

УДК 681.518.5

А.М. Поздеева, А.Б. Петроченков

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г.
Пермь

МЕТОДЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАГНЕТАТЕЛЯ НА ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩЕМ АГРЕГАТЕ

В данной статье рассматриваются методы технической диагностики применительно для оценки состояния центробежного нагнетателя на газоперекачивающем агрегате. Проведен сравнительный анализ основных методов и дефектов.

Ключевые слова: техническая диагностика, параметрическая диагностика, вибродиагностика, трибодиагностика, газоперекачивающий агрегат, центробежный нагнетатель.

А.М. Pozdeeva, A. B. Petrochenkov

Perm national research polytechnic university, Perm

METHODS OF TECHNICAL DIAGNOSTICS OF A CENTRIFUGAL SUPER- CHARGER ON A GAS PUMPING UNIT

This article discusses the methods of technical diagnostics applied to assess the condition of a centrifugal supercharger on a gas pumping unit. A comparative analysis of the main methods and defects is carried out.

Keywords: technical diagnostics, parametric diagnostics, vibration diagnostics, tribodiagnostics, gas pumping unit, centrifugal compressor.

При транспортировке природного газа важно поддерживать эффективную работу газоперекачивающего агрегата (ГПА). На сегодняшний день существуют проблемы, связанные с оценкой технического состояния, контроль параметров, а также продление срока службы деталей агрегата. При длительной эксплуатации первоначальной задачей является предотвращение аварий, связанных с отказами деталей и узлов. В частности, одной из основных проблем является оценка технического состояния и диагностический контроль центробежного нагнетателя (ЦБН). В данной статье рассмотрены основные методы технической диагностики ЦБН.

С помощью технической диагностики распознается техническое состояние системы, которая включает в себя широкий спектр проблем, связанных с определением и оценкой полученных диагностических данных. Поэтому целями технической диагностики являются обнаружение дефектов на начальной стадии их развития, установление возможности и условий дальнейшей эксплуатации, а с тем и повышение промышленной безопасности.

Диагностические методы подразделяются на два типа: разрушающие и неразрушающие. К разрушающим методам контроля относятся гидравлические испытания агрегатов, также механические испытания образцов металла. Неразрушающие методы не влияют на работоспособность системы, а применяют физи-

ческие явления для обнаружения дефекта. Они же подразделяются на – пассивные и активные. Активные методы часто называют локальными, это измерения, связанные с изменением возбуждаемого физического поля, например, визуальный и измерительный контроль, магнитные, ультразвуковые, электрические и радиографические капиллярные методы. Такие методы часто позволяют обнаружить неисправность на определенной площади. Пассивные или интегральные методы, использующие свойства физического поля, возбуждаемого самой системой. Они способны контролировать весь объект, к примеру тепловизионный, виброакустический и метод акустической эмиссии. При выборе методов неразрушающего контроля необходимо учесть: характер возможного дефекта и расположение, возможности методов контроля, вид работы при применении неразрушающего контроля, форму, размер и материалы элементов [1].

Так, тем или иным способом диагностики целесообразно прогнозировать изменения технического состояния с целью повышения эффективности эксплуатации. По сравнительному анализу дефектов и существующих методов текущего состояния нагнетателя можно сделать вывод, что примерно 60% можно выявить методами вибродиагностики, что возможно почти во всех элементах агрегата, около 20% дефектов нагнетателя с помощью параметрической диагностики, в частности это примерно половина в проточной части нагнетателя. И около 20% дефектов можно подтвердить по изменению температуры, состава и уровню загрязнений смазочного масла. Данное распределение представлено на рис. 1.

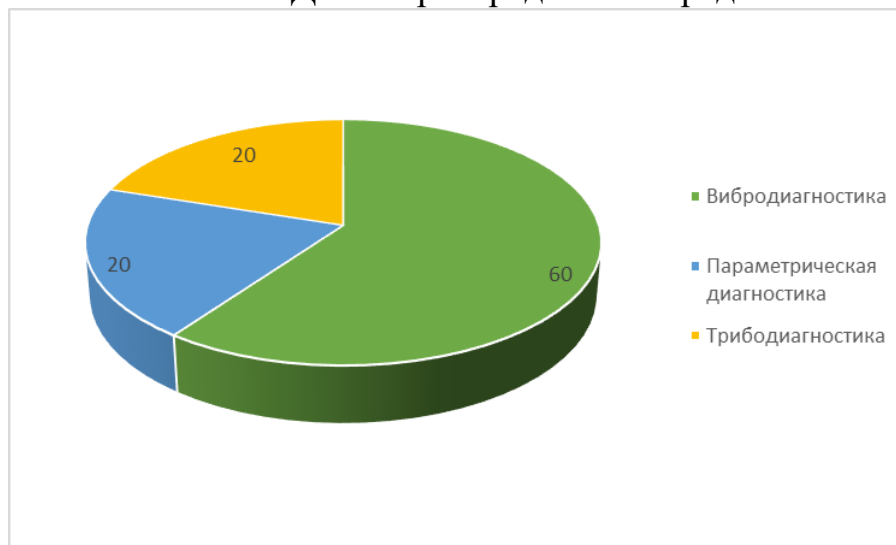


Рисунок 1 – Распределение методов диагностики

Основа метода параметрической диагностики — это определение изменения параметров элементов по техническим показателям, таким как, мощность, КПД, производительность. В зависимости от структуры объекта параметрическая диагностика может быть интегральной, которая рассматривает объект в целом, и дифференциальной, когда рассматривается в отдельности каждый элемент.

Метод позволяет определить состояние без специализированных датчиков вибрации. Для его реализации строится математическая модель, основанная на статических и динамических уравнениях. Изменение оценивают сравнением данных характеристик, взятых для данного момента времени и исходное время.

За исходное может быть взят промежуток времени при проведении стендовых испытаний, сдаточных или других видов. Если характеристики не изменяются это говорит о том, что система находится в нормальном состоянии, а при появлении отклонений будут фиксироваться и оцениваться изменения в работе.

Параметрическая диагностика или диагностика по термогазодинамическим параметрам широко применяется при контроле проточной части центробежного нагнетателя. Позволяет определить такие неисправности как дефекты лопаток рабочего колеса, отложение на всасе насоса, наличие воздуха в воде и т.д.

Метод позволяет проводить непрерывный анализ данных. Является не требовательным к вычислительным ресурсам, так как может быть реализован как на существующем программируемом логическом контроллере, так и на отдельном устройстве. Значительным преимуществом данного метода является получение данных с уже установленных технологических датчиков. Параметрическая диагностика позволяет оперативно найти отклонения в работе, но конкретную причину нарушения работы она не выдаст, ее работа заключается в нахождении последствий тех или иных изменений в работе [2].

Измеряемые параметры при диагностировании: температура газа на входе в ЦБН (TE1), температура газа на выходе из ЦБН (TE2), давление газа на входе в ЦБН (PIT1), давление газа на выходе из ЦБН (PIT2), перепад давления газа на конфузоре ЦБН (PDIT), давление газа до конфузора ЦБН (PIT3), температура газа до конфузора ЦБН (TE3). Схема расположения датчиков представлена на рис. 2.

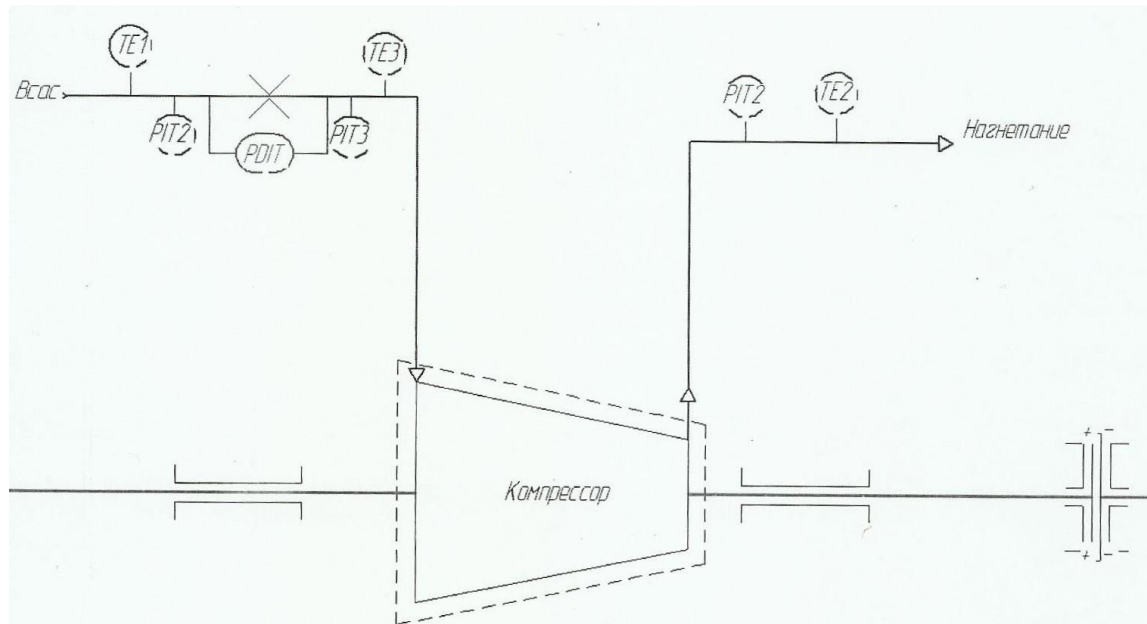


Рисунок 2 – Схема расположения датчиков на ЦБН при параметрической диагностике

Так, данный вид диагностики является простым в реализации и чтении данных, но не позволяет провести детальный анализ неисправности.

Наиболее распространенным методом технической диагностики является вибродиагностика. Так как при возникновении дефектов во время работы объекта возникают изменения в его вибрационном состоянии. Такие изменения

обычно происходят за достаточно длительный период времени. Вибрационная диагностика относится к неразрушающим методам тем самым нашел свое применение интегральный метод вибрационного контроля, оценка которого происходит по некоторым показателям (частоте, форме колебаний и т.д.)

Вибродиагностика проводится в несколько уровней [3, 4]. Первый уровень — это контроль общего уровня вибрации и наличия критических дефектов, проводится измерение уровня вибрации в определенном спектре и вычисляется среднеквадратичное значение, которое сравнивают с эталонным. Предполагается использование датчиков на нагнетателе и получение с них данных, по которым в дальнейшем строятся тренды и определяют границы вибрации.

Второй уровень представляет частотный анализ. Для этого широкополосный сигнал делят на отдельные частотные составляющие, которые характеризуются своими амплитудами и фазами, неисправности могут быть выявлены по дискретным частотным составляющим. Частотный анализ является более информативным и позволяет выявить причину повышения вибрации [5]. Для оценки отдельных составляющих в основном используется спектральный метод анализа вибросигнала, основанный на первичном преобразовании Фурье. В анализе с относительной постоянной шириной в полосах частот является преимуществом представления на одном графике широкого частотного диапазона с достаточно узким разрешением на низких частотах. Разрешение в области высоких частот становится хуже с увеличением частоты. Но также этот метод является чувствителен к стабильности источника вибрации, при обратном же происходит искажение при преобразовании Фурье. Еще один недостаток — это искажение информации за счет резонансов или затухания сигнала может наблюдаться модуляция частотная или амплитудная. Также спектральная вибродиагностика характерна высоким уровнем шума, среди которого может потеряться сигнал. Еще недостатком является то, что требуются знания о нормальных и пороговых уровнях вибрации для определения дефекта на каждой частоте, что возможно при длительной наработке и обширной базы дефектов [1].

На третьем уровне проводится анализ изменения спектра вибрации во времени с прогнозированием состояния и оценкой остаточного ресурса, что позволяет эффективнее планировать обслуживание агрегата. Однако тут также требуется обширная база о наработке оборудования.

Сбор данных может осуществляться в непрерывном режиме или периодическом, обработка информации происходит либо по наступлению какого-либо события, либо через определённые интервалы времени. При непрерывном сборе информации датчики установлены стационарно в определенных точках, результаты регистрируют и сохраняют в непрерывном режиме работы. Последние по времени полученные данные сравнивают с имеющимися и определяется изменение уровня вибрации. Для переключения каналов можно использовать мультиплексор. При непрерывном сборе данных система может находиться как в непосредственной близости к объекту, так и передавать данные в удаленный центр.

При периодическом сборе информации система может быть установлена как стационарная, так и переносная. Система работает непрерывно. Но контроль

вибрации в каждой точке осуществляется в заданном интервале, длительность которого зависит от числа каналов и времени передачи данных по нему.

Датчики устанавливаются обычно на подшипниковых опорах или рядом с ними таким образом, чтобы измерительные оси совпадали с направлениями, в которых возможна вероятность раннего обнаружения дефектов максимальна. При установке также следует принять во внимания места, где вероятен самый высокий уровень вибрации и точки, где вероятно соприкосновение движущихся и неподвижных частей. [6]

В таблице 1 представлены способы и точки измерения вибрации на центробежных компрессорах.

Таблица 1 – Способы и точки измерения

Вид машины	Контролируемый параметр	Тип датчика	Точки измерений	Направления измерений
Центробежные компрессоры	Относительное перемещение	Датчик бесконтактного типа	Вал у каждого подшипника	Радиальные (под углами $\pm 45^\circ$ к осям X и Y)
	Скорость или ускорение	Датчик скорости или акселерометр	Корпус подшипников	Радиальные (оси X и Y)
	Осевые перемещения вала	Датчик бесконтактного типа или датчик осевого положения	Упорный буртик, торец вала	Осевое (ось Z)
	Фаза и частота вращения (для привода через редуктор)	Вихретоковый, индуктивный или оптический датчик	Вал	Радиальное

Практический опыт показал, что использование вибрационного метода в контроле технического состояния узлов машинного оборудования является наиболее информативным, так как у любого дефекта присутствует свой «вибрационный портрет». Это основано на допущении, что при одинаковой мощности, высоте и частоте оси вращения, способам установки, монтажа и эксплуатации агрегаты имеют примерно одинаковые вибрации при предельном состоянии. Общие требования измерения относительной вибрации представлены в ГОСТ Р ИСО 7919-1-99, в котором используются виброускорение и виброперемещение. Другие нормы можно увидеть в ГОСТ Р 55265.7-2012 [7, 8].

Минус вибродиагностики в том, что помимо установки дополнительных датчиков, он является затратным по отношению к вычислительным ресурсам.

Трибодиагностика – диагностика на основе состояния масла. Позволяет определить состояние износа трущихся частей объекта по наличию химических примесей в масле. Метод пока не получил широкого распространения в России.

По анализу масла можно получить достоверную информацию о состоянии подшипников, уплотнений, наличие металлических и неметаллических включений, параметру вязкости и смазки. Метод базируется на том, что во время работы происходит износ поверхностей, абразив частицы металла, которые вымываются с маслом. Достоинством метода будет обнаружение зарождения дефекта еще на

первоначальной стадии. Но спектр дефектов будет не полным, что не позволит использовать метод как основной [3].

Существует ряд методов диагностики центробежного нагнетателя, самым информативным и эффективным представляется вибродиагностика, но при этом она является самой затратной по ресурсам. Однако не стоит ограничиваться только одними данными вибродиагностики для поиска зарождающихся дефектов. Около 20% дефектов нагнетателя и примерно половина опасных режимов работы проточной части определяются с помощью параметрической диагностики. Основная сложность контроля за техническими параметрами состоит в количественной оценке процессов, протекающих в нагнетателе, это приводит к проблеме установления достоверного диагноза за определенный промежуток времени.

Список литературы

1. Богданов, Е.А. Основы технической диагностики нефтегазового оборудования: Учеб. пособие для вузов / Е.А. Богданов. – М.: Высш. шк., 2006. – 279 с.
2. Поярков, В.В. Разработка и освоение в промышленных условиях алгоритмов параметрической диагностики газотурбинных установок газоперекачивающих агрегатов: дис. д-ра тех. наук: 05.04.12 / Поярков Виктор Викторович. - СПб.: Науч.- производ. объедин. по исслед. и проектированию энергетического оборудования, 1992. – 156 с.
3. Кунина, П.С. Диагностика газоперекачивающих агрегатов с центробежными нагнетателями / П.С. Кунина, П.П. Павленко. Ростов-на-Дону, изд-во РГУ, 2001. - 362 с.
4. Сулейманов, Р.Н. Виброакустическая диагностика насосных агрегатов / Р.Н. Сулейманов, О.В. Филимонов, Ф.Ф. Галеева, А.О. Рязанцев. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2002 – 162 с.
5. Павлов, Б.В. Акустическая диагностика механизмов / Б.В. Павлов. – М.: Машиностроение, 1971. – 223 с
6. ГОСТ Р ИСО 13373-1-2009 Контроль состояния и диагностика машин. Вибрационный контроль состояния машин. Часть 1. Общие методы
7. ГОСТ Р ИСО 7919-1-99 Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерений вибраций на вращающихся валах. Общие требования.
8. ГОСТ Р 55265.7-2012 (ИСО 10816-7:2009) Вибрация. Контроль состояния машин по измерениям вибрации на не вращающихся частях. Часть 7. Насосы динамические промышленные.
9. ГОСТ 20911-89 Техническая диагностика. Термины и определения.

Сведения об авторах

Поздеева Александра Михайловна - студентка Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ИСУП-19-1м, г. Пермь, e-mail: sasha.pozdeewa@mail.ru

Петроченков Антон Борисович – доктор технических наук, заведующий кафедрой «Микропроцессорные средства автоматизации» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: pab@msa.pstu.ru.

About the authors

Pozdeeva Alexandra Mikhailovna – student of the Perm National Research Polytechnic University, gr. ISUP-19-1m, Perm, e-mail: sasha.pozdeewa@mail.ru.

Petrochenkov Anton Borisovich – Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Microprocessor Automation Means, Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: pab@msa.pstu.ru.