

УДК 621.67, 626.83

**О. Я. Гловацкий, Е. А. Печейкина, Д. О. Драпун**

Ташкентский институт ирригации и мелиорации, Ташкент, Республика Узбекистан

### **РЕАЛИЗАЦИЯ ГИДРОПОТЕНЦИАЛА МАШИННЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ДЕРИВАЦИОННОГО ТИПА**

*Целью исследований является обоснование принципов изучения гидропотенциала машинных оросительных систем деривационного типа Джизакской области. Диагностическими признаками для машинного канала при различных режимах эксплуатации выбраны: прочностные, определяющие напряженное состояние, вибрационные, резонансные характеристики основных узлов; параметры нестационарных (переходных) процессов, при которых определяются пульсации давления, возникновение и диссипация вихревых явлений.*

*Ключевые слова: малые ГЭС, насосные станции, безопасная эксплуатация, диагностический признак.*

В настоящее время из источников возобновляемой энергии в энергобалансе Узбекистана заметную долю составляет гидроэнергия естественных и искусственных водотоков. Потенциал гидроэнергоресурсов га год оценивается в 88,5 млрд кВт·ч, включая технический (27,4 млрд кВт·ч), из которого сегодня используется только около 30 %.

Программа развития малой гидроэнергетики предусматривает строительство малых ГЭС. Если потенциал малых гидростанций будет использоваться наиболее оптимально, производимого ими электричества может быть достаточно для работы всех насосных станций (НС), подведомственных Министерству сельского и водного хозяйства.

Были обследованы малые ГЭС на перепадах машинных каналов территории Джизакской области. В области выявлено более 40 крупных каналов (в основном магистральных), имеющих перепады, на которых могут быть построены малые ГЭС. Все каналы (за исключением трех проектируемых) находятся в эксплуатации, из них более 80 % расположены в районах с развитым орошением и имеют комплексное назначение.

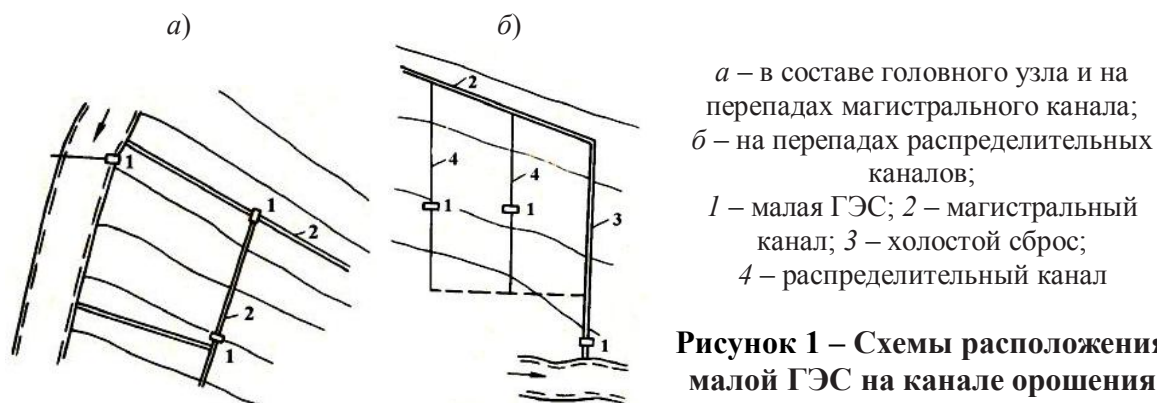
По проектным материалам на этих каналах выявлено 125 сосредоточенных перепадов с разницей высотных отметок от 3 до 130 м [1].

На каналах комплексного назначения малые ГЭС могут работать круглый год, обеспечивая необходимые расходы воды на каналах, предназначенных для орошения. В таблице 1 указано число малых ГЭС на перепадах каналов в Джизакской области.

**Таблица 1 – Малые ГЭС на перепадах каналов и режимы их работы**

Напор на перепаде, м	Число малых ГЭС	Период работы машинного канала, месяцев					
		3–6			6–9		
		Всего малых ГЭС	В том числе с расходом, м <sup>3</sup> /с		Всего малых ГЭС	В том числе с расходом, м <sup>3</sup> /с	
			до 5	5–10		до 5	5–10
< 10	3	1	–	1	2	2	–
10–20	3	2	–	1	1	1	–
20–30	5	2	2	2	3	2	1
> 30	3	1	–	1	2	1	1
Итого	14	6	–	–	8	–	–

На рисунке 1 представлены схемы расположения малых ГЭС на оросительных каналах.



**Рисунок 1 – Схемы расположения малой ГЭС на канале орошения**

Расположение малой ГЭС в головном узле и в начальной части магистрального канала является наиболее удачным (рисунок 1, а). Такие малые ГЭС могут работать круглый год, не нарушая режима эксплуатации оросительной системы. По данной схеме построена малая ГЭС на канале Джой-Бор Вахшской оросительной системы в Таджикистане.

Возможно сооружение малых ГЭС и на перепадах распределительных каналов (рисунок 1, б). Однако их энергетическое использование не представляет такого интереса, как использование магистральных каналов, поскольку в отводы подается только часть расходов главного канала. Отводы часто работают в порядке очередности – вода поступает в один распределитель, затем в другой, поэтому располагаемые на них ГЭС будут иметь значительно меньший энергетический объем.

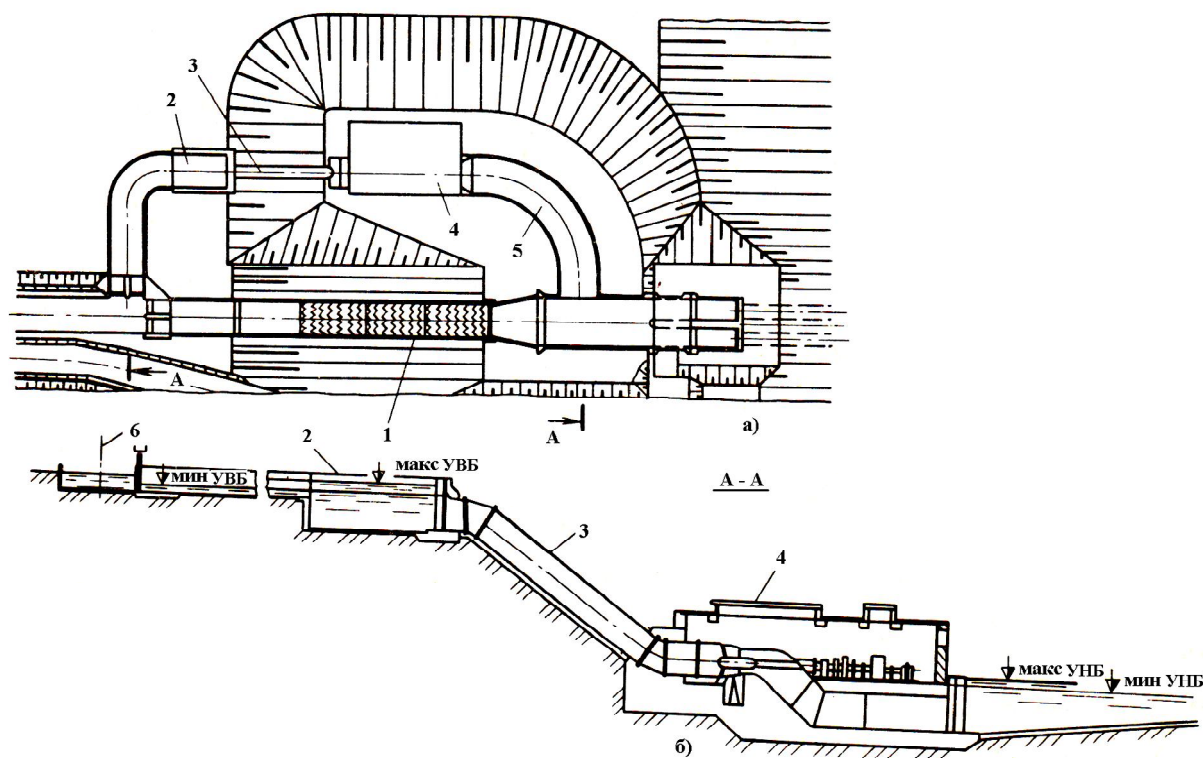
Строительство малых ГЭС на перепадах каналов целесообразно осуществлять по типу деривационных. На канале перед входом в быстроток (или перепад) происходит переключение расходов из канала в параллельное русло с подводом воды к напорному бассейну и турбинным водоводам. Сопрягающие сооружения при этом могут использоваться как холостые сбросы, как видно на рисунке 1. На строящихся каналах целесообразно возведение малых ГЭС вместо перепадного сооружения.

Таким образом, имеется значительное многообразие возможных схем сооружения малых ГЭС. Выбор оптимальной схемы требует соответствующего технического и экономического обоснования.

Применение стандартных и унифицированных решений значительно снижает затраты на малые ГЭС, эффект от внедрения стандартного оборудования по данным специалистов США может составить от 10–15 до 30–50 % общих затрат на оборудование.

Важным направлением повышения эффективности малых ГЭС является сокращение сроков проектирования и строительства. При широком использовании унифицированных проектов многие зарубежные фирмы обеспечивают ввод в эксплуатацию малых ГЭС спустя 12–15 месяцев после получения заказа. Применение унифицированных проектов позволяет также уменьшить стоимость их строительства. Поэтому унификация проектных решений малых ГЭС является особенно актуальной.

На рисунке 2 показана малая ГЭС, которую планируется построить на быстротоке Джизакской головной НС (ДГНС).



*а* – план; *б* – разрез по оси напорного тракта;  
 1 – быстроток; 2 – напорный бассейн; 3 – напорный трубопровод;  
 4 – задание малой ГЭС; 5 – отводящий канал; 6 – ось отводящего канала

**Рисунок 2 – Малая ГЭС, которую планируется построить на быстротоке ДГНС**

Основными энергетическими параметрами малых ГЭС являются установленная мощность и число гидроагрегатов, годовая выработка электроэнергии, расчетный напор, расчетный расход. В общем случае установленную мощность малой ГЭС выбирают на основании энергоэкономических расчетов, в которых определяют вытесняемую мощность тепловых электростанций, обосновывают размещение на ГЭС резервной и дублирующей мощностей.

Установленная мощность ГЭС определяется с учетом гарантированной (обеспеченной) мощности  $N_{гар}$ , резервной мощности  $N_{рез}$  и дублирующей (сезонной) мощности  $N_{сез}$ . Эти параметры устанавливались на основании диагностических испытаний ДГНС. Контрольные испытания на надежность проводились для агрегатов 2400В-25/40. Фактическая наработка насоса за период подконтрольной эксплуатации – 2083 ч (по условиям рабочей программы не менее 1000 ч).

Основной целью диагностики является прогнозирование состояния, обработка экспериментальных данных для выявления элементов, сооружений, наиболее чувстви-

---

тельных к воздействию неблагоприятных условий работы НС. В связи с этим при диагностике сооружений приходится решать две задачи: найти критериальные признаки, изменения которых обуславливают неполадки, аварийную ситуацию, и установить комплекс признаков для прогнозирования назревающих отказов.

За время проведения контрольных испытаний на надежность элементов и сооружений отказов, связанных с работой насоса не было. Из-за неисправностей в электрических цепях было произведено две остановки. Работа направляющего подшипника оценивалась по температурному режиму масла и сегментов. Значения температуры масла и сегментов соответственно составляют не более 56 и 65 °С.

Диагностическими признаками для машинного канала могут служить: пропускная способность; заиливание; потери воды вдоль пути; устойчивость дна и откосов канала; высота командования; повреждаемость объектов, построенных для нормального функционирования канала и его основных элементов; наличие в воде продуктов размыва (взвешенных и донных наносов, плавника). Эти признаки могут быть разделены на две группы: к первой группе относятся признаки, характеризующие работоспособность и безопасность, ко второй – те, которые приводят или могут привести к отказу объекта или его составляющих элементов [2].

Виды испытаний НС:

- энергетические, определяется подача, мощность, число оборотов и КПД при различных углах разворота лопастей рабочих колес или открытия направляющего аппарата, а также угонные обороты;

- гидравлические, определяются кинематические характеристики потока;

- кавитационные, определяются критические значения кавитационных коэффициентов;

- силовые, определяются моменты, действующие на лопасти агрегатов, элементы проточного тракта и суммарная гидравлическая сила, приложенная к ротору агрегата;

- прочностные, определяющие напряженное состояние, вибрационные, резонансные характеристики основных узлов;

- исследования нестационарных (переходных) процессов, определяют пульсацию давления, возникновение и диссипацию вихревых явлений;

- виброакустические (диагностирующие), фиксирующие техническое состояние агрегатов при различных режимах эксплуатации.

В последнее время прослеживается тенденция к изучению условия безопасной работы крупных насосных агрегатов с сопутствующим гидротехническим комплексом (аванкамерой, сороудерживающим сооружением, напорным трубопроводом, водовыпуском). Элементы этого комплекса оказывают значительное влияние на параметры агрегата.

Прочностные испытания проводятся с целью предотвращения разрушения деталей агрегата, которые оснащаются датчиками деформации. С них снимаются показания во всем диапазоне эксплуатационных режимов в статическом и динамическом состоянии.

Давление и пульсации давления в проточном тракте насоса измеряется тензометрическими мембранными датчиками; обороты насосного агрегата – тахометром.

Анализ виброускорения как показателя динамической нагрузки имеет ряд преимуществ в диапазоне высоких частот (более 1000 Гц), генерируемых гидравлическими процессами. Для определения вибрационной мощности анализируется в основном виброскорость, которая изменяется при появлении механических неисправностей в диапазоне низких (до 100 Гц) частот.

При определении критериев безопасности ДГНС необходимо учитывать процесс уменьшения подачи отключенных насосов вследствие снижения их частоты вращения.

Для сохранения условия неразрывности потока в напорном трубопроводе алгебраическая сумма подач, не отключенных и отключенных насосных агрегатов, работающих на общую нитку трубопровода, должна быть равна расходу воды в общей нитке напорного трубопровода.

---

Подача насосов может быть увеличена только за счет уменьшения общего напора насосов, а именно за счет уменьшения давления в напорном патрубке насоса. При внезапном отключении части насосов, работающих совместно на общую нитку напорного трубопровода, давление в начале трубопровода уменьшается из-за того, что расход в общем трубопроводе оказывается больше суммарной подачи всех не отключенных и отключенных насосов. Снижение давления уменьшает разность давлений в начале и конце общего напорного трубопровода и тем самым уменьшает скорость движения воды в трубопроводе. Кроме того, это снижение давления увеличивает подачу как отключенных, так и не отключенных насосных агрегатов, так как их рабочие точки смещаются «вправо» на рабочих характеристиках насоса.

Таким образом, понижение давления в начале общего трубопровода является своего рода регулятором равенства подач насосных агрегатов и расхода воды в общем трубопроводе. Так как существующие методики расчета охватывают только случаи внезапного отключения всех насосов, работающих параллельно на общий трубопровод, были проанализированы параметры переходных процессов при отключении части агрегатов, работающих совместно на общую нитку напорного трубопровода.

Кроме того, нами определялись критерии безопасной работы ДГНС, принятые при отметке горизонта воды в напорном бассейне не выше 337,8 м и не ниже 336,9 м.

Гидропривод дисковых затворов обеспечивает их закрытие в течение 5 мин для «основного» насоса и 2 мин для «разменного», клапаны впуска и заземления воздуха отрегулированы на открытие при разрежении в трубопроводе более 0,6 кгс/см<sup>2</sup>. Давление в трубопроводе при гидравлическом ударе не превышает 4,4 кгс/см<sup>2</sup>, а время обратного вращения агрегата составляет не более 5 мин.

Уравнительные резервуары предохраняют подводящие и отводящие напорные деривационные водоводы от воздействия гидравлического удара, уменьшают максимальное давление в турбинных трубопроводах и улучшают условия регулирования гидромашин при быстрых изменениях нагрузки ГЭС.

При отсутствии уравнительного резервуара гидравлический удар распространяется по всей трассе напорной деривации, давление в которой может повыситься во много раз. При установке в конце напорной деривации уравнительного резервуара в нем происходит отражение волн гидравлического удара, в результате чего при соответствующем сопряжении резервуаров с туннелем исключается проникновение туда волн гидравлического удара и ограничивается повышение давления в турбинном трубопроводе.

Необходимость установки уравнительного резервуара выясняется на основе анализа переходных процессов и технико-экономического сопоставления вариантов напорной системы с уравнительным резервуаром и без него с учетом режима регулирования.

### **Выводы**

1 Сформулированы принципы изучения гидропотенциала машинных оросительных систем деривационного типа Джизакской области.

2 Обследование технического состояния НС стимулирует развитие диагностики при различных режимах эксплуатации.

### **Список использованных источников**

1 Основные пути снижения потребления энергетических ресурсов в водном секторе / О. Я. Гловацкий, Ф. Ж. Носиров, Ш. Р. Рустамов, С. А. Жураев // Проблемы энерго- и ресурсосбережения. – Ташкент, 2013. – 45–50 с.

2 Гловацкий, О. Я. Методы управления безопасностью сопрягающих сооружений насосных станций с переходными процессами / О. Я. Гловацкий, Ш. Р. Рустамов, Ш. М. Шарипов // Научное обеспечение как фактор устойчивого развития водного хозяйства: сб. докладов II Междунар. науч.-практ. конф. – Алматы, 2016. – С. 143–146.