

**Розширена науково - технічна нарада
з питань експлуатації, ремонту, продовження ресурсу, реконструкції
та переоснащення ГПА КС ДК «Укртрансгаз»
21 - 25 березня 2011 р. - м. Яремче**

СУЧАСНІ МЕТОДИ ВІБРООБСТЕЖЕННЯ ГПА

**Стеценко Анатолій Анатолійович
НТЦ «Діагностика»**

**e-mail: Diagnostika@chereda.net
тел. 050 1306974**

Уровни контроля и оценки вибрационного состояния компрессорного и другого оборудования по вибрационным характеристикам (установлены ДСТУ 3161 и Системой ТОиР Минпромполитики Украины)

- 1-й уровень** – определение общих значений параметров вибрации (**виброскорости, вибросмещения и виброускорения**) в стандартном частотном диапазоне для экспресс-анализа и определение точек контроля с максимальным их значением, которое сравнивается с нормативными значениями, приведенных в ДСТУ 3161 или в других нормативных документах;
- 2-й уровень** – определение значений параметров вибрации в определенных полосах частот для оценки изменения интенсивности источников вибрации, которые определяют уровень в анализируемой полосе, и информирование обслуживающего персонала о нарушении нормального функционирования объекта контроля;
- 3-й уровень** – определение значений параметров вибрации в узких полосах частот и сравнение их с базовыми значениями, используются набор масок спектра для оперативного анализа причин изменения вибрации объекта контроля;
- 4-й уровень** – определение интенсивности основных виброакустических источников параметров вибрации для более объективного определения причин изменения их уровня и разработки мероприятий по обеспечению показателей надежности объекта контроля и декларации его безопасности.

Для оценки технического состояния дополнительно необходимо использовать информацию об **изменении фазы колебаний оборотных частот и о нестационарности вибрационного процесса** (коэффициент эксцесса, пик-фактор, интегральный и дифференциальный законы распределения, а также, при возможности, **полную диагностику гибкого ротора: среднее положение шейки вала относительно вкладышей опорного подшипника, орбита вала, графики полного спектра и др.**).

Оценка состояния машин проводится как по абсолютным нормативным значениям, так и по изменениям, относительно базовым значений (существенное изменение: 4 – 8 дБ). Нормативные значения объекта должны обеспечивать требуемые показатели надежности.

Состояние составной части объекта при оперативной оценке оценивается как нормальное:

- при отсутствии низкочастотной вибрации с интенсивностью более 0,5 мм/с (уровня субгармоник и экстремумов в диапазоне частот 0,30-0,48 от оборотной частоты, уровень которых должен быть также ниже уровня основной гармоники оборотной частоты);
- при отсутствии внезапного и необратимого изменения общего уровня виброскорости на 1 мм/с в двух и более точках контроля;
- при отсутствии непрерывного роста общего уровня виброскорости за относительно небольшое время (1-3 суток, при стабильном режиме работы) на 2 мм/с в любой из точек);
- при отсутствии существенного изменения спектральных составляющих виброскорости и виброускорения (гармоник оборотной частоты, основных и боковых лопаточных и зубцовых частот, полуторных частот, а также непрерывных (сплошных) составляющих и локальных экстремумов узкополосного спектра виброскорости и виброускорения), а также нестационарности вибрационного сигнала.

Отказ составных частей оборудования при эксплуатации может привести к ускоренному износу и разрушению деталей и узлов его составных частей, к выбросу деталей и взрывоопасных веществ, к поражению обслуживающего персонала высоконапорной струей жидкости или газа, загрязнению окружающей среды, к отрыву от фундамента, к пожару и взрыву на ОПО.

См. также дополнительные материалы к докладу и библиографию.

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ ПРЕДПРИЯТИЯ

Необходимо создать на предприятии Систему промышленной безопасности объектов контроля.

Эта система должна быть связана с другими системами предприятия, которые она дополняет:

- **Систему контроля качества** разработки и производства изделий машиностроения и строительных конструкций;
- **Систему управления охраной труда;**
- **Систему управления защитой окружающей среды;**
- **Систему управления и регулирования производственным процессом** (включая системы контроля, управления и противоаварийной защитой машин и оборудования);
- **Систему технического обслуживания и ремонта.**

Целесообразно поэтапно выполнить следующие работы:

- 1) **организация оценки технического состояния составных частей оборудования и обеспечения его ремонта по состоянию;**
- 2) **Создание экспертной системы диагностики технического состояния оборудования;**
- 3) **Декларация и подтверждение безопасности оборудования;**
- 4) **Предотвращения возникновения и развития аварийных ситуаций и аварий.**

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ ПРЕДПРИЯТИЯ

Задачи определения технического состояния объекта - процесс сбора и обработки информации с целью определения событий:

- **контроль параметра** – определение достижения определенного значения;
- **контроль состояния** - определение технического состояния, в котором объект находится в настоящий момент времени (исправном или неисправном, работоспособном или неработоспособном состоянии, или в состоянии правильного или неправильного функционирования);
- **диагностирование** – определение причин изменения технического состояния объекта, с установленной глубиной диагноза (выраженной в конструктивных единицах, показателях назначения, критериях отказа и предельного состояния);
- **прогнозирование** - предсказание технического состояния, в котором окажется объект в некоторый будущий момент времени;
- **генез** - определение технического состояния, в котором находился объект в некоторый момент времени в прошлом.

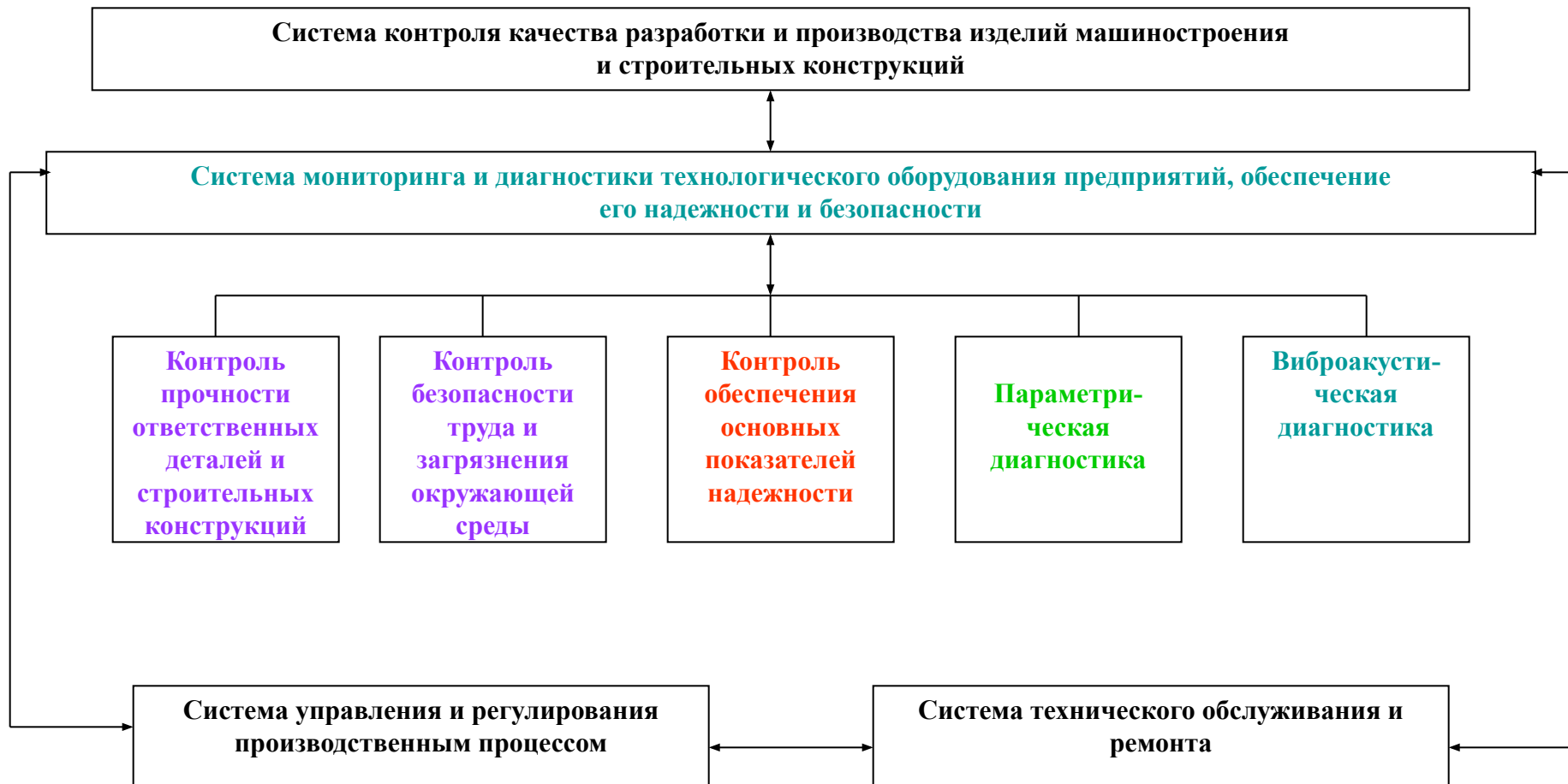
РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ ПРЕДПРИЯТИЯ

Оценка технического состояния объектов на местах их эксплуатации это **комплексная задача**. Ее необходимо **проводить** по **результатам вибрационных и прочностных обследований** их составных частей, **аттестации рабочих мест по безопасности и анализа обеспечения основных показателей назначения и надежности**. Для решения этих задач целесообразно внедрять прогрессивные методы, технические средства и экспертное программное обеспечение и др., что позволяет организовывать ремонт машин и оборудования по техническому состоянию. Для ее решения необходимо **объединить и скоординировать усилие всех подразделений предприятия, которые обеспечивают безопасную эксплуатацию объектов контроля. Назначить головное подразделение**, которое будет выполнять основные функции по обеспечению безопасности объектов, а другие подразделения должны предоставлять ему необходимые данные и подчиняться ему, в объеме поставленных перед ним задач.

Основой системы обслуживания и ремонта машин и оборудования по фактическому техническому состоянию должно быть:

- **периодическое или непрерывное отслеживание** их технического состояния;
- **своевременное проведение необходимых технических мероприятий** по предупреждению поломок, планирование сроков ремонта или технического обслуживания с учетом фактического технического состояния каждого агрегата, определение необходимых объемов ремонта и состава комплектующих деталей и узлов для ремонта.

СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАШИН



СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ СИСТЕМЫ

1 Законодательные акты и нормативные документы Украины, многие из них гармонизированы с международными стандартами.

2 Методические указания:

- по порядку сбора, хранению и оценки состояния объектов контроля;
- по измерению параметров вибрации: вала, невращающихся частях машин и строительных конструкций, а также по расширенному и специальному исследованиям машин, по обработке и анализу экспериментальных данных, по модальному анализу;
- по обеспечению надежности и безопасности машин и оборудования;
- по определению и контролю показателей надежности машин и оборудования;
- по проведению обследования машин и оборудования, а также по оценке, диагностированию и прогнозированию технического состояния их составных частей.

3 Алгоритмы:

- определение критериев отказа и предельного состояния;
- создание системы мониторинга и диагностики оборудования на предприятии;
- оценки технического состояния составных частей оборудования;
- обследования оборудования на различных этапах его жизненного цикла и диагностирования его составных частей.

СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ СИСТЕМЫ

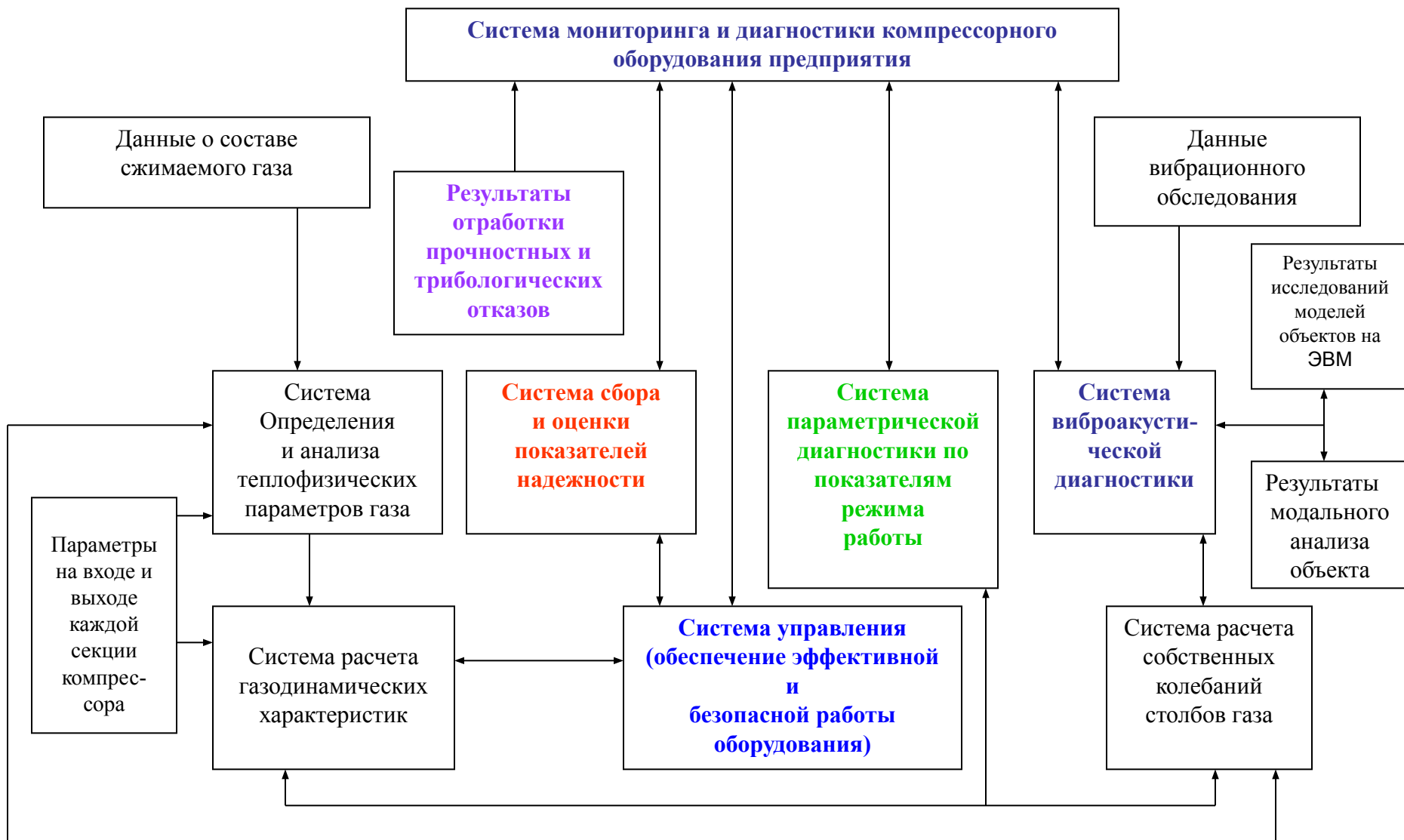
4 Программное обеспечение:

- для экспертной системы мониторинга и диагностики машин и оборудования, которое отвечает нормативно-правовым актам Украины и мировому научно-техническому уровню;
- для экспресс-анализа;
- для полной обработки вибросигнала;
- для проведения специальных вибрационных исследований объектов - моделирования;

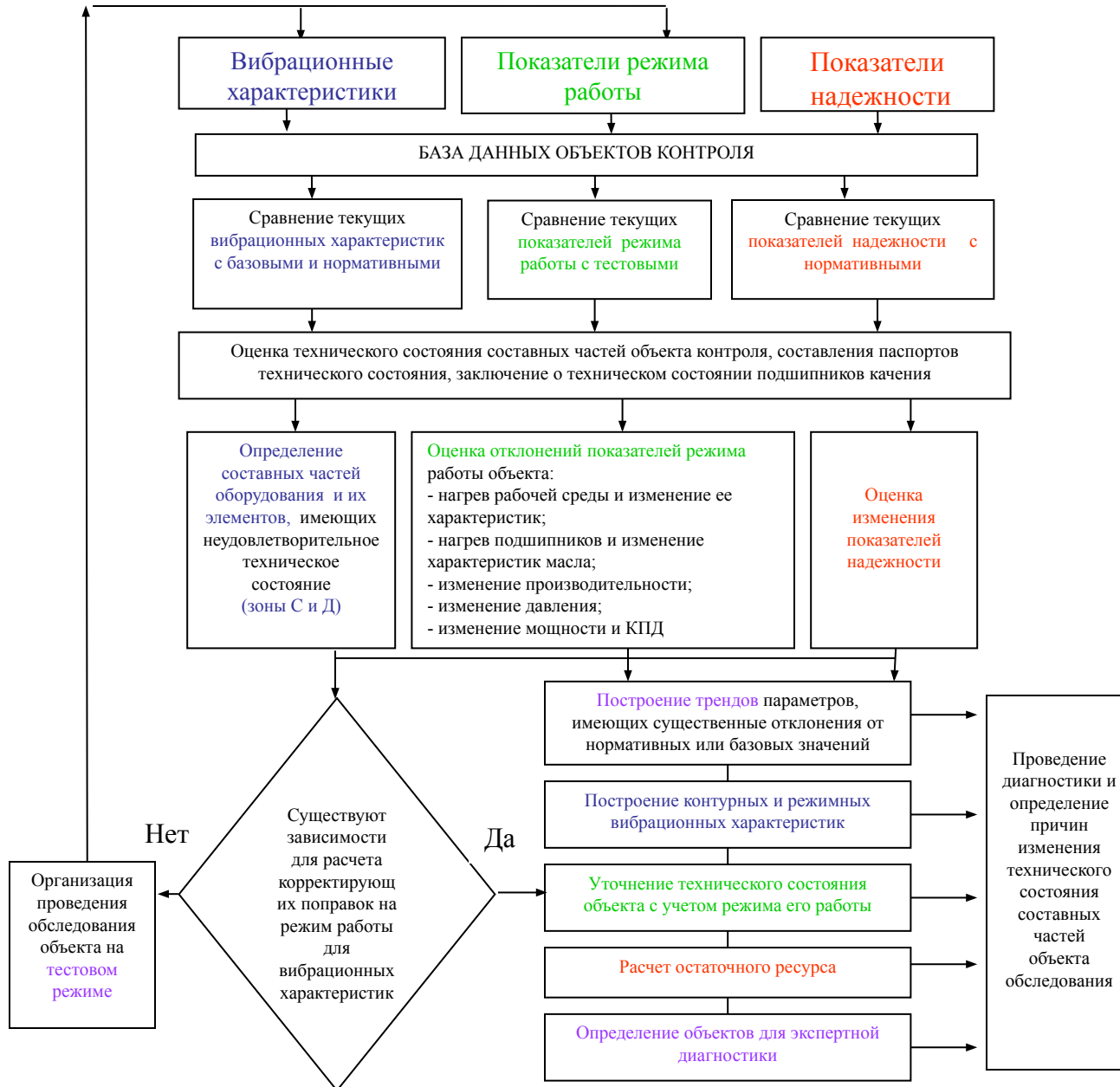
5 Технические средства полустационарной системы мониторинга и диагностики, разработанные в Украине (ИТЦ «Вибродиагностика», г. Северодонецк), на основе элементной базы, соответствующей современному мировому научно-техническому уровню:

- **виброметры** (для 1-го и 2-го уровня контроля);
- **анализаторы** (для 3-го уровня контроля, оперативная оценка состояния объекта на месте эксплуатации);
- **сборщики данных** (для 3-го и 4 –го уровня контроля, оценка состояния объекта экспертной полустационарной системой);
- **регистраторы сигнала** (обеспечивают 4-й уровень, а также специальный анализ кратковременных и нестационарных сигналов, анализ трендов и полная обработка сигналов в реальном времени).

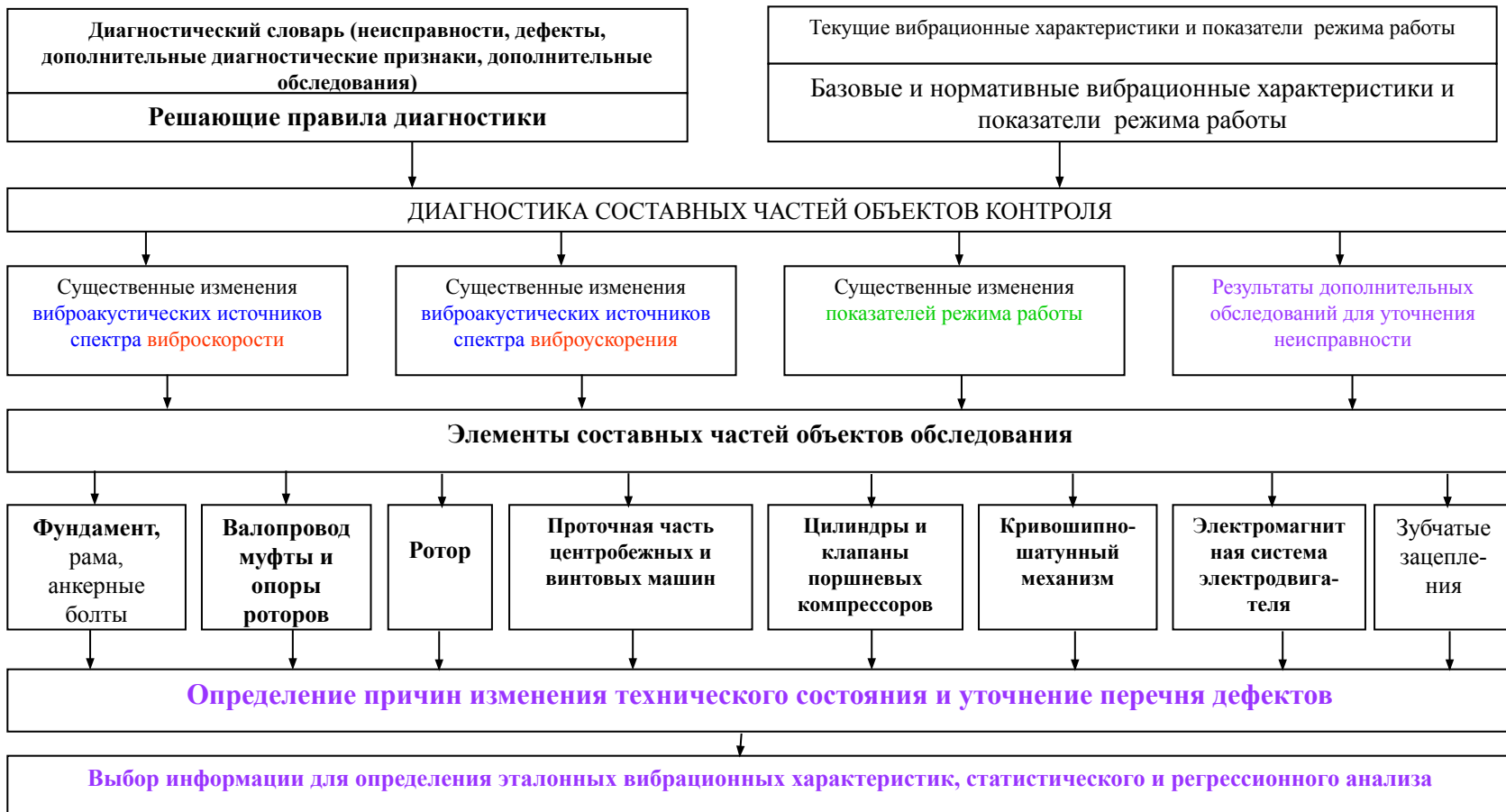
СХЕМА СБОРА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ, НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОЙ РАБОТЫ КОМПРЕССОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ



АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТА



АЛГОРИТМ ДИАГНОСТИКИ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ ОБЪЕКТОВ КОНТРОЛЯ



Модули экспертной программы «Диагностика»

Типовые наборы решающих правил для диагностирования составных частей оборудования



Технические средства систем мониторинга и диагностики

- **виброметры** – для контроля общих значений параметров вибрации в стандартных частотных диапазонах (обеспечивается 1-й уровень контроля), **некоторые виброметры позволяют проводить контроль в нескольких частотных диапазонах и частично обеспечивать 2-й уровень контроля;**
- **анализаторы вибрации**, которые не запоминают спектры и вибросигналы – для проведения оперативного анализ на месте эксплуатации объекта контроля (обеспечивается 2-й или 3-й уровень контроля, для реализации которого требуются значительные затраты времени опытного специалиста);
- **сборщики данных** (анализаторы вибрации с памятью, которые позволяют реализовать полустационарную систему мониторинга и диагностики оборудования) – для проведения оперативного анализ на месте эксплуатации объекта контроля и обработки данных в лаборатории (обеспечивается 3-й или 4-й уровень контроля, время обработки данных обследования объектов и принятия решения об его техническом состоянии зависит от уровня используемого программного обеспечения);
- **регистраторы сигналов** – магнитофоны, которые позволяет один раз зарегистрировать одновременно в нескольких точках контроля сигнал датчика и объект перенести в лабораторию многократной обработки записей и для его исследований (реализуется **функции системы непрерывного контроля** объекта);
- **штатные средства** объекта контроля (**стационарные**) – для обеспечения непрерывного контроля и регистрации параметров его вибрации и показателей режима работы на электронных носителях информации.

Программные средства систем мониторинга и диагностики машин и оборудования

- 1-го уровня** – обработка, анализ и сравнение общих уровней параметров вибрации в стандартных полосах частот (выполнение только функции система контроля параметров, а не оценки технического состояния и, тем более, диагностирования);
- 2-го уровня** – обработка, анализ и сравнение уровней параметров вибрации в определенных полосах частотах для ориентировочной оценки основных причин вибрации (например, 1-я оборотная, 2-я оборотная, низкочастотные колебания – НЧВ, нагрузка на лопатки – лопаточная частота одного или нескольких рабочих колес, и др.) и информирования обслуживающего персонала об отклонении объекта контроля от нормального функционирования;
- 3-го уровня** – обработка, анализ и сравнение узкополосных спектров параметров вибрации, с помощью набора их масок, для выявления отклонений и определения опытным специалистом возможного перечня неисправностей объекта контроля;
- 4-го уровня (экспертные системы)** – для автоматизации процесса определения наиболее вероятного перечня неисправностей объекта контроля, с помощью решающих правил диагностики.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ НТЦ «ДИАГНОСТИКА»

ПОЛУСТАЦИОНАРНАЯ ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА

1. Программа «СПЕКТР»:

- анализ и обработка узкополосных спектров параметров вибрации;
- определение интенсивности основных виброакустических источников;
- запись и хранение результатов вибрационного обследования объектов контроля в базу данных системы мониторинга и диагностики оборудования предприятия.

2. Программа «ПАСПОРТ»:

- оценка технического состояния составных частей объектов контроля по нормативным и базовым характеристикам;
- выявление отклонений текущих значений вибрационных характеристик от нормативных и базовых значений;
- заключение о техническом состоянии и дефектах подшипников качения.

3. Программа «ГРАФИКА»:

- построение диаграмм, графиков и регрессионных зависимостей;
- расчет остаточного ресурса объекта контроля по худшему параметру вибрации.

4. Программа «ДИАГНОСТИКА»:

- определение перечня основных неисправностей и дефектов объекта контроля;
- объяснение диагноза;
- определение дополнительных обследований для уточнения неисправностей.

5. Программа «ВИБРОСИГНАЛ»:

- полная обработка вибрационного сигнала;
- оценка технического состояния по коэффициенту эксцесса, фазе, дифференциальным и интегральным законам распределения.

СИСТЕМА ВИБРАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ И ОПЕРАТИВНОЙ ОЦЕНКИ ВИБРАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТОВ

6. Программа «ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗ»:

- оперативная оценка технического состояния по нормативным и базовым вибрационным характеристикам, с использованием светофора;
- выбор нормативного документа для оценки технического состояния и самостоятельная установка базовых значений в точках контроля.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ НТЦ «ДИАГНОСТИКА»

РАСШИРЕННОЕ И СПЕЦИАЛЬНОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ

7. Программа «Стержневые конструкции»:

- оценка напряженного деформированного состояния;
- расчет собственных частот конструкции;
- проведение ее модальных исследований.

8. Программа «Валопровод»:

- расчет критических частот роторов валопровода и построение форм его колебаний;
- проведение исследования влияния на критические частоты и формы колебаний валопровода конструктивных и эксплуатационных показателей.

9. Программа «Динамика»:

- расчет амплитуд и динамических усилий в заданных сечениях ротора;
- построение амплитудно-частотных характеристик ротора;
- вычисление траектории перемещения заданной точки вала (в качестве факторов возбуждающих колебаний могут быть: остаточная статическая неуравновешенность, приведенная к одному или нескольким сечениям вала; радиальная и угловая несоосность валов машины и привода, радиальная сила на ротор со стороны перекачивающей среды), с учетом анизотропии упругих и демпфирующих свойств подшипников и щелевых уплотнений.

10. Программа «Газодинамика»:

- расчет параметров, необходимых для построения размерных и безразмерных характеристик турбокомпрессора;
- приведение характеристик турбокомпрессора к заданным условиям его эксплуатации.

11. Программа «Теплофизика»: расчет теплофизических свойств рабочих тел компрессорного оборудования (газов и газовых смесей). По заданным давлению и температуре, программа обеспечивает расчет следующих теплофизических характеристик: плотность, коэффициент сжимаемости, производные от давления, показатель адиабаты, скорость звука, внутреннюю энергию, энтальпию, энтропию, изохорную и изобарную теплоемкости, динамическую и кинематические вязкости, а также теплопроводность.

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Обследования ГПА: ГТУ -15 (парогазотурбинная установка Мозырского НПЗ), ГПА-25и, ГПА-25с, ГТН-6 (Сумское ЛПУ МГ) и ГТН-16 (КС «Ананевская») показали, что техническое состояние составных частей ГПА (нагнетателя, ГТД) по виброакустическим характеристикам определялось, прежде всего, состоянием:

- проточных частей корпусов компрессора, турбины и нагнетателя (дефекты сборки, неоднородность и не симметрия потока в каналах, износ лабиринтных уплотнений и протечки, неблагоприятные режимы работы);
- зубчатых передач;
- подшипников и опорной системы агрегата;
- технологических трубопроводов и маслопроводов.

На вибрационную нагрузку (виброускорение) составных частей ГПА значительное влияние оказывает режим его эксплуатации. Уровень виброускорения оказывает значительное влияние на надежность ГТД. Сравнительный анализ интенсивности основных виброакустических источников элементов ГТД и их отказов показал тесную регрессионную зависимость между ними.

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Перечень потенциальных опасных отказов, которые возможны при эксплуатации ГПА:

- 1) **возникновение автоколебаний ротора** в опорном подшипнике и быстрое его разрушение:
нарушение режима смазки опорных подшипников;
изменение нагрузки опорных подшипников (после реконструкции агрегатов, а также из-за неисправностей роторов, подшипников и соединительных муфт, нарушений центровки роторов по полумуфтам и др.);
дефекты опорных подшипников, соединительных полумуфт, концевых уплотнений;
износ или загрязнение лабиринтных уплотнений;
неправильный выбор режима работы агрегата при возникновении низкочастотных колебаний или колебаний на лопаточных частотах;
- 2) **возникновения низкочастотных колебаний** (субгармонических или параметрических) ротора в опорном подшипнике или в концевых уплотнениях (трение в кинематических парах, расцентровка ротора по расточкам статора) и ошибки при изменении параметров режима работы агрегата для локализации неисправности;
- 3) **значительное увеличение аэродинамической нагрузки** на элементы проточной части агрегата при работе его за пределами допустимого рабочего диапазона (**разрушение рабочих колес ротора** и др. элементов проточной части);
- 4) **отказ штатной системы контроля функционирования агрегата** (при нестационарном вибрационном процессе, возникающем при некритических дефектах для агрегата, а также при ослаблении крепления вибродатчика или резонансе элементов его крепления, неправильной их установки).

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

При ремонте составных частей ГПА часто допускаются:

- 1) **ненужная балансировка ротора**, которая только увеличивает проблемы агрегата;
- 2) **экономия при ремонте** агрегата увеличивает уровень вибрации и снижает его надежность:
 - замена только одной детали зубчатых передач или соединительных муфт;
 - необеспечение требуемых зазоров и натягов в подшипниках скольжения;
 - необеспечение требуемых посадок подшипников качения на вал и в корпус, а также отсутствие входного их динамического контроля на специальном станке;
 - плохой ремонт лабиринтных уплотнений и проточных частей турбомашин;
 - не проведение контроля биений ротора и др. работ, номенклатура которых регламентируется Системой ТООР, а также не предоставление потребителю ремонтных формуляров и протоколов проверки прочности ответственных деталей;
- 3) необеспечение требуемых зазоров между лопатками рабочих колес и направляющего аппарата, а также между корпусом и рабочими лопатками;
- 4) **плохая центровка ротора по расточкам статора**;
- 5) **ослабление опорной системы агрегата** из-за установки большого количества подкладок под опоры составной части агрегата, отрыва анкеров и дефектов бетона;
- 6) **натяжка трубопроводов** при присоединении их к фланцам нагнетателя и ГТД;
- 7) **необеспечение требуемого положения валов зубчатых передач и контакта зубьев колес.**

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ СМД ГПА

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ППР

Регламентное обслуживание – программа ППР с их характеристикой (содержанием, периодичностью, нормами материальных затрат) и картами регламентного межремонтного технического обслуживания.

Предусматривает три вида работ: **регламентные, текущие** (определяются в зависимости от состояния объекта обслуживания) и **экстремальные работы**.

Основным его отличием от других систем ППР должна быть **постоянная обратная связь с объектом обслуживания, которая должна реагировать на его изменение путем коррекции номенклатуры, содержания и периодичности регламентных работ**.

Освоение опытов заводов – изготовителей и совершенствование методов:

- дефектации и ремонта деталей и узлов оборудования;
- контроля качества ремонта оборудования.

Актуализация и разработка нормативных документов (внедрение требований новых гармонизованных стандартов и нормативно-правовых документов).

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ СМД ГПА

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

- 1) **обеспечить контроль виброускорения** на всех уровнях и **анализ узкополосных спектров** параметров вибрации оборудования.
- 2) **доработать стационарную** систему вибрационного мониторинга - **организовать дополнительный непрерывный контроль параметров вибрации в информативных полосах частот, что позволит своевременно информировать персонал предприятия о нарушении нормального функционирования.**
- 3) **укомплектовать персонал КС недорогим виброметром (желательно с памятью для сохранения данных контроля и программой «Экспресс-анализ», обеспечить 1-й уровень контроля).**
- 4) **оптимизировать порядок и объем проведения периодического вибрационного обследования оборудования специализированным диагностическим подразделением предприятия:**
 - а) **стандартное обследование** и оценка технического состояния оборудования по 3-му или 4-му уровню контроля по ДСТУ 3161 – контроль технического состояния подшипников составных частей агрегата, а также проточной части турбомашин и зубчатых передач;
 - б) **расширенное обследование** и оценка технического состояния оборудования по 3-му или 4-му уровню контроля во всех информативных точках контроля (до и после капитального ремонта, а также при аварийных ситуациях);
 - в) **специальное вибрационное обследование**, для выявления неблагоприятных режимов работы, определения режимных и смазочных характеристик, устранения резонансных явлений и повышения показателей надежности и др.
 - г) **виброналадка** – устранение причин повышенной вибрации оборудования при ремонте и доводка вибрационных характеристик после капитального ремонта.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ СМД ГПА

УРОВНИ КОНТРОЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Агрегат – стационарная штатная система, 2-й уровень контроля (оперативный анализ изменений вибрационных характеристик в информационных полосах частот и/или по изменениям составляющих спектра);

КС - виброметр (1-й или 2-й уровень контроля технического состояния) и программа «Экспресс-анализ» для оперативного контроля на месте по узкополосным спектрам, **обученный дежурный персонал, который непосредственно обеспечивает работу оборудования;**

ЛПУ МГ – одноканальный виброметр (оперативная оценка состояния, 3-й или 4-й уровень контроля) и программы «**Спектр**» и «**Паспорт**», для создания базы данных о состоянии ГПА, а также передачи данных руководителям ДК «Укртрансгаз» и НПЦ «Техдиагаз», **для оперативной передачи результатов обследования и получения консультации на расстоянии;**

НПЦ «Техдиагаз» – 2-х канальный сборщик данных и многоканальный регистратор сигналов, а также программное обеспечение полустационарной системы мониторинга и диагностики оборудования для обработки результатам стандартных, расширенных и специальных обследований (программа: **Спектр, Паспорт, Графика, Диагностика, Вибросигнал**).

ВНЕДРЕНИЕ СМД

Система мониторинга и диагностики машин и оборудования (СМД)
внедрена на:

1. ОАО «Мозырский НПЗ» (2000 г.);
2. ОАО «ЛУКОЙЛ - Одесский НПЗ» (2002г.);
3. ОАО « Николаевский глиноземный завод» (2004 г.);
4. Черкасском ОАО «Азот» (1 кв. 2006 г.).
5. ДК «Укртрансгаз» (2010 г.).

СМД позволила предприятиям:

- **усовершенствовать методы контроля и оценки** технического состояния объектов контроля;
- **обеспечить техническое обслуживание и ремонт** оборудования по состоянию;
- **повысить уровень надежности и безопасности** ОПО.

СМД позволяет вносить изменения и проводить консультации по электронной почте.

ВНЕДРЕНИЕ СМД

Работы по оценке состояния и диагностике оборудования выполнялись **на предприятиях Украины (2006 – 2010 г.г.):**

ЗАО «Северодонецкое объединение Азот»: компрессорное оборудование крупнотоннажного производства аммиака и др.

ДК «Укртрансгаз»: газоперекачивающие агрегаты ГПА 25I и ГТН 16 (Сумское ЛПУ МГ), ГТН 16 (Одесское ЛПУ МГ, КС «Ананьев»);

УГП «Укрхимтрансаммиак»: насосное оборудование, оценка технического состояния, продление ресурса, дефектация роторов и разработка рекомендаций по улучшению показателей надежности, участие в работе комиссии по введению в эксплуатацию нового оборудования и др.);

Сумской ЭТЦ ННИИПБОТ: проведение испытаний АГНКС на соответствие требованиям нормативным документам, для выдачи разрешения Госпрогорнадзор Украины на введение их в эксплуатацию; вибрационное обследование и оценка технического состояния фундаментов радиально ковочной машины и пресса и др.

ООО «Котрис» - разработка регламента периодического вибрационного обследования воздухоудки ТВ-80-1,8 (внедрение системы контроля компрессора).

ЧАО «ЛИНИК» (оценка технического состояния объектов, определение объема и сроков проведения текущего и капитального ремонта – увеличение ресурса эксплуатации).

ВНЕДРЕНИЕ СМД

ЭКСПЕРТНЫЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОТЗЫВЫ:

- Черноморский экспертно-технический центр - **Экспертное заключение** от 01 ноября 2001г. 01.Н № 09.12.1173/1858;
- Решение НТС Национального научно-исследовательского института по промышленной безопасности и охране труда – **Вісник**, № 5. 2003 г. 60с.
- ОАО «Мозырский НПЗ» - **письмо** от 24.03.99 № 12-2082;
- **организационный комитет МНТК** «Современные проблемы машиностроения» (1-3 июля 1998 г., г. Гомель) – **письмо** от 04.02.1999 № 34/11;
- ОАО «ЛУКОЙЛ – Одесский НПЗ» - **Акт проверки системы** мониторинга и диагностики насосно-компрессорного оборудования ОАО «ЛУКОЙЛ – Одесский НПЗ» от 15.06.2001 г. и **Протокол экспертного совета** ОАО «ЛУКОЙЛ – Одесский НПЗ» от 22.12.2004 г.;
- **Українське товариство неруйнівного контролю та технічної діагностики – Диплом другого ступеню** (за участь в 4-й Національній науково-технічній конференції і виставці «Неруйнівний контроль та технічна діагностика-2003», м. Київ) від 21 травня 2003 р.;
- **Ассоциация механиков «АссоМ» и научно-технический и производственный журнал «Вибрация машин: измерение, снижение, защита», г. Донецк - Почетный диплом** за оригинальность, научную новизну и практическую ценность опубликованных на протяжении 2006-2007 г.г. в журнале статей и проявленных к ним интерес со стороны отечественных и зарубежных предприятий (от 5. сентября 2007 г. Реестр № 3).

ВЫВОДЫ

1. Работу по повышению надежности и безопасности машин и оборудования предложено подразделить на **четыре этапа – основные задачи решения проблемы предприятия.**
2. **Разработана система мониторинга и диагностики машин и оборудования, программное обеспечение которой соответствует современному научно-техническому уровню и не имеет аналога. Метод оценки и диагностики технического состояния по изменению интенсивности основных виброакустических источников машин и оборудования соответствует требованиям нормативных документов Украины (4-й наивысший уровень контроля состояния машин и оборудования по Системе ТОиР Минпромполитики, ДСТУ 3160-95 ÷ ДСТУ 3163-95.).**
Метод НТЦ «Диагностика» защищен авторским свидетельством СССР и Патентом Украины.

ВЫВОДЫ

- 3. Разработаны отечественные технические средства для системы вибрационного мониторинга и диагностики, технические характеристики которых не уступают зарубежным аналогам и с которым работает экспертное программное обеспечение ИТЦ «Диагностика». Впервые на рынке СНГ предложен ИТЦ «Вибродиагностика» двух и четырехканальный регистратор сигналов, который существенно расширил возможности экспертной диагностики технического состояния машин. Сейчас завершена разработка 16-ти канального регистратора, что позволит использовать его в качестве стационарной системы контроля вибрации объектов (при пуске, останове, при неблагоприятных режимах их работы).**
- 4. Система постоянно совершенствуется (разрабатываются новые нормативные документы Украины и совершенствуются методические указания по обследованию машин и оценке их технического состояния; уточняются значения базовых характеристик, критерии отказов и предельного состояния, решающие правила диагностики). Основную работу по оценке технического состояния оборудования и определению причин его изменения проводит персонал предприятия, обученный и аттестованный ИТЦ «Диагностика», в соответствии с требованиями нормативных документов Украины в части аттестации и аккредитации персонала и измерительных лабораторий. Многие вопросы по внесению изменений в систему и проведение консультаций ИТЦ «Диагностика» осуществляет по электронной почте.**

Бібліографія

- 1 **Технічний регламент з підтвердження відповідності безпеки машин і механізмів** // Затверджено Наказ Держспоживстандарту України 27.09.2004 р. №209 / Заєрестровано в Міністерстві юстиції України 20 жовтня 2004, за номером 1339/9938, - 41 с.
- 2 **Вісник Національного науково-дослідного інституту охорони праці**. – К.: ННДІОП, 2003. - №5. – 60 с.
- 3 **Состояние и перспективы повышения качества и конкурентоспособности насосного и компрессорного оборудования.**: Материалы семинара-совещания. Сумы: СпецНТЭИЦ ГП «Сумыстандартметрология», 2004. 114 с.
- 4 Репин В.Н., Стеценко А.А., Стеценко О.А. **Опасности насосного и компрессорного оборудования** // Вибрация машин: измерение, снижение, защита – Донецк, ДонГНУ, Ассоциация механиков, 2007, № 3 (10) - С. 37-45.
- 5 Лисюк С.Д., Репин В.М., Стеценко А.А., Стеценко О.А. **Забезпечення безпечної експлуатації обладнання** // Фаховий збірник праць Національного науково дослідного інституту з промислової безпеки і охорони праці – К.: ННДІПБОП, 2008, №14.- С. 128-147.
- 6 Стеценко А.А. , Бедрий О.И., Стеценко О. А. Шишов В.В. **Подтверждение соответствия безопасности насосного и компрессорного оборудования в соответствии с требованиями технического регламента Украины** // Материалы 11-й Международной научно-технической конференции «Герметичность, вибронадежность насосного и компрессорного оборудования - ГЕРВИКОН-2005» - Сумы, СумГУ , 2005 г.– Том 3. С. 242 – 252
- 7 Репин В.М., Стеценко А.А. **Вимоги законів і нормативних документів України щодо промбезпеки насосного і компресорного обладнання** // Інформаційний бюлетень з промислової безпеки – К.: ННДІОП, 2006. - № 4. –С. 21-29.
- 8 Стеценко А.А. **Машини, механізми, устаткування підвищеної небезпеки**// Практичний довідник спеціаліста з охорони праці. Під заг. Ред. В.В. Тихоненко. – К.: FORUM- **Розділ 5.** 2009.
- 9 Стеценко А.А. , Бедрий О.И., Долгов Е.А., Стеценко О. А. **Система обеспечения надежности и безопасности насосного и компрессорного оборудования** // Вибрация машин: измерение, снижение, защита – Донецк, ДонГНУ, Ассоциация механиков, 2006, №1 - С. 45-53.
- 10 **Система технического обслуживания и ремонта технологического и теплоэнергетического оборудования химических предприятий Министерства промышленной политики Украины (Система ТОиР)**. – К.: ОАО «Укртеххимпром», 1998. - 432 с.
- 11 Стеценко А. А., О. А. Стеценко О. А. **Стандартизація в області вібрації, контролю технічного стану, діагностики і прогнозування ресурса промислових машин** // Вибрация машин: измерение, снижение, защита – Донецк, ДонГНУ, Ассоциация механиков, 2006, №2 - С. 34-43.

Библиография

- 12 Стеценко А.А., Бедрий О.И., Стеценко О. А. **Метод диагностики НТЦ «Диагностика»** // Вибрация машин: измерение, снижение, защита – Донецк, ДонГНУ, Ассоциация механиков, 2006, №3 - С. 22-35.
- 13 Стеценко А. А., Бедрий О.И., Долгов Е.А., Стеценко О. А. **Программное обеспечение для стандартной оценки технического состояния машин** // Вибрация машин: измерение, снижение, защита – Донецк, ДонГНУ, Ассоциация механиков, 2006, №4 – С.30-40.
- 14 Стеценко А. А., Бедрий О.И., Долгов Е.А., Стеценко О. А. **Программа для экспертной диагностики машин// Вибрация машин: измерение, снижение, защита** – Донецк, ДонГНУ, Ассоциация механиков, 2007, №1– С. 20-29.
- 15 Стеценко А. А., Бедрий О.И., Стеценко О. А. . **Совершенствование контроля и оценки технического состояния турбомашин** // Вибрация машин: измерение, снижение, защита – Донецк, ДонГНУ, Ассоциация механиков, 2008, № 1 (12) – С. 13-30.
- 16 Стеценко А.А., Анищенко Б.В., Бедрий О.И., Стеценко О. А. **Диагностика и прогнозирование остаточного ресурса насосного и компрессорного оборудования** // Вибрация машин: измерение, снижение, защита – Донецк, ДонГНУ, Ассоциация механиков 2006, №1 - С. 20-27.
- 17 А.А. Андрианов, В.А. Бондик, А.А. Стеценко, Г.Е. Куденко **Оценка технического состояния насосного оборудования. Продление ресурса безопасной эксплуатации. Украинский участок магистрального аммиакопровода «Тольятти - Одесса»**// Хімічна промисловість України – К.: Союз хіміків України, 2007. - № 5(82). – С.39-47.
- 18 А.А. Стеценко, С.А. Стеценко **Подтверждение декларации безопасности насосного и компрессорного оборудования** // Вибрация машин: измерение, снижение, защита – Донецк, ДонГНУ, Ассоциация механиков, 2009, №1 - С.49-56.
- 19 Мамонов А.И., Рудко В.В. Стеценко А.А., Стеценко О.А. **Оценка технического состояния составных частей ГПА- 25И по вибрационным характеристикам и декларация его безопасности**– Донецк, ДонГНУ, Ассоциация механиков, 2009, № 2 – С. 25-33.
- 20 Кармазин В.И., Сушильников Ю.Л., А.А. Стеценко, С.А. Стеценко **Низкочастотные колебания в турбомашине** // Вибрация машин: измерение, снижение, защита – Донецк, ДонГНУ, Ассоциация механиков, 2009, №4 - С.11-19, 2 и 3 обложки журнала.
- 21 Стеценко А.А., Анищенко Б.В., Бедрий О.И., Стеценко О.А. **Снижение вибрации трубопроводов поршневых компрессоров АО «МНПЗ»** // Современные проблемы машиностроения: Материалы международной научно-технической конференции (научные чтения, посвященные 105 годовщине П.О. Сухого). / Под ред. д.т.н., профессора Шагиняна А.С. в 2 т. / Гомель, ГГТУ, 2000 г., т. 1. - С. 208-211.