

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПО ДАВЛЕНИЮ И РАСХОДУ

П. А. Илларионов

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научные руководители: А. В. Ковалев, А. Е. Запольский

Рассмотрен метод автоматизированного мониторинга состояния насосного оборудования путем измерения давления и расхода.

Ключевые слова: насосное оборудование, автоматизация, давление, напор, расход.

В настоящее и ближайшее будущее время насосы являются и будут являться одним из ключевых видов промышленного оборудования, широко применяемого во многих отраслях промышленности. Надежность насосного оборудования оказывают значительное влияние на эффективность производственных процессов и безопасность объектов инфраструктуры. Насосное оборудование со временем изнашивается и становится причиной аварий и внеплановых остановов на технологических объектах.

Для своевременного выявления неисправности человек использует несколько способов:

- 1) замена насосного оборудования по истечении срока службы, заявленному производителем, но оно может быть еще исправно;
- 2) проверка текущего состояния по данным с датчиков оператором «на глаз»;
- 3) контроль состояния путем выявления посторонних шумов в работе насоса, находясь рядом с ним.

Основной недостаток таких способов проверки – человеческий фактор. У человека не всегда есть возможность приблизиться к оборудованию и проверить его, и особенно если он без опыта, то может не определить симптомы неисправности.

Для исключения человеческого фактора предлагается метод автоматизированного мониторинга состояния насосного оборудования. Он основан на снятии напорно-расходных характеристик оборудования и сравнении их с паспортными.

Допустим, насос центробежного типа работает непрерывно в некоторой гидравлической системе с автоматизированным управлением, направленным на поддержание заданного расхода, в сильно ограниченном пространстве. Со временем изнашиваются уплотнители и возникает внутренняя течь. Часть жидкости начинает циркулировать обратно внутрь рабочего колеса, не создавая полезного напора. Для устранения отклонения расхода система управления повышает частоту вращения двигателя насоса, что приводит к увеличению энергии, передаваемой жидкости. Однако значительная доля этой дополнительной энергии пойдет на компенсацию внутренних потерь, связанных с утечкой. Расход частично компенсируется, а уровень создаваемого давления останется ниже номинального значения.

Сравнение напорно-расходных характеристик исправного и поврежденного насосов показано на рис. 1. На графике видно, что при появлении утечки кривая зависимости сместится вниз, а увеличение оборотов позволит вернуть подачу ближе к исходному значению, но точка пересечения новой кривой с осью давления окажется ниже предыдущей точки, соответствующей нормальной работе. Математически это можно объяснить базовыми законами гидродинамики.

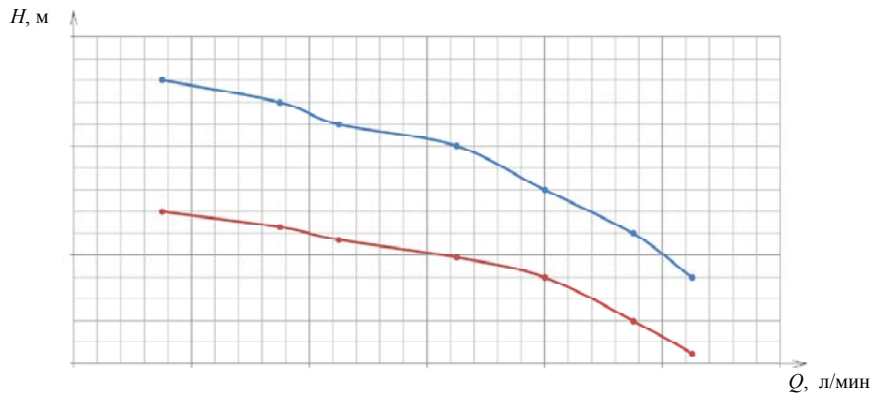


Рис. 1. Сравнение напорно-расходных характеристик исправного (А) и поврежденного (Б) насосов:
—●— – насос А; —●— – насос Б

Без учета утечек связь между напором и подачей выражается зависимостью вида:

$$H(Q) = a - bQ^n, \quad (1)$$

где a , b и n – постоянные коэффициенты, определяемые конструктивными параметрами насоса.

Если существует утечка объемом q , которая является функцией напора и конструкции насоса:

$$q(H) = KH^m, \quad (2)$$

где m – показатель степени, характеризующий тип утечки, то эффективная подача насоса станет равной:

$$Q_{\text{эф}} = Q - q(H) = Q - KH^m. \quad (3)$$

Поскольку теперь расход отличается от первоначального, новая напорно-расходная характеристика примет вид:

$$H_{\text{утеч}}(Q) = a' - b'(Q - KH^m), \quad (4)$$

где a' и b' – коэффициенты, которые будут зависеть от конкретных параметров установки и новых рабочих условий.

Управление насосом осуществляется по поддержанию заданного расхода Q_0 . Система автоматически регулирует частоту вращения n таким образом, чтобы достичь требуемого расхода:

$$Q(n) = C\omega^\alpha, \quad (5)$$

где C и α – константы, отражающие специфику конкретного насоса.

Подставляя (5) в (4), получаем новую формулу для напора:

$$H_{\text{утеч}}(Q_0) = a' - b'(C\omega^\alpha - KH_{\text{утеч}}^m)^n. \quad (6)$$

Решив данное нелинейное уравнение относительно $H_{\text{утеч}}$, получим новое значение напора при фиксированном расходе Q_0 и увеличенных оборотах $\omega > n_0$.

Таким образом, используя данный метод, можно создать устройство, снимающее без человеческого участия напорно-расходные характеристики насосного оборудования и, сравнивая их с паспортными, сможет точно определить критичный уровень износа с оповещением об этом, что позволит избежать аварийные и внеплановые остановки на технологических объектах [1, 2].

Для реализации такого устройства необходимо выбрать тип вычислительного устройства, продумать реализацию настройки устройства и удаленного доступа.

Для снятия характеристик насосного оборудования и проведения вычислений достаточно использовать микроконтроллер с небольшой тактовой частотой (8–20 МГц) и размером Flash-памяти (8–16 кБ). Для хранения паспортных данных можно дополнительно применить микросхемы памяти типа EEPROM.

Для более быстрого и удобного внесения паспортных характеристик насосного оборудования устройство должно иметь модули ввода и индикации параметров – дисплей и клавиатура.

Для своевременного предупреждения оператора о неисправности насоса или оперативного изменения настроек работы устройству необходим модуль связи (например, модуль с поддержкой промышленного протокола RS-485). Кроме этого такая связь позволит собирать данные с датчиков давления и расхода, не подключая их напрямую к устройству.

Устройство будет иметь небольшие габаритные размеры (не больше 7 модульных мест при размещении на DIN-рейку) и малое энергопотребление (до 10 Вт), однако сможет полностью освободить человека от наблюдения за состоянием насосного оборудования, что позволит полностью автоматизировать данный процесс.

Л и т е р а т у р а

1. Насосы и компрессоры : учеб. пособие / С. А. Абдурашитов, А. А. Тупиченков, И. М. Вершинин, С. М. Тененгольц. – М. : Недра, 1974. – 296 с.
2. Васильченко, В. А., Гидравлическое оборудование мобильных машин : справочник. – М. : Машиностроение, 1983. – 301 с.

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЯ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ С ИНТЕГРИРОВАННЫМ МОДУЛЕМ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОДАЖ

М. М. Белко

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научные руководители: А. В. Сахарук, А. Е. Запольский

Рассмотрено применение искусственного интеллекта для прогнозирования спроса на товары в рамках информационной системы.

Ключевые слова: информационная система, общественное питание, прогнозирование спроса, автоматизация, база данных, клиент-серверное приложение, Qt, нейросети, LSTM, SQLite.

В условиях высокой конкуренции в сфере общественного питания предприятия сталкиваются с необходимостью оперативного реагирования на изменение спроса, сокращение издержек и повышение эффективности бизнес-процессов. Современные