

**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](mailto: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

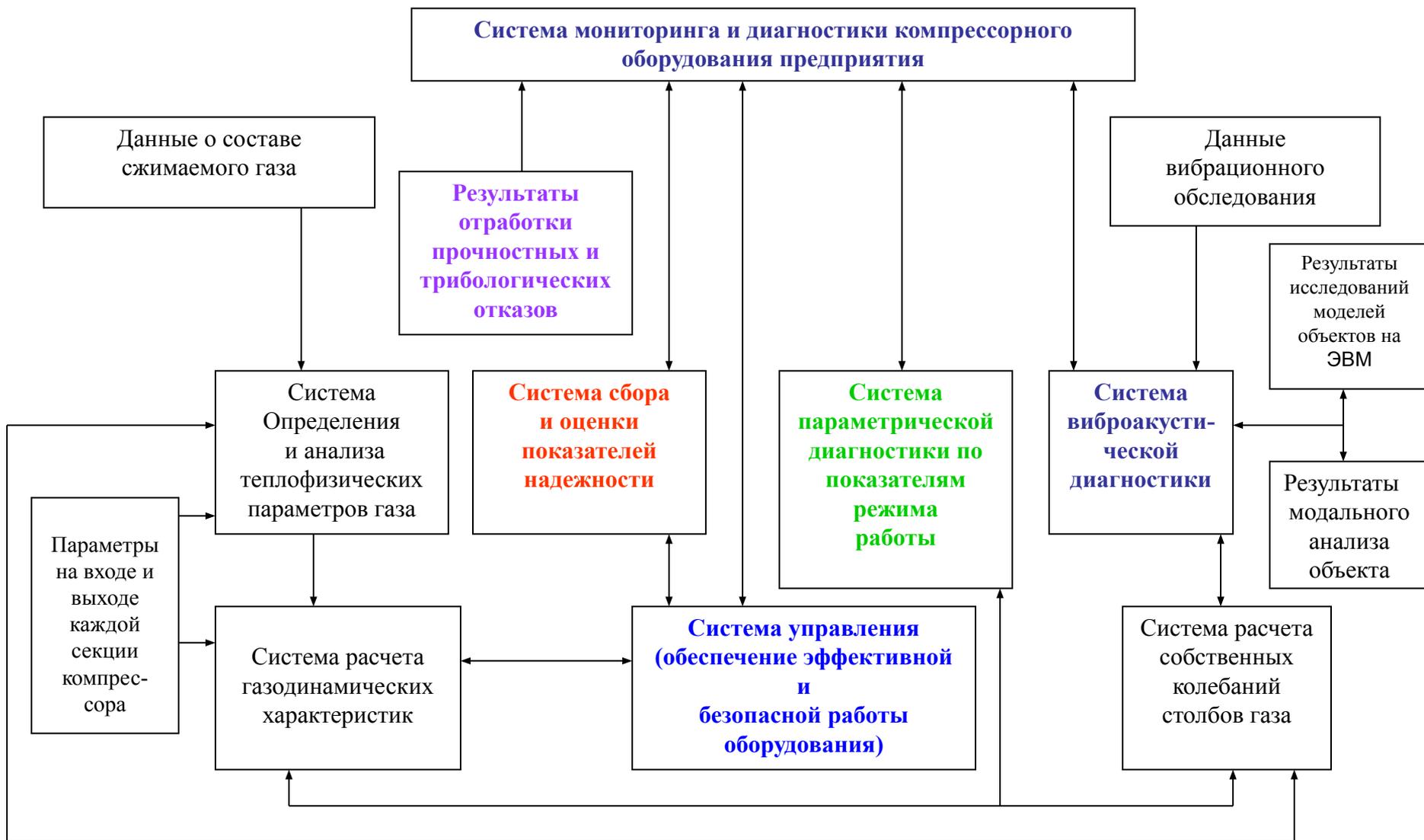
## 4 Программное обеспечение:

- **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;**

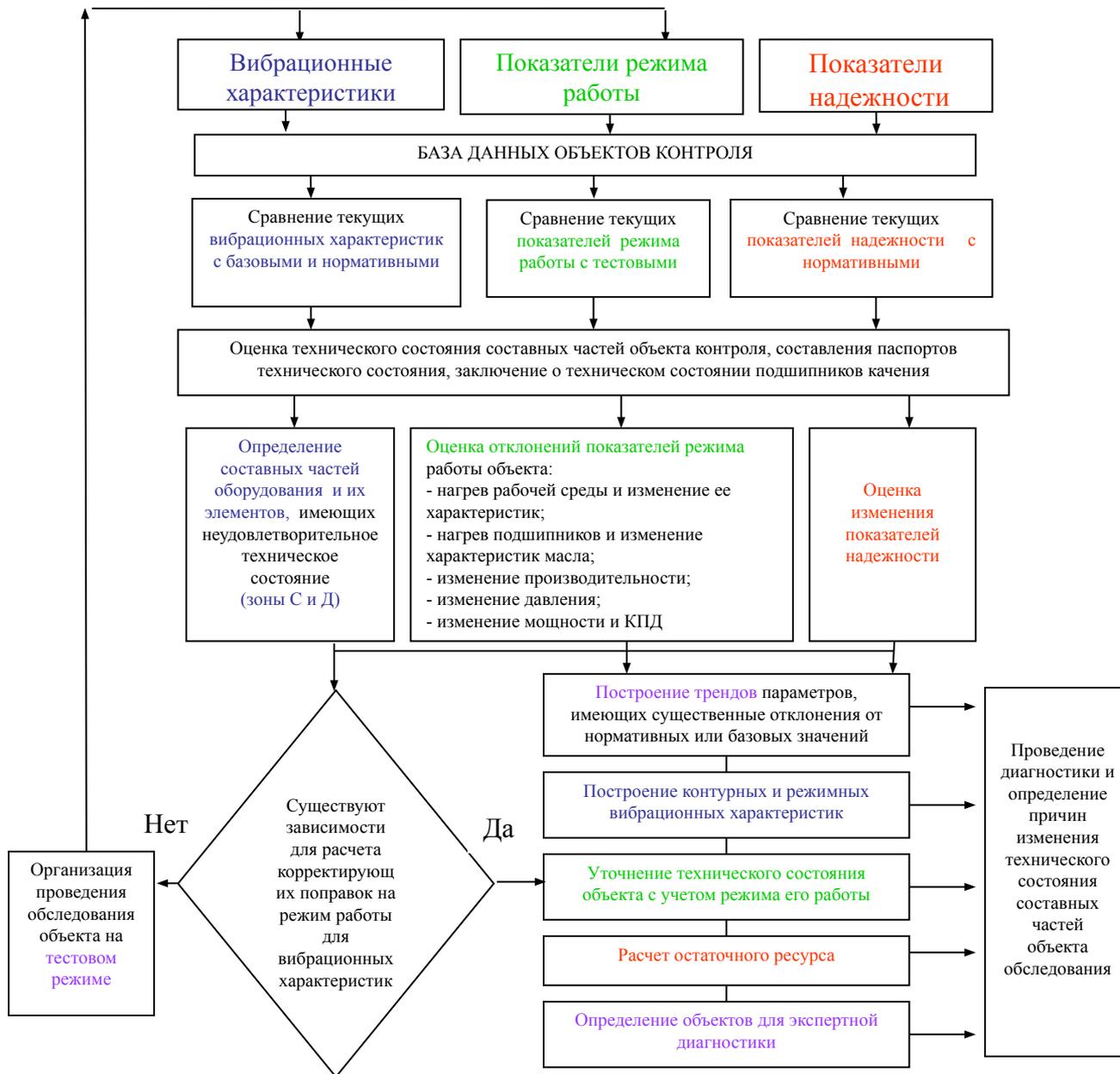
## 5 Технические средства полустационарной системы мониторинга и диагностики, разработанные в Украине (ИТЦ «Вибродиагностика», г. Северодонецк), на основе элементной базы, соответствующей современному мировому научно-техническому уровню:

- **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).

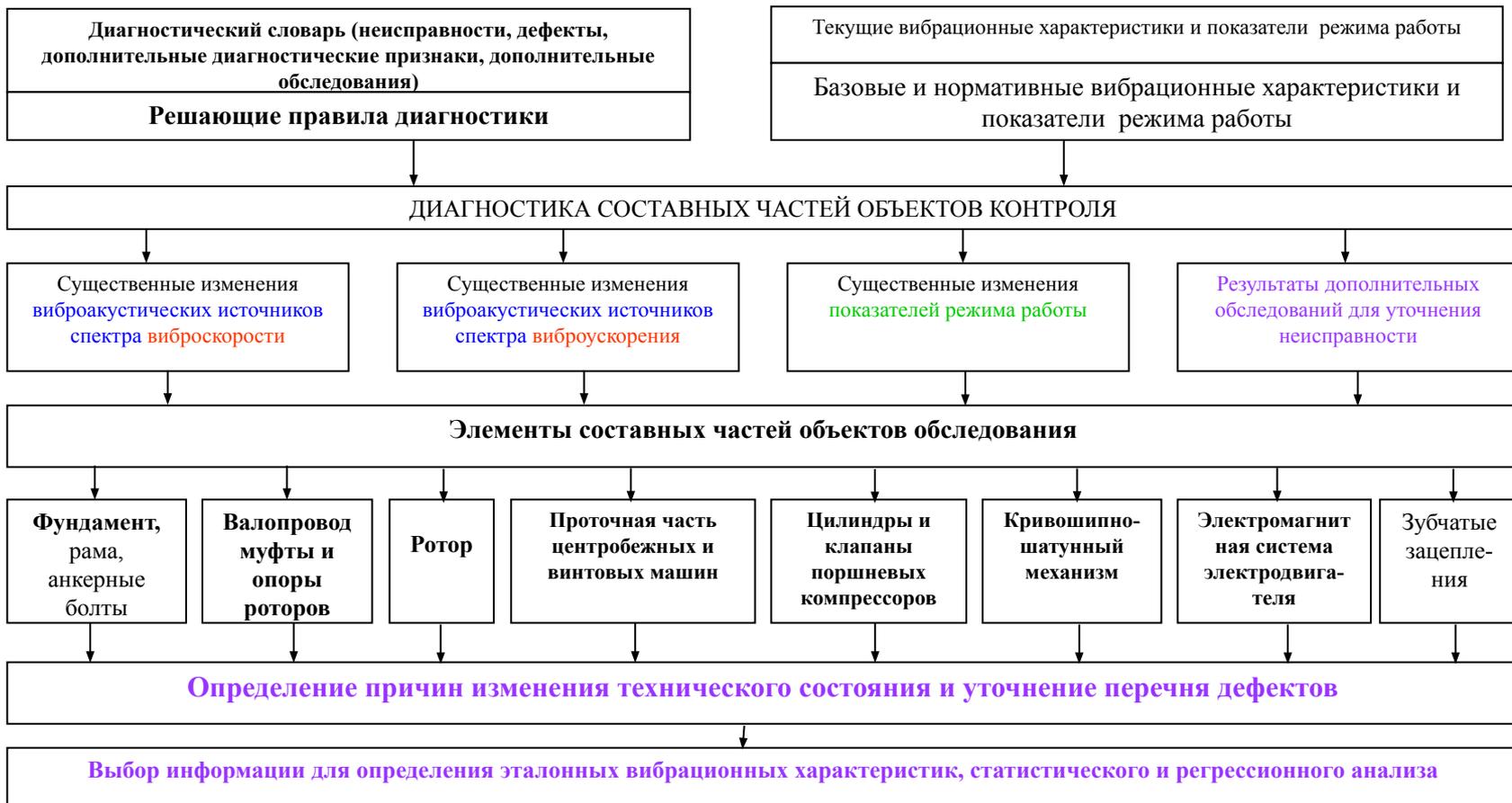
# СХЕМА СБОРА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ, НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОЙ РАБОТЫ КОМПРЕССОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ



# 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 НТЦ «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 НТЦ «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 НТЦ «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.