разности в скобках становятся равными нулю и уравнение принимает вид, в котором положительный факт досрочной частичной эксплуатации крупной насосной станции не имеет отражения:

$$K_{\text{прив}} = \sum_{\tau=1}^{T_{\text{стр}}} K_{\tau} \alpha^{T_{\text{стр}}-\tau}, \quad (8)$$

или

$$K_{\text{прив}} = K + Y, \quad (8a)$$

где $T_{\text{стр}}$ — число лет строительства;

K — сметная стоимость насосной станции;

Y — ущерб от замораживания капиталовложений в период строительства.

Ввод в эксплуатацию отдельных насосных агрегатов до завершения строительства станции уменьшает ущерб от замораживания капиталовложений и этим путем может быть отражен, по нашему мнению, при определении их величины, приведенной к моменту окончания строительства.

Инструкция бывшего Министерства строительства электростанций [10] рекомендует прекращать начисление ущерба от замораживания капиталовложений в строительство гидроэлектростанции с момента пуска в ход первого агрегата. Сходство конструкций ГЭС и ЭНС позволяет в принципе распространить эту рекомендацию и на насосные станции.

В отношении электростанции данную рекомендацию можно считать обоснованной, так как пущенный в ход агрегат начинает давать прибыль от реализации выработанной электроэнергии, которая как-то компенсирует ущерб от замораживания капитала.

Что же касается оросительной насосной станции, которая непосредственно не дает прибыли, более правильным будет учитывать по годам время пуска каждого из агрегатов для пропорционального прекращения начисления ущерба. В данном случае речь идет о крупных насосных станциях.

Таблица 3.

Коэффициенты необходимых капитальных затрат к моменту пуска в ход первого агрегата насосной станции (β_1) и освоения произведенных капитальных затрат в результате пуска (ϵ_1) (по сметно-финансовым расчетам)

Название насосной станции	Число агрегатов Z_0	Полная стоимость объекта по смете K , руб.	$\frac{K}{Z_0}$, руб.	Схема необходимых затрат K_1 , руб.	$\beta_1 = \frac{K_1}{K}$	$\epsilon_1 = \frac{1}{\beta_1 Z_0}$
---------------------------	-----------------------	--	------------------------	---------------------------------------	---------------------------	--------------------------------------

Таджикистан

Дальверзинская I	4	360 430	90 100	179 000	0,476	0,525
Голодноостепская I	6	6 035 600	1 005 900	2 261 000	0,376	0,446
Голодноостепская II	4	2 500 990	625 200	1 463 000	0,586	0,426

Узбекистан

Кызырыкская	6	875 500	146 000	512 000	0,586	0,224
Южная голодно-степская I	6	813 800	135 500	460 000	0,565	0,284
Южная голодно-степская II	5	911 120	182 000	596 000	0,654	0,306
Алатская	5	953 960	190 000	318 000	0,334	0,60
Баяутская	4	775 780	194 000	516 000	0,666	0,378
Хамзинская	8	4 203 220	525 000	2 282 000	0,541	0,232
Куюмазарская	6	3 367 908	561 000	1 985 000	0,589	0,284
На канале им. Ленина	4	988 450	247 100	770 000	0,780	0,32

Чтобы пустить в ход первый агрегат насосной станции, необходимо выполнить значительную часть запланированных земляных и строительно-монтажных работ по каналам и станционному узлу: строительных работ по аванкамере, подводному блоку станции, понижительной подстанции и водовыпускному сооружению; должна быть построена линия электропередачи, смонтирован трансформатор и часть распредустройства; уложена по крайней мере одна нитка напорного трубопровода и смонтирован насосный агрегат с относящимся к нему вспомогательным оборудованием.

Кроме того, к моменту монтажа первого агрегата обычно бывают заказаны все остальные насосные агрегаты. Незавершенными остаются относительно небольшая часть земляных работ, верхнее строение станции, монтаж остальных насосных агрегатов и напорных трубопроводов, автоматика и телемеханика, отделочные работы, работы по благоустройству территории и т. п.

Данные табл. 3, полученные на основании смет для нескольких крупных насосных станций современных типов в Узбекской и Таджикской республиках, показывают, что с пуском первого агрегата приводится в действие сравнительно небольшая часть капитала, вложенного до этого момента в насосную станцию.

Если считать, что полная стоимость насосной станции распределяется поровну между ее агрегатами, то пуск каждого агрегата при-

водит в действие капиталовложения, равные $\frac{K}{Z_0}$, где Z_0 — число агрегатов на станции. Это та величина капиталовложений, на которую должно быть прекращено начисление ущерба от замораживания с момента пуска в ход каждого из агрегатов станции. В то же время фактические капитальные затраты к моменту пуска первого агрегата должны составлять

$$K' \geq \beta_1 K,$$

где β_1 — коэффициент необходимых капиталовложений для пуска первого агрегата (см. табл. 3).

При этом коэффициент освоения капиталовложений в результате пуска первого агрегата может быть представлен в виде выражения

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{\beta_1 Z_0}. \quad (9)$$

Согласно приведенным в таблице данным, указанный коэффициент имеет значения, лежащие в пределах 0,224—0,6. Он снижается с увеличением числа агрегатов станции.

Если будут пущены в ход сразу два или больше агрегатов, то сумма освоенного (приведенного в действие) капитала увеличится пропорционально числу пущенных в ход агрегатов, а необходимые для этого капитальные затраты возрастут в значительно меньшей степени.

Пользуясь той же формулой сложных процентов, можно подсчитать сумму возврата начислений, которая затем будет вычтена из приведенных капиталовложений, найденных по уравнению (8). При этом получим:

$$\begin{aligned} K_{\text{прив}} = \sum_{\tau=1}^{T_{\text{стр}}} K_{\tau} \alpha^{T_{\text{стр}}-\tau} - \frac{K}{Z_0} \sum_{\tau=1}^{T_{\text{стр}}} Z_{\tau} (\alpha^{T_{\text{стр}}-\tau} - 1) = K_1 \alpha^{T_{\text{стр}}-1} + \\ + K_2 \alpha^{T_{\text{стр}}-2} + \dots + K_{\text{стр}} - \frac{K}{Z_0} (Z_1 \alpha^{T_{\text{стр}}-1} + Z_2 \alpha^{T_{\text{стр}}-2} + \dots + \\ + Z_{T_{\text{стр}}-1} \alpha + Z_{T_{\text{стр}}} - Z_0), \end{aligned} \quad (10)$$

где $T_{\text{стр}}$ — число лет строительства;
 $Z_1, Z_2, \dots$ — число агрегатов, вводимых в эксплуатацию по годам, причем в первый год строительства, по всей вероятности, будем иметь $Z_1 = 0$, а за весь срок строительства —

$$\sum_{\tau=1}^{T_{\text{стр}}} Z_{\tau} = Z_0.$$

Уравнения (3б), (4), (6) и (10) должны служить основой экономического сравнения вариантов машинного водоподъема для орошения крупных массивов.

Для сроков строительства в два — три года уравнение (10) значительно упрощается. Так, при сроке строительства насосной станции в три года и условии, что пуск первой очереди смонтированных агрегатов производится через год после начала работ ($Z_1 = 0$) уравнение (10) принимает следующий вид:

$$K_{\text{прив}} = K_1 \alpha^2 + K_2 \alpha + K_3 - \frac{K}{Z_0} (Z_2 \alpha + Z_3 - Z_0). \quad (10a)$$

В случае строительства насосной станции за два года при условии, что пуск насосных агрегатов первой очереди осуществляется в течение первого года строительства, уравнение (10) дает

$$K_{\text{прив}} = K_1 \alpha + K_2 - \frac{K}{Z_0} (Z_1 \alpha + Z_2 - Z_0). \quad (10б)$$

Чтобы охарактеризовать влияние фактора времени, допустим, что в первом случае насосная станция имеет шесть агрегатов, из которых в первую очередь пускаются в ход два ($Z_0 = 6$; $Z_2 = 2$ и $Z_3 = 4$). Пусть капиталовложения по годам составляют 40% в первый год и 30 — во второй. При подстановке этих величин в уравнение (10a) получаем:

$$K_{\text{прив}} = K \left[0,4 \cdot 1,17^2 + 0,3 \cdot 1,17 + 0,3 - \frac{1}{6} (2 \cdot 1,17 + 4 - 6) \right] = \\ = K(1,2 - 0,06) = 1,14 \cdot K.$$

Поправку такой величины стоит учитывать при экономических расчетах¹.

Сокращение сроков строительства и освоения производственной мощности насосных станций машинного орошения, помимо уменьшения ущерба от замораживания капиталовложений, имеет большое значение и для развития всего орошаемого хозяйства. На орошаемых объектах с малыми высотами подъема воды (до 10 м) в УзССР практикуется установка временных батарей горизонтальных пропеллерных насосов конструкции ИВПиГ (б. САНИИРИ) с целью начать сельскохозяйственное освоение орошаемого массива, как только проведенное на нем ирригационное строительство и планировочные работы позволят начать подачу воды. Например, нижняя зона Баяутского массива в УзССР в 1954 г. орошалась с помощью такой временной насосной установки. Сначала было смонтировано 10 агрегатов общей производительностью до 2,5 м³/сек, затем по мере роста орошаемых земель число агрегатов к моменту пуска в ход капитальной электрифицированной насосной станции (рис. 6 и 7) было увеличено до 27.

Во время строительства крупных Алатской и Каракульской насосных станций с малыми высотами подъема воды также были смонтированы такие же многоагрегатные временные установки, позволившие производить поливы, не дожидаясь окончания строительства основных насосных станций.

Во время строительства крупной насосной станции № 1 в Таджикской части Голодной степи была смонтирована временная одноагрегатная установка с насосом 24 НДс и электродвигателем, поднимавшая воду на высоту около 45 м.

Временные насосные установки рассматриваемого типа монтируются очень быстро, в течение нескольких недель, и не требуют больших дополнительных затрат на строительство. Ускоряя начало развития орошаемого хозяйства, они приносят ему пользу. Однако пуск в ход временной насосной установки нельзя отождествлять с пуском первого агрегата основной насосной станции.

¹ Допустимая неточность технико-экономических расчетов на стадии сравнения вариантов проекта составляет 7—10%.

Роль временной насосной установки в строительстве основной насосной станции заключается в том, что заранее начав поливы, она подготавливает орошаемый массив к приему воды от основной станции



Рис. 6. Мощная четырехагрегатная Баяутская насосная станция (см. рис. 1). Виден напорный трубопровод первой ступени водоподачи (29 июня 1958 г.).

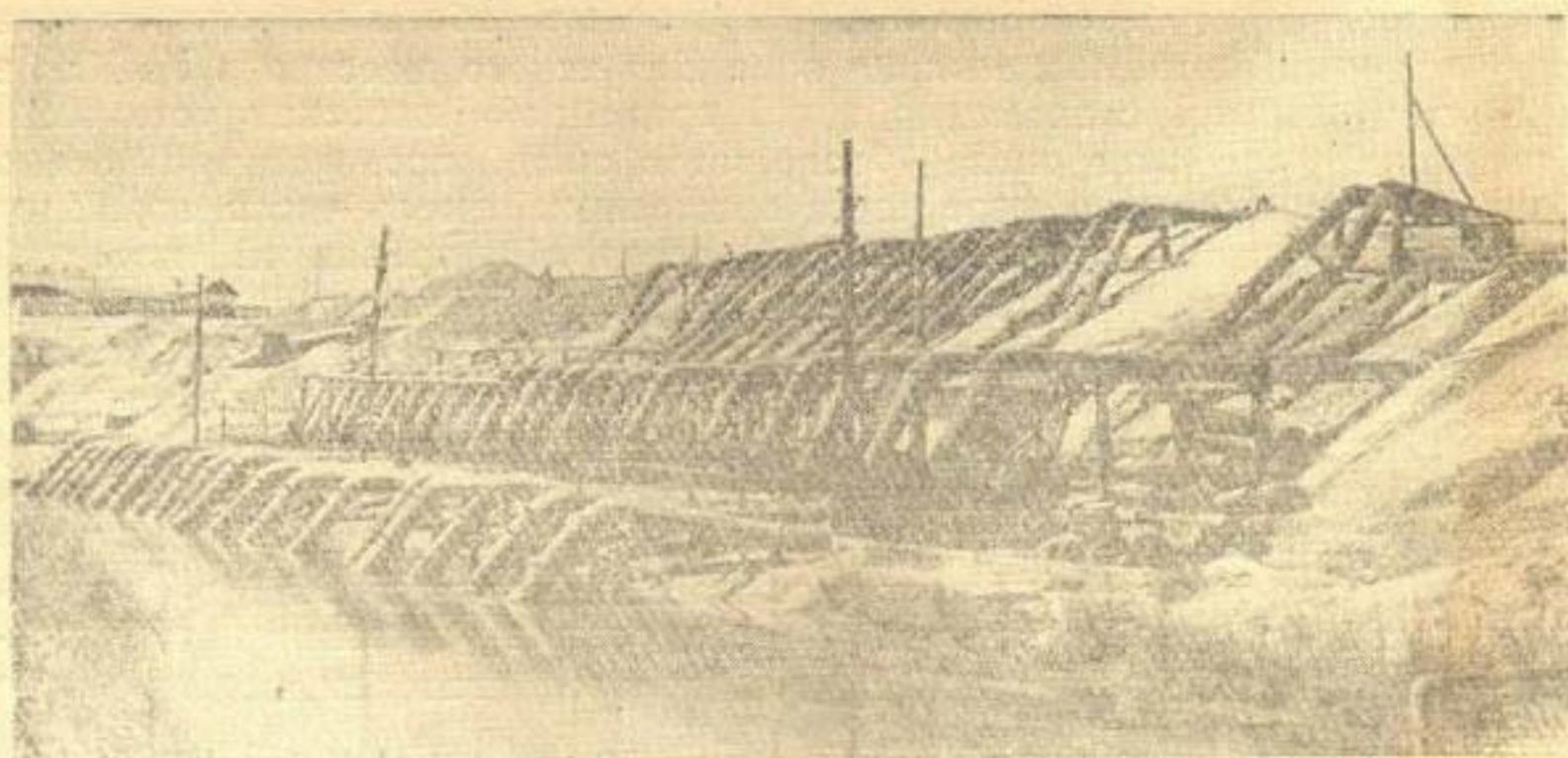


Рис. 7. Временная батарейная насосная установка с насосами ПГ-35×2 и дизелями КДМ-46 на подводящем канале строящейся Баяутской насосной станции (29 июня 1958 г.).

и тем самым способствует сокращению срока освоения ее производственной мощности. В принципе она позволяет ликвидировать разрыв между изменяющимся «спросом» на воду и ее «предложением» в период строительства системы машинного орошения, а также несколько

оттянуть начало строительства насосной станции с целью строить ее быстрыми темпами, что повысит эффективность капиталовложений.

После демонтажа временной установки ее машинное оборудование используется в другом месте и, следовательно, стоимость оборудования с учетом амортизации может быть отнесена к возвратным суммам.

О РАСЧЕТНОЙ СТОИМОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Плата за электроэнергию — главная статья эксплуатационных издержек оросительных насосных станций. Поэтому, согласно методическим указаниям ГНТК СССР [7], для экономического сравнения вариантов проекта электромашиного орошения следует оценивать электроэнергию по себестоимости производства ее в данной энергосистеме с учетом перспективы развития последней. В расчетной стоимости электроэнергии должны учитываться также энергетическая характеристика оросительных насосных станций, как энергоемких сезонных потребителей, и расходы на передачу энергии по сетям. Потери энергии в сетях суммируются с полезным ее расходом.

Одновременно в сумму расчетных годовых затрат на машинный водоподъем (уравнение 6 или 4) должно быть включено дополнительное слагаемое, учитывающее смежные капиталовложения в энергосистему, соответствующие части ее установленной мощности, отвлекаемой на нужды машинного орошения ($p_n K_{cm}$)¹. Вопросы определения себестоимости электроэнергии рассматриваются в работах [7, 10, 15, 21].

Расчеты себестоимости электроэнергии включают факторы, относящиеся к энергосистеме, правильный учет которых представляет затруднения для инженера, проектирующего машинное орошение. По аналогичному поводу Л. А. Вааг и С. Н. Захаров пишут [15, стр. 137], что «...корректировка цен, проводимая сейчас на практике, совершенно не решает коренных проблем, связанных с повышением точности экономических расчетов. Во-первых, она игнорирует условия дефицитности; во-вторых, она производится неквалифицированно...».

Как известно, использование цены, учитывающей дефицитность продукции, позволяет должным образом отразить в экономических расчетах все народнохозяйственные связи и взаимозависимости. Если продукция не дефицитна, то цена на нее должна соответствовать цене производства этой продукции в данном районе. Этому условию удовлетворяют возможности выработки электроэнергии в республиках Средней Азии в ближайшем будущем.

Фактические себестоимости электроэнергии на шинах электростанций в энергосистемах Средней Азии различаются между собой более чем в 20 раз в зависимости от типа электростанции, ее мощности и некоторых других причин. Средневзвешенная величина себестоимости электроэнергии в энергосистеме не остается постоянной, а непрерывно меняется из года в год и в течение каждого года в зависимости от соотношения между действующими тепловыми и гидроэлектрическими станциями. Летом средневзвешенная себестоимость электроэнергии получается ниже, чем зимой.

Расчетную перспективную стоимость электроэнергии для проектирования машинных оросительных систем и насосных станций должен задавать Госплан или энергосистема и при этом не требовать учета

¹ При расчетах по преysкурantным ценам смежные капиталовложения учитывать не следует [7, § 5].

смежных капиталовложений или тоже задавать их удельную величину. Только таким путем может быть повышена сравнимость энергоэкономических расчетов в электромашинном орошении.

В настоящее время установки электромашинного орошения в отношении тарифа на электроэнергию приравниваются к промышленным предприятиям или сельскохозяйственным государственным потребителям, для которых установлены соответственно двухставочные и одноставочные тарифы в системах Узбек- и Таджикэнерго.

В 1962 г. тарифы подвергались частичному изменению. Госпланом СССР было намечено ввести с 1964 г. специальный льготный тариф для электромашинного орошения. Возможно, что этот льготный тариф будет связан с летним периодом максимума выработки электроэнергии гидроэлектростанциями.

По нашему мнению, льготный тариф должен охватывать весь производственный цикл машинного орошения, включая не только летние вегетационные, но и зимние промывочные и влагозарядковые поливы. Иначе сезонный тариф будет способствовать искажению режима орошения хлопчатника, чего нельзя допускать. Выше не раз отмечалось, что электромашинное орошение служит в первую очередь хлопководству, и лишь с этой позиции машинное орошение может рассматриваться как энергоемкий потребитель сезонной энергии.

При этом условии намеченный льготный тариф для машинного орошения можно будет рассматривать как стоимость электроэнергии для сравнения вариантов в проектах машинного водоподъема.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кукель-Краевский С. А. Электроэнергетическая система, М.—Л., ГЭИ, 1938.
2. Кукель-Краевский С. А. «Электричество», 1940, № 8.
3. Губин Ф. Ф. «ГТС», 1945, № 1—2.
4. Губин Ф. Ф. Гидроэлектрические станции, М.—Л., ГЭИ, 1949.
5. Временная типовая методика определения эффективности внедрения техники, М., 1956.
6. Всесоюзная научно-техническая конференция по проблемам определения экономической эффективности капитальных вложений и новой техники в народном хозяйстве СССР, «Вопросы экономики», 1959, № 9.
7. Основные методические положения технико-экономических расчетов в энергетике, М., Металлургиздат, 1959.
8. Зулик Д. Т. Экономика водного хозяйства, М., Сельхозгиз, 1959.
9. Типовая методика определения экономической эффективности капитальных вложений и новой техники в народном хозяйстве СССР, М., Госпланиздат, 1960.
10. Методика определения экономической эффективности гидроэлектростанций, М., ГЭИ, 1961.
11. Митрофанова Н. «Московский рабочий», 1961.
12. Указания по методике определения экономической эффективности капитальных вложений и новой техники в мелиорации, М., ВНИИГиМ, 1961.
13. Конспект докладов и выступлений на пленуме по обсуждению проекта «Методики распределения затрат между отраслями водно-энергетических комплексов», Л., 1962.
14. Методика определения экономической эффективности внедрения новой техники, механизации и автоматизации производственных процессов в промышленности, М., АН СССР, 1962.
15. Ваг Л. А. и Захаров С. Н. Методы экономической оценки в энергетике, М.—Л., ГЭИ, 1962.
16. Методика определения экономической эффективности капитальных вложений для развития орошения и осушения сельскохозяйственных земель (К совещанию по использованию водных ресурсов для развития сельского хозяйства), М., Гипроводхоз МСХ СССР, 1962.
17. Семенов А. А. Методические вопросы определения эффективности водохозяйственных комплексов, ЭНИН им. Г. М. Кржижановского, М., 1962.

18. Амортизация и сроки службы сооружений, Изд. НИХИ, Ташкент, 1931.
 19. Баранов В. А. К вопросу об эффективности насосных станций машинного орошения, «Вопросы гидротехники», вып. 15, Ташкент, АН УзССР, 1963.
 20. Баранов В. А. Некоторые вопросы проектирования систем зонального машинного орошения, «Вопросы гидротехники», вып. 5, Ташкент, АН УзССР, 1962.
 21. Аврух А. Я. Себестоимость электрической и тепловой энергии, М.—Л., Госэнергоиздат, 1959.
 22. Ляцкий М. И. Определение числа пиков и экономического диаметра напорных водоводов насосных станций, Научные записки МИИВХ, т. XX, М., Сельхозгиз, 1958.
-

С. А. ПОЛИНОВ

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОНАСОСНОГО ОРОШЕНИЯ¹

Определяющим фактором в энергоэкономике систем электронасосного орошения (ЭНО) является календарно-гарантированная сезонность загрузки (1500—3000 час. в год по расчетному максимуму) водопроводящих сооружений, вытекающая из естества процесса и режима орошения. Такая сезонность обуславливает большие расчетные мощности систем и энергоисточника. В то же время известная энергоемкость потребления системы ЭНО ввиду больших высот водоподъема (на малые командные высоты орошения возможен и экономичен самотечный вывод воды от источника орошения) предопределяет требование в отношении получения дешевой электроэнергии, что часто находится в противоречии с гарантированной сезонностью выработки энергии. Это противоречие исходит из того, что электрические станции (ЭС) представляют собой наиболее типичные предприятия, характеризующиеся высоким составом основных фондов, и степень их загрузки оказывает решающее влияние на стоимость вырабатываемой электроэнергии.

В связи с изложенным выше при изыскании путей уменьшения потребной мощности, уплотнения режима работы систем и приспособления к режиму выработки электроэнергии определились следующие направления.

Регулирование режима выработки электроэнергии по режиму энергопотребления ЭНО. В данном направлении наиболее эффективным решением является использование летней сезонной энергии гидроэлектростанций (ГЭС), определяемое прежде всего неразрывностью связи гидроэнергетики и ирригации в совместном использовании водных ресурсов, особенно в условиях среднеазиатского водохозяйственного комплекса.

Среднеазиатский район СССР — ведущий район интенсивного поливного земледелия и район развития гидроэнергетики. Ирригация, исторически предшествовавшая гидроэнергетике, является основой гидроэнергетики, которая получила свое первоначальное развитие на базе гидротехнического освоения ирригацией водотоков системой плотин, водозаборных узлов, каналов и т. д.

Единство использования водных ресурсов и сооружений предопределяет высокую эффективность комплексного развития гидроэнергетики и ирригации, особенно высокую эффективность комплекса при развитии электронасосного орошения.

¹ В статье рассматриваются некоторые энергоэкономические задачи, которые могут возникнуть при проектировании систем электронасосного орошения.

Поскольку в совместном использовании водных ресурсов доминирующая роль принадлежит ирригации, режим работы ГЭС ставится в принципиальную зависимость от ирригационного режима, резко переменного и сезонно-летнего.

Режим выработки сезонной энергии (как известно, дешевой, определяемой стоимостью установки дополнительного киловатт) не отвечает требованиям непрерывного процесса производства в течение года. При утилизации сезонную энергию следует комбинировать с энергией других станций, или, если это допустимо, регулировать режим потребителя, что связано с соответствующими дополнительными затратами.

Развитие ЭНО обуславливает использование дешевой летней энергии в чистом виде, т. е. при совпадающем режиме выработки с потреблением без дополнительных затрат, что стимулирует развитие гидроэнергетики [3].

В случае необходимости подрегулирования режима выработки ГЭС требуются незначительные регулирующие объемы, что не меняет сущности получения дешевой сезонной энергии на ГЭС применительно к ЭНО.

Планово-высотное зонирование орошаемой территории. Крупный массив земель орошения располагается в различном высотном положении. Подъем воды на высшую командную точку массива одной ступенью определяет максимум рабочей мощности и потребления электроэнергии ЭНО.

Переход к ступенчатой схеме насосных станций с выделением планово-высотных зон орошения ведет к уменьшению расхода водоподачи с увеличением высоты качания, а следовательно, к уменьшению рабочей мощности и потребления электроэнергии.

С дроблением-каскадированием насосных станций затраты на установленный киловатт мощности увеличиваются. При этом, хотя и суммарная мощность каскада насосных станций уменьшается, более интенсивный рост затрат на 1 кВт мощности может дать превышение единовременных затрат по каскадному варианту в сравнении с одноступенчатым.

Оптимальное каскадирование можно установить методом вариантов на основе энергоэкономических расчетов. Заметим, что экономически оптимальным вариантом в большинстве случаев является вариант каскадирования [2, 4, 10].

Регулирование режима водоподачи систем ЭНО достигается благодаря устройству на командных отметках систем буферных аккумулирующих водохранилищ, позволяющих прерывать жесткость связи между режимом водоподачи и режимом орошения. При этом создается некоторая свобода выбора режима работы электронасосной системы, если исходить из режимных энергоэкономических особенностей водоем и энергоисточника. ЭНО в данном случае можно представить как регулируемый энергопотребитель и как потребитель-регулятор энергосистемы.

1. ЭНО — регулируемый потребитель. Ранее отмечалось, что электронасосные системы, так же как и электрические станции, характеризуются высоким составом основных фондов. Однако при числе часов загрузки установленной мощности в 1500—3000 час. в году естественно, что использование основных фондов как системы ЭНО, так и энергоисточника является далеко неполным. Регулирование же водо-энергопотребления ЭНО на более выравненный график позволяет снизить рабочую мощность насосных и электрических станций и размеры водоем и энергопроводящих сооружений. Чем глубже регулирование на более

выравненный график в течение года, тем лучше используются основные фонды, как системы ЭНО, так и энергоисточника. Но различная структура основных фондов и состав ежегодных издержек у ТЭС и ГЭС различно влияют на глубину регулирования.

Так, при энергоснабжении ЭНО от ТЭС эффективно более глубокое регулирование в пределе на постоянную отдачу энергии ТЭС в течение года, так как снижение мощности на каждый следующий киловатт у ТЭС ввиду незначительной величины капиталовложений, не зависящих от мощности, сопровождается почти пропорциональным снижением основных фондов.

Для ГЭС, особенно приплотинных, не зависящие от мощности капиталовложения зачастую представляют значительную величину. Поэтому регулирование на более выравненный режим в этом случае связано с незначительным снижением основных фондов.

Стоимость энергии, потребляемой ЭНО, в вариантах ТЭС и ГЭС с увеличением глубины регулирования снижается; в случае ГЭС она снижается только до определенного предела — до захвата зоны круглогодовой обеспеченной мощности. С переходом же в обеспеченную зону стоимость энергии, вырабатываемой ГЭС, резко повышается. Необходимо учитывать также и то, что введение в систему ЭНО аккумулирующего водохранилища связано как с дополнительными единовременными и ежегодными затратами по строительству и эксплуатации, так и с дополнительным потреблением электроэнергии за счет потерь воды из водохранилища на фильтрацию и испарение и приращения высоты водоподъема на величину высоты призмы регулирования.

2. ЭНО — потребитель-регулятор. Это направление в регулировании режима ЭНО обычно характерно для высоконапорных систем. Особенности ЭНО как потребителя-регулятора выявляются при сравнении с обычными промышленными потребителями-регуляторами [5, 16].

Промышленные потребители-регуляторы — это энергоемкие производства, допускающие изменение своего режима производства, согласованного с режимом выработки электроэнергии. Экономическая сущность потребителей-регуляторов заключается в том, что сам факт потребления в большом количестве электроэнергии и доминирующая роль ее стоимости в общей стоимости производимой продукции заставляет этих потребителей предъявлять большое требование в отношении дешевизны электроэнергии. Для получения такой электроэнергии целесообразно работу потребителя планировать в соответствии с имеющейся свободной энергией (дешевой свободной энергией ГЭС или свободной мощностью тепловых электростанций).

В связи с рассмотренным для промышленных потребителей-регуляторов характерно, с одной стороны, снижение или полное исключение требований на гарантированную генерирующую мощность, с другой — повышение нагрузочной мощности, а следовательно, и удельных капиталовложений на единицу продукции. Для производства заданного количества продукции при работе электроемкого предприятия в режиме неравномерной загрузки приходится проектировать электроемкое предприятие большей мощности, чем при постоянной загрузке. Поэтому одно из основных условий перевода потребителя в режим регулятора — его малые удельные капиталовложения на единицу установленной мощности.

Однако для перевода ЭНО в режим потребителя-регулятора наличие данного условия не обязательно ввиду того, что календарно-гарантированный режим потребления электроэнергии ЭНО по режиму орошения имеет число часов загрузки установленной мощности по максимуму часто меньше числа часов использования в году мощности

ГЭС по водотоку или свободной тепловой мощности энергосистемы как в сезонном, так и в суточном разрезе.

Вследствие этого переход ЭНО в режим потребителя-регулятора сопровождается уменьшением до определенного предела как удельных капиталовложений на 1 га орошаемых земель, так и затрат на 1 квт·ч вырабатываемой энергии ЭС. Отмеченное в большей степени относится к суточным, в меньшей — сезонным потребителям-регуляторам ЭНО.

Выявлена и другая особенность ЭНО как потребителя-регулятора. Потребители-регуляторы своим существованием обязаны наличию дешевой сезонной энергии ГЭС или свободной мощности ТЭС, незагруженной по режиму технологии других предприятий или резервируемой на случай аварии. Величина этой энергии подвержена случайности. В один период ее больше, в другой — меньше. Обычные потребители-регуляторы, резервируя продукцию в один из периодов, покрывают тем самым дефицит в другой период, сохраняя заданный объем продукции по годам.

В ЭНО многолетнее резервирование принципиально возможно, но практически почти неосуществимо, так как применение его связано со значительными осложнениями:

а) с дополнительными строительными затратами по водохранилищу при неэффективном их использовании ввиду не ежегодной, а продолжительной оборачиваемости многолетнего резервируемого объема воды, что значительно увеличивает стоимость оросительной воды;

б) дополнительными потерями воды из водохранилища и дополнительным увеличением высоты подъема сверх высоты призмы ежегодного регулирования, что повышает потребление электроэнергии и установленную мощность как насосной станции, так и энергоисточника. Потери на испарение в зонах искусственного орошения велики. При многолетнем резервировании с увеличением потребной емкости увеличивается испаряющая поверхность, что определяет относительно большие общие потери на 1 м³ емкости.

По естественнотопографическим и гидрогеологическим условиям не всегда можно создать необходимую емкость на требуемой отметке.

Многолетнее резервирование воды вызывает изменение ее химического состава, т. е. ухудшение ее оросительных качеств.

Таким образом, в отличие от обычных потребителей-регуляторов, которые допускают использование ежегодной негарантированной величины электроэнергии, ЭНО как потребитель-регулятор для обеспечения ежегодного объема водоподдачи требует ежегодно гарантированной величины электроэнергии.

Использование систем ЭНО для аккумуляирования энергии определяется возможностями аккумуляирования электроэнергии по линии ирригации в водоподъемных оросительных системах ЭНО с верховыми водохранилищами.

Насосная станция (НС) в летний период по режиму орошения загружена только 1500—3000 час. в год по максимуму ее установленной мощности. В остальные периоды насосная мощность свободна. В случае применения обратимых машин или специальных турбинных агрегатов, в некоторых случаях и низового водохранилища в период свободной насосной мощности ЭНО, установку можно использовать как элемент энергосистемы в виде насосно-аккумулирующей электрической станции (НАЭС).

Известно, что НАЭС перераспределяет энергию во времени путем насосного аккумуляирования сезонных или суточных избытков энергии, имеющих по тем или иным причинам в энергосистеме в виде объема

воды на высоких отметках, а затем сбросом этой запасенной воды через генерирующую часть НАЭС, покрывая сезонный или суточный дефицит энергии в системе за требуемый период времени.

Отличие совмещенных ирригационных НАЭС от «чистых» заключается в том, что для «чистых» НАЭС энергетический эффект вытеснения генерирующей мощности энергосистемы определяется лишь величиной их установленной мощности в турбинном режиме. Для совмещенных же ирригационных НАЭС при переводе НС с нагрузочного режима на режим суточного потребителя-регулятора возможно вытеснение генерирующей мощности величиной, равной сумме турбинной и, частично, насосной мощности. Это достигается за счет невхождения насосной нагрузочной мощности в некоторые (дефицитные) периоды в пик нагрузки энергосистемы.

Обычно зимний пик нагрузки превышает летний. В этом случае возможный энергетический эффект вытеснения установленной генерирующей мощности ввиду невхождения ирригационной нагрузки в пик в летний период может не наблюдаться. Однако при определенной структуре энергосистемы и характере годовой кривой хода суточных максимумов нагрузки этот эффект может быть реализован наиболее полно, если летний пик нагрузки превышает зимний, что свойственно районам интенсивного поливного земледелия вследствие наличия регулируемой ирригационной нагрузки ЭНО.

Следовательно, совмещенные ирригационные НАЭС экономически эффективны, так как при уже выполненном составе гидротехнических сооружений и насосной мощности они требуют затрат лишь по турбинной части и водохранилищам. В чисто насосно-аккумулирующей схеме необходим полный состав гидротехнических сооружений и электромеханического оборудования [7].

В части затрат по водохранилищам на энергетику можно заметить, что верхнее наливное водохранилище используется комплексно, следовательно и затраты могут быть отнесены на энергетику и ирригацию. Нижнее же водохранилище, необходимое для поддержания равномерной работы подводящего канала к НС, может отсутствовать, например, в случае проречных НС с русловой аккумулялирующей способностью реки, достаточной для сглаживания суточной неравномерности энергетического сброса.

Насосная мощность НС используется полностью по этапам: в летний период — в режиме нагрузочного суточного потребителя-регулятора и НАЭС, зимний — в режиме суточно-зимней НАЭС.

Возможно и несколько иное аккумулялирование электроэнергии по линии использования водных энергоресурсов при наличии водоподъемных оросительных систем ЭНО. А именно, приведение режима реки к режиму орошения, что является необходимым условием гарантированного водообеспечения орошаемых земель при все усиливающейся степени использования водных ресурсов с ростом орошаемых площадей и требует строительства ирригационных регулирующих водохранилищ. В случае наличия системы регулирующих водохранилищ, условно двух, верхового, низового и каскада ГЭС между ними, часть орошаемых площадей, расположенных выше низового водохранилища, может быть отнесена на питание водой из него посредством насосной подачи. При этом часть стока, необходимая для питания этих площадей, может быть задержана в верховом водохранилище до зимнего полугодия и сброшена через каскад ГЭС в период дефицита энергии в системе, как в суточном, так и в сезонном разрезе. Эффективность такой схемы выражается отношением используемого каскадом ГЭС перепада реки к высоте электронасосного водоподъема и в качественной и количествен-

ной стороне используемой энергии при получении ее в наиболее дефицитный период, особенно в суточном разрезе.

Качественный анализ путей повышения энергоэкономической эффективности систем электронасосного орошения позволяет заключить, что оптимальное решение поставленных задач может быть найдено при комплексной взаимосвязи технико-экономических показателей системы ЭНО и энергоисточника. Однако в определенных условиях результаты некоторых решений можно заранее предопределить. Так, при значительной капиталоемкости энергетической и гидротехнической части систем ЭНО (свойственной низконапорным водоподъемным системам) эффективно регулирование на снижение мощности с уплотнением режима работы всех зависимых от регулирования элементов комплекса. При глубоком регулировании режима энергопотребления ЭНО на выравненный график в течение года наилучшим решением является энергоснабжение от КЭС. ЭНО в этом случае выступает как регулируемый потребитель, требующий гарантированной генерирующей мощности. При высоконапорных водоподъемных системах ЭНО, характеризующихся малыми удельными капиталовложениями на 1 кВт мощности, целесообразно использовать системы в качестве потребителей-регуляторов энергосистемы (гарантированных по энергии) с совмещением функций суточных НАЭС (при определенных условиях). Эффективность данного способа заключается в частичном или полном исключении требований на гарантированную генерирующую мощность, в использовании наиболее дешевых видов энергии — сезонной энергии ГЭС или энергии суточных провалов нагрузки энергосистемы, что в свою очередь связано с уплотнением режима работы энергосистемы и повышением отдачи ее установленной мощности вследствие снижения непроизводительных режимных потерь энергоресурса. В режиме работы суточной НАЭС (установкой обратимого оборудования на НС) возможно вытеснение генерирующей мощности энергосистемы (в пределе до суммы насосной и турбинной мощностей) при дополнительных затратах на обратимость, не превышающих 20% [7] от стоимости установленного киловатта мощности НС.

При невозможности регулирования режима водоподдачи (отсутствие внутрисистемных командных водохранилищ) наиболее эффективным решением является использование энергии ГЭС, в особенности сезонной энергии. Нерегулируемый режим водоподдачи является общим режимным направлением для электронасосных ирригационно-мелиоративных систем. Развитие ЭНО стимулирует развитие гидроэнергетики, что является экономически закономерным в случае наличия двойной связи (водной и электрической) при комплексном ирригационно-энергетическом использовании водных ресурсов.

Для приближения эксплуатационных условий работы ЭНО к оптимальным расчетным необходимо отметить следующее положение в отношении тарифа на электроэнергию применительно к ЭНО. Существующий двухставочный тариф (на установленную мощность и потребляемую электроэнергию), назначение которого — содействовать равномерному использованию оборудования и электроэнергии в течение года, не отвечает существу ЭНО — естественного сезонно-летнего энергопотребителя. Поэтому при разработке тарифа для ЭНО необходимо учитывать его естественные большие удельные мощности и потребленные им наиболее дешевые виды электроэнергии: сезонную энергию ГЭС, энергию суточных и сезонных провалов в графике нагрузки энергосистемы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Болтов В. В., Фельдман М. П. Использование сезонной мощности и сезонной энергии гидроэлектрических станций, «Изв. энергетического Института АН СССР», т. II, 1934.
 2. Войнич-Сяноженцкий Г. П. О некоторых вопросах методики проектирования машинного орошения в условиях Грузинской ССР, Труды ГрузНИИГиМ, вып. 4 (17), Тбилиси, 1956.
 3. Кикодзе Б. И. Проблема использования периодической энергии электрических станций, М., Энергоиздат, 1933.
 4. Костяков А. Н. Основы мелиорации, М., Сельхозгиз, 1951.
 5. Кукель-Краевский С. А. Техничко-экономические основы планирования потребителей-регуляторов нагрузки, «Изв. энергетического института АН СССР», т. III, 1935.
 6. Оранский И. Н. К вопросу о выборе оптимальных условий энергоснабжения промышленных потребителей от гидроэлектростанций на незарегулированном стоке, Труды Института энергетики, вып. 9, Ташкент, АН УзССР, 1956.
 7. Подольский Е. М. Использование ирригационных насосных станций в качестве потребителей-регуляторов и аккумулирующих электростанций. В сб. «Высокоманевренные электростанции и насосное аккумулирование», М., 1959.
 8. Полинов С. А. Основные энергоэкономические принципы электронасосного орошения, «Изв. АН УзССР», сер. техн. наук, № 5, 1959.
 9. Полинов С. А. Энергоэкономические расчеты сезонного режима электронасосного орошения, «Изв. АН УзССР», сер. техн. наук, № 5, 1960.
 10. Юльчиев С. Ю. К методике энергоэкономического проектирования зонального электромашинного водоподъема для орошения, «Изв. АН УзССР», сер. техн. наук, № 6, 1959.
-

А. П. ОРЛОВА

О ПЕРСПЕКТИВЕ РАЗВИТИЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ В УЗБЕКСКОЙ ССР И О МЕРОПРИЯТИЯХ ПО ОХРАНЕ НЕКОТОРЫХ ВОДОТОКОВ

Вопросы водоснабжения всех отраслей промышленности и сельского хозяйства Узбекской республики имеют особо важное значение. Узбекская республика, являясь основной хлопковой базой Советского Союза, производит свыше 75% всего хлопка-сырца. Кроме того, здесь имеются богатейшие залежи таких природных ископаемых, как цветные руды, фосфаты, угли, нефти, каолиновые глины и др. Наличие достаточных запасов потенциальной энергии воды и газа создает в республике благоприятные условия для развития цветной металлургии, газовой, нефтяной, угольной, алюминиевой и химической промышленности.

Однако водные ресурсы Узбекистана, складывающиеся главным образом из стока двух крупных бассейнов рек Аму-Дарьи и Сыр-Дарьи, ограничены и составляют (по году 50% обеспеченности) всего $118,9 \text{ км}^3$ в год. Из них на долю бассейна р. Сыр-Дарьи приходится $45,7 \text{ км}^3$, в том числе $32,4 \text{ км}^3$ — поверхностный сток и $13,3 \text{ км}^3$ — дополнительные воды; водные ресурсы бассейна Аму-Дарьи исчисляются в $73,2 \text{ км}^3$, из них поверхностный сток — $71,6 \text{ км}^3$, дополнительные воды — $1,6 \text{ км}^3$.

Сток рек бассейна Аму-Дарьи включает сток Аму-Дарьи в створе Керки, равный $61,7 \text{ км}^3$, Кашкадарьи — 13, Зеравшана — 6,5, Сурхандарьи — $4,3 \text{ км}^3$ и др.

В Институте водных проблем и гидротехники АН УзССР в отделе водоснабжения и охраны водных источников сделаны в целом по Узбекистану предварительные расчеты водопотребления и сбросов на бытовые и промышленные нужды. Расчеты выполнялись с учетом развития промышленности и градостроительства к 1970 г.

Бытовое водопотребление и сбросы определяли в соответствии с укрупненными нормами МКХ РСФСР, исходя из среднеазиатских условий процент сбросов принимали равным 80. Население по городам и поселкам городского типа подсчитывали на основании данных Всесоюзной переписи и учета естественного прироста, а также перспективы развития градостроительства. По нашим расчетам сбросы должны возрасти с 5,0 до $26,2 \text{ м}^3/\text{сек}$, т. е. водопотребление увеличится почти в пять раз.

Особое внимание мы уделяли анализу водопотребления, рассчитываемого по различным отраслям промышленности: цветной металлургии, химической, машиностроительной, угольной, строительной индустрии и др.

Определение величины промышленного водопотребления и сбросов было выполнено с учетом развития промышленности, на основании материалов планирующих организаций, научно-исследовательских институтов АН УзССР (энергетики, водных проблем и гидротехники), СОПСа и других организаций.

Водопотребление, потери и сбросы рассчитывались по анализам схем макетов водоснабжения, составленным в специализированных проектных и научно-исследовательских институтах. На крупных объектах пользовались оборотными схемами водопотребления. При определении водопотребления на единицу продукции за основу принимали «Укрупненные нормы водопотребления промышленности, применяемые при составлении генеральной схемы комплексного использования водных ресурсов СССР» за 1961 г.

Таблица 1

Водопотребление по различным отраслям промышленности, $\text{м}^3/\text{сек}$

Отрасль промышленности	В настоящее время			К 1970 г.		
	суммарное	потери	сброс	суммарное	потери	сброс
Угольная	0,40	0,266	0,134	1,11	0,71	0,40
Машиностроение	0,50	0,075	0,425	1,5	0,23	1,27
Стройматериалы	0,28	0,197	0,083	7,53	1,26	6,27
Энергетика	0,80	0,80	—	1,80	1,30	0,50
Железнодорожный транспорт	0,03	0,02	0,01	1,65	1,63	0,02
Итого	7,9	2,257	5,633	64,00	20,63	43,17

В результате подсчетов промышленного водопотребления мы смогли рассчитать сбросы и потери по отраслям промышленности УзССР (табл. 1).

Суммарный сброс хозяйственно-питьевых и промышленных стоков к 1980 г. достигнет $97,7 \text{ м}^3/\text{сек}$ и $3,04 \text{ км}^3/\text{год}$.

Характеристика суммарного водопотребления и сбросов по бассейнам рек дана в табл. 2.

На основании изложенного видно, что в перспективе наиболее тяжелое положение в отношении водообеспечения, сбросов, а также охраны водотоков будет наблюдаться в бассейне р. Ангрен. Суммарное водопотребление на промышленные и хозяйственно-питьевые нужды городов этого района определяется в $26 \text{ м}^3/\text{сек}$ из общего зарегулированного стока порядка $35 \text{ м}^3/\text{сек}$.

Ввиду крайне напряженного водного баланса совершенно недопустим сброс промышленных вод, содержащих химически вредные элементы, ни в открытые, ни в закрытые водоемы. Необходимо также учитывать, что подрусловый поток, который, по мнению некоторых, мог бы быть завуалированным местом сброса промышленных сточных вод, будет выклиниваться в Туябугузском водохранилище, являющееся источником водоснабжения многих районов Ангрена и местом отдыха жителей Ташкента (Ташкентское море).

Сотрудники ИВПиГ АН УзССР проводят исследования по охране водных источников Узбекистана от загрязнения промышленными стоками. Ведутся работы по определению степени загрязнения основных

сбросных артерий Салара и Бурджара по установленным створам. Для этого периодически берутся пробы и делаются химические и бактериологические анализы качества воды, проводятся балансовые расчеты водопотребления и сбросов промышленных предприятий.

Таблица 2

Водопотребление по бассейнам рек, $\text{м}^3/\text{сек}$

Сброс	В настоящее время								
	бытовое			промышленное			всего		
	сум- мар- ное	поте- ри	сброс	сум- мар- ное	поте- ри	сброс	сум- мар- ное	поте- ри	сброс
Бассейн р. Сыр-Дарьи	4,00	0,54	3,46	7,80	2,87	5,03	11,80	3,41	8,39
В том числе:									
Чирчик	2,20	0,33	1,87	3,11	0,47	2,64	5,31	0,80	4,51
Ангрен	0,30	0,04	0,26	1,60	1,60	—	1,90	1,64	1,86
Сыр-Дарья с при- токами	1,50	0,17	1,33	3,09	0,70	2,39	4,59	0,87	3,72
Бассейн р. Аму-Да- рьи	1,80	0,27	1,53	0,10	0,01	0,09	1,90	0,28	1,62
В том числе:									
Сурхан-Дарья и	0,30	0,04	0,26	—	—	—	0,30	0,04	0,26
Кашка-Дарья	1,00	0,15	0,85	0,10	0,01	0,09	1,10	0,16	0,94
Зеравшан									
Аму-Дарья с притоками	0,50	0,08	0,42	—	—	—	0,50	0,08	0,42
В с е г о	5,80	0,81	4,99	7,90	2,88	5,02	13,70	3,69	10,01

Сброс	1970								
	бытовое			промышленное			всего		
	сум- мар- ное	поте- ри	сброс	сум- мар- ное	поте- ри	сброс	сум- мар- ное	поте- ри	сброс
Бассейн р. Сыр-Дарьи	10,40	1,56	8,84	40,4	13,44	26,96	50,80	15,00	35,80
В том числе:									
Чирчик	5,50	0,83	4,67	2,68	0,94	5,34	11,78	1,77	10,01
Ангрен	3,80	0,30	3,50	12,93	10,24	2,69	16,73	10,54	6,19
Сыр-Дарья с при- токами	1,10	0,43	0,67	21,19	2,26	18,83	22,29	2,69	19,60
Бассейн р. Аму-Да- рьи	3,60	0,54	3,06	14,60	2,19	12,41	18,20	2,73	15,47
В том числе:									
Сурхан-Дарья и	0,60	0,09	0,51	0,10	0,01	0,09	0,70	0,10	0,60
Кашка-Дарья	2,00	0,30	1,70	13,00	1,95	11,05	15,00	2,25	12,75
Зеравшан									
Аму-Дарья с притоками	1,00	0,15	0,85	1,50	0,23	1,27	2,50	0,38	2,12
В с е г о	14,00	2,10	11,90	55,00	15,63	39,37	69,00	9,43	51,27

В настоящее время свыше 100 промышленных предприятий, в том числе Текстилькомбинат, Ташсельмаш, Экскаваторный, Карборундовый заводы, сбрасывают свои сточные воды в Салар: при этом большинство из них не оборудовано очистными сооружениями. Таким образом, Салар, имеющий расход около 4—20 $\text{м}^3/\text{сек}$, только промышленных сточных вод принимает свыше 1 $\text{м}^3/\text{сек}$. Результаты анализов по створам показали, что воды Салара, Чаули и Бурджара в бактериологическом отношении близки к сточным.

По мере прохождения через город состав воды резко ухудшается. Если в голове Салара колититр равняется 4—0,4, то в середине он падает до 0,004 и в конце — до 0,00004 и более. Химические анализы воды по створам также свидетельствуют о том, что воды Салара, Чаули и Бурджара содержат в недопустимых количествах химически вредные элементы. Так, содержание фенолов по створам в различные месяцы колеблется в пределах 0,004—0,2 мг/л, аммиака 0,001—2,5, сероводорода 1—4,5, нитратов до 0,5 мг/л. Жесткость от головы до устья увеличивается в два раза, концентрация хлоридов — в восемь, сульфатов — в четыре раза.

Характерным признаком загрязнения водоема является резкое снижение количества растворенного кислорода, изменение БПК-5, баланса кислорода и дефицит кислорода. Содержание растворенного кислорода в конце города уменьшается в 2,5 раза, БПК-5, выраженного в процентах от первоначального количества кислорода в воде, увеличивается в два раза и доходит до 100. Баланс кислорода, определенный после пятисуточного стояния, падает до 0.

По мере развития промышленности и градостроительства степень загрязнения водотоков еще больше увеличится, если не будут приняты действенные меры.

Изучая состояние охраны водотоков, приходим к заключению, что даже с учетом самоочищающей способности и степени разбавления сбросных вод промышленных сбросов только Узбекистана будет вполне недостаточно, чтобы инженерные мероприятия по охране водотоков оказались бессильными обеспечить качественную воду в них.

К числу возможных мероприятий можно отнести следующие:

1. Разбавление сточных вод. Средний годовой сток за вычетом стока, использованного на орошение, достигает 34,6 км³. Безвозвратные потери на промышленное водопотребление — 0,8 км³. Таким образом, степень разбавления промышленного стока составит всего 15 раз. Если величину сбросов отнести к суммарному стоку без учета водопотребления на орошение, то и в этом случае степень разбавления будет 55 раз, что явно недостаточно, так как наличие аммиака, фенолов, нитратов, мышьяка требует разбавления стока от 50 до 40 000 раз.

2. Накопление и сброс сточных вод в период паводка. В перспективе этот фактор будет отсутствовать, так как сток регулируется водохранилищем и резкого паводка не произойдет.

3. Использование сточных вод и их очистка. В настоящее время только около 25% всех сточных вод подвергается механической и механико-химической очистке; из этого количества биологически очищается до 20% стоков. Остальную массу спускают в водоемы без очистки.

Если все сбрасываемые сточные воды подвергнуть полной биологической очистке, которая снимает лишь 90% органических загрязнений, то степень загрязнения вод все же будет нарастать, и практически к 1980 г. водотоки будут лишь наполовину меньше загрязнены, чем в настоящее время. Следовательно, санитарное состояние водотоков будет также неудовлетворительным.

Таким образом, для Узбекистана, так же как и для других районов Советского Союза, основными мероприятиями по охране водотоков должны быть:

- 1) увеличение строительства сети городской канализации и расширение работы городских канализационных очистных сооружений;

- 2) проведение полного нормирования сбросов сточных вод на базе детального изучения процессов самоочищения;
 - 3) применение оборотной системы водоснабжения;
 - 4) использование земледельческих полей орошения;
 - 5) увеличение попуска воды по трактам в период пика загрязнения водотоков;
 - 6) установление зоны санитарной охраны по водотокам;
 - 7) усовершенствование технологии производства, извлечение из сточных вод полезных ингредиентов и их утилизация;
 - 8) сведение к минимуму потерь и отходов производства и сокращение расхода воды в технологических операциях.
-

О. П. БАЛЯСНИКОВ

ВОДОСНАБЖЕНИЕ СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ КОКАНДСКОЙ ГРУППЫ РАЙОНОВ ФЕРГАНСКОЙ ОБЛАСТИ

В настоящее время водоснабжение населенных пунктов УзССР осуществляется главным образом поверхностными водами рек и оросительных каналов. Часто эти воды бывают сильно загрязнены, а их очистка представляет большие трудности, так как пунктов водоснабжения очень много и они сильно разбросаны. Для водоснабжения населенных пунктов приходится круглый год эксплуатировать ирригационные каналы; при этом большая часть воды теряется на фильтрацию, которая ведет к нежелательному повышению уровня грунтовых вод и ухудшению состояния земель.

При использовании подземных вод для водоснабжения не нужно строить очистных сооружений, а ирригационные каналы на невегетационный период можно закрывать. Таким образом, перевод снабжения на подземные воды обеспечит население более качественной водой и улучшит мелиоративное состояние земель.

Населенные пункты и совхозы кокандской группы районов Ферганской области пользуются как поверхностными, так и подземными водами. Подземными источниками являются самоизливающиеся скважины с напором до $+20$ м и скважины с расположением статического уровня до -15 м. Часть этих скважин оборудована насосами, характеристики которых не соответствуют характеристикам скважин. В случае применения насосов без учета параметров скважин не удовлетворяются потребности населенных пунктов в воде или увеличивается потребление электроэнергии.

Обычно насосы подбираются отдельно для каждой скважины с учетом ее характеристики, а также потребности в воде населенного пункта [2, 3]. При большом количестве скважин такой метод подбора не применим.

Сотрудником ИВПиГ (отдел водоснабжения) Н. Н. Омелиным разработана методика подбора насосного оборудования для скважин. Все скважины разбиваются на группы с близкими показателями по удельному дебиту, положению статического уровня и диаметру обсадных труб. Насосы подбираются для каждой из групп скважин.

Систематизация скважин, пробуренных на территории кокандской группы районов Ферганской области, представлена в таблице.

По удельному дебиту скважины подразделяются на восемь групп: 1) $0,1-0,25$ л/сек·м; 2) $0,25-0,5$; 3) $0,5-1$; 4) $1,0-2,0$; 5) $2,0-3,0$; 6) $3,0-5,0$; 7) $5,0-10,0$; 8) свыше 10 л/сек·м, а по положению статического уровня на семь:

1) $+60 - +30$ м; 2) $+30 - +20$; 3) $+20 - +10$; 4) $+10 - +5$; 5) $+5 - 0$; 6) $0 - -5$; 7) $-5 - -15$ м.

Разделение скважин по диаметрам вследствие громоздкости в таблице не приведено. Среди пробуренных скважин имеются диаметром 125—300 мм (всего девять различных диаметров).

Распределение скважин по удельному дебиту и статическому уровню,
% от общего количества скважин

Статический уровень, м	Удельный дебит, л/сек.м						Итого
	0,25—0,5	0,5—1	1—2	2—3	3—5	5—10	
$+60 \div +30$	—	0,80	0,80	—	—	—	1,6
$+30 \div +20$	—	0,80	6,1	—	—	—	6,9
$+20 \div +10$	2,30	9,90	16,8	3,0	—	—	32,0
$+10 \div +5$	—	9,90	10,60	0,80	0,80	1,50	23,6
$+5 \div 0$	1,50	3,00	9,2	2,30	0,80	0,80	17,6
$0 \div -5$	1,50	0,80	3,00	6,1	0,80	2,30	14,5
$-5 \div -15$	—	—	0,80	3,0	—	—	3,8
Всего	5,30	25,20	47,30	15,20	2,40	4,60	100

Анализ данных таблицы показывает, что наибольшее количество (72%) скважин приходится на группы с удельными дебитами 0,5—2 л/сек.м. Скважины с дебитами 0,1—0,25 и свыше 10 л/сек.м отсутствуют. По положению статического уровня группы самоизливающихся скважин с положением статического уровня $+5$ м— $+20$ м составляют преобладающее большинство (55,6%). Остальные в основном входят в группы с положением статического уровня от $+5$ до -15 м. В группах с положением статического уровня $+20$ — $+60$ м содержится лишь около 8% скважин (от общего количества). Значительное разнообразие скважин по диаметрам свидетельствует о том, что бурение происходило без учета существующего насосного оборудования. При эксплуатации это привело бы к использованию увеличенного количества типоразмеров насосов.

Насосное оборудование подбирается для каждой группы скважин отдельно с учетом падения динамического уровня при изменении производительности насоса. При этом принимаются во внимание следующие условия:

а) свободный напор у устья скважины—20 м (слагается из высоты застройки—8 м и избыточного напора—12 м);

б) понижение динамического уровня в скважинах — не более 20 м (такое понижение встречается особенно часто в условиях Узбекистана при эксплуатации скважин на воду);

в) дебит скважин в зависимости от потребностей населенных пунктов в воде—1,5—2,2—5,5—10, 10—15, 15—20 и более 20 л/сек. Такое разделение принято на основании учета количества жителей в населенном пункте и норм водопотребления.

При подъеме воды предпочтение отдается горизонтальным центробежным, погружным и глубинным насосам с приводом от электродвигателя. Остальные виды водоподъемного оборудования малоэкономичны.

Выбирая центробежные насосы, особенно важно учитывать падение динамического уровня при увеличении производительности, которая ограничивается допустимой высотой всасывания насоса.

Подбор насосов производится в таком порядке. Строится поле $H-Q$, занимаемое каждой группой. Граница поля для отдельной группы определяется по формуле:

$$H = H_{\text{св}} - H_{\text{ст}} + \frac{Q}{q} + 3, \quad (1)$$

- где $H_{\text{св}}$ — свободный напор, принимаемый равным 20 м;
 $H_{\text{ст}}$ — пределы положения статических уровней, м (с соответствующим знаком);
 $\frac{Q}{q}$ — падение динамического уровня в скважине, м, при откачке из нее Q л/сек;
 3 — запас напора на разброс напорных характеристик и непредвиденные потери, м.

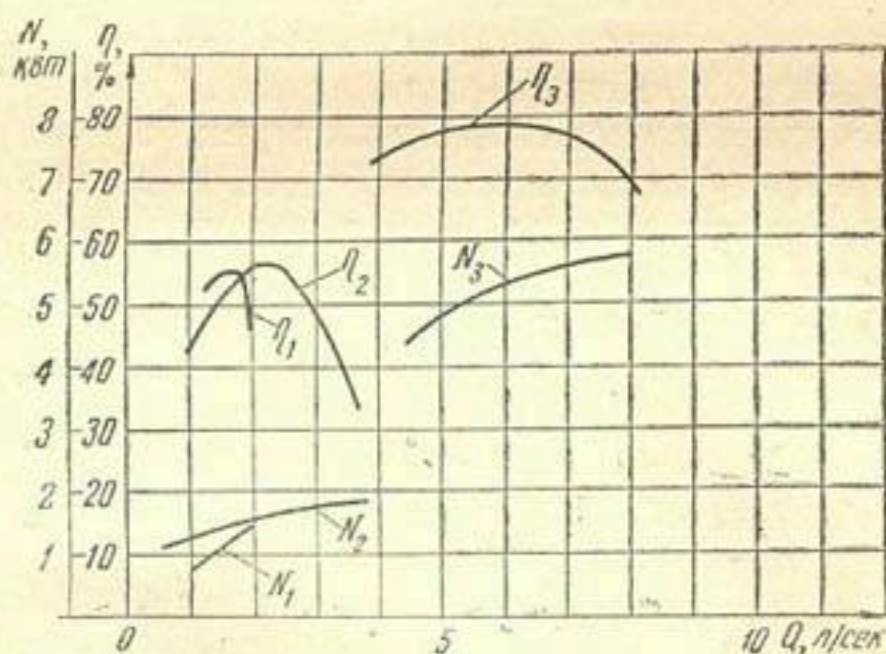
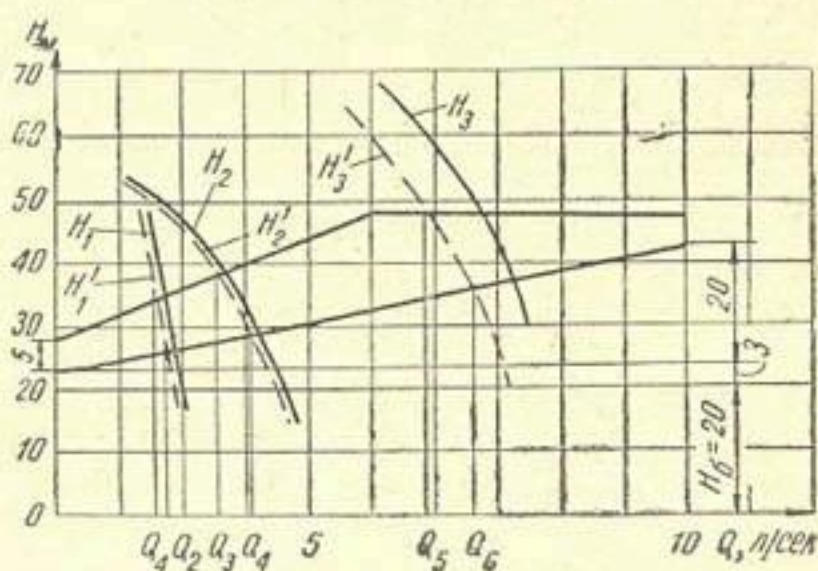


Рисунок. Пример подбора насоса для скважин с удельным дебитом 0,25—0,5 л/сек·м и положением статического уровня 0—5 м. Кривые $H_1, \eta_1, N_1, H_2, \eta_2, N_2, H_3, \eta_3, N_3$ — характеристики насосов ВАН-4; 6АПВ-9×7; ЭПЛ-6 соответственно.

Для контроля последних двух факторов строятся кривые $N=f(Q)$ и $\eta=f(Q)$, которые удобно расположить на том же листе, что и характеристики скважин. Масштаб производительности Q при этом должен быть таким же, как на графиках $H=f(Q)$.

При выборе насоса предпочтение следует отдавать затрачивающему на подъем 1000 м³ воды меньшую мощность. В случае низкого

Подставляем в формулу (1) известные величины. Получаем

$$H = 23 - H_{\text{ст}} + \frac{Q}{q}. \quad (2)$$

Принимая для каждой группы граничные значения статического уровня и удельного дебита, находим поле $H-Q$. На этот же график наносим дроссельные напорные характеристики насосов, т. е. характеристики с учетом потерь напора в водоподъемных трубах при соответствующем заглублении. Точки пересечения дроссельных характеристик насоса $H=f(Q)$ с суммарными характеристиками, ограничивающими группу скважин, определяют диапазон, в пределах которого возможна работа насоса на любой из скважин данной группы.

Тип насоса выбирается с учетом потребности в воде, диаметра скважин, а также потребляемой электродвигателем мощности и к. п. д. установки.

расположения статического уровня сильно увеличиваются потери в водоподъемных трубах глубинных насосов, а также мощность, потребляемая установкой; к. п. д. установки уменьшается [4, 5]. Поэтому, если глубинный и погружной насосы работают в близких режимах, лучше использовать погружной насос.

Пример подбора насосов для группы скважин с удельными дебитами $0,25-0,5$ л/сек·м и положением статического уровня от 0 до -5 м показан на рисунке. Кривые H_1, H_2, H_3 — характеристики насосов ВАН-4, 6АПВ-9×7 и ЭПЛ-6; кривые H'_1, H'_2, H'_3 — дроссельные характеристики соответствующих насосов [1]. Из рисунка видно, что насос ВАН-4 может работать с подачами $1,6-1,8$ л/сек, 6АПВ-9×7 — $2,5-2,9$ л/сек и ЭПЛ-6 — $5,6-6,6$ л/сек, т. е. насос ВАН-4 может удовлетворить часть населенных пунктов, составляющих группу с потребностями в воде $1,5-2$ л/сек, 6АПВ-9×7 — пункты, входящие в группу с потребностями в воде $2-5$ л/сек и насос ЭПЛ-6 — находящиеся в группе с потребностями в воде $5-10$ л/сек. Для этой группы скважин наиболее рационально применять насос типа ЭПЛ-6, так как он позволяет использовать возможности скважин данной группы наиболее полно и имеет достаточно высокий к. п. д. При меньших потребностях в воде применяют насосы ВАН-4 и 6АПВ-9×7. Однако при этом возможности скважин поостью не используются. Таким же образом подбираются насосы для всех остальных групп скважин. Затем составляется сводная таблица насосов, рекомендуемых для установки.

Окончательный выбор насоса производится с учетом диаметра скважины и потребностей в воде населенного пункта. При этом необходимо применять как можно меньше насосов разных марок, что упрощает их обслуживание, ремонт и снабжение запасными частями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Насосы. Каталог-справочник, М., Машгиз, 1960.
2. О м е л и н Н. Н. „Водопонижение и санитарная техника“, 1960, № 6.
3. О м е л и н Н. Н. „Гидротехника и мелиорация“, 1960, № 1.
4. Т у р к В. И. Насосы и насосные станции, М., Госиздат по строительству и архитектуре, 1953.
5. Х о х л о в к и н Д. М. Глубинные насосы для водопонижения и водоснабжения, М., Углетехиздат, 1954.

СОДЕРЖАНИЕ

В. А. Баранов. Об установках машинного орошения в низовьях Амударьи.	5
В. А. Баранов. Режимы работы установок машинного орошения в условиях Средней Азии.	29
В. А. Баранов. Пути усовершенствования эксплуатации установок машинного орошения в республиках Средней Азии.	43
В. А. Баранов. О сравнении вариантов насосных станций машинного орошения.	59
С. А. Полинов. Пути повышения энергoэкономической эффективности системы электронасосного орошения.	82
А. П. Орлова. О перспективе развития водоснабжения в Узбекской ССР и о мероприятиях по охране некоторых водотоков.	89
О. П. Балясников. Водоснабжение сельских населенных пунктов кокандской группы районов Ферганской области.	94