

# Вибротестер

## как альтернативное решение при экономии бюджета

При оснащении испытательного центра предприятия виброиспытательной техникой обычно приобретаются мощные универсальные электродинамические вибрационные системы, имеющие устройства автоматического регулирования в виде компьютеризированных систем управления. Они сочетают широкий частотный диапазон, достигающий, как правило, 2000 Гц, со способностью формировать различные профили воздействия (синусоидальный, случайный, ударный), проводить поиск резонансов, синтезировать форму отклика на ударное воздействие.

Александр Кисин

aikisin@dipaul.ru

Значителен и диапазон их ускорений — без нагрузки он достигает 100 g и выше. И все бы хорошо, да вот цена огорчает. Даже сравнительно небольшой вибростенд с силой 1–2 кН стоит не менее \$50 000, а с учетом изменения курса запланированные в бюджете рубли тают буквально на глазах... В наступившем периоде финансовой экономии поиск альтернативы дорогому универсальному оборудованию выходит на первый план и становится важной задачей.

Давно существует такой класс оборудования, создающего вибрацию, как электромеханические вибротестеры. Принцип их действия прост. То, что у автомобильного колеса является дефектом и требует устранения, у вибротестера служит для пользы дела. Речь идет о разбалансе вращающегося вала. Разбаланс вызывает синусоидальные колебания оси вала. Необходимо лишь воспользоваться данным эффектом.

Для этого вал с помощью подшипников жестко связывается с горизонтальной плитой (рис. 1), кото-

рая выполняет функцию стола для крепежа испытываемого образца. В то же время посредством пружин вал крепится к неподвижному корпусу. Эксцентрик, закрепленный на валу и вызывающий разбаланс, делается регулируемым (рис. 2), а частотой вращения вала можно управлять через генератор сигналов. В результате получаем вибротестер — недорогой прибор для создания гармонических вибраций.

Главное достоинство вибротестера — его низкая цена, а основной недостаток — узкий частотный диапазон, не превышающий 100 Гц. Другие недостатки тоже известны — большая погрешность установки ускорения, ограниченный диапазон ускорений (до 15 g), неидеальная форма синусоиды. Но, несмотря на это, зачастую возможностей вибротестера вполне достаточно для решения ряда производственных задач, особенно если речь идет о промежуточном технологическом испытании, когда надо обеспечить воздействие с ускорением 2–3 g при частотах 20–30 Гц. И это вибротестеру вполне по плечу, даже для довольно значительных по размерам и массе изделий.

Сегодня разные компании предлагают много моделей вибротестеров. Хорошо известны немецкий производитель Knauer Engineering Ltd, изготавливающий



Рис. 1. Типичная конструкция вибротестера (модель JIA-611A): блок питания — управления частотой и вибростол



Рис. 2. Регулируемый эксцентрик вибротестера (модель 9363M)



Рис. 3. Блок управления



Рис. 4. Опорный стол

устройства с площадью стола до 1500×1500 мм на нагрузку до 600 кг, японская компания IDEX CO., создающая трехосевые вибротестеры для испытаний тары вибратией по трем осям одновременно, американская компания FMC Technologies, Inc., выпускающая устройства, предусматривающие нагрузку до 5400 кг. Цена изделий этих компаний сравнительно высока, и существенно сэкономить, используя их устройства, не удастся. Также вибротестеры делает ряд малоизвестных китайских компаний. Среди них ZongZi, Ke Jian Instrument, Chun Yen Testing Machines, Vibration Source Technology, Justice Testing Instruments. Их продукция недорогая, но нет уверенности в ее качестве.

Между тем правильный выбор вибротестера и адаптация его конструкции к конкретной задаче очень важны для успешного ее решения. Однако есть подводный камень, на который легко наткнуться при формальном выборе устройства. Суть его в том, что в описании на вибротестер, как правило, приводятся данные для пустого стола (без нагрузки). Значение ускорения зависит от частоты колебаний и заданного регулировкой разбалакса размаха колебаний (смещения) по известной формуле:

$$A = 0,002 \times F^2 \times d, \quad (1)$$

где  $A$  — ускорение в  $g$ ,  $F$  — частота в Гц,  $d$  — смещение в мм.

Пружины, поддерживающие вал с плитой, сжимаются под весом образца, и сужается размах перемещения. Действие приведенной формулы нарушается. Учесть это можно, выполнив ответственные расчеты самостоятельно, как предлагает производитель Knauer Engineering, вводя понятия полного разбалансировочного момента  $U$  (кг×м), его максимального значения  $U_0$ , угла регулировки  $\beta$  (град.), динамической массы  $M$  (кг), массы нагрузки  $m$  (кг). Расчет смещения  $d$  (мм), зависящего от нагрузки, выполняется по формуле:

$$d \text{ (мм)} = 2000 \times U / (M + m), \text{ где } U = U_0 \times \cos(\beta/2). \quad (2)$$

С таким откорректированным смещением формула (1) остается справедливой.

Однако, во-первых, можно ошибиться в расчетах и выбрать неподходящее изделие, а во-вторых, расчеты могут дать простой, но неудовлетворяющий вывод, что выбранный вибротестер не подходит для решения определенных задач.

На наш взгляд, расчеты лучше доверить производителю, особенно такому, который способен не только предложить более мощный и дорогой прибор, но и сохранить прежний вариант, внося определенные изменения в его конструкцию. Правда, далеко не каждый производитель готов откликнуться на конкретный запрос покупателя и модифицировать свое изделие, не взяв за это существенной дополнительной платы. С этой точки зрения тайваньская инженеринговая компания King Design является приятным исключением. Она оперативно откликается на любые пожелания клиента и модифицирует свою базовую модель 9363 с минимальной доплатой, не превышающей 10% от начальной цены. Так, базовая модель 9363М, рассчитанная на макси-

мальную нагрузку 100 кг, с диапазоном смещения 0,45–2,2 мм, была модифицирована по просьбе заказчика и гарантировала для образца весом 75 кг ускорение 2  $g$  на частоте 25 Гц (смещение 1,6 мм). В другом случае модификация позволила для образца весом 6 кг получить ускорение 4  $g$  на частоте 25 Гц (смещение 3,2 мм). Были и иные варианты адаптации конструкции вибротестера к заданию клиента: для нагрузки 25 кг на частоте 25 Гц обеспечено ускорение 5  $g$  (смещение 4 мм), а для нагрузки 100 кг на частоте 50 Гц — ускорение 2  $g$  (смещение 0,4 мм). Такой подход, при котором производителем гарантированно решается конкретная задача с минимальными затратами для клиента, чрезвычайно удобен и выгоден.

Кроме того, что конструкция вибротестера 9363М может быть адаптирована к конкретной задаче, King Design предусмотрел ряд опций, позволяющих сделать эксплуатацию вибротестера более комфортной. Среди них блок аппаратного управления законом изменения частоты (линейный, логарифмический, октавный) — рис. 3, ноутбук, управляющий частотой по программе, опорный стол (рис. 4), предназначенный для удобной работы оператора (позволяет не наклоняться), прижим (рис. 5), упрощающий и ускоряющий закрепление образца на столе, подкатной столик для размещения блока управления.

Внимательно проанализировав свою задачу по осуществлению вибрационных испытаний конкретного образца и придя к выводу, что она решается с помощью вибротестера (диапазон частот от 15 до 100 Гц, синусоидальные воздействия, масса образца не более 200 кг, нет требования высокой точности — допустимая погрешность установки ускорения составляет 15–20%), потребитель может сэкономить значительные средства, обратившись к продукции компании King Design.



Рис. 5. Прижим