

Опережая
лучших



Приборостроительное предприятие «Висом» разрабатывает и производит:

- оборудование для проведения вибрационных испытаний;
- системы для аттестации вибрационных установок и ударных стендов;
- системы для поверки и калибровки вибропреобразователей, микрофонов и шумомеров;
- системы регистрации данных;
- анализаторы спектра;
- измерительные приборы.

Вся продукция проходит государственные испытания в ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России и входит в **Государственный реестр Средств Измерений**.

Продукция ПП «Висом» успешно эксплуатируется более чем в пятистах предприятиях России и ближнего зарубежья, специальных конструкторских бюро и научно-исследовательских институтах.

Предприятие располагает квалифицированными кадрами инженеров и техников, имеет собственную производственную базу и полный цикл производства.

www.visom.ru

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


ВИСОМ[®]
ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНОЕ
ПРЕДПРИЯТИЕ

Практические проблемы проведения виброиспытаний и методы их решения



В статье рассматриваются основные практические проблемы, возникающие при проведении виброиспытаний, и пути их решения. Также рассмотрены средства обеспечения безопасности и снижения влияния человеческого фактора при подготовке к проведению испытаний, используемые в программном обеспечении производства компании «Висом».

АО «Висом», г. Смоленск

Современное оборудование для проведения испытаний на вибрационную устойчивость на данный момент позволяет достичь высокой степени автоматизации процесса виброиспытаний, а следовательно, и уменьшить вероятность возникновения ошибок в рабочем процессе.

Однако сложность этого оборудования, его большое количество (усилитель, вибростенд, система управления виброиспытаниями, акселерометр или другой датчик) в любом случае приводит к возникновению нюансов, которые необходимо учитывать для обеспечения корректного проведения испытаний.

К счастью, многие проблемы являются типовыми и можно предупредить их возникновение или оперативно решить. В статье говорится об основных проблемах при проведении виброиспытаний, методах их решения и способах избежать их появления. Сразу хотелось бы сказать, что речь пойдет об исправном оборудовании, не имеющем проблем, связанных с поломками, и не требующем ремонта.

Одна из главных проблем выявляется еще до начала виброиспытаний: встает вопрос, как правильно подобрать оборудование под задачи. Более того, оборудование необходимо подобрать не только исходя из «голых» тех-

нических характеристик, но и с расчетом на длительное и беспроблемное использование. То есть вибростенд должен отработать весь рассчитанный ресурс и не выйти из строя раньше, чем необходимо будет провести плановое обслуживание или ремонт. Каждый вибростенд имеет свои сроки проведения планового технического обслуживания. Зачастую оно сводится к замене небольших узлов, наиболее подверженных износу. При использовании вибростенда в тяжелых условиях (например, испытания на грани максимальных возможностей вибростенда, длительные испытания на одной частоте синуса или длительные ударные испытания) данные сроки уменьшаются.

Но обо всем по порядку. Сначала необходимо определиться с основными характеристиками вибростенда:

- ускорение, скорость и перемещение;
- вынуждающая сила;
- масса объекта;
- частотный диапазон;
- частота собственного резонанса.

В первую очередь необходимо обратить внимание на то, что в большинстве случаев эффективный частотный диапазон и частота собственного резонанса указываются без расширительного стола. Расширительный стол добавит свои резонан-

сы, которые с большой вероятностью будут находиться «внутри» частотного диапазона вибростенда.

Также нужно обратить внимание на то, что максимальные значения ускорения, скорости и перемещения указаны не для максимальной массы объекта. Определить максимальную массу на необходимом уровне ускорения можно только, учитывая значения вынуждающего воздействия. При подборе вибростенда необходимо закладывать запас по нагружению (ускорение, скорость, перемещение, вынуждающая сила) в 20–25% от его максимальных возможностей. Работа вибростенда на пределе возможностей сильно сокращает срок его службы.

Вторая, но не менее острая проблема состоит в отработке или устранении резонансов, которые мешают проведению испытаний, приводят к аварийным остановкам и лишним перегрузкам на объекте испытания. Методы борьбы с резонансами можно глобально разделить на два типа: программные (алгоритмические) и физические. Сначала по возможности необходимо попытаться применить физические средства борьбы и уже потом переходить к алгоритмическим.

Рассмотрим физические методы. Первый из них — это изменение места установки управляющих датчиков.

Если имеет место резонанс расширительного стола, то следует изменить место крепления датчика (некоторые производители указывают наиболее стабильное место крепления в паспорте вибростенда). Лучшие места крепления – ближе к центру стола и место по паспорту.

Второй метод – изменение способа крепления датчика. На высоких частотах испытания такие крепления, как мастика, шпилька или магнит, могут сами стать источником искажения сигнала. В таком случае лучшим решением будет крепление на алюминиевый скотч и моментный клей на основе цианоакрилата (скотч клеится на датчик и место крепления, на скотч на датчике наносится клей, и затем датчик клеится на место крепления). Далее идет проверка крепежей объекта и оснастки. Нелишним будет проверить болтовые соединения на предмет недокрученных или перетянутых элементов. Также элементы должны быть затянуты с одинаковым усилием.

Если физическими методами снизить влияние резонансов не удалось или удалось не полностью, то можно применить следующие алгоритмические методы.

Ограничения по превышению. Если необходимо контролировать перегрузку на объекте или месте его крепления, то следует установить управляющий датчик на расширительный стол. Датчик в месте контроля назначить измерительным и настроить ограничения по превышению для этого датчика, чтобы отслеживать заданную перегрузку в контрольной точке. В случае приближения к заданным значениям система переключает управление на контрольную точку во избежание перегрузки объекта. Подобным образом можно задать несколько контрольных точек в разных частях объекта испытания и для каждой из них задать свой уровень ограничения.

На приведенном изображении (рис. 1) виден алгоритм работы ограничений по превышению. Канал 1 – управляющий, датчик закреплен на вибростеле. Для канала 2 (отображен синим цветом) указана максимально допустимая амплитуда 2,55 g (курсор 1 указывает уровень ограничения, курсоры 2 и 4 – начало и окончание работы ограничений по превышению). Датчик установлен на объекте.

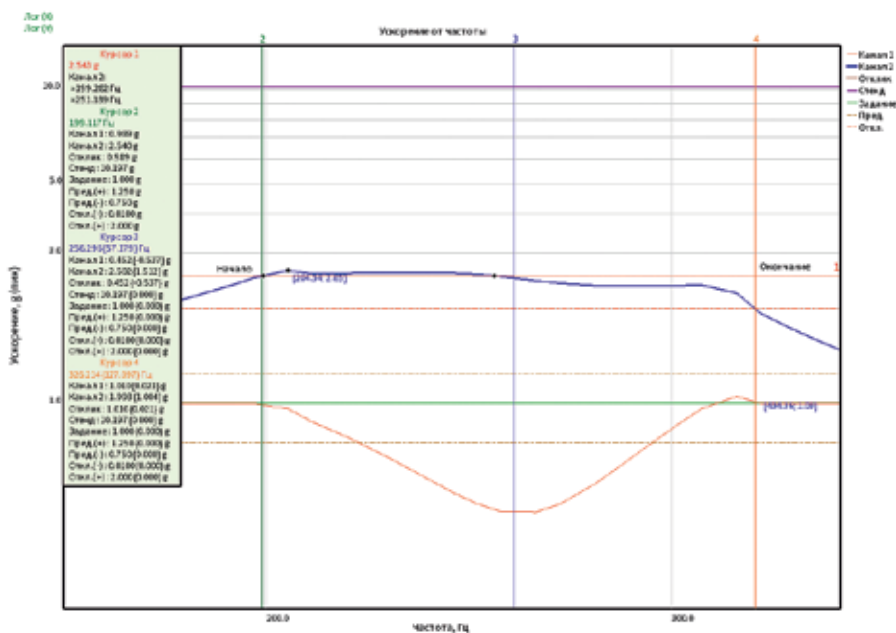


Рис. 1. Ограничения по превышению (резонанс)

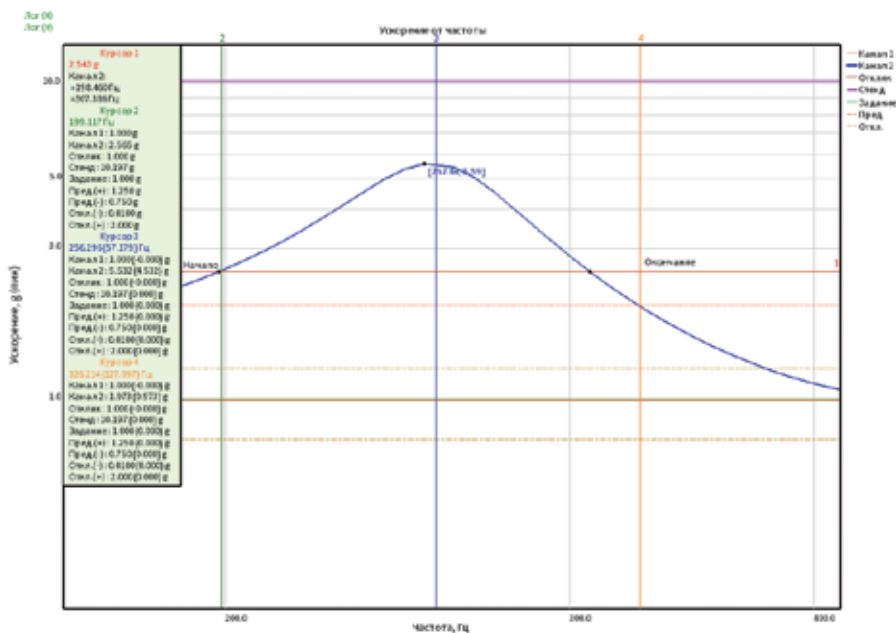


Рис. 2. Резонанс без ограничений по превышению

Как только система регистрирует достижение заданного уровня ограничения, управление автоматически переходит на канал 2 и «сдерживает» резонанс, возникающий на объекте в процессе испытания. Сразу после того как система фиксирует, что резонанс закончен, управление переходит обратно на датчик, закрепленный на вибростеле. На рис. 2 показан результат прохода без использования ограничений по превышению (датчик 2 зафиксировал амплитуду 5,59 g).

В зависимости от типа испытания есть дополнительные рекоменда-

ции, которые позволяют снизить влияние резонансов.

На испытаниях синусом: установить режим управления «Синхронный детектор» (по сути представляет собой «следающий» фильтр, при котором в управлении учитывается только текущая гармоника сигнала). Можно изменить скорость прохода на участке резонанса или расширить область срабатывания аварийного останова, если это допустимо. Также можно уменьшить время выборки данных для управления, таким образом, получается более «частое» управление, что поз-

воляет системе быстрее реагировать на изменение характеристики.

На ШСВ: установить управление только по частотному диапазону профиля и увеличить количество спектральных линий управления.

В случае необходимости проводить испытание в широком частотном диапазоне от низких до средних-высоких частот, например от 1 до 1000 Гц, для обеспечения лучшего управления в низких частотах желательно использовать гибридное управление, которое реализовано в системах управления виброиспытаниями «Висом».

На низких частотах управляет датчик скорости или перемещения. СУВ ВС-301 и ВС-407 позволяют использовать лазерные датчики. На низких частотах значение ускорения может быть крайне мало, что может создать проблемы в управлении при исполь-

зовании акселерометров. Датчики скорости или перемещения обеспечивают более высокий уровень сигнала в низких частотах, а на средних и высоких частотах уже обычный акселерометр будет выдавать более качественный сигнал.

В системах управления виброиспытаниями «Висом» реализован метод «бесшовного» переключения между несколькими типами датчиков прямо во время испытания без пауз или потерь данных. Доступны два варианта работы гибридного управления: выбор максимального сигнала из доступных или переключение строго по заданной частоте. В первом случае для каждого периода управления система выбирает датчик с максимальным значением напряжения на выходе и управляет по нему. Во втором случае после достижения заданной пользователем частоты происходит мгновенное переключе-

ние с управления по скорости или перемещению на управление по ускорению. Таким образом, достигается одинаково высокая точность управления на всем диапазоне частот.

Кроме описанных проблем не стоит забывать, наверное, о самом непредсказуемом факторе при проведении любых испытаний – человеческом. К сожалению, полностью исключить оператора из процесса проведения испытаний невозможно. Однако снизить вероятность возникновения ошибки можно путем внедрения в испытательное оборудование многоступенчатой системы безопасности.

В программном обеспечении VisProbe SL реализованы базы датчиков и вибростендов, которые позволяют один раз занести в них имеющиеся датчики и вибростенды и затем просто выбирать их для конфигурации испытания. Для каждого датчика можно указать дату поверки или сделать заметку. Так минимизируется человеческий фактор и вероятность ошибки при конфигурации испытания.

На рис. 3 приведен интерфейс базы датчиков. Как можно видеть, датчики собраны в удобной таблице с указанием всех необходимых параметров (тип, чувствительность, серийный номер, имя и т.д.). Для каждого датчика можно указать описание. Кроме того, датчики можно отфильтровать по производителю.

Также в ПО VisProbe SL присутствует база вибростендов (рис. 4). Для каждого стенда заносятся основные данные из паспорта (предельные ускорение, скорость, перемещение, частотный диапазон и т.д.). Затем при создании испытания просто указывается используемый вибростенд, и система автоматически проверяет введенный профиль на возможность работы с выбранным вибростендом. Применение данной функциональности позволяет уменьшить вероятность ошибок при конфигурации испытаний и свести риск повреждения оборудования к минимуму.

Перед запуском испытания ПО предлагает еще раз проверить настройки испытания и максимальные значения, достигаемые во время испытания (рис. 5). Кроме того, надо удостовериться, что указанные датчики верно сконфигурированы и соотнесены со входами системы управ-

ID	Имя	Тип	Серийный номер	Чувствительность	Дата поверки	Производитель
1	AP-2027-18	ICP	154	10 мВ/г	10.08.2018	Глобал Тест
2	AP-2027-18	ICP	155	10 мВ/г	10.08.2018	Глобал Тест
3	AP-2027-180	ICP	160	10 мВ/г	10.08.2018	Глобал Тест
4	AP-2027-18-06	ICP	162	10.2 мВ/г	10.08.2018	Глобал Тест
5	AP-2027-18-06	ICP	163	9.8 мВ/г	10.08.2018	Глобал Тест
6	AP-2027-18-02	ICP	162	10 мВ/г	10.08.2018	Глобал Тест
7	358871	ICP	254	50 мВ/г	10.08.2018	PCB
8	358802	ICP	276	20 мВ/г	10.08.2018	PCB
9	810-810	Лазерный	1	100 мВ/г	10.08.2018	Rhine
10	810-810	Лазерный	1	10 мВ/г	10.08.2018	Rhine
11	89905	Лазерный	2647	100 мВ/мм	14.08.2018	Rhine
12	AP-2027-18	ICP	323	8.3 мВ/г	10.08.2018	Глобал Тест
13	Test	Серийный	1	1 мВ/г	10.02.2020	Глобал Тест
14	Test_01	ICP	1	1 мВ/г	10.02.2020	Глобал Тест

Описание
Лазерный датчик для проведения усталостных испытаний. Каждый раз нужно калибровать на низких частотах.

Рис. 3. База датчиков

Настройка стенда

Производитель: Вибротрон [Добавить] [Удалить] [Ссылка производителя]

Модель: BC407 [Изменить название стенда]

Диапазон частот: 5.00 - 3000.00 Гц

Масса, кг: 5.43

Максимальная масса объекта: 100.00 кг

Предельные значения	Синус			ШСВ			Клар		
	Ускорение	Скорость	Перемещение	Ускорение	Скорость	Перемещение	Ускорение	Скорость	Перемещение
Ускорение	80.00 г, rms			80.00 г, СКЗ			80.00 г, rms		
Скорость	1.70 мм/с, rms			1.70 мм/с, СКЗ			1.70 мм/с, rms		
Перемещение	12.50 мм, rms			12.50 мм, СКЗ			12.50 мм, rms		
Безопасная сила	4200.00 Н, rms			2900.00 Н, СКЗ			7100.00 Н, rms		
Максимальное управляющее напряжение	18.00 В, rms			10.00 В, rms			10.00 В, rms		

По умолчанию

[ОК] [Применить] [Отмена]

Рис. 4. База вибростендов

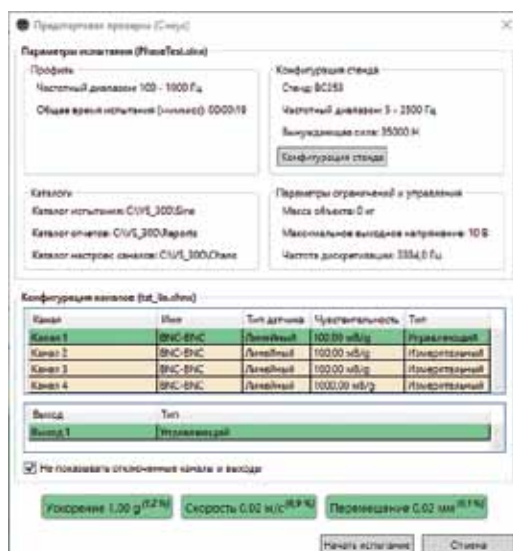


Рис. 5. Предстартовая проверка

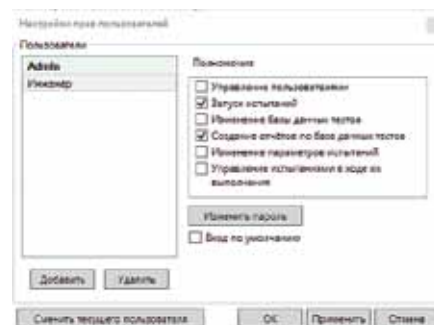


Рис. 6. Права пользователей

ления ВС-301 или ВС-407 и выбран необходимый вибростенд.

Также в системе можно создавать дополнительных пользователей и каждому из них назначать права доступа к испытаниям и работе с СУВ ВС-301 или ВС-407 (рис. 6). Например, на изображении указан пользователь «Инженер», который может только запускать испытания и создавать отчеты, когда они завершатся.

Для каждого пользователя задается пароль для запуска ПО VisProbe SL. По умолчанию в ПО задан профиль администратора с полными правами, без пароля.

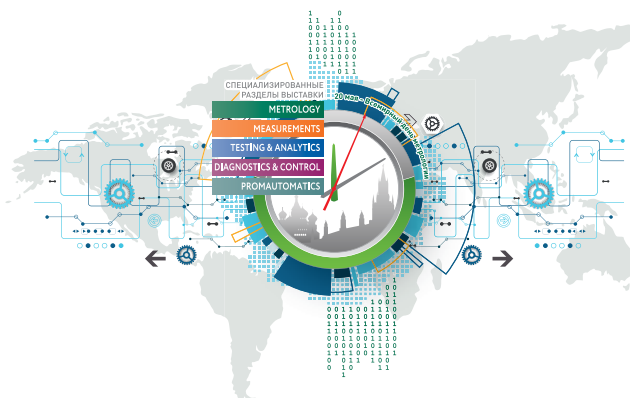
Сочетание перечисленных методов работы с вибрационным оборудованием, использование современных систем управления виброиспытаниями 4-го поколения «Висом», знание особенностей работы с оборудова-

нием и ПО – всё это позволяет избежать большей части типовых проблем, связанных с проведением виброиспытаний, а также повысить качество самих испытаний. Приведенные методы в совокупности с использованием современных систем управления виброиспытаниями ВС-207, ВС-301 и ВС-407 обеспечивают наиболее корректное и бесперебойное проведение испытаний.

А. П. Нестеров,
руководитель учебного центра,
АО «Висом»,
тел.: +7 (4812) 61-8076,
e-mail: contact@visom.ru,
сайт: visom.ru

16-й МОСКОВСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ИННОВАЦИОННЫЙ ФОРУМ И ВЫСТАВКА

**ТОЧНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ –
ОСНОВА КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ**



ОРГАНИЗАТОР:
Выставочная компания «ВЭТСТРОЙ ЭКСПО»
Телефон/Факс: +7 (495) 937-40-23 (многоканальный)
E-mail: metrol@expoprom.ru

MetrolExpo'2020

1–3 декабря
Москва, ВДНХ, пав. 55

Новый гибридный
формат выставки
офлайн + онлайн



www.metrol.expoprom.ru