

**УДК 621.6**

Цуканов Андрей Витальевич, аспирант,  
(ОГУ, г. Оренбург)  
Tsukanov Andrey Vitalievich, Postgraduate  
(OSU, Orenburg)

**ДЕФЕКТЫ ПОДШИПНИКОВ КАК ОДИН ИЗ ФАКТОРОВ  
ОТКАЗОВ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ**

**BEARING DEFECTS AS ONE OF THE FACTORS OF PUMPING  
UNIT FAILURES**

Аннотация: В статье рассматриваются современные решения проблем насосных агрегатов. В частности, затрагивается тема влияния дефектов подшипников на центробежные насосные агрегаты.

Annotation: The article discusses modern solutions to the problems of pumping units. In particular, the topic of the influence of bearing defects on centrifugal pumping units is touched upon.

В данный момент на каждом нефтеперерабатывающем и нефтехимическом заводе используется огромное количество насосно-компрессорного оборудования (НКО). Так, на одном из заводов, расположенном на территории Республики Башкортостан, насчитывается более 6,5 тысяч НКО, треть из которых – роторное оборудование, пятая часть – теплообменники. Примерно в таком же процентном соотношении оборудование распределяется и на других НПЗ. Основная часть роторного оборудования представляют из себя насосные агрегаты, из которых более 65% - это центробежные насосы. Преобладание центробежных насосов связано с высокими скоростями перемещения жидкости и их малогабаритными размерами.

Даже работа исправного НКО неизбежно сопровождается определенным уровнем вибрации. По мере износа вибрация становится сильнее. Это связано в первую очередь с развивающимися дефектами подшипников. Благодаря использованию современных методов вибродиагностики, специалисты эффективно определяют дефектный узел [1].

Источники вибрации могут вызывать различные дефекты оборудования, такие как неуравновешенность ротора, ослабление соединений, заедания, нарушения соосности валов, проблемы с жесткостью опорной системы, кавитация и дефекты подшипников. Каждый из этих дефектов имеет свои диагностические признаки.

Для исследования выбраны центробежные насосные агрегаты (ЦНА) как главный элемент оборудования для переработки нефти. Анализ статистики отказов ЦНА, выявленных во время ремонта, показал, что в дополнение к уплотняющим устройствам, подшипники качения наиболее подвержены отказам, составляя около 31% от всех обнаруженных дефектов [2-3].

Если проблемы (повышенная нагрузка, отсутствие смазки или ее непригодное состояние и другие) не будут своевременно выявлены и устранены, это приведет к серьезным проблемам. Для недопущения такового, необходимо иметь полную картину развития дефектов каждой машины. Такой подход продлит срок службы агрегатов, сократит риски и финансовые потери на ремонт и обслуживание.

В настоящий момент активно применяется такая концепция, как предписывающее обслуживание (Prescriptive Maintenance, RxM). Она позволяет эффективно управлять производственным оборудованием путем выдачи предписаний об их функционировании и обслуживании.

Главное преимущество RxM – возможность избежать внеплановых ремонтов внезапно отказавшего оборудования и увеличить межремонтные интервалы. Кроме того, такая концепция обезопасит от аварий.

Типичные этапы деградации оборудования и технологии технического обслуживания представлены на рисунке.



Рисунок - Типичные этапы деградации оборудования и технологии технического обслуживания.

Современные системы управления эксплуатацией и обслуживанием делятся на две категории: системы, основанные на мониторинге простых

метрик (CBM), и экспертные технологии прогнозного (PdM) и предписывающего (RxM) обслуживания [4].

Применение CBM обуславливается аварийной остановкой оборудования в тех случае, когда измеряемые параметры (уровень вибрации, температура превышают заданные уставки. Концепция PdM позволяет работать даже с дефектами, развивающимися на начальной стадии, до того момента, пока не будет необходим ремонт.

Концепция RxM – самая эффективная на данный момент. Она основана на экспертном подходе. В тоже время, такая система отличается дороговизной и сложностью использования ввиду необходимости в постоянном обучении обслуживающего персонала. Также сложности возникают и с масштабированием системы

Ведутся попытки разработки систем PdM и RxM, независимых от экспертов, через объединение мониторинга простых метрик (Condition Monitoring) и машинного обучения. Это тоже займет большое время, которое может растянуться на месяцы, а то и годы. Также, система лишена возможности эффективно контролировать обслуживание, так как алгоритмы составлены таким образом, что система не фокусируется на конкретных дефектах определенных узлов агрегатов.

Для эффективного управления технологическим процессом необходимо постоянно получать актуальную информации и режимах работы всего оборудования. В данный момент на предприятиях применяется два подхода: мониторинг и диагностика. Они могут применяться как по отдельности, так и совместно [5-6].

Мониторинг подразумевает постоянный контроль за основными параметрами оборудования такими, как температура, уровень вибрации, пик-фактор и другие. Своевременное вмешательство при превышении заданных уставок параметров позволит избежать дорогостоящего ремонта и долгого простоя. Недостаток такого метода заключается в необходимости постоянного контроля за показателями. Кроме того, такая система не дает никаких данных о возможном времени работы до серьезного дефекта, работа с которым будет опасной. Ввиду этого, необходимо частые остановки для технического обслуживания.

Диагностика промышленного оборудования включает в себя целый ряд мероприятий, направленных на глубокий анализ состояния как самого оборудования, так и его компонентов, а также режимов их работы. Основная цель этого анализа заключается в обнаружении дефектов и формировании рекомендаций по эксплуатации и обслуживанию.

Основная задача применения такого подхода – знать о развитии дефектов на каждом подшипниковом узле, что позволит спланировать плановые ремонты и избежать непредвиденных поломок. Данная система работает стационарно и не требует от оператора особого уровня квалификации, что снижает человеческие риски.

### Список литературы

1. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2015620041 Российская Федерация. База данных характерных частот эксплуатационных дефектов подшипников качения : № 2014621494 : заявл. 05.11.2014 : опубл. 12.01.2015 / И. Л. Абрамов ; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева» (КузГТУ). – EDN MYFOYB.

2. Беседный, Н. Г. К разработке цифровой модели для предписывающего обслуживания промышленного оборудования / Н. Г. Беседный, С. А. Марченков, Д. Ж. Корзун // Цифровые технологии в образовании, науке, обществе : Материалы XV Всероссийской научно-практической конференции, Петрозаводск, 30 ноября – 03 2021 года. – Петрозаводск: Петрозаводский государственный университет, 2021. – С. 14-16. – EDN TVJNVE.

3. Кондрашкина, Е. Г. Автоматическая диагностика технического состояния промышленного электрооборудования / Е. Г. Кондрашкина, А. У. Зиннатуллин // Проблемы электроэнергетики и телекоммуникаций Севера России - 2021 : сборник статей II Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Сургут, 22–23 апреля 2021 года. – Москва: Издательство "Знание-М", 2021. – С. 189-190. – EDN KNPPZG.

4. Larin, A. N. Experimental investigations of vibrations of centrifugal fire pump with the defect (unfastened shaft in a bearing seat) / A. N. Larin, A. A. Larin, I. L. Ushapivsky // Bezpieczenstwo i Technika Pozarnicza. – 2014. – Vol. 34, No. 2. – P. 133-141. – DOI 10.12845/bitp.34.2.2014.13. – EDN SGWCZV.

5. Litsin K.V., Tsukanov A.V., Zhenenko A.I. "Development of an Automatic System for Regulating Sinter Burden Moisture at JSC «Ural Steel»," // 2021 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), 2021, pp. 557-560.

6. Плотников, В. А. Ресурс подшипника скольжения с учетом технологии ремонта / В. А. Плотников // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2019. – № 4(134). – С. 35-41. – DOI 10.26730/1999-4125-2019-4-35-41. – EDN OEEION.