

Новый подход к обеспечению надежности эксплуатации теплоэнергетического оборудования

**Гостев Ю.В., технический директор ООО «Венчур-Н», к.ф.-м.н.,
Новиков В.И., генеральный директор ООО «Венчур-Н», к.ф.-м.н.,
Пасков В.В., директор Предприятия тепловых станций, теплосетей
и газового хозяйства г. Зеленограда, ГУП «Мостеплоэнерго», к.т.н.**

1. Введение

Проблема износа оборудования в теплоэнергетической отрасли, приобретающая с каждым годом все более угрожающий характер, при всей своей серьезности, вполне поддается системному анализу, разложению на составляющие и построению логической цепочки действий, ведущих к решению проблемы, в целом.

С точки зрения менеджмента, не самого высокого уровня, необходимо найти возможность приостановить ежегодный рост расходов на капитальный ремонт и эксплуатацию оборудования и направить высвободившиеся средства на перевооружение предприятий теплоснабжения.

Ключ к решению проблемы может быть найден с помощью анализа мирового опыта. Исследования, проведенные в ряде ведущих стран [1], показали, что, если речь идет об износе механического оборудования, то грамотное применение достижений трибологии (науки о трении и износе) дает экономический эффект от 1:40 до 1:76. Это означает, что 1000 рублей, вложенных в борьбу с трением и износом, приносит от 40000 до 76000 рублей годового дохода. Второй большой экономический резерв кроется в переходе от ремонта и обслуживания оборудования по регламенту, т.е. планово-профилактического, к ремонту и обслуживанию по фактическому состоянию, т.е. только на основании диагностических показаний. Такой переход приводит к снижению трудовых и финансовых затрат в 10-15 раз [2]. Совокупный экономический эффект может достигать показателя **1:500**.

Перенос мирового опыта на отечественную почву вполне возможен. Для этого необходимо выявить основные причины финансовых потерь и оценить эффективность средств борьбы с этими потерями, предлагаемых авторами настоящей работы.

В структуре расходов на капитальный ремонт важное место занимает замена подшипников и других механических узлов во время профилактических осмотров и планово-предупредительных ремонтов оборудования. Стоимость работ по замене подшипников значительно превышает стоимость самих подшипников, поскольку обеспечение соосности и центровка валов требуют больших трудозатрат. Значительные финансовые потери связаны с устранением последствий тяжелых аварий, когда разрушаются посадочные места валов, роторы и статоры электродвигателей.

Анализ вибросостояния основных видов оборудования станций, проведенный специалистами ООО «Венчур-Н», показывает, что у 20-25% подшипников наблюдается превышение допустимых пределов хотя бы по одному из вибропараметров: виброперемещению, виброскорости или виброускорению, - что является признаком критического износа. Особенно это касается подшипников с пластичной смазкой. Основными причинами такого положения является то, что за последние 10-12 лет ухудшилось качество смазочных материалов, значительно ухудшилось качество подшипников, до минимального уровня сократилось научно-техническое сопровождение производства, снизились численность и квалификация обслуживающего персонала. В результате наложения всех факторов, сложилась ситуация, которая с трудом поддается контролю обычными средствами.

Главная же причина кроется в том, что современная концепция обеспечения

надежности эксплуатации теплоэнергетического оборудования, по сути, сводится к стремлению проследить всеми доступными способами за нарастанием износа механических узлов оборудования и постараться заменить эти узлы до их полного разрушения. Пассивная, оборонительная практика борьбы с износом обречена на поражение.

В то же время, специалистами ООО «Венчур-Н», совместно с АО «ВНИИЭ», с предприятиями ГУП «Мостеплоэнерго» и ОАО «Мосэнерго», разработана и проверена **концепция активной наступательной борьбы с износом механических узлов оборудования, основанная на реализации уникальных возможностей технологии антифрикционной ресурсовосстанавливающей обработки (АРВО) [3]**.

Технология АРВО разработана для теплоэнергетического оборудования по заказу Минпромнауки. За 3 года, под руководством и при непосредственном участии ведущих специалистов Зеленоградского филиала ГУП «Мостеплоэнерго» и ОАО «Мосэнерго», технология АРВО превратилась в комплексную, высокоэффективную систему обеспечения надежности эксплуатации энергетического оборудования, включающую в себя

- мониторинг вибросостояния оборудования, основанный на регулярном контроле вибропараметров и анализе динамики изменения вибросостояния с помощью постоянно пополняемой компьютерной базы данных;

- коррекцию вибросостояния и степени износа оборудования путем добавления в смазочные материалы антифрикционной ресурсовосстанавливающей композиции (АРВК);

- проведение ремонта и замену механических узлов оборудования только на основании диагностических показаний, когда коррекция невозможна;

- применение универсальной, высокотемпературной, содержащей АРВК пластичной смазки с увеличенным в несколько раз сроком службы между заменами;

- входной контроль и предварительную обработку всех поступающих подшипников.

Разработанная система позволяет в 10 раз снизить трудозатраты, связанные с заменой подшипников и пластичной смазки в них, уменьшить эксплуатационные расходы на 20-40% и направить высвободившиеся средства на перевооружение, тем самым повысить рентабельность и инвестиционную привлекательность отрасли.

Рассмотрим каждый пункт предлагаемой концепции более подробно.

2. Мониторинг вибросостояния оборудования

2.1. Методические основы разработанной системы мониторинга

Контроль, диагностика и прогноз вибросостояния машин и оборудования в процессе их работы, в международной практике, объединяются под одним термином - мониторинг состояния оборудования [4]. По целевому назначению системы мониторинга делятся на два класса - системы предупредительного и защитного мониторинга. Вторые, как правило, не несут диагностических функций, а, как это принято в системах аварийной защиты, отключают оборудование, когда контролируемые параметры выходят за рамки установленных допусков.

Задачей систем предупредительного мониторинга является обнаружение изменений состояния оборудования задолго до наступления аварийной ситуации и своевременная выдача предупреждения обслуживающему персоналу. Если такая система способна обнаружить все опасные изменения, по крайней мере, за несколько дней до аварии, она может быть выполнена в переносном (портативном) виде. Если она рассчитана на обнаружение нескольких видов дефектов, но при условии, что хотя бы один из них появляется за несколько часов до аварии в результате развития любой последовательной цепочки дефектов, то подобная система мониторинга выполняется преимущественно в виде стационарной системы.

Стационарные системы, в настоящее время, вследствие высокой стоимости и

сложности обслуживания, не могут быть предметом массового применения. Рассмотрим систему мониторинга вибросостояния энергетического оборудования, основанную на применении компактного виброметра ВУ 034 фирмы «ДИАМЕХ» и стационарного персонального компьютера, которая была разработана специалистами ООО «Венчур-Н» в ходе работы над технологией АРВО.

Система вибромониторинга стала логическим развитием методики вибродиагностики, разработанной физиками, независимо от традиционной практики вибродиагностики, исходившими из общих физических представлений о колебательных процессах и из положений теоретической механики. Методика была необходима для контроля изменений степени износа механических узлов любого оборудования, поскольку, в соответствии с мировой практикой, вибросостояние является универсальным индикатором уровня износа. Основной отличительной особенностью технологии АРВО является восстановительное действие, поэтому изначально вибродиагностика применялась для оценки эффективности обработки всех видов оборудования: двигателей внутреннего сгорания, подшипников качения и скольжения, редукторов, металлорежущих станков и т.д. В соответствии с этим предназначением, методика вибродиагностики должна была давать максимум информации для качественной физической интерпретации процессов, происходивших в механических системах типа «электрический двигатель исполнительный механизм» при одновременном восстановлении, в условиях взаимного влияния, всех механических узлов, например, четырех подшипников насоса или вентилятора. Вторым важным условием было накопление информации в компьютерной базе данных, поскольку наблюдение за обработанным оборудованием продолжается в течение многих лет.

В соответствии с разработанной методикой, фиксируются значения виброперемещения, виброскорости и виброускорения в осевом, поперечном и вертикальном направлениях для каждого подшипника. Особенностью виброметра ВУ 034 является то, что виброускорение измеряется в диапазоне частот 10 -5000 Гц; виброскорость в диапазоне 10 1000 Гц; виброперемещение в диапазоне 10 200 Гц. Поэтому измерение виброускорения позволяет проследить зарождение микродефектов дорожек качения и шариков или роликов и их дальнейшее развитие, что находит отражение именно в высокочастотной области спектра [4].

Отличие методики от стандартной процедуры измерений вибропараметров заключается в дальнейшей интерпретации результатов измерений, основанной на анализе, с позиций теоретической механики, вибросостояния сотен единиц оборудования. В частности, методика позволяет различать такие причины роста показаний по виброперемещению, как ослабление жесткости подшипника вследствие износа роликов и дорожки качения или же недостаточный натяг подшипника. В отношении виброскорости, можно разделить такие причины, как недостаточная балансировка или увеличение радиальных зазоров. Кроме того, можно оценить негативное влияние повышенной вибрации одного подшипника на другие подшипники, и предсказать его последствия.

Результаты каждого измерения вибропараметров заносятся в базу данных с помощью прилагаемой программы учета вибросостояния оборудования, что позволяет накапливать информацию по каждой единице оборудования и дает возможность в любой момент, по таблице или графически, оценить динамику изменения вибросостояния. **Фактически, мы имеем дело с растянутым во времени вибромониторингом.** После обработки подшипников и других узлов по технологии АРВО исключается опасность быстрого износа или резкого ухудшения вибросостояния. Поэтому достаточно контролировать вибропараметры раз в три месяца и оценивать их изменение по таблице или в графическом представлении.

2.2. Модельная схема для интерпретации результатов виброизмерений

Для интерпретации результатов обработки по технологии АРВО мы пользуемся следующей модельной схемой процессов, происходящих в подшипниках в присутствии АРВК.

В первый час, после внесения АРВК в смазку, происходит очистка контактирующих поверхностей; внедрение силикатов металлов, содержащихся в АРВК, в поверхности; снижение шероховатости и выравнивание твёрдости поверхностей. С первого момента внесения АРВК, начинают действовать антифрикционные присадки, входящие в композицию. В результате совместного, взаимно усиливающего действия, силикатов и присадок, резко уменьшается коэффициент трения и скорость износа деталей. В скором времени, поверхности приобретают характерный зеркальный блеск, цвет их становится серо-коричневым.

В дальнейшем, продолжается "внедрение" силикатов в поверхности. Результатом внедрения является увеличение объема и восстановление до номинала размеров деталей. При этом участки внедрения перемещаются по поверхности, в зависимости от нагрузки и прочих изменений режимов работы конкретной машины. Время полного восстановления зависит от проработки всей поверхности. В итоге, восстанавливается объем, правильная форма и номинальные размеры детали в области сочленения, величина вибропараметров уменьшается, что проявляется независимо от нагрузки в данный момент времени, поскольку амплитуда виброколебаний ограничивается изменившимися размерами, например, дорожек качения и роликов подшипников.

Справедливость рассмотренной модельной схемы подтверждается последовательностью изменения вибропараметров. Сначала уменьшаются показания по виброускорению, что можно объяснить устранением микродефектов и началом восстановления размеров дорожек качения и шариков или роликов. Это приводит к уменьшению амплитуды колебаний в высокочастотной области спектра.

Дальнейшее восстановление размеров приводит к увеличению жёсткости подшипников и уменьшению амплитуды колебаний вблизи основной частоты, т.е. частоты вращения. Начинается уменьшение показаний по виброперемещению. Одновременно уменьшаются радиальные зазоры, что проявляется в снижении величины виброскорости.

Конечные значения вибропараметров могут отличаться от идеальных, поскольку они определяются условиями равновесия, которое находит колебательная система «Двигатель - исполнительный механизм». На эти условия влияют такие реальные обстоятельства, как несоосность валов двигателя и механизма, ослабление крепления корпусов двигателя и механизма, недостаточная центровка; взаимное влияние, разная степень износа подшипников, их конструктивные отличия и т.д. Регулярный контроль вибросостояния позволяет проследить процесс поиска равновесия колебательной системы.

2.3. Примеры диагностической интерпретации результатов измерений вибропараметров

В соответствии с изложенными выше соображениями, при «правильном» развитии процесса износа подшипника, сначала нарастают значения виброускорения, что отражает появление и разрастание микродефектов соприкасающихся поверхностей качения. Затем, в результате длительного истирания поверхностей качения, ослабляется жесткость подшипников, что проявляется в росте значений виброперемещения; растут радиальные зазоры, что приводит к росту значений виброскорости. Одновременное представление всех измеренных вибропараметров, накопленных в базе данных компьютера, позволяет проследить динамику изменения параметров. На рис. 1 мы видим, что виброускорение подшипников 3 и 4 превысило допустимые значения, т.е. износ перешел в стадию быстрого разрушения подшипника. Это видно по тому, что всего за месяц (с 16.04 по 15.05.02), резко выросли значения виброперемещения подшипника 3 в осевом направлении и подшипника 4 в осевом и вертикальном направлениях. Начался рост виброскорости подшипника 3.

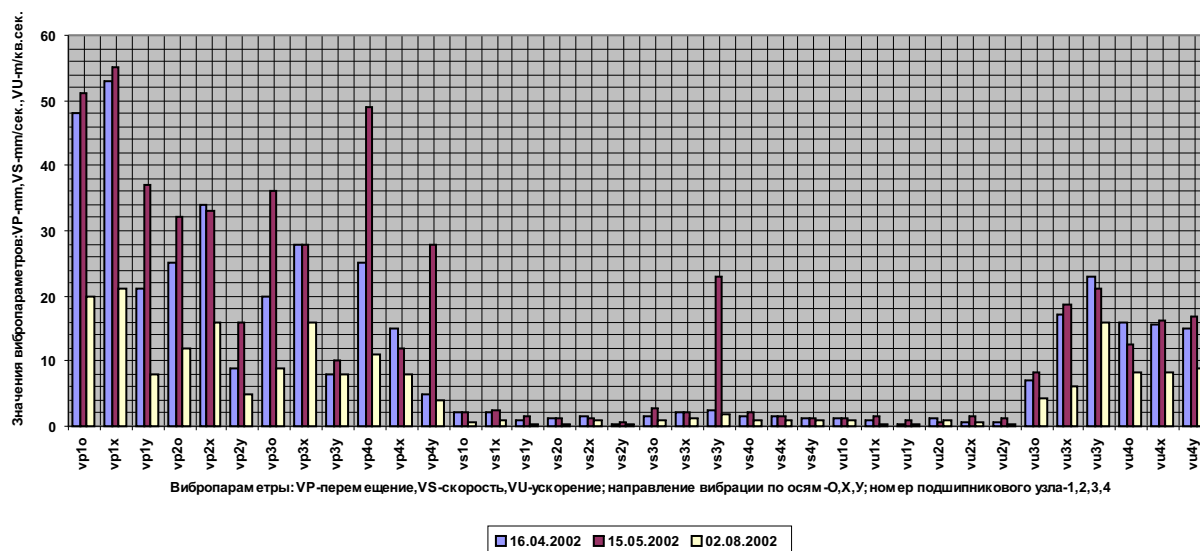


Рис. 1

В случае, если виброускорение не превышает 10 м/кв. см, а виброперемещение приближается к допустимому пределу (80-100 мкм), то необходимо измерить виброперемещение на болтах крепления корпуса подшипника. Разброс значений виброперемещения на 4 болтах, превышающий 20%, свидетельствует об ослаблении крепления. Если вибрация на болтах одинакова, то причину роста виброперемещения следует искать в нарушении соосности или центровки.

Аналогично, можно сделать вывод, что рост значений виброскорости (выше 4,5 мм/с), при незначительном росте виброускорения, вызван не износом подшипника, а разбалансировкой механического узла.

Методика вибродиагностики и программа учета вибросостояния рассчитаны на уровень мастеров и старших мастеров, что позволяет за короткое время изменить саму концепцию эксплуатации оборудования - **перейти от пассивного ожидания катастрофического износа к активному поддержанию вибросостояния и степени износа на оптимальном уровне.**

3. Антифрикционная ресурсовосстанавливающая композиция (АРВК)

Действие АРВК основано на применении уникальных антифрикционных, противоизносных и восстановительных свойств серпентинитов, о которых 5 ноября 1984 г. в МНТК «Механобр» в Ленинграде на заседании научно-технического совета Минцветмета СССР сообщили Маринич Т.Л., Ревнивцев В.И. и Гаркунов Д.Н. авторы открытия: «Эффект низкого трения гидратов по стали (НТГ - эффект)».

Кроме того, в АРВК объединены лучшие достижения в области антифрикционных присадок с восстановительным эффектом серпентинитов. Соединение присадок с серпентинитом дало нелинейное усиление антифрикционных и противоизносных свойств, в результате чего, по совокупности характеристик, АРВК превосходит все аналоги. Результаты сравнительных испытаний противоизносных свойств АРВК и наиболее известных присадок и модификаторов трения: ДФ-11 (на основе Zn); фриктола (на основе Mo); трибополимерообразующих соединений; серпентинита и комбинаций серпентинита с этими присадками, - приведены на рис. 2 [5]. Испытания проводили на машине трения Шкода-Савина по схеме вытирания вращающимся роликом канавки на плоской поверхности пластины, материал роликов и пластин сталь 45 (HRC = 48-53), при следующих условиях:

нагрузка 150 Н;

частота вращения ролика 500 об/мин;

скорость подачи масла 4-е капли в минуту;
продолжительность испытаний 160 минут.

АРВК является суспензией, состоящей из базовой жидкости и сложной смеси силикатов металлов (к которым относятся серпентиниты) в виде твердого порошка, взвешенного в жидкости. Добавление АРВК в смазку позволяет восстанавливать форму и размеры и увеличивать ресурс движущихся механических узлов из стали и чугуна любого оборудования, без прекращения его эксплуатации.

Наиболее наглядно свойства АРВК проявляются в сравнении с известными маслами. На рис. 3 показано изменение глубины канавки от времени вращения ролика для индустриального масла, для загрязненного турбинного масла, для чистого турбинного масла, для наиболее активно рекламируемого импортного синтетического моторного масла и для индустриального масла, содержащего 2% АРВК (графики перечислены в порядке убывания интенсивности износа). Можно видеть, что самое обычное дешевое индустриальное масло, после добавления АРВК, в 2 раза превзошло по износостойкости, действительно, обладающее рекордными показателями импортное масло [6].

Еще более понятным для ведущих специалистов теплоэнергетической отрасли, которые, в подавляющем большинстве, являются автолюбителями, будет сравнение, по глубине канавки, наиболее дешевого отечественного минерального моторного масла 10W30; трех популярных дорогих отечественных масел; одного из лучших импортных масел; рекордного импортного масла и самого дешевого масла, содержащего 2% АРВК (рис. 4).

Добавление АРВК увеличивает стоимость литра масла всего на 50 рублей. При этом самое простое отечественное масло становится лидером мирового рынка.

Ко всему перечисленному необходимо добавить, что ни одно из существующих в настоящее время масел и ни одно из средств, улучшающих свойства масел, типа модификаторов трения и кондиционеров металла, не обладает восстанавливающим действием. Именно благодаря восстановительному эффекту АРВК, все смазочные материалы, содержащие АРВК, - жидкие, пластичные и твердые приобретают свойства корректировать степень износа и, соответственно, вибросостояние механических узлов. На рис. 1 и 5 мы видим, что вибропараметры, до момента обработки значительно превосходившие допустимые значения, через некоторое время, возвращаются к состоянию, характерному для нового подшипника. В частности, можно отметить виброскорость подшипника 3 на рис.1 и виброперемещение, виброскорость и виброускорение подшипника 2 на рис. 5.

4. Диагностические показания для ремонта и обслуживания механических узлов

Внесение АРВК в смазочные материалы позволяет корректировать вибросостояние только в той части, которая обусловлена износом механических узлов. Искажения вибропараметров, вызванные недостатками монтажа, такими, например, как несоосность и недостаточная центровка валов, не могут быть скорректированы. В качестве примера, рассмотрим ситуацию на рис. 6. Мы видим, что виброперемещение подшипника 1, в вертикальном направлении, и подшипника 2, в поперечном направлении, после обработки, не только не уменьшились, но и превысили допустимые пределы. В то же время, значения виброускорения и виброскорости этих подшипников свидетельствуют о том, что износ их минимален. Таким образом, мы имеем убедительные показания для того, чтобы проверить качество монтажа электродвигателя ДРГ 1, а также соосность и центровку валов двигателя и исполнительного механизма.

5. Применение универсальной, высокотемпературной, содержащей АРВК пластичной смазки с увеличенным в несколько раз сроком службы между заменами.

Успех реализации системы обеспечения надежности эксплуатации

энергетического оборудования, во многом, зависит от качества пластичного смазочного материала, который применяется для смазки 70-80% подшипников. Добавление АРВК к широко применяемым смазочным материалам типа «1-13» и литол увеличивает срок службы подшипников вследствие восстановительного действия и высокой противоизносной эффективности. Однако смазка «1-13» быстро затвердевает, а литол вытекает при температуре выше 80 градусов Цельсия. Поэтому на основе смазки «Политерм», разработанной в Электрогорском институте нефтепереработки, был создан универсальный высокотемпературный смазочный материал - смазка пластичная «Политерм-многоцелевая» ТУ 0254-001-40439881-99, содержащая АРВК.

Испытания, проведенные в ОАО «Московский подшипник», показали, что смазка «Политерм-многоцелевая» в 4 раза превосходит по времени работоспособности «Литол-24», в обычных условиях, и в 8 раз, при повышенной температуре. Она обладает комплексом уникальных свойств:

- устранение износа, коррекция размеров механических узлов, увеличение в несколько раз износостойкости, что проявляется в снижении вибрации до минимальных значений, в том числе осевой вибрации в электродвигателях; в снижении температуры; в увеличении срока службы в 2 раза и более;

- срок службы между заменами смазки 4 года и более (повышенная стойкость уретаных смазок, к которым относится «Политерм», дополняется тем, что вследствие не имеющей аналогов противоизносной эффективности АРВК, смазка практически не загрязняется продуктами износа);

- рабочий температурный диапазон -20 - +160 градусов Цельсия (может быть увеличен до -40 -+250 градусов, по желанию заказчика), повышенная стойкость к вымыванию и действию агрессивных сред.

Стоимость смазки 520 рублей за кг (с расширенным температурным диапазоном 620 рублей за кг), НДС не облагается. Несмотря на высокую стоимость, применение смазки «Политерм-многоцелевая», содержащей АРВК, дает 300% и более чистого годового экономического эффекта, вследствие увеличения срока службы подшипников, увеличения длительности работы до замены смазки, повышенной стойкости по отношению к температуре, воде и агрессивным средам.

6. Входной контроль и предварительная обработка всех поступающих подшипников

Деструктивные процессы, происходящие в экономике страны; износ оборудования на предприятиях изготовителях подшипников; вторжение на рынок России иностранных изготовителей подделок; неупорядоченность рынка подшипников породили, возможно, временную, но весьма актуальную проблему выход из строя подшипников спустя месяцы, а то и недели работы. Необходимо было изучить основные причины разрушения подшипников и найти методы их отбраковки.

Анализ причин отказов подшипников показал, что наиболее частой причиной является недостаточная твердость обойм подшипников, достигающая до 56 единиц по Роквеллу при требованиях ГОСТ-а 64 единицы. Основная масса изученных подшипников имела твердость 59-60 единиц.

При недостаточной твердости обойм наблюдается быстрое истирание или даже продавливание дорожек качения, что вызывает снижение жесткости подшипников, усиление вибрации, появление трещины в сепараторе и заклинивание подшипника. Опрос специалистов на разных станциях показал, что эта схема разрушения подшипников наиболее распространенная.

На ГЭС-1 нас попросили попытаться задержать разрушение подшипника № 4 ДВ-1, вибрация которого резко нарастала. Анализ вибросостояния показал, что виброускорение подшипника № 4 имеет аномально большое значение 60 м/с кв., что нельзя объяснить обычным износом. Скорее всего, твердость металла обойм настолько мала, что произошло продавливание дорожек качения. Более того, уже началось

разрушение сепаратора. Обработка подшипников была проведена особо деликатным способом, что позволило приостановить разрушение подшипника № 4 и снизить вибрацию сначала на 15%, а затем на 30%.

Опыт нашей работы и этот пример показывают, что с помощью предварительной обработки по технологии АРВО можно компенсировать часть конструктивно-технологических недостатков подшипников. Более того, в организационном плане, доставку подшипников для входного контроля, извлечение их из упаковки, вполне оправдано завершить корректирующей обработкой, чтобы иметь полную гарантию качества поступающих на сборку подшипников.

На первом этапе, входной контроль сведется к контролю твердости обойм, проверке зазоров, размеров и биений, в соответствии с ГОСТ-ом. Одновременно, будет проведена отработка вибрационных и акустических методов измерений, с тем, чтобы, по мере накопления экспериментальной информации, перейти на автоматическую отбраковку подшипников с помощью анализа вибрационных спектров.

Входной контроль и предварительная обработка подшипников увеличат их стоимость на 20-30%. Эти расходы окупятся даже, если удастся предотвратить преждевременную замену 1-2 подшипников в год, не говоря уже о значительном увеличении срока службы подшипников. Импорт подшипников дает увеличение стоимости, минимум, на 200%, в то время, как систематизация информации о качестве поступающих подшипников позволит упорядочить отношения с отечественными изготовителями подшипников, конкретизировать требования к выходному контролю и уровню технологии изготовления подшипников и, со временем, перейти от практики входного контроля к практике поставок гарантированного качества.

Сложность предварительной обработки подшипников определяется тем, что линия движения шариков или роликов по дорожкам качения смещается по поверхности качения в зависимости от конкретного режима работы машины. Поэтому во время предварительной обработки необходимо обеспечить внедрение серпентинита по всей поверхности возможного соприкосновения шариков или роликов и дорожки качения. Это требует значительного времени, поэтому потребовалось разработать приспособления для групповой обработки подшипников с обязательной проработкой всей поверхности качения.

Разработка методики входного контроля и предварительной обработки подшипников ведется на ТЭЦ-25 по согласованному графику. Разработаны рабочие чертежи, и находится в изготовлении приспособление для групповой обработки подшипников на токарном станке. Приспособление рассчитано на одновременную обработку 4-6 подшипников, что позволит за смену обрабатывать, в среднем, 10 подшипников. Предусмотрена равномерная проработка всей поверхности качения.

Приспособление позволяет обрабатывать подшипники номиналов 317, 318 и 321. Изготовив проставки, можно будет обрабатывать подшипники 5 номиналов меньшего диаметра. После апробации первого варианта технологии обкатки, будет запущено в производство приспособление для еще меньших диаметров подшипников.

Применение токарного станка для обкатки подшипников далеко не рационально, поскольку он занимает большую площадь и не предназначен для длительной работы под большой нагрузкой. В связи с этим, предусмотрен переход ко второму варианту технологии обкатки, для чего разработан эскизный проект станда планетарной конструкции.

7. Заключение

Даже беглое рассмотрение пяти элементов, образующих систему повышения надежности эксплуатации теплоэнергетического оборудования, показывает, что по научной обоснованности и эффективности наши предложения вполне соответствуют уровню разработок, на основании которых в работах [1] и [2] сделан вывод о возможном экономическом эффекте, достигающем 500 рублей на 1 рубль инвестиций. Фантастическая величина этого экономического эффекта является, на наш взгляд, серьезным аргументом в пользу того, чтобы провести широкое и всестороннее изучение и обсуждение результатов нашей работы. Возможно, прогнозируемые нами

внутренние финансовые резервы послужат отправной точкой для начала успешного реформирования всего жилищно-коммунального хозяйства страны.

тел/ф (095)534-36-40; e-mail: info@venchur-n.ru url: www.venchur-n.ru

1. Джост Х.П. Прошлое и будущее трибологии.- Трение и износ. 1990. Т.11, №1. С.149-159
2. Брюль и Кьер. Мониторизация состояния машинного оборудования. DK BR 0660-11.
3. Новиков В.И. АРВО технология антифрикционной и ресурсовосстанавливающей обработки. Новости теплоснабжения, 2003, №3, с. 47-50.
4. Барков А.В., Тулугуров В.В. Вибрационная диагностика в бумажной промышленности России. На сайте ассоциации ВАСТ.
5. Повышение антифрикционных и противоизносных свойств смазочных материалов путем введения композиций присадок различной природы и происхождения Ю.Н. Дроздов, И.А. Буяновский, Ю.В. Гостев, Р.Н. Заславский, В.И. Новиков. - Сборник докладов международного конгресса «Механика и трибология транспортных систем - 2003». В 2-х т. Т. 1. Ростов на Дону: РГУПС, 2003 г., с. 173-176.
6. Антифрикционная и противоизносная ресурсовосстанавливающая смазочная композиция (АРВК) В.И. Новиков, Ю.В. Гостев, Р.Н. Заславский, А.В. Скобельцин, И.А. Буяновский. Труды научно-практической конференции-выставки «Триботех 2003». М.: 2003 г., с. 17.