

КАМАК

Обследования шнековых центрифуг для оценки их технического состояния



Как правило, все шнековые центрифуги, установленные на предприятиях химической промышленности, в организациях других отраслей современной индустрии и коммунального хозяйства используются в условиях непрерывной эксплуатации. Это во многом обусловлено достаточно напряженным режимом их использования из-за особенностей технологического цикла или значительной общей загрузки подводимся к ним продуктом, а также отсутствием возможности их остановки из-за отсутствия на предприятии резервного (обходящего) варианта подачи продукта в случае вывода из действия рассматриваемой техники. Часто в подобных ситуациях остановка данного оборудования производится либо кратковременно для проведения необходимого технического обслуживания, или когда явные признаки неисправности могут привести к отказу техники. Практика показывает, что по ряду причин объективно-субъективного характера у эксплуатирующего это оборудование персонала часто нет реальной возможности провести глубокий анализ и правильно оценить фактическое техническое состояние работающих установок. В этих условиях наиболее весомое значение приобретают квалифицированные осмотры, основанные на экспресс-анализе, и экспертные обследования.

Основной целью проведения данных осмотров и обследований оборудования является контроль состояния малодоступных узлов, подвергающихся наибольшему износу, своевременное выявление и устранение дефектов, возникающих в закрытых сборочных единицах, для обеспечения работоспособности оборудования и его безаварийной эксплуатации.

Временной характер проведения указанных мероприятий обычно связан со следующими причинами:

- с необходимостью осуществления плановых регламентных осмотров, производимых с периодичностью, определяемой производителями центрифуг;

- с возникновением неисправностей, предпосылок к отказу техники, или ава-

рийной остановки;

- с существенным снижением эффективности использования оборудования, ухудшением его эксплуатационных характеристик.

Среди основных предпосылок к отказу работающих установок можно выделить следующие:

- наличие посторонних металлических шумов;

- близкие к предельно допустимым значения температуры коренных подшипников;

- превышение показаний вибрационного фона в отдельных точках измерений выше предельно допустимого;

- срабатывание различных видов автоматической защиты и др.

Нередко для большинства предприятий, эксплуатирующих рассматриваемую технику, определяющим внешним фактором для принятия решения о проведении обследований является необходимость разборки установки пусть это связано даже с временным выводом ее из действия. В подобной ситуации всегда есть опасение, что подобное решение будет недостаточно обоснованным так, как любая серьезная самостоятельная разборка и последующая, как правило, недостаточно квалифицированная сборка долго непрерывно работающего оборудования часто неблагоприятно отражаются на его дальнейшей работоспособности. Это связано не только с тем, что в результате меняется взаимоположение приработанных поверхностей, находящихся в нормативном состоянии, но и с тем, что после подобной разборки в обязательном порядке необходимо произвести замену подшипников и, как правило, утративших свои рабочие качества (выжатых) резинотехнических уплотнений. Если этих запасных частей, заказываемых часто из-за рубежа, в запасе у предприятия нет, оно вынуждено устанавливать на место то, что у него есть в наличии. Кроме того, необходимо понимать, что для принятия решения о разборке для обследования центрифуги, одних внешних предпосылок отказа мало. Так, например, причинами повышенного вибрационного фона и неэффективной работы установки по разделению составляющих рабочей среды могут быть не только механические повреждения, но и неправильная регулировка дифференциала (разницы частоты вращения шнека и барабана), неправильная работа приборов автоматики, отсутствие у обслуживающего персонала установленной фирмой-производителем практики замены сменных шайб на окнах слива фугата и др. Поэтому к разборке центрифуги для обследования ее внутреннего состояния, если установ-

ка не была аварийно остановлена, можно приступать только после квалифицированного устранения указанных выше обстоятельств и всесторонней подготовки.

Среди осмотров технического состояния особое место занимают инспекционные обследования с привлечением специализированных организаций. Указанные обследования шнековых центрифуг условно можно классифицировать следующим образом:

- Инспекционное обследование на месте установки оборудования без его разборки (или более частный вариант — обследование остановленного, но не выведенного из эксплуатации оборудования). Выбор этого варианта часто, обусловлен необходимостью дальнейшего непрерывного использования оборудования по производственной необходимости заказчика. Этот вариант обследования порой страдает неточностью интерпретации результатов осмотра. Во-первых, достаточно качественно подготовить исследуемые поверхности в районах доступных для визуального осмотра вряд ли представляется возможным. Кроме того, например, замеры степени износа кромки шнека и так называемого "эксплуатационного зазора" между этой кромкой и внутренней поверхностью барабана в районе выгрузочных оконкека могут быть ошибочно завышенными. Это связано с тем, что рабочая часть измерительного инструмента может попасть в недоступный для визуального осмотра район износа направляющих пластин барабана. Как итог, может быть неправильно определено техническое состояние ротора.

- Инспекционное обследование на месте установки оборудования с его разборкой. Здесь многое, как и всегда, зависит от квалификации персонала, наличия у него специализированных приспособлений для монтажа-демонтажа, и от времени, в течении которого производственная ситуация позволяет держать центрифугу, выведенной из действия. Так при разборке ротора центрифуги неподготовленным персоналом в условиях отсутствия указанных приспособлений нередко исследуемые узлы получают дополнительные повреждения, иногда существенно увеличивающие общую трудоемкость последующих ремонтных работ.

- Дефектация разобранного изделия в условиях ремонтного производства специализированного предприятия. Только этот вариант осмотра дает наиболее полноценные и достоверные результаты. И дело даже не в качестве подготовки исследуемых поверхностей и качестве измерений. Самое главное, что данный вариант позволяет использовать ряд методов контроля, недоступных в других случаях,

а также выполнить ряд проверок, обязательных для эффективного результата ремонта (например, проверку ответственных вращающихся узлов на биения).

К наиболее опасным с точки зрения работоспособности центрифуги узлам и деталям относятся подшипниковые



узлы, шнек, боковые стенки шнека и барабана. Зонами ответственных узлов, в которых наблюдаются максимальные концентрации напряжений являются шейки валов, посадочные места подшипников, места переходов сечений валов с малого на большой диаметр, поверхности сопряжений, особенно резьбовых, шлицевых и зубчатых соединений, и др.

Основные, определяющие работоспособность и ремонтпригодность узлов шнековых центрифуг, эксплуатационные дефекты, следующие:

- износ рабочих и защитных поверхностей, посадочных диаметров основных узлов и элементов шнека и барабана;
- загибы, вмятины и обрывы винтовой плоскости шнека; сколы и обрывы защитных элементов шнека и противозносных узлов; обрывы направляющих пластин барабана;
- коррозионные (очаговые, межкристаллические и другие) и эрозионные поражения винтовой плоскости шнека, внутренней поверхности барабана и его боковых стенок;
- биения посадочных и торцевых контактных поверхностей валов ротора, превышающие норму;
- наличие следов проворачивания наружных обойм в корпусах подшипников, неперпендикулярность базовой плоскости этих корпусов с плоскостями торцевых крышек;
- увеличенный радиальный зазор и повреждения тел качения подшипников, наличие следов перегрева ("цветов побежалости") обойм подшипников из-за "масляного голодания";
- усталостные трещины и обрывы трубы загрузочного устройства, возникающие из-за действия знакопеременных нагрузок (напряжений);
- замятие и износ резьбовых поверхностей силовых крепежных болтов и ответных корпусных резьбовых отверстий;
- трещины, сколы, износ, замятия

ответственных резинотехнических и текстолитовых уплотнительных элементов ротора.

Отдельный ряд дефектов связан с недостаточно квалифицированными действиями персонала по самостоятельной разборке и сборке ротора, его механической обработке и нанесению защитного и упрочняющего покрытия посредством сварки и наплавки. Здесь можно упомянуть такие повреждения как:

- приварка боковой стенки барабана к его телу при обварке наружной поверхности этой стенки твердосплавными электродами, с частичной или полной невозможностью демонтажа крепежа;
- приварка втулок баков стока при их обварке твердосплавными электродами к элементам внутреннего насыщения тела шнека;
- обрывы и повреждения

резьбовых соединений и отверстий при отсутствии точной технологии демонтажа и штатных приспособлений;

- трещины, образующиеся в местах концентрации напряжений и участках с резкими переходами сечений боковых стенок ротора, и являющиеся результатом глубоких рисок после недостаточно качественной механической обработки поверхности;

- трещины, каверны и перепады толщины наплавленного твердосплавными электродами защитного слоя кромки винтовой плоскости шнека и др.

Среди переносных приборов контроля технического состояния неразобранной шнековой центрифуги следует особо выделить два следующих:

- виброизмерительные и вибродиагностические приборы;
- эндоскопы (или "фиброскопы", "бороскопы").

Возможность применения виброизмерительных и вибродиагностических приборов без остановки работающего оборудования безусловно привлекает в их использовании. Основной характеристикой вибрации ротора является вибрационная скорость. Нормы роторной вибрации определяются в виде среднеквадратичных значений виброскорости и задаются в документации заводов-изготовителей. Достаточно простые, недорогие и не требующие высокой квалификации обслуживающего персонала виброизмерительные приборы вполне удовлетворяют требованиям нормативного контроля виброскорости, которая однозначно признается в качестве объективной характеристики фирмами-производителями техники и специализированными ремонтными предприятиями.

При использовании вибродиагностических приборов оценка технического состояния производится на основе спек-

трального анализа вибрации. Так, например, при возникновении дефектов поверхностей качения подшипников частота модуляции определяет вид дефекта, глубина модуляции - степень развития дефекта. По составляющим спектра огибающей вибрации в общем случае сейчас определяются более десяти различных видов дефектов подшипников. При диагностике же зубчатых передач, например, планетарных редукторов центрифуг помимо технических проблем использования данного метода существуют и достаточно большие погрешности при определении ряда дефектов. Специалисты указанных выше предприятий - производителей техники и специализированных ремонтных организаций с недоверием относятся к указанным данным вибродиагностики. Это обусловлено, во-первых тем, что при представлении значений огибающей, которая зависит от пиковых значений исследуемых кривых, по определенным стандартным причинам методического характера возможно завышение параметров до 2 раз. Методы, используемые в вибродиагностике имеют ряд ограничений, связанных с влиянием сильных ударных нагрузок на диагностируемые узлы в штатных режимах работы, а также возможным наличием высокочастотной вибрации, возбуждаемой ударами в других бездефектных узлах. Кроме того, любая диагностика подразумевает достаточно достоверную и презентабельную выборку статистики по идентификации отказа (в одинаковых условиях, неоднократно повторяющуюся, с рассмотрением сочетаний наложения друг на друга различных факторов и т.д. и т.п.). Подобные эксперименты обычно носят достаточно длительный характер и практически мало выполнимы в реальных условиях эксплуатации шнековых центрифуг.

Измерения виброполя при помощи переносных вибродиагностических при-



боров проводятся как с целью диагностики, так и для выполнения балансировки ротора в собственных опорах. Помимо выше сказанного анализ их применения показывает, что с методической точки зрения подобные приборы страдают излишним универсализмом и перегружены лишней информацией, реально неиспользуемой на практике. Фактически применительно к конкретному оборудованию (шнековым центрифугам) мето-

дическая база приборов применима в среднем на 20-30 %. Зачастую протокол внесения данных по предлагаемой разработчиками прибора методике очень жесток и не позволяет использовать ее без специальных знаний и ручных подсчетов. Кроме того, подобные приборы достаточно недешевы и иметь их целесообразно либо специализированным сервисным предприятиям, либо предприятиям, у которых достаточно много объектов контроля.

Для дистанционного визуального контроля скрытых от наблюдения (имеющих сложную геометрию) внутренних полостей ротора остановленной центрифуги удобны гибкие поворотные оптоволоконные эндоскопы с источником освещения. С точки зрения экономичности для рассматриваемых задач экспресс-анализа причин возникающих отказов и неисправностей в принципе достаточно применения недорогих портативных эндоскопов общего назначения имеющих необходимую длину, и в идеале - с возможностью сохранения изображения на флэш-карте. Это, правда, не позволяет проводить стереоизмерения размеров дефекта, но с точки зрения разумной достаточности вполне приемлемо для проведения анализа и принятия решения о выводе из действия установки, ее разборки с целью дальнейшего ремонта. Например, это вполне приемлемо для определения наличия таких источников эксплуатационного дисбаланса во внутренней полости шнека, как прилипания к его винтовой плоскости посторонние включения, отрывы и загибы винтовой плоскости, утеря значительного количества защитных твердосплавных пластин, а также для определения наличия явного износа защитного покрытия в районе баков стока шнека и др. Необходимо отметить, что осмотр внутренних полостей центрифуги при помощи эндоскопов конструктивно возможен только через окна выгрузки кека, отверстие от демонтированного загрузочного устройства или через специальные отверстия в корпусе барабана, если они предусмотрены конструкцией или

выполнены в рамках модернизационных работ. Кроме того, управляемая оконечность оптоволоконного провода данного прибора имеет ограниченную степень свободы (как правило поворот в одной плоскости на 90° в обе стороны). Это создает определенные трудности при осмотре спиралевидной винтовой плоскости шнека, а также труднодоступных районов внутренней полости шнека.

Опыт показывает, что при помощи высококачественного эндоскопа при соответствующей подготовке поверхности на крайне малом расстоянии от нее неплохо определяются различные мелкие дефекты (микротрещины, каверны и др.). Но при определенном незначительном удалении от этой поверхности из-за своей объективно ограниченной разрешающей способности эндоскоп не позволяет дать ту обзорную сравнительную картину, которую дает обычный визуальный осмотр, что затрудняет детальный анализ обнаруженных дефектов. Поэтому определить при помощи него даже среднюю степень износа рабочих поверхностей вряд ли представляется возможным.

Среди переносных приборов, иногда используемых для контроля технического состояния работающей техники, можно также отметить портативные инфракрасные термометры (пирометры) с лазерным прицелом. Эргономичная форма, простота использования, высокая скорость измерений, сравнительно невысокая стоимость иногда помогают решать задачи дублирования измерений в труднодоступных или необорудованных средствами объективного контроля местах (в основном - вспомогательного оборудования установки).

Необходимо несколько подробнее остановиться на дефектации разобранной центрифуги на специализированном ремонтном предприятии. В основе дефектации, проводимой таким сервисным предприятием, как например ЗАО "КАМАК", лежат процессы выявления дефектов максимально широкого спектра, оценка обнаруженных дефектов относительно их соответствия нормам и требованиям фирмы-производителя с точки зрения ремонтпригодности детали, комплексная оценка состояния ответных сборочных единиц для принятия решения на совместный ремонт. Одной из частных задач дефектации является определение допустимости имеющего эксплуатационного износа для возможности дальнейшей эксплуатации установки на следующий межремонтный срок. Так, например, в определенных сечениях деталей отдельных вращающихся узлов, работающих на растяжение или изгиб, допускаются такие микродефекты как волосовины (выходящие на поверхность микротрещины), если их направление совпадает с направлением волокон этих деталей.

Очищенные и промытые детали в



ходе дефектации подвергают контролю и сортируют на три группы:

- Годные без ремонта, размеры которых лежат в допустимых пределах;

- Подлежащие ремонту, износ которых выше допустимого и они могут быть восстановлены;

- Негодные, ремонт которых экономически нецелесообразен или невозможен (это относится в основном к узлам, изготовленным из полимеров и РТИ). Они подлежат замене на новые.

Сортируют детали по технической документации фирмы-производителя, в которой указаны браковочные признаки: размеры, подвергающиеся контролю, их допустимые отклонения для годных деталей и ремонтные размеры для ремонтируемых.

Для рассматриваемых целей в ЗАО "КАМАК" широко используются методы неразрушающего контроля деталей, позволяющие проверять единичные параметры и целые фоновые характеристики технического состояния узлов установки без нарушения их пригодности к использованию по назначению. Перед началом дефектации контролируемые поверхности всех разобранных деталей и узлов подвергаются очистке, отмывке и пескоструйной обработке.

На первой стадии дефектации рассматриваемого оборудования предприятием активно используется визуально-оптический метод. С его помощью выявляют относительно крупные трещины, механические повреждения поверхности, нарушения сплошности защитных покрытий, остаточную деформацию и др. Однако вероятность обнаружения мелких поверхностных дефектов с помощью этого метода низка. Кроме того эффективность метода зависит от субъективных факторов (остроты зрения и опыта распознавания специалиста) и условий контроля (освещенность, оптический контраст). Помимо непосредственно осмотра он подразумевает использование широко ряда измерительных средств. Для практических целей измерений наружных и внутренних размеров деталей невысокой точности здесь используются достаточно несложные измерительные инструменты (слесарные линейки, поверочные угольники, кронциркули и нутромеры), а для замеров зазоров - наборы щупов. Повышение точности отсчета, производится при по-



мощи специальных устройств (штангенциркули, штангенрейсмасы и др.) Отличительной их чертой является наличие нониуса, служащего для повышения точности отсчета по основной шкале. Для измерения наружных размеров деталей и внутренних диаметров узлов с точностью до 0,01 мм используются микрометрические приборы. Стойки с индикаторами часового типа активно используются для измерения на станках биений ответственных узлов вращения. Контроль состояния шлицевых соединений осуществляется при помощи универсальных измерительных средств (для наружного диаметра и толщины зубьев) и блоком контрольных мер-калибров (для впадин между зубьями). Контроль контакта поверхностей зубьев осуществляется путем выявления следов прилегания, остающихся после вращения на зубьях шлицевой передачи при ее контрольной сборке. Отдельно оценивается длина прилегания и высота пятна.

На следующей стадии проверка осуществляется следующими специальными методами:

- Капиллярный метод (или его разновидность — цветной метод). Он позволяет выявлять поверхностные открытые трещины, поры и коррозионные поражения деталей. При высокой чувствительности и простоте технологии цветной метод требует удаления с контролируемой поверхности защитных покрытий, очистки их от ржавчины, отложений и загрязнений.

- Магнитно-порошковый метод. Он помогает обнаружить поверхностные и подповерхностные трещины, волосовины, неметаллические включения, надрывы и др. Этот метод отличается высокой достоверностью результатов, но имеет достаточную трудоемкость расшифровки результатов контроля при регистрации мнимых дефектов.

- Ультразвуковой импульсный эхо-метод позволяет выявлять внутренние скрытые дефекты и трещины, преимущественно в труднодоступных местах. Характеризуется высокой чувствительностью, которая определяется наименьшими размерами выявленных дефектов.

При выборе метода или комплектации методов для дефектоскопического обследования деталей и узлов специалисты ЗАО "КАМАК" учитывают не

только специфические особенности каждого метода, но и такие факторы, как вид дефекта и его расположение, условия работы деталей и технические условия на отбраковку, материал детали, состояние и чистота обработки поверхности, форма и размер детали, зоны контроля и их доступность, условия контроля.

Так, для обнаружения поверхностных дефектов, трещин с малой шириной раскрытия (0,5-5 мкм) наиболее эффективными являются цветной (капиллярный) и особенно - магнитно-порошковый методы. Для выявления подповерхностных (залегающих до глубины 1 мм) скрытых дефектов целесообразно применять ультразвуковой и магнитно-порошковый методы. Ну и наконец для идентификации внутренних дефектов приемлем в основном только ультразвуковой метод. С другой стороны применимость ультразвукового метода ограничена трудностью расшифровки результатов контроля деталей сложной формы и наличием мертвых зон — непрозвучиваемых участков.

Чувствительность методов зависит от чистоты обработки контролируемой поверхности и наличия на ней защитных покрытий. Класс чистоты обработки поверхности детали для эффективного применения ультразвукового и цветного методов должен быть не ниже $\nabla 5$, а магнитного — не ниже $\nabla 3$.

Для выбора метода или комплекса методов неразрушающего контроля кроме того специалисты предприятия задают критерии на отбраковку. При равной чувствительности предпочтение отдается тому методу, который проще и доступнее в конкретных условиях применения, у которого выше достоверность результатов контроля и выше производительность.

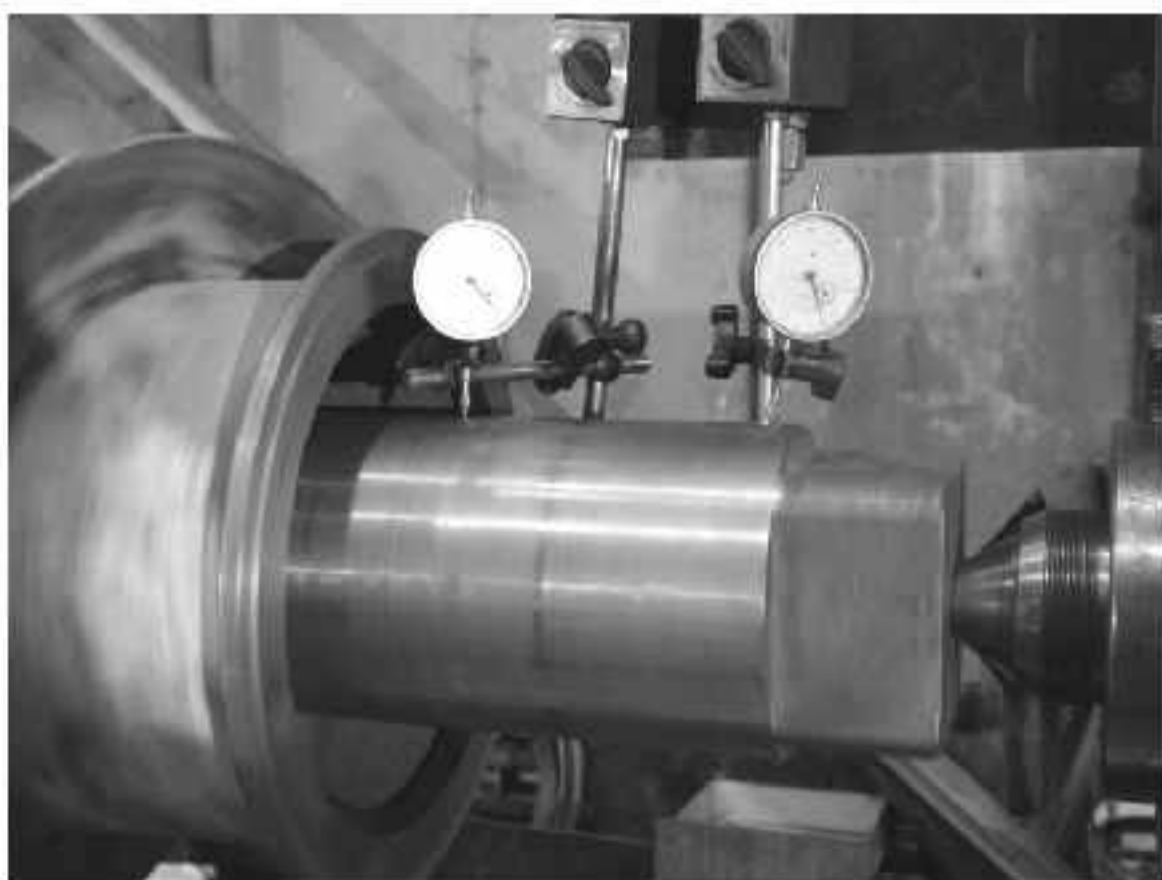
Необходимо отметить, что результаты проводимых обследований и дефектаций любое предприятие рассматривает как основу для повышения объективности оценки технического состояния исследуемых установок, особенно с точки зрения принятия решения о необходимости выполнения их капитальных ремонтов. В этой связи крайне важное значение приобретает правильная интерпретация результатов измерений и в целом осмотра. Этот процесс может носить элементы субъективизма и напрямую связан не только с объективным техническим состоянием того или иного узла, но и с наличием или отсутствием у Заказчика возможности обратиться на предприятие, обладающее необходимыми (иногда уникальными) ремонтными технологиями, специализированным оборудованием и квалифицированными специалистами. Когда такой возможности нет, техническое состояние центрифуги может быть даже признано критическим.

Многопрофильным специализированным производственным предприятием ЗАО "КАМАК", длительное время являющимся сервисным дилером группы компаний ANDRITZ и успешно выполнившим более 30 капитальных ремонтов шнековых центрифуг различных производителей, накоплен значительный опыт проведения рассматриваемых обследований установок с выездом на объекты заказчика и дефектаций передаваемого в ремонт оборудования на своей производственной базе. Помимо всего выше сказанного важным достоинством оценки технического состояния центрифуги, проводимой со стороны данного сервисного предприятия, является возможность сравнения результатов основных замеров с нормативными значениями, указанными в ремонтной документации фирмы-производителя. По результатам дефектации в компании производится оформление дефектационной ведомости, в которой указывается отклонение от существующих нормативов фирмы-производителя. Данный документ предназначен для уточнения объемов ремонтных работ, выбора технологий восстановления узлов, определения потребности в деталях, входящих в комплект расходных запасных частей. В свою очередь упомянутые объемы работ в конечном итоге являются базой для разработки сметы и калькуляций на предстоящий ремонт.

Нельзя не упомянуть также о таком преимуществе данного предприятия, как прямые контакты с отдельными фирмами-производителями шнековых центрифуг и сопутствующего оборудования, благодаря которым ЗАО "КАМАК" имеет возможность получать информацию о накапливаемой статистике отказов, работе производителями новых технических решений, способствующих повышению надежности и ремонтнопригодности установок. Заказчик-собственник оборудования такой возможности практически лишен и часто способен неправильно оценить сложившуюся ситуацию.

ЗАО "КАМАК" приглашает все заинтересованные организации к взаимовыгодному сотрудничеству и выражает надежду, что по рассматриваемому и другим направлениям сервиса шнековых центрифуг между нашими организациями могли бы сложиться долговременные партнерские отношения.

Россия, 198188, Санкт-Петербург
ул. В.Алексеева, д. 12
тел.: 325-36-65, 939-48-37, 785-07-87
факс: 325-36-05
e-mail: ship@kamak.ru
www.kamak.ru



Когда такой возможности нет, техническое состояние центрифуги может быть даже признано критическим.