

2 Основные принципы и методы эксплуатации магистральных каналов и сооружений на них: монография / В. Н. Щедрин [и др.]; под общ. ред. В. Н. Щедрина. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2015. – 361 с.

3 Правила эксплуатации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев, В. В. Слабунов, О. В. Воеводин, А. Л. Кожанов, А. С. Штанько, С. Л. Жук; ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2014. – 171 с. – Деп. в ВИНТИ 14.04.14, № 96-B2014.

4 Щедрин, В. Н. Совершенствование конструкций открытых оросительных систем и управления водораспределением / В. Н. Щедрин. – М.: Мелиорация и вод. хозяйство, 1998. – 160 с.

5 Анализ влияния новых средств и способов полива на процессы управления водораспределением / В. И. Коржов, О. В. Сорокина, Т. В. Коржова, Г. О. Матвиенко // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2018. – № 4(32). – С. 105–125. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec574-field6.pdf. – DOI: 10.31774/2222-1816-2018-4-105-125.

УДК 621.224:626.816

О. Р. Азизов

Управление насосных станций и энергетики Министерства водного хозяйства, Самарканд, Республика Узбекистан

А. С. Газарян, Н. Р. Насырова, Н. М. Исмаилов

Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем, Ташкент, Республика Узбекистан

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ СОПРЯГАЮЩИХ СООРУЖЕНИЙ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ С ПЕРЕХОДНЫМИ ПРОЦЕССАМИ

В статье рассматривается часть вопросов повышения надежности и безопасности насосных станций при вероятностном процессе повреждения основного оборудования и сооружений в условиях исчерпания их ресурса. Анализ этих условий показал, что параметр нестационарности неустановившегося движения воды в водоподводящих сооружениях определяющим образом сказывается на показателях надежности в рассматриваемых эксплуатационных характеристиках насосных агрегатов. Рассмотрены факторы, оказывающие влияние на величину и последствия неустановившихся режимов. Износ элементов проточных трактов насосов в процессе эксплуатации вследствие кавитации и истирания взвешенными наносами приводит к резкому ухудшению режимов работы. Использование новых режимов эксплуатации рекомендуется по программе обеспечения надежности эксплуатации насосных агрегатов.

Ключевые слова: безопасность, насосные станции, каналы, параметры надежности эксплуатации, режимы, расчет движения воды, риск превышения, нормативные значения, силовое воздействие.

O. R. Azizov

Department of Pumping Stations and Energy Management Ministry of Water Resources, Samarkand, Republic of Uzbekistan

A. S. Gazaryan, N. R. Nasyrova, N. M. Ismailov

Scientific Research Institute of Irrigation and Water Problems, Tashkent, Republic of Uzbekistan

SAFETY IMPROVEMENT OF GRADE-CONTROL STRUCTURES OF PUMPING STATIONS WITH TRANSIENT PROCESSES

Some issues of improving the reliability and safety of pumping stations in the probabilistic process of the main equipment and structures damage under the conditions of their

depletion are discussed. The analysis of these conditions showed that the transient parameter of the unsteady flow in headrace structures has a decisive effect on the reliability indicators determination in the considered pump units characteristics. The factors affecting the magnitude and consequences of transient modes are considered. The wear of the elements of the pump water conveyance systems during operation due to cavitation and abrasion by suspended sediment leads to a sharp deterioration in operating modes. The use of new operating modes is recommended by the program on reliability of the pump units operation.

Key words: safety, pump stations, canals, reliability parameters of operation, modes, unsteady flow calculation, exceeding risk, regulatory values, power action.

Введение. В настоящее время на многих насосных станциях (НС) осуществляется замена крупных насосов, выработавших свой ресурс. Для уточнения режимов совместной эксплуатации новых и старых насосных агрегатов проводятся натурные испытания. Их основным видом в условиях эксплуатации являются контрольные испытания с использованием диагностического оборудования, при которых определяются фактические параметры агрегатов в рабочих условиях. В последние годы в НИИИВП проводятся исследования в этой области [1, 2]. По результатам контрольных испытаний делаются выводы о соответствии фактических рабочих параметров насосных агрегатов заводским и проектным, определяются условия надежности и безопасности НС [1]. Анализ этих условий показал, что параметр нестационарности неустановившегося движения воды в водоподводящих сооружениях НС определяющим образом сказывается на показателях надежности рассматриваемых эксплуатационных характеристик.

Материалы и методы. В процессе выполнения исследований использовались основные положения гидравлики, теории лопастных насосов, проводилась обработка результатов полевых экспериментов, применялись аналитические методы оценки показателей надежности и безопасности.

Результаты и обсуждение. Повышение безопасности сопрягающих сооружений с переходными процессами сконцентрировано авторами на элементах устройств в водоподводящих сооружениях НС с минимальной надежностью от регуляционных сооружений – 0,91, аванкамеры – 0,9, сороудерживающего сооружения – 0,85, водоприемника – 0,84 (рисунок 1).



Рисунок 1 – Состояние потока в водоподводящих сооружениях крупных НС (фото НИИИВП)

Натурные исследования аванкамеры Аму-Бухара-1, Кую-Мазар были проведены с целью оценки влияния конструктивного исполнения аванкамеры и гидравлических режимов потока на работу комплексов основного гидромеханического и энергетического оборудования крупных НС.

В зависимости от продолжительности и повторяемости силовых воздействий при расчетах допускают разные запасы прочности и устойчивости сооружений.

При проектировании в расчетах принимаются разные комбинации сил и нагрузок, причем составляются самые невыгодные их возможные комбинации. Величина гидростатического давления воды определяется известными из гидравлики способами. Гидродинамическое давление на ту или иную поверхность зависит от скорости движения воды и условий обтекания тела. Величина этого давления определяется по формулам гидравлики [3].

Исходными данными для расчета являются:

- сечение подводящего канала, расчет которого выполняется в соответствии с указаниями по проектированию каналов мелиоративных систем;
- сечение фронта здания и площадь водоприемных отверстий всасывающих труб, выбираемых по каталогу-справочнику «Насосы»;
- диапазон колебаний уровней воды в нижнем бьефе;
- продольная эпюра средних скоростей по длине аванкамеры.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что расчет аванкамеры многоагрегатных НС целесообразно выполнять на основе взаимосвязи с кинематическими характеристиками потока. В случае необходимости следует добавлять гидравлический расчет входа жидкости во всасывающие трубы.

Для улучшения растекания потока в аванкамере было предложено установить одну или две поперечные стенки. По рекомендациям САНИИРИ донные поперечные стенки были установлены в аванкамерах Джизакской и Талимарджанской станций.

Эти стенки рекомендуется устраивать, когда отношение площади водозаборного фронта к площади поперечного сечения канала > 2 . Высоту поперечной стенки рекомендуется определять по условию сжатия сечения потока по высоте до образования средних скоростей, в 1,15–1,4 раза меньших, чем в подводящем канале. Расстояние от входных оголовков быков до стенки L (м) рекомендуется определять по формуле:

$$L = \frac{\omega_{\text{фр}} - \omega_H}{\omega_{\text{фр}}} H_{\text{max}} a,$$

где $\omega_{\text{фр}}$ – площадь водозаборного фронта при Q_{max} , м²;

ω_H – площадь сечения канала при Q_{max} , м².

H_{max} – максимальная глубина воды у водоприемника при пропуске Q_{max} , м;

a – коэффициент, изменяющийся от 1,8 до 2,5.

Техническое состояние насосных агрегатов определяется сравнением фактических параметров (напора H , подачи, потребляемой мощности) с расчетными.

Критерием оценки технического состояния осевых насосов является предельное отклонение по напору и КПД от паспортного значения. При падении напора свыше 7 % и КПД более 3 % техническое состояние насоса считается неудовлетворительным и дальнейшая его эксплуатация запрещается. Эксплуатация центробежного насоса прекращается при снижении напора более 2 % и КПД более 3 %.

С 2015 г. в НИИИВП проводится сбор информации о техническом состоянии по наиболее характерным типам насосов Аму-Бухарского, Аму-Каракульского, Каршинского каскадов Зарафшанского региона.

Исходя из установленных нами физических представлений, необходимо установить, какие факторы в самом общем случае оказывают влияние на техническое состояние насосов:

- гидродинамические силы как функция линейных размеров насосов l , скорости потока V :

$$R = f_1(l), R = f_2(V);$$

- если скорость потока не слишком мала, то существенную роль играют силы инерции, которые характеризуются ее плотностью ρ (кг/м³):

$$R = f_3(\rho);$$

- величина полной гидродинамической силы зависит от силы трения водной среды о внутреннюю поверхность проточной части насосов, а следовательно, от величины коэффициента вязкости среды μ :

$$R = f_4(\mu).$$

Основная задача расчета безопасности – определение продолжительности неустановившегося процесса при работе, момента максимального повышения давления на валу насоса. При перемене направления движения воды, которая произойдет вследствие отражения и преломления волн, разорвавшиеся части колонны воды встречаются и давление сильно возрастает [4].

В настоящее время в технике имеют место два подхода к нормированию безопасности. Первый, который применяется и в гидротехнике, основан на разделении объектов на классы в зависимости от их ответственности [5]. К каждому классу предъявляются свои определенные требования по безопасности, которые обеспечиваются посредством регламентации сочетаний нагрузок и воздействий системы нормативных коэффициентов: по нагрузкам, материалам, ответственности, условиям работы.

Во втором случае регламентируется риск как вероятность другого, связанного с аварией или же отказом объекта, нежелательного и катастрофического события. Целесообразно оценивать не один, а два уровня нормативного риска, допускаемого на гидросооружении: верхнюю границу риска, которая определяется только классом объекта, и нижнюю, которая может быть достигнута за счет других коэффициентов [5].

Из расчетных сочетаний нагрузок и воздействий, которые регламентируются действующими нормами, формировались две полные группы событий: сочетания периода постоянной эксплуатации и временной эксплуатации (таблица 1).

Таблица 1 – Значения риска превышения нормативных воздействий

В 1/год

Класс сооружений	Сочетание периода временной и постоянной эксплуатации					
	Основное	Особое по максимальным расходам	С климатическими воздействиями	С сейсмическими воздействиями	При нарушениях нормальной эксплуатации	В период реконструкции
I	10^{-4} (0,9999)	$5 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$	10^{-5}	$2 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-4}$
II	10^{-3} (0,999)	$5 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	10^{-4}	$2 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-3}$
III	$6 \cdot 10^{-3}$ (0,994)	$2 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^{-2}$
IV	10^{-2} (0,99)	$4 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$	10^{-3}	10^{-3}	$2 \cdot 10^{-2}$

Примечание – В скобках указана вероятность реализации расчетных сочетаний.

Крупные НС оснащаются насосами большой быстроходности, в связи с чем к подводным устройствам блоков НС предъявляются требования по обеспечению безопасности [5]. Важным следствием реконструкции является повышение единичной мощности регулируемых насосных агрегатов, что дает дополнительную экономию энергии и сокращает технологические объемы зданий НС на 15–20 % [3, 4].

В практике при эксплуатации НС контролируются 30–40 % от общего числа параметров, подлежащих контролю, что, безусловно, ухудшает аспекты безопасной работы агрегатов, поскольку режим работы НС изменяется в соответствии с графиком водопотребления и из-за других факторов. Основная трудность планирования режимов заключается в построении адекватной математической модели действующей системы. Идентификация модели осуществляется методом последовательных приближений с применением результатов натурных измерений расходов и параметров НС.

Работы продолжают по направлениям расширения и идентификации расчетной схемы водоподводящих сооружений узла НС, разработки вариантов управления с введением в схему новых средств регулирования работы элементов НС. Расчет слож-

ных переходных процессов – один из самых ответственных этапов повышения безопасности эксплуатации НС [3, 4].

Режимы работы НС определяются алгоритмически. Геометрический напор рассчитывается как разность уровней верхнего и нижнего бьефа НС. Характеристика потерь напора НС представлена в виде функциональных кривых, зависящих от подачи и высоты подъема. В лаборатории НС и гидроэнергетики НИИИВП рассматриваются первоочередные рекомендуемые мероприятия по программе обеспечения надежности насосных агрегатов [6].

Выводы

1 Повышение безопасности сопрягающих сооружений с переходными процессами целесообразно сконцентрировать на водоподводящих сооружениях НС. При нормировании безопасности необходимо учитывать требования регламентации сочетаний нагрузок и воздействий системы на их элементы. В статье приведены значения риска превышения нормативных воздействий.

2 Регулирование эксплуатационных режимов узла машинного водоподъема, включая основные сооружения водоподводящего тракта (каналы, самотечные трубопроводы), аванкамеры, водоприемники, является одной из основных задач эксплуатации НС.

3 Для повышения безопасности и устойчивой эксплуатации НС рекомендуется разработать нормативные документы, определяющие методику комплексной оценки степени риска от воздействия ресурса неподходящего качества эксплуатации НС.

Список использованных источников

1 Гловацкий, О. Я. Совершенствование методов диагностирования насосов крупных гидротехнических систем / О. Я. Гловацкий, Ф. А. Бекчанов // Гидротехника. – 2019. – № 2(55). – С. 70–73.

2 Насырова, Н. Р. Управление надежностью насосных станций для обеспечения безопасности эксплуатации / Н. Р. Насырова, Ш. Р. Рустамов, О. Я. Гловацкий // Проблемы управления водными и земельными ресурсами: междунар. науч. форум. – 2015. – С. 160–167.

3 Interconnection of influent channel and pumping station units / O. Glovatskiy, T. Djavburiyev, Z. Urazmukhamedova, A. Gazaryan, F. Akhmadov // Construction the Formation of Living Environment: XXII International Scientific Conference on Advanced in Civil Engineering, April 18–21, 2019. – DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199705011>.

4 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. науч. тр. – 2016. – С. 143–146.

5 Гловацкий, О. Я. Оценки безопасности и повышение надежности эксплуатации гидротехнического узла крупных насосных станций / О. Я. Гловацкий, Н. Р. Насырова, Р. Р. Эргашев // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 2(62). – С. 108–113.

6 Программа для обеспечения надежности насосных агрегатов: свид. об офиц. регистрации прогр. для ЭВМ Республики Узбекистан № DGU 03969 / Гловацкий О. Я., Эргашев Р. Р., Насырова Н. Р., Бекчанов Ф. А.; заявитель и правообладатель Ташкент. ин-т ирригации и мелиорации. – № заявки DGU 2016 0452, опубли. 09.09.16.

УДК 631.67:626.81

Т. С. Пономаренко, А. А. Кузьмичёв, А. В. Бреева

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

ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БАССЕЙНА РЕКИ САЛГИР