



**6 - 9 сентября 2011, СумГУ, г. Сумы, Украина**

**XIII Международная научно-техническая конференция "ГЕРВИКОН-2011"**  
**Международный форум "НАСОСЫ-2011"**  
**Семинар "ЭККОН-11"**

## **ЗУБЧАТАЯ МУФТА КАК ПРИЧИНА ИЗНОСА УПОРНОГО ПОДШИПНИКА ТУРБОВОЗДУХОДУВКИ ТИПА ПП-3725/04 НА ПРОИЗВОДСТВАХ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ**

**Борзенец М.В.<sup>1</sup>, Бородай В.П.<sup>2</sup>**

### **АННОТАЦИЯ**

*В докладе рассмотрена проблема износа упорной части опорно-упорного подшипника. Основной причиной называют неисправность зубчатой муфты. Рассмотрены условия приведшие к износу зубчатой муфты. Приведены результаты вибрационного обследования агрегата. Сделаны соответствующие выводы.*

**Ключевые слова:** *вибрационное состояние, зубчатая муфта, износ, износ зубьев, подшипник, разрушение, расцентровка, турбовоздуходувка, упорная часть.*

Наличие самых совершенных систем вибромониторинга не исключает необходимости анализа обстоятельств возникновения предаварийных состояний. Особенно это касается ситуаций, сопровождающихся ухудшением вибрационного состояния агрегата, износом или разрушением несущих узлов. Стационарная и переносная аппаратура позволяют с различной точностью проанализировать изменения вибрационных сигналов, но вывод о причинах их изменения должен сделать эксперт. Эффективность работы эксперта зависит как от его собственного опыта, так и от наличия на предприятии актов объективного расследования обстоятельств и причин всех

<sup>1</sup> Борзенец Михаил Васильевич, главный инженер, Константиновский Государственный химический завод.

<sup>2</sup> Бородай Владимир Прокофьевич, руководитель проекта, ООО "ТРИЗ", ул. Машиностроителей, 1, 40020, г. Сумы, Украина

аварийных остановок оборудования с анализом факторов, как предшествовавших возникновению аварийной ситуации, так и появившихся в результате её.

Турбовоздуходувки типа ПП-3725/04 задействованы в технологическом процессе производств серной кислоты. Схема агрегата достаточно простая. Рабочее колесо нагнетателя консольно установлено на двухопорном валу. Вал соединяется зубчатой муфтой с приводным электродвигателем (рис. 1).

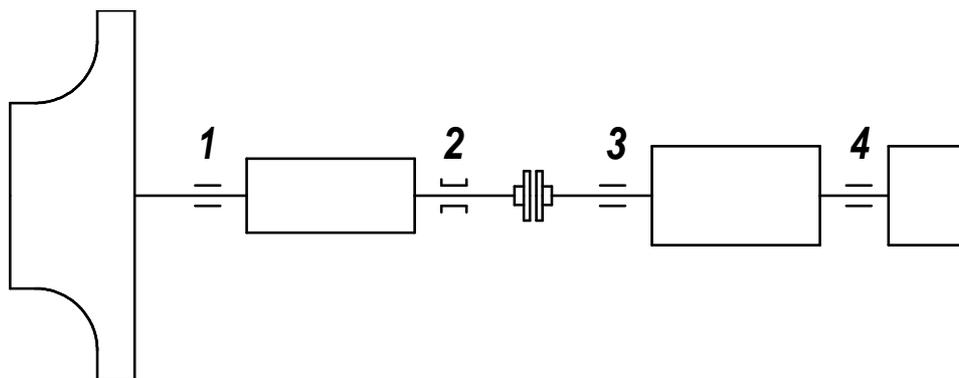


Рисунок 1 - Схема замера вибрации на подшипниках турбовоздуходувки

Опоры роторов – подшипники скольжения с цилиндрической расточкой. Подшипник нагнетателя со стороны привода имеет упорную часть для восприятия неуравновешенного осевого усилия на пусковых и переходных режимах.

Наиболее часто встречающиеся неисправности нагнетателя:

- неуравновешенность ротора (остаточная или возникшая в результате поломки лопаток);
- расцентровка роторов нагнетателя и электродвигателя;
- износ подшипников;
- неисправности соединительной муфты.

Неуравновешенность ротора в состоянии поставки выше допустимой, как правило, и является основной причиной износа подшипников. Ремонт подшипников осуществляется ремонтными службами предприятия, что не всегда обеспечивает им длительный ресурс.

Длительная работа при повышенной расцентровке роторов нагнетателя и электродвигателя так же способствует преждевременному выходу из строя опорных подшипников.

Ремонт опорных подшипников обычно заключается в ремонте опорной части (перезаливка, расточка и подгонка).

Разрушение упорной части опорно-упорного подшипника, происходящее за длительный период времени, ни каких вопросов не вызывало. Наиболее вероятной причиной такого износа предполагалась расцентровка роторов нагнетателя и электродвигателя типа излом. Диагностировалась такая расцентровка по повышенной вибрации на опорах вблизи соединительной муфты в осевом направлении. В процессе ремонта восстанавливалась упорная часть, производилась более тщательная центровка, и агрегат обрабатывал следующий межремонтный срок.

Положение обострялось, когда разрушение опорной части опорно-упорного подшипника происходило в течение одного - двух дней или на нем фиксировался постоянный перегрев масла на сливе. Такая ситуация возникала неожиданно и вызывала недоумение обслуживающего персонала.

Вызов от ООО «ПГ «Фосфорит»» г. Кингисепп был связан с трудностями, возникшими при пуске турбовоздуховок типа ТВД ПП-3725/04. В приложении к вызову были спектральные характеристики вибрации корпусов подшипниковых опор агрегата поз. 1 При отсутствии каких либо комментариев к рисунку было высказано предположение о наличии дисбаланса на рабочем колесе и расцентровки роторов электродвигателя и нагнетателя. Неисправность распространенная и вполне устранимая.

На момент прибытия на предприятие воздуходувка поз. 1 находилась в работе, а поз. 2 была готова к пуску и проведению балансировки ротора нагнетателя в собственных подшипниках. По информации представителей механической службы цеха работа воздуходувки осложнялась еще и тем, что по не выясненным пока причинам, каждый останов по повышенной вибрации сопровождался полным износом упорной части опорно-упорного подшипника.

Во время пробного пуска было проведено обследование вибрационного состояния агрегата поз. 2. При обследовании измерялись средние квадратические значения виброскорости на корпусах подшипниковых опор 1,2,3 и 4 (рис. 1) в трех взаимно перпендикулярных направлениях (вертикальном – В и горизонтальном – Г, перпендикулярно оси ротора, и осевом – О вдоль оси ротора) и спектральные вибрационные характеристики в тех же местах и направлениях. В таблице ниже представлены средние квадратические значения виброскорости (мм/с) при работе «на свечу» и под нагрузкой в сети.

Интенсивность вибрации воздуходувки при работе в сети не превышала 3,00мм/с и удовлетворяла техническим требованиям. Было принято решение балансировку ротора нагнетателя не проводить. В то же время, при анализе спектральных характеристик, было установлено наличие расцентровки

роторов нагнетателя и электродвигателя, и нелинейность всех опор. Воздуходувка поз. 2 была оставлена в работе, а воздуходувка поз. 1 остановлена для ревизии и подготовки к пуску.

Таблица 1 - Средние квадратические значения виброскорости агрегата поз. 2

	V <sub>1</sub>	Г <sub>1</sub>	O <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	Г <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	V <sub>1</sub>	Г <sub>3</sub>	O <sub>3</sub>	V <sub>4</sub>	Г <sub>4</sub>	O <sub>4</sub>
Работа «на свечу»	2,17	1,00	3,23	1,58	1,09	3,00	1,18	1,30	2,86	1,30	2,01	1,35
Работа в сети	1,80	1,04	3,00	1,79	1,09	2,67	1,10	0,95	2,70	1,40	1,76	1,10

При ревизии подшипников нагнетателя обнаружилось полное разрушение упорной части опорно-упорного подшипника (износ) и незначительные натирания на опорных поверхностях обоих подшипников. Износ зубьев соединительной муфты электродвигатель – нагнетатель достиг такой степени, при которой её дальнейшая эксплуатация не допускается.

Сопоставляя результаты вибродиагностического обследования воздуходувки поз.2 и ревизии муфты и подшипников нагнетателя воздуходувки поз. 1, был сделан вывод о причине повышенной вибрации воздуходувок и выхода из строя упорных частей их опорно-упорных подшипников. При длительной работе со значительной расцентровкой происходит интенсивный износ зубьев. В процессе увеличения зазора между зубьями, вследствие их износа, и изменения сечения зубьев в осевом направлении, происходит увеличение угла поворота проставки относительно полумуфт. В зубчатом зацеплении возникают расталкивающие силы [1]. Действие этих сил проявляется тогда, когда износ зубьев достигнет такой величины, при которой расталкивающие силы превысят силу трения в зубчатом зацеплении. При наборе оборотов во время запуска, а так же при увеличении нагрузки во время работы, роторы нагнетателя и электродвигателя «расходятся». Возрастает нагрузка на упорную часть опорно-упорного подшипника нагнетателя. Ротор электродвигателя под действием магнитного поля стремится вернуться в нейтральное положение и эта сила, при заклиненной муфте, так же воспринимается упорной частью опорно-упорного подшипника нагнетателя. Под действием этих сил

подшипник разрушается. Перекос проставки инициирует возникновение эксплуатационной расцентровки соединяемых роторов. Общее вибрационное состояние ухудшается вследствие недостаточной жесткости крепления корпусов подшипниковых опор.

Недостаточное внимание к состоянию соединительных муфт привело к серьезным проблемам. Для восстановления работоспособности воздуходувок необходима срочная замена соединительных муфт. Как временный выход из создавшейся ситуации эксплуатация агрегата допускается при условии выполнения идеальной центровки.

Аналогичные проблемы возникали в цехах по производству серной кислоты ОАО «Концерн СТИРОЛ» и Константиновского Государственного химического завода

Решением возникших проблем является замена изношенных соединительных муфт. Это могут быть новые зубчатые муфты штатной конструкции или упругие пластинчатые, производства фирмы «ТРИЗ».

#### **ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК**

1. Галеев А.С. Рязанцев А.О. Сулейманов Р.Н. Филимонов О.В. Вибродиагностика насосных агрегатов: Учебное пособие.- Уфа: Изд-во УГНТУ1997.

#### **GEAR COUPLING AS A CAUSE OF PP-3725/04-TYPE TURBOBLOWER THRUST BEARING WEARING AT SULFURIC ACID PRODUCTION**

**Michael Borzenets,  
State Konstantinovsky Chemical Plant,**

**Vladimir Boroday,  
TRIZ Ltd**

*The report is devoted to the problem of wearing thrust part of journal and thrust bearing. The principal cause is specified as an inaccuracy in gear coupling. There considered the conditions resulted in deterioration of gear coupling. There represented the results of analyzing vibration state of the unit. There formulated corresponding conclusions.*

**Keywords: vibration condition, gear coupling, wearing, teeth wearing, bearing, destruction, misalignment, turboblower, thrust part.**