

<https://doi.org/10.51301/jemet.2024.i1.06>

Fundamentals of operation maintenance and monitoring of a centrifugal pump

L. Sagatova^{1*}, S. Bortebayev¹, A. Kolga²¹Satbayev University, Almaty, Kazakhstan²Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia*Corresponding author: laila-sagatova@mail.ru

Abstract. Pumps are at the heart of most industrial processes and are the second most common machine in the world. Because pumps are so common, they are often overlooked as a potential source of increased productivity or the cause of excessive costs in improper operation. Plant managers, maintenance engineers and production managers should adhere to best practices and understand what can and cannot be done to properly use pumps in production and industrial applications. This article provides an overview of how to properly operate pumps and performance parameters that need to be monitored as part of a preventive or predictive monitoring program. It also describes continuous monitoring systems with several examples of their application to improve system performance and reduce maintenance costs. Ideally, five parameters should be monitored to understand how the pump works: suction pressure, discharge pressure, flow rate, pump speed and power. In an ideal world, all pumps would be the right size to operate continuously with maximum efficiency. In the real world of an industrial enterprise, this is impractical, since processes are fluid both literally and figuratively.

Keywords: centrifugal pump, pressure, bearing temperature, efficiency, vibration monitoring.

1. Введение

Согласно оценке возможностей рынка промышленных систем электродвигателей Министерства энергетики США, за 2002 год, на технологические насосы сегодня приходится 25 процентов общей энергии систем электродвигателей в производстве. Это делает насос второй по распространенности электронной машиной после двигателя. Хотя производительность технологических насосов улучшилась благодаря усовершенствованию дизайна, материалов и появлению цифровых технологий для контроля производительности, базовая структура мало изменилась за десятилетия.

Центробежный насос — это вращающаяся машина, состоящая из шести основных частей, которые работают вместе для поддержания правильной работы насоса. Они включают в себя рабочее колесо, корпус насоса, подшипники, несущую раму, вал и механическое уплотнение. Принцип действия насоса заключается в преобразовании механической энергии в давление. Во время работы вращающееся рабочее колесо разгоняет жидкость, и по мере расширения площади корпуса насоса скорость жидкости преобразуется в давление. В результате жидкость, находящаяся под давлением, выходит из выпускного отверстия насоса.

Эксплуатация центробежного насосного агрегата на промышленных предприятиях неразрывно связана с оценкой его технического состояния на всех этапах его жизненного цикла: в прошлом, настоящем и в будущем. Техническое состояние насосного агрегата — это совокупность его физических свойств, которые характеризуются в определенный момент времени, при определен-

ных условиях внешней среды значениями параметров, установленных технической документацией на объект диагностирования [1].

Процесс определения технического состояния называют техническим диагностированием. Техническая диагностика — установление и изучение признаков характеризующих наличие дефектов в машинах, устройствах и их узлах, элементах, так же включает в себя разработку методов и средств обнаружения и локализации дефектов в изделиях. Результатом диагностирования является оценка технического состояния объекта в определенный момент времени, оформленная надлежащим образом. Совокупность таких оценок на определенном интервале времени жизни объекта есть наблюдение или мониторинг технического состояния. Мониторинг технического состояния — это наблюдение за процессом изменения работоспособности объекта с целью предупреждения персонала о достижении объектом предельного состояния.

Мониторинг позволяет перевести большинство отказов из категории внезапных для персонала в категорию постепенных за счет раннего их обнаружения. Диагностирование производится с помощью методов неразрушающего контроля, т.е. на основе измерения и анализа параметров, сопровождающих работу оборудования в точках, доступных для измерения.

На основании полученных результатов делаются выводы о техническом состоянии деталей, узлов, механизмов и оборудования в целом. Мониторинг диагностического параметра — это процесс наблюдения во времени за изменением параметра — вибрации, температуры, давление и т.д., отражающего изменение технического состо-

яния диагностируемого оборудования. Для обеспечения мониторинга технического состояния центробежного насосного агрегата проводится его оснащение оборудованием и датчиками различных физических величин, которые обеспечивают контроль за изменением выбранных диагностических параметров [2].

Точка наилучшего КПД, скорость потока, при которой насос обладает наибольшей эффективностью, является ключевым фактором для оценки того, правильно ли работает насос. Немногие насосы постоянно работают с точным значением ВЕР, поскольку технологические переменные в производственной среде не являются постоянными на 100 процентов. Но насос, подходящий по размеру для своего применения, будет поддерживать расход, близкий к максимальной эффективности. Поддержание расхода в диапазоне от 80 до 110 процентов от КПД — это хороший диапазон для достижения максимальной эффективности и сведения к минимуму риска чрезмерного износа или выхода насоса из строя. К сожалению, многие насосы не достигают такого уровня эффективности. Рассмотрим исследование Финского центра технических исследований, в котором приняли участие почти 1700 насосов на 20 технологических установках в различных отраслях промышленности. Исследование показало, что средняя эффективность перекачки составляет менее 40 процентов, и более 10 процентов насосов работали с КПД ниже 10 процентов.

Меняются рецептуры и производительность, но, как правило, сотни, если не тысячи насосов, поддерживающих процесс, не меняются вместе с ними. Решением для поддержания надежной работы насоса является надежная программа технического обслуживания, которая сочетает в себе мониторинг основных данных о работоспособности машины в дополнение к условиям эксплуатации насоса.

Есть четыре области, которые должны быть включены в программу технического обслуживания насоса:

- мониторинг производительности насоса и анализ насосной системы;
- мониторинг вибрации;
- температура подшипника;
- визуальный осмотр.

По отдельности каждый из этих показателей является важным; в совокупности они дают полную картину фактического состояния насоса.

В идеале следует контролировать пять параметров, чтобы понять, как работает насос: давление всасывания, давление нагнетания, расход, скорость насоса и мощность.

Как минимум, давление всасывания и нагнетания необходимы для определения общего динамического напора насоса и доступного чистого положительного напора всасывания. Понимание общего динамического напора насоса имеет решающее значение для оценки того, где работает насос по отношению к КПД. Давление всасывания и нагнетания измеряется либо датчиками давления, которые могут передавать данные в режиме реального времени, либо манометрами, и установка отводов для манометров очень важна. В идеале они должны располагаться рядом со стенкой трубы и на горизонтальной осевой линии трубы. Они также должны располагаться на прямом участке трубы, в идеале на участке, в 10 раз превышающем диаметр, или на 60-дюймовом

прямом участке для трубы диаметром шесть дюймов. Расположение отводов в отводах или редукторах не позволит точно измерить истинное статическое давление из-за компонента скоростного напора. Также избегайте расположения кранов в верхней или нижней части трубы, где они могут попасть в воздух или забиться твердыми частицами.

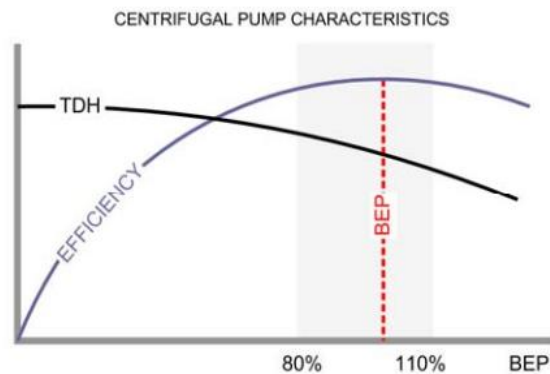


Рисунок 1. Проблемы неэффективной работы

Насосы неправильного размера являются основной причиной неэффективности насосов (рисунок 1). По целому ряду причин технологические насосы часто имеют слишком большие размеры для нужд технологического процесса. Одна из причин заключается в том, что параметры процесса часто определяются не полностью при проектировании насосов, а поскольку «никого никогда не увольняли за то, что у него было слишком много лошадиных сил», инженеры склонны ошибаться, переоценивая потребности в насосах. Также возможно, что насос, который идеально подходит для его первой установки, станет слишком большим или низкорослым по мере изменения требований технологического процесса.

Когда насос работает слишком далеко от КПД, силы внутри насоса становятся несбалансированными, что может привести к прогибу деталей и чрезмерному износу. Работа справа от КПД, состояние, известное как «бичение», означает, что расход выше, чем рассчитан на поддержание насоса. Высокий расход увеличивает выходную скорость жидкости, покидающей насос, что, в свою очередь, создает область низкого давления внутри насоса. Работа слева от КПД происходит, когда поток нагнетания ограничен, что приводит к рециркуляции жидкости внутри насоса, а также создает зону низкого давления, что может привести к увеличению радиальной нагрузки и кавитации при низком расходе.

В любом случае, создание несбалансированного давления увеличивает радиальные нагрузки на рабочее колесо, что может вызвать прогиб вала — изгиб вала рабочего колеса, который увеличивает вибрацию насоса. Силы вибрации и дисбаланса могут создавать нагрузку на внутренние компоненты насоса, что, скорее всего, в первую очередь проявляется в подшипниках и/или торцевых уплотнениях — двух частях центробежного насоса, которые чаще всего выходят из строя.

Кавитация — это еще одна проблема, которую может вызвать неэффективная работа насоса. Это происходит, когда чистый положительный напор всасывания — давление, обеспечиваемое при всасывании насоса, за вычетом

том давления паров жидкости — слишком низок. Когда давление жидкости на задней стороне лопасти рабочего колеса (напротив впускного отверстия насоса) падает ниже точки испарения жидкости, начинают образовываться пузырьки пара. Когда эти пузырьки пара достигают области высокого давления внутри насоса, они могут сильно разрушаться, вызывая внезапную, неравномерную осевую и радиальную нагрузку на рабочее колесо. Это, в свою очередь, может привести к отклонению вала, которое является случайным по направлению и часто серьезным по величине.

2. Методы и материалы

Существуют ограничения при использовании только измерений давления всасывания и нагнетания. Если насос приводится в действие устройством с переменной скоростью, скорость насоса должна учитываться с использованием законов сродства, которые гласят, что изменение общего динамического напора пропорционально скорости 2 . Также трудно определить износ насоса. По мере износа насоса и увеличения внутренних зазоров способность насоса создавать давление будет снижаться. Без дополнительной информации это снижение давления можно было бы интерпретировать как изменение условий процесса и не обязательно как износный насос.

Точное измерение мощности в сочетании с показаниями давления всасывания и нагнетания может стать мощным инструментом для оценки производительности насоса. Несмотря на то, что датчики тока предлагают наиболее простое и экономичное решение для контроля мощности, применяйте их показания с осторожностью. Мощность двигателя не прямо пропорциональна нагрузке. Для точного определения фактической мощности вала, передаваемой насосу, следует учитывать такие факторы, как входное напряжение, коэффициент мощности и КПД двигателя. Разработанные для перекачки с фиксированной скоростью и обычно требующие инвестиций менее 1000 долларов США, низковольтные датчики нагрузки насоса обеспечивают непревзойденную защиту при недостаточной нагрузке и перегрузках, которые чаще всего приводят к повреждению торцевого уплотнения или выходу насоса из строя. Скорость насоса также играет важную роль в контроле нагрузки центробежного насоса, и изменение мощности пропорционально скорости 3 . Кроме того, изменения свойств жидкости, таких как удельный вес и вязкость, могут повлиять на мощность насоса, и их следует учитывать. Сочетание давления всасывания и нагнетания с нагрузкой мониторинг может оказаться очень эффективным для понимания того, где работает насос по отношению к КПД.

В идеальном мире измерения расхода можно было бы получить на всех насосах. Однако это часто оказывается непрактичным, но жизненно важным для понимания общей эффективности насоса. В некоторых установках устанавливаются постоянные расходомеры, облегчающие работу по мониторингу. Убедитесь, что эти расходомеры работают должным образом и были откалиброваны по регулярному графику. Не инструктивным временным решением могло бы стать использование зажимных ультразвуковых расходомеров. Эти устройства могут работать с различными диаметрами труб и обеспе-

чивать точность расхода в пределах 1 процента. Задача состоит в том, чтобы найти прямой участок трубы, для которого обычно требуется 10 x диаметров до подачи и 5 x диаметров после подачи.

Когда все вышеперечисленные параметры известны, вычисление производительности насоса становится простым делом. Бывают случаи, когда очень трудно, если не невозможно, определить все вышеперечисленные параметры в полевых условиях. В этих случаях полевой инженер должен полагаться на свою способность понимать, где необходимо пойти на компромисс, чтобы выполнить работу. Основным документом, который должен иметь полевой инженер, является кривая производительности насоса.

Программа мониторинга производительности насоса, включающая в себя все обсуждаемые темы, значительно повысит эффективность программы. Чем более полным пониманием насосной системы обладает инженер, тем эффективнее становится программа технического обслуживания.

Анализ насосной системы часто упускается из виду, поскольку предполагается, что система была сконструирована с учетом установленного насоса и что работа насосов соответствует проектным спецификациям. Насосы часто приобретаются в качестве комплектующих для удовлетворения потребности в индивидуальном процессе - или предполагаемая потребность — не является частью комплексного проектирования системы. Типичный системный анализ будет включать следующую информацию: Чистый положительный напор всасывания, статический напор, потери на трение в системе и полный обзор конфигурации трубопровода и запорной арматуры. Процесс также должен быть понятен, поскольку он в конечном счете определяет, как работают насосы. Все индикаторы могут указывать на неисправность насоса, когда реальная проблема заключается в том, что он работает при низком или высоком расходе, что создает большие гидравлические усилия внутри насоса.

Анализ вибрации является краеугольным камнем всех программ мониторинга производительности насосов. Уровень вибрации насоса напрямую зависит от того, где он работает, и от его КПД. Чем дальше от КПД, тем выше будет вибрация. Не существует абсолютного уровня амплитуды вибрации, который указывал бы на неисправность насоса. Однако существует несколько рекомендаций, которые были разработаны в качестве целевых значений, позволяющих аналитику устанавливать уровни тревоги. Пользователи могут разработать свои собственные критерии площадки в качестве руководства, а такие учреждения, как Гидравлический институт, разработали независимые критерии вибрации. Следует соблюдать осторожность при применении опубликованных значений, поскольку каждая установка уникальна. При первоначальном запуске машины следует измерять исходные показатели вибрации и изменять их с течением времени [3].

Инженер также обращает внимание на частоту, на которой возникает амплитуда. Частота определяет, в чем заключается дефект, вызывающий проблему, а амплитуда указывает на серьезность проблемы. Это общие рекомендации, которые не охватывают каждую ситуацию. Анализ дефектов подшипников - еще один полезный инструмент, который может быть использован во многих программах

мониторинга состояния. Каждый компонент роликового подшипника имеет свою собственную уникальную частоту дефектов. Доступное сегодня вибрационное оборудование позволяет инженеру выявлять уникальные дефекты подшипника и определять, находится ли подшипник в аварийном состоянии. Это позволяет пользователю выключить машину до катастрофического сбоя. Существует несколько методов, но наиболее практичный с точки зрения полевой инженерии называется обволакиванием подшипника. В этом методе специальные фильтры, встроенные в анализатор, используются для усиления повторяющихся высокочастотных сигналов в высокочастотном диапазоне и усиления их в низкочастотной части спектра вибрации. Производители подшипников публикуют частоту дефектов подшипников в зависимости от скорости вращения, что позволяет инженеру определять частоту дефектов и контролировать ее. Подобно обычному анализу вибрации, необходимо установить базовую линию, а затем определить тенденцию.

Как правило, показания снимаются на наружных и внутренних корпусах подшипников двигателя в вертикальном и горизонтальном направлениях, а также на наружных и внутренних корпусах подшипников насоса в вертикальном и горизонтальном направлениях. Дополнительно измеряется осевая вибрация насоса.

Внутреннее расположение определяется как соединительный конец машины. Очень важно, чтобы при измерении базовой вибрации также регистрировалась рабочая точка насоса.

Также рекомендуется контролировать температуру подшипника. Наиболее точным методом контроля фактической температуры подшипника является использование устройства, которое будет контактировать с наружным кольцом подшипника. Для этого необходимо просверлить отверстия в корпусах подшипников, что не всегда практично. В большинстве случаев датчика температуры, установленного на корпусе подшипника, будет достаточно, чтобы предупредить о возможном сбое смазки или ее отсутствии. Другой метод заключается в использовании инфракрасного «пистолета», при котором аналитик направляет пистолет в точку на корпусе подшипника, где будут сниматься показания температуры. Однако измеряемая температура относится к внешней поверхности корпуса подшипника, а не к фактической температуре подшипника. Это необходимо учитывать при использовании контроля температуры корпуса подшипника.

3. Результаты и обсуждение

Наиболее элементарной формой контроля технического состояния является визуальный осмотр опытными инженерами по эксплуатации и техническому обслуживанию. «Обходные пути» являются частью любой программы профилактического обслуживания и позволяют обнаружить такие виды неисправностей, как растрескивание, утечка или коррозия, до того, как возникнет вероятность выхода насоса из строя.

Непрерывный анализ вибрации вращающегося оборудования — это более надежный способ выявить проблемы до того, как они произойдут, что является сутью профилактического обслуживания. Одной из категорий решений является установка предупреждающего сигнала — простого механического вибропереключателя или

цифровой сигнальной лампы, которая будет указывать на чрезмерную вибрацию отдельных насосов.

Чтобы в полной мере воспользоваться преимуществами программы профилактического обслуживания, заводы могут использовать цифровые системы мониторинга, которые собирают больше исчерпывающие данные о производительности насоса. Frost & Sullivan прогнозирует растущее внедрение этих цифровых систем мониторинга с темпами роста 5-1 процент в год. Варианты включают в себя:

- проводные системы, в которых датчики оборудования жестко подключены к компьютерным серверам, расположенным в стойке, с доступом к данным и их анализом по внутренней сети.
- беспроводные системы, в которых датчики передают данные в центральный узел, а доступ к данным и их анализ осуществляются через защищенные интернет-соединения.
- интегрированные системы, в которых проводные и беспроводные датчики передают данные во внутреннюю серверную сеть.

Все эти системы обеспечивают непрерывный мониторинг ключевых показателей работоспособности машины, включая производительность, включая вибрацию, температуру, давление потока и мощность, и обеспечивают заблаговременное предупреждение о неисправности до ее возникновения (рисунок 2) [2]. Как правило, проводные системы более затратны в внедрении и предоставляют более полную информацию, связанную с процессом. Беспроводные системы проще в установке и обеспечивают больший доступ к информации. Данные с беспроводных систем могут передаваться в автоматизированные системы управления технологическими процессами для обеспечения полностью интегрированного решения.

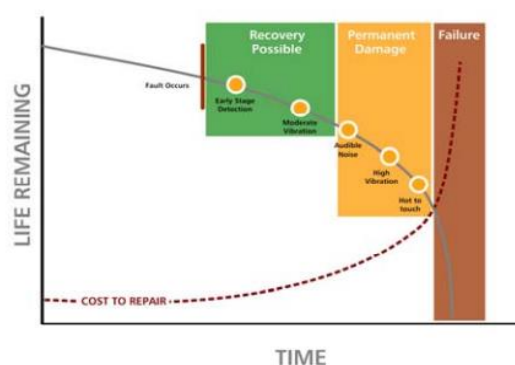


Рисунок 2. Непрерывный мониторинг состояния

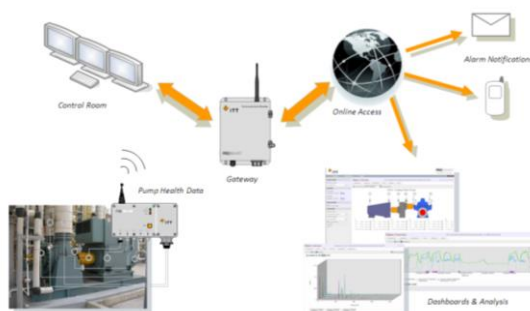


Рисунок 3. Веб-платформа мониторинга

Данные мониторинга из цифровой системы мониторинга состояния могут быть переданы как в диспетчерскую, так и на веб-платформу мониторинга (рисунок 3). Простые, понятные ключевые показатели производительности, такие как доступный чистый положительный напор всасывания, процентное содержание КПД и данные о вибрации, позволяют любому оператору контролировать работу насоса без специальной подготовки. Когда необходима более продвинутая диагностика, такая как спектр вибрации и формы временных волн, специалисты по надежности и техническому обслуживанию могут получить доступ к системе с любого устройства с поддержкой Интернета. Система объединяет данные по техническому обслуживанию и эксплуатации в единую информационную панель, повышая эффективность работы и уменьшая необходимость ручного мониторинга на месте.

Пример 1: Неисправный насос приводит к остановке нефтеперерабатывающего завода

Катастрофический сбой произошел на североамериканском нефтеперерабатывающем заводе, который производит около 70 000 баррелей нефти в день. В нижней части вакуумной башни вспыхнул пожар, что привело к трехдневной остановке, которая обошлась в 1,5 миллиона долларов ущерба и потери производственного времени. Расследование быстро выявило в качестве причины неисправный насос API OH3.

Это более распространенное явление, чем можно было бы подумать, если насосы не эксплуатируются и не обслуживаются должным образом. В среднем, один из каждых 1000 насосов с неисправным механическим уплотнением приводит к пожару. Анализ первопричины показал, что причиной пожара стало механическое уплотнение насоса, а просмотр записей о техническом обслуживании показал многочисленные ремонты и замены деталей, соответствующие работе насоса без ВЕР в течение недель и месяцев, предшествовавших пожару. После катастрофы на нефтеперерабатывающем заводе в 2009 году была установлена система непрерывного мониторинга. За почти два года, прошедших с момента установки системы, нефтеперерабатывающему заводу не потребовалось внепланового технического обслуживания своих насосов.

Пример 2: Основной процессор выбирает прогностический мониторинг состояния

Переработка и рафинирование кукурузы с получением различных продуктов массового потребления, таких как крахмал, кукурузный сироп с высоким содержанием фруктозы и глюкоза, требует значительных инвестиций в установки и оборудование. Являясь крупнейшим переработчиком кукурузы в Канаде, компания Casco Inc. инвестировала значительные средства в насосы и другое вращающееся оборудование. С момента своего основания почти 150 лет назад компания Casco постоянно стремится повысить эффективность работы завода за счет эффективного контроля затрат на техническое обслуживание. Компания Casco нашла решение с помощью системы прогнозирования состояния от ИТТ, позволяющей сотрудникам завода выявлять такие проблемы, как изношенный подшипник, которые могут быть обнаружены датчиками вибрации и температуры, чтобы избежать отключения системы. Затем ремонт можно было бы запланировать на удобное время, чтобы свести к минимуму время простоя и потери производства.

В настоящее время Casco использует решение ИТТ в трех различных подразделениях завода, позволяя менеджерам в любое время выходить в Интернет для проверки показаний насосов, обеспечивая экономичное решение для поддержания времени безотказной работы всего вращающегося оборудования.

Пример 3: Беспроводной мониторинг состояния экономит насос питательной воды котла на бумажной фабрике

На североамериканском целлюлозно-бумажном комбинате каждые шесть-12 месяцев происходили сбои в работе многоступенчатого насоса питательной воды для котла. После третьего сбоя в течение 36 месяцев ИТТ PRO Services предложила установить на насос беспроводную систему мониторинга состояния ИТТ PROsmart для обеспечения мониторинга в режиме 24/7. Вскоре после установки PROsmart обнаружила высокую вибрацию насоса и предупредила обслуживающий персонал мельницы. После анализа эксплуатационных данных было подтверждено, что насос работал слева от КПД, вблизи минимального расхода, что вызывало высокую вибрацию и возможный отказ. Позже было обнаружено, что насос неправильно использовался в качестве регулирующего насоса. Насос был первоначально спроектирован и рассчитан на то, чтобы обеспечивать базовую нагрузку на котел. Однако в периоды низкого спроса выпускной клапан сильно регулировался, чтобы снизить общую нагрузку на котел, в результате чего насос возвращался к своей кривой производительности. Объединив данные о работоспособности машины и эксплуатационные данные, была выявлена и устранена первопричина сбоя. С момента установки беспроводной системы мониторинга состояния PROsmart насос не испытывал никаких сбоев.

4. Выводы

В то время как менеджеры, инженеры по техническому обслуживанию и руководители производства постоянно сталкиваются с необходимостью поддержания производства, они не могут упускать из виду правильную эксплуатацию насосов и техническое обслуживание, которые повышают эффективность и сокращают время простоя. Они должны убедиться, что насосы работают вблизи ВЕР, и внимательно следить за рабочими параметрами насоса, включая давление всасывания, давление нагнетания, расход, скорость насоса и мощность. В дополнение к профилактическому обслуживанию становится все более важным сделать профилактическое обслуживание частью надежной программы мониторинга. Системы мониторинга состояния поддерживают как данные о состоянии оборудования, так и данные о технологическом процессе, чтобы ответить на вопрос, почему насосы вот-вот выйдут из строя, а не только когда и где. Внедряя эти передовые методы, операторы могут эксплуатировать свои насосы как профессионалы, одновременно повышая эффективность и снижая риск.

References / Литература

- [1] Singh, D. & Suhane, A. (2013). Availability of Centrifugal Pump on the Basis of Weibull Analysis. *International Journal of Science and Research*, 4(7), 378. <https://www.ijsr.net/archive/v4i7/SUB156295.pdf>

- [2] Van Der Poel, J. & Van Waveren, C. (2012). Managing centrifugal pump reliability in the context of total cost of ownership. *South African Journal of Industrial Engineering*, 18(2). <https://doi.org/10.7166/18-2-119>
- [3] ГОСТ 55265.7–2012. Вибрация контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях. Часть 7. Насосы динамические промышленные. Moscow

Орталықтан тепкіш сорғыны пайдалану техникалық қызмет көрсету және мониторинг негіздері

Л. Сағатова^{1*}, С. Бортбаев¹, А. Кольга²

¹Satbayev University, Алматы, Қазақстан

²Орал мемлекеттік аграрлық университеті, Екатеринбург, Ресей

*Корреспонденция үшін автор: laila-sagatova@mail.ru

Андатпа. Сорғылар көптеген өндірістік процестердің негізінде жатыр және әлемдегі ең көп таралған екінші машина болып табылады. Сорғылар өте кең таралғандықтан, олар көбінесе өнімділіктің әлеуетті көзі немесе дұрыс жұмыс істемеген кезде шамадан тыс шығындардың себебі ретінде назардан тыс қалады. Зауыт менеджерлері, техникалық қызмет көрсету инженерлері және өндіріс менеджерлері озық тәжірибені ұстанып, сорғыларды өндірісте және өндірісте дұрыс пайдалану үшін не істеуге болатынын және не істеуге болмайтынын түсінуі керек. қолданбалар. Бұл мақалада сорғыларды қалай дұрыс пайдалану керектігі және профилактикалық немесе болжамды мониторинг бағдарламасы аясында бақылануы керек өнімділік параметрлері қарастырылған. Ол сондай-ақ жүйенің өнімділігін арттыру және техникалық қызмет көрсету шығындарын азайту үшін оларды қолданудың бірнеше мысалдары бар үздіксіз бақылау жүйелерін сипаттайды. Ең дұрысы, сорғының қалай жұмыс істейтінін түсіну үшін бес параметрді бақылау керек: сору қысымы, айдау қысымы, ағын жылдамдығы, сорғы жылдамдығы және қуат. Идеал әлемде барлық сорғылар максималды тиімділікпен үздіксіз жұмыс істеу үшін дұрыс өлшемде болар еді. Өнеркәсіптік кәсіпорынның нақты әлемінде бұл практикалық емес, өйткені процестер тура және бейнелі түрде ағып жатыр.

Негізгі сөздер: орталықтан тепкіш сорғы, қысым, мойынтірек температурасы, пайдалы әсер коэффициенті, дірілді бақылау.

Основы эксплуатации технического обслуживания и мониторинга центробежного насоса

Л. Сағатова^{1*}, С. Бортбаев¹, А. Кольга²

¹Satbayev University, Алматы, Казахстан

²Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

*Автор для корреспонденции: laila-sagatova@mail.ru

Аннотация. Насосы лежат в основе большинства промышленных процессов и являются второй по распространенности машиной в мире. Поскольку насосы настолько распространены, их часто упускают из виду как потенциальный источник повышения производительности или причину чрезмерных затрат при неправильной эксплуатации. Менеджеры заводов, инженеры по техническому обслуживанию и руководители производства должны придерживаться передовой практики и понимать, что можно и чего нельзя делать для правильного использования насосов на производстве и промышленных приложениях. В данной статье содержится обзор того, как правильно эксплуатировать насосы, и параметров производительности, которые необходимо контролировать в рамках программы профилактического или прогнозирующего мониторинга. В нем также описываются системы непрерывного мониторинга с несколькими примерами их применения для повышения производительности системы и снижения затрат на техническое обслуживание. В идеале следует контролировать пять параметров, чтобы понять, как работает насос: давление всасывания, давление нагнетания, расход, скорость насоса и мощность. В идеальном мире все насосы были бы подходящего размера, чтобы постоянно работать с максимальной эффективностью. В реальном мире промышленного предприятия это непрактично, поскольку процессы текут как в прямом, так и в переносном смысле.

Ключевые слова: центробежный насос, давление, температура подшипника, коэффициент полезного действия, мониторинг вибрации.

Received: 03 December 2023

Accepted: 16 March 2024

Available online: 31 March 2024