



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 62

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН ОТКАЗОВ И ПОВРЕЖДЕНИЙ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ. ВИБРАЦИОННАЯ ДИАГНОСТИКА АГРЕГАТА С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА WELCH

**Сорокина В. М.**

*ФГБОУ ВО Самарский государственный технический университет, Россия (443100, г. Самара, Молодогвардейская ул., 244), e-mail: ladislavator98@mail.ru*

В статье проводится исследование причин отказов и повреждений насосного оборудования, а также вибрационная диагностика агрегата в условиях автоматизации магистральных нефтепроводов на примере метода Welch.

Ключевые слова: магистральный насос, подпорный насос, дефект, насосный агрегат, отказы, дефектоскопия.

## RESEARCH OF THE CAUSES OF FAILURE AND DAMAGE OF PUMPING UNITS. VIBRATION DIAGNOSIS OF THE UNIT USING THE WELCH METHOD

**Sorokina V. M.**

*Samara State Technical University, Russia (443100, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244); e-mail: ladislavator98@mail.ru*

The article studies the causes of failures and damages of pumping equipment, as well as vibration diagnostics of the unit in the conditions of automation of main oil pipelines using the Welch method as an example.

Keywords: main line pump, transfer pump, failure, pumping unit, renouncing, defectoscopy.

Насосы и связанные с ними системы необходимы на нефтегазовых объектах для эффективной транспортировки жидкостей. Основные виды насосов, используемые на этих установках, включают центробежные, возвратно-поступательные, мембранные и роторные насосы. Насосные агрегаты играют ключевую роль в транспорте нефтепродуктов, так что любая незначительная проблема с насосом оказывает непосредственное негативное влияние на систему. Поэтому диагностика насосных агрегатов является одной из важнейших регулярных задач при транспорте нефтепродуктов.

Диагностика отказов насосов показала, что основными проблемами, возникающими в работе насоса являются гидравлические проблемы, которые предполагают, что насос может не подавать жидкость, обеспечивать недостаточную производительность, создавать недостаточное давление или терять работоспособность при запуске, и механические проблемы, которые характеризуются из-за потребления чрезмерной мощности или возникновения механических проблем в уплотнительных камерах или подшипниках; в любом

случае могут возникнуть вибрация, шум или поломка. Усталость является распространенной причиной выхода насоса из строя.

Основными причинами поломок насосов являются кавитация, эрозия и коррозия, которые по отдельности или вместе могут привести к выходу из строя насосов. Кавитацию можно определить как потерю металла с поверхности металла, вызванные высокими давлениями, связанными с разрушением пузырьков пара в жидкости. Она, как правило, происходит за счет образования и схлопывания пузырьков пара, производящих микроструи с высокой кинетической энергией, волны давления которой высвобождаются и повреждают поверхности агрегата, что приводит к материальному ущербу (рисунок 1). Это явление приводит к сокращению срока службы и КПД насоса, вибрация в каркасе и дополнительные шумы [1].



Рисунок 1 – Дефекты в валах агрегатов, обнаруженные при дефектоскопическом контроле

Другими распространенными проблемами, вызывающие дефекты в агрегатах, являются эрозия и коррозия. Твердые частицы в перекачиваемой жидкости также могут ограничивать срок службы внутренних компонентов насоса. Напор нефтепродукта с взвешенными в нем твердыми частицами может ударить о внутренние поверхности насоса, а это чаще всего вызывает эрозию. Этот вид повреждения чаще всего наблюдается в рабочем колесе и корпусе.

При этом степень материального ущерба по компонентам агрегата зависит от объемной твердости материала и от содержания углерода.



Рисунок 2 – Сравнение типичной кавитационной ямы и эрозии

Сходство повреждений металла агрегата между воздействием кавитации и эрозии в форме значительны. Эрозионная коррозия имеет форму подковы с шероховатой поверхностью, также участок ямы выглядит как кратер. При этом кавитация знак обычно выглядит как скопление ямок, сосредоточенных вместе.

Процедура расследования поломки вала насоса выполняется по следующим этапам:

1. Визуальный осмотр и осмотр.
2. Идентификация материала.

Визуальный осмотр проводится путем осмотра поврежденной части вала и анализ формы его поломки, выполняется идентификация и анализ геометрии и формы трещин.

На этапе идентификации материала вал насоса проверяется с помощью анализатора сплавов Olympus, который показывает химический состав материалов вала. Идентификация материала вала насоса применяется с целью определения прочности материала и прочности на растяжение, возникающее в валу. Выбор материалов, которые являются экономически эффективными и технически подходит для применения требует знание не только конструкции и технологии производства насосов, но и инженерных свойств материала, особенно его коррозионная стойкость и износостойкость при воздействии сил, возникающих в насосе. Достаточно информации имеется в литературе по коррозии и металлургии, а также опыт производителей насосов, чтобы сделать соответствующий выбор материала практически для любого применения в насосной технике.

Мониторинг вибрации также является важной задачей при транспорте нефтепродуктов. Вибрацию агрегатов необходимо контролировать из-за большого количества встроенных вращающихся деталей, которые могут показывать дополнительные колебаний при возникновении неисправностей. Более недавним достижением в области мониторинга состояния насосов является применение ультразвуковых датчиков; внедрение нового ультразвукового измерения, основанного на анализе акустической эмиссии для технологических насосов высокого давления.

Причинно-следственная связь между двумя сигналами или общность между ними обычно оценивается с использованием функции когерентности. Ссылка [3] представляет результаты тематического исследования деградации подшипников двигателя, вызванной ускоренной электроразрядной обработкой в течение семи циклов старения. Чтобы определить повреждение подшипника с использованием сигнала тока двигателя, была вычислена функция согласованности между током двигателя и характеристикой вибрации. Наибольшие значения

амплитуды когерентности, когда были коррелированы сигналы тока и вибрации водителя, были расположены при динамическом эксцентриситете и дефекте подшипника.

Улучшенной оценкой PSD является оценка, предложенная Уэлчем (Welch) [2]. Метод основывается на делении данных временных рядов на части, вычислении модифицированной периодограммы каждой данной части, а после выполнения данных операций, усреднении оценок PSD. Результатом данного метода является оценка PSD.

Усреднение измененных периодограмм имеет тенденцию уменьшать дисперсию оценки по сравнению с оценкой одной периодограммы для всей записи данных. Хотя перекрытие между сегментами имеет тенденцию вводить избыточную информацию, этот эффект уменьшается за счет использования прямоугольного окна, которое уменьшает важность или вес, придаваемый конечным выборкам сегментов. Однако совместное использование коротких записей данных и прямоугольных окон приводит к снижению разрешения оценщика. Таким образом, существует компромисс между уменьшением дисперсии и разрешением. Можно манипулировать параметрами в методе Уэлча, чтобы получить улучшенные оценки относительно периодограммы, особенно когда SNR низкий.

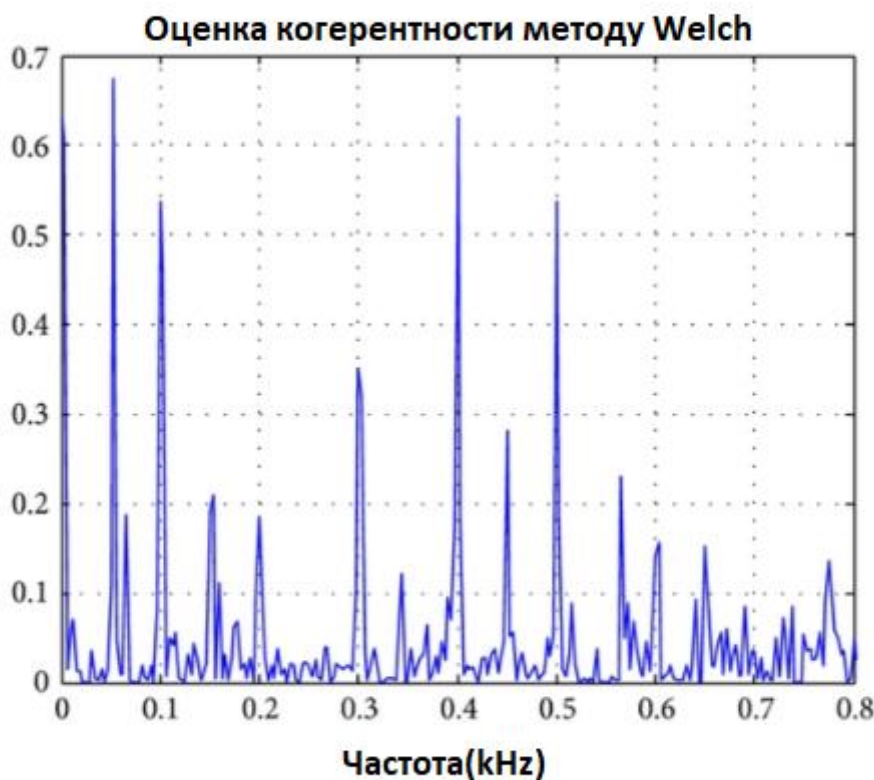


Рисунок 3 – Согласованность между DCS и сигналом DCS

Итак, основными механизмами, которые привели к выходу насосов из строя, были кавитация и эрозия, действующие либо по отдельности, либо вместе и приводящие к серьезным повреждениям внутренней поверхности насосов. Однако плохие условия эксплуатации, такие как анализ питательной воды, являются одной из основных причин

кавитации и коррозии, наличие некоторых примесей, таких как кремний и кальций, усилило эрозию.

Также в статье проводится описание метод Welch для исследования согласованности между текущими DCS и сигнатурами вибрации. Когерентность между сигналами DCS и DVS была исследована на определенной частоте и в разных частотных диапазонах.

### **Список литературы**

1. СП 36.13330.2012 «Магистральные трубопроводы»
2. A. Püttmer, “New applications for ultrasonic sensors in process industries,” *Ultrasonics*, vol. 44, supplement 1, pp. e1379–e1383, 2006.
3. S. Seker, E. Ayaz, and E. Türkcan, “Elman's recurrent neural network applications to condition monitoring in nuclear power plant and rotating machinery,” *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 16, no. 7-8, pp. 647–656, 2003.

### **References**

1. SP 36.13330.2012 "Main pipelines"
  2. A. Püttmer, “New applications for ultrasonic sensors in process industries,” *Ultrasonics*, vol. 44, supplement 1, pp. e1379–e1383, 2006.
  3. S. Seker, E. Ayaz, and E. Türkcan, “Elman's recurrent neural network applications to condition monitoring in nuclear power plant and rotating machinery,” *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 16, no. 7-8, pp. 647–656, 2003.
-