

**ГЕРВИКОН
HERVICON**

**ЭККОН
ЕККОН**



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

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

МОДЕРНИЗАЦИЯ ВОДОРОДНОГО КОМПРЕССОРА 4VRM200/490, ОПРЕДЕЛЕНИЕ И УСТРАНЕНИЕ ПРИЧИН ПОВЫШЕННОЙ ВИБРАЦИИ

Савищенко С.И.¹, Бородай В.П.², Филоненко Ю.С.³, Коренев В.В.⁴

АННОТАЦИЯ

Рассматривается вопрос перевода водородного компрессора 4VRM200/490 на сухие газовые уплотнения а также причины возникновения вибрации мультипликатора и пути ее снижения.

Ключевые слова: компрессор 4VRM200/490 демпферный подшипник, упругую муфту, сухих газовых уплотнений, вибрации мультипликатора.

В 2010г. на ПАО "Лукойл – Одесский НПЗ" было принято решение о модернизации водородного компрессора 4VRM200/490. Целью модернизации был перевод компрессора со штатных масляных уплотнений на систему сухих газовых, оснащение компрессора системой вибромониторинга "Bently Nevada", а также устранение повышенной вибрации на электродвигателе.

Фирмой "ТРИЗ®" было проведено вибродиагностическое обследование компрессорного агрегата, по результатам которого сделан вывод, что

¹ Савищенко Сергей Иванович, гл. механик ПАО "Лукойл – Одесский НПЗ", Шкодова гора, 1/1, г. Одесса, Украина

² Бородай Владимир Прокофьевич, рук. проекта ООО "ТРИЗ®", ул. Машиностроителей, 1, 40020, г. Сумы, Украина

³ Филоненко Юрий Сергеевич, рук. проекта ООО "ТРИЗ®", ул. Машиностроителей, 1, 40020, г. Сумы, Украина

⁴ Коренев Вадим Витальевич, рук. проекта ООО "ТРИЗ®", ул. Машиностроителей, 1, 40020, г. Сумы, Украина

источником виброактивности является мультипликатор компрессора. Поэтому для снижения вибрации электродвигателя решили применить упругую муфту производства фирмы "ТРИЗ®", так как одним из качеств упругих муфт является их виброизолирующее свойство.

В рамках перевода компрессора на сухие газовые уплотнения была произведена замена штатных подшипников на демпферные подшипники фирмы "ТРИЗ®". Так как по своим эксплуатационным характеристикам демпферные подшипники конструкции фирмы "ТРИЗ®" [1,2,3] обеспечивают надежную работу сухих газовых уплотнений.



Рисунок 1 - Компрессор 4VRM200/490

В феврале 2010г. на ПАО "Лукойл – Одесский НПЗ" фирма «Грейс» совместно с фирмой "ТРИЗ®" провели запланированную модернизацию. На компрессоре смонтировали систему сухих газовых уплотнений фирмы «Грейс», оснастили системой вибромониторинга "Bently Nevada", фирма "ТРИЗ®", установила демпферные опорный (ПД-110) и опорно-упорный (ПДУ-110) подшипники, а также упругую муфту МСК-1700.

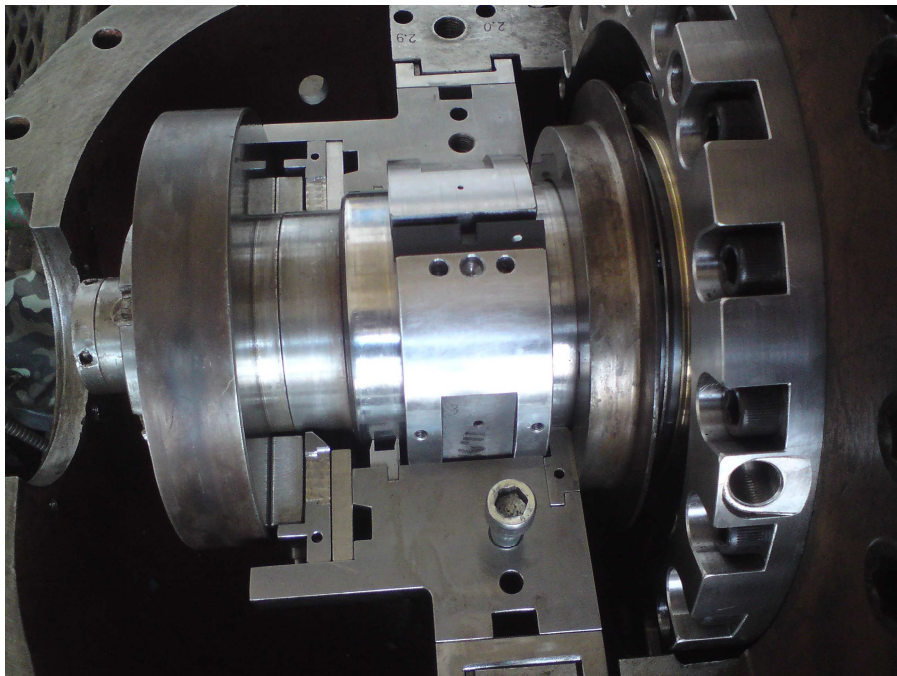
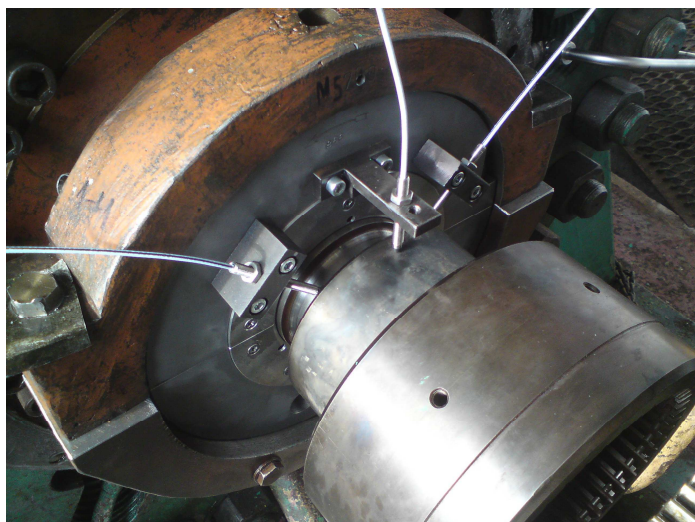


Рисунок 2 - Опорно-упорный подшипник ПДУ-110 компрессора 4VRM200/490

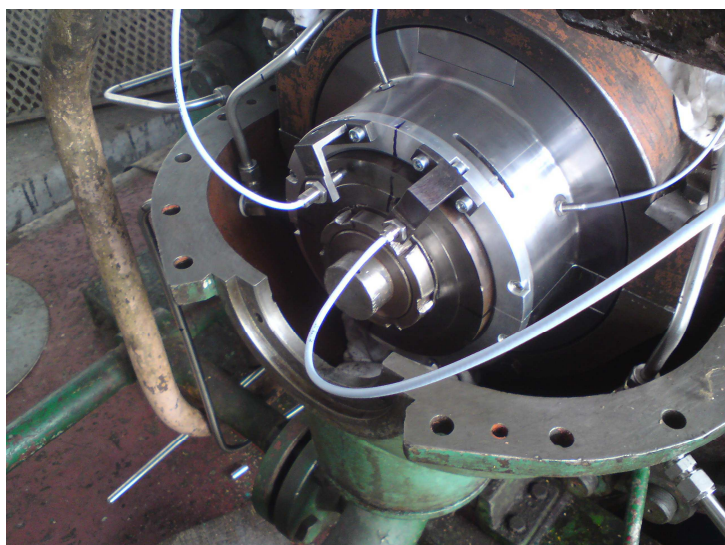
Проект привязки датчиков вибрации компрессора 4VRM 200/490 разрабатывали специалисты ООО ТРИЗ. Благодаря наработанному опыту при выполнении подобных проектов, удалось безошибочно разработать проект привязки, несмотря на то, что из имеющихся исходных данных были только продольный разрез компрессора, мультипликатора и чертеж общего вида электродвигателя. В ходе разработки проекта приходилось корректировать уже составленную спецификацию поставки системы вибромониторинга в части типоразмеров датчиков относительной вибрации. Оперативность действий специалистов службы главного метролога ПАО "Лукойл – Одесский НПЗ" и компании «GE RUS» при корректировке ранее составленной спецификации на поставку позволила правильно скомплектовать заказ и успешно осуществить монтаж датчиков системы вибродиагностики.

Модернизацию компрессорного агрегата выполнили, но вопросы остались. И если до модернизации беспокойство обслуживающего персонала вызывала вибрация электродвигателя в осевом направлении, то после модернизации основным источником вибрации стал мультипликатор. Анализируя период работы компрессора, предшествующий модернизации, выяснилось, что вибрация мультипликатора не отличалась стабильностью в течение межремонтных

периодов, подрастая к их концу. После модернизации она выросла в течение месяца. И до и после модернизации компрессора интенсивность вибрации мультипликатора определялась вибрацией на частоте 150Гц. Источник возмущения вибрации с такой частотой в агрегате не установлен.



а)



б)

Рисунок 3 - Смонтированные датчики относительной вибрации, оборотов и осевого сдвига:

а) на опорном подшипнике; б) на упорно-опорном подшипнике



Рисунок 4 - Муфта МСК-1700 соединения "электродвигатель-мультипликатор" компрессора 4VRM200/490.

Было высказано предположение, что основная причина появления повышенной вибрации мультипликатора – снижение веса соединительной муфты электродвигатель – мультипликатор на 80кГ, что приблизило рабочий диапазон к резонансу. Установленная на компрессорном агрегате система вибромониторинга "Bently Nevada" позволила снять вибрационные характеристики мультипликатора на пуске со штатной зубчатой муфтой и с упругой пластинчатой. Диаграмма Боде в обоих случаях практически ни чем не отличалась. До выхода на рабочие обороты наблюдался плавный рост вибрации без изменения её фазы. Таким образом снижение веса соединительной муфты не изменило значение резонанса роторной системы и не стало причиной повышенной вибрации мультипликатора.

В 2001г. «ТРИЗ» провел модернизацию, установив муфту и подшипники на аналогичный компрессорный агрегат НПК «ГАЛИЧИНА» г. Дрогобыч. Изменение вибрации после проведения модернизации компрессора показано в таблице 1.

До настоящего времени у эксплуатирующего персонала не возникало вопросов относительно вибрационного состояния компрессора, мультипликатора или электродвигателя. В связи с этим было принято

решение провести сравнительный анализ жесткостных и динамических характеристик рам под мультипликатором в Одессе и в Дрогобыче.

Таблица 1 - Средние квадратические значения виброскорости на корпусах подшипников компрессорного агрегата до и после модернизации (НПК «ГАЛИЧИНА»)

| Точка измерения | Измеренное значение, мм/с | | Точка измерения | Измеренное значение, мм/с | |
|-----------------|---------------------------|--------------------|-----------------|---------------------------|--------------------|
| | до модернизации | после модернизации | | до модернизации | после модернизации |
| | 02.02.98 | 10.08.01 | | 02.02.98 | 10.08.01 |
| V ₁ | 2,9 | 0,67 | V ₄ | 1,1 | 1,00 |
| Г ₁ | 1,6 | 0,53 | Г ₄ | 1,4 | 1,76 |
| О ₁ | 9,0 | 1,74 | О ₄ | 4,1 | 2,40 |
| V ₂ | 3,0 | 0,67 | V ₅ | 2,5 | 1,69 |
| Г ₂ | 2,6 | 0,61 | Г ₅ | 2,1 | 1,34 |
| О ₂ | 7,8 | 1,39 | О ₅ | 2,1 | 0,52 |
| V ₃ | 2,5 | 1,17 | V ₆ | 1,5 | 1,41 |
| Г ₃ | 1,6 | 1,47 | Г ₆ | 0,8 | 1,13 |
| О ₃ | 3,8 | 1,28 | О ₆ | 2,1 | 0,42 |

При сравнении конструкций рам под мультипликаторами на ПАО «ЛУКОЙЛ-ОДЕССКИЙ НПЗ» и НПК «ГАЛИЧИНА» г. Дрогобыч было установлено, что их основное отличие состоит в том, что при прочих равных размерах рама в Дрогобыче на 55мм ниже, на 44мм шире и на 110мм длиннее рамы в Одессе.

Результаты сравнительного расчета динамических характеристик рам по специальной программе представлены в таблице 2.

При анализе расчетов было установлено, что вторая собственная частота колебаний рамы Одесского НПЗ кратна частоте, определяющей вибрационное состояние мультипликатора. Направление колебаний по второй форме совпадает с направлением максимальной вибрации. Очевидно, это обстоятельство и явилось основной причиной повышенной виброактивности мультипликатора (рис. 5).

Первая и вторая собственные частоты рамы под мультипликатором, установленной на НПК «ГАЛИЧИНА» более чем на 30% выше Одесских, а стойки рамы на этих частотах не инициируют вибрацию мультипликатора в направлениях измерения (рис. 6). Таким образом изменив конструкцию рамы можно снизить виброактивность мультипликатора в целом.

По результатам расчетов собственных частот и форм колебаний лучшие результаты для снижения виброактивности мультипликатора на Одесском

НПЗ даст ужесточение рамы путем приварки поперечных пластин со стороны электродвигателя и со стороны компрессора, как показано на рисунке 7.

Таблица 2. Сравнительный расчет динамических характеристик рам

| Рама Одесский НПЗ | | Рама НПК «ГАЛИЧИНА» | | Рама Одесский НПЗ с добавлением одной пластины | | Рама Одесский НПЗ с добавлением двух пластин | |
|-------------------|-------------|---------------------|-------------|--|-------------|--|-------------|
| № формы | Частота, Гц | № формы | Частота, Гц | № формы | Частота, Гц | № формы | Частота, Гц |
| 1 | 294,26 | 1 | 410,27 | 1 | 383,47 | 1 | 286,31 |
| 2 | 302,47 | 2 | 430,91 | 2 | 390,23 | 2 | 410,35 |
| 3 | 432,54 | 3 | 439,08 | 3 | 425,94 | 3 | 430,92 |
| 4 | 445,28 | 4 | 472,06 | 4 | 449,63 | 4 | 450,11 |
| 5 | 636,04 | 5 | 666,85 | 5 | 552,29 | 5 | 549,94 |
| 6 | 638,08 | 6 | 711,51 | 6 | 660,22 | 6 | 552,01 |

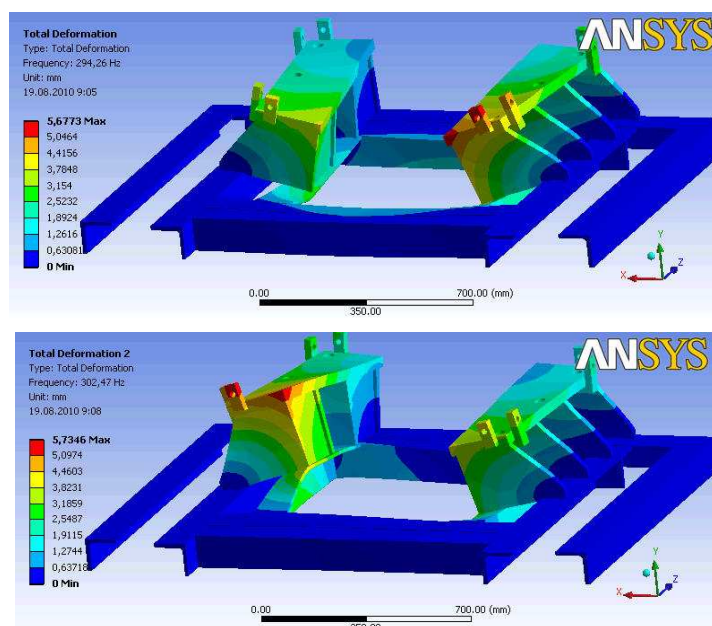


Рисунок 5 - Исходная рама на Одесском НПЗ

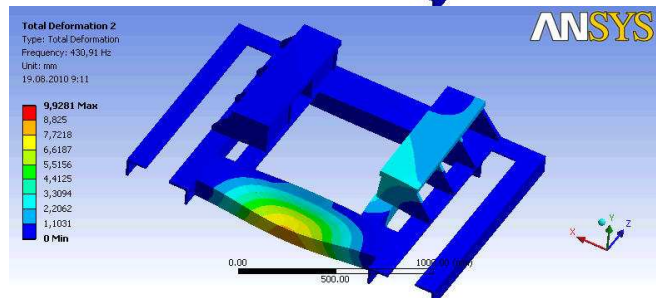
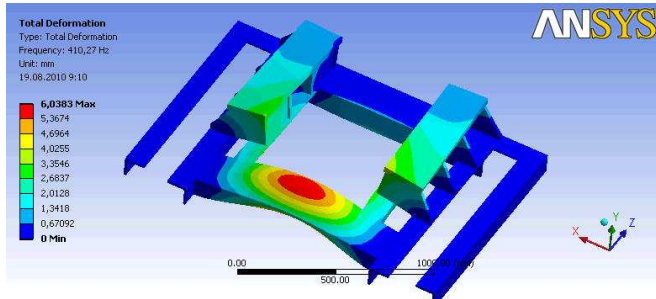


Рисунок 6 - Рама на НПК «ГАЛИЧИНА»

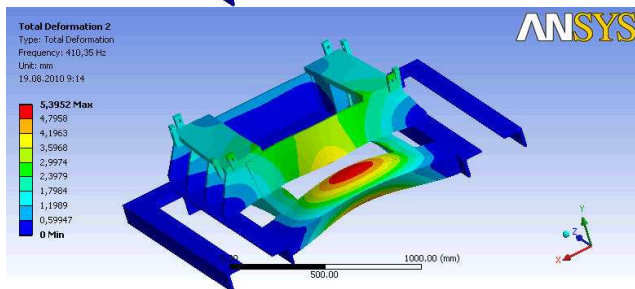
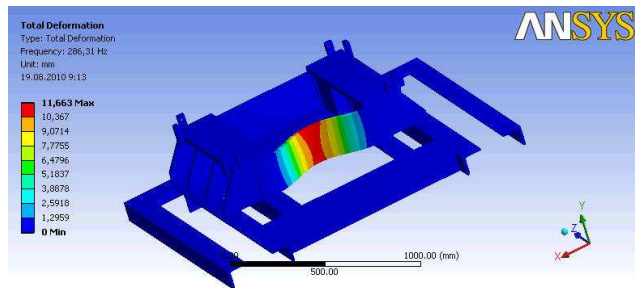


Рисунок 7 - Рама с двумя пластинами.

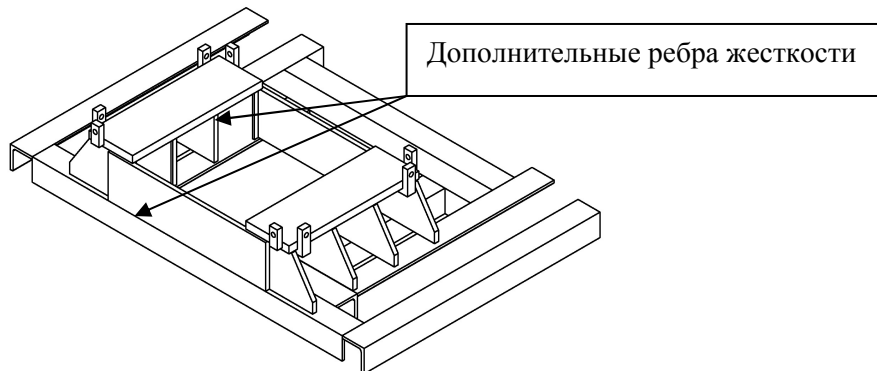


Рисунок 8 - Доработка рамы мультипликатора

Такое предложение направлено на Одесский НПЗ. Реализация этого мероприятия позволит снизить вибрацию как мультипликатора, так и электродвигателя, при условии установки упругой муфты.

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

1. Патент № 763, Україна, F16C 32/06. Підшипниковий вузол. В.С. Марцинковський, В.Г. Гриценко.
2. Свидетельство на полезную модель № 19887. Подшипниковый узел. В.С. Марцинковский, В.Г. Гриценко.
3. Патент № 3489, Республика Беларусь, Опорный подшипниковый узел (варианты). В.С. Марцинковский

MODERNIZING 4VRM200/490 HYDROGEN COMPRESSOR, DETECTING AND REMOVING THE REASONS OF HIGH VIBRATION LEVELS

**Sergey Savishchenko,
AO LUKOIL - Odesskij NPZ;**

**Vladimir Boroday, Yuri Filonenko, Vadim Korenev,
TRIZ Ltd**

SUMMARY

There considered the problem of transferring 4VRM200/490 hydrogen compressor onto operation under working condition with use of dry gas seals. And also there studied the reasons causing vibration in the multiplier, as well as the ways of reducing the same.

Keywords: 4VRM200/490 compressor, damping bearings, flexible coupling, dry gas seals, vibration in multiplier.