

Л. В. Коломієць (д-р техн. наук, проф.),
Одеська державна академія технічного регулювання та якості;
О. М. Лимаренко (канд. техн. наук, доцент),
Одеський національний політехнічний університет
А. С. Лимаренко (старший науковий співробітник)
Одеська державна академія технічного регулювання та якості.

РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ПРУЖНОГО ЕЛЕМЕНТА ДЛЯ ВАГОВИХ ПРИСТРОЇВ

Анотація: Розглянуто оригінальна конструкція пружного елемента силовимірювального пристрою, яка забезпечує вимірювання ваги вагонів в русі. Пружний елемент виконаний у вигляді рейки, і є досить перспективним в економічному плані. Такі рейкові ваги не вимагають пристрою спеціальних платформ вимагають виготовлення громіздких фундаментів, а запропонований пружний елемент забезпечує надійність вимірювань.

Ключові слова: пружний елемент, вимір, механіка, вага, вагон, деформація.

Kolomiets L. V. (Doctor of Technical Sciences, prof.),
Odessa State Academy of Technical Regulation and Quality;
Limarenko A. M. (Candidate of Technical Sciences, Associate Professor),
Odessa National Polytechnic University
Limarenko A. S. (Senior Researcher)
Odessa State Academy of Technical Regulation and Quality.

DEVELOPMENT OF THE STRUCTURE OF ELASTIC ELEMENT FOR WEIGHING DEVICES

Annotation: The original design of the elastic element of the load-measuring device is considered, which provides measurement of the weight of cars in motion. The elastic element is made in the form of a rail, and is quite promising economically. Such rails do not require the installation of special platforms requiring the manufacture of cumbersome foundations, and the proposed elastic element ensures the reliability of measurements.

Key words: elastic element, measurement, mechanics, weight, wagon, deformation.

УДК 621.65.004.13

В. Г. Кондратенко (канд. техн. наук, доц.),
Индустриальный институт ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

В. Д. Гайдук
Индустриальный институт ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ШАХТНЫХ ВОДООТЛИВНЫХ УСТАНОВОК

Аннотация: В статье изложены методы и средства эксплуатационной технической диагностики, которая позволяет повысить экономичность и надежность шахтной водоотливной установки. Методы диагностики охватывают как водоотлив в целом, так и составное оборудование отдельно.

Ключевые слова: эксплуатационная техническая диагностика, шахтная водовідливна установка, насос, трубопровод

Постановка проблемы. Водоотливными установками расходуется более 30% электроэнергии, потребляемой всем электромеханическим оборудованием шахты. Поэтому

шахтные водоотливные установки должны обладать высокой экономичностью и надежностью.

Анализ предыдущих исследований. Вопросы технической диагностики насосных установок первоначально были изложены в [1], где рассматривалась система насос-трубопровод и продолжают исследоваться в настоящее время [2]. В работе [2] изложен способ технической диагностики разгрузочного устройства шахтного насоса.

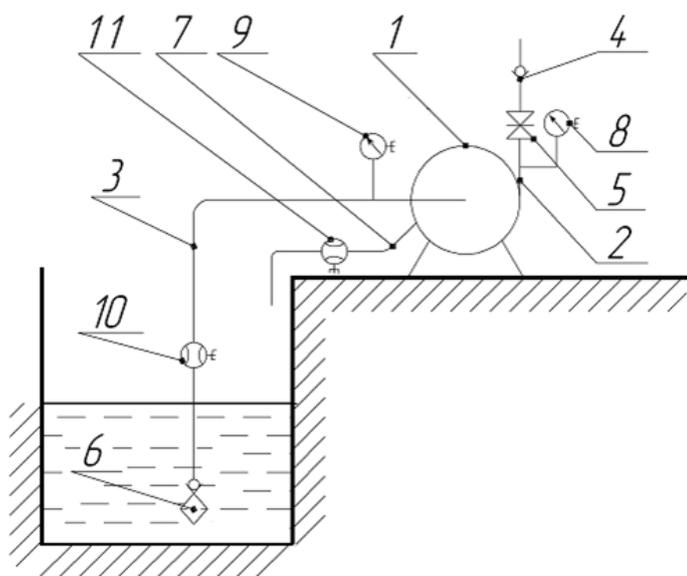
Цель статьи. Целью настоящей работы является изложение методов и средств эксплуатационной технической диагностики всей водоотливной установки в целом и составного оборудования в отдельности.

Изложение основного материала исследования. Повышение экономичности и надежности работы водоотливных установок можно достигнуть с помощью их контроля и технической диагностики. Основные элементы шахтной водоотливной установки и контролируемые приборы изображены на рис.1.

Первоначально, при проектировании водоотливных установок, расчёт и выбор перечисленного оборудования производится с учетом надежности и экономичности работы. В дальнейшем, в процессе эксплуатации, надёжность и экономичность водоотлива зависит от технического состояния выбранного оборудования. Поэтому в процессе эксплуатации водоотливной установки необходимо вести постоянный и по возможности автоматический контроль технического состояния её оборудования.

Существующая аппаратура автоматизации позволят характеризовать такие технические параметры водоотливной установки как подачу, напор, вакуумметрическую высоту всасывания, температуру подшипников. Сами по себе показания этих датчиков дают далеко не полную информацию о техническом состоянии установки, и поэтому их информация не может в должной мере эффективно использоваться.

Необходимо осуществлять контроль не только составного оборудования насосных установок, но и всей водоотливной установки в целом. Это связано с тем, что незначительные отклонения характеристик нескольких составляющих её устройств могут привести к недопустимым изменениям параметров, характеризующих в целом всю установку. Техническая диагностика позволит выявить скрытые неисправности, предупредить назревающие аварии, определить оптимальные сроки и объём работ по техническому обслуживанию или ремонту, прогнозировать ресурс работы оборудования. В целом эти мероприятия направлены на повышение надёжности и экономичности водоотлива.



- 1 – насос, 2 – напорный трубопровод, 3 – всасывающий трубопровод, 4 – обратный клапан, 5 – задвижка, 6 – обратный клапан с приемной сеткой, 7 – разгрузочный шланг, 8 – манометр, 9 – вакуумметр, 10 – расходомер, 11 – расходомер разгрузки.

Рисунок 1 – Схема водоотливной установки с контролирующими приборами

Средствами технической диагностики являются датчики, определяющие текущие параметры насосной установки, в большинстве те, которые уже применяются в аппаратуре автоматизации. При автоматической диагностике обработку полученной информации можно производить с помощью микропроцессорной техники, реализующей функции диагностики.

Индивидуальный контроль параметров оборудования заключается в том, что фактическое значение (существующее в данный момент) сравнивается с эталонным (с тем которое должно иметь исправное устройство) и по разнице этого сравнения делается вывод о состоянии контролируемого устройства. Допустимые отклонения определяются на основании паспортных данных, экономического расчета или с условий надежности работы.

Ниже приведены некоторые методы контроля.

1. Контроль рабочих параметров характеризующих водоотливную установку в целом.

Для контроля работы водоотливной установки в целом можно использовать два параметра, один из которых характеризует надежность, а второй экономичность.

Согласно правилам безопасности [3] подача насосного агрегата, не считая резервных, должна обеспечивать подачу нормального суточного притока воды не более чем за 20 часов. Следуя условиям [3], первоначально, после ввода водоотливной установки в эксплуатацию или после обновления оборудования, эталонное значение подачи насосной установки должно удовлетворять неравенству:

$$Q_э \geq 1,2Q_{пр.},$$

где $Q_э$ - эталонная подача насосной установки; $Q_{пр.}$ - нормальный приток.

Фактическое значение подачи насосной установки определяется расходомером.

Суточные затраты электроэнергии на водоотлив можно определить как:

$$E = \frac{\rho g H_T Q_c}{\eta_T \eta_d \eta_n \eta_c}$$

где E - суточные затраты электроэнергии; ρ - плотность шахтной воды; g - ускорение свободного падения; H_T - геометрическая высота трубопровода; Q_c - суточный приток; η_T - КПД трубопровода; η_d - КПД двигателя; η_n - КПД насоса; η_c - КПД сети;

Для конкретной водоотливной установки в числителе находятся постоянные величины. Следовательно, расход электроэнергии зависит от полного КПД водоотлива - $\eta_{п.} = \eta_T \eta_d \eta_n \eta_c$.

В процессе эксплуатации насосной установки, составляющие полного КПД ($\eta_T, \eta_d, \eta_n, \eta_c$) могут как уменьшаться, так и увеличиваться. Поэтому контроль необходимо вести по полному КПД - $\eta_{п.}$.

Определить фактическое полное значение КПД - $\eta_{п.ф.}$ можно раз в сутки, измерив счётчиком суточный расход энергии и определив откаченный суточный приток. Суточный приток замеряется по известной подаче насоса и времени его работы.

Эталонное полное значение КПД - $\eta_{п.э.}$ определяется расчётным путём исходя из условия, что всё задействованное оборудование находится в исправном состоянии. Расчёт производится согласно методикам расчёта водоотливных установок. В течение эксплуатации насосной установки, рабочие характеристики оборудования снижаются [4], что приводит к снижению указанных параметров.

2. Контроль нагнетательного трубопровода.

С течением времени вследствие механических отложений на внутренних стенках труб происходит увеличение гидравлического сопротивления трубопровода. Это приводит к уменьшению подачи насоса и увеличению затрат энергии на водоотлив. Поэтому контроль увеличения гидравлического сопротивления трубопровода позволит вовремя произвести профилактический осмотр трубопровода или его чистку.

Состояние нагнетательного трубопровода контролируется датчиком напора. Величина фактического гидравлического сопротивления нагнетательного трубопровода определяется по формуле:

$$a_{н.ф.} = \frac{H_{т.ф.} - H_{н.}}{Q_{ф.}^2},$$

где $a_{н.ф.}$ – фактическое гидравлическое сопротивление нагнетательного трубопровода; $H_{т.ф.}$ - показание датчика напора; $H_{н.}$ - геометрическая высота нагнетания, считая от места расположения датчика до выхода на поверхность; $Q_{ф.}$ - фактическая подача установки, определяемая расходомером 10.

Сравнивая между собой фактическое и эталонное значения гидравлического сопротивления, можно сделать вывод о состоянии трубопровода. Если разница окажется больше допустимой, это будет свидетельствовать, что нагнетательный трубопровод имеет завышенное сопротивление. Отрицательная разница свидетельствует о нарушении герметичности нагнетательного трубопровода. Эталонное значение гидравлического сопротивления нагнетательного трубопровода $a_{н.э.}$ можно определить с помощью указанной формулы перед эксплуатацией насосной установки.

3. Контроль характеристик насоса.

К основным рабочим характеристикам насоса можно отнести напорную характеристику и характеристику КПД. Эталонные характеристики строят экспериментально как для новых насосов, так и после их капитальных ремонтов. Эти характеристики можно задать в виде интерполяционных уравнений:

$$\left. \begin{aligned} H_{н.э.} &= H_0 + A Q_{ф.} - B Q_{ф.}^2 \\ \eta_{н.э.} &= \alpha Q - \beta Q_{ф.}^2 + \gamma Q_{ф.}^3 \end{aligned} \right\}$$

где $H_{н.э.}$ - эталонный напор насоса; $\eta_{н.э.}$ - эталонный КПД насоса; $Q_{ф.}$ - фактическая подача насоса; $H_0, A, B, \alpha, \beta, \gamma$ - интерполяционные коэффициенты данных уравнений. Для определения интерполяционных коэффициентов можно использовать методики [5], [6]. При подстановке в эти уравнения значения подачи насоса, определяемого расходомером - $Q_{ф.}$, получим эталонные параметры напора и КПД.

Если учитывать влияние частоты вращения двигателя, напорную характеристику необходимо представить в виде:

$$H_{н.э.} = \left(\frac{\eta_{ф.}}{\eta_0} \right)^2 H_0 + \frac{\eta_{ф.}}{\eta_0} A Q_{ф.} - B Q_{ф.}^2,$$

$\eta_{ф.}$ – фактическая частота вращения вала двигателя; η_0 – частота вращения, при которой определялась напорная характеристика насоса.

Эта зависимость получена с учётом уравнений пропорциональности:

$$\frac{\eta}{\eta'} = \frac{Q}{Q'}; \left(\frac{\eta}{\eta'} \right)^2 = \frac{H}{H'}$$

Q, H - подача и напор при частоте вращения η ;

Q', H' - подача и напор при частоте вращения η' .

Вследствие износа составных частей насоса (уплотнений рабочих колёс, вала, диска, разгрузки, рабочих колёс и т. д.), его характеристики снижаются, что приводит к уменьшению подачи насоса и может привести к увеличению энергозатрат на водоотлив.

Любой из вышеперечисленных износов составных частей насоса приводит к резкому снижению напорной характеристики [7], поэтому контроль неисправностей насоса достаточно вести по его напорной характеристике.

Фактический напор насоса определяется по формуле:

$$H_{н.ф.} = H_{м.} + H_{в.к.ф.} + h,$$

$H_{н.ф.}$ – фактический напор насоса; $H_{м.}$ – показания датчика напора; $H_{в.к.ф.}$ – показания датчика вакуума; h – высота расположения датчика напора над осью подводящей трубы.

Отклонение $H_{н.ф.}$ от $H_{н.э.}$ свидетельствует о неисправности насоса.

Фактическое значение КПД насоса - $\eta_{н.ф.}$ можно получить термометрическим методом специальным прибором.

4. Контроль разгрузочного устройства насоса.

В процессе эксплуатации насоса можно контролировать разгрузку осевого усилия. Контроль разгрузки осевого усилия осуществляется из условия, что из трубы разгрузки должно вытекать 2-6% перекачиваемой воды от номинальной подачи насоса, т. е.:

$$Q_{р.э.} = (0,02 \div 0,06) Q_{н.},$$

$Q_{р.э.}$ – эталонное значение расхода воды; $Q_{н.}$ – номинальная подача насоса.

Фактическое значение расхода воды из трубы разгрузки - $Q_{р.ф.}$ определяется расходомером 11. Недопустимые отклонения $Q_{р.э.}$ от $Q_{р.ф.}$ можно регистрировать автоматически, а потери воды $Q_{р.ф.}$ учитывать при расчётах фактической подачи воды насосом на поверхность.

5. Контроль состояния подводящего трубопровода.

Контроль состояния подводящего трубопровода на степень его засорения можно осуществлять по гидравлическому сопротивлению подводящего трубопровода, сравнивая эталонные и фактические значения.

Эталонное значение - $\alpha_{п.э.}$ получают расчётным или экспериментальным путём.

Фактическое значение - $\alpha_{п.ф.}$ определяется при известных показаниях датчиков высоты всасывания - $H_{в.с.}$, фактической подачи насоса - $Q_{ф.}$ и фактической вакуумметрической высоты всасывания - $H_{в.к.ф.}$. Тогда:

$$\alpha_{п.ф.} = \frac{H_{в.к.ф.} - H_{в.с.}}{Q_{ф.}^2}.$$

Если $\alpha_{п.ф.}$ оказалось больше $\alpha_{п.э.}$ на величину, превышающую допустимое значение, это говорит о том, что приёмный клапан или сетка сильно засорились.

Загрязнение трубопровода влечёт за собой уменьшение подачи насосной установки, возникновение кавитации.

Подсос воздуха в подводящем трубопроводе оказывает существенное влияние на основные характеристики насоса, но так как количество подсосываемого воздуха нельзя определить, то и учесть влияние подсоса нельзя. Поэтому подсос воздуха в подводящем трубопроводе будет регистрироваться как неисправность насоса.

Выводы. Предложенная эксплуатационная техническая диагностика позволит выявить скрытые неисправности, предупредить назревающие аварии, определить оптимальные сроки и объём работ по техническому обслуживанию или ремонту, прогнозировать ресурс работы оборудования. В целом эти мероприятия направлены на повышение надёжности и экономичности водоотлива.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гейер В. Г., Тимошенко Г. М. / Шахтные вентиляторные и водоотливные установки: Учебник для вузов. – М.: Недра, 1987. – 270 с.
2. Кондратенко В. Г., Воронов А. Г. Выбор оборудования для контроля и диагностики центробежного шахтного насоса и его разгрузочного устройства. Геотехнології і охорона праці у гірничій промисловості: Зб. матеріалів регіональної наук.-практ. конф., Красноармійський індустріальний інститут ДонНТУ, 12 жовтня 2011 р. с. 144-145
3. Правила безопасности угольных и сланцевых шахтах. М., Недра, 1973.
4. Н. А. Богомолов. Закономерность изменения режимов работы шахтных водоотливных установок в процессе эксплуатации. Шахтные стационарные установки. Выпуск 26, М., Недра, 1972.
5. Игнатов А. В., Бондарь Ю. В. Определение коэффициентов уравнений, аппроксимирующих характеристические кривые шахтных насосов. Донецк, 1980 (Рукопись деп. в ЦНИИЭИуголь №1834).
6. Евтехова Р. В. Определение коэффициентов интерполяционных уравнений характеристик центробежных насосов на микрокалькуляторе «Электроника БЗ-34» Донецк, 1985 (Рукопись деп. в ЦНИИЭИуголь №3476).
7. Г. М. Нечушкин, А. И. Махинин. Анализ характерных износов основных деталей шахтных центробежных насосов. Шахтные стационарные установки. Выпуск 26. М., Недра. 1972.

В. Г. Кондратенко (канд. техн. наук, доц.),

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

В. Д. Гайдук

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ТЕХНІЧНА ДІАГНОСТИКА ШАХТНИХ ВОДОВІДЛИВНИХ УСТАНОВОК

Анотація: В статті викладені методи і засоби експлуатаційної технічної діагностики, яка дозволяє підвищити економічність і надійність шахтної водовідливної установки. Методи діагностики охоплюють як водовідлив в цілому так і складове обладнання окремо

Ключові слова: експлуатаційна технічна діагностика, шахтна водовідливна установка, насос, трубопровід

V. Kondratenko (Ph.D, Associate Professor),

Industrial institute of SHEE «Donetsk National Technical University»

V. Gayduk

Industrial institute of SHEE «Donetsk National Technical University»

OPERATIONAL TECHNICAL DIAGNOSTICS OF MINE WATER-DRAINAGE INSTALLATIONS

Annotation: The article deals with the methods and means of operational technical diagnostics, which can increase the efficiency and reliability of mine water-drainage installations. Methods of diagnostics include both pumping in general and component equipment separately

Key words: operational technical diagnostics, mine water-drainage installation, pump, pipeline