

УДК 621.67:626.83

О. Я. Гловацкий, Н. Р. Насырова

Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем при Ташкентском институте инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, Ташкент, Республика Узбекистан

Ф. А. Бекчанов

Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, Ташкент, Республика Узбекистан

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Целью исследований является научное обоснование критериальных значений эффективности эксплуатации насосных станций оросительных систем. В статье рассматривается опыт эксплуатации и модернизации центробежных насосов Д2000-21, оцениваются характеристики качества перекачиваемой оросительной воды при различных критериях ее состояния. Проанализированы результаты проведенных натурных исследований головных насосных станций систем Аму-Занг, Джизак, Аму-Бухара и Карши, которые показали, что большой диапазон колебаний уровней и повышенная мутность воды в реке Амударье, изменчивость ее русла, наличие большого количества мусора усложняют условия водозабора.

Ключевые слова: насосные станции, износостойкость, рабочее колесо, насосный агрегат, безопасность.

O. Ya. Glovatsky, N. R. Nasyrova

Scientific Research Institute of Irrigation and Water Problems at Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers, Tashkent, Republic of Uzbekistan

F. A. Bekchanov

Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers, Tashkent, Republic of Uzbekistan

INCREASING THE EFFICIENCY OF PUMPING STATIONS OPERATION ON IRRIGATION SYSTEMS

The purpose of research is the scientific substantiation of criterial values of the efficiency of irrigation systems pumping stations operation. The article deals with the experience of operation and modernization of centrifugal pumps D2000-21, assesses the quality characteristics of pumped irrigation water under various criteria of its condition. The results of field studies of head pumping stations of Amu-Zhang, Jizzakh, Amu-Bukhara and Karshi systems were analyzed, which showed that a large range of level fluctuations and increased turbidity in the Amu Darya River, the variability of its waterway, the presence of a large amount of garbage complicate the conditions of water intake.

Keywords: pumping stations, wear resistance, impeller, pump unit, safety.

Особенностью сельского хозяйства республик Центральной Азии является широкое развитие машинного орошения. Опыт эксплуатации насосных станций (НС) оросительных систем показывает, что в их работе имеется ряд существенных недостатков, обусловленных несовершенством проектных решений основных элементов. Безопасность эксплуатации аванкамер, водоприемников, сороудерживающих сооружений (СУС), всасывающих труб не отвечает современным требованиям.

К 2017 г. мощность основного насосного оборудования, отработавшего парковый (заводской) ресурс, составила по НС более 70 % установленной мощности. Опре-

деление «лимитирующих» элементов в изменившихся условиях эксплуатации является чрезвычайно актуальной задачей в начале XXI в.

Длительная эксплуатация изношенного оборудования в условиях ужесточающихся режимов его работы приводит к ускорению физического износа узлов насоса (рабочего колеса, камеры рабочего колеса, подшипников), т. е. основных узлов, восстановление которых требует полной разборки с выводом из эксплуатации на длительный период. В результате этого снижается средневзвешенный КПД оборудования, ухудшаются технико-экономические характеристики.

Повышение эффективности эксплуатации НС возможно только при систематической научно-производственной работе, направленной на совершенствование конструкции оборудования и сооружений, изучение местных условий и факторов, которые влияют на эффективность и безопасность работы всего гидротехнического комплекса оросительной системы.

К сожалению, центробежные и осевые насосы, применяемые для НС оросительных систем, не учитывают специфических требований оросительных НС, так как эти насосы предназначены для перекачивания чистой воды.

Опыт эксплуатации центробежных насосов Д2000-21 показал, что изготовление их в абразивностойком исполнении не снижает интенсивность изнашивания бронедисков, защитных втулок, уплотняющих и защитных колец под воздействием абразивных частиц.

Основным видом износа камеры рабочего колеса осевого насоса является износ в зоне оси вращения лопастей. Для износа рабочей поверхности камеры характерна ноздреватость, глубокие раковины, язвы. Известны случаи, когда стенки камеры, изготовленной из углеродистой стали, разрушались. Появление на рабочей поверхности даже незначительных язвин и неровностей влечет за собой резкое интенсивное разрушение.

Одним из путей повышения эффективности работы НС является улучшение эксплуатационных качеств используемых агрегатов. Функциональные нарушения эксплуатационных режимов насосов зависят от объективных и субъективных факторов.

Например, при снижении уровня воды в нижнем бьефе увеличиваются геодезическая высота подъема и высота всасывания, твердые частицы, находящиеся в потоке воды, приводят к интенсивному изнашиванию элементов насосов, в результате которого снижаются подача, напор и КПД насосных агрегатов.

К субъективным факторам можно отнести статический дисбаланс рабочего колеса насоса, нарушение герметичности проточной части насоса и сифона на водовыпуске, излом линии вала агрегата, несоосность осей статора и ротора двигателя, неправильную сборку или повреждение элементов агрегатов. Неисправности, связанные с субъективными факторами, устраняются при соответствующем уровне знания обслуживающего персонала и качественном проведении ремонтно-монтажных и наладочных работ.

Вопросы повышения эксплуатационных показателей насосов, связанных с объективными факторами, требуют разработки научно обоснованных конструктивно-технических и эксплуатационно-технологических мероприятий. Замена насосов на новые, современные, более эффективные модели позволит обеспечить безаварийную работу НС оросительных систем [1].

Для снижения уровней лопастных составляющих пульсаций давлений необходимо принять максимально возможный зазор между колесом и корпусом и снимать циркуляцию по лопастям колеса. Рабочие характеристики нового насоса с рабочим колесом диаметром $D_{\text{рк}} = 425$ мм показали следующие значения КПД ($\eta_{\text{н}}\%$): расчетные – 80,1–83,0, фактические – 80,7–86,4, отклонение – 3,4–0,6 %. В процессе проводимых испытаний вибрации и шум не наблюдались.

Сравнительные испытания вариантов рабочих колес на износ проводились на серийном насосе Д2000-21 в одинаковых эксплуатационных условиях.

Износостойкие качества испытанных рабочих колес разной конструкции оценивались путем сравнения наработок на отказ с помощью коэффициента относительной износостойкости K_H (таблица 1), который для серийного колеса принят за 1.

Таблица 1 – Коэффициенты относительной износостойкости рабочих колес

Количество испытанных рабочих колес, шт.	Размер твердых частиц, мм	Массовая концентрация, %	Наработка на отказ, ч	K_H
8	2,0–5,0	15–20	560–610	2,30–3,05
4	0,5–2,0	20–23	620–710	2,70–3,10

Эксплуатационные мероприятия должны быть направлены на снижение себестоимости перекачиваемой воды, которая является главным технико-экономическим показателем НС.

Результаты проведенных натурных исследований и диагностики показали, что большой диапазон колебаний уровней и повышенная мутность воды в реке Амударье, изменчивость ее русла, наличие большого количества мусора усложняют условия водозабора головных НС систем Аму-Занг, Джизак, Аму-Бухара и Карши.

В общем случае качество перекачиваемой воды характеризуется набором n параметров: концентрацией взвешенных частиц, количеством плавающих тел, химическими свойствами, плотностью, температурой и др. [1].

Совокупность этих параметров образует n -мерный вектор $x (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m)$ качества перекачиваемой воды (таблица 2).

Таблица 2 – Условная оценка характеристик качества перекачиваемой воды при различных критериях ее состояния

Состояние перекачиваемой воды	Оценка качества в баллах	Параметр качества воды	
		Мутность потока, кг/м ³	Насыщенность потока плавником
Абсолютно чистая	4	до 0,5	до 0,05
Чистая	3	$0,5 \leq \rho < 1,5$	$0,05 \leq \delta < 0,30$
Умеренно загрязненная	2	$1,5 \leq \rho < 3,0$	$0,30 \leq \delta < 0,60$
Сильно загрязненная	1	более 3,0	более 0,6

Выделим два основных параметра: ρ – мутность потока, кг/м³; δ – насыщенность потока плавником:

$$\rho = \frac{R}{Q},$$

$$\delta = \frac{W_{\text{п.м.}}}{W},$$

где R – расход взвешенных наносов, кг/с;

Q – расход воды (подача НС), м³/с;

$W_{\text{п.м.}}$ – объем плавающего мусора, м³;

W – объем стока, м³.

При высокой мутности перекачиваемой воды, содержащей до 5 кг/м³ абразивной взвеси, происходит ускоренный износ внутренней проточной части насосов, корпуса, рабочих колес и уплотнений. Так, например, абразивный износ и износ корпуса наблюдается в проточной части агрегатов НС «Кизил Тепа» и составляет 40–48 %.

Из-за неравномерного износа нарушается оптимальный профиль лопастей, появляются неуравновешенные массы, приводящие к статическому и динамическому дисбалансу рабочего колеса.

Повышенная вибрация опорных узлов (крестовин, подшипников, статора) вызы-

вадет ухудшение эксплуатационных свойств агрегатов за счет ослабления соединений и неподвижных креплений, образования зон и накопления усталостных разрушений в металле и сварных швах, перегрева и нарушения условий смазки в направляющих подшипниках. Общий уровень вибрации и биение вала у направляющего подшипника насоса отдельных агрегатов НС «Наманган», «Каракуль», «Алат», «Караул Базар» значительно превышают допустимые нормы. Чрезмерные динамические нагрузки на лопасти рабочих колес осевых насосов, сопровождающиеся отрывом лопастей, потребовали перехода на полностью заварные рабочие колеса. По этой причине снижаются возможности регулирования подачи насосов и синхронизации режимов каскадной схемы работы НС.

В связи с тем, что в последнее время активно развивается новое направление в исследованиях безопасности НС в рамках вероятностного подхода с использованием методов современной теории надежности технических объектов, определенный интерес представляет и оценка уровней риска, которые «заложены» в нормах для НС. Анализ такого «нормативного» риска позволит более объективно оценить достигнутый уровень безопасности в мелиорации и гидротехнике, сопоставить его с риском в других областях техники.

Важнейшим фактором обеспечения нормативной безопасности НС являются расчеты на основные и особые сочетания нагрузок и воздействий. Вероятности реализации основных сочетаний близки к единице, а вероятности реализации особых – весьма малы. Другими словами, возможность наступления экстраординарных событий как по основным, так и по особым сочетаниям маловероятна. Однако в принципе она не исключается и ее следует учитывать как фактор риска.

Среди нормативных коэффициентов выделяется коэффициент надежности γ_n , значения которого устанавливаются по принадлежности объекта к тому или иному классу. Использование коэффициента γ_n позволяет гарантировать определенный уровень безопасности сооружения уже по факту отнесения его к соответствующему классу, несмотря на другие обстоятельства нормирования безопасности, которые нашли выражение в системе нормативных коэффициентов.

Коэффициент условий работы γ_c далек от формализации и в большинстве случаев используется специалистами как инструмент компенсации их незнания роли различных факторов и обстоятельств при расчетном обосновании надежности объекта.

Целесообразно оценивать не один, а два уровня нормативного риска, допускаемого на сооружении: верхнюю границу риска (sup), которая определяется только классом объекта, и нижнюю (inf), которая может быть достигнута для данного сооружения НС при выбранном классе за счет других коэффициентов [2].

Независимо от фактического проектного исполнения НС ее безопасное функционирование определяется влиянием следующих критериев, подлежащих оценке при эксплуатации НС:

- исправность и работоспособность основного насосно-энергетического оборудования;
- исправность и работоспособность вспомогательного оборудования и систем НС;
- прочность, устойчивость и пропускная способность гидротехнических сооружений и их отдельных элементов;
- достаточность подпора (высоты всасывания насоса);
- приспособленность НС к предупреждению, локализации и устранению последствий возможных аварийных ситуаций;
- надежность средств противоаварийной защиты и сигнализации, установленной на оборудовании.

Разделение НС на отдельные элементы в целях определения устойчивости, безопасности функционирования НС и экспертной оценки технического состояния производится в логической последовательности от водозабора до напорного бассейна.

Выводы

1 Для повышения безопасности и устойчивой эксплуатации НС рекомендуется разработать нормативные документы, которые определяли бы условия подвода воды, не приводящие к износу оборудования и разрушению материалов; методику комплексной оценки степени риска при воздействии ресурса эксплуатации.

2 Современный этап развития машинного водоподъема в орошении характеризуется специалистами как период старения сооружений и оборудования, в связи с этим система надзора за безопасностью этих объектов должна быть официально оформлена в виде самостоятельного направления сохранения работоспособности и технического состояния основного оборудования и сооружений НС.

Список использованных источников

1 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. докл. II Междунар. науч.-практ. конф. – Казахстан, 2016. – С. 143–146.

2 Energetic, hydraulic and economic efficiency of axial flow and centrifugal pumps for surface water irrigation / T. J. Krupnik, O. Ya. Glovatsky, Sh. R. Rustamov, N. R. Nasirova, Sh. M. Sharipov // The USA Journal of Applied Sciences. – Cibunet, ORT Publishing, 2016. – № 2. – P. 101–108.

УДК 681.12:626.82

М. В. Вайнберг, А. А. Чураев

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

**ОБЗОР И АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СРЕДСТВ
ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ ВОДЫ (ПЕРЕПАДА УРОВНЕЙ)
НА ОТКРЫТЫХ КАНАЛАХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ**

В статье приведен обзор существующих средств измерения уровня воды на открытых каналах оросительных систем. Описаны средства измерения, выпускаемые как отечественной, так и зарубежной промышленностью, от простейших до датчиков, позволяющих организовать полную автоматизацию процесса измерения. Выполненный анализ средств измерения показал, что при решении технических вопросов кроме достоверности измерения необходимо также учитывать удобство обслуживания, стоимость того или иного датчика и возможность использования датчиков уровня на пунктах водоучета при отсутствии электроснабжения.

Ключевые слова: уровень воды, водомерная рейка, буйковый уровнемер, гидростатический датчик уровня, ультразвуковой датчик.

M. V. Vaynberg, A. A. Churaev

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

**REVIEW AND ANALYSIS OF EXISTING MEANS OF WATER
LEVEL MEASUREMENT (LEVEL DIFFERENCES)
IN OPEN CANALS OF IRRIGATION SYSTEMS**

The article provides an overview of the existing means of water level measurement in open canals of irrigation systems. Measuring instruments from the simplest ones to sensors that allow to organize a complete automation of measurement process produced by both do-