

УДК 626.816: 681.518

Новые методы повышения достоверности количественной оценки надежности эксплуатации объектов систем машинного водоподъёма

Гловацкий О.Я., Эргашев Р.Р., Рустамов Ш.Р.

НИИ ирригации и водных проблем при ТИИМ, г. Ташкент, Узбекистан

В НИИИВП и ТИИМ в рамках фундаментальных исследований разрабатываются новые методы анализа причин отказов элементов систем машинного водоподъёма (СМВ) по новой структурно - функциональной схеме.

Намеченные к реконструкции в нашей стране крупные СМВ по расходу, энерговооруженности, средствам управления являются крупнейшими в мире; выход из строя их даже на незначительный промежуток времени может привести к огромным ущербам. Поэтому постановка и решение теоретических задач по эксплуатации этих объектов с учетом показателей надежности является исключительно важной народнохозяйственной задачей. До настоящего времени проектирование СМВ, в том числе крупных систем, велось без учета количественного показателя надежности. Значение надежности долгое время недооценивали, и исправление ошибок требовало значительных затрат.

Учет показателей надежности может существенно сократить эксплуатационные расходы. Мероприятия по повышению надежности должны основываться на накоплении опыта эксплуатации СМВ. Поэтому налажена система сбора и обработки статистических материалов по надежности эксплуатируемых крупных СМВ и их элементов. При отборе информации намечено, чтобы она постепенно от пассивной (такой, какая есть) информации переходила к активной (такой, какая нужна). Методика сбора должна позволять концентрировать соответствующие данные в такой форме, которая позволяла бы их использовать эксплуатационному персоналу. Анализ этих статистических данных дает возможность выработать соответствующие мероприятия, резко сокращая дорогостоящие исследования, связанные с теорией вероятности и математической статистикой.

Внимание, которое уделяется надежности в промышленности, в равной мере относится к объектам гидротехники. Можно отметить в последнее время рост интереса к надежности гидросооружений СМВ. Консерватизм в проектировании СМВ с помощью испробованных и проверенных методов не должен быть помехой для внедрения новых методов анализа показателей надежности, включая мероприятия по технической диагностике и ремонтпригодности [1,2].

В настоящей статье изложены различные приемы расчета надежности отдельных элементов СМВ, а также рекомендации по повышению надежности этих объектов. Исполнителями обобщены известные методы из общей теории надежности, методы теории вероятности и впервые предложенные инженерные зависимости, позволяющие оценить надежность элементов СМВ, а также комплекса в целом с возможно полным учетом факторов.

Если не будут приняты меры по разработке научно обоснованных приемов расчета надежности СМВ на уровне требований современности и перспективы, то этот вопрос будет все больше и больше отставать от общего уровня развития техники, а этого допускать нельзя.

Приемы, описанные в данной работе - одни из первых в этой области. Однако

уже они открывают новые перспективы в области надежного проектирования СМВ. Необходимы дальнейшие теоретические фундаментальные исследования в этом направлении, обобщение практического опыта в аналогичных отраслях. Решение проблемы надежности требует совместной работы механиков, гидротехников, экономистов, математиков, специалистов по теории надежности и системному анализу.

В работах САНИИРИ и ТИИМ о подобии сопротивлений при движении жидкости в проточной части насоса позволило аналитически определить гидравлические потери в рабочем колесе и отводе [3]. Однако в этой модели не учитывается влияние ресурса на изменение гидравлических параметров. Кроме того, в модели не учитывается вероятностный характер изменения геометрических параметров, и шероховатости поверхностей проточной части насоса от времени испытаний, что не позволяет использовать статистические методы прогнозирования его технического состояния.

Изменения напора насоса под воздействием гидроабразивного износа и кавитационной эрозии его элементов в процессе эксплуатации можно представить в виде произведения энергетических параметров

$$H(t) = H_T(t) \eta_{об}(t) \eta_k(t) \eta_0(t), \quad (1)$$

где $H_T(t)$ — теоретический напор колеса в функции от t , м;

$\eta_{об}(t)$ — объемный КПД насоса в функции от t ;

$\eta_k(t)$, $\eta_0(t)$ — КПД колеса и спирального отвода в функции от t .

Статистический характер изменения геометрических параметров насоса (диаметр колеса, уплотнительные защитные кольца и т.д.) задается коэффициентом, характеризующим интенсивность изменения параметра и плотностью его распределения.

Для расчета КПД колеса и отвода использованы выражения

$$\eta_k(t) = 1 - A_1(t), \quad (2)$$

$$\eta_0(t) = 1 - A_2(t)/H(t), \quad (3)$$

где $A_1(t)$ и $A_2(t)$ - коэффициенты, характеризующие изменение геометрических параметров колеса у корпуса от времени испытаний.

После необходимых преобразований получим

$$H^2(t) - A_0(t) - H(t) + A_0(t)A_2(t) = 0. \quad (4)$$

Уравнение (4) характеризует изменение напора насоса от времени в результате износа геометрических параметров под воздействием гидроабразивной среды и кавитации.

Показатели динамики геометрических параметров насоса и вероятностные характеристики их распределений определяются по результатам эксплуатационных наблюдений или стендовых испытаний. Для этого используют методы математической статистики. С помощью динамической модели функционирования насоса путем статистического моделирования получают совокупность реализаций изменения напора насоса от времени испытаний.

Задаваясь предельным значением напора насоса, установленного на основании технико-экономических расчетов, и используя теорему преобразования случайных величин или результаты статистического моделирования, определяют ресурс насоса по параметру (напору) и показатели плотности распределения ресурса (рис. 1).

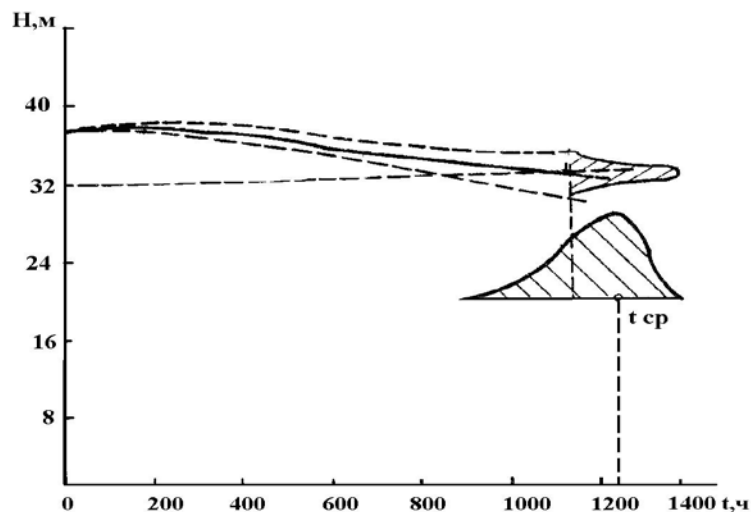


Рисунок 1 - Динамика напора насоса и его ресурс

Состояние насосной части меньше влияет на возникновение функциональных отказов агрегата, но является определяющим для параметрических показателей.

Надежность эксплуатации СМВ не отвечает современным требованиям. В условиях южных регионов СНГ даже временный недополив сельхозкультур приводит к резкому снижению урожайности. Выход из строя только одного насоса с подачей $40 \text{ м}^3/\text{с}$ в вегетационный период вызывает гибель хлопчатника на площади до 40 тыс. га. В этих условиях особое значение приобретает управление надежностью, которое может быть реализовано на основе системного анализа и новых вероятностных методов.

СМВ как кибернетические системы подвержены случайным возмущающим воздействиям (падение уровней воды, отказ электродвигателей и т.п.). Учет стохастичности системы позволяет получать решения с определенной вероятностью.

Управление надежностью в процессе эксплуатации насосов достигается путем выявления и предупреждения отказов (табл. 1). При этом преобладающее значение приобретают отказы по функционированию, т.е. полной потере работоспособности из-за трех основных причин:

- резкое увеличение кавитационных и вибрационных явлений, угрожающих целостности агрегата;
- аварийное состояние корпусных частей и рабочих органов агрегата;
- прекращение возможности подачи или отвода воды.

Обычно отказы по параметрам, т.е. уменьшение до предельно-допустимого нормативного значения при эксплуатации насоса, на практике не принимают во внимание, так как ущерб от остановки насоса, особенно в вегетационный период, намного выше [3]. В последнее время участились параметрические отказы насоса из-за кавитации.

Износ торцевой части лопасти рабочего колеса насоса типа ОПВ 10-185, изготовленного из нержавеющей стали X18H9ТЛ, от щелевой кавитации, воздействия плавника и наносов характеризуется наличием волнистой поверхности. Во втором случае поверхность торца лопасти насоса 30 ПрВ-60, изготовленного из обычной стали Ст25-Л, имеет небольшие язвинки с углублениями. Структура кавитационно-абразивного износа торцевой части

лопасти указывает на то, что для обычной стали кавитационное разрушение опережает гидроабразивное.

Таблица 1 - Отказы основного насосно-энергетического оборудования крупных насосных станций

A ₁ гидравлические					A ₂ механические			A ₃ энергетические		
Водоподводящие сооружения			Водоотводящие сооружения							
A ₁ ¹	A ₁ ²	A ₁ ³	A ₁ ⁴	A ₁ ⁵	A ₂ ¹	A ₂ ²	A ₂ ³	A ₃ ¹	A ₃ ²	A ₃ ³
Аванкамера (водоворотные зоны и воронки)	СУС (засорение решёток, аварийный период УВНБ)	Водоприёмник (заилнение порога затворов, деформация закладных частей)	Водовыпуск (быстродейств. затворы, КСВ сифонов)	Компенсаторов напорных трубопроводов	Рабочее колесо, камера, закладные	Подшипники, посадочные места	Вал насоса, рабочие щётки, центровка агрегата	Статор двигателя, пробой секции, витковые замыкания	Ротор двигателя, ослабление расклиновки	Подпятник, сегменты, зеркальный диск (нагрев, состояние)

На поверхностях лопастей рабочих колес, изготовленных из нержавеющей стали Х18Н9ТЛ, встречаются и небольшие местные углубления там, где при длительной эксплуатации могут образоваться кратеры от совместного воздействия кавитации и твердых частиц. Применение износостойких дорогостоящих нержавеющей сталей вместо обычных может в некоторой степени снизить износ деталей, но полностью не предотвращает их разрушения. Неравномерный износ камеры по периметру можно объяснить переменным зазором между торцом лопасти и камерой рабочего колеса, на что не всегда обращается внимание при сборке насосов после очередного ремонта. Авторами разрабатываются конструкции насосов, устраняющих возможность развития кавитации по всей проточной части.

Своевременное выявление описанных выше отказов позволяет предотвратить снижение эффективности эксплуатации насосов и особенно возможные аварийные ситуации, ведущие к прекращению водоподачи. Это имеет особое значение для улучшения работы крупных машинных каналов.

Литература

1. Гловацкий О.Я., Эргашев Р.Р. Особенности расчётов реконструкции и модернизации объектов систем машинного водоподъёма. Экономический вестник Узбекистана. 2009.- № 6.- с.110-111.
2. Уралов Б.Р., Мамажанов М., Гловацкий О.Я. Оптимизация эксплуатационных режимов водоподводящих и водоотводящих сооружений крупных насосных станций Труды VI международной научно-практической конференции «Проблемы науки и образования в современных условиях» Шымкент 2009 с.280-283.
3. Гловацкий О.Я., Эргашев Р.Р., Рустамов Ш.Р. Новые критериальные модули оценки технического состояния насосов // Материалы республиканской научно-практической

конференции – Т. 2012 с. 77-80