

Опережая
лучших

Поверка и калибровка акселерометров, датчиков скорости и перемещения, виброметров

BC-421

Установка
вибрационная
измерительная



- Высокая точность измерений
- Эталон первого или второго разряда
- Широкий диапазон рабочих частот
- Минимальное время поверки и калибровки
- Инновационные методы измерений
- Соответствие российским и зарубежным стандартам
- Автоматическая генерация отчетов
- Идеально подходит для центров метрологии и исследовательских лабораторий

www.visom.ru

ВИСОМ
214013, г. Смоленск, ул. Воробьева, 13.
Тел./факс: (4812) 61-80-76
E-mail: contact@visom.ru


ВИСОМ
ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНОЕ
ПРЕДПРИЯТИЕ

Автоматизация аттестации вибрационных установок с помощью программного комплекса VisProbe SL



В статье описаны современные методики проведения аттестации вибрационных установок с использованием передовых технических и программных решений компании «Висом». Предложенные решения позволяют ускорить аттестацию и исключить влияние человеческого и других факторов.

Группа компаний «Висом», г. Смоленск

Любое испытательное оборудование, в том числе вибрационные установки и ударные стенды, требует проверки на соответствие характеристик требованиям нормативной документации. Многие предприятия с помощью устаревшего оборудования проводят эти операции в ручном режиме, что приводит к огромным временным и финансовым затратам. Также возникает риск появления ошибок из-за «человеческого фактора», так как в отличие от автоматического режима измерений при ручном режиме есть вероятность ошибки и существуют ограничения на количество проводимых сотрудником измерений.

Аттестация приборов — это ответственная операция, и допущенные на этом этапе ошибки могут привести к выходу из строя оборудования, несоответствию заявленным характеристикам и срыву заказов. Для недопущения подобных ситуаций компанией «Висом» создано передовое оборудование и программное обеспечение, позволяющее проводить процедуры аттестации в автоматическом режиме.

Введем ряд основных понятий, применяющихся при аттестации виброустановок:

- ▶ аттестуемая вибрационная установка — совокупность функционально объединенных блоков:
 - вибростенда;
 - средств заданий, управления, усиления, измерения и контроля;
 - вспомогательных устройств, которые совместно должны обеспечивать воспроизведение вибрации с нормированными характеристиками с испытательными, поверочными или другими целями;
- ▶ аттестуемая система управления вибрацией — система, входящая в состав аттестуемой вибрационной установки и осуществляющая задание ре-

- жима работы, управление, усиление, измерения и контроль работы вибростенда;
- ▶ аттестующая система управления вибрацией — система, подключенная параллельно управляющей системе и проводящая измерения и вычисле-

Таблица 1. Характеристики, проверяемые при аттестации¹

| п/п | п. ТЗ | Вибрационные установки | Первичная | Периодическая |
|-----|-------|---|-----------|---------------|
| 1 | 4.2 | Внешний осмотр | Да | Да |
| 2 | 4.3 | Проверка выполнения требований безопасности | Да | Да |
| 3 | 4.4 | Опробование | Да | Да |
| 4 | 4.5 | Определение нестабильности виброускорения и частоты | Да | Да |
| 5 | 4.6 | Определение диапазонов ускорения, виброперемещения и частоты | Да | Да |
| 6 | 4.7 | Определение коэффициентов гармоник (КГ) ускорения и/или перемещения | Да | Да |
| 7 | 4.8 | Определение коэффициентов поперечных (КП) составляющих | Да | Да |
| 8 | 4.9 | Определение коэффициента неравномерности (КН) распределения | Да | Нет |
| 9 | 4.10 | Определение резонансной частоты подвески и первой резонансной частоты подвижной системы | Да | Нет |
| 10 | 4.11 | Определение индукции магнитного поля рассеяния над столом вибростенда | Да | Нет |
| 11 | 4.12 | Определение вибрационного шума на столе вибростенда | Да | Да |
| 12 | 4.13 | Определение изменения температуры стола вибростенда | Да | Нет |
| 13 | 4.14 | Определение пределов погрешности поддержания ускорения и/или перемещения в контрольной точке | Да | Да |
| 14 | 4.15 | Определение пределов погрешностей воспроизведения ускорения и перемещения в контрольной точке | Да | Да |
| 15 | 4.16 | Проверка функционирования установки в условиях нагрузки, приложенной по линии, перпендикулярной к рабочей оси вибростенда | Да | Да |
| 16 | 4.17 | Проверка функционирования установки в условиях ее нагружения допустимым моментом от эксцентриситета нагрузки | Да | Нет |
| 17 | 4.18 | Определение предела погрешности воспроизведения (установки) частоты | Да | Да |

¹ Красным — характеристики, контролируемые без аттестующей СУВ;
 желтым — характеристики, контролируемые СУВ, но требующие обработки;
 зеленым — характеристики, результаты измерения которых выводит СУВ.

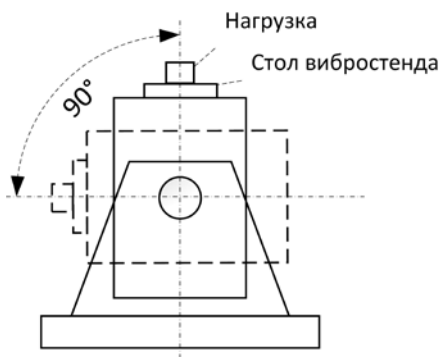


Рис. 1. Поворот вибростенда

ния параметров вибростенда и управляющей системы.

Оборудование и программное обеспечение компании «Висом» позволяет осуществлять процедуру первичной и периодической аттестации вибрационных установок в соответствии с ГОСТ Р 8.568-2017 и ГОСТ 25051.3-83. В табл. 1 приведены характеристики виброустановок, требующие контроля при первичной и периодической аттестации.

Из таблицы видим, что ряд параметров, требующих проверки в рамках первичной/периодической аттестации, проверяется без участия аттестующей СУВ, например измерение температуры проводится термометром, а индукция магнитного поля – с помощью специального прибора – измерителя магнитной индукции, или милливерметра.

Осмотр и проверка безопасности описаны в ГОСТ 25051.3-83, при этом проверяется отсутствие механических повреждений и соответствие установки требованиям безопасности согласно нормативным документам и требованиям к вибрационной установке.

Первый запуск системы осуществляется при опробовании, во время которого система запускается и проверяется ее работоспособность. При пробном пуске не требуется запуск на предельных значениях, поэтому рекомендуется произвести пуск на частотах из среднего частотного диапазона или на базовой частоте и с амплитудой, не превышающей 50% от номинальной.

Аналогично осуществляется проверка функционирования установки в условиях нагрузки, приложенной по линии, перпендикулярной к рабочей оси вибростенда. Для этого вибростенд переводится в горизонтальное положение

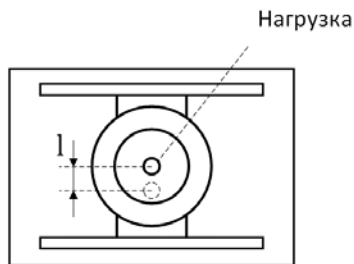


Рис. 2. Смещенная нагрузка

ние (рис. 1) и на него устанавливается нагрузка, равная четверти номинальной нагрузки ($0,25m_{ном}$). Если стенд предназначен для воспроизведения горизонтальных вибраций, то он переводится в вертикальное положение. Осуществляется запуск с помощью штатной аттестуемой СУВ и фиксируется работоспособность вибрационной установки.

Проверка функционирования установки в условиях ее нагружения допустимым моментом от эксцентриситета нагрузки также осуществляется с $1/4$ от номинальной нагрузки, параллельна рабочей оси вибростенда и смещена относительно нее на расстояние (рис. 2), вычисляемое по формуле:

$$l = \frac{M}{P}, \text{ где}$$

M – наибольший допустимый момент от эксцентриситета нагрузки, Н·м;

P – вес эквивалента нагрузки, Н.

Так, например, для вибрационной установки, используемой далее в ходе примера аттестации:

$$l = \frac{M}{0,25m_{ном}a} = \frac{120}{0,25 \cdot 16 \cdot 200} = 0,15 \text{ (м)}.$$

Вибростенд имеет следующие характеристики: масса номинальной нагрузки – 16 кг, максимальное ускорение – 200 м/с^2 . Это означает, что для проверки необходимо установить нагрузку массой 4 кг на расстоянии 15 см от центра стола и запустить вибрационную установку. Если запуск произошел без ошибок, то считается, что этот пункт требований выполнен.

Обратите внимание, что в соответствии с ГОСТ ряд характеристик исследуется при разных значениях нагрузки, например, коэффициент неравномерности проверяется без нагрузки и с номинальной нагрузкой,

устанавливаемыми поочередно на вибростенд. Оценка параметров проводится по максимальному значению коэффициента, а к отчету прикладывается полный перечень коэффициентов на разных частотах. При ручной проверке это накладывает дополнительные обязанности по анализу данных на сотрудника, проводящего аттестацию.

Рассмотрим аттестацию вибрационной установки с помощью оборудования компании «Висом» и программного комплекса VisProbe SL.



Аттестация вибрационных установок

В качестве примера рассмотрим процедуру аттестации вибрационной установки. Аттестация начинается с запуска программного модуля в VisProbe SL «Аттестация стендов» на аттестующей СУВ.



В примере в роли аттестующей СУВ использовалась ВС-407, на аттестуемой виброустановке установлена система ВС-207.

Для ускорения процедуры аттестации применена схема с полным комплектом датчиков (рис. 3, 4). Для этого в контрольной точке расположен трехосевой датчик, позволяющий измерять КП, КГ, ускорение, частоту и другие параметры; также на столе закреплено три дополнительных датчика для измерения КН и задействован дополнительный канал для контроля цепи управления вибростендом (рис. 5). В итоге для аттестации задействовано 7 входных каналов аттестующей СУВ.

Подобная схема позволяет проводить измерения всех параметров за минимальное число запусков системы и максимально сэкономить ресурсы предприятия. Также исключаются ошибки при смене схемы крепления

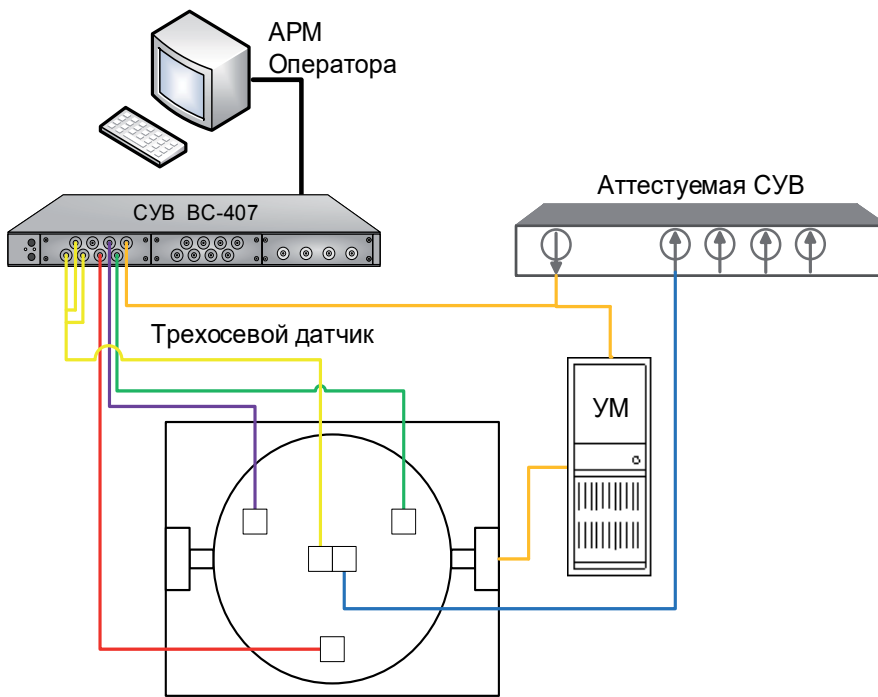


Рис. 3. Схема аттестации

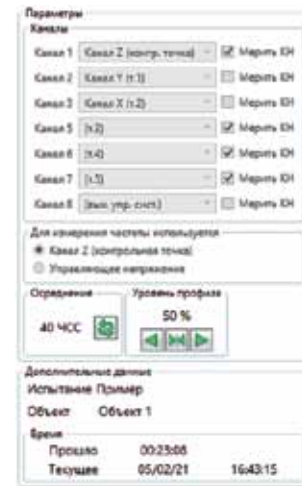


Рис. 5. Параметры каналов

Далее по порядку рассмотрим пункты аттестации и действия, необходимые для их измерения.

Сначала в качестве примера обсудим измерение нестабильности частоты и ускорения. Проанализируем данные, полученные от датчика, находящегося в контрольной точке. Для этого из графиков «ускорение от времени» и «частота от времени» возьмем данные с действительными значениями и с помощью программы для обработки вычислим нестабильность по формуле:

$$\varphi = \max \frac{|a_t - a_3|}{a_3} \cdot 100\%, \text{ где}$$

a_t – текущее значение ускорения/частоты;
 a_3 – действующее значение ускорения частоты.

Измерения проводились на частоте 400 Гц.

Для подтверждения высоких эксплуатационных характеристик аттестуемой системы управления BC-207 на протяжении 24 часов с помощью системы BC-407 производилась запись частоты и амплитуды вибрации

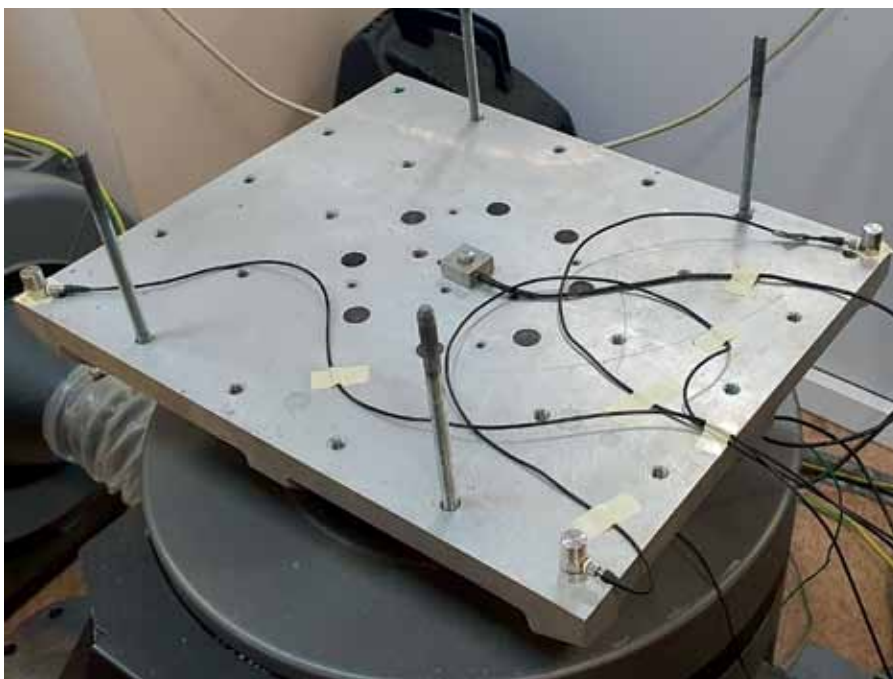


Рис. 4. Вибрационная установка

датчиков и фиксации промежуточных результатов.

Стабильность современных СУВ позволяет пропустить этап измерения нестабильности поддержания частоты и ускорения, так как у цифровых систем с обратной связью эти параметры имеют высокую точность и не зависят от времени работы и внешних условий. В ходе аттестации показано, что нестабильность на базовой частоте для системы BC-207 в ходе проверки не превысила 0,002 %.

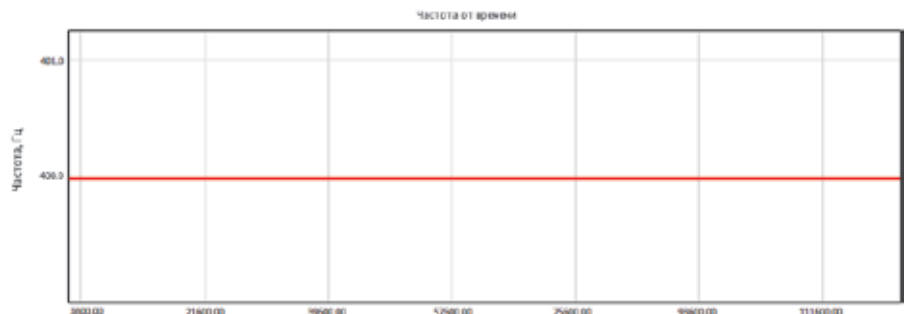


Рис. 6. График зависимости частоты от времени на базовой частоте



Рис. 7. Режим измерений

(рис. 6). Был произведен анализ полученных данных и получен результат по нестабильности ускорения и частоты. Полученная нестабильность составила всего 0,002% на протяжении всего времени работы.

Измерение диапазонов ускорения, перемещения и частоты производится в автоматизированном режиме. Выводятся графики «Ускорение от времени», «Перемещение от времени» и «Частота от времени», отмечены граничные значения. Аттестуемая СУВ в ходе проверки запускалась с профилем, содержащим граничные

Измеренные коэффициенты

| Частота, Гц | Измеренная частота, Гц | Амплитуда, g | КСЗ, g | КГ, % | КН, % | КП, % |
|-------------|------------------------|--------------|--------|--------|---------|--------|
| 16,0000 | 15,9998 | 6,4541 | 4,5681 | 3,4169 | 4,3526 | 5,0914 |
| 20,0000 | 19,9997 | 7,0145 | 4,9625 | 2,1968 | 4,3178 | 4,3702 |
| 25,0000 | 24,9996 | 7,0131 | 4,9533 | 3,1330 | 5,2061 | 4,3773 |
| 31,5000 | 31,4993 | 7,0031 | 4,9362 | 1,2602 | 5,3566 | 4,4955 |
| 40,0000 | 39,9996 | 7,0075 | 4,9569 | 0,6558 | 5,3675 | 4,4238 |
| 50,0000 | 49,9996 | 7,0422 | 4,9773 | 1,7019 | 4,8510 | 4,4988 |
| 63,0000 | 63,0021 | 7,0052 | 4,9569 | 1,0313 | 5,5283 | 4,4757 |
| 80,0000 | 79,9987 | 7,0040 | 4,9545 | 1,2863 | 5,6432 | 4,5197 |
| 100,0000 | 100,0020 | 7,0036 | 4,9514 | 0,3586 | 5,6840 | 5,4388 |
| 125,0000 | 125,0090 | 7,0203 | 4,9435 | 1,1159 | 5,8118 | 4,4139 |
| 160,0000 | 159,9960 | 6,9966 | 4,9481 | 0,4777 | 7,1045 | 4,4642 |
| 200,0000 | 199,9990 | 6,9861 | 4,9378 | 0,3162 | 8,3095 | 4,4491 |
| 250,0000 | 249,9950 | 7,0253 | 4,9668 | 0,3373 | 7,9435 | 4,6484 |
| 315,0000 | 315,0050 | 6,9649 | 4,9246 | 1,1479 | 10,1653 | 4,6175 |
| 400,0000 | 399,9980 | 6,9422 | 4,9104 | 0,7207 | 11,6818 | 4,4288 |
| 500,0000 | 499,9940 | 6,8978 | 4,8917 | 3,3401 | 14,6232 | 4,6801 |
| 630,0000 | 629,9980 | 6,8336 | 4,8305 | 5,9355 | 19,3097 | 4,4255 |
| 800,0000 | 799,9910 | 6,7778 | 4,7976 | 3,8405 | 29,0300 | 4,3593 |

Рис. 8. Таблица измеренных коэффициентов

измерений» (рис. 7) выбрать частоту и массу нагрузки, для которых производится измерение, и нажать кнопку «Измерить». В режиме «Максимум» можно измерять КН, если имеется только один датчик, и, меняя его положение на столе, последовательно измерять КН в каждой точке. Результатом работы в этом режиме является таблица со значениями КГ, КП и КН для всего диапазона частот (рис. 8).

Для поиска резонансов используется метод контроля канала управления аттестуемой СУВ во всем диапазоне частот. При проходе по рабочему диапазону частот на АЧХ будут видны все резонансные частоты (рис. 9). И с помощью специального инструмента на графике расставляются мар-

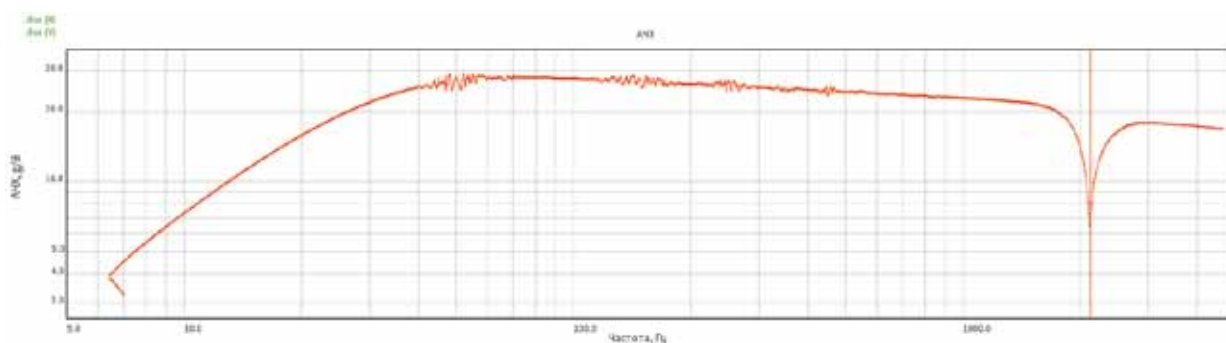


Рис. 9. Поиск резонансов

значения параметров. На графиках отображаются действующие значения в процессе работы по профилю, а также максимальное и минимальное значения.

Определение КГ, КП и КН осуществляется в полуавтоматическом или автоматическом режимах. В полуавтоматическом режиме необходимо после настройки аттестуемой СУВ на заданные параметры в окне «Режим

меры на резонансных частотах и фиксируются значения частоты.

Для определения вибрационного шума на столе достаточно при выключенном сигнале возбуждения на аттестуемой СУВ вывести значение ускорения. Отображаемое значение и будет среднеквадратическим значением вибрационного шума.

Перспективным и передовым направлением в аттестации является

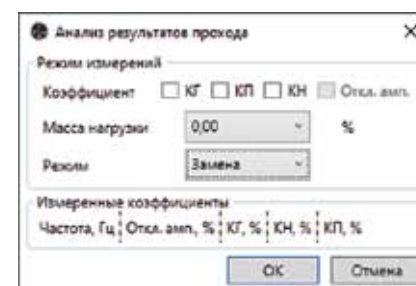


Рис. 10. Анализ прохода

полная автоматизация процесса. Компания «Висом» предлагает реализацию такой функциональности. Для этого в ПО VisProbe SL реализована функция «анализ прохода» (рис. 10). Пользователю достаточно запустить аттестуемую СУВ для автоматического прохода во всем диапазоне частот и на аттестующей системе компании «Висом» начать процедуру аттестации. Система автоматически осуществит запись и анализ всех параметров вибрационной установки на проходе. Достаточно будет выполнить три прохода с разными нагрузками для измерения всех основных параметров вибрационной установки.

При применении таких технологий для контроля параметров аттестуемой вибрационной установки требуется минимальное вмешательство оператора. Предлагаемое компанией «Висом» оборудование и алгоритмы позволяют существенно снизить время аттестации и исключить ошибки.

Благодаря этому вы можете быть уверены в непрерывности производственного цикла и своевременном выполнении своих контрактов.

Д. Ю. Попков, начальник учебного центра, группа компаний «Висом», г. Смоленск, тел.: +7 (4812) 61-8076, e-mail: contact@visom.ru, сайт: visom.ru