

НОВЫЕ МЕТОДЫ ДИНАМИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ НАСОСНОГО АГРЕГАТА СИСТЕМЫ МАШИННОГО ВОДОПОДЪЕМА

*Р.Р. Эргашев, Т.Ш. Мажидов, кандидаты технических наук, доценты,
О.Я. Гловацкий, доктор технических наук, профессор,
А.И.Азимов, Ф.А. Бекчанов, научные сотрудники
ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ИРРИГАЦИИ И МЕЛИОРАЦИИ (ТИИМ)
г.Ташкент, Узбекистан*

В статье рассматриваются результаты испытаний основных параметров и характеристик оборудования системы машинного водоподъема, использующих установки для диагностики насосов с целью повышения точности.

In article are considered results of the main parameter and feature test of the equipping the system machine ascent of water, using installation for diagnostics pump for the reason increasing of accuracy.

Техническое состояние насосных агрегатов (НА) определяется сравнением фактических параметров (напором H , подачей, потребляемой активной мощностью) с расчетным, а также физическим состоянием агрегатов, которые определяются при профилактических мероприятиях и диагностике НА. В ТИИМ на основе действующих ГОСТов разработана методика определений отклонения основных параметров НА при отсутствии штатных приборов КиП (в основном расходомеров), по которой определяется КПД насоса и НА.

Критериями оценки технического состояния осевых насосов являются предельные отклонения 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%.

При определительных испытаниях на надежность должны уточняться показатели надежности, сроки и объемы ремонтов, определяется потребность в запасных частях, с целью внесения этих данных в техническую документацию. Испытания на надежность являются наиболее длительным, так как они

определяют наработку на отказ, обычно равную 4000-8000 ч., и наработку до капитального ремонта (20-30 тыс.ч.). Для этой цели выбирают подконтрольные станции, где за работой насосов ведутся систематические наблюдения:

- Генеральные, в которые входит определение КПД и основных параметров и характеристик оборудования для выявления его качеств и свойств, и получения возможности более эффективного использования.

- Эксплуатационные, проводимые на основе результатов генеральных испытаний в период эксплуатации, для расширения полученных характеристик, для других условий работы агрегатов и выявления износа механизмов и состояния их после ревизии.

- Исследовательские испытания, носящие индивидуальный характер, направленные для дальнейшего повышения эффективности и безопасности эксплуатации НА.

Авторами была создана модель «Установки для диагностики насосов» [1].

Задача, на решение которой направлена полезная модель, заключается в повышении точности диагностирования. Устройство включает дифференцирующий блок и блок сравнения, которые снабжены электронным счетным устройством, установленным на всасывающей и напорной линиях насоса. Это является абсолютно точным средством определения расходных параметров насоса, так как на применение индукционных, ультразвуковых современных расходомеров накладываются значительные ограничения по абразивным примесям, температуре и другим характеристикам измеряемой жидкости в реальных условиях эксплуатации насосов. Применение электронного счетного устройства позволяет снизить погрешность измерения и повысить оперативность изменения режима.

Исполнителями разработан программный модуль и программа динамического контроля КПД крупных НА [2]. Эксплуатационные допустимые отклонения параметров (эксплуатационные допуски) не учитывают погрешностей измерений. Браковочные эксплуатационные отклонения параметров представляют собой сумму эксплуатационного допустимого отклонения и предельно допустимого среднеквадратического отклонения средств измерений. Без указания

эксплуатационных допусков нельзя задать и определить показатели долговечности, поскольку ресурс насоса становится неопределенным понятием.

Эксплуатационные допуски для любого динамического насоса должны устанавливаться на напор при номинальной подаче, максимальный КПД и на внешнюю утечку, а для некоторых насосов, кроме того, на вибрацию, время самовсасывания, сопротивление изоляции обмоток электродвигателя, люфт ротора, величину износа и др.

Трудности измерения параметров в условиях эксплуатации не являются основанием к тому, чтобы не устанавливать эксплуатационные допуски, так как потребитель без указания этих допусков не сможет правильно оценить эффективность работы насоса в системе.

Для обоснованного нахождения эксплуатационного допуска необходимо рассмотреть совместную работу насоса и системы. Общее выражение для относительного эксплуатационного допустимого отклонения напора (в %):

$$\Delta_{E_3} = \frac{E_H - g h_0 - \xi_c g \left[\left(1 - \frac{\Delta Q_3}{100} \right) Q_H \right]^2 + \frac{\Delta Q_3}{100} Q_H \frac{dE}{dQ}}{E_H} \times$$

$$\times 100\% = \frac{\Delta Q_3 Q_H \left(2 \xi_c g Q_H - \frac{dE}{dQ} \right)}{E_H},$$

где E_H и Q_H – номинальные напор в м и подача в м³/с; h_0 – гидростатическая составляющая сопротивления системы, м; ξ_c – коэффициент полного гидравлического сопротивления системы, ΔQ_3 – относительное допустимое снижение подачи насоса при эксплуатации, %.

$$\frac{dE}{dQ} = \frac{m_E}{m_Q} \operatorname{tg} \beta,$$

где m_E и m_Q – масштабы напора в м/см и подачи в м³/с·см; β – угол между касательной к напорной характеристике (в данной точке) и осью абсцисс.

При одинаковом допустимом падении подачи больший эксплуатационный допуск на напор будет у насосов, работающих в системах,

где $h_0=0$, а меньший – в системах с малым гидравлическим сопротивлением. С другой стороны, большее допустимое отклонение напора могут иметь насосы с более «крутой» напорной характеристикой: осевые, вихревые.

Авторы предлагают посредством оценки показателей надежности указать «порог» безопасности эксплуатации НА, за пределами которого не гарантирована его безотказность. С 2012г. в ТИИМ проводится сбор информации о техническом состоянии НА по наиболее характерным типам насосов машинного орошения Аму-Бухарского (АБМК), Аму-Каракульского, Каршинского каскадов, также насосных станций, питаемых из оросительных каналов в Голодной степи, Ферганской долине и т.д.

На основании обследований были определены предварительные объемы автоматизации технологических процессов на действующих насосных станциях. По проектам реконструкции I и II очередей АБМК для измерения уровней воды в верхнем и нижнем бьефах насосных станций предусмотрена установка дистанционных указателей.

Контролируется давление создаваемое насосами технического водоснабжения и давление в магистральном трубопроводе с помощью электроконтактных манометров. Эти измерения не дают уверенности в нормальной смазке водой подшипников и как показывают испытания систем водоснабжения не исключена возможность попадания мутной перекачиваемой воды в подшипники.

В результате обработки данных авторы получили характеристики вероятности безотказной работы осевых насосов типоразмера ОПВ 11-193Э и ОПВ 10 185Э (Куюмазарская на АБМК) и ОПВ 11-260 (Каршинский каскад). Их сравнение показывает, что на всех осевых насосах самая низкая надежность у нижнего направляющего подшипника.

Совпадение кривых вероятности безотказной работы верхнего и нижнего подшипников не отражает действительной картины надежности, так как верхний подшипник, менее нагруженный, долговечнее, чем нижний. Статистические же данные сроков службы практически совпадают, так как при

ремонтах оба подшипника чаще всего заменяются одновременно. Сроки службы нижних подшипников с лигнофолиевыми вкладышами большинства насосов достигают 1500 ч., с резиновыми несколько больше. Однако и эти данные несколько завышены, так как вкладыши заменяются, когда торцы лопастей рабочего колеса трутся об его камеру. Это приводит к износу торцов лопастей, увеличению щелевых потерь и уменьшению КПД.

Отказы рабочих колес осевых насосов обусловлены износом торцевой части лопастей при трении о поверхность камеры и недопустимо больших износах вкладыша нижнего направляющего подшипников. Внезапные отказы рабочих колес наблюдаются при отрыве болтов, соединяющих перо лопасти с цапфой (насосы ОП11-260, ОП10-260). Такие отказы - случайные, и выявить их закономерность не всегда возможно. Характерным отказом рабочих колес осевых насосов в условиях Центральной Азии является выход из строя лопастей рабочего колеса вследствие абразивного износа их поверхностей. Работоспособность рабочих колес нарушается также из-за отрыва нижнего обтекателя (слабая затяжка болтов крепления), кавитационного износа. Совокупность указанных отказов дает относительно низкое распределение вероятности безотказной работы рабочего колеса за время эксплуатации.

Контроль действия защитных устройств – еще один вид специальных испытаний, при которых параметры насоса постепенно доводят до предельных значений. В случае крупных одноступенчатых насосов контрольные испытания могут быть заменены контролем размеров и форм рабочих органов-параметров, которые оказывают влияние на эксплуатационные показатели насоса. У некоторых насосов, преимущественно крупных, причиной выхода из строя может стать деформация корпуса. Например, при работе крупного осевого насоса вследствие гидростатического давления может иметь место деформация корпуса и смещение верхнего подшипника, что приводит к появлению радиальной силы на верхнем и нижнем подшипниках и ускоренному износу вкладышей подшипников и шеек вала.

Гидростатическое давление может также вызвать расцентровку насосов.

Анализируя спектограмму вибрации, можно составить достаточно полное представление о процессах, происходящих в насосе, поэтому вибрацию при испытаниях целесообразно измерять и анализировать всегда. С помощью измерения вибрации можно установить границы применения насоса по параметрам: подаче, давлению на входе, углу разворота лопастей. Повышенная вибрация на основной частоте, на частотах, кратных 2-4 основной, а также z основной (z - число элементов узла по окружности: пальцев муфты, полюсов электродвигателя, лопаток и т.д.), может свидетельствовать о:

- Неуравновешенности ротора, гидравлическом небалансе, неравномерности потока;
- Изломе линии вала (в насосах с составным валом или с удлинителем), плохой центровке муфты;
- Неравномерности воздушного зазора, коротком замыкании или обрыве обмоток электродвигателя;

Неудачная форма проточной части, приводящая к отрывному обтеканию и вихреобразованию, вызывает вибрацию на частотах примерно 200-2000 Гц, а кавитационные явления – на более высоких частотах.

В зависимости от требований эксплуатации насоса возможны особые условия его работы, при которых происходит ускоренное изнашивание элементов, или условия, которые представляют опасность для насоса или системы. При проверке работоспособности может оказаться необходимым, например, выяснить поведение насоса и его элементов при пусках всухую, при обратном направлении вращения, в турбинном режиме, при длительной работе на закрытую задвижку, в условиях вибрации, при угонной скорости вращения, открытом клапане срыва вакуума, изменении характеристики системы, устойчивости совместной работы насоса и системы, динамическом повышении давления (гидравлическом ударе) и т.п.

Выводы:

1. Наиболее рациональным видом динамических испытаний является подконтрольная эксплуатация, систематическое наблюдение за изменением

параметров и износа элементов нормально - эксплуатируемого насоса, своевременное восстановление работоспособности фиксация всех действий, производимых насосом.

2. При подконтрольной эксплуатации нет необходимости точно измерять абсолютные значения параметров, необходимо с высокой точностью фиксировать их изменение по времени.

3. Для многих типов насоса, (например, крупных) причиной отказа может быть снижение КПД до предельно допустимого эксплуатационного значения, которое должно быть указано в технической документации для оптимальной подачи.

4. При периодическом контроле может оказаться очевидным, что насос может не «доработать» до следующего планового срока контроля из-за состояния элементов: износа, деформации, неисправности, биений и т.д. В этом случае фиксируется отказ насоса, независимо от внешних показателей.