

ных машин, их перегруппировку, запланировать проведение агротехнических и других мероприятий на поле (подкормка, междурядная обработка, опрыскивание и др.).

Так как все элементы водного баланса измеряются ежедневно и с высокой точностью, то в отборе проб почвы на определение влагозапасов (кроме исходных) и сборе метеоданных (кроме осадков) нет необходимости.

Контроль соблюдения режимов орошения и использования оросительной воды возлагается на специалистов хозяйств и работников управлений водного хозяйства.

Список использованных источников

1 Урываев, В. А. Экспериментальные гидрологические исследования на Валдае: монография / В. А. Урываев. – Л.: Гидрометеиздат, 1953. – 231 с.

2 Федоров, С. Ф. Опыт эксплуатации гидравлического почвенного испарителя малой модели (ГПИ-51) / С. Ф. Федоров // Труды ГГИ. – 1954. – Вып. 45.

3 Оперативный гидравлический почвенный балансомер: а. с. по классу А01 05Д9/00 СССР, ДСП SU 1826782 А1 G 05 D 9/00 / А. П. Тищенко, П. В. Тищенко (СССР). – № 1626762.

4 Тищенко, П. В. «Служба урожая» в системе орошения / П. В. Тищенко. – Симферополь: Таврия, 1988. – 128 с.

5 Тищенко, А. П. Управление режимами орошения сельскохозяйственных культур по инструментальному методу: монография / А. П. Тищенко. – Симферополь: Таврия, 2003. – 240 с.

УДК 627.881:626.83

Н. Р. Насырова, О. Я. Гловацкий

Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем при Ташкентском институте ирригации и мелиорации, Ташкент, Республика Узбекистан

Е. А. Печейкина

Акционерное общество «Гидропроект», Ташкент, Республика Узбекистан

НОВЫЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОДНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ РЕСУРСАМИ В РЕГИОНАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

В статье рассматриваются методы управления водными ресурсами в региональных условиях Республики Узбекистан. Реконструкция систем машинного водоподъема может обеспечить наибольший экономический и экологический эффект. Использование новых методов режимов эксплуатации предусматривает совершенствование технического состояния основных элементов гидротехнического узла и насосов. Результаты натурных испытаний использованы при управлении водными ресурсами Аму-Бухарского, Аму-Зангского, Каришинского машинных каналов.

Ключевые слова: насосные станции, эксплуатация, реабилитация, модернизация, водно-энергетические ресурсы.

Эксплуатация насосных станций (НС) на мелиоративных системах предполагает усовершенствование конструкции их отдельных элементов с учетом требований управления водными ресурсами в региональных условиях Республики Узбекистан (высокое содержание абразивных частиц и плавника в перекачиваемой воде, тяжелые климатические условия). На системах машинного водоподъема эксплуатируются практически все виды насосно-энергетического оборудования.

Масштабы обновления инвестиционной политики предполагают формирование нового экологического мышления и ужесточения требований к ресурсоемким проектам. Реконструкция систем машинного водоподъема (СМВ) может обеспечить наибольший экономический и экологический эффект [1, 2]. Целесообразно сконцентриро-

вать разработку новых технологий по внедрению методов управления балансом энергетических и водных ресурсов на НС для следующих элементов:

- водозаборов и водоподводящих сооружений;
- сороудерживающих сооружений (СУС) и решеткоочистных механизмов на водоприемниках;
- устройств и сооружений, защищающих основное оборудование;
- водовыпускных сооружений.

Наиболее сложными и динамичными в управлении режимами водоподдачи являются системы с каскадной схемой крупных ирригационных НС. Такие системы допускают определенное целенаправленное регулирование режимом водоподдачи, превалирующим критерием которого до последнего времени являлось максимальное удовлетворение заявок водопотребителей.

В технической литературе практически отсутствуют данные по влиянию определенных узлов насосных агрегатов (НА) и элементов гидротехнического комплекса НС на эксплуатационные характеристики. Отсутствие приоритетных НИР по указанной проблеме делает невозможным оптимизацию режимов НС на современном уровне эксплуатации и использовании диагностических систем.

Необходимо учитывать тот факт, что первые НС Амукаракульского канала эксплуатируются с 1961–1965 гг., а срок эксплуатации других НС превышает 25–30 лет. Старение оборудования и сооружений неизбежно приведет к необходимости рассматривать вопросы эксплуатации и реконструкции систем с позиций теории надежности и водосберегающих технологий. Имеющийся негативный опыт резкого увеличения кавитационно-абразивного износа, вибрации и аварийных отключений агрегатов, сопровождающихся периодическими возмущениями потока, до сих пор не может быть всесторонне оценен [3]. В этих условиях приобретает особую важность устойчивость эксплуатации НА. Необходимо определить на основе математико-экономических методов целесообразность эксплуатации НА при снижении (ниже расчетных) его рабочих параметров (в первую очередь КПД). Устойчивость работы определяет характеристику водо- и энергосберегающих технологий эксплуатации НС.

Резкое уменьшение затрат на функционирование СМВ может быть достигнуто за счет новых энерго- и ресурсосберегающих технологий сопрягающих сооружений НС.

После обретения Республикой независимости научным и эксплуатационным организациям удалось решить ряд вопросов, связанных с повышением устойчивости работы насосных установок. Однако на крупных СМВ, являющихся основными потребителями материально-технических и энергетических ресурсов, проблема их уменьшения не может быть решена без внедрения новых технологий эксплуатации СМВ, учитывающих конкретные дифференцированные энерго- и ресурсозатраты на всех сопрягающих сооружениях НС. Кроме экономии энергоресурсов, управление режимами сопрягающих сооружений НС дает значительную экономию водных ресурсов, связанную с ликвидацией потерь воды на границах лимитирующих элементов.

Авторы предлагают для реализации указанных целей и задач ресурсосбережения использовать созданные ими оригинальные (на уровне изобретений) конструкции сопрягающих сооружений и установок по всей длине гидротехнического узла НС. После анализа натуральных испытаний созданы комбинированные конструкции с комплексными функциями (одновременной защитой от заиливания и занесения плавником, управления распределением потоков) и принципиально новые технологии их эксплуатации.

Обеспечение технического состояния основных элементов гидротехнического узла НС (аванкамер, напорных бассейнов, трубопроводов) при реконструкции на перспективу: КПД насосов приводятся до значений, регламентируемых рекомендациями по улучшению эксплуатации на мелиоративных системах и обновленными правилами и инструкциями по технической эксплуатации НС Республики Узбекистан.

Реабилитация системы Аму-Бухарского, Аму-Зангского, Каршинского машинных каналов – один из крупных инвестиционных проектов, реализуемых в Узбекистане.

Внедрение указанных технологий на водоподводящем комплексе НС с осевыми насосами типа ОП-5-110Э (Каракульская и другие НС) дает экономию до 0,98 млн кВт·ч, на одну НС типа ОП-10-185Э (НС Кую-Мазар, Шерабад, Жайхун) – до 1,20 млн кВт·ч. Ликвидация зафиксированных перепадов воды на решетках $\Delta h = 10\text{--}36$ см дает экономию на головных НС КМК 1,70–6,20 млн кВт·ч, АБМК – 0,40–1,60 млн кВт·ч.

При работе с незаряженными сифонными водовыпусками типа ОП-10-185Э перерасход электроэнергии за один месяц составляет 125,1 тыс. кВт·ч. Ликвидация максимальных перепадов дает экономию 7,8 млн кВт·ч, водовыпусков на этих НС – соответственно 3,0 млн кВт·ч.

Результаты, полученные при работе на новых элементах НС, окажут поддержку в разработке стратегии управления водными ресурсами, которая продемонстрирует, каким образом инвестиции, направленные на реабилитацию НС и их модернизацию могут повысить эксплуатационные и технико-экономические показатели, обеспечить значительную экономию электроэнергии. При реконструкции следует предусматривать максимальное использование существующих сооружений.

Водозаборные сооружения должны обеспечивать бесперебойную подачу воды в НС. Для защиты водоводов от наносов, попадания в них плавающих предметов и мусора следует предусматривать сороудерживающие решетки, запани, пороги, проведение мероприятий по удалению мусора из воды. Необходимо предусматривать сброс избыточной воды напорного бассейна, устройства для впуска воздуха в водоводы при их опорожнении и выпуска воздуха при их наполнении водой.

Проведенный анализ существующих эксплуатационных технологий НС, характеристик функционирования основного оборудования показал возможности повышения энергоэффективности. В результате натурной оценки состояния двадцати двух наиболее крупных НС Зерафшанского бассейнового УНС ЭИС уточнены данные по техническому состоянию, реконструкции основных сооружений и оборудованию каждой НС с упорядочением по районам и ирригационным системам (таблица 1).

Таблица 1 – Мероприятия по улучшению машинного водоподъема в бассейне р. Зерафшан, способствующие повышению энергоэффективности

Показатель насосных станций	Зерафшанский БУИС УНС	Мероприятие	
		2013–2017 гг.	до 2027 г.
1 Количество НС, шт.	90	90	90
2 Количество НА, шт.	372	360	320
3 Установленная мощность, млн кВт·ч	146,3	140,0	120,0
4 Расход воды, м ³ /с	192,6	180,0	170,0
5 Расход электроэнергии НС, млн кВт·ч	225,9	203,3	190,0
6 Экономия электроэнергии НС по плану ежегодных мероприятий, млн кВт·ч (млн сумов)		22,6 (2056,6)	35,9 (3266,9)

В таблице 2 приведены технические параметры насосно-силового оборудования НС, предлагаемых для реконструкции в бассейне.

Все работы будут запроектированы с использованием существующих наиболее прогрессивных международных методов с тем, чтобы сократить заиливание сооружений, уменьшить износ насосного оборудования, достигнуть максимального КПД НС и обеспечить допустимые скорости воды в каналах и сооружениях.

Актуальность и новизна исследований определяются их ориентацией на мобилизацию резервов ресурсо- и энергосбережения, не нашедших применения в силу ограниченных возможностей традиционных принципов управления технологическими режи-

мами СМВ. Необходимо определить целесообразность эксплуатации НС при снижении рабочих параметров (в первую очередь КПД) ниже расчетных.

Таблица 2 – Технические параметры НС, предлагаемых для реконструкции

Наименование НС	Количество агрегатов, шт.	Тип насоса	Подача насоса, м ³ /с	
			1 ед.	всего
«Жалоер»	6	QVD300 – 4 шт., Д1600×90 – 2 шт.	0,30 0,35	1,90
«Октош-1»	7	18НДС – 3шт., 20НДС – 4 шт.	0,55 0,80	4,85
«Октош-2»	6	QVD300 – 2 шт., Д1600×90 – 4 шт.	0,30 0,35	2,05
«Пахтакор-1,2»	8	400Д190 – 4 шт., 300Д90 – 4 шт.	0,45 0,30	3,00
«Навали»	4	300Д90 – 4 шт.	0,30	1,20
«Галаба»	3	12НДС – 2 шт., Д1600×90 – 1 шт.	0,30 0,35	0,95
«Даргом»	6	22НДС – 6 шт.	1,00	6,00
«Пай»	4	24НДС – 3 шт., 20НДС – 1 шт.	1,50 0,80	5,30
«Каттасой-1»	4	300Д90 – 4 шт.	0,30	1,20
«Каттасой-2»	8	300Д90 – 7 шт., 18НДС – 1 шт.	0,30 0,55	2,65
«Кургонча»	4	300Д90 – 4 шт.	0,30	1,20
«Янги-Хает»	5	300Д90 – 5 шт.	0,30	1,50
«Чархин»	6	24НДС – 3 шт., 20НДС – 3 шт.	1,50 0,80	6,90
«Зирабулок»	6	300Д90 – 6 шт.	0,30	1,80
Итого	77			40,50

Основные мероприятия по ресурсосбережению и сокращению себестоимости подаваемой воды на СМВ:

- информационно-советующие системы управления режимами сопрягающих сооружений НС по основному критерию – их КПД. Уточненный расчет КПД основных элементов гидротехнического узла НС в различных региональных условиях;

- ликвидация переподдачи воды при отсутствии регулирования подачи на НС головной части СМВ и максимальное использование потенциальной энергии поверхностных источников воды;

- ликвидация непроизводительных потерь электроэнергии, напора и перепадов уровней воды, заиливания аванкамер, уменьшение высоты подъема воды за счет исключения подачи воды выше уровня в сифонных водовыпусках НС;

- внедрение энерго- и водосберегающих технологий эксплуатации НС, комбинированных устройств для изменения структуры потока. Адаптация метода дифференцированных затрат к управлению режимами каскадов НС.

Методикой управления водными ресурсами является увеличение устойчивости и эффективности эксплуатации всех элементов гидротехнического узла НС, экономия энергетических и других ресурсов на основе оценки технического состояния сооружений и насосно-энергетического оборудования НС.

Восстановление НС будет наиболее масштабным на крупных НС, оно потребует структурного изменения водоподводящих сооружений и устройств, обеспечивающих контроль энергоэффективности насосов. На других НС (меньшего размера) восстановительные работы будут ограничиваться заменой насосов и небольшой структурной

работой по устройству новых энергоэффективных насосов и двигателей. Все НС планируется переоснастить новым электротехническим оборудованием и создать на них усовершенствованные условия для персонала.

Узбекская энергосистема все больше нуждается в резервировании генерирующей мощности; ее необходимо пополнить высокоманевренными ГАЭС, способными работать в остропиковом режиме суточной нагрузки. Поэтому все больший интерес вызывает развитие еще одного направления гидроэнергетики в Республике Узбекистан – сооружения ГАЭС.

Широкое строительство ГАЭС началось во второй половине XX века, когда стали вводиться в эксплуатацию тепловые и атомные электростанции с крупными агрегатами. Уже в 1970 г. мощность ГАЭС составила 16 млн кВт·ч, 1985 г. – более 40 млн кВт·ч, а в 2000 г. в мире эксплуатировалось более 350 ГАЭС суммарной мощностью порядка 125 млн кВт·ч [4].

Процесс пуска обратимого гидроагрегата как в насосном, так и турбинном режимах состоит из двух стадий. Первая – вывод агрегата из состояния покоя, увеличение частоты вращения до подсинхронной, синхронизация гидроагрегата. Вторая стадия (при постоянной частоте вращения) – увеличение расхода (мощности) до расчетного значения, что обеспечивается открытием регулирующих органов.

Гидравлический способ пуска обратимого агрегата в насосном режиме осуществляется при помощи специальных дополнительных устройств или обычными регулирующими органами (направляющий аппарат, лопасти рабочего колеса). После этого двигатель-генератор включается в сеть и путем операций открытия и закрытия затворов на трубопроводах и регулирующих органах обратимой гидромашинны направление движения воды изменяется на соответствующее насосному режиму, т. е. из нижнего бьефа – в верхний.

Двухмашинная схема состоит из одного агрегата, который включает две обратимые машины: двигатель-генератор и насос-турбину. Преимуществами двухмашинной схемы являются сокращение общей длины агрегата более чем на 30 %, соответственно, уменьшение габаритов здания ГАЭС и общее снижение капиталовложений в гидросиловое оборудование и строительную часть. Недостатком объединения насоса и турбины в одной обратимой гидромашине является снижение КПД в связи с несовпадением зон оптимальных КПД в турбинном и насосном режимах. Кроме того, в двухмашинной схеме направление вращения в турбинном и насосном режимах противоположное, из-за чего осложняется перевод из одного режима в другой, и несколько снижается маневренность [4].

Гидравлические способы пуска обратимых гидроагрегатов включают:

- дополнительные турбинные приборы на валу обратимого гидроагрегата;
- поворот направляющих лопаток на угол, обеспечивающий требуемое направление и частоту вращения;
- соответствие взаимной установки лопаток направляющего аппарата и лопастей рабочего колеса поворотных лопаточных обратимых гидромашин;
- специальную систему трубопроводов и затворов, позволяющую подавать воду на рабочее колесо в насосном направлении из отсасывающей трубы в спиральную камеру.

Технические возможности осуществления указанных предложений реальны, несмотря на то, что имеются трудности в создании системы автоматического регулирования, позволяющей значительно «переоткрывать» направляющий аппарат.

Результаты натурных испытаний пуска агрегата в турбинный режим по технологической схеме, аналогичной схеме асинхронного пуска в насосном режиме при закрытом дисковом затворе на верховом трубопроводе, без отжатия воды из спирали и камеры рабочего колеса будут использованы при управлении водными ресурсами в водно-энергетических системах.

Список использованных источников

1 Гловацкий, О. Я. Особенности расчетов реконструкции и модернизации объектов систем машинного водоподъема / О. Я. Гловацкий, Р. Р. Эргашев // Экономический вестник Узбекистана. 2009. – № 6. – С. 110–111.

2 Некоторые экологические аспекты безопасности энергосберегающих режимов ирригационных насосных станций / О. Я. Гловацкий, Н. Р. Насырова, Р. Р. Эргашев, А. Б. Сапаров // Научное обеспечение как фактор устойчивого развития водного хозяйства: сб. докладов II Междунар. науч.-практ. конф. – Казахстан, 2016. – С. 246–249.

3 Гловацкий, О. Я. Исследование кавитационно-абразивного износа ирригационных насосов / О. Я. Гловацкий, Н. Р. Насырова, А. Э. Бердияров // Современные проблемы в сельском и водном хозяйстве: сб. науч. ст. XV науч.-практ. конф., г. Ташкент. – Ташкент, 2016. – С. 433–436.

4 Печейкина, Е. А. Исследование возможностей использования ГАЭС в Узбекистане / Е. А. Печейкина // Современные проблемы в сельском и водном хозяйстве: сб. науч. ст. XV науч.-практ. конф., г. Ташкент. – Ташкент, 2016. – С. 480–484.

УДК 626.82:681.3

Г. А. Сенчуков, Т. С. Пономаренко

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

**ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РЕЖИМОВ
ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ И ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ
НА ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ**

В статье рассмотрены водохозяйственные задачи, решение которых выполняют современные цифровые системы компьютерного моделирования путем создания имитационной модели на основе применения водобалансовых методов. В кратком виде представлен перечень исходных данных и входных параметров для разработки водохозяйственной модели. Приведен пример использования таких моделей на участке оросительной системы, и представлен анализ данных, полученных в результате моделирования.

Ключевые слова: водохозяйственное моделирование, водопользователь, орошение, цифровые системы компьютерного моделирования, дефицит.

В настоящее время дефицит водных ресурсов вызван рядом причин, одной из которых является их нерациональное использование.

Отсутствие современных средств водоучета, равно как и несоблюдение утвержденных поливных норм, приводит к перерасходу воды, переполнению водоотводной сети и в некоторых случаях к ухудшению мелиоративного состояния оросительной системы и прилегающих неорошаемых земель и, как следствие, дефициту воды в водных источниках.

Одним из современных и инновационных методов, повышающих рациональность водопользования, является водохозяйственное моделирование, которое позволяет решать весь спектр водохозяйственных задач путем создания имитационной модели на основе применения водобалансовых методов, в том числе:

- комплексно анализировать водообеспечение как в рамках всего водного бассейна, так и его отдельных частей;
- производить учет отраслевого промышленного и сельскохозяйственного водопотребления, режимов эксплуатации водохранилищ многоцелевого назначения;
- проводить водохозяйственное обоснование схем водоотведения, переброски стока и т. д.