

Рекомендации по выбору переносных виброметров для измерения вибрационных параметров вращающегося оборудования

Русов В. А., [Вибро-Центр](mailto:ValeriyRusov@vibrocenter.ru), г. Пермь
ValeriyRusov@vibrocenter.ru

Достаточно часто, приобретая тот или иной [прибор для измерения вибрационных параметров](#), пользователь оказывается не полностью удовлетворенным его характеристиками и техническими возможностями. В результате поставленная производством технологическая задача остается не решенной, купленный прибор не дает ожидаемого экономического эффекта, выделенные на покупку прибора деньги потрачены неэффективно.

В таких ситуациях надо хорошо понимать и принять к сведению то, что чаще всего это обусловлено не реальными особенностями и свойствами купленного прибора, а тем, какие критерии были использованы будущим пользователем при выборе этого прибора.

В качестве иллюстрации к этой ситуации можно привести слова известного сатирика М. Жванецкого: «Я выбираю себе наручные часы в очках, чтобы было лучше видно циферблат и стрелки, а потом приходится показывать эти часы другим и просить, чтобы они сказали мне, сколько сейчас времени».

Рынок переносных виброметров в настоящее время конкурентно заполнен продукцией нескольких десятков отечественных и зарубежных компаний, являющихся разработчиками и производителями. В данном обзоре не делается попытка сравнительного анализа и ранжирования всего многообразия этой во многом похожей продукции. В каждом разделе обзора сделана попытка только формулировать наиболее важные технические и эксплуатационные требования к виброметрам, которым может соответствовать продукция различных производителей.

Компания Вибро-Центр производит в год более 1500 различных приборов для измерения параметров вибрации и имеет достаточно представительную обратную связь от пользователей диагностического оборудования. Приведенные ниже «рекомендации» являются попыткой обобщить и выделить те основные особенности, которые должны понимать потенциальные пользователи при выборе измерительного и диагностического оборудования, предназначенного для контроля вибрации.

Ссылка на наиболее подходящий требованиям эксплуатации прибор из линейки продукции компании Вибро-Центр делается здесь только потому, что технические параметры своего оборудования мы знаем наиболее точно, в то время как продукция других уважаемых фирм нам менее знакома, и поэтому ее важные достоинства и преимущества могут быть здесь некорректно интерпретированы.

И последнее замечание общего плана: здесь рассматриваются только особенности выбора [переносных виброметров](#), наиболее простых и массовых приборов контроля вибрационных параметров. Требования к выбору анализаторов вибрационных сигналов и особенности выбора специализированных балансировочных приборов автор предполагает рассмотреть в других обзорах.

1. Требования к выбору приборов, не связанные с их техническими параметрами

1.1. Технологическое назначение

Наиболее важным вопросом при выборе виброметра является его будущее технологическое назначение. Перед покупкой виброметра необходимо максимально точно определиться с тем, для чего будут использоваться будущие результаты измерения вибрации.

Основных вариантов здесь несколько:

- Результаты измерения вибрации оборудования будут использоваться для оперативной оценки технического состояния вращающегося оборудования, как отдельного агрегата, так и элемента технологической установки. Развитием этого является передача зарегистрированной информации по каналам связи в систему управления эксплуатацией комплекса вращающегося оборудования всего предприятия.

- Результаты измерения вибрации будут использоваться работниками ремонтных и сервисных служб для принятия решения о необходимости проведения ремонтных работ, а также для проведения измерений вибрации непосредственно перед выводом в ремонт и при вводе оборудования в эксплуатацию после ремонта.

- Прибор будет использоваться в диагностических целях для контроля технического состояния статического оборудования: контроля трубопроводов, фундаментов, конструкций и т. д.

- Виброметр будет использоваться как дополнительное устройства для анализа технологических режимов работы оборудования.

- Оборудование планируется (в перспективе) также использовать для балансировки роторов механизмов в собственных опорах.

Для каждого способа применения выбранный прибор должен обладать необходимыми измерительными и диагностическими возможностями.

1.2. Технические и эксплуатационные свойства

Технические и эксплуатационные свойства виброметра должны соответствовать квалификации персонала, который будет с ним работать.

Чаще всего виброметры, обычно являющиеся достаточно простыми измерительными приборами, предназначенными для практического использования персоналом, не имеющим даже начальной специализированной подготовки.

На промышленных предприятиях виброметры обычно используются технологическим и эксплуатационным персоналом:

- Дежурный и технологический персонал установок и цехов. В эту же группу входят сотрудники, которые оперативно контролируют техническое состояние оборудования, иногда их называют обходчиками.
- Работники ремонтных и сервисных служб как самого предприятия, как и «внешних» организаций, выполняющие ремонтные работы по договорам.
- Работники служб вибрационной диагностики. Для них виброметры являются дополнительным диагностическим оборудованием.

Для каждой из групп пользователей максимальный эффект достигается при использовании виброметров, функциональность и сложность использования которых максимально соответствует подготовке персонала.

2. Требования к функциональным возможностям приборов

2.1. Требования к параметрам измерения вибрации

Это наиболее важная группа вопросов, определяющая технические возможности виброметра. Из них максимально значимыми являются следующие:

- Контролируемый параметр вибрационного сигнала. Не вдаваясь в технические подробности можно сказать, что один и тот же сигнал вибрации оборудования может быть представлен виброметром в размерности виброскорости, виброускорения и виброперемещения. Стандартами и органами надзора нормируется значение вибрации оборудования в размерности виброскорости, поэтому для виброметра использование этого параметра обязательно. Виброперемещение иногда используется для оценки состояния тихоходного оборудования, а виброускорение в виброметрах не информативно.

- Частотный диапазон регистрируемого вибрационного сигнала. В соответствии с требованиями органов надзора вибрация оборудования должна контролироваться в диапазоне частот от 10 до 1000 Гц, для виброметров это стандарт. Более низкочастотные вибрации информативны для низкооборотного оборудования, например, для гидрогенераторов, но для этих целей используются специализированные приборы. Практической сложностью является то, что общепринятых норм на низкочастотные вибрации нет. Более высокочастотные вибрации (выше 1000 Гц) в оборудовании измерять виброметрами невозможно, так как через измерительный щуп или установочный магнит такие вибрации передаются на датчик с большими погрешностями.

- Амплитудный диапазон измеряемого вибрационного сигнала. Если исходить из существующих норм на уровень вибрации технологического вращающегося оборудования, то вибрации роторного оборудования в 30 мм/с (в размерности виброскорости) уже являются недопустимыми. По этой причине большинство виброметров рассчитаны на измерение вибрации до 100 мм/м. Если же виброметр будет иметь возможность измерения вибрации больших амплитуд (для этого используются специальные приборы, в названии которых есть упоминание о возможности измерения ударов), то в таких приборах будет иметь место снижение точности измерения в значимом диапазоне амплитуд.

- Точность измерения вибрации. Из-за наличия большого количества особенностей измерения вибрации роторного оборудования допустимая погрешность виброметров обычно находится в диапазоне $\pm 10\%$. В большинстве случаев это приемлемо для практических измерений и для оценки технического состояния. Заявляемая некоторыми производителями низкая погрешность измерения, например, 1% и даже лучше, если и достижима на практике, то только за счет неоправданно высокой сложности и стоимости измерительного прибора. Обычно же это просто маркетинговый ход, например, приводится погрешность только канала измерения вибрации, без учета погрешности датчика, а это не реальный режим работы виброметра.

Как обычно, пользователю всегда хочется выбрать измерительный прибор, который будет иметь лучшие значения как в каждом контролируемом параметре, а также иметь приемлемую стоимость. Но надо хорошо понимать, что каждый дополнительный процент точности, каждый дополнительный контролируемый и нормированный параметр всегда повышает стоимость измерительного оборудования. Еще раз спросите себя, а нужна ли будет Вам эта высокая точность измерения, так ли стабильны вибрационные параметры оборудования? А будет ли это экономически эффективным?

Здесь к месту вспомнить известное классическое заявление производителей продукции: «Мы делаем свою продукцию быстро, дешево и хорошо. Выберите две позиции, подходящие Вам».

Наиболее важные выводы из этого: хороший виброметр никогда не будет дешевым. Есть и другая сторона этой «тройной медали»: дороговизна не всегда является гарантией совершенства свойств и надежности работы виброметра.

2.2. Дополнительные функции виброметров

Чаще всего виброметры приобретаются для контроля технического состояния различного вращающегося оборудования, иногда в литературе называемого динамическим. Для контроля технического состояния статического оборудования и различных конструкций классические виброметры используются крайне редко.

Причин этому несколько, но основными являются: сравнительно низкочастотные колебания массивных конструкций (единицы и доли герц), и необходимость контролировать вибрации конструкции в размерности перемещения. Получение сигналов перемещения в виброметрах с датчиком-акселерометром затруднено из-за возникающих при преобразованиях исходного сигнала значительных низкочастотных шумах.

При контроле вибрационных параметров вращающегося оборудования, имеющем целью проведение общей оценки технического состояния, практически удобно, когда при помощи виброметра оперативно решаются и дополнительные диагностические задачи.

Наиболее часто ремонт роторного оборудования производится с целью замены опорных подшипников роторов механизмов. Это происходит по причине того, что подшипники качения сравнительно быстро выходят из строя, а появление в них дефектов легко выявляется по вибрационным параметрам.

Оценка технического состояния подшипников качения по параметрам вибрации в виброметрах может проводиться несколькими методами, рассматривать и сравнивать которые здесь мы не будем. Важно, чтобы это было

реализовано в виброметре в автоматическом режиме и было наглядно отображено для пользователя на экране прибора.

Специалисты по вибрационной диагностике иногда говорят, что функция диагностики подшипников качения в виброметрах является ущербной, так как она не учитывает тип подшипника, его конструкцию, частоту вращения и т.д. С точки зрения анализа высоких материй и точных диагностических заключений это правильно. С точки зрения практической диагностики если при помощи виброметра удастся не только определить превышение допустимого уровня вибрации, но и сказать, что это обусловлено (какими-то) дефектами опорных подшипников, то более полного диагностического заключения службе эксплуатации уже не нужно. Дефектный подшипник массового оборудования не будет ремонтироваться, его просто заменят.

Некоторые марки виброметров, доступных на нашем рынке, дополнительно оснащены встроенными пирометрами – датчиками, предназначенными для дистанционного измерения температуры корпусов подшипников и других элементов оборудования. Эта диагностическая функция виброметров в ряде случаев тоже полезна для практического использования.

В последнее время на рынке появились приборы, которые производителями называются виброметрами, но которые позволяют [балансировать ротора механизмов в собственных опорах](#). Теоретически в виброметре достаточно сложно реализовать функцию балансировки, для этого обычно используются анализаторы вибрации. На самом деле в этом случае речь идет о виброметрах с функциями анализаторов вибрации, или говоря иначе, о простейших анализаторах вибрации с функцией виброметра. Рассматривать такие приборы здесь мы не будем, это в большей степени анализаторы вибрационных сигналов, чем виброметры.

2.3. Требования к хранению и к передаче информации

Классический виброметр был предназначен и сейчас используется только для текущего измерения и визуализации параметров вибрационного сигнала.

В последнее время возник целый класс виброметров, которые не только могут измерять параметры вибрационного сигнала, но и сохранять их в своей архивной памяти для дополнительного анализа, а в дальнейшем передать их в базу данных, установленную на персональном компьютере. Такие приборы используются в системах управления эксплуатацией оборудования, они более сложны и дороги.

Самыми современными и многофункциональными являются виброметры, которые не имеют архивной памяти, но могут передавать информацию по телефонным каналам связи на центральный компьютер, используя беспроводной интерфейс связи Bluetooth и стандартный смартфон. Такие виброметры сочетают простоту измерения с удобством использования в системах оперативного управления эксплуатацией роторного оборудования.

2.4. Требования к метрологическому обеспечению

Если виброметр будет использоваться в системах оценки технического состояния динамического и статического оборудования промышленных предприятий, то он однозначно должен быть включен в реестр средств измерения РФ и метрологически поверен. При невыполнении этого условия измерения вибрации оборудования будут считаться некорректными.

Если же измерения вибрации оборудования при помощи виброметра предполагается производить в каких-либо других целях, бытовых или иных, не связанных с безопасностью и безаварийностью работы оборудования, то необходимость сертификации и метрологической поверки используемых виброметров определяется пользователем.

3. Требования к конструкции приборов

Конструкция виброметра должна быть удобна в работе, а сам прибор должен служить пользователю долго и надежно в течение многих лет.

Основные требования к конструкции такого виброметра можно кратко сформулировать в виде следующих тезисов:

- Корпус виброметра должен быть прочным и эргономичным, будь он пластиковым или металлическим. Удобно, когда на нем предусмотрен дополнительный ремешок для переноски и страховочного крепления на руке.
- В корпусе виброметра не должно быть незащищенных отверстий и технологических щелей, в которые может попадать влага и технологическая грязь. Все используемые соединительные разъемы должны быть защищенного исполнения.
- Корпус прибора и внешние датчики вибрации должны выдерживать удары при падении, которые неизбежны в течение длительного срока эксплуатации виброметра.
- Недопустимо, когда соединительный кабель просто выходит из корпуса прибора или датчика, для этих целей необходимо использовать быстросъемные разъемы на корпусе виброметра и на датчике. Если же сигнальный кабель просто выходит из корпуса прибора или датчика, то со 100% вероятностью он выйдет из строя в ближайшее время.
- Сами соединительные кабели являются узким местом для любого переносного прибора. В нашей практике 80% ремонтов виброметров связаны с ремонтом кабелей или разъемов. По этой причине в приборах своего производства мы преимущественно используем сигнальные кабели с промышленной разделкой и герметизацией в разъемах.
- Для зарядки встроенного аккумулятора виброметра лучше использовать беспроводные зарядные устройства от обычных смартфонов. Использование вместо аккумуляторов сменных батарей очень неудобно и дорого (!) в эксплуатации.
- Для хранения и переноски полного комплекта виброметра должна использоваться специализированная сумка или транспортный кейс.

4. Экономические аспекты покупки виброметров

4.1. Цена покупки и полная цена владения прибором

Первичные затраты на покупку виброметра являются только началом, реально стоимость владения виброметром включает в себя несколько дополнительных позиций затрат:

- Затраты на подготовку, начальную и на периодическую аттестацию персонала, который будет работать с виброметрами.
- Все приборы вибрационного контроля необходимо периодически метрологически поверять, что также не является дешевой процедурой. Не исключено, что приборы придется ремонтировать и заменять соединительные кабели.
- В идеале на предприятии должен быть отдельный компьютер со специализированной базой данных хранения и анализа вибрационной информации. Хранение данных тоже стоит денег.

Суммарно все эти затраты, включая цену прибора, являются стоимостью владения прибором. Реально текущие затраты соизмеримы, а чаще всего превышают стоимость покупаемого виброметра.

4.2. Возможный экономический эффект от внедрения виброметров

Надо быть большим оптимистом и обладать достаточно большой фантазией, чтобы как-нибудь логически правильно рассчитать экономический эффект от внедрения на предприятии виброметров. Это не говорит о том, что эффекта от внедрения виброметров не будет, реально он будет, но непонятно то, как его оценить количественно.

В классическом понимании экономический эффект равен разности затрат и полученной выгоды. Если с затратами на внедрение службы вибрационной диагностики все более или менее ясно, то как можно оценить полученную выгоду? Как оценить экономический эффект от того, что ремонт насоса или вентилятора выполнен в оптимальные сроки и в необходимом объеме?

Основная цель внедрения виброметров для контроля технического состояния роторного оборудования предприятия состоит в повышении технической культуры и эффективного управления эксплуатацией. Внедрение диагностических средств не является прямым средством для уменьшения количества аварийных режимов оборудования.

Можно вспомнить классическое определение назначения систем мониторинга и диагностики: «они предназначены для того, чтобы сделать непредсказуемые аварии предсказуемыми». Только управляющие воздействия эксплуатационного персонала и вовремя спланированные и выполненные ремонтные работы повышают надежность и экономическую эффективность работы технологического оборудования.

При помощи диагностического прибора, в данном случае виброметра, можно только выявить признаки ухудшения технического состояния оборудования и информировать об этом соответствующий персонал. Уменьшение количества аварийных остановов оборудования может обеспечить только грамотное использование этой информации сотрудниками, которые принимают решения.

5. Обзор параметров виброметров, производимых компанией Вибро-Центр

Краткое описание функций и особенностей применения пяти типов виброметров, серийно производимых компанией Вибро-Центр, приведено в таблице. Дополнительные столбцы таблицы показывают, для какого персонала предназначены эти виброметры.

	Подготовка пользователей			
	Персонал без подготовки	Начальная подготовка	Ремонтные службы	Служба диагностики
Виброметр K-1 – простой виброметр с внешним датчиком, предназначен для использования оперативным персоналом, измерение СКЗ виброскорости, есть версия IEx. Недорогой и удобный в использовании виброметр.	+	+		
Vibro Vision – виброметр со встроенным в корпус датчиком вибрации, диагностика подшипников качения, есть версия IEx. Возможно подключение внешнего датчика вибрации.	+	+	+	
ViB-1 – современный бюджетный виброметр со встроенным датчиком, без экрана, работающий со смартфоном. Встроенная оценка технического состояния подшипников качения.	+	+	+	
ViPen – виброметр-виброручка, встроенный датчик, контроль подшипников качения, измерение температуры, есть версия IEx. Предназначен для систем управления эксплуатацией и ремонтами оборудования.	+	+	+	+
ДПК-Вибро – виброметр со встроенным датчиком, простой анализатор вибрационных сигналов. Есть версия прибора, предназначенная для контроля ускорения кабин лифтов.			+	+
ViPen-2 – виброручка, сборщик вибрационных сигналов, встроенный датчик, расширенный частотный диапазон, без экрана, работает со смартфоном. Пирометр для измерения температуры, контроль подшипников качения, есть версия IEx. По встроенным функциям он соответствует анализаторам вибрационных сигналов.			+	+

В таблице все приборы (которые мы относим к классу виброметров) ранжированы в порядке возрастания эксплуатационных свойств и диагностических функций. Самыми простыми и доступными для неподготовленных пользователей являются приборы Виброметр-К1 и ViB-1. Максимальную диагностическую эффективность имеет наиболее сложный прибор-сборщик вибрационных сигналов марки ViPen-2.

6. Рекомендации по применению виброметров компании Вибро-Центр

Ниже приведена попытка систематизировать область применения виброметров компании Вибро-Центр для вращающегося оборудования промышленных предприятий.

Для удобства анализа приборы в каждой таблице приведены в порядке возрастания их функциональных возможностей. Если виброметр может быть использован в нескольких целях, он повторяется в нескольких разделах.

6.1. Эксплуатационный персонал, не имеющий специальной подготовки

Виброметры, которые может эффективно использовать эксплуатационный персонал, не имеющий специальной подготовки. Как уже указывалось выше, это может быть дежурный и оперативный персонал, а также технические обходчики оборудования.

Для использования в этих целях предназначены только самые функционально простые (и дешевые?) виброметры производства компании Вибро-Центр.

№	Виброметр	Назначение
1	Виброметр-К1	Измерение вибрационных параметров. Применим для небольшого количества контролируемого роторного оборудования.
2	Vibro Vision	Измерение вибрационных параметров и оперативная оценка технического состояния подшипников качения. Применим при небольшом количестве контролируемых агрегатов.
3	ViB-1	Измерение вибрационных параметров и оценка технического состояния подшипников качения, прибор работает со смартфоном и более сложен для персонала.

6.2. Эксплуатационный и надзорный персонал с начальной диагностической подготовкой

В этом разделе приведены виброметры, которые может использовать специализированный персонал, имеющий начальную диагностическую подготовку. По своим должностным инструкциям этот персонал так или иначе связан с контролем технического состояния роторного оборудования, или же в круг должностных обязанностей этого персонала входит сбор информации для системы управления эксплуатацией оборудования.

№	Виброметр	Назначение
1	Vibro Vision	Измерение вибрационных параметров и оценка технического состояния подшипников качения. Для оперативного применения при небольшом количестве оборудования.
2	ViB-1	Измерение вибрационных параметров и оценка технического состояния подшипников качения, прибор работает со смартфоном. Возможна передача информации по телефонным каналам связи.
3	ViPen	Измерение вибрационных параметров, оценка технического состояния подшипников качения, контроль температурных режимов при помощи встроенного пирометра. Удобен для использования в системах управления эксплуатацией и ремонтами роторного оборудования.

6.3. Сотрудники ремонтных и сервисных служб

В этом разделе приведены виброметры, которые может использовать специализированный персонал, имеющий начальную диагностическую подготовку и по роду своей деятельности связанный с проведением ремонтных и сервисных работ. При помощи виброметров этот персонал должен оценивать техническое состояние и выявлять дефекты в контролируемом оборудовании.

№	Виброметр	Назначение
1	ViPen	Измерение вибрационных параметров небольшого количества контролируемого роторного оборудования.
2	ДПК-Вибро	Измерение вибрационных параметров и оценка технического состояния подшипников качения.
3	ViPen-2	Измерение вибрационных параметров и оценка технического состояния подшипников качения, контроль температуры при помощи встроенного пирометра. Сборщик вибрационных сигналов. Прибор работает со смартфоном.

6.4. Работники служб вибрационного контроля и диагностики

Здесь подразумевается использование виброметров в качестве вспомогательных приборов для специалистов служб вибрационной диагностики, имеющих специальную подготовку.

№	Виброметр	Назначение
1	ViPen	Измерение вибрационных параметров небольшого количества контролируемого роторного оборудования.
2	ДПК-Вибро	Измерение вибрационных параметров и оценка технического состояния подшипников качения. Контроль ускорения кабин лифтов.
3	ViPen-2	Измерение вибрационных параметров и оценка технического состояния подшипников качения, прибор работает со смартфоном.

В заключение

Никакой обзор не может быть полным, никакие рекомендации не являются исчерпывающими и бесспорными, все зависит от уровня Ваших знаний, имеющегося практического опыта, сложности и глубины понимания стоящей перед Вами технологической задачи.

Если приведенная выше информация, или даже маленькая часть ее, будет хоть немного полезна будущему пользователю при выборе необходимого ему виброметра, то автор будет считать, что он не зря потратил время на написание этого обзора.