

# ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОСНОВНЫХ СООРУЖЕНИЙ, СИСТЕМ И ОБОРУДОВАНИЯ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

**Хужакулов Рустам,**

профессор кафедры “Гидравлика и строительство инженерных сооружений” Каршинского государственного технического университета (КГТУ), доктор технических наук,

**Турсунов Феруз Юлдошевич,**

научный соискатель кафедры “Гидравлика и строительство инженерных сооружений” КГТУ,

**Исломов Илхом Мустонович,**

Базовый докторант Научно-исследовательского института ирригации и водных проблем (НИИИВП)

**Аннотация.** В данной статье приведены результаты расчётов управления с использованием объемов воды в бьефах Каршинского магистрального канала (КМК) при отключении и включении насосных агрегатов. Совершенствование устройств для очистки проточной части насосов выполняется с исследованием механизма образования взвешенных, жидких и парообразных частиц в многофазных жидкостях. Экономическая эффективность может составлять 18–25% энергии, потребляемой насосными станциями.

**Ключевые слова:** насосные станции, агрегат, магистральный канал, водопроводящее сооружение, растекатель, аванкамера, гидравлические параметры, запань, шероховатость, устройств срыва вакуума, надежность.

**Annotatsiya.** Ushbu maqolada Qarshi magistral kanalining nasos agregatlarini o'chirish va yoqish paytida suv hajmidan foydalangan holda nazorat hisob-kitoblari natijalari keltirilgan. Nasoslarning oqim qismini tozalash uchun asboblarni takomillashtirish ko'p fazali suyuqliklarda to'xtatilgan, suyuqlik va bug' zarralarini hosil qilish mexanizmini o'rganish bilan amalga oshiriladi. Iqtisodiy samaradorlik nasos stantsiyalari tomonidan iste'mol qilinadigan energiyaning 18-25% ni tashkil qilishi mumkin.

**Калит сўзлар:** nasos stantsiyalari, agregat, magistral kanal, suv ta'minoti inshooti, yoyuvchi, old kamera, gidravlik parametrlar, zapan, g'adir-budurlik, vakuumli parchalanish moslamalari, ishonchlilik

**Abstract.** This article presents the results of control calculations using the volumes of water in the pools of the main channel when switching off and on pumping units. Improvement of devices for cleaning the flow part of pumps is carried out with the study of the mechanism of formation of suspended, liquid and vapor particles in multiphase liquids. Economic efficiency can be 18-25% of the energy consumed by pumping stations.

**Keywords:** pumping stations, unit, main channel, water-conducting structure, spreader, forecourt, hydraulic parameters, valve, roughness, vacuum breaker devices, reliability

**Введение.** В последнее время ритмичная подача воды КМК регулируется с помощью канала Миришкор, путем отключений НА на НС-5, НС-6. От их технического состояния зависит надёжность подачи воды к НС-7 для заполнения Талимарджанского водохранилища [1,2,3].

Системой технического обслуживания и ремонта (ТОР) по фактическому техническому состоянию называется техническое обслуживание и ремонт, осуществляемом с установленной периодичностью.

ТОР по фактическому техническому состоянию представляет собой совокупность правил по определению режимов и регламента диагностирования оборудования и принятию решений о необходимости его обслуживания, замены или ремонта. При данной стратегии ТОР оборудование эксплуатируется до предотказового состояния[4,5].

В основе метода ТОР заложен принцип предупреждения отказов систем и их элементов при условии обеспечения максимально возможной наработки.

С учетом большой номенклатуры оборудования ирригационных НС, отличий по начальному их техническому состоянию и наработки, разной степени их сложности, использование системы ТОР на базе диагностики должна быть смешанной: планово-предупредительная система, а для остальной – по потребности после отказа. Поэтому в основу выбора стратегии ТОР для каждого типа оборудования (при переводе всей НС на систему ТОР по фактическому техническому состоянию) должен быть положен технико-экономический критерий [6,7].

**Методы.** Система ТОР по фактическому техническому состоянию требует разработки методов и средств диагностирования, обладающих большой информативностью. Такую базу технической диагностики экономически целесообразно применять в первую очередь для основного оборудования НС. Для определения надежности работы НС, необходимо регламентировать контроль и анализ уровня вибрации, температуры, утечек, параметры напора, КПД, потребляемой мощности. Эти величины должны контролироваться автоматизированной системой. В виде исключения, допускается временный контроль параметров портативными (переносными) приборами с определенной периодичностью [8].

На основе контроля и анализа вибрации, как наиболее информативного метода обнаружения неисправности, определяется глубина развития дефектов, причина их появления, прогнозируется ресурс или время работы оборудования до ремонта.

Если вибродиагностика, в первую очередь, решает задачи повышения надежности оборудования, то параметрическая диагностика НА способствует достижению более экономичных эксплуатационных параметров. В основу параметрической диагностики положены оценка напора, мощности и КПД насоса и агрегата в целом, определение причин, вызывающих ухудшение данных параметров, разработка и реализация мероприятий по улучшению или восстановлению напорной и энергетической характеристики насоса, определение тенденции их изменения по мере наработки.

Этот метод диагностики необходимо использовать на начальной стадии работы агрегата, чтобы выявить дефекты заводского характера, монтажа и ремонта, а также в период эксплуатации для своевременного обнаружения и оценки причин, ухудшающих рабочие параметры НА.

С другой стороны, оперативный контроль технического состояния должен обеспечивать высокую безотказность. Поэтому область применения стратегии обслуживания и ремонта с контролем параметров целесообразно ограничить системами, которые по соображениям безотказной работы всей НС не могут быть допущены к эксплуатации до отказа (ограничить оборудованием, отказ которого приведет к остановке всей НС или опасной аварийной ситуации).

Необходимость ограничения срока службы оборудования НС обуславливается его физическим и моральным износом, повышением числа отказов, снижением технико-экономических характеристик и требуемой надежности.

Выполнение условий реализации ТОР по состоянию, является обязательным в первую очередь для того оборудования, которые с точки зрения безопасной эксплуатации не могут быть допущены к эксплуатации до отказа, а по экономическим соображениям – к эксплуатации до выработки установленного межремонтного периода.

**Результаты и обсуждения.** С целью выделения основных объектов НС, подвергаемых первоочередному обязательному контролю, диагностическому обследованию и ремонту, все технологическое оборудование по надёжности разделено на три условные категории.



**Рис.1 - Оборудование безопасной эксплуатации**

Первая категория – оборудование, которое с точки зрения безопасной эксплуатации и по экономическим показателям не может быть допущено к эксплуатации до отказа, а, следовательно, переводится на систему ТОР по техническому состоянию: магистральные насосы; трубопроводная арматура; система подачи воздуха в камеры уплотнения; система откачки утечек; блок гашения ударной волны; блок фильтров-грязеуловителей (песколовки КМК); система предохранительных клапанов (рис.1).

Вторая категория – оборудование, которое по экономическим показателям переводится на систему ТОР по мере необходимости.

Третья категория – оборудование, которое по экономическим показателям нецелесообразно переводить на систему ТОР: питьевое водоснабжение, в случае наличия резервных ёмкостей запаса воды.

Необходимо наличие методик диагностирования оборудования, обеспечение автоматизированного контроля и сбора информации по надежности. В переходный период, до внедрения ТОР по состоянию, для оборудования второй и третьей категорий система ТОР оборудования НС основывается на выполнении восстановительных работ через заранее определенные по фактическим показателям надежности интервалы времени (наработки) в соответствии с показателями надежности. При отклонениях параметров работы оборудования, регистрируемых КИП оборудование выводится в неплановый ремонт.

Для определения целесообразного срока ремонта необходимо знать средний срок службы элемента или конструкции  $T_x$  и среднеквадратичное отклонение возможных фактических сроков службы от среднего значения  $\delta_x$ . При большом количестве обследованных объектов и выходе из строя значительного числа элементов вычисляется вероятность отказа:

$$P_c = \frac{n \cdot \sigma}{m \cdot k} \quad (1)$$

будет приближаться к теоретической вероятности:

$$P_T = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \cdot \ell \frac{(t_i - T_x)^2}{2\sigma^2} \quad (2)$$

Преобразовав приведенные выражения, получим математические зависимости для расчета  $\sigma^2$  и  $T_x$  любой отрезок времени  $t_i$  с любым числом обследованных и вышедших из строя элементов  $n_i$ .

$$\sigma^2 = \frac{\lg \cdot \ell [(t_4^2 - t_3^2) \cdot (t_2 - t_1) - (t_2^2 - t_1^2) \cdot (t_4 - t_3)]}{2 \left[ \lg \frac{P_3}{P_4} (t_2 - t_1) - \lg \frac{P_1}{P_2} \cdot (t_4 - t_3) \right]}, \quad (3)$$

$$T_x = \frac{\lg \cdot \ell \cdot (t_2^2 - t_1^2) - 2 \lg \cdot \frac{P_1}{P_2} \cdot \sigma^2}{2 \lg \cdot \ell (t_2 - t_1)}, \quad (4)$$

где  $P = \frac{n_1 \cdot \sigma}{m_1} \dots P_4 = \frac{n_4 \cdot \sigma}{m_4}$

$m_1, m_2, m_3, m_4$  – число обследованных элементов соответственно в момент 1, 2, 3 и 4;  
 $t_1, t_2, t_3, t_4$  – срок службы обследуемого элемента в момент 1, 2, 3 и 4.

**Выводы.** Для определения реальных параметров состояния сооружений приняты коэффициенты условий дальнейшей работы объекта в зависимости от уровня эксплуатации и степени его износа.

Коэффициент условий работы объекта  $K_3$  определяется как функция уровня организации эксплуатации сооружений ( $O$ ), а также по оценке состояния объекта по степени его износа ( $I_3$ ) и превалирующим причинам отказов гидравлических ( $G$ ), механических ( $M$ ), энергетических ( $\mathcal{E}$ ).

$$K_3 = f[O, I_3, G, M, \mathcal{E}] \quad (5)$$

Для разработки системы управления надежностью насосов необходимо располагать достаточным количеством исходных материалов по характерам износа элементов, определить их вероятностные характеристики. К одной из таких управляющих характеристик можно отнести зазор в сопряжении ротор-статор или рабочее колесо-камера.

## ЛИТЕРАТУРЫ

1. Oleg Glovatskiy, Rustam Ergashev, Ilhom Kurbonov, Boybek Kholbutayev, Ilkhom Pirnazarov, and Adkhamjon Rajabov Practice of permanent presence and equipment of the Karshi main canal CONMECHYDRO - 2023 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340101022>
2. Nasyrova, Naila & Glovatskiy, Oleg & Artykbekova, Fotima & Sultanov, Shukhrat. (2021). Operation of the Cascade of Pumping Stations of the Karshi Main Canal. 10.1007/978-3-030-72404-7\_23.
3. Kan E, Mukhammadiev M and Ikramov N 2020 Methods of regulating the work of units at irrigation pumping stations IOP Conference Series: Materials Science and Engineering Volume 869, 042009 doi:10.1088/1757-899X/869/4/042009
4. Хужакулов Р., Турсунов Ф.Ю., Исломов И.М. Эксплуатационная надежность каскадов ирригационных насосных станций. Научно-практический журнал “Архитектура, строительство ва дизайн”, №2, 2024, С.233-239.
5. Хужакулов Р., Турсунов Ф.Ю., Исломов И.М. Достижение эффективного управления эксплуатации насосных станций. Научно-практический и инновационный журнал “Земля Узбекистана”, №1, 2025, С.10-13.
6. Oleg Glovatskiy, Rustam Ergashev, Aleksandr Gazaryan1, Jaloliddin Rashidov and Boybek Kholbutayev Improvement of water intake in large machine water lifting systems (On the example of the karshi main canal) *AIP Conf. Proc.* 2612, 020031 <https://doi.org/10.1063/5.0113298>
7. Mirskhulava Ts. E. Scour in River Basin in its Bed Mechanism Forecast. International Symposium, River Mechanism. Hong-Kong, Thailand, 2003.
8. Khujakulov R.T., Tursunov F., Islomov I. The effect of sinking soils on the reliability of hydraulic structures // Proceedings of the International Scientific and Practical Conference "The Future of Hydrogeology: Modern Trends and Perspectives", Karshi, 2024, pp. 87-94.