

# Ремонтно-техническое обслуживание динамического оборудования по результатам диагностических измерений

**Р.Р. Гареев (Новый Уренгой, Россия)**  
rustemmp@rambler.ru

слесарь-ремонтник  
ГКП-1А УГПУ, аспирант кафедры  
«Нефтегазопромысловое оборудование»  
Уфимский государственный нефтяной  
технический университет

**А.А. Мацибора**

заместитель начальника ОГМ УГПУ ООО  
«Газпром добыча Уренгой»

**Статья отражает методы диагностирования, которые позволяют перейти от системы планово-предупредительных ремонтов, к обслуживанию и ремонту динамического оборудования по фактическому состоянию с использованием современного многофункционального прибора Leonova Infinity. Разработанный метод диагностирования в полной мере отражает общее техническое состояние механизма и вращающихся узлов, что позволяет принимать объективно-правильное решение по дальнейшей эксплуатации технологического оборудования, и отслеживать динамику их развития, не допуская критического разрушения. Применение спектрального анализа позволяет выявить причину дефектного состояния механизма без ремонтного вмешательства.**

## Материалы и методы

Диагностический прибор Leonova Infinity, результаты мониторинга виброскорости и спектральный анализ в программном обеспечении Condmaster Nova, методика безразборной балансировки

## Ключевые слова

мониторинг, балансировка, обслуживание по состоянию, вибродиагностирование, дисбаланс, спектральный анализ

Основной задачей ремонтно-механической службы предприятий, имеющих в своем распоряжении обширный парк технологического оборудования, является поддержание этого оборудования в исправном техническом состоянии. Это реализуется путем периодического технического обслуживания и контроля за состоянием оборудования.

В настоящее время в ООО «Газпром добыча Уренгой» для поддержания в технически исправном состоянии и безаварийной эксплуатации технологического оборудования, повсеместно применяется система планово — предупредительных ремонтов (ППР). Ее суть — проведение ремонтов через определённые межремонтные периоды, вне зависимости от технического состояния узлов и деталей оборудования, дальнейшее использование которых определяется в процессе проведения ремонтов. Преимуществом данной системы является сокращение до минимума незапланированных и аварийных выходов оборудования из строя. Недостатком данной системы являются частые вмешательства в работу исправного оборудования, высокие трудозатраты на ремонтно-техническое обслуживание (РТО), необходимость создания постоянного запаса запасных частей и расходных материалов.

Переход от эксплуатации по системе ППР к эксплуатации и техническому обслуживанию оборудования по результатам диагностирования позволяет устранить эти недостатки. Основные преимущества системы, известной под названием «обслуживание по состоянию» — это сокращение количества, стоимости и длительности ремонтов за счет проведения

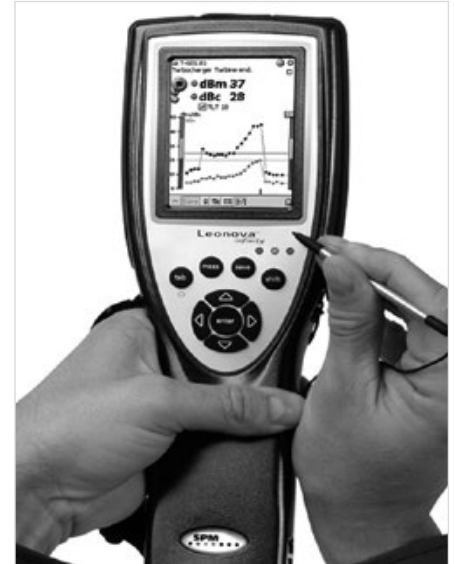


Рис. 1 — Анализатор Leonova Infinity

своевременного и строго регламентированного РТО. Соответствие объема РТО степени развития дефекта позволяет эффективно использовать материально-технические ресурсы предприятия, повысить экономичность ремонтов, не снижая надежности работы оборудования [1].

На первом этапе внедрения системы обслуживания и ремонта по техническому состоянию (ОРТС) включала в себя:

- визуальный контроль, проводится с целью выявления дефектов, которые могли возникнуть при транспортировке, монтаже и эксплуатации оборудования;



Рис. 2 — Алгоритм эксплуатации и обслуживания динамического оборудования

- обследование оборудования приборами диагностирования;
- обработку полученных данных прибора на основании результатов измерения технологических параметров.

Приобретение Уренгойским газопромысловым управлением (УГПУ) анализатора Leonova Infinity (рисунок 1) позволило внедрить систему ОПТС динамического оборудования на газоконденсатном промысле № 1А (ГКП-1А).

Контроль технологических параметров диагностическим прибором Leonova Infinity [2] основан на принципе замера:

- вибропараметров, для оценки состояния уровня вибрации механизма;
- ударных импульсов, для определения состояния подшипников качения.

Внедрение системы ОПТС с применением диагностического прибора Leonova Infinity на ГКП-1А проводится по алгоритму обслуживания, представленного на рисунке 2.

При эксплуатации динамического оборудования производится периодическое диагностирование механизмов посредством замера виброскорости во взаимно перпендикулярных плоскостях и уровня ударных импульсов в точках, расположенных как можно ближе к подшипниковому узлу (первый этап).

В зависимости от полученных результатов замеров диагностического прибора возможно 3 пути развития событий:

- при удовлетворительных диагностических данных эксплуатация оборудования продолжается;
- при превышении значения виброскорости выше допустимого производится анализ виброспектра (второй этап). Как правило, основная причина повышенного уровня вибрации — дисбаланс вращающихся частей механизма, либо несоосность

валов (третий этап), что отражается на результатах частотного анализа виброспектра;

- при превышении уровня ударных импульсов выше допустимого производится спектральный анализ ударных импульсов (второй этап). При этом с достаточной точностью по результатам анализа спектра ударных импульсов возможно определить причину дефекта — отсутствие смазки либо разрушение подшипника (третий этап) [3].

На четвертом этапе производится непосредственно устранение выявленных дефектов силами эксплуатационного персонала предприятия:

- 1) несоосность валов — путем лазерной центровки валов при помощи прибора Fixtur Laser;
- 2) дисбаланс — методом динамической балансировки вращающихся частей механизма, в качестве вибронализатора возможно применение прибора Leonova Infinity;
- 3) отсутствие смазки — путем замены или дополнения необходимого количества смазочного материала;
- 4) повреждение подшипника (сепаратора, наружной или внутренней обоймы, тел качения) — посредством замены подшипника.

Как показывает практика эксплуатации вентиляционного оборудования ООО «Газпром добыча Уренгой», 75% отказов происходит по причине повышенного уровня вибрации (рисунок 3).

Надежность большинства механического и электромеханического оборудования напрямую определяется состоянием вращающихся узлов и деталей, испытывающие высокие динамические нагрузки и подверженные

Technical repair service dynamic equipments by results equipments by results of diagnostic measurements

#### Authors

Rustem R. Gareev (Novy Urengoy, Russia)

mechanic-repairman GKP-1A UGPU, postgraduate student in department of oilfield equipment, Ufa state petroleum technological university

Andrei A. Matsibora

deputy chief of department chief mechanic UGPU Gazprom dobycha Urengoy

#### Abstract

This article represents methods of diagnostics that permit transition from the preventive maintenance system to maintain dynamic equipment according to the actual state with employment modern multifunctional apparatus Leonova Infinity. The developed method of diagnostics fully reflects the overall technical condition of machinery and rotating items. It helps to receive the objectively correct decision for the further operation of process equipment, and to monitor the dynamics of their development, avoiding critical damage. The use of spectral analysis allows us to determine the cause of defective state of repair mechanism without repairing intervention.

#### Materials and methods

Diagnostic instrument Leonova Infinity, results of vibration monitoring and spectral analysis in Condmaster Nova software, balancing methodology without disassembling

#### Results

The introduction of services by the actual technical state will increase the cost of purchase diagnostic devices in the initial stage, but in the future will reduce the number of planned repairs, without reducing the reliability of the equipment.

#### Conclusions

More rational use of material and human resources, by reducing the number and timing of repairs, will reduce the cost of service of the process equipment, which is an important objective of the enterprise in a market economy.

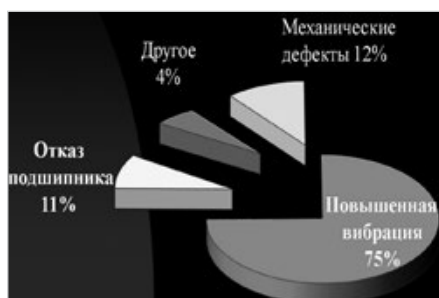


Рис. 3 — Причины выхода из строя вентиляционного оборудования

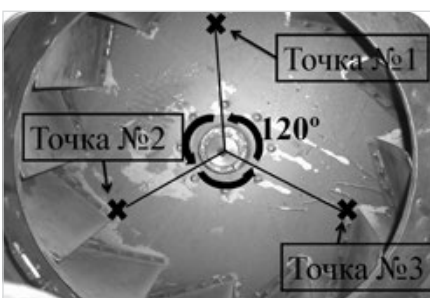


Рис. 4 — Точки установки пробного груза на рабочем колесе вентилятора

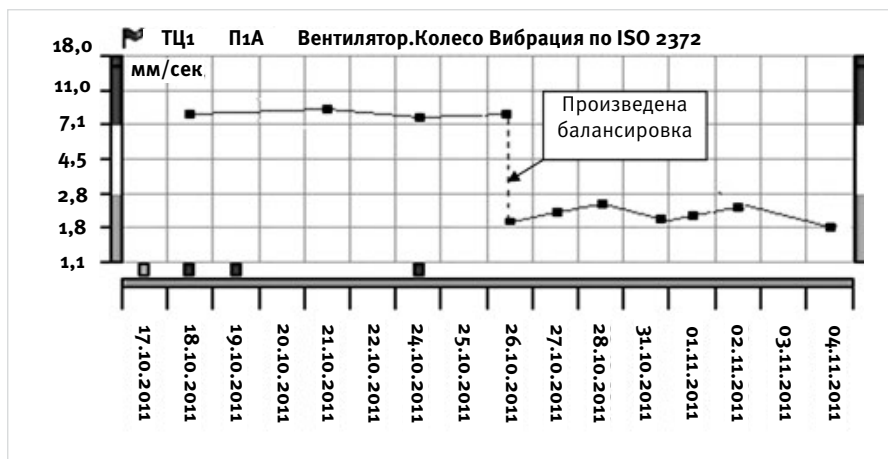


Рис. 5 — Изменение значения виброскорости в результате балансировки рабочего колеса вентилятора марки ВЦ4-70-16

**Keywords**

monitoring, balancing, maintenance by condition, vibration diagnostic, disbalance, spectral analysis

**References**

1. Sirotin D.G., Ermilin E.V. Remontno-tekhnicheskoe obsluzhivanie oborudovaniya po fakticheskomu sostoyaniyu [Technical repair service equipments by actual state]. Gazovaya promyshlennost, 2009, issue 2, pp. 66-67.
2. Paspport analizatora Leonova Infinity LEO801 [Passport of analyzer Leonova Infinity LEO801].
3. Genkin M.D., Sokolova A.G. Vibroakusticheskaya diagnostika mashin i mekhanizmov [Vibroacoustic diagnostics of machines and mechanisms], Moscow: Mashinostroenie, 1987, pp. 174-179.
4. Shirman A.R., Solov'ev A.B. Prakticheskaya vibrodiagnostika i monitoring sostoyaniya mekhanicheskogo oborudovaniya [Practical vibrodiagnostics and monitoring of the mechanical equipment] Bibliogr., Moscow: Mashinostroenie, 1996, pp. 85-95.
5. Metodika dinamicheskoy bezrazbornoy balansirovki vrashchayushchikhsya detaley mashin [The method of dynamic balancing rotating machine parts without disassembly], Donetsk: 1991, pp. 4-6.
6. Paspport ventilyatora radial'nogo tipa VTS4-70 [Passport of radial type fan VC4-70].
7. GOST 31350-2007 Vibratsiya. Ventilyatory promyshlennye. Trebovaniya k proizvodimoy vibratsii i kachestvu balansirovki [Vibration. Industrial fans. Requirements for vibration levels and balance quality ISO 14694:2003] P. 27.

наибольшему износу.

Наличие неуравновешенных масс на вращающейся детали называется дисбалансом. Дисбаланс является одним из наиболее распространенных дефектов оборудования, обычно приводящим к резкому увеличению вибраций. Повышенная вибрация приводит к увеличению нагрузки на подшипники оборудования, изменяет режим работы и приводит к их ускоренному разрушению.

Переносной диагностический прибор Leonova Infinity позволяет успешно выявить дисбаланс вращающихся частей динамического оборудования на основании результатов вибродиагностирования. Анализ полученных данных с достаточной точностью информирует о состоянии оборудования, а так же о причинах повышенного уровня вибрации.

С каждым оборотом ротора несбалансированные массы создают одно циклическое силовое воздействие на опору, поэтому частота события будет равняться собственной частоте вращения вала, либо кратно ему [4].

Методы динамической балансировки вращающихся деталей, реализуемые на специальных балансировочных станках, требуют значительных затрат на разборку, транспортировку, и последующую сборку механизма.

Простой и точный способ балансировки ротора, без демонтажа в собственных опорах с целью снижения вибрации до необходимого уровня, возможен при помощи прибора Leonova Infinity.

Методика динамической безразборной балансировки вращающихся деталей машин заключается в определении массы ( $m_k$ ) и углового положения ( $\alpha$ ) компенсационного груза.

На балансируемой детали (рабочее колесо вентилятора) в точках 1, 2, 3 поочередно устанавливается пробный груз (рисунк 4) и производится соответственно замер виброскорости [5].

Масса пробного груза выбирается из условия:

$$m_{пр} = (0,02 \times m \times g) / (r \times \omega^2),$$

где  $m_{пр}$  — масса пробного груза;  $m$  — масса балансируемой детали (рабочее колесо вентилятора);  $g$  — ускорение свободного падения;  $r$  — радиус окружности, на которой устанавливается пробный груз;  $\omega$  — угловая скорость рабочего колеса вентилятора.

Графическим методом определяется угловое расположение компенсационного груза ( $\alpha$ ) на рабочем колесе, и теоретическая виброскорость ( $V_t$ ), необходимая для расчета массы компенсационного груза.

Масса компенсационного груза рассчитывается по следующей формуле [5]:

$$m_k = m_{пр} \times V_0 / V_t,$$

где  $m_{пр}$  — масса пробного груза;  $V_0$  — начальная виброскорость;  $V_t$  — теоретическая виброскорость.

Таким образом, в результате балансировки рабочего колеса вентилятора марки ВЦ4-70-16 [6], значение виброскорости удалось снизить с 7,9 мм/с до 2,3 мм/с, что отражено на графике (рисунк 5).

Как видно из виброспектра (рисунк 6), дефект дисбаланса рабочего колеса вентилятора удалось устранить, тем самым значительно понизился общий уровень вибрации вентилятора [7].

**Итоги**

Внедрение системы обслуживания по фактическому состоянию приведёт на первоначальном этапе к увеличению затрат на приобретение приборов диагностирования, но в последующем позволит снизить количество плановых ремонтов, при этом не снижая надёжности работы оборудования.

**Выводы**

Более рациональное использование материально-технических и кадровых ресурсов, за счет сокращения количества и времени ремонтов, позволит снизить затраты на обслуживание технологического оборудования, что является важной задачей предприятия в условиях рыночной экономики.

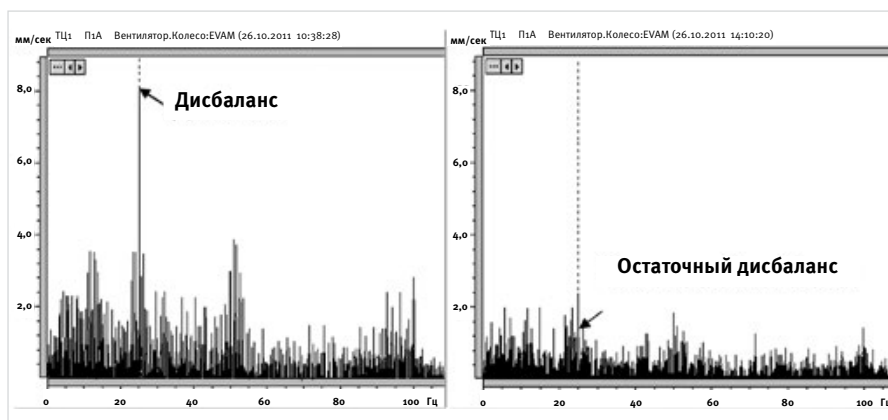


Рис. 6 — Виброспектр вентилятора марки ВЦ4-70-16 до и после балансировки

**Список использованной литературы**

1. Сиротин Д.Г., Ермилин Е.В. Ремонтно-техническое обслуживание оборудования по фактическому состоянию // Газовая промышленность. 2009. №2. С. 66–67.
2. Паспорт анализатора Leonova Infinity LEO801.
3. Генкин М.Д., Соколова А.Г. Виброакустическая диагностика машин и механизмов. — М.: Машиностроение, 1987. С. 174–179.
4. Shirman A.R., Solov'ev A.B. Prakticheskaya vibrodiagnostika i monitoring sostoyaniya mekhanicheskogo oborudovaniya. Bibliogr. M.: 1996. С. 85–95.
5. Методика динамической безразборной балансировки вращающихся деталей машин. Донецк: 1991. С. 4–6.
6. Паспорт вентилятора радиального типа ВЦ4-70.
7. ГОСТ 31350-2007 Вибрация. Вентиляторы промышленные. Требования к производимой вибрации и качеству балансировки. С. 27.