

СТАНДАРТИЗАЦИЯ В ОБЛАСТИ ДИАГНОСТИКИ И МОНИТОРИНГА ПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ



КОСТЮКОВ

Владимир Николаевич

Д-р техн. наук, профессор,
лауреат премии Правительства РФ,
генеральный директор

Научно-производственный центр «Динамика», Омск



НАУМЕНКО

Александр Петрович

Д-р техн. наук, профессор,
руководитель НУЦ «НеКоДиМ»

Интенсивное внедрение систем мониторинга поршневых компрессоров (ПК), функционирующих на опасных производственных объектах нефтегазохимического комплекса, поставило проблему по обеспечению нормирования измеряемых параметров, которые применяются для контроля технического состояния ПК. Одним из основных физических процессов, который используется в системах мониторинга, является вибрация.

В основе методики нормирования параметров вибрации машин лежит экспериментально установленный факт: при нормальном функционировании машин параметры вибрации различных машин находится ниже некоторых значений, которые можно использовать в качестве границ [1].

Одной из первых и фундаментальных разработок Союза немецких инженеров в области классификации уровней абсолютной вибрации (амплитуда виброскорости) поршневой машины (ПМ) является стандарт VDI 2056 (1964 г.) [2]. Эти рекомендации получили признание и впоследствии практически полностью вошли в стандарт ISO 2372 (1976 г.) [3], принятый

Международной организацией по стандартизации, в котором предлагается регламентировать максимальные величины среднего квадратического значения (СКЗ) виброскорости v_{rms} , измеренной на важнейших участках узлов и машин (корпуса подшипников, лапы опор и фланцев).

В VDI 2056 предусмотрено деление оборудования на шесть типов в зависимости от мощности и типа фундамента. В рекомендациях ISO 2372 они обозначены как классы: I, II, III, IV, V, VI, а в VDI 2056 – как группы: K, V, G, T, D, S. Типы оборудования в обоих стандартах, относящиеся к этим классам – группам, полностью совпадают.

Шкала нормируемых параметров вибрации представляет собой ряд величин СКЗ виброскорости v_{rms} , определяющие различные уровни состояния машины конкретного класса, и отличаются в 1,6–2 раза (от 4 до 6 дБ).

В коммерческих стандартах (классификации) DLI Engineering Corporation (1988 г.) (в настоящее время Azima DLI Company) уровни виброперемещения (пик-пик), виброскорости (амплитуда), виброускорения (СКЗ) для поршневых машин увеличены на 8 дБ по сравне-

нию с уровнями для центробежных машин средней мощности.

Каждому состоянию соответствуют нижняя и верхняя границы уровней виброскорости. Частотный диапазон с постоянной величиной виброперемещения составляет от 2,5 до 10 Гц, частотный диапазон с постоянным уровнем виброскорости, характеризующим техническое состояние (ТС) машины, от 10 до 1000 Гц.

Украинский Госстандарт принял стандарт по нормам вибрации трех классов поршневых компрессоров [4]. Стандарт нормирует:

- СКЗ виброскорости v_{rms} корпусов подшипников ПК в случае жесткого крепления, мм/с;
- СКЗ виброскорости v_{rms} корпусов подшипников ПК в случае установки на виброизоляторах, мм/с;
- СКЗ виброускорения a_{rms} корпусов подшипников ПК, м/с²;
- СКЗ виброскорости v_{rms} трубопроводов, мм/с;
- размах виброперемещения трубопроводов, мкм.

Нормирование виброакустических (ВА) колебаний по ускорению и скорости только подшипников [4] не обеспечивает полноты контроля технического состояния узлов и деталей ПМ.

Классы V(D), VI (S) стандартов VDI 2056, ISO 2372 развиты в ISO 10816-6 [5]. Этот стандарт дает рекомендации по оценке вибросостояния восьми классов агрегатов мощностью свыше 100 кВт с возвратно-поступательным движением их узлов:

- **класс 1** – сбалансированные оппозитные газовые ПК на жестком фундаменте;
- **класс 2** – многоцилиндровые газовые ПК на жестком основании и локомотивные воздушные компрессоры;
- **класс 3** – одноцилиндровые газовые ПК на жестком основании;
- **класс 4** – нет аналогов;

- **классы 5, 6** — промышленные и морские дизели со скоростью вращения менее 2000 мин⁻¹;
- **классы 7, 8** — промышленные и морские дизели со скоростью вращения более 2000 мин⁻¹.

Критерии классификации вибрационного состояния машин возвратно-поступательного действия приведены в разделе 5 текста ISO 10816-6. Для оценки вибросостояния стандарт устанавливает предельные величины СКЗ либо виброперемещения, либо виброскорости, либо виброускорения в диапазоне частот от 2 до 1000 Гц.

Точки измерения: на корпусе машины в трех направлениях в трех уровнях — уровень крепления к фундаменту, уровень вала, верхняя точка корпуса.

В стандарте [5] отмечается, что измерения вибрации корпуса ПМ и классификация ТС машины по результатам этих измерений позволяют дать только самое грубое представление о механических напряжениях в узлах ПМ и их вибрационном состоянии.

В указанном стандарте говорится о том, что основные составляющие возбуждения машин возвратно-поступательного действия сосредоточены в диапазоне частот от 2 до 300 Гц. Однако при оценке вибрационного состояния всей машины в целом, включая вспомогательное оборудование, являющееся функциональной частью ПМ, необходимо принимать во внимание вибрацию по крайней мере в диапазоне от 2 до 1000 Гц. В особых случаях может быть использован иной диапазон частот измерений. Поскольку широкополосная вибрация содержит много частотных составляющих, невозможно установить однозначные соответствия между ее параметрами — СКЗ и пиковыми значениями (или между СКЗ и размахом). Поэтому предпочтительно измерять СКЗ перемещения, скорости и ускорения с точностью $\pm 10\%$ в диапазоне от 10 до 1000 Гц и с точностью $+10$ и -20% в диапазоне от 2 до 10 Гц. Эти параметры могут быть получены с использованием одного датчика вибрации посредством интегрирования выходного сигнала акселерометра.

Установленные критерии имеют ограниченное применение в отношении оценки вибрации узлов внутри машины и малоприменимы, например, для выявления повреждений клапанов, деталей кривошипно-шатунного (КШМ), кривошипно-ползунного (КПМ) механизмов цилиндропоршневой группы (ЦПГ). Обнаружение таких повреждений требует применения методов, выходящих за область применения ISO 10816-6 [5].

В материалах VDI 2056 указывается, что из-за сложности учета и суммирования сил, вызывающих вибрацию ПМ, машины этих групп трудно включить в предложенную схему нормирования. Отмечается, что, по статистическим данным, даже при виброскорости от 20 до 30 мм/с для некоторых классов машин не обнаруживались свидетельства снижения надежности узлов машин. А для ПМ с высокой скоростью вращения вала в удаленных от мест крепления узлах может быть зарегистрировано СКЗ виброскорости до 50 мм/с, и при этом поломки не происходит.

Поскольку в ISO 10816-6 нормы приведены только для точек, расположенных на корпусе компрессора и опорах, то на уровень вибрации по точкам ISO 10816-6 будут оказывать влияние неуравновешенные силы вращающихся масс КШМ (коленчатый вал, шатун). В то же время при установке датчика ВА-сигнала над ползуном крейцкопфа над штоком основное влияние на ВА-сигнал будут оказывать неуравновешенные силы вращающихся масс КПМ (коленчатый вал, шатун, ползун, шток, поршень), газовые силы именно этого цилиндра и зазоры соединений КППМ в большей степени и КШМ (кроме головки шатуна) — в меньшей степени. Если установить датчик ВА-сигнала на крышку цилиндра в осевом направлении или в радиальном направлении в районе клапанов, то влияние на ВА-сигнал будут оказывать газовые силы именно этого цилиндра и зазоры соединений деталей ЦПГ в большей степени. Поэтому места измерений вибропараметров на корпусе ПМ, рекомен-

дуемые ISO 10816-6, исключают контроль ТС узлов и деталей цилиндров.

В 2012 г. Комитет ISO подготовил проект стандарта ISO/CD 10816-8 [6], который устанавливает процедуры и руководящие принципы для измерения и классификации механической вибрации узлов и систем ПК. Величины вибрации определены прежде всего для классификации вибрации систем ПК и избежания проблем усталости в узлах и системах компрессора, т.е. фундамента, корпуса компрессора, демпфирующих устройств, трубопроводов и вспомогательного оборудования.

В качестве основного параметра предлагается использовать СКЗ виброскорости v_{rms} (мм/с) в основном диапазоне от 2 до 300 Гц, но для контроля всех частей компрессора рекомендуется выбирать диапазон от 2 до 1000 Гц. На частотах ниже 10 Гц рекомендуется измерять также СКЗ виброперемещения d_{rms} (мм). Виброускорение a_{rms} (СКЗ в м/с²) рекомендуется измерять в диапазоне от 2 до 1000 Гц.

В стандарте определено пять разновидностей точек измерения вибрации в направлениях X, Y, Z:

- 1) на всех анкерных болтах крепления корпуса крепления компрессора;
- 2) в каждой крайней точке компрессора и на корпусе между цилиндрами;
- 3) на крышке цилиндра;
- 4) на буферных резервуарах (депульсаторах) на входе и выходе компрессора;
- 5) на трубопроводах, которые должны быть определены в результате обследования и согласованы с владельцами компрессора.

В качестве информации в Приложении С стандарта ISO/CD 10816-8 [6] приведены данные об измерении вибрации крейцкопфа в диапазоне от 2 до 1000 Гц.

Необходимо отметить, что в стандарте прямо указывается, что «приведенные руководящие принципы не предназначены для целей мониторинга состояния». Кроме того, признается, что критерии оценки имеют ограничения, связанные с невозможностью оценки

влияния на параметры вибрации таких проблем, как неисправности клапанов, деталей ЦПГ, поршневых колец и другие дефекты и неисправности внутренних узлов и деталей.

Стандарт разработан для ПК с частотами вращения коленчатого вала от 120 до 1800 мин⁻¹ включительно без деления их на классы как по мощности, так и по частотам вращения, что, естественно, ограничивает его применение.

Как методики оценки технического состояния и диагностирования, так и документы по нормированию параметров вибрации ПМ не учитывают основные принципы формирования ВА-колебаний в ПМ и их свойства:

- поршневая машина, будь то ПК или двигатель внутреннего сгорания, представляет собой сложную газомеханическую систему, которая имеет три мощных и многофакторных практически статистически независимых основных источника ВА-колебаний [7–9]: неуравновешенность движущихся и вращающихся масс, газогидродинамические процессы, соударения и трение между элементами и деталями узлов и механизмов;
- параметры ВА-колебаний зависят от свойств среды распространения ВА-колебаний и жесткости межузловых соединений [7–9];
- виброускорение, виброскорость, виброперемещение и их параметры имеют свойство ортогональности [1, 7, 9];
- указанные факторы не позволяют использовать существующие нормы вибрации ПМ для объективной оценки состояния как машин в целом, так и состояния отдельных их узлов и деталей, что в целом не позволяет использовать эти нормы для мониторинга состояния ПМ в реальном времени опасных производственных объектов первой категории [12, 13], а также ПМ в тех сферах применения, в которых безопасность при отказе ПМ играет определяющую роль.

В 2011 г. Научно-промышленным союзом «Управление риска-

ми, промышленная безопасность, контроль и мониторинг» (РИС-КОМ) принят отраслевой стандарт СТО 03-007–11 [11], который позволяет по параметрам вибрационных сигналов осуществлять мониторинг состояния основных узлов ПК и обеспечить безопасную эксплуатацию ПК. Стандарт прошел экспертизу и аттестацию в Единой системе оценки соответствия в области промышленности, экологической безопасности, безопасности в энергетике и строительстве в качестве методического документа по неразрушающему контролю. Аналогичные нормы вибрации вошли в стандарт СТО 03-002–12. «Поршневые компрессоры нефтеперерабатывающих, нефтехимических и химических предприятий. Эксплуатация, технический надзор, ревизия, отбраковка и ремонт» [14], подготовленный коллективом авторов ОАО «ВНИКТИ нефтехимоборудования» взамен Общих технических условий на ремонт поршневых компрессоров 1985 г.

Содержание стандарта [11] основывается на результатах многолетних теоретических и экспериментальных исследований и более чем 15-летнем опыте эксплуатации систем диагностики и мониторинга в реальном времени «КОМПАКС®» [15] более 50 поршневых компрессоров с электроприводом с единичными мощностями от 0,02 до 2 МВт, используемых на нефтегазохимических (НХК) комплексах и производствах в Омске, Ангарске, Астрахани, Ачинске, Бургасе, Волгограде, Саратове, Сызрани, Ухте и других городах для компримирования взрывоопасных и вредных газов таких типов, как: отечественные – ПК 205ВП-16/70; 305ГП-20/8; 2М10-11/42-60; 2ГМ16-20/42-60; 4ГМ10-28/43-56; 4М16М-45/35-55; 4ГМ16М-45/35-55; 4ГМ16-22/17-37; 4М16-22,4/23-64; 2ГМ2,5–6,2/38–46С; 5Г-600/42-60; 4СГВ и др., а также импортные – BDCB-30/20/20x16 (Worthington); 4HF/2 серии HF (Nuovo Pignone); 2TV2 (Neuman & Esser); RV 288-35 (BOGE KOMPRESSOREN BIELEFELD) [1, 7–9].

Величины вибрационных параметров получены на основе статистической обработки результатов мониторинга этих параметров методами принятия статистических решений и результатов дефектации и ремонтов ПК [9].

Основное преимущество статистических методов распознавания состоит в возможности одновременного учета признаков различной физической природы или механизмов формирования, так как эти методы оперируют безразмерными величинами – вероятностями их появления при различных состояниях системы. Среди методов технической диагностики метод, основанный на обобщенной формуле Байеса, занимает особое место благодаря простоте и эффективности. Однако этот метод обладает одним существенным недостатком – угнетением редко встречающихся признаков, что недопустимо в случае мониторинга состояния опасных производственных объектов. В условиях реальных производств метод Вальда (последовательного анализа) также не обеспечивает безопасную эксплуатацию в связи с возможностью превышения интервала постановки диагноза [10].

Методы статистических решений, такие как: методы минимального риска, минимального числа ошибочных решений, минимакса, Неймана–Пирсона, наибольшего правдоподобия, позволяют выбрать решающее правило исходя из условий оптимальности, например из условия минимального риска, минимизации одной из ошибок постановки диагноза при заданном уровне другой [9, 10].

В общем случае на основе совокупности вибропараметров, каждый из которых с определенной вероятностью характеризует состояние диагностируемого объекта, необходимо построить решающее правило, с помощью которого выбранная совокупность вибропараметров была бы отнесена к одному из возможных состояний (диагнозов). В частном случае необходимо провести выбор одного из двух диагнозов (дифференциальная диагностика, или дихотомия), например, исправное со-

стояние и неисправное состояние. Для выявления статистических характеристик вибропараметров каждый вибропараметр для каждого состояния аппроксимировали функцией распределения на основе представительной выборки, насчитывающей несколько тысяч значений для каждого состояния [9]. Затем методами статистических решений для каждого вибропараметра определяли граничное значение, которое с заданной вероятностью и риском пропуска отказа разделяло состояния объекта диагностирования. В результате были получены величины параметров ВА-сигнала, разделяющие технические состояния ПК различных типоразмеров и частот вращения вала [11].

Стандарт [11] распространяется на стационарные поршневые компрессорные установки, работающие на взрывоопасных и вредных газах 1-го и 2-го классов опасности, и устанавливает нормы вибрации для оценки их технического состояния при эксплуатации и приемочных испытаниях после монтажа и ремонта на все проектируемые, вновь изготавливаемые и реконструируемые, а также на действующие стацио-

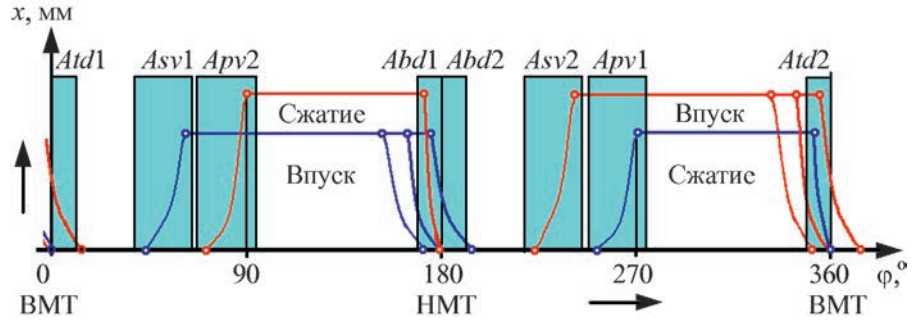


Рис. 1. Циклограмма работы ПК (зависимость высоты поднятия пластин клапана от угла поворота вала)

нарные поршневые компрессорные установки.

Данный стандарт определяет нормативы вибропараметров и предписывает их использование для организации вибромониторинга, вибродиагностики, мониторинга технического состояния и рисков эксплуатации стационарных поршневых компрессорных установок опасных производств. Согласно этому документу рекомендуется осуществлять измерение вибрации (ускорение, скорость, перемещение) всех жизненно важных узлов компрессора, включая механизмы, узлы и детали цилиндропоршневой группы, кривошипно-ползунного и кривошипно-шатунно-

го механизмов, коренные подшипники, клапаны и др., располагая датчики по направлению действия векторов вынуждающих силовых воздействий от каждого контролируемого узла.

Выбор мест установки датчиков абсолютной вибрации на цилиндре в области установки клапанов или на клапанах, на коренных подшипниках, на корпусе компрессора, над штоком поршня, а также контроль относительного перемещения штока определяются по согласованию с владельцем компрессорной установки исходя из состояния компрессора, стабильности ведения технологического режима, состава газа и других условий.

Нормы вибрации в точке № 1 («Осевое направление поршня») для шести конструктивных групп компрессоров с единичными мощностями от 0,02 до 2 МВт (табл. 1 – 3)

1. Средние квадратические значения ускорения, скорости и перемещения

| Зоны | 167 мин ⁻¹ | | | 300 мин ⁻¹ | | | 375 мин ⁻¹ | | | 500 мин ⁻¹ | | | 750 мин ⁻¹ | | | 1000 мин ⁻¹ | | |
|------|------------------------------|------------------|-----------------|------------------------------|------------------|-----------------|------------------------------|--------------|-----------------|------------------------------|------------------|-----------------|------------------------------|------------------|-----------------|------------------------------|------------------|-----------------|
| | a_{rms} , м/с ² | v_{rms} , мм/с | d_{rms} , МКМ | a_{rms} , м/с ² | v_{rms} , мм/с | d_{rms} , МКМ | a_{rms} , м/с ² | v_e , мм/с | d_{rms} , МКМ | a_{rms} , м/с ² | v_{rms} , мм/с | d_{rms} , МКМ | a_{rms} , м/с ² | v_{rms} , мм/с | d_{rms} , МКМ | a_{rms} , м/с ² | v_{rms} , мм/с | d_{rms} , МКМ |
| A/B | 2,8 | 2,8 | 7,1 | 9 | 0,9 | 5,6 | 7,1 | 0,9 | 8,7 | 9 | 2,8 | 11,2 | 8,7 | 2,8 | 14 | 11,2 | 3,6 | 18 |
| B/C | 3,6 | 3,6 | 14 | 14 | 1,8 | 18 | 14 | 1,8 | 18 | 14 | 4,5 | 24 | 14 | 5,6 | 28 | 18 | 7,1 | 36 |
| C/D | 7,1 | 7,1 | 28 | 28 | 3,6 | 36 | 28 | 3,6 | 36 | 28 | 8,7 | 56 | 28 | 11,2 | 56 | 36 | 14 | 71 |

2. Амплитуда ускорения и перемещения за несколько оборотов вала

| Зоны | 167 мин ⁻¹ | | 300 мин ⁻¹ | | 375 мин ⁻¹ | | 500 мин ⁻¹ | | 750 мин ⁻¹ | | 1000 мин ⁻¹ | |
|------|-------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------|
| | a_{ampl} , м/с ² | d_{ampl} , МКМ | a_{ampl} , м/с ² | d_{ampl} , МКМ | a_{ampl} , м/с ² | d_{ampl} , МКМ | a_{ampl} , м/с ² | d_{ampl} , МКМ | a_{ampl} , м/с ² | d_{ampl} , МКМ | a_{ampl} , м/с ² | d_{ampl} , МКМ |
| A/B | 11,2 | 36 | 18 | 24 | 24 | 24 | 24 | 18 | 24 | 24 | 36 | 36 |
| B/C | 18 | 56 | 28 | 36 | 45 | 36 | 45 | 36 | 45 | 45 | 56 | 56 |
| C/D | 36 | 112 | 56 | 71 | 90 | 71 | 90 | 71 | 90 | 90 | 112 | 112 |

3. Амплитуда ускорения для разных фаз цикла (1000 мин⁻¹)

| | | | | | | | | |
|-----|----|----|-----|-----|-----|----|-----|----|
| B/C | 45 | 45 | 56 | 56 | 56 | 45 | 56 | 45 |
| C/D | 90 | 90 | 112 | 112 | 112 | 90 | 112 | 90 |

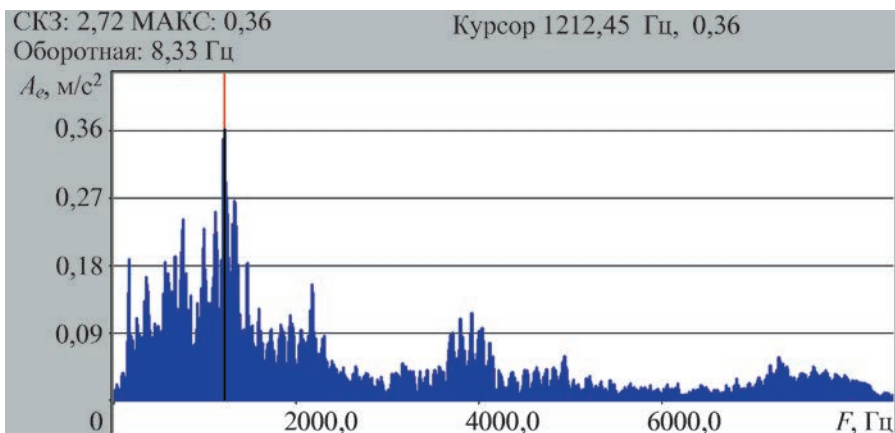


Рис. 2. Спектр виброускорения A_e на коренном подшипнике ПК типа 2GM16-20/42-60

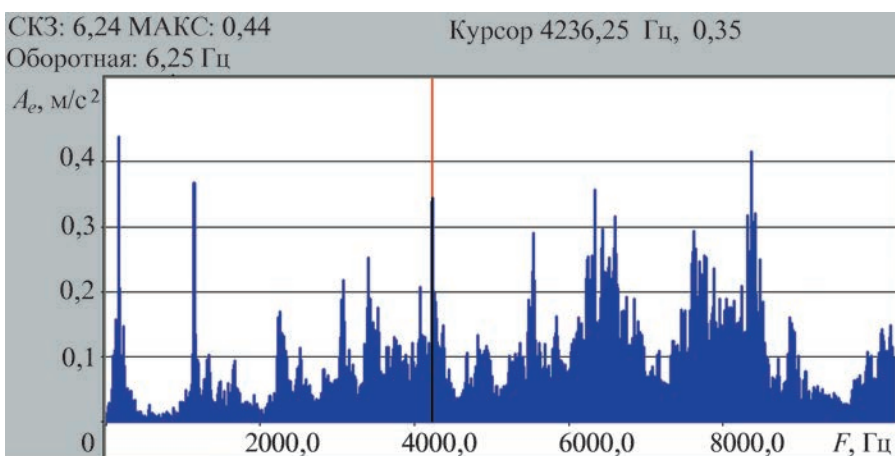


Рис. 3. Спектр виброускорения A_e на цилиндре в осевом направлении ПК типа 4M16M-45/35-55

В качестве нормируемых параметров для ПК устанавливаются:

- СКЗ виброускорения a_{rms} в полосе частот от 10 до 3000 Гц;
- СКЗ виброскорости v_{rms} в полосе частот от 10 до 1000 Гц;
- СКЗ виброперемещения d_{rms} в полосе частот 2 до 200 Гц;
- амплитудные значения виброускорения a_{ampl} в полосе частот от 2 до 10 000 Гц;
- амплитудное значение виброперемещения d_{ampl} в полосе частот от 2 до 200 Гц.

Амплитудные значения виброускорения a_{ampl} контролируются как за цикл работы ПК, так и при открытии/закрытии клапанов в характерные моменты времени изменения направления основных вынуждающих силовых воздействий поршневой машины: амплитуда виброускорения соответственно после верхней мертвой точки a_{atd1}

(top dead center) (ВМТ), до ВМТ a_{atd2} , до нижней мертвой точки a_{abd1} (bottom dead center) (НМТ), после НМТ a_{atd2} , в момент открытия первого (ближнего к крышке) всасывающего клапана a_{asv1} (suction valve) (ВК), в момент открытия второго ВК a_{asv2} , в момент открытия первого (ближнего к крышке) нагнетательного клапана a_{apv1} (pressure valve) (НК), в момент открытия второго НК a_{apv2} (рис. 1).

Выбор диапазонов частот измерений и анализа параметров вибрации обусловлен диапазонами частот виброакустических колебаний, несущих информацию о состоянии отдельных узлов и деталей ПК [7–9]. На рис. 2 приведен спектр виброускорения, полученный с датчика, который установлен на коренном подшипнике ПК. Спектр свидетельствует, что для данного узла диапазон информа-

тивных частот простирается до 5 кГц. А спектр на рис. 3, полученный с датчика на крышке цилиндра в осевом направлении, показывает, что анализ сигнала необходимо проводить в диапазоне частот до 10 кГц. Таким образом, существующие нормативные документы [2–4, 6], в которых диапазон частот определен до 1000 Гц, в значительной степени ограничивают не только возможности по оценке ТС отдельных узлов, но и возможности оценки опасности их состояния, что увеличивает риск пропуска отказа.

Техническое состояние компрессорной установки оценивается по наихудшему признаку – любому из вибропараметров, достигшему наихудшего значения.

В стандарте устанавливаются четыре оценки технического состояния:

- «ХОРОШО» (Х). Допустимо при приемочных испытаниях после монтажа или капитального (среднего) ремонта. Соответствует исправному состоянию компрессорной установки и характеризует высокое качество ремонтных и монтажных работ;
- «ДОПУСТИМО» (Д). Допустимо при длительной эксплуатации. Характеризует полностью работоспособное состояние компрессорной установки при малой вероятности отказа. При достижении уровня Д контролируют скорость изменения вибропараметров;
- «ТРЕБУЕТ ПРИНЯТИЯ МЕР» (ТПМ) – предупреждение. Допустимо при непродолжительной эксплуатации. Техническое состояние компрессорной установки соответствует ТПМ, если величина вибропараметра превышает уровень «ТПМ». Предупреждает о приближении технического состояния к предельному, наличии развивающихся дефектов, постепенной утрате работоспособности и росте вероятности отказа. Служит для текущего обслуживания и/или планового вывода компрессорной установки в ремонт;
- «НЕДОПУСТИМО» (НДП) – останов. Недопустимо при эксплуатации. Техническое состоя-

ние компрессорной установки соответствует НДП, если величина вибропараметра превышает уровень НДП. Характеризует наличие развитых дефектов либо высокую скорость их развития и достижение компрессорной установкой предельного либо опасного состояния с высокой вероятностью отказа. Служит для останова компрессорной установки и вывода его в ремонт.

При переходе агрегата в состояние «НЕДОПУСТИМО», что с высокой вероятностью вызвано повреждением узла, агрегата или всей компрессорной установки, необходимо выполнить все действия по выведению компрессорной установки из этого состояния вплоть до немедленной остановки и проведения ремонта.

При переходе агрегата в состояние «ТРЕБУЕТ ПРИНЯТИЯ МЕР» необходимо выполнить техническое обслуживание. Если это не привело агрегат в состояние «ДОПУСТИМО», то следует планомерно вывести его в ремонт. В исключительных случаях допускается дальнейшая эксплуатация компрессорной установки, при этом необходимо с периодичностью не реже одного раза в час контролировать изменение его вибропараметров.

При оснащении комплекса агрегатов опасных производств системой мониторинга их технического состояния, удовлетворяющей требованиям [12, 13], текущие и средние ремонты проводятся по показаниям и рекомендациям системы мониторинга, т.е. по фактическому техническому состоянию компрессорной установки.

Допускается проводить капитальные ремонты компрессорной установки по техническому состоянию на основе показаний системы мониторинга состояния комплекса агрегатов после приобретения соответствующего опыта на предприятии.

Таким образом, сегодня в России приняты нормативные документы, которые позволяют совместно с системами мониторинга состояния машинного оборудования опасных производств, удовлетворяющими требованиям [12, 13,

16] и относящимися к системам первого класса, обеспечить значения статической, динамической ошибок и риска пропуска опасного состояния не более 5 %. В результате впервые в мире системы мониторинга на основе нормативных данных стандарта [11] дают возможность с помощью разработанных алгоритмов автоматической экспертной системы поддержки принятия решений [7–9] осуществлять мониторинг технического состояния поршневых компрессоров опасных производств и обеспечивать их безопасную, безаварийную ресурсосберегающую эксплуатацию.

Библиографический список

1. Костюков В.Н. Мониторинг безопасности производства. М.: Машиностроение, 2002. 224 с.
2. VDI – Richtlinie 2056: Beurteilungsmabstabe fur mechanische Schwingungen von Maschinen VDI. Dusseldorf: Verlag GmbH, 1964.
3. ISO 2372–1974. Mechanical vibration of machines with operating speeds from 10 to 200 rev/s. / Basis for specifying evaluation standards.
4. ДСТУ 3162–95. Компрессорное оборудование. Определение вибрационных характеристик малых и средних поршневых компрессоров и нормы вибрации. Введ. с 1996-07-01. Украина. Киев, 1996. 20 с. (яз. укр.).
5. ISO 10816-6:1995. Mechanical vibration. Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts. Part 6. Reciprocating machines with power ratings above 100 kW.
6. ISO/CD 10816-8. Mechanical vibration. Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts. Part 8: Reciprocating compressor systems.
7. Костюков В.Н., Науменко А.П. Решения проблем безопасной эксплуатации поршневых машин // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2009. № 3. С. 27 – 36.
8. Науменко А.П. Методология виброакустической диагностики поршневых машин // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение. Спец. вып. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2007. С. 85 – 95.
9. Науменко А.П. Научно-методические основы вибродиагностического мониторинга поршневых машин в реальном времени: дис. ... д-ра техн. наук. Омск: ОмГТУ, 2012. 40 с.
10. Биргер И.А. Техническая диагностика. М.: Машиностроение, 1978. 240 с.
11. СТО 03-007–11. Мониторинг оборудования опасных производств. Стационарные поршневые компрессорные установки опасных производств: эксплуатационные нормы. М.: Химическая техника, 2011. 18 с.
12. ГОСТ Р 53564–2009. Контроль состояния и диагностика машин. Мониторинг состояния оборудования опасных производств. Требования к системам мониторинга. М.: Стандартинформ, 2010. 20 с.
13. СА 03-002–05. Системы мониторинга агрегатов опасных производственных объектов. Общие технические требования. М.: Химическая техника, 2005. 42 с.
14. СТО 03-002–12. Стандарт организации. Поршневые компрессоры нефтеперерабатывающих, нефтехимических и химических предприятий. Эксплуатация, технический надзор, ревизия, отбраковка и ремонт // Контроль состояния компрессоров в процессе эксплуатации / В.Н. Костюков, А.П. Науменко. Волгоград, 2013. С. 178 – 189.
15. Костюков В.Н., Бойченко С.Н., Костюков А.В. Автоматизированные системы управления безопасной ресурсосберегающей эксплуатацией оборудования нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств (АСУ БЭР – КОМПАКС®) / под ред. В.Н. Костюкова. М.: Машиностроение, 1999. 163 с.
16. ГОСТ Р 53563–2009. Контроль состояния и диагностика машин. Мониторинг состояния оборудования опасных производств. Порядок организации. М.: Стандартинформ, 2010. 8 с.

Территория NDT

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ

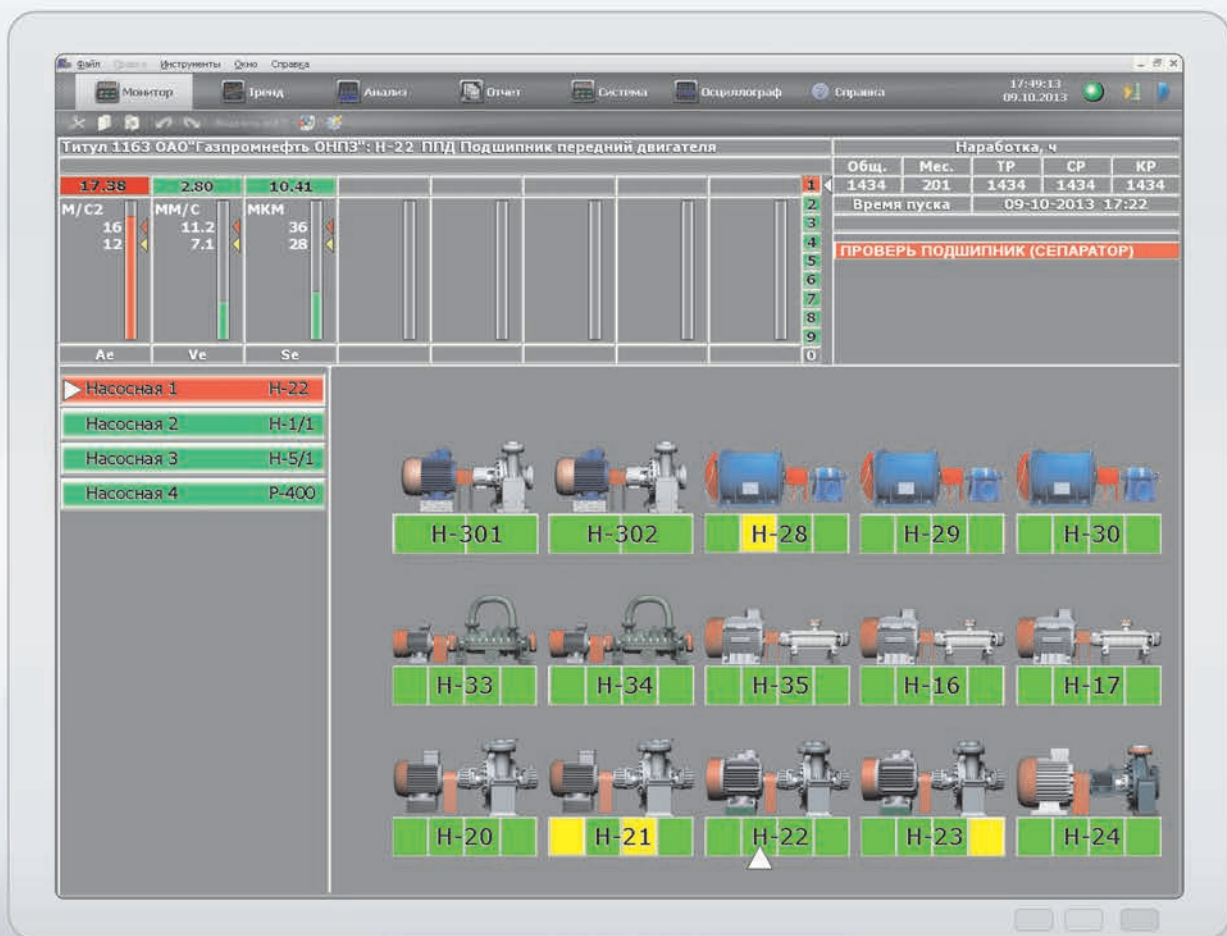
4, 2014

Октябрь – декабрь (12)

СИСТЕМА КОМПЬЮТЕРНОГО МОНИТОРИНГА ДЛЯ
ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ АВАРИЙ И КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

КОМПАКС®

- 100% российский инновационный продукт, использующий на единой программно-аппаратной платформе комплекс методов НК: вибрационный, акустико-эмиссионный, электрический, акустический, вихретоковый, тепловой, оптический и др.



Патенты РФ и международные на изобретения, промышленные образцы и полезные модели: №2517772, 2337341, 2322666, 2397469, 2149374, 2113715, 2103668, 87933 и др. - всего более 60, а также более 45 Свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Статья в журнале: "Стандартизация в области диагностики и мониторинга поршневых компрессоров" с.28



СОВМЕСТНЫЙ ПРОЕКТ ОДИННАДЦАТИ НАЦИОНАЛЬНЫХ ОБЩЕСТВ ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ

Территория NDT

СОДЕРЖАНИЕ

№4 (октябрь - декабрь), 2014

Главный редактор
Клюев В.В. (Россия, академик РАН)

Заместители главного редактора:
Троицкий В.А.
(Украина, президент УО НКТД)
Клейзер П.Е. (Россия)

Редакционный совет:

Азизова Е.А.
(Узбекистан, председатель УзОНК)

Аугутис В. (Литва)

Клюев С.В.
(Россия, вице-президент РОНКТД)

Кожаринов В.В.
(Латвия, президент LNTB)

Маммадов С.
(Азербайджан, президент АОНК)

Миховски М.
(Болгария, президент BSNT)

Муравин Б.
(Израиль, зам. президента
INA TD&CM)

Ригишвилли Т.Р.
(Грузия, президент GEONDT)

Страгнефорс С.А.
(Казахстан, президент КАНКТД)

Ткаченко А.А.
(Молдова, президент НОНКТД РМ)

Редакция:

Агапова А.А.
Клейзер Н.В.
Сидоренко С.В.
Чепрасова Е.Ю.

Адрес редакции:

119048, Москва, ул. Усачева, д. 35, стр. 1,
ООО «Издательский дом «Спектр»,
редакция журнала «Территория NDT»
[Http://www.tndt.idspektr.ru](http://www.tndt.idspektr.ru)
E-mail: tndt@idspektr.ru
Телефон редакции +7 (499) 393-30-25

Журнал зарегистрирован в Федеральной
службе по надзору в сфере связи, ин-
формационных технологий и массовых
коммуникаций (Роскомнадзор). Свидетель-
ство о регистрации средства массовой ин-
формации ПИ № ФС77-47005

Учредители:

ЗАО Московское научно-производственное
объединение «Спектр»
(ЗАО МНПО «Спектр»);
Общероссийская общественная организа-
ция «Российское общество по неразруша-
ющему контролю и технической диагнос-
тике» (РОНКТД)

Издатель:

ООО «Издательский дом «Спектр»,
119048, Москва, ул. Усачева, д. 35, стр. 1
[Http://www.idspektr.ru](http://www.idspektr.ru)
E-mail: info@idspektr.ru
Телефон +7 (495) 514 76 50

Корректор Смольянина Н.И.

Компьютерное
макетирование Смольянина Н.И.

Сдано в набор 2.10.2014
Подписано в печать 5.11.2014
Формат 60x88 1/8.

Бумага офсетная. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 8,93. Уч.-изд. л. 8,46.
Заказ Тираж 6000 экз.

Оригинал-макет подготовлен
в ООО «Издательский дом «Спектр».
Отпечатано в ОАО «Подольская фабрика
офсетной печати»,
142100, Московская область, г. Подольск,
Революционный проспект, д. 80/42

НОВОСТИ

- Система** добровольной аккредитации компаний в области НК (ДАК НК) РОНКТД 4
- Аккредитация** ООО «ИНТРОН ПЛЮС» по системе ДАК НК РОНКТД 5
- Миховски М., Скордев Ал.** Дни неразрушающего контроля 2014 г. в Болгарии 6
- Миховски М.** Встреча президента РОНКТД акад. Э.С. Горкунова с председателем
Болгарской академии наук акад. Ст. Воденичаровым 7
- Сентябрев Ю.В., Козлов Н.И., Семенов А.П.**
Семинар «Неразрушающий контроль. Масс-спектрометрический метод с применением
современных гелиевых течеискателей» 7
- 11-я Европейская** конференция по неразрушающему контролю 8
- Страгнефорс С.А.** Конференция «Вопросы совершенствования деятельности
межгосударственных технических комитетов Межгосударственного совета
по стандартизации, метрологии и сертификации государств-участников СНГ» 9

ВЫСТАВКИ, СЕМИНАРЫ, КОНФЕРЕНЦИИ

- «Дефектоскопия 2014» 10
- Сергеев С.С.** Итоги 5-й Международной научно-технической конференции «Современные
методы и приборы контроля качества и диагностики состояния объектов» 12
- Кузелев Н.Р.** VI Международный форум «Атомэкспо-2014» 18

ВОПРОСЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ

- Страгнефорс С.А.** Вопросы стандартизации в применении новых технологий НК
в Казахстане 22
- Сухоруков В.В.** Стандартизация технологий неразрушающего контроля стальных
канатов: состояние и проблемы 26
- Костюков В.Н., Науменко А.П.** Стандартизация в области диагностики и мониторинга
поршневых компрессоров 28
- Гринев Б.В., Любинский В.Р., Молчанова Н.И., Даниленко Ю.А., Ламаши Л.А.,
Богомолова О.Э., Гурджян Н.Р.** О разработке международных стандартов
и их гармонизации в области ядерной безопасности 34
- Винокурцев Г.Г., Винокурцев Г.Г., Кузнецов А.В.** Как проконтролировать строительство
газопровода, или лабиринты законотворчества 40
- Дубов А. А.** Опыт стандартизации технологий неразрушающего контроля в России
и на международном уровне 44
- Троицкий В.А., Посыпайко Ю.Н., Щупак С.А., Якубович Т.П.**
Проблемы стандартизации в области неразрушающего контроля
и роль национальных обществ НК в этом процессе 46

МЕТОДЫ, ПРИБОРЫ, ТЕХНОЛОГИИ

- Шелихов Г.С., Глазков Ю.А.** О выборе тока для намагничивания деталей
с применением соленоидов при магнитопорошковом контроле 50
- Семеренко А.В.** Ультразвуковой контроль изделий из композиционных материалов,
применяющихся в авиастроительной отрасли промышленности 57
- Дубов А.А., Дубов Ал.А.** Бесконтактная магнитометрическая диагностика
потенциально опасных сварных соединений магистральных газопроводов,
предрасположенных к внезапным разрушениям 64
- Рыков И.И., Алексейчик А.В.** Применение компьютерной томографии
в автомобильной промышленности 69