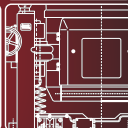


ВЫПУСК 1
ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ
ОБОРУДОВАНИЕ

МЕХАНИЧЕСКИЕ И
КЛИМАТИЧЕСКИЕ
ИСПЫТАНИЯ



ООО «ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ и ТЕХНОЛОГИИ» («ПРОТЕХ»)

более 10 лет специализируется на комплексном оснащении и модернизации предприятий в области радиоэлектроники и приборостроения.

Мы готовы осуществить для Вас проект любой сложности от единичной поставки до полного технического оснащения «под ключ» для эффективного решения задач, стоящих перед предприятием.

ПРОТЕХ – официальный представитель / дистрибьютер / дилер ведущих российских и иностранных производителей промышленного оборудования, мебели, электронных компонентов и расходных материалов.

ПОСТАВЛЯЕМАЯ ПРОДУКЦИЯ:

Контрольно-измерительные приборы

Keysight, Rohde&Schwarz, Tektronix, LeCroy, Keithley, Rigol, GW Instek, Anritsu, TDK-Lambda, Fluke, Exttech, АК ИП, Актаком, ПрофКИП, Testo

Паяльное оборудование и материалы

Weller, PACE, ERSA, Hakko, Metcal, Магистр, Термопро, Bofa, Purex, Duet, Electrolube, Cramolin, MULTICORE, STANNOL, Elsold, Kester, Изоргри

Ручной инструмент

Erem, Bernstein, Proskit, Xcelite, Wiha, Sipel, Knipex

Промышленная мебель и антистатическое оснащение

Treston, Viking, Gefesd, Vermason Warmbier, Lamsystems, Desco, Zarges, Белтема, Москвичка

Микроэлектроника - оборудование для корпусирования и микросборки

TPT, Amadyne, Finetech, Palomar, ISP-System, Invacu, Kavis, Despatch, Muetec, Amada Miyachi

Технологическое оборудование

Autotronic, Essentec, Passaponti, Elma, Pbt, TPC, Vision Engineering, Nikon, Optilia, Jun-Air, Totech

Испытательное оборудование

Bruel & Kjaer, LDS, BenchMark, King Design Industrial Co., GWS, HARDY

Электронные компоненты

Analog Devices, AVX, Vishay, Murata Electronics, EPCOS / TDK

Детальную информацию о поставляемых позициях Вы можете получить на нашем сайте: www.protehnology.ru / protex.pf

По требованию заказчика возможна поставка оборудования с метрологической поверкой, аттестацией, СП и СИ.



СОДЕРЖАНИЕ:

Крепежная конструкция вибростенда и проблема возникновения резонансов	4
Испытательное оборудование в области звука и вибрации Brüel & Kjær	13
Электродинамические вибростенды LDS	14
• Электродинамические вибростенды LDS большой мощности, 80—300 кН.....	18
• Электродинамические вибрационные системы средней мощности	32
• Небольшие электромагнитные системы виброиспытаний	51
Расширительные столы CENTROTECNICA S.r.l.	55
• Алюминиевые расширительные столы	56
• Магниеые расширительные столы	57
Электромеханические стенды King Design	58
• Серия 9363-M	59
Ударные стенды Benchmark Electronics, Inc. и King Design	61
• Стандартные стенды однократного удара King Design	62
• Стенды многократного удара King Design	63
• Ударные стенды сверхвысоких ускорений Benchmark	64
Прецизионные и испытательные центрифуги	65
• Центрифуга ЦВТ	68
• Центрифуга МСЦ	68
• Разгонная центрифуга МСЦАЗ	69
• Центрифуга ЦО-3000	69
• Двойная центрифуга с термокамерой	70
Климатические камеры GWS	71
• Высокотемпературные горизонтальные камеры	72
• Высокотемпературные вертикальные камеры	74
• Камеры для испытаний при высокой и низкой температуре	74
• Камеры тепла, холода и влаги	75
• Камеры для испытаний при высокой и низкой температуре и влажности	75
• Высокотемпературные климатические камеры	76
• Камеры термоудара	77
• Камеры термоудара с подвесной корзиной	78
• Камеры для испытаний с быстрым изменением температуры	78
• Камеры широкого диапазона температуры и влажности	79
• Камеры для климатических испытаний типа Walk-in	79

КРЕПЁЖНАЯ КОНСТРУКЦИЯ ВИБРОСТЕНДА



ПРОБЛЕМА
ВОЗНИКНОВЕНИЯ
РЕЗОНАНСОВ



Крепежная конструкция вибростенда и проблема возникновения резонансов

Кисин Алексей Александрович,
технический директор ООО «ПРОТЕХ»

РЕЗЮМЕ.

Рассмотрены основные требования к крепежной конструкции при вибрационных испытаниях. Обсуждены ее резонансы и эффекты динамической связи ее элементов, их важность при испытаниях на вибрацию. Приведены примеры для иллюстрации проблем резонирующих конструкций с фотографиями реальных вибростендов торговой марки LDS. Даны рекомендации по подготовке и проведению вибрационных испытаний.

Крепежные приспособления вибростенда нередко имеют резонансные частоты внутри диапазона испытаний. Это может вызвать серьезные проблемы. Как правило, испытатель в этом случае пытается управлять шейкером с помощью акселерометра обратной связи, закрепленным на образце. Однако это позволяет лишь контролировать уровень вибрации в точке, где акселерометр установлен, и только. Пытаясь на резонансы приспособления таким способом не удастся. Анализ такой ситуации и рекомендации по выходу из нее описаны в данной статье.

Вибрационные испытания изделий проводятся с целью проверки их пригодности для работы в условиях воздействия механических факторов окружающей среды. С этой целью используются вибростенды, создающие воздействия, имитирующие такие факторы. Обычно воздействия задаются в виде технических требований к испытаниям.

В вибростенде для передачи воздействия от шейкера к испытываемому изделию (далее - изделию) используется крепежная конструкция, включающая в себя арматуру шейкера (цилиндр, где закреплена

сигнальная катушка), расширительную головку (или плиту стола скольжения), а также крепежное приспособление, непосредственно к которому прикрепляется изделие. Таким образом, когда мы говорим о крепежной конструкции, мы имеем в виду все узлы между подвижной катушкой шейкера и изделием (арматура нам не видна, но это не значит, что она не является частью крепежной конструкции). На рисунке 1 показаны типичные элементы крепежной конструкции.

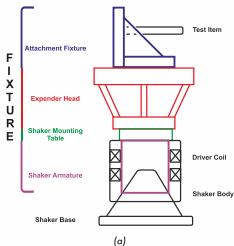


Рис. 1. Типичные элементы крепежной конструкции (а) с реальным примером (б)

Где:

FIXTURE – крепежная конструкция.

Test item – изделие.

Attachment Fixture – крепежное приспособление.

Expander Head – расширительная головка.

Shaker Mounting Table – столик арматуры с крепежными вставками.

Shaker Armature – арматура.

Shaker Base – основание шейкера.

Испытатель стремится создать крепкую конструкция предельно жесткой и легкой. Это обусловлено бы отсутствием у нее резонансов в тестируемом диапазоне частот, а также гарантировало бы одинаковое перемещение образца и крепежного приспособления. Достичь этого чрезвычайно сложно, если не невозможно, особенно для больших вибростендов (примеры на фото ниже).



Такие вибростенды обычно имеют низкие резонансные частоты из-за большой массы и недостаточной жесткости всех элементов крепежной конструкции: арматуры, расширительной головки (или плиты стола скольжения) и крепежного приспособления. Испытатель часто вынужден игнорировать эти недостатки и предполагает, что контроллер системы управления шейкера сможет компенсировать их.

К сожалению, вопреки распространенному мнению, контроллер не может полностью подавить резонансы крепежной конструкции. Он способен поддерживать только уровень виброускорения в месте установки контрольного акселерометра. На все резонансы конструкции он повлиять не в состоянии. Система обратной связи, состоящая из акселерометра и контроллера, служит для отслеживания перемещения подвижной катушки шейкера, чтобы обеспечить требуемый уровень ускорения в точке установки акселерометра. Нередко используются установка нескольких акселерометров в разных точках крепежной конструкции, а их сигналы усредняются для выработки управляющего сигнала. Но этот приём позволяет лишь поддерживать усредненное значение виброускорения в качестве параметра управления. Резонансные частоты и динамические характеристики крепежной конструкции остаются неизменными. Описанное усреднение - хороший способ достижения «лучшего вида» спектра управления, но оно не устраняет резонансных проблем, связанных с крепежной конструкцией. Единственный способ, при котором несколько акселерометров могут быть правильно использованы на нежесткой конструкции, - это, когда каждый из них имеет независимую обратную связь с отдельным управляемым шейкером. Это может быть чрезвычайно сложно, если не невозможно, поскольку для этого требуется несколько шейкеров и контроллер с несколькими выходами (MIMO).

В некоторых случаях просто невозможно иметь свободные от резонансов крепежные конструкции (пример показан ниже).



Для инженера-испытателя очень важно полностью понять и задокументировать динамику всей установки для проведения достоверных испытаний на вибрацию. Если имеются резонансы крепежной конструкции, то хорошее понимание того, какие элементы несут за них ответственность, поможет либо изменить крепежную конструкцию, подняв резонансы выше интересующего частотного диапазона или монтировать изделия так, чтобы минимизировать эффекты этих резонансов. Чтобы понять важность этих проблем, рассмотрим теорию вопроса, а затем сделаем выводы как лучше всего справиться с ситуацией.

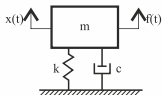


Рис. 2. Схема объекта с одной степенью свободы (SDoF)

Крепкие приспособления вибростенда нередко имеют резонансные частоты внутри диапазона испытаний. Это может вызвать серьезные проблемы. Как правило, испытатель в этом случае пытается управлять шейкером с помощью акселерометра обратной связи, закрепленного на образце. Однако это позволяет лишь контролировать уровень вибрации в точке, где акселерометр установлен, и только. Появившаяся на резонансы приспособления таким способом не удастся. Анализ такой ситуации и рекомендации по выходу из нее описаны в данной статье.

Основные теоретические концепции:

Схема объекта с одной степенью свободы (SDoF), совершающего движение под воздействием внешней силы показана на рисунке 2.

Уравнение его движения:

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = f(t)$$

где:
 m – масса объекта;
 \ddot{x} – ускорение;
 c – коэффициент демпфирования;
 \dot{x} – скорость;
 k – коэффициент упругости;
 x – перемещение;
 $f(t)$ – воздействующая сила.

Отпустив преобразование, перейдем к решению уравнения для объекта SDoF в случае синусоидального возбуждения:

$$\frac{X}{\delta_{st}} = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2\right)^2 + \left(2\zeta\left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)\right)^2}}$$

Решение дается для отношения динамического смещения X к статическому смещению δ_{st}

ω – частота возбуждения;
 ω_n – частота собственная;
 ζ – коэффициент критического затухания.
 Возникновение резонанса на частоте ω_n показано на рисунке 3.

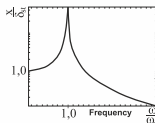


Рис. 3. График резонанса объекта SDoF при синусоидальном возбуждении

Для перевода к анализу системы с несколькими степенями свободы (MDoF), рассмотрим систему из двух объектов SDoF, а затем обобщим на систему из большего количества таких объектов.

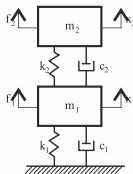


Рис. 4. Схема системы с двумя степенями свободы

Уравнение движения такой системы имеет вид:

$$m_1\ddot{x}_1 + (c_1 + c_2)\dot{x}_1 - c_2\dot{x}_2 + (k_1 + k_2)x_1 - k_2x_2 = f_1(t)$$

В матричном виде:

$$\begin{bmatrix} m_1 & \\ & m_2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{x}_1 \\ \ddot{x}_2 \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} (c_1 + c_2) & -c_2 \\ & c_2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} (k_1 + k_2) & -k_2 \\ -k_2 & k_2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} f_1(t) \\ f_2(t) \end{Bmatrix}$$

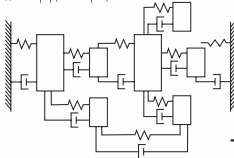
Или кратко:

$$[M]\{\ddot{x}\} + [C]\{\dot{x}\} + [K]\{x\} = \{F(t)\}$$

В такой форме легко представлять любое количество уравнений или масс. В ней уравнения демонстрируют связь между различными объектами SDoF. Далее используется математический процесс, называемый собственным решением, чтобы разбить эти сложные связанные уравнения на набор простых SDoF. В результате уравнения будут в виде:

$$\begin{bmatrix} \bar{m}_1 & & \\ & \bar{m}_2 & \\ & & \ddots \\ & & & \bar{m}_n \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \bar{p}_1 \\ \bar{p}_2 \\ \vdots \\ \bar{p}_n \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} \bar{c}_1 & & \\ & \bar{c}_2 & \\ & & \ddots \\ & & & \bar{c}_n \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \bar{p}_1 \\ \bar{p}_2 \\ \vdots \\ \bar{p}_n \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} \bar{k}_1 & & \\ & \bar{k}_2 & \\ & & \ddots \\ & & & \bar{k}_n \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \bar{p}_1 \\ \bar{p}_2 \\ \vdots \\ \bar{p}_n \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \{u_1\}^T \{F\} \\ \{u_2\}^T \{F\} \\ \vdots \\ \{u_n\}^T \{F\} \end{Bmatrix}$$

Каждое уравнение изолируется от любого другого и описывает объект SDoF, соответствующий каждой из собственных частот системы. Таким образом, мы взяли сложную систему уравнений и разбили её на ряд гораздо более простых уравнений. Это схематично демонстрируется на рисунке 5.



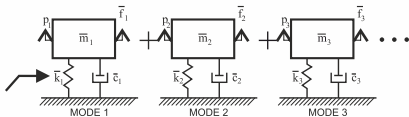


Рис.5. Схема перехода от сложной системы к набору простых

Это означает, что теория SDoF может применяться к системе MDoF для каждой собственной частоты вибрации системы MDoF. Рисунок 6 иллюстрирует представление частотного отклика для сложной системы как суммой откликов набора SDoF-объектов.

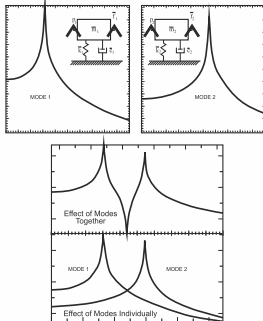


Рис.6. Суперпозиция откликов объектов SDoF

Если мы рассмотрим взаимодействие конструкции крепежа и изделия как динамическое отношение между их собственными частотами, то для понимания такой динамической связи между указанными элементами можно использовать некоторые простые уравнения. Для иллюстрации возьмем уравнение для двух объектов SDoF,

характеризующих такое устройство как регулируемый амортизатор. Оно приводится во многих учебниках по вибрации:

$$\frac{x_1 k_1}{F_0} = \frac{\left[1 - \left(\frac{\omega}{\omega_2} \right)^2 \right]}{\left[1 + \frac{k_2}{k_1} - \left(\frac{\omega}{\omega_1} \right)^2 \right] \left[1 - \left(\frac{\omega}{\omega_2} \right)^2 \right] - \frac{k_2}{k_1}}$$

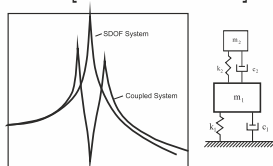


Рис.7. Иллюстрация уравнения, схемы и частотной характеристики амортизатора

Это уравнение показывает, что существует связь между собственной частотой и коэффициентом жесткости каждого отдельного элемента системы. Величина динамического взаимодействия сильно зависит от соотношения между этими параметрами. Для заданного соотношения масс двух отдельных объектов, имеющих одну и ту же собственную частоту, типичный график результирующих динамических характеристик показан на рисунке 7. Расстояние между двумя пиками связанной системы зависит от соотношений масс отдельных объектов SDoF. Таким образом, мы можем использовать это уравнение для проектирования амортизаторов, для проектирования свесинических масс и т.д. Но оно также помогает описать динамическое взаимодействие между любыми двумя системами, если охарактеризовать их как объекты SDoF. (Напомним, что любая сложная система MDoF всегда может быть представлена как набор простых объектов SDoF).

Простые крепежные конструкции

Чтобы продемонстрировать некоторые обсуждаемые динамические эффекты взаимосвязи, рассмотрим представление крепежного приспособления и изделия с использованием простой модели для иллюстрации некоторых важных моментов. Проанализируем два различных по конструкции приспособления, которые будут использоваться для крепежа образца. Для представления изделия используется схема в виде двух объектов SDoF, а для приспособления - схема в виде одного объекта SDoF-модели, описывающей первую резонансную частоту этого приспособления. Это схематически показано на рисунке 8.

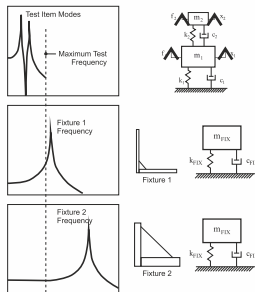


Рис. 8. Раздельное представление схем изделия и приспособлений для его крепежа

В этом примере изделие должно испытываться на частотах, не превышающих максимальную (Maximum test frequency). Оба приспособления имеют резонансные частоты за пределами диапазона частот испытаний, но приспособление 1 имеет первую резонансную частоту очень близко к максимальной частоте тестового диапазона. Теперь объединяем системы вместе. Результирующий частотный отклик показан на рисунке 9(b) для обоих приспособлений.

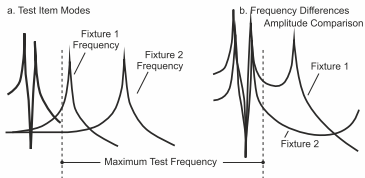


Рис. 9. (a) Отклики каждой из схем отдельно. (b) Отклик после объединения схем приспособления и изделия

Прежде всего следует отметить, что резонансные частоты изделия, установленного с помощью приспособления, незначительно отличаются для разных приспособлений. А вот амплитуда пиков отклика отличаются существенно. Это означает, что ответные реакции рассматриваемых конструкций различны. (Не вдаваясь подробно в теорию, укажем, что эти амплитуды непосредственно связаны с собственными частотами системы на каждой конкретной частоте). Это означает, что изделие будет подвергаться более высоким уровням ускорения, чем это необходимо, из-за использования нежесткого крепежного приспособления. Этот пример наглядно показывает, что приспособление должно быть настолько жестким, насколько это возможно, и его первый резонанс должен максимально выходить за пределы диапазона испытательных частот, в противном случае может возникнуть неблагоприятная динамическая взаимосвязь между изделием и приспособлением.

Пример расширительной головки (столика)

Последний пример показал, что даже при резонансной частоте приспособления, находящейся за пределами диапазона испытаний может быть «вредное» динамическое взаимодействие между изделием и приспособлением. Но что будет, если приспособление имеет резонансную частоту внутри диапазона испытаний?

Чтобы проиллюстрировать такую ситуацию, была изучена модель ребристой расширительной головки с установленным на ней изделием в форме рамы. Головка смоделирована так, чтобы у нее были резонансные частоты внутри частотного диапазона испытаний (если бы головка была «бесконечно» жесткой и свободной от резонансов, то не имело бы значения, ни, где изделие установлено на головке, ни, где установлен акселерометр управления (акселерометр обратной связи системы управления)). Были изучены две модели: одна с изделием, симметрично установленным на головке, другая – с асимметричной установкой изделия.

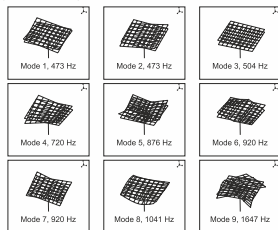


Рис. 10. Собственные частоты незагруженной головки

Для наглядности первые девять собственных частот головки показаны на рисунке 10. Обратите внимание, что ни на одной из частот качения в осях координат не индицируется воздействием только по одной оси. Все эти собственные частоты показаны здесь лишь для полноты картины.

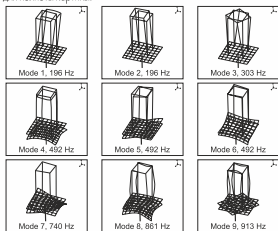


Рис. 11. Собственные частоты образца симметрично установленного на головке

Первые девять резонансных частот головки с симметрично установленным на ней изделием, показаны на рисунке 11. Опять же, ни одна из частот качения в осях координат не будет возбуждаться только по одной оси. Для данного случая, когда рамка установлена симметрично на головке, все колебания также симметричны.

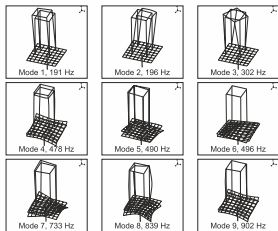


Рис. 12. Собственные частоты образца несимметрично установленного на головке

Первые девять резонансных частот головки с несимметрично установленным на ней изделием, показаны на рисунке 12. Здесь все собственные колебания не симметричны. Очень важно отметить, что колебания изделия значительно отличаются при симметричном и ассиметричном его креплении на головку, (см. рис. 11 и 12).

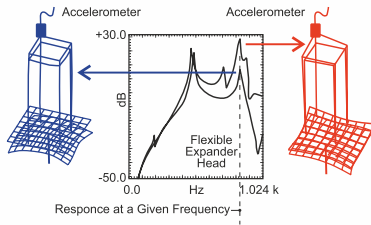


Рис. 13. Симметричное и несимметричное крепление изделия на головку.

Если бы мы выполнили развертку по частоте и сравнили реакцию изделия на одной из частот при его симметричном и несимметричном креплении на головку, были бы видны существенные различия (см. рис. 13). Они заметны особенно в верхней части изделия (оно имеет конструкцию в виде рамы параллелепипеда). График для симметричного размещения изделия показывает, что все точки его верхней части движутся с одинаковой амплитудой. График для несимметричного размещения демонстрирует, что задний угол верхней части изделия колеблется со значительно большей амплитудой, чем остальные части рамы. Всё это говорит о важности места крепления изделия на головке. Теперь давайте подумаем о том, где должен находиться акселерометр управления. В какой точке он должен быть установлен для теста, когда головка жесткая (см. рис. 13)? Выбор этой точки связан с риском перегрузки или недогрузки изделия при его испытании. Если акселерометр установить в верхней части рамы? Но ведь при ассиметричном размещении изделия на головке возникнут значительные различия в колебаниях верхней части рамы. Именно поэтому, как правило, акселерометр не монтируется в этом месте. Но что произойдет, если рассмотренная выше рама является крепежным приспособлением, установленным на головке, для монтажа изделий? Будет ли её динамика влиять на тест, который должен быть выполнен? Ответ: «Неосомненно».

Мы увидели, что динамика приспособления может повлиять на результаты теста. Акселерометр позволяет регулировать входной сигнал для формирования сигнала возбуждения колебаний арматуры, чтобы поддерживать их желаемый уровень. Но он не может изменить динамику, существующую из-за взаимосвязи между головкой и изделием.

Важно понять, что крепежная конструкция – это не только устройство, которое мы проектируем для крепежа изделия. В её состав входит головка расширителя (или плита стола скользящая), арматура и промежуточные крепежные приспособления для размещения испытываемых изделий. При проведении теста вибрации учитываются динамические характеристики всех этих элементов. Если какой-либо из этих компонентов имеет резонансы в интересующем частотном диапазоне, то обязательно возникнут проблемы. Вероятно возникновение резонансов. Для идентификации потенциально резонансных частот полезно выполнить анализ модели крепежной конструкции методом конечных элементов или модальное экспериментальное исследование реальной конструкции.

Арматура в качестве приспособления

Выше обсуждались только доступные пользователю части вибрационной системы. Однако даже незатруженная арматура шейкера может иметь резонансы ниже 2000 Гц. Это особенно актуально для мощных вибрационных систем с арматурой диаметром более 500 мм. Иногда такая арматура имеет более одного резонанса ниже 2000 Гц. Эти резонансы могут вызвать проблемы при испытаниях и часто поначалу проявляются как затруднения в управлении шейкером. Инженер-испытатель сразу же обвиняет в этих проблемах систему управления, утверждая, что «система управления функционирует неправильно». Если же в вибрационной системе присутствует расширительная головка, ее часто также обвиняют в этих проблемах. Редко бывает, когда инженер-испытатель хотя бы рассмотрит возможность того, что арматура вызывает эти проблемы. Тем не менее, следует помнить, если арматура имеет резонансы, на них могут влиять изделия, установленные на монтажной поверхности арматуры.

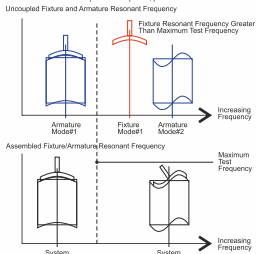


Рис. 14. Влияние жесткой арматуры на приспособление для крепежа образца

Простая иллюстрация проблемы взаимосвязи арматура-приспособление показана на рисунке 14. Сравнительно жесткое, хорошо спроектированное приспособление смонтировано на нежесткой арматуре, которая имеет резонансы в интересующем частотном диапазоне. Хотя приспособление может практически не иметь резонансов (оно имеет резонансные частоты, значительно превышающие интересующий частотный диапазон), система должна рассматриваться в целом. Когда жесткое приспособление установлено на нежесткой арматуре, приспособление получит деформации, возникающие как результат сборки этих элементов в единую конструкцию. Таким образом, мы видим, что на приспособление влияет арматура. Вместе они образуют систему, которая должна рассматриваться как единое целое. Трудно (если не невозможно) правильно спроектировать приспособление без учета динамики арматуры, на которой оно устанавливается.

Как обсуждалось ранее, местоположение акселерометра (формирует сигнал обратной связи для управления колебаниями) становится проблемой для случая, показанного на рисунке 14. Место, где он закреплен на деформированной гибкой поверхности, будет оказывать существенное влияние на исполнение теста (см. рис. 14 справа, нижний). Другая ошибка заключается в том, что многие считают, что установка нескольких акселерометров устранит эту проблему. Это не так. Применение нескольких акселерометров для управления только означает, что для обратной связи с системой управления используется некоторое «усредненное» значение ускорения.

Решение проблемы очевидно связано с реконструкцией арматуры, чтобы устранить её резонансы, но никто не хочет это делать из-за больших затрат, связанных с проектированием арматуры большого диаметра, свободной от резонансов в частотном диапазоне испытаний. А ведь только это даёт истинное решение. Кроме того, никто не хочет выставлять себя в испытательной лаборатории или на заводе по производству шейкеров разоблачителем, объявив, что резонансы арматуры, во-первых, существуют и, во-вторых, существенно влияют на проведенные испытания. Но это на самом деле так.

Так что же делать?

Во-первых, давайте констатируем, что полное решение проблемы заключается в создании свободных от резонансов крепежных конструкций для любых испытаний на вибрацию. Помните, что крепежная конструкция – это система из арматуры, расширительной головки (или плиты стола скользящая), промежуточных приспособлений и т.п.

Но нельзя не признать, что изготовить идеально жесткую, легкую, свободную от резонансов крепежную конструкцию невозможно. Поэтому, как инженеры, мы должны, если это возможно (а иногда и невозможно), разработать эффективные практические решения. По крайней мере, нужно найти обходные решения, а также тщательно и полно документировать ситуацию.

Арматура (а также и расширительная головка) обычно имеют только один или два резонанса, которые являются неприятными. Их необходимо идентифицировать так, чтобы можно было разработать их обход. Можно использовать модели конечных элементов на ранней стадии проектирования крепежной конструкции, чтобы дать представление о её слабых участках. Для уже существующих конструкций результаты экспериментального модального анализа зачастую идентифицируют резонансную частоту и форму колебаний, связанные со сборкой крепежной конструкции.

Анимация формы колебаний часто наглядно идентифицирует критические части конструкции. Это помогает в коррекции частотных проблем, которые могут иметь место.

Суть перечисленных действий – четко определить проблему, чтобы инженерные проработки могли быть использованы для решения проблемы или определения альтернативных обходных решений. Конечно, прежде всего, мы всегда должны стремиться к созданию крепежных конструкций, свободных от резонансов, а не применять контрмерные меры борьбы с последними.

**Статья подготовлена по материалам статьи
Peter Avitabile, University of Massachusetts Lowell, Lowell,
Massachusetts SOUND AND VIBRATION March 1999**

Выводы

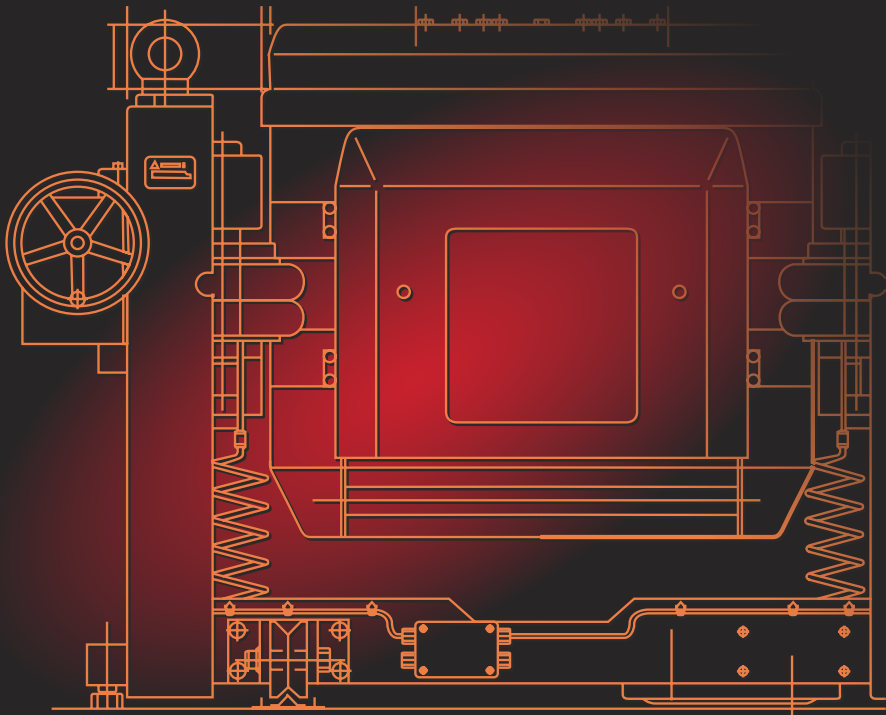
Крепежные конструкции (арматуры, головки расширителя, плиты столов скольжения, приспособления для фиксации образцов) являются важной частью системы вибрационных испытаний. Необходимо учитывать все эти элементы. Все они должны быть свободными от резонанса в интересующем диапазоне частот. Когда в конструкции существуют резонансы, их проявления не могут быть устранены с помощью одного или нескольких акселерометров обратной связи. Резонансы должны быть полностью задокументированы и идентифицированы для всей конструкции. Тогда можно получить инженерную оценку ситуации и применить решение, чтобы провести испытания наилучшим образом.

Резонансы оказывают огромное влияние на проводимые вибрационные испытания. Резонансы не исчезают только потому, что никто не нашел времени, чтобы исследовать их. Их не устранить с помощью системы управления.

ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ В ОБЛАСТИ ВИБРАЦИИ

LDS





Brüel & Kjær



BEYOND MEASURE

Компания Brüel & Kjær Sound & Vibration Measurement A/S была основана в 1942 году. За время своей деятельности она стала ведущим международным поставщиком передовых технологий для измерения и контроля вибрации и звука. Используя профессиональные знания и широкий ассортимент продукции, Brüel & Kjær помогает клиентам в решении всевозможных задач, связанных с вибрацией и звуком. С 1950-х годов продукция Brüel & Kjær воспринимается в качестве эталона в данной отрасли.

Предложения Brüel & Kjær уникальны в отрасли, поскольку компания производит все элементы, необходимые для создания полноценных систем шумовых и вибрационных испытаний. Основная цель – это разработка самых технологически совершенных и высококачественных решений, которые обеспечат экономию времени и избавят пользователя от ошибок в процессе измерения.

Ассортимент продукции Brüel & Kjær охватывает все компоненты и инструменты, необходимые для измерения и анализа шума и вибрации. При этом клиенты имеют возможность приобретения всех необходимых компонентов у одного поставщика:

- Виброиспытательное оборудование, стеллы для проведения модальных и вибрационных испытаний.
- Анализаторы спектра и программное обеспечение для них.
- Различные датчики: микрофоны, гидрофоны, акселерометры и т.д.
- Усилители и формирователи сигналов.
- Оборудование портативное для калибровки датчиков/усилителей сигнала и стационарные лабораторные системы.
- Источники звука и другое электроакустическое оборудование.

В 2008 году группа Royston, действующая в Великобритании под маркой LDS, была приобретена компанией Spectris plc (занимающейся в индексе компаний FTSE 250) и вошла в состав Brüel & Kjær Sound & Vibration – одного из подразделений Spectris plc, работающих в области испытаний и измерений.

Компания LDS предлагает множество решений для вибрационных испытаний. Широкий ряд испытательных вибростендов и вибраторов охватывает модели: от мощных электродинамических вибростендов с большим развиваемым усилием (до 289 кН) и до совсем маломощных (до 9 Н), размером с ладонь.

Также выпускаются вибростенды для модальных или структурных исследований и измерительные (калибровочные) вибростенды.

Доступен большой выбор специализированных усилителей мощности и контроллеров вибрации, а также соответствующие горизонтальные столы скольжения, расширительные головки для вибростопов и тепловые барьеры, чтобы обеспечить необходимым вспомогательным оборудованием проведение вибрационных испытаний – будь то тестирование электронных компонентов для мобильных телефонов и до комплексных испытаний спутниковых систем.

Укомплектованные или электродинамические вибростенды отличаются улучшенными эксплуатационными характеристиками, повышенным сроком службы и высокой надежностью.

Колёбания подвижной части вибратора, состоящей из катушки, штока и связанного с ним стола передаются испытываемому объекту. В отличие от вибростендов с постоянным магнитом электродинамические вибраторы с катушкой подмагничивания могут развивать существенно большие усилия и имеют меньшую массу.

LDS

Вибростенды LDS

Электродинамические вибростенды LDS

Сводная таблица вибростендов LDS

Системы вибростендов	Диаметр подвижной катушки, мм	Перемещение от пика до пика, мм	Выталкивающее усилие, кН	Макс. ускорение (опт.), g	Выталкивающее усилие ШСВ, кН	Выталкивающее усилие при виброударе, кН	Диапазон рабочих частот, Гц	Тип охлаждения	Статическая нагрузка, кг	Подробнее на стр.
V994-DPA200K-TC	760	50,8	289,1	75	266,9	578,8	0-1700	вода	5000	21
V994-DPA200K-TC	760	50,8	253,5	75	266,9	578,8	0-1700	вода	5000	21
V994-DPA165-200K-DC	760	50,8	231,3	75	176,1	501,5	0-1700	вода	5000	21
V994-DPA100K-DC	760	50,8	213,5	75	176,1	426,4	0-1700	вода	5000	21
V994-DPA200K-DC	760	50,8	204,2	75	266,9	502,1	0-1700	вода	5000	21
V994-DPA100K-TC	760	50,8	186,8	74,7	231,3	370	0-1700	вода	5000	21
V994-DPA120-100K-DC	760	50,8	176,1	70	176,1	364,7	0-1700	вода	5000	21
V984-DPA150-200K-TC	591	38,1	160,1	100	160,1	287,8	0-2000	вода	2000	21
V984-DPA150-200K-TC	591	38,1	160,1	100	160,1	322,2	0-2000	вода	2000	21
V984-DPA150-200K-DC	591	38,1	160,1	100	133,4	287,8	0-2000	вода	2000	21
V994-DPA100K-TC	760	50,8	155,7	62,3	231,3	426,4	0-1700	вода	5000	21
V984-DPA100K-TC	591	38,1	155,7	100	155,7	264,4	0-2000	вода	2000	21
V984-DPA100K-DC	591	38,1	155,7	100	133,4	287,8	0-2000	вода	2000	21
V984-DPA120-100K-TC	591	38,1	146,8	100	146,8	250,4	0-2000	вода	2000	21
V994-DPA100-100K-DC	760	50,8	133,9	53,6	176,1	273,5	0-1700	вода	5000	21
V984-DPA120-100K-DC	591	38,1	133,4	100	133,4	251,5	0-2000	вода	2000	21
V984-DPA170K-TC	591	38,1	111,2	87,1	111,2	193,1	0-2000	вода	2000	21
V9-SPA176K-105	440	76,2	105	150	105	193,1	0-2700	вода	1800	18
V9-SPA176K-90	440	76,2	90	150	105	184,1	0-2700	вода	1800	18
V964-DPA130-100K-DC	432	38,1	89	100	89	186,9	0-2500	вода	907	21
V964-DPA100-100K-TC	432	38,1	89	100	80,1	163	0-2500	вода	907	21
V964-DPA100-100K-DC	432	38,1	80,1	100	80,1	158,2	0-2500	вода	907	21
V964-DPA100-100K-TC	432	38,1	80,1	100	68,9	159,8	0-2500	вода	907	21
V8900- XPA88K	440	101,6	80,0	100	76,2	174,8	5-3000	воздух	800	26
V8900- XPA128K	440	101,6	80,0	100	76,2	254,1	5-3000	воздух	800	26
V984-DPA170K-DC	591	38,1	75,6	59,2	97,9	146,7	0-2000	вода	2000	21
V964-DPA170K-TC	432	38,1	75,6	100	64,5	132,8	0-2500	вода	907	21
V964-DPA150-70K-DC	432	38,1	64,5	90	53,4	110,7	0-2500	вода	907	21
V964-DPA140-70K-TC	432	38,1	60,1	80	48,9	94,6	0-2500	вода	907	21
V8-SPA56K-440	440	63,5	60	140	66	118,4	0-6300	воздух	700	32
V8-SPA56K	640	63,5	57,8	40	55,6	116,6	0-6300	воздух	700	32
V8-SPA18K-440	440	63,5	50,4	122	55,6	101,4	0-6300	воздух	700	32
V8-SPA18K-640	640	63,5	50,4	40	47,7	101,6	0-6300	воздух	700	32
V964-DPA170K-DC	432	38,1	48,9	88	54,5	100,9	0-2500	вода	907	21
V8-SPA10K-440	440	63,5	42	102	47,1	84,5	0-6300	воздух	700	32
V8-SPA10K-640	640	63,5	42	40	1,8	40	0-6300	воздух	700	32
V875EF-SPA10K	640	50,8	37,8	57,3	37,8	1,8	0-6300	воздух	600	39
V875-SPA10K	440	50,8	35,6	110	35,6	84,3	0-6300	воздух	600	39

Системы вибростендов	Диаметр подложной катушки, мм	Перемещение от пика до пика, мм	Выталкивающее усилие, кН	Макс. ускорение (опт.), g	Выталкивающее усилие ШСВ, кН	Выталкивающее усилие при вибродропе, кН	Диапазон рабочих частот, Гц	Тип охлаждения	Статическая нагрузка, кг	Подробнее на стр.
V875-SPA40K	440	76,2	35,6	112	35,6	84,3	0-6300	воздух	600	39
V875LS-SPA40K	640	76,2	35,6	90,9	32,5	84,3	0-6300	воздух	600	39
V875-SPA40K	240	50,8	35,6	163	30,1	82,2	0-6300	воздух	600	39
V875-SPA40K	640	50,8	35,6	50	30,1	83,7	0-6300	воздух	600	39
V875-SPA32K	440	76,2	30,9	97,3	34,1	н/д	0-6300	воздух	600	39
V875LS-SPA32K	640	76,2	30,9	79	32,5	67,4	0-6300	воздух	600	39
V850-SPA32K	440	50,8	30,9	100	32,3	67,5	0-6300	воздух	600	47
V875-SPA32K	240	50,8	30,9	141	30,1	65,8	0-6300	воздух	600	39
V875-SPA32K	640	50,8	30,9	50	30,1	67	0-6300	воздух	600	39
V875-SPA24K	440	76,2	23,2	73	25,6	50,6	0-6300	воздух	600	39
V875LS-SPA24K	640	76,2	23,2	59,3	25,3	50,6	0-6300	воздух	600	39
V875-SPA24K	240	50,8	23,2	160	25,1	49,3	0-6300	воздух	600	39
V875-SPA24K	640	50,8	23,2	50	24,5	50,2	0-6300	воздух	600	39
V850-SPA24K	440	50,8	23,2	74,7	24,2	50,6	0-6300	воздух	600	47
V850-SPA32K	440	50,8	22,2	60	22,2	44,4	0-6300	воздух	350	47
V850-SPA24K	240	50,8	17,8	125	13,3	38	0-6300	воздух	350	47
V850-SPA24K	440	50,8	17,8	60	19,9	33,3	0-6300	воздух	350	47
V875-SPA16K	440	76,2	15,5	48,7	17	33,7	0-6300	воздух	600	39
V875LS-SPA16K	640	76,2	15,5	39,5	16,9	33,7	0-6300	воздух	600	39
V875-SPA16K	240	50,8	15,4	70,6	16,7	32,9	0-6300	воздух	600	39
V875-SPA16K	640	50,8	15,4	38,6	16,3	33,5	0-6300	воздух	600	39
V850-SPA16K	440	50,8	15,4	49,8	16,1	33,7	0-6300	воздух	600	47
V850-SPA16K	240	50,8	14,2	104	13,3	30	0-6300	воздух	350	47
V850-SPA16K	440	50,8	11,5	49,1	13,3	22,2	0-6300	воздух	350	47
V830-SPA16K	335	50,8	9,8	75	9,81	25,1	0-6300	воздух	160	47
V830-SPA16K	185	50,8	8,9	120	5,78	16,4	0-6300	воздух	160	47
V875-SPA8K	440	76,2	7,73	24,3	8,52	16,9	0-6300	воздух	600	39
V875LS-SPA8K	640	76,2	7,73	19,8	8,44	16,9	0-6300	воздух	600	39
V875-SPA8K	240	50,8	7,72	35,3	8,4	16,4	0-6300	воздух	600	39
V875-SPA8K	640	50,8	7,72	19,3	8,17	16,7	0-6300	воздух	600	39
V875-SPA8K	440	50,8	7,72	24,9	8,1	16,9	0-6300	воздух	600	39
V850-SPA8K	240	50,8	7,12	51,8	7,22	15	0-6300	воздух	350	47
V830-SPA8K	185	50,8	6,78	99	5,77	14,2	0-6300	воздух	160	47
V850-SPA8K	335	50,8	6,54	55,3	7,6	13,4	0-6300	воздух	160	47
V850-SPA8K	440	50,8	5,74	24,5	6,6	11,1	0-6300	воздух	350	47
V780-HPAK	180	25,4	5,12	111	4,23	9,5	0-6300	воздух	100	51
V650/1-HPAK	156	25,4	2,2	100	1,54	3,1	0-6300	воздух	50	51
V555/16-PAID00L	110	25,4	0,94	100	0,64	1,2	0-6300	воздух	25	51

Вибростенды LDS

Электродинамические вибростенды LDS большой мощности, 80-300 кН

Вибратор LDS серии V9mkII

LDS V9mkII – это мощный электродинамический вибратор с продолжительным циклом работы. Полное водяное охлаждение, включая охлаждение корпуса, позволяет проводить длительные испытания при максимальных уровнях силы.

Длинный 76,2-миллиметровый ход дает большое ускорение при низких частотах в сочетании с более высокой максимальной скоростью.

Современный коммутирующий усилитель мощности обеспечивает высокую надежность, простоту монтажа и эксплуатацию.

Мощная система управления вибрацией вибратора с продолжительным циклом работы Doctron обеспечивает дистанционный контроль и управление.

Полезная нагрузка до 1800 кг.

Возможность масштабирования.

Системы могут быть налажены для специального применения, например для грузоподъемных платформ.

Возможность работы в вертикальном и горизонтальном положениях с поставляемым по отдельному заказу столом охлаждения.



ПРИМЕНЕНИЕ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ:

- Длительные испытания автомобилей при больших напряжениях.
- Испытания, проводимые с низкой частотой и методом ударного импульса – идеальные для ускорения в 100 g в течение 11 мс и испытания спектра реакции на удар (SRS).
- Испытания авиационного оборудования и военной техники.



Модель вибратора	V9mkII
Пиковое значение силы при синусоидальной вибрации системы	105 (кН)
Максимальная сила при случайной вибрации системы (CR3)	105 (кН)
Максимальное ускорение при синусоидальной вибрации (g _r)	150
Пиковое значение скорости при синусоидальной вибрации системы (м/с)	3,0
Непрерывное перемещение между пиками (мм)	76,2
Вес подвижного элемента (кг)	49,8
Используемый диапазон частот (Гц)	Пост. ток - 2,700

При определении места нахождения неисправности системы наведения снаряда, оценке опасных материалов или безопасности таких контролируемых элементов, как автомобильные подушки безопасности и датчики боковых столкновений - всегда необходимо проводить испытания до тех пор, пока изделия не будут удовлетворять ожиданиям и стандартам. Испытания, проводимые при помощи электродинамических вибраторов, в настоящее время являются предпочтительным методом точного моделирования воздействия вибрации на изделие, которую оно будет испытывать в действительности. Компания LDS обладает собственным опытом проектирования, первоклассными навыками конструирования и современными производственными мощностями,

которые могут оказать помощь в наиболее сложных и необычных приложениях, связанных с вибрационными испытаниями.

Вибратор V9mkII обладает превосходными характеристиками для продолжительных испытаний при высоких скоростях. Это достигается использованием инновационных проектов, запущенных при всестороннем понимании приложений для испытаний наших клиентов.

Компания LDS предлагает завершённые решения для вибрационных испытаний, включающие вибраторы, усилители и контроллеры.

Контроллеры COMETTM и LASERTM, а также усилители могут использоваться с вибраторами третьих фирм.

КОНСТРУКЦИЯ ПОДВИЖНОЙ КАТУШКИ С ДВОЙНОЙ ОБМОТКОЙ

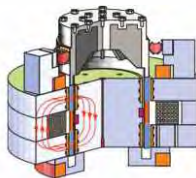
- Подвижная катушка с двойной обмоткой дает пониженную вращающую силу.
- Сообщает более высокую скорость, чем эквивалентная одновитковая конструкция.

В конструкции вибратора V9mkII использована уникальная конструкция катушки с двойной обмоткой, которая существенно уменьшает вращающую силу на подвижной катушке, а также увеличивает скорость, сообщаемую полезной нагрузке по сравнению с большим числом традиционных одновитковых конструкций.

Водяное охлаждение, используемое в катушках обмотки возбуждения, приводит к более бесшумной работе и более низкой температуре корпуса, что минимизирует влияние температуры на испытываемое оборудование и увеличивает

продолжительность испытаний. Это идеально подходит для испытаний автомобилей и других транспортных средств, включая средние полезные нагрузки и длительный срок испытания.

Типичные случаи применения включают испытания при синусоидальных и случайных вибрациях в автомобилях и других транспортных средствах, а также испытания спектра реакции на удар (SRS).



ИЗОЛЯЦИЯ КОРПУСА LIN-E-AIR™

Изоляция корпуса Lin-E-Air™ вибраторов V9mkII, и гарантирует превосходную устойчивость при низких частотах.

Длинный 76,2-миллиметровый ход передает большее ускорение и скорость при таких низких частотах, как 5 Гц.

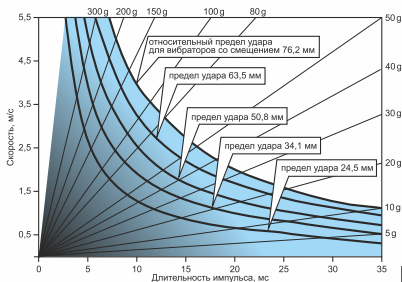
Изоляция корпуса Lin-E-Air™ является стандартной для вибраторов серии V900 и комбинированных систем. Она уменьшает передачу вибраций вибратора окружающему зданию, снижая требования к seismic-массе и приводя к более эффективному с точки зрения затрат решению.

УДАРНОЕ ИСПЫТАНИЕ НА НЕСТАЦИОНАРНУЮ ВИБРАЦИЮ

Вибратор V9mkII обладает превосходными характеристиками при ударе до 300 г с полезной нагрузкой в 20 кг и является идеальным выбором для использования в качестве рабочего эталона 100 г при испытании на удар в течение 11 мс, при чем он может выдержать полезную нагрузку до 60 кг. И всё это благодаря легкой подвижной катушке, изготовленной из углеродного волокна, которая сочетает высокую прочность и небольшой вес, а также смещение в 76,2 мм, которое дает возможность сообщить скорость до 3 м/с.

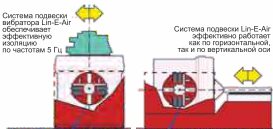
При помощи вибратора V9mkII можно проводить испытания спектра реакции на удар (SRS (Shock Response Spectrum)) на уровнях выше, чем большинство других вибраторов благодаря, прежде всего, жесткой конструкции его подвижной катушки. Таким образом, система, состоящая из вибратора, усилителя и контроллера, позволяет достигать больших напряжений и ускорений при таких низких частотах, как частота постоянного тока.

Вибратор V9mkII хорошо позиционируется для обеспечения все возрастающих технических условий испытаний в будущем.





Система подвески вибратора Lin-E-Air обеспечивает эффективную изоляцию по частотам 5 Гц



Система подвески Lin-Air эффективно работает как по горизонтальной, так и по вертикальной оси

Прецизионные направляющие вали на подшипниках управляют поперечными перемещениями

Центрирующее усилие обеспечивается сочетанием металлических и воздушных пружин



Несмотря на то, что компания LDS является всемирной, она гордится своей способностью обеспечить поддержку заказчикам со скоростью и тщательностью национальной компании. Наше обслуживание заказчиков простирается существенно за рамки поставки оборудования для вибрационных испытаний и измерительного оборудования.

СТОЛЫ СКОЛЬЖЕНИЯ И КОМБИНИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ

Широкий ассортимент столов скольжения и комбинированных систем производства компании LDS удовлетворяет растущей потребности в жестких трехосных испытаниях. Большинство требований к трехосным испытаниям можно удовлетворить при использовании комбинированной системы, состоящая из установленного на подвеске вибратора и стола скольжения, смонтированных на общем основании с воздушной изоляцией. Это обеспечивает соосность стола скольжения и вибратора, обеспечивая легкость монтажа и подвижность всей системы.

Когда испытываемая полезная нагрузка является тяжелой или динамически сложной, компания LDS может поставить автономный установленный на подвеске вибратор с отдельным столом скольжения на сейсмостойком основании.

Все комбинированные системы V9mkII имеют изоляцию корпуса Lin-E-Air и направляющую. Это обеспечивает постоянную центровку корпуса вибратора относительно оси нагрузки, сводя до минимума перемещение в поперечном направлении и увеличивая низкочастотную характеристику.

Имеются столы скольжения с размерами от 900 мм × 900 мм до 1220 мм × 1220 мм, которые являются стандартными. Другие размеры обсуждаются по требованию.

КРЕПЕЖНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ

Компания LDS может поставить широкий ассортимент стандартных и специализированных расширителей стола, крепежных приспособлений и воспринимающих нагрузку платформ, сконструированных и изготовленных в соответствии со стандартами, на использовании которых компания LDS построила свою всемирную репутацию.

Вибратор V9mkII ранее снабжался магнитным управляемым расширителем стола размером 1,8 м × 1,8 м, сконструированным для испытаний на удар при транспортировке электронного оборудования с полезной нагрузкой весом до 1 500 кг. Система выдерживала ударные испытания на оборудовании, заключенном в корпус, с ускорением до 75 g при частотах до 3 кГц. Она использовалась вместе с тепловой камерой и устанавливалась на сейсмостойком основании ниже уровня пола. Управление обеспечивалось контроллером LASERUSB.

КОММУТИРУЮЩИЕ УСИЛИТЕЛИ МОЩНОСТИ

Обеспечивая контролируемую мощность, необходимую для вибрационных испытаний, усилители SPA-K позволяют вибраторам серии V9mkII достичь максимальных рабочих характеристик, и эти усилители могут также использоваться в качестве сменных усилителей в других системах. Их современная конструкция обеспечивает высокую надежность и прочность, они легко монтируются и просты в эксплуатации.

Микропроцессорное управление и функциональный жидкокристаллический дисплей обеспечивают простую настройку, быстрое обнаружение и устранение неисправностей.

Имея в своем составе работающие параллельно автономные силовые модули, усилители SPA-K отличаются управляемым электронным образом равным разделением тока для минимизации перегрузки и обеспечения максимального КПД в условиях ударных и случайных вибраций. Надежность и выигрыш в проводимости происходят от высокой частоты коммутации в 150 кГц, установления экономичного возбуждения и низких нелинейных искажений полного возбуждения в 0,15%.

ОБСЛУЖИВАНИЕ И ПОДДЕРЖКА

Мы обеспечиваем обучение и техническую поддержку и заказчикам на объекте специальными техническими специалистами. В сочетании с превосходной надежностью системы и техническим обслуживанием мы гарантируем наибольший возможный возврат своих инвестиций и веру в компанию LDS.

Вибраторы LDS V964, V984 и V994

Модели V900, применяемые в тех случаях, когда большие полезные нагрузки требуют проведения вибрационных испытаний или испытаний на удар с высокими эксплуатационными характеристиками, дают инженерам уверенность в том, что они должны разработать высоконадежные изделия. Эти системы использовались в конфигурациях с одним или несколькими вибраторами, они применялись для испытаний таких изделий, как искусственные спутники и ракеты.

Номинальные значения пиковой силы от 89 кН до 289 кН являются наивысшими достижимыми силами для любых вибраторов, имеющихся в наличии в настоящее время!

Комбинация конструкции подвижной катушки с высокими рабочими характеристиками и с водяным охлаждением обеспечивает превосходные эксплуатационные характеристики ускорения и скорости.

Широкий диапазон частот до 2500 Гц.

Автоматическая система компенсации нагрузок, связанных с положением подвижной катушки и

корпуса, обеспечивает возможность удобного размещения более крупных грузов.

В качестве стандартной используется поворотная система подвески Lin-E-Air, в зависимости от способов применения заказчиком имеется возможность применения жестких цапф.

Система подвески подвижной катушки с вращающимися кулачками обеспечивает перемещение до 50,8 мм при синусоидальной вибрации и до 63,5 мм при нестационарных импульсах.

Возможность работы в вертикальном и горизонтальном положениях, стол скольжения поставляется по отдельному заказу.

Для достижения улучшенных возможностей при проведении климатических испытаний для всех систем имеются тепловые барьеры.

Совместим с виброконтроллерами CometUSB™ и LaserUSB™ компании LDS.

Характерной чертой вибратора V994 является оснащенный направляющими расширитель стола вибратора.



ПРИМЕНЕНИЕ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ:

- Трехосевые испытания собранных спутниковых систем.
- Испытания авионики и военной техники.
- Испытания динамики конструкций.
- Условия «чистой комнаты».
- Многоосевые способы применения с использованием нескольких вибраторов.

Модель вибратора	V _{Max} -DPA-K	V _{Max} -DPA-K	V _{Max} -DPA-K
Пиковое значение силы при синусоидальной вибрации системы	89 (кН)	160,1 (кН)	289,3 (кН)
Максимальная сила при случайной вибрации системы (СКЗ)	89 (кН)	160,1 (кН)	266,9 (кН)
Максимальное ускорение при синусоидальной вибрации (g)	100	100	75
Пиковое значение скорости при синусоидальной вибрации системы (m/s)	2,0	2,0	2,0
Непрерывное перемещение между пиками (мм)	38,1	38,1	50,8
Вес подвижного элемента (кг)	59,0	130,2	254,9
Используемый диапазон частот (Гц)	Пост. ток – 2500	Пост. ток – 2000	Пост. ток – 1700

Компания LDS предлагает завершённые решения для вибрационных испытаний, включающие вибраторы, усилители и контроллеры. Контроллеры COMETUSB™ и LASERUSB™, а также усилители могут использоваться вибраторами третьих фирм.

Вибраторы с водяным охлаждением способны приложить большие силы, чем вибраторы с воздушным охлаждением эквивалентной мощности. Водяное охлаждение применяется в катушках возбуждения и приводит к более бесшумной работе и более низким температурам корпуса, что минимизирует влияние температуры на испытываемое оборудование и увеличивает продолжительность испытания.

Это делает вибраторы с водяным охлаждением идеальными для тех областей применения, которые требуют испытания более высоких напряжений или больших полезных нагрузок малой продолжительности. Этот вибратор способен также работать при более высокой температуре окружающей среды, что невозможно для вибраторов с воздушным охлаждением.

Отсутствие воздуха, обдувающего вибратор и испытываемое оборудование, делает вибраторы с водяным охлаждением особенно привлекательными для использования в среде «чистых комнат» или при испытаниях опасных материалов.

ИЗОЛЯЦИЯ КОРПУСА LIN-E-AIR™

Изоляция корпуса Lin-E-Air™ является стандартной для вибраторов серии V900 и комбинированных систем. Она уменьшает передачу вибраций вибратора окружающему зданию, снижая требования к сейсмической массе и приводя к более эффективному с точки зрения затрат решению.

Система изоляции Lin-E-Air™ работает одинаково хорошо как в горизонтальных, так и вертикальных приложениях. Комбинация этой двойной системы подвески и линейных направляющих обеспечивает улучшенные рабочие характеристики в поперечном направлении.

СТОЛЫ СКОЛЬЖЕНИЯ И КОМБИНИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ

Широкий ассортимент столов скольжения и комбинированных систем компании LDS удовлетворяет растущей потребности в тщательных трясовых испытаниях. Большинство требований к трясовым испытаниям можно удовлетворить при использовании комбинированной системы с установленным на подвеске вибраторе и стола скольжения, смонтированных на общем основании с воздушной изоляцией. Это обеспечивает соосность стола скольжения и вибратора, обеспечивая легкость монтажа и подвижность всей системы. Когда испытываемая полезная нагрузка является тяжелой или динамически сложной, компания LDS может поставить автономный установленный на подвеске вибратор с отдельным столом скольжения на свисистойойм основании.

Имеются столы скольжения с размерами от 600 мм × 600 мм до 1500 мм × 1500 мм, которые являются стандартными. Другие размеры и конфигурации опор обсуждаются по требованию.



СИСТЕМЫ С НЕСКОЛЬКИМИ ВИБРАТОРАМИ

Вибраторы серии V900 находят все более широкое применение в случаях, в которых используется несколько вибраторов для приведения в действие одного стола скольжения или расширителя стола. К столу скольжения подсовдвнялось до четырех вибраторов, а для привода расширителя стола использовалось два вибратора. Этот подход обладает тем преимуществом, что позволяет прикладывать большие силы к большим полезным нагрузкам, обеспечивая улучшенную частотную характеристику благодаря применению в вибраторе подвижных катушек меньшего размера.

Кроме того, системы с несколькими вибраторами позволяют использовать различные схемы испытаний в точках на нагрузке, что более точно воспроизводит воздействия в реальной эксплуатации, эти системы используются в первую очередь в аэрокосмической промышленности, авионавиге и в оборонной промышленности.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОДВИЖНОСТИ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ ПОДУШЕК

Вариант с применением воздушных подушек позволяет перемещать комбинированную систему вибратора путем надувания воздушных подушек под основанием. Эта система работает как транспортное средство на воздушной подушке, систему можно легко переместить и разместить требуемым образом. При аварийной ситуации предохранительный механизм осуществит сдувание подушек, обеспечив безопасную остановку системы.

Вариант с применением воздушных подушек имеется для установленных на подвеске вибраторов V964, V984 и V994 и для комбинированных систем.

КОММУТИРУЮЩИЕ УСИЛИТЕЛИ МОЩНОСТИ

Обеспечивая контролируемую мощность, необходимую для вибрационных испытаний, усилители DPA-K позволяют вибратором серии V900 достичь максимальных рабочих характеристик, эти усилители могут также использоваться в качестве сигового усилителя для других систем, состоящих из трех частей. Их современная конструкция обеспечивает высокую надежность и прочность, они легко монтируются и просты в эксплуатации. Микропроцессорное управление и функциональный жидкокристаллический дисплей обеспечивают простую настройку и быстрое обнаружение, и устранение неисправностей.

Имея в своем составе работающие параллельно автономные силовые модули, усилители DPA-K отличаются управляемым электронным образом равным разделением токов для минимизации перегрузки и обеспечения максимального КПД в условиях ударных и случайных вибраций. Надежность и рабочая характеристика получают дополнительную пользу от высокой частоты коммутации в 150 кГц, установления экономичного возбуждения и менее, чем 0,8% суммарных гармонических искажений в диапазоне частот от 20 Гц до 3 кГц. Параллельная компоновка силовых модулей обеспечивает также резервирование – система будет продолжать работу в случае отказа какого-либо модуля.



SOLUTION

СИСТЕМЫ ВИБРАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ

Благодаря нашему бренду LDS, выпускающему электродинамические вибростенды, мы можем предложить решения для лабораторных испытаний, полнофункционального модального анализа и расчета конструкций на прочность, анализа вибри и скрежета, испытаний упаковки и нагруженных испытаний.

Наше комплексное решение учитывает все аспекты расчета конструкций на прочность, включая новейшие системы управления, вибростенды и энергоэффективные усилители мощности, которые могут анализировать любые изделия: от узлов до целых систем. Для всего спектра ассортимента решений мы предлагаем глобальную поддержку, обслуживание и обучение.

ВИБРОСТЕНДЫ

Наш стандартный диапазон охватывает вибростенды от 9 до 289 кН. От ручных калибровочных возбудителей с небольшим вибратором с постоянными магнитами до высокопроизводительных установок с воздушным охлаждением и огромных вибростендов с водяным охлаждением, включая самую большую в мире вибростенду. Благодаря впечатляющему ассортименту стандартных и опциональных предложений всегда можно найти решение для удовлетворения любых требований к испытаниям.



Продукт LDS V8900 это новый класс высокомоментного (80 кН) вибростенда с воздушным охлаждением, который был разработан с нуля для бескомпромиссного обеспечения наилучших рабочих характеристик на единицу стоимости: высокое усилие, надежное ограничение опрокидывающего момента, высокая частота и большое смещение.

Компания Brüel&Kjær предлагает самый большой ассортимент вибростендов в мире. Наша линейка продуктов начинается от ручных акселерометрических калибровочных возбудителей на 9 Н до вибростендов мощностью 289 кН с водяным охлаждением и охватывает весь промежуточный интервал.

БЕСПОКОИТЕСЬ О НАДЕЖНОСТИ ПРОДУКЦИИ?

Вибрационные испытания помогут дать ответы на следующие вопросы



Космические технологии

Выдержит ли однотонный спутник сильную вибрацию при запуске на орбиту?



Аэрокосмическая и оборонная промышленность

Каков срок службы этих лопаток турбины реактивного двигателя?



Автомобильная промышленность

Сможет ли аккумуляторная батарея гибридного автомобиля выдержать пробег 250 000 км?



Потребительские товары

Можем ли мы использовать самый дешевый способ монтажа для этой печатной платы?



Испытание упаковки

Будет ли этот тип упаковочного материала гарантировать сохранность телевизора с плоским экраном во время транспортировки?

ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ

Помимо всеобъемлющего стандартного ассортимента мы активно работаем с нашими клиентами, разрабатывая решения по их требованиям. У нас имеется большой опыт в управлении проектами, полученный в самых разных отраслях промышленности, включая космическую, аэрокосмическую, оборонную промышленность, автомобилестроение, производство потребительских товаров и моделирование транспорта.

Революционная квадросистема вибрационных испытаний V9 обеспечивает независимый контроль вибрации в нескольких позициях для одной полезной нагрузки. Усилие более 400 кН при полезной нагрузке 6000 кг.



Мощные, гибкие и экономичные вибрационные контроллеры

ВИБРАЦИОННЫЕ КОНТРОЛЛЕРЫ

Задачи полнофункционального управления и анализа для случайного, гармонического, резонансного и классического вибрационного воздействия. А также воздействия от случая к случаю, синусоидальные, спектральные характеристики ударного перемещения и репликация полных данных - вы выбираете, мы предлагаем!

Попробуйте контроль экссесса для более точного моделирования в реальном мире. Возможность указывать экссесс («привращение» случайного сигнала) обеспечивает более достоверное моделирование реальных сред. Подгонка экссесса также необходима для ускорения испытаний на усталость. Мониторинг усталости защищает само испытываемое изделие и вибростенд. Встроенный монитор усталости, предлагающий беспрецедентный уровень защиты, обнаруживает слабые места или усталость в изделии, креплении или системе вибротестирования.

Имеется возможность управлять усилителями LDS удаленно с помощью ПК. Все усилители могут использоваться на старых LDS и сторонних вибростендах.

УСИЛИТЕЛИ И СМЕННЫЕ УСИЛИТЕЛИ

Ассортимент линейных и цифровых импульсных усилителей LDS отличается энергоэффективной и надежной работой в задачах с требованием к мощности до 280 кВА.

- Линейные усилители мощности.
- Высокопроизводительные импульсные усилители мощности.
- Сменные усилители подходящие для любого вибростенда.

РАСШИРИТЕЛЬНЫЕ ГОЛОВКИ И СТОЛЫ СКОЛЬЖЕНИЯ

Наш ассортимент высококачественных расширительных головок и столов скольжения открывает новые возможности для увеличения эффективной монтажной поверхности, которую можно использовать для размещения испытываемых объектов практически любого размера.

Электродинамический виброгенератор высокой мощности

Виброгенератор LDS V8900



Комбинированный виброгенератор V8900 со скользящим столом HBT

Виброгенератор LDS V8900 идеально подходит для проведения вибрационных и ударных испытаний посредством синусоидального, случайного или импульсного возбуждения. Проводятся системы различной формы в соответствии с требованиями заказчика, например: на цапфе с подвесом Lin-E-Air и редуктором поворота корпуса; в сочетании с горизонтальным гидростатическим скользящим столом; с глушителем вентилятора охлаждения; с системой терморегулирования; с поддержкой «режима тишины».

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИБРОГЕНЕРАТОРА НА ЦАПФЕ (для получения характеристик комбинированного вибростенда следует обратиться к местному представителю компании Brüel & Kjaer)



Виброгенератор V8900 на цапфе

Рабочие параметры	
Диаметр подвижного стола	440 мм (17,3 дюйма)
Синусоидальное усилие (линейное)*	80,0 кН (17 994 фунт-силы)
Сопротивление опрокидывающему моменту	3,0 кНм (26 552 фунт-силы-дюйм)
Макс. ускорение (синусоидальное, линейное)*	980,7 м/с ² (100 g)
Случайное усилие (среднеквадратическое)†	76,2 кН (1730 фунт-сил)
Макс. ускорение (случайное, среднеквадратическое)	686,5 м/с ² (70 g)
Макс. полуимпульсное линейное ударное усилие‡	
С усилителем XPA88K	174,8 кН (39 297 фунт-сил)
С усилителем XPA28K	254,1 кН (57 124 фунт-сил)
Скорость (синусоидальная, линейная)*	
С полной мощностью пола	1,8 м/с (70,9 дюйм/с)
Со сниженной мощностью пола	2,5 м/с (98,4 дюйм/с)
Перемещение	101,6 мм (4,0 дюйма)
Рабочий диапазон частот	От 5 до 3000 Гц
Возможность поддержания нагрузки	800 кг (1763 фунта)
Рекомендуемый усилитель	LDS XPA88K, LDS XPA28K

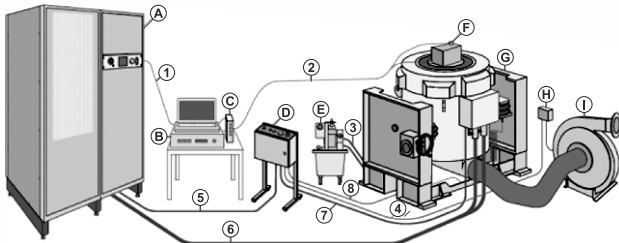
Характеристики	
Частота резонанса подвижной системы (fn)	8000 Гц (номинальная)
Частота резонанса корпуса Lin-E-Air	< 5 Гц
Основная жесткость подвеса	Нулевая
Поперечная жесткость подвеса	28,6 кН/мм (16 330 фунт-сил/дюйм)
Вращательная жесткость подвеса	94,5 кН м/рад. (69 699 фунт-сил фут/рад.)
Масса корпуса виброгенератора	4100 кг (9029 фунтов)
Общая масса	5100 кг (11247 фунтов)
Эффективная масса подвижных элементов	
17 выступов (шестирядный) ястак	77,5 кг (170,9 фунта)
29 выступов (шестирядный) ястак	79,0 кг (174,2 фунта)
Паритетное магнитное поле †	< 1,5 мТл (15 Гц)

* — Приведенные параметры усилия, скорости и ускорения действительны, если виброгенератор используется с рекомендованным усилителем LDS 8900-K.

† — Величины случайного и ударного усилений действительны с полезной нагрузкой 1040 согласно стандарту ISO5344; с длительностью ударных импульсов 2 мс.

‡ — Теоретический максимум, измеренный на расстоянии 150 мм (6 дюймов) над поверхностью стола с полной мощностью пола при нормальной рабочей температуре.

ТИПОВАЯ ВИБРАЦИОННАЯ ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА V8900



Оборудование	Соединения
A – Усилитель*	1 – Управляющий сигнал вибрации от контроллера вибрации к усилителю.
B – Контроллер вибрации†	2 – Сигнал обратной связи от акселерометра(ов) на подвижной системе/полюсной нагрузке.
C – Блок сбора данных‡	3 – Подводящая (и возвратная) малая магистраль для гидростатического подпитки вибродвигателя V8900.
D – Блок управления пневмоподвеской†	4 – CAN-шина для управления включением/отключением вентилятора охлаждения от блока управления пневмоподвеской.
E – Гидравлический насос вибродвигателя*	5 – CAN-шина между усилителем и блоком управления в пневмоподвеске.
F – Акселерометр(ы)	6 – Питание подвижной катушки, катушки подмагничивания и размагничивания от усилителя.
G – Вибродвигатель V8900	7 – Сигналы блокировки, центрирования и управления поддержанием нагрузки.
H – Блок пуска/стоп вентилятора охлаждения*	8 – Поддача воздуха для подвода Lin-E-Air и системы поддержания нагрузки.
I – Вентилятор охлаждения	

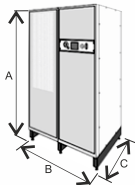
* – Требуется 3-фазный источник питания переменного тока (от 380 до 480 В, 50/60 Гц).

† – Требуется 1-фазный источник питания переменного тока (от 100 до 250 В, 50/60 Гц).

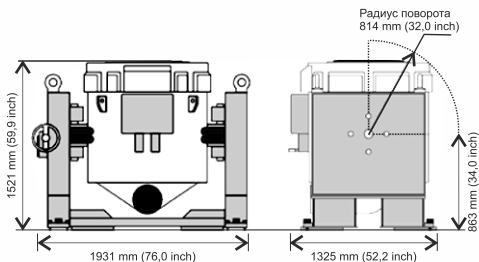
‡ – Требуется подача сухого воздуха под давлением 6,9 бар [100 фунт-сил/дюйм²].

Физические характеристики

Габаритные размеры	
Размер A	1905 мм (75,0 дюйма)
Размер B	1200 мм (47,2 дюйма)
Размер C	824 мм (32,4 дюйма)
Вес при отгрузке	
LDS XPA88K, полностью оборудованный	1100 кг (2425 фунтов)
LDS XPA128K, оборудованный до 88K	1105 кг (2436 фунтов)
LDS XPA128K, полностью оборудованный	1160 кг (2557 фунтов)



Параметры усилителя	LDS XPA88K	LDS XPA128K
Диапазон мощности	88 кВА (номинальная)	128 кВА (импульсная)
Соотношение сигнал/шум	Типовое значение > 68 дБ откл. выходного напряжения 100 ВдФ/С	
Выходное сопротивление	100 кОм (номинальное)	
Суммарный коэффициент нелинейных искажений	От 0,5 до 0,8% при номинальной мощности на номинальной реактивной нагрузке	
Выходная чувствительность	Номинальное значение 10 В для получения выходного напряжения 100 ВдФ.	
Частота коммутации	150 кГц	
Номинальное выходное напряжение	100 ВдФ (аналогичное)	
Нагретый выходной ток	80 А (для аналогового и случайного сигнала) на каждый шаг, равный 8 кВА (шаги на 128 кВА ограничены эффективными значениями тока 800 А)	
Плоско частот, обеспечивающих полную мощность	От 20 до 3000 Гц	
Импульсный выходной ток	240 А на каждый шаг, равный 8 кВА с длительностью 100 мс (шаги на 128 кВА ограничены пиковыми значениями тока 3840 А для кратковременных импульсных испытаний)	
КПД модуля	93%	
Диапазон модуляции	От постоянного тока до 10 кГц	
Защита	Встроенная защита предотвращает работу устройств, подключенных к выходу, в случае превышения предельных значений.	



ФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИБРОГЕНЕРАТОРА

Вставки подвижного стола V8900

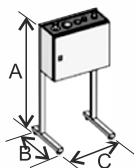
17 выступающих вставок из нержавеющей стали с резьбой M8, M10 или 3/8 UNC

- 1 вставка по центру подвижного стола
- 8 вставок по окружности диаметром 203,2 мм (8 дюймов)**
- 8 вставок по окружности диаметром 406,4 мм (16 дюймов)**

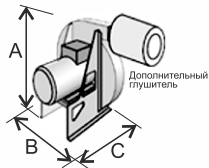
29 выступающих вставок из нержавеющей стали с резьбой M8, M10 или 3/8 UNC

- 1 вставка по центру подвижного стола
- 4 вставки по окружности диаметром 101,6 мм (4 дюйма)**
- 8 вставок по окружности диаметром 203,2 мм (8 дюймов)**
- 8 вставок по окружности диаметром 304,8 мм (12 дюймов)**
- 8 вставок по окружности диаметром 406,4 мм (16 дюймов)**

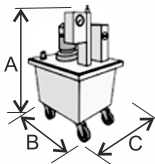
** – диаметр окружности для сверления отверстий.



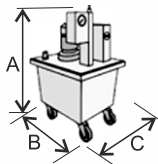
Блок управления пневмоподвесом ††



Вентилятор охлаждения§§



Гидравлический блок виброгенератора



Гидравлический блок скользящего стола§§

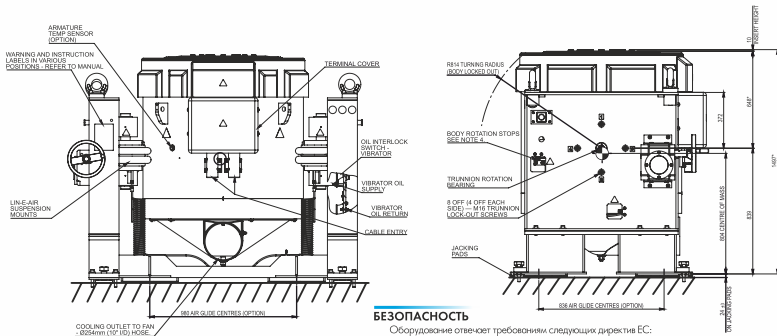
СТАНДАРТНЫЕ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ††

†† – По отдельному заказу доступны следующие принадлежности (не показаны): Защитный комплект LDS, устанавливаемый на основание усилителя и предназначенный для защиты электрического оборудования от повреждения мелкими грызунами; трехфазный изолятор питающей электросети, подходящий для применения в Европе (обратитесь к местному представителю компании Brüel & Kjær).

†† – Блок управления пневмоподвесом включает: интерфейс CAN для соединения с усилителем, аварийный выключатель, регуляторы подвеса Lin-E-Air и системы поддержания нагрузки, индикаторы положения подвижной системы и давления поддержания нагрузки.

§§ – В режиме тишины система может в течение коротких периодов времени работать с отключенным вентилятором, развивая малое усилие, для снижения акустического шума. Акустический корпус для вентилятора охлаждения не выпускается компанией Brüel & Kjær, и при необходимости следует приобрести его у местных производителей.

– Гидравлический блок скользящего стола требуется только для комбинированных систем и является дополнением гидравлического блока виброгенератора, который сам по себе является обязательным компонентом.



БЕЗОПАСНОСТЬ

- Оборудование отвечает требованиям следующих директив ЕС:
- Машинное оборудование: 2006/42/ЕС.
 - Низковольтное оборудование: 2014/35/EU.
 - Электромагнитная совместимость: 2014/30/EU.
 - Спроектировано согласно требованиям стандарта EN 61010-1:2010.

ОЦЕНКА ИСПЫТАНИЯ. ВСТРЯСКА СТАТУСА КВО

SOLUTION



ИНГО ХЕННИГ (INGO HENNIG),
МЕНЕДЖЕР ПО РАБОТЕ С КЛИЕНТАМИ,
RAConsult

«V8900 расширяет возможности группы RAConsult и является сердцем нашей лаборатории в Берлине.

С годами мы получили более сложные нагрузки для испытаний на вибрацию и соударение. Как правило, мы наблюдаем увеличение запросов на сложные и междотраслевые испытания, имеющие отношение к разным областям промышленности».

В течение 15 лет компания RAConsult, имея лаборатории в Германии и Швеции, предоставляет высококачественную поддержку и услуги по проведению независимых испытаний.

Компания предлагает климатические испытания контейнеров с опытными образцами, а также испытания на имитацию транспортировки систем упаковки.

С течением лет, когда компания PAConsult испытала свой первый образец, общая масса и габариты упакованных систем и прототипов, которые нуждаются в испытании, непрерывно растут. В последнее время заказчики желают испытывать прототипы на этапе разработки, чтобы убедиться в их соответствии сертификационным испытаниям на этапе первой бездефектной доставки изделий. Если данный тренд сохранится, это приведет к ожидаемому росту производительности испытательного оборудования и качеству результатов. Кроме того, это означает, что все испытательные системы и сценарии испытаний конструкций в реальном времени должны быть пересмотрены, чтобы обеспечить соответствие увеличению габаритов и допустимых усилий. Говоря другими словами, испытательное оборудование должно быть способно не только справиться с массой нагрузки, но также допускать испытание высоких и массивных конструкций с той силой, которая необходима для успешной проверки конструкции и получения качественных результатов.

Упомянутые тренды широко распространены в промышленности и особенно сказываются в области упаковки и прототипов. Частота проверки систем упаковки с увеличенным объемом и массой постоянно растет. В большинстве отраслей промышленности, которые связаны с поставкой товаров (например, занимающиеся транспортировкой компании, поставщики автомобильной техники, производители медицинского оборудования и другие поставщики) признали необходимость в более строгих требованиях к испытаниям благодаря данным, полученным в результате имитации транспортировки. Чаще всего системы упаковки тестируются на механическое и климатическое сопротивление в соответствии со требованиями Международной ассоциации по обеспечению сохранности при перевозках (ISTA) и международными стандартами ASTM.

В НАСТОЯЩИЙ МОМЕНТ

Чтобы идти в ногу со временем, учитывая ужесточение требований к испытаниям, компания PAConsult инвестировала средства в разработку вибростенда LDS V8900. Основным преимуществом этого оборудования является увеличенная отдача силы (80 кН, что почти в два раза превышает предыдущий предел) и высокая устойчивость к переворачивающему моменту. Некоторые широко участвующие в испытаниях объекты, включая шкафы с оборудованием, блоки переключателей и системы упаковки устанавливаются в европоддонах, которые могут быть до двух метров в высоту. При испытании подобных объектов очень важна высокая устойчивость к опрокидывающему моменту.

Встроенные гидростатические подшипники, которые являются неотъемлемой частью, обеспечивающей высокую устойчивость к переворачивающему моменту, также имеют другие преимущества. Устойчивость облегчает работу с вибростендом, позволяя быстро менять различные удлинитель и оснастку, такую как управляющие штанги, при помощи которых вибростенд соединяется со столом скольжения в горизонтальном направлении таким образом, чтобы можно было испытать нагрузку с большим основанием или опорной поверхностью.

Другим немаловажным преимуществом является возможность быстрой модификации вибростенда. Встроенные системы работают легко и плавно, что снижает время между изменениями конфигурации. Время, необходимое для перенастройки вибростенда из конфигурации для вертикального испытания в горизонтальное, составляет 30 минут для

одного оператора, а возврат обратно в вертикальное положение – 10 минут. Это уменьшает время каждого испытания, что существенно снижает стоимость для заказчика.

БУДУЩИЕ ТРЕНДЫ

С течением лет, когда компания PAConsult испытала свой первый образец, общая масса и габариты упакованных систем и прототипов, которые нуждаются в испытании, непрерывно растут. В последнее время заказчики желают испытывать прототипы на этапе разработки, чтобы убедиться в их соответствии сертификационным испытаниям на этапе первой бездефектной доставки изделий. Если данный тренд сохранится, это приведет к ожидаемому росту производительности испытательного оборудования и качеству результатов. Кроме того, это означает, что все испытательные системы и сценарии испытаний конструкций в реальном времени должны быть пересмотрены, чтобы обеспечить соответствие увеличению габаритов и допустимых усилий. Говоря другими словами, испытательное оборудование должно быть способно не только справиться с массой нагрузки, но также допускать испытание высоких и массивных конструкций с той силой, которая необходима для успешной проверки конструкции и получения качественных результатов.

Упомянутые тренды широко распространены в промышленности и особенно сказываются в области упаковки и прототипов. Частота проверки систем упаковки с увеличенным объемом и массой постоянно растет. В большинстве отраслей промышленности, которые связаны с поставкой товаров (например, занимающиеся транспортировкой компании, поставщики автомобильной техники, производители медицинского оборудования и другие поставщики) признали необходимость в более строгих требованиях к испытаниям благодаря данным, полученным в результате имитации транспортировки. Чаще всего системы упаковки тестируются на механическое и климатическое сопротивление в соответствии со требованиями Международной ассоциации по обеспечению сохранности при перевозках (ISTA) и международными стандартами ASTM.



«Технические параметры испытания, для которых необходим вибростенд, аналогичный V8900, очень скоро становятся стандартными».

ИНГО ХЕННИНГ (INGO HENNIG)

Электродинамические вибрационные системы средней мощности

Вибрационные испытательные системы V8



Виброгенератор V8-440, установленный на шасси с подвесом Lin-E-Air



Комбинированный вибростенд со скользящим столом и расширителем головки с направляющими

Вибрационная испытательная система LDS V8 идеально подходит для проведения вибрационных и ударных испытаний посредством синусоидального, случайного или импульсного возбуждения. Выпускаются системы V8 с размером подвижного стола 440 мм (17,32 дюйма) и 640 мм (25,20 дюйма).

Производятся системы различной формы в соответствии с требованиями заказчика, например, на шасси с подвесом Lin-E-Air и редуктором поворота корпуса; в сочетании с горизонтальным гидростатическим скользящим столом; либо для установки под испытательной камерой.

ДРУГИЕ КОМПОНЕНТЫ

- Комбинированный скользящий стол
 - Ролики с V-образным пазом
 - Воздушная подушка
 - Опора пола камеры
- Глушитель для вентилятора охлаждения вибростенда
- Система терморегулирования
- Расширитель головки

ВЫБОР ТИПА КРЕПЛЕНИЯ

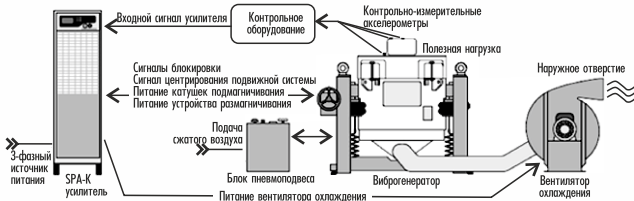
- на основании
- на шасси с пневмоподвесом Lin-E-Air

МАКСИМАЛЬНОЕ РАЗВИВАЕМОЕ УСИЛИЕ РАЗЛИЧНЫХ КОНФИГУРАЦИЙ СИСТЕМЫ

	Синусоидальное усилие (пиковое)		Случайное усилие (среднеквадратическое)*		Полусинусоидальное ударное усилие*	
	V8-440	V8-640	V8-440	V8-640	V8-440	V8-640
С усилителями SPA40K	42,00 кН (9442 фунт-силы)	42,00 кН (9442 фунт-силы)	47,34 кН (10 598 фунт-силы)	39,72 кН (8929 фунт-силы)	84,54 кН (19 005 фунт-силы)	84,70 кН (19 042 фунт-силы)
С усилителями SPA48K	50,40 кН (11 330 фунт-силы)	50,40 кН (11 330 фунт-силы)	56,57 кН (12 718 фунт-силы)	47,66 кН (10 734 фунт-силы)	101,45 кН (22 800 фунт-силы)	101,64 кН (22 850 фунт-силы)
С усилителями SPA56K	57,83 кН (13 000 фунт-силы)	55,60 кН (12 500 фунт-силы)	66,00 кН (14 837 фунт-силы)	55,60 кН (12 500 фунт-силы)	118,35 кН (26 607 фунт-силы)	118,59 кН (26 660 фунт-силы)

* — величины случайного и ударного усилия указаны для полезной нагрузки приблизительно вдвое большей массы, чем масса подвижной системы. Полусинусоидальное ударное усилие рассчитано со стандартной полезной нагрузкой, шириной импульса 2 мс, предварительным/последующим импульсам 10%.

ТИПОВАЯ ВИБРАЦИОННАЯ ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА

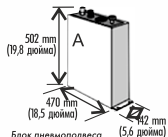


ХАРАКТЕРИСТИКИ УСИЛИТЕЛЯ SPA-K

Диапазон мощности	40 – 56 кВт с шагом 8 кВт
Соотношение сигнал/шум	> 66 дБ отк. выходного напряжения 100 Вэфф.**
Выходное сопротивление	10 кОм, номинальное
Суммарный коэффициент нелинейных искажений	От 0,5 до 0,8% при номинальной мощности на номинальной резистивной нагрузке
Входная чувствительность	10 В для получения выходного напряжения 100 Вэфф.
Частота коммутации	150 кГц
Номинальное выходное напряжение	100 Вэфф. (ампсуальное)
Непрерывный выходной ток	80 А (для синусоидального и случайного сигнала) на каждый шаг, равный 8 кВт
Плюса частот, обеспечивающая полную мощность	От 20 Гц до 3 кГц
Импульсный выходной ток	240 А на каждый шаг, равный 8 кВт, с длительностью 100 мс
КПД	> 90% (без учета питания катушек подмагничивания)
КПД модуля	93%
Диапазон модуляции	От постоянного тока до 10 кГц
Защита	Встроенная защита предотвращает работу устройств, подсоединенных к выходу, в случае превышения предельных значений.
Диапазон рабочих температур	от +5 до 30 °C (от +41 до 86 °F)
Габаритные размеры (В × Ш × Д)	1070 × 537 × 825 мм (74 × 21 × 33 дюйма)

** – если ко входу подключено осяечное сопротивление 10 кОм, а к выходу подключена номинальная резистивная нагрузка.

СТАНДАРТНЫЕ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ



Блок пневмоподвеса (5,6 дюйма)

Содержит:

- Аварийный выключатель.
 - Регулирующий пневмоклапан подвеса Lin-E-Air.
 - Индикатор положения подвижной системы.
 - Регулирующий клапан испытательной нагрузки.
- Вес при отгрузке 20 кг (44 фунта).



	Расხөөеное тепло	Расход охлаждающего воздуха	Макс. потребляемая мощность	Масса
SPA40K	5,1 кВт	0,65 м ³ /с	72,3 кВт	588 кг
SPA48K	5,7 кВт	0,72 м ³ /с	79,6 кВт	599 кг
SPA56K	6,4 кВт	0,80 м ³ /с	80,5 кВт	610 кг

– Включает потребляемую мощность вентилятора охлаждения и вспомогательных систем в стабильном режиме.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИБРОГЕНЕРАТОРА V8

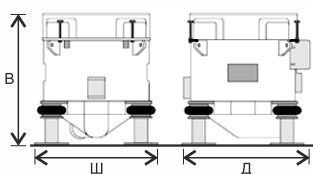
Модель виброгенератора LDS	V8-440	V8-640
Диаметр подвижного стола	440 мм (17,32 дюйма)	640 мм (25,20 дюйма)
Рабочий диапазон частот	От постоянного тока до 2500 Гц	От постоянного тока до 2300 Гц
Частота резонанса подвижной системы (fn)	2000 Гц	1900 Гц
Ускорение (синусоидальное, пиковое)†	1270 м/с ² (140,0 gn)	392 м/с ² (40,0 gn)
Случайное ускорение (среднеквадратическое)‡	980 м/с ² (100,0 gn)	392 м/с ² (40,0 gn)
Эффективная масса подвижных элементов (подвижного стола с выступающими частями)	42,0 кг (92,6 фунта)	47,0 кг (103,6 фунта)
Вращательная жесткость подвода	387 кН м/рад (286 000 фунт-оп фут/рад.)	538 кН м/рад (397 000 фунт-оп фут/рад.)
Поперечная жесткость подвода	27,6 кН/мм (158 000 фунт-оп/дюйм)	29,0 кН/мм (166 000 фунт-оп/дюйм)
Параллельное магнитное поле §	Виброгенератор на основании: < 1,6 мТл (16 Гс) – Виброгенератор на цапфах: < 1,0 мТл (10 Гс)	
Осевая жесткость подвода	20 кН/мм (114 фунт-оп/дюйм)	
Скорость (синусоидальное, пиковое)†	1,8 м/с (70,9 дюйма/с)	
Перевершение (полная амплитуда)‡	63,5 мм (2,5 дюйма)	
Возможности поддержания нагрузки	700 кг (1540 фунтов)	
Масса корпуса	На основании: 3050 кг (6724 фунта) – Цапфы Lin-E-Air: 3250 кг (7165 фунтов)	
Частота резонанса подвода корпуса	Подвес Lin-E-Air: < 5 Гц – Воздушные подушки: < 10 Гц	
Диапазон рабочих температур	от +7 до 30 °C (от +45 до 86 °F)	
Габаритные размеры (В × Ш × Д)	Виброгенератор на цапфах: 1220 × 1693 × 1138 мм (52,0 × 66,6 × 44,8 дюйма) Виброгенератор на основании: 1225 × 1883 × 1341 мм (48,2 × 74,1 × 52,8 дюйма)	

† – Значения скорости и ускорения зависят от усилителя, используемого с виброгенератором.

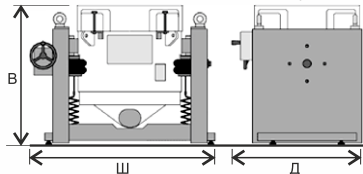
‡ – Перевершение может меняться в зависимости от полезной нагрузки и расположения виброгенератора. Обратитесь в компанию Brüel & Kjær для получения рекомендаций по проведению конкретных испытаний.

§ – Измерено на расстоянии 1 м (3,3 фута) и на высоте 1,6 м (5,2 фута) над уровнем пола в закрытой камере.

V8 на основании



V8 на цапфах Lin-E-Air



ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА, ПИТАНИЕ И БЕЗОПАСНОСТЬ

Параметры окружающей среды	
Макс. уровень шума*	
Виброгенератор	118 дБ(А)
Усилитель SPA-K	74дБ(А)
Вентилятор охлаждения	102дБ(А)
Суммарная рассеиваемая мощность	
Виброгенератор (от корпуса)	2,5кВт
Усилитель SPA-K	см. выше
Вентилятор охлаждения	62,0кВт
Расход охлаждающего воздуха	
Виброгенератор	0,92 м³/с (1950 фут³/мин.)
Усилитель SPA-K	см. выше

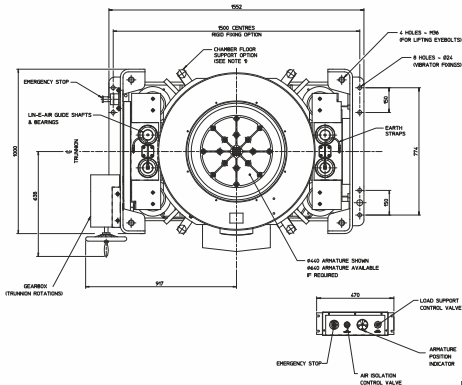
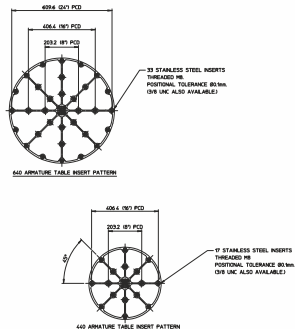
* – Максимальные уровни шума не учитывают шум, который может быть создан полезной нагрузкой, установленной на вибрационной испытательной системе.

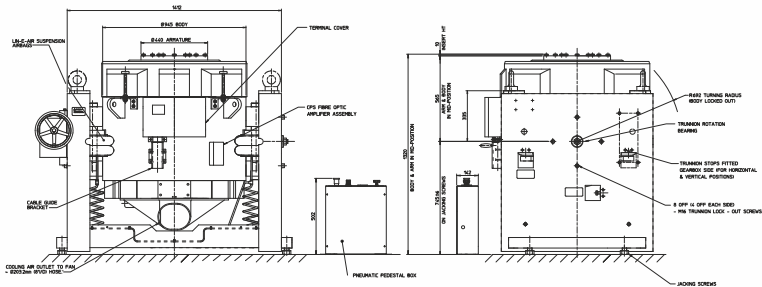
Электронитание и подача сжатого воздуха	
3-фазное питание	Стандартное: От 380 до 500 В Нижельвольтная опция: 50/60 Гц
Подача сжатого воздуха	6,9 бар (100 фунт-сил/дюйм²)

Оборудование отвечает требованиям следующих директив ЕС:

- Машинное оборудование: 2006/42/ЕС.
 - Нижельвольтное оборудование: 2014/35/ЕУ.
 - Электромагнитная совместимость: 2014/30/ЕУ.
- Спроектировано согласно требованиям стандарта EN 61010-1:2010.

	Вентилятор охлаждения V8 на 50 Гц	Вентилятор охлаждения V8 на 60 Гц
Вентилятор охлаждения без глушителя (В x Ш x Д)	1053 × 891 × 736 мм (41,5 × 35,1 × 30,0 дюйма)	876 × 762 × 737 мм (34,5 × 30,0 × 29,0 дюйма)
Вентилятор охлаждения с глушителем (В x Ш x Д)	1112 × 1391 × 764 мм (43,8 × 54,8 × 30,1 дюйма)	955 × 1262 × 764 мм (37,6 × 49,7 × 30,1 дюйма)
Вес вентилятора охлаждения при отгрузке	225 кг (496 фунтов)	198 кг (437 фунтов)





SOLUTION

ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ГИБРИДНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ CHEVY VOLT ВИБРАЦИОННАЯ ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА LDS ИСПОЛЬЗУЕТСЯ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ АККУМУЛЯТОРОВ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ



В современной ультраконкурентной автомобильной промышленности развитие технологий гибридных силовых установок ускоряется по всему миру - и эти технологии будущего требуют применения решений для вибрационных испытаний, способных эффективно выполнять ускоренные циклы эксплуатации даже крупных и полностью функциональных сборок.

В лаборатории испытаний аккумуляторных батарей компании General Motors площадью 3000 м², расположенной в Центре альтернативной энергетики технического центра Уоррена (Уоррен, шт. Мичиган, США), проводятся испытания аккумуляторных элементов и батарей, используемых для электромобилей Chevrolet Volt. Вибрационная испытательная система LDS используется для предсерийной оценки качества и функциональных испытаний целых Т-образных аккумуляторных сборок для электромобилей, предназначенных для установки под днищем. Вес аккумуляторного блока может превышать 190 кг.



Компания General Motors, один из крупнейших в мире автопроизводителей, начала свою деятельность еще в 1908 году. GM и ее стратегические партнеры производят легковые и грузовые автомобили в 34 странах, осуществляя продажу и сервисное обслуживание этих автомобилей под следующими марками – Buick, Cadillac, Chevrolet, GMC, GM Daewoo, Holden, Opel, Vauxhal и Wuling.

Chevrolet Volt является электромобилем. Являясь идейным и технологическим прототипом первой модели электромобиля EVI, он запущен в производство с ноября 2010 года был оборудован электрической силовой установкой «Voltec» с увеличенным запасом хода.

Энтони Каллен работал в компании GM на протяжении 20 лет, главным образом на испытательном полигоне Милфорд. Он начал работу в лаборатории вибрационного испытания аккумуляторов GM-Volt с момента ее открытия. Эта современная лаборатория начала работу в январе 2009 года и была использована более чем 1000 специалистами для испытания аккумуляторных элементов, модулей и целых батарей.

По словам Энтони разработка модели Volt уникальна за счет его бортового генератора. Он использует кинетическую энергию для зарядки литий-ионных аккумуляторов, и стандартная модель Volt при движении в городских условиях обеспечивает запас хода 40 миль (64 км) при полностью заряженном аккумуляторе. Как только энергия, запасенная аккумулятором, достигает определенного предела, бортовой бензиновый двигатель объемом 1,4 литра запускается и обеспечивает работу генератора для подзарядки аккумулятора. При этом двигатель и генератор вырабатывают энергию для движения автомобиля, и все это автоматически контролируется сложными бортовыми компьютерными системами.



Новая версия Chevrolet Volt – кроссовер Volt MPV5 – был представлен на выставке Auto China Motor Show в апреле 2010 года. Он способен преодолеть расстояние в 32 мили (51,5 км) на чистом электрическом приводе. Когда аккумулятор разряжается, задействуется генератор с 1,4-литровым двигателем, поддерживающий заряд аккумулятора и обеспечивающий запас хода до 482 км на электрическом приводе.



T-образная батарея может весить до 190 кг

Поскольку электрификация автомобилей продолжает набирать обороты, компания GM развивает собственное понимание важности наиболее дорогостоящих компонентов любого электромобиля – батареи – реализуя свои планы относительно предприятий в округе Брунстун.

T-образные батарейные блоки весят свыше 400 фунтов, оборудованы водяным охлаждением и имеют

емкость около 400 А/ч при напряжении 400 В. В лаборатории они подвергаются испытаниям в экстремальных условиях – высокой и низкой температуре, экстремальной влажности и различных дорожных условиях – чтобы определить их долговечность при эксплуатации в автомобиле.

ВИБРАЦИОННАЯ ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА LDS

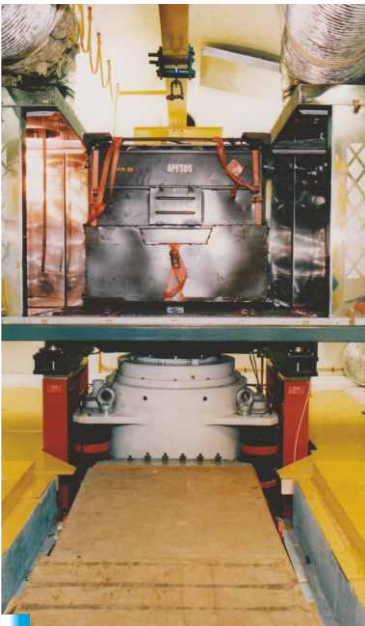
Энтони поясняет задачи, стоящие перед его командой: «Основная задача лаборатории вибрационных испытаний заключается в проверке долговечности аккумуляторов посредством имитации условий их эксплуатации. Целевой срок службы аккумуляторной батареи составляет десять лет. Помимо вибрации, выполняются различные другие испытания, такие как испытания на тепловую и механическую усталость. Испытание случайной вибрацией выполняется в течение 48 часов, т.е. это 48 часов воздействия случайной вибрации и ударных импульсов. Данные для создания сигнала виброгенератора получают на испытательном полигоне

GM с автомобиля Volt. Испытание аккумулятора проводится по осям x, y и z поочередно, и по каждой оси испытание занимает 16 часов».

Вибрационные испытания также проводятся в климатической камере, в которой температура и влажность строго и точно контролируются. Температура в климатической камере изменяется в диапазоне от -30°C до $+78^{\circ}\text{C}$, и каждое 16-часовое испытание проводится в контролируемых условиях температуры и влажности.

Для выполнения требований компании GM, предъявляемых к испытаниям, используемая система должна обладать высокой производительностью и

универсальностью, и легко адаптироваться к различным условиям испытаний крупногабаритной тяжелой полезной нагрузки по нескольким осям. Используемая вибрационная испытательная система LDS полностью отвечает требованиям компании GM, предъявляемым к высоконагруженной системе, способной выполнять испытания на ускоренное старение, имитируя весь срок службы в автомобиле. Они включают в себя многодневные непрерывные испытания при очень высоком уровне вибрации и экстремальных температурах.



ПРЕДСЕРИЙНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ БАТАРЕИ

Система используется для предсерийной оценки качества и функциональных испытаний целых Т-образных аккумуляторных сборок для электромобилей, предназначенных для установки под днищем.

Испытания выполняются непрерывно в течение нескольких дней в климатической камере с циклическим изменением температуры в широком диапазоне. Одним из обязательных требований, предъявляемых к системе, была способность поддерживать уровень вибрации в несколько g в непрерывном режиме с уровнем эксцесса до 7.

В процессе испытаний аккумулятор подвергается непрерывным циклам зарядки и разрядки для имитации обычных условий эксплуатации. Все полученные данные анализируются специалистами компании GIM.

РЕШЕНИЕ

- Система LDS V8-640 с усилителем SPA-56K. Уровень испытательного усилия 55,6 кН в случайном и синусоидальном режиме.
- Два расширителя головки разных размеров позволяют устанавливать полезную нагрузку размером до 1,8 × 1,8 м (6 × 6 футов).
 - Два скользящих стола также позволяют устанавливать полезную нагрузку размером до 1,8 × 2,4 м (6 × 7,8 футов).
- Два акселерометра DeltaTron® типа 4513 используются для организации обратной связи системы управления.
 - Пять миниатюрных трехосных акселерометров DeltaTron® типа 4524 устанавливаются на аккумуляторный блок для мониторинга в реальном времени и последующего анализа данных.

Одно из главных преимуществ этой вибрационной системы заключается в том, что, как правило, требуется меньше двух часов, чтобы перевести скользящий стол из горизонтального положения в вертикальное. Смещение является критически важным. Профили испытаний по горизонтальной и вертикальной осям немного различаются. Расширитель головки и его узлы поднят на шесть дюймов над подвижной системой за счет воздушных подушек между направляющей рамой расширителя головки и основанием виброгенератора. Поэтому вся процедура заключается в перемещении испытательного образца, повороте виброгенератора и его креплении к скользящему столу. Обычно такая процедура потребовала бы выкручивания всех болтов расширителя головки и рамы, полного снятия расширителя головки и узла направляющих, и повторной сборки в новой конфигурации. В число других критериев приобретения данной системы входили:

- Большой размер расширителя головки и скользящего стола для удобного размещения крупных аккумуляторных блоков.
 - Универсальность. Систему можно быстро преобразовать для испытания небольших компонентов, используя расширитель и скользящий стол меньшего размера.
 - Возможность значительно сокращать длительность испытаний, благодаря способности контроллера к поддержанию необходимого уровня эксцесса.
 - Способность работать при экстремальных температурах от -40 до +140 °C.
 - Способность выдерживать тяжелую нагрузку со смещением относительно центра.
- Местное сервисное обслуживание и техническая поддержка. Поддержка при решении прикладных задач и техническом обслуживании виброгенератора гарантирует максимальный срок службы.

Испытательная лаборатория в Уоррене работает 24 часа в сутки и оборудована системами автоматического отклонения в случае возникновения любых неполадок. Вибрационная испытательная камера используется ежедневно, включая выходные дни. Ее настройку выполняют днем, а испытания проводятся ночью.

Вибрационные испытательные системы V875

Вибрационная испытательная система LDS V875 идеально подходит для проведения вибрационных и ударных испытаний посредством синусоидального, случайного или импульсного возбуждения. Системы V875 могут быть оборудованы подвижным столом размером 240 мм (9,45 дюйма), 440 мм (17,32 дюйма) и 640 мм (25,20 дюйма).

Производятся системы различной формы в соответствии с требованиями заказчика, например: на цапфе с подвесом Lin-E-Air и редуктором поворота корпуса; в сочетании с горизонтальным гидростатическим скользящим столом; либо для установки под испытательной камерой.



Виброгенератор V875 на цапфе с редуктором поворота корпуса (и подключаемым блоком пневмоподвеса спереди)

ДРУГИЕ КОМПОНЕНТЫ

- Комбинированный скользящий стол.
- Ролики с V-образным лазом.
- Воздушная подушка.
- Опора пола коверы.
- Глушитель для вентилятора охлаждения вибростенда.
- Система терморегулирования.
- Расширитель головки.

ВЫБОР ТИПА КРЕПЛЕНИЯ

- на основании;
- на цапфе с пневмоподвесом Lin-E-Air.



Виброгенератор V875 на комбинированном основании с гидростатическим скользящим столом

	Используемый усилитель	SPA8K	SPA16K	SPA24K	SPA32K	SPA40K
Синусоидальное ударное (полносинус)	Виброгенератор V875-240	7,74 кН (1740 фунт-сил)	15,44 кН (3470 фунт-сил)	23,18 кН (5200 фунт-сил)	30,87 кН (6940 фунт-сил)	35,59 кН (8000 фунт-сил)
	Виброгенератор V875-440	7,74 кН (1740 фунт-сил)	15,44 кН (3470 фунт-сил)	23,18 кН (5200 фунт-сил)	30,87 кН (6940 фунт-сил)	35,59 кН (8000 фунт-сил)
	Виброгенератор V875-640	7,74 кН (1740 фунт-сил)	15,44 кН (3470 фунт-сил)	23,18 кН (5200 фунт-сил)	30,87 кН (6940 фунт-сил)	35,59 кН (8000 фунт-сил)
Случайное ударное (пределамплитудное)	Виброгенератор V875-640EF	—	—	—	—	37,81 кН (8500 фунт-сил)
	Виброгенератор V875-240	9,23 кН (2074 фунт-сил)	18,45 кН (4147 фунт-сил)	27,67 кН (6201 фунт-сил)	36,89 кН (8270 фунт-сил)	36,14 кН (8100 фунт-сил)
	Виброгенератор V875-440	10,28 кН (2311 фунт-сил)	20,56 кН (4622 фунт-сил)	30,84 кН (6933 фунт-сил)	35,59 кН (8000 фунт-сил)	35,59 кН (8000 фунт-сил)
Полусинусоидальное ударное (пределамплитудное)	Виброгенератор V875-640	8,17 кН (1836 фунт-сил)	16,33 кН (3672 фунт-сил)	24,51 кН (5509 фунт-сил)	31,14 кН (7 000 фунт-сил)	31,14 кН (7 000 фунт-сил)
	Виброгенератор V875-640EF	—	—	—	—	37,81 кН (8500 фунт-сил)
	Виброгенератор V875-240	16,45 кН (3697 фунт-сил)	32,89 кН (7393 фунт-сил)	49,3 кН (11 090 фунт-сил)	65,77 кН (14 786 фунт-сил)	82,23 кН (18 485 фунт-сил)
Виброгенератор V875-440	16,86 кН (3791 фунт-сил)	33,73 кН (7582 фунт-сил)	50,6 кН (11 373 фунт-сил)	67,46 кН (15 165 фунт-сил)	84,33 кН (18 958 фунт-сил)	
Виброгенератор V875-640	16,74 кН (3764 фунт-сил)	33,49 кН (7529 фунт-сил)	50,2 кН (11 295 фунт-сил)	66,98 кН (15 057 фунт-сил)	83,72 кН (18 822 фунт-сил)	
Виброгенератор V875-640EF	—	—	—	—	82,99 кН (18 657 фунт-сил)	

* – Величины случайного и ударного усилия указаны для полезной нагрузки приблизительно вдвое большей массы, чем масса подвижной системы. Полу-синусоидальное ударное усилие рассчитано со стандартной полезной нагрузкой, шириной импульса 2 мс, предварительным/последующим импульсом 10%.

ТИПОВАЯ ВИБРАЦИОННАЯ ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА



ХАРАКТЕРИСТИКИ УСИЛИТЕЛЯ SPA-K

Диапазон мощности	8 – 40 кВт с выходом 8 кВт
Соотношение сигнал/шум	> 68 дБ отк. выходного напряжения 100 Вэфф.**
Выходное сопротивление	10 Ом (номинальное)
Суммарный коэффициент гармонических искажений	От 0,5 до 0,8 % при номинальной мощности на номинальной резонансной нагрузке
Выходная чувствительность	1,0 В на получение выходного напряжения 100 Вэфф.
Частота коммутации	150 кГц
Номинальное выходное напряжение	100 Вэфф. (синусоидальное)
Нагретый выходной ток	80 А (ср. кв.) для синусоидального и случайного сигнала на каждый шаг, равный 8 кВт
Плюса частот, обеспечивающая полную мощность	от 20 Гц до 3 кГц
Импульсный выходной ток	240 А на каждый шаг, равный 8 кВт, с длительностью 100 мкс
КПД модуля	93%
Диапазон модуляции	от постоянного тока до 10 кГц
Защита	Встроенная защита предотвращает работу устройств, подключенных к выходу, в случае превышения предельных значений.
Диапазон рабочих температур	от +5 до 30 °C (от +41 до 86 °F)
Габаритные размеры (В × Ш × Д)	1870 × 537 × 825 мм (74 × 21 × 33 дюйма)

** – Если ко входу подключено эквивалентное сопротивление 10 Ом, а к выходу подключена номинальная резонансная нагрузка.

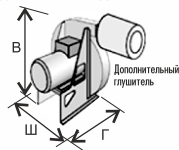
	Расширенное тепло	Расход охлаждающего воздуха	Макс. потребляемая мощность #	Масса
SPA8K	2,4 кВт	0,42 м³/с	36,1 кВт	544 кг (1199 фунтов)
SPA16K	3,0 кВт	0,42 м³/с	43,3 кВт	555 кг (1224 фунтов)
SPA24K	3,7 кВт	0,50 м³/с	50,5 кВт	566 кг (1248 фунтов)
SPA32K	4,3 кВт	0,57 м³/с	57,7 кВт	577 кг (1272 фунтов)
SPA40K	4,9 кВт	0,65 м³/с	64,8 кВт	588 кг (1296 фунтов)

– включает потребляемую мощность вентилятора охлаждения и вспомогательных систем в стабильном режиме.

СТАНДАРТНЫЕ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ



Блок пневмоподвеса (5,6 дюйма)



Вентилятор охлаждения виброгенератора

Содержит:

- Аварийный выключатель.
 - Регулирующий пневмоклапан подвеса Lin-E-Air.
 - Индикатор положения подвижной системы.
 - Регулирующий клапан испытательной нагрузки.
- Вес при отгрузке 20 кг (44 фунта).

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИБРОГЕНЕРАТОРА V875

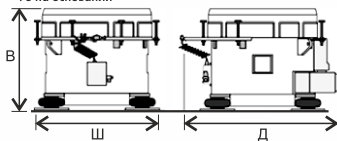
Модель виброгенератора LDS	V875-240	V875-440	V875-640	V875-640EF
Диаметр подвижного стола	240 мм (9,45 дюйма)	440 мм (17,32 дюйма)	640 мм (25,20 дюйма)	640 мм (25,20 дюйма)
Рабочий диапазон частот	От постоянного тока до 3000 Гц		От постоянного тока до 2400 Гц	От постоянного тока до 2300 Гц
Частота резонанса подвижной системы (fn)	2280 Гц	2650 Гц	2200 Гц	1650 Гц
Скорость (анюусидальная, ликовая)†	2,0 м/с (78,7 дюйма/с)		1,8 м/с (70,9 дюйма/с)	
Ускорение (анюусидальное, ликовое)†	1600 м/с ² (163,0 gn)	1080 м/с ² (110,0 gn)	490 м/с ² (50,0 gn)	490 м/с ² (50,0 gn)
Случайное ускорение (среднеквадратическое)†	1176 м/с ² (120,0 gn)	735 м/с ² (75,0 gn)	490 м/с ² (50,0 gn)	490 м/с ² (50,0 gn)
Эффективная масса подвижных элементов				
Подвижный стол с выступающими вставками	22,3 кг (49,2 фунта)	31,6 кг (69,7 фунта)	40,8 кг (90,0 фунта)	63,3 кг (139,3 фунта)
Подвижный стол с выступающими вставками	—	32,2 кг (71,0 фунта)	42,5 кг (93,7 фунта)	65,0 кг (143,3 фунта)
Вращательная жесткость подвеса	32 кН м/рад. (23 300 фунт-сил фут/рад.)		339 кН м/рад. (250 000 фунт-сил фут/рад.)	
Поперечная жесткость подвеса	2,2 кН/мм (2 700 фунт-сил/дюйм)		5,9 кН/мм (34 000 фунт-сил/дюйм)	
Параллельное магнитное поле §	< 1,5 мТл (15 Гц); с опцией снижения магнитного поля: < 0,8 мТл (8 Гц)		< 2,0 мТл (20 Гц); с опцией снижения магнитного поля: < 0,8 мТл (8 Гц)	
Осевая жесткость подвеса	79 Н/мм (450 фунт-сил/дюйм)		350 Н/мм (2000 фунт-сил/дюйм)	
Перемещение (полная амплитуда)‡	50,8 мм (2,0 дюйма)			
Возможности поддержания нагрузки	600 кг (1323 фунта)			
Масса корпуса	С цельными цапфами: 2200 кг (4850 фунтов) — С цапфами Lin-E-Air: 2260 кг (4982 фунта)			
Частота резонанса подвеса корпуса	Подвес Lin-E-Air: < 5 Гц — Воздушные подушки: < 10 Гц			
Диапазон рабочих температур	от +7 до 30 °C (от +45 до 86 °F)			
Габаритные размеры (В × Ш × Д)	Виброгенератор на цапфах: 1146 × 1358 × 1042 мм (45,1 × 53,5 × 40,9 дюйма). Виброгенератор на основании: 838 × 1042 × 1266 мм (33,0 × 41,0 × 49,8 дюйма)			

† — Значения скорости и ускорения зависят от усилителя, используемого с виброгенератором.

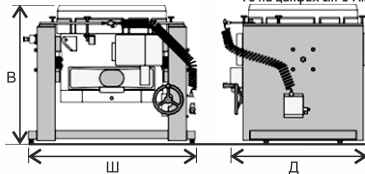
‡ — Перемещение может меняться в зависимости от полезной нагрузки и расположения виброгенератора. Обратитесь в компанию Brüel & Kjær для получения рекомендаций по проведению конкретных испытаний.

§ — Измерено на расстоянии 1 м (3,3 фута) и на высоте 1,6 м (5,2 фута) над уровнем пола в закрытой камере.

V8 на основании



V8 на цапфах Lin-E-Air



Оборудование отвечает требованиям следующих директив ЕС:

- Машинное оборудование: 2006/42/ЕС.
- Низковольтное оборудование: 2014/35/EU.
- Электромагнитная совместимость: 2014/30/EU.
- Спроектировано согласно требованиям стандарта EN 61010-1:2010
- Максимальные уровни шума не учитывают шум, который может быть создан полезной нагрузкой, установленной на вибродиагностической испытательной системе.

	Вентилятор охлаждения V075 на 50 Гц	Вентилятор охлаждения V075 на 60 Гц
Вентилятор охлаждения без глушителя (В × Ш × Д)	914 × 783 × 594 мм (36,0 × 30,8 × 23,4 дюйма)	782 × 705 × 577 мм (30,8 × 27,8 × 22,7 дюйма)
Вентилятор охлаждения с глушителем (В × Ш × Д)	991 × 1283 × 647 мм (39,0 × 50,5 × 25,5 дюйма)	873 × 1205 × 639 мм (34,4 × 47,4 × 25,2 дюйма)
Вес вентилятора охлаждения при отгрузке	181 кг (399 фунтов)	181 кг (399 фунтов)

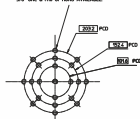
Электрические и подача сжатого воздуха	
3-фазное питание	Стандартное: От 380 до 500 В, 50/60 Гц Низковольтная опция: От 200 до 220 В, 50/60 Гц
Подача сжатого воздуха	6,9 бар (100 фунт-сил/дюйм ²)

ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА, ПИТАНИЕ И БЕЗОПАСНОСТЬ

Параметры окружающей среды	
Макс. уровень шума*	
Вибратор	108 дБ(А)
Усилитель SPA-K	72 дБ(А)
Вентилятор охлаждения	99 дБ(А)
Суммарная звуковая мощность	
Виброгенератор (от корпуса)	1,86 кВт
Усилитель SPA-K	ок. 6кВт
Вентилятор охлаждения	25,00 кВт
Расход охлаждающего воздуха	
Виброгенератор	0,57 м ³ /с (200 фут ³ /мин.)
Усилитель SPA-K	ок. 6кВт

* - Максимальные уровни шума не учитывают шум, который может быть создан полезной нагрузкой, установленной на вибродиагностической системе.

31 POSITIONS - STAINLESS STEEL INSERTS P/USH OR HEADED THREADED M8 x 125 PITCH POSITIONAL TOLERANCE 0/±0.08 OF TRUE POSITION 3/4P UNC & H/D OPTIONS AVAILABLE



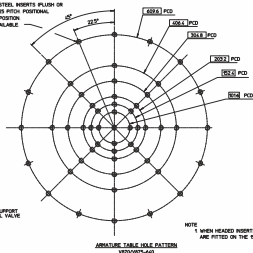
APPARATUS TABLE HOLE PATTERN
31000000-001

37 POSITIONS - STAINLESS STEEL INSERTS P/USH OR HEADED THREADED M8 x 125 PITCH POSITIONAL TOLERANCE 0/±0.08 OF TRUE POSITION 3/4P UNC & H/D OPTIONS AVAILABLE

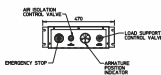
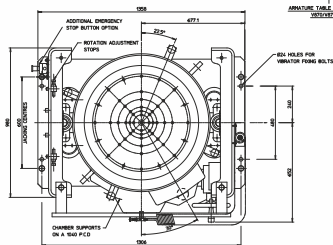


APPARATUS TABLE HOLE PATTERN
31000000-002

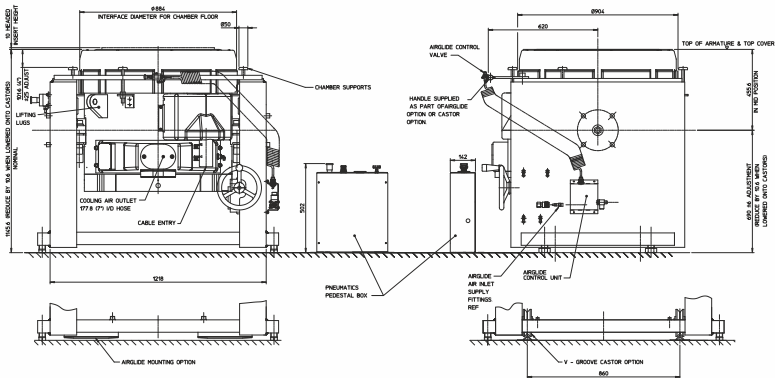
33 POSITIONS - STAINLESS STEEL INSERTS P/USH OR HEADED THREADED M8 x 125 PITCH POSITIONAL TOLERANCE 0/±0.08 OF TRUE POSITION 3/4P UNC & H/D OPTIONS AVAILABLE



APPARATUS TABLE HOLE PATTERN
31000000-003



NOTE
1 WHEN HEADED INSERTS ARE SUPPLIED NONE ARE FITTED ON THE G24 PCD



SOLUTION

ВИБРАЦИОННАЯ ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА КОМПАНИИ CARLISLE INTERCONNECT TECHNOLOGIES ОБЕСПЕЧИВАЕТ БЫСТРЫЙ ВОЗВРАТ ИНВЕСТИЦИЙ

После инвестиций в вибрационную испытательную систему проектная группа компании Carlisle Interconnect Technologies существенно выиграла за счет появления широкого выбора новых возможностей по проведению испытаний. Помимо возможности проведения испытаний, необходимых для многих специалистов, работающих в составе группы, теперь они способны предложить услуги по проведению испытаний для других филированных компаний.

Компания Carlisle Interconnect Technologies сама по себе работает в нескольких ключевых сферах бизнеса, главной из которых является проектирование и производство электрических проводов, кабелей и разъемов влож до уровня полностью укомплектованных, высокотехнологичных узлов оборудования для монтажа в стойку. К важным сферам бизнеса относятся:

- Авиакосмическая промышленность – производство стоек оборудования, систем и компонентов.
- Испытательные и измерительные решения – полный перечень услуг инженерного проектирования.
- Медицинская электроника – системы пульсовой оксиметрии, мониторинг ЭКГ, обработка рентгенографических и томографических изображений.



«Основным преимуществом данной инвестиции стало сокращение времени, необходимого для оценки качества и сертификации новой продукции, на несколько месяцев»



Роб ДеГраф, аналитик отдела машиностроения



«Мы посчитали, что решение компании Brüel & Kjær является наиболее функциональным за наилучшую цену и способно выполнять очень широкий спектр испытаний. Она была введена в эксплуатацию всего шесть месяцев назад и уже полностью окупила себя»

Джефф Белендорф,
руководитель отдела авиационного и
ОЕМ-оборудования



В число около 8000 клиентов компании Carlisle Interconnect Technologies входит компания Airbus, для которой они построили такие стойки оборудования, как те, которые содержат пассажирские развлекательные системы на авиалайнере Airbus A380. В число других широко известных клиентов входят Boeing, Lockheed Martin, Gulfstream, Learjet, Rockwell, Honeywell и Northrop Grumman.

По меньшей мере 90 процентов их бизнеса связано с модернизацией существующих воздушных судов на вторичном рынке, уделяя особое внимание обновлению развлекательных систем, авионики и спутниковой связи. В настоящее время бизнес этой компании примерно на 80 процентов является коммерческим, и на 20 процентов относится к оборонному сектору.

«Мы посчитали, что решение компании Brüel & Kjær является наиболее функциональным за наилучшую цену и способно выполнять очень широкий спектр испытаний» — Джефф Белендорф, руководитель отдела авиационного и OEM-оборудования Франклина, штат Висконсин, — город, в котором производится и испытываются системы авиационных стоек и лотков оборудования для предприятий авиационного комплекса. В нем также находится полигон для вибрационных испытаний, на котором

специалисты проводят акустические и вибрационные испытания для участников группы компаний Carlisle, а также других компаний, которым они также предлагают свои услуги.

Из 235 человек, работающих здесь, проектная группа Франклина состоит из 65. В среднем, выполняя около 30 проектов одновременно, они очень заняты, и в настоящее время занимаются программой для авиалайнеров Airbus 350 и Boeing 787 Dreamliner - и быстро продвигаются.

Для изготовления систем стоек и лотков оборудования самолетов используется штампованный и гофрированный листовой алюминий, подвергнутый химической обработке. Они производят стойки оборудования из металла и композитных материалов весом до 90 килограммов без оборудования. Типовой масштаб серийного производства составляет 50–100 компонентов, но в случае некоторых изделий производится тысячи компонентов.

Скорость и качество в данном случае имеют равное значение, а как говорит Джефф Белендорф, руководитель отдела авиационного и OEM-оборудования, «Наше среднее время обработки заказа от согласования чертежей до поставки ключевой продукции составляет около месяца, и мы очень гордимся этим».

ВИБРАЦИОННАЯ ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА

Эти системы главным образом используются для испытания решений на этапе проектирования и разработки, особенно для имитации полного эксплуатационного цикла, главным образом на основании стандартных промышленных профилей испытаний.

Как и во всем, что связано с авиационной промышленностью, выполняются требовательные и точно заданные испытания в соответствии со стандартами клиентов и промышленностью, включая ударные испытания для имитации таких событий, как разрыв покрышки шасси самолета на взлетно-посадочной полосе.

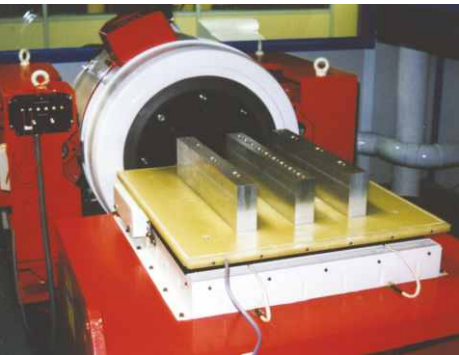
Проектная группа во Франклине использует эту вибрационную испытательную систему для проверки разъемов, проводных жгутов, металлических модулей и

кранштейнов. Благодаря экономии времени, обеспечиваемому этой системой, и возможности оказания услуг по проведению испытаний для внешних клиентов авиационной отрасли, Джефф Белендорф доволен ее приобретением. Он сказал, «Она была введена в эксплуатацию всего шесть месяцев назад и уже полностью окупила себя».

Во время испытания алюминиевых лотков, показанных на рисунке, имитируется размер и масса нагрузки, которую они будут нести в реальных условиях эксплуатации. Обладая возможностью выбора применения скальпящего стола или головки самого виброгенератора V875, они могут проводить испытания многих различных изделий в различных условиях.



Вибрационная испытательная система компании Carlisle состоит из электромеханического виброгенератора Y875 с воздушным охлаждением, оборудованного расширителем головки и скользящим столом для размещения крупногабаритных испытуемых объектов. Контроллер, действующий под управлением программного обеспечения, созданного для проведения специализированных испытаний, генерирует сигнал для усилителя мощности (справа), который приводит в действие виброгенератор. Акселерометры типа 4513 контролируют фактическое перемещение испытуемого объекта.



СТРОГИЕ СТАНДАРТЫ

Как и клиенты из сферы авиакосмической промышленности, их клиенты из сферы медицинской промышленности также очень требовательны. «Медицинская промышленность тесно связана с авиакосмической сферой, и мы проводим испытания для нашего медицинского подразделения во Франкфурте. Оно имеет невысокие объемы заказов, но стандарты при работе с такими компаниями, как GE Medical Systems, очень требовательны – чрезвычайно высоки», говорит Джефф Белендорф.

ПРИОБРЕТЕНИЕ СИСТЕМЫ Brüel & Kjær

Эта вибрационная испытательная система была установлена в феврале 2010 года и была введена в эксплуатацию без малейших проблем и с опережением графика – к удовлетворению Джеффа Белендорфа, который работал в процессе приобретения. Он описал решение о выборе именно этой системы среди конкурентов, сказав: «Мы посчитали, что решение компании Brüel & Kjær является наиболее функциональным за наилучшую цену и способно выполнять очень широкий спектр испытаний». Они пришли к этому решению, потому что, как сказал Джефф Белендорф, «Компания Brüel & Kjær предложила более выгодное решение, чем конкуренты».

ТИПЫ ИСПЫТАНИЙ

Синусоидальная вибрация – эти испытания используются для проверки винтовых воздушных судов, имитируя авторотацию (дисбаланс двигателя в полете) и взрывы шин.

- До 3628 кг (8000 фунтов)
- Ускорение 9g
- Полный ход 75 мм

Случайная вибрация – используется для проверки компонентов реактивных воздушных судов.

- До 3311 кг (7300 фунтов)
- Ускорение 7,6 g
- До 2 кг/ц

Синусоидально-случайная вибрация – используется для проверки компонентов винтовых воздушных судов.

Случайно-случайная вибрация – используется для проверки компонентов вертолетов и боевых машин.

- Классические ударные испытания:
- До 9933 кг (21900 фунтов)
- Конечный пилообразный сигнал
- Импульс
- Полуциноидальный импульс
- Спектр ударного отклика

Короткое испытание длительностью 36 секунд с частотой до 27 Гц. Включает имитацию взрыва шины шасси при посадке, который, очевидно, может вызвать значительный удар. Наибольшая длительность испытаний, обычно, составляет 12 часов, а наименьшая частота колебаний составляет 2–30 Гц.

Для проектной группы во Франкфурте очень важно показать своим клиентам, на что они готовы пойти, чтобы гарантировать качество своей продукции. Как сказал Роб ДеГрэйв, аналитик отдела машиностроения, «Клиенты часто по своему желанию лично присутствуют при проведении испытаний, и очень легко отвлекаются от системы и условий испытаний». Они разработали специальную испытательную комнату, в которой очень тихо, что помогает формировать хорошее впечатление у клиентов.

Все испытания проводятся в соответствии с действующими промышленными стандартами, установленными для вертолетов, реактивных самолетов, турбореактивных самолетов и космических аппаратов, а также согласно точно заданным требованиям клиентов для каждого типа воздушного судна. Производители и операторы авиакосмической отрасли требуют ведения очень формализованных и специфических отчетов об испытаниях, помимо которых, данные всех испытаний хранятся на протяжении всего срока эксплуатации воздушного судна. Отчеты об испытаниях могут содержать до 100 страниц подробной информации, а также могут включать в себя фотографии и видеоролики. Они включают трехмерные модели CAD, анализа методом конечных элементов и критерии модального поиска.

Вибростенды LDS V830 и V850

Вибростенды серии V830 и V850 являются идеальными для испытаний на вибрацию и механические соударения с применением синусоидального, случайного или импульсного возбуждения.

Вибростенды V830 имеют стол диаметром 185 мм (7,28 дюйма) и 335 мм (13,19 дюйма). Вибростенды V850 имеют стол диаметром 240 мм (9,45 дюйма) и 440 мм (17,32 дюйма).

Системы доступны в различных исполнениях, точно соответствующем требованиям заказчика, например: установка на цапфе с виброизоляторами Lin-E-Air и редуктором для поворота корпуса; объединение с горизонтальным гидростатическим столом скольжения; или адаптация к работе внутри климатической камеры.



Вибростенд V830



Вибростенд V850

ВАРИАНТЫ УСТАНОВКИ

- на основании
- на цапфе с виброизоляторами Lin-E-Air

ДРУГИЕ КОМПОНЕНТЫ

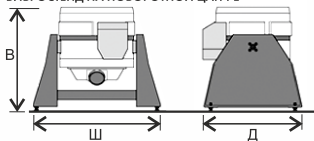
- Комбинированный стол скольжения
- V-образные ролики
- Воздушная подушка
- Опоры поддержки днища климатической камеры
- Глушитель вентилятора охлаждения вибростенда
- Управление температурой
- Расширительная головка

МАКСИМАЛЬНАЯ РАЗРЕШЕННАЯ СИЛА ВИБРОСТЕНДА В РАЗЛИЧНЫХ КОНФИГУРАЦИЯХ

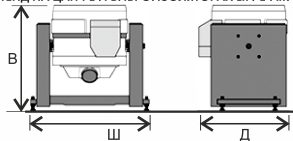
Вибростенд модели	Синусоидальное ускорение (пиковое)		Случайное ускорение (среднеквадратическое)*		Полусинусоидальное ударное ускорение*	
	V830-185	V830-335	V830-185	V830-335	V830-185	V830-335
С усилителем SPA8K	6,78 кН (1524 фунт-сил)	6,54 кН (1470 фунт-сил)	5,77 кН (1298 фунт-сил)	7,60 кН (1709 фунт-сил)	14,21 кН (3194 фунт-сил)	13,42 кН (3008 фунт-сил)
С усилителем SPA16K	8,90 кН (2000 фунт-сил)	9,81 кН (2205 фунт-сил)	5,78 кН (1300 фунт-сил)	9,81 кН (2205 фунт-сил)	16,44 кН (3695 фунт-сил)	25,11 кН (5644 фунт-сил)
Вибростенд модели V850	V850-240	V850-440	V850-240	V850-440	V850-240	V850-440
С усилителем SPA8K	7,32 кН (1660 фунт-сил)	5,74 кН (1290 фунт-сил)	7,22 кН (1622 фунт-сил)	7,26 кН (1633 фунт-сил)	15,02 кН (3376 фунт-сил)	11,09 кН (2494 фунт-сил)
С усилителем SPA16K	11,23 кН (2500 фунт-сил)	11,48 кН (2590 фунт-сил)	13,34 кН (3000 фунт-сил)	11,53 кН (2576 фунт-сил)	30,03 кН (6752 фунт-сил)	22,18 кН (4987 фунт-сил)
С усилителем SPA24K	17,79 кН (4000 фунт-сил)	17,21 кН (3871 фунт-сил)	13,34 кН (3000 фунт-сил)	21,79 кН (4899 фунт-сил)	38,08 кН (8549 фунт-сил)	33,27 кН (7481 фунт-сил)
С усилителем SPA32K	—	22,24 кН (5000 фунт-сил)	—	22,24 кН (5000 фунт-сил)	—	44,38 кН (9976 фунт-сил)

* — значения для случайного и импульсного воздействия подразумевает, что нагрузка приблизительно в два раза больше массы стола. Сила для полусинусоидального воздействия вычислена для стандартной нагрузки, длительности импульса 2 мс и величины паразитных импульсов в начале и конце, равной 10%.

ВИБРОСТЕНД НА ПОВОРОТНОЙ ЦАПФЕ



ВИБРОСТЕНД НА ЦАПФЕ И ВИБРОИЗОЛЯТОРАХ LIN-E-AIR



ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИБРОСТЕНДА V830 И V850

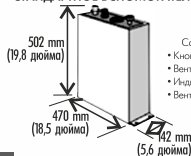
Модель вибростенда	V830-185	V830-325	V850-240	V850-440
Диаметр подвижного стола	185 мм (7,29 дюйма)	325 мм (12,79 дюйма)	240 мм (9,45 дюйма)	440 мм (17,32 дюйма)
Рабочий диапазон частот	от 0 до 3500 Гц	от 0 до 3000 Гц	от 0 до 2000 Гц	от 0 до 3000 Гц
Частота резонанса подвижной системы [Hz]	3000 Гц	2250 Гц	2400 Гц	2200 Гц
Ускорение (синусоидальное, пиковое)†	1176 м/с ² (120 g)	810 м/с ² (83 g)	1225 м/с ² (125 g)	932 м/с ² (95 g)
Случайное ускорение (среднеквадратическое)‡	735 м/с ² (75 g)	588 м/с ² (60 g)	588 м/с ² (60 g)	? м/с ² (50 g)
Эффективная масса подвижных элементов				
Стол с утопленными вставками	6,98 кг (15,4 фунта)	12,05 кг (26,6 фунта)	14,02 кг (30,9 фунта)	23,86 кг (52,6 фунта)
Стол с выступающими вставками	7,48 кг (16,5 фунта)	12,83 кг (28,3 фунта)	14,33 кг (31,6 фунта)	24,54 кг (54,1 фунта)
Вращательная жесткость подвеса	41,8 кН м/рад (30 800 фунт-омм фунт/рад)	67,8 кН м/рад (50 000 фунт-омм фунт/рад)	57,4 кН м/рад (42 300 фунт-омм фунт/рад)	90,0 кН м/рад (66 700 фунт-омм фунт/рад)
Жесткость подвески по рабочей оси	0			
Поперечная жесткость подвеса	5,25 кН/мм (30 000 фунт-омм/дюйм)		6,65 кН/мм (38 000 фунт-омм/дюйм)	
Магнитное поле рассеивания§	< 0,5 мТл (5 Гц)		< 1,8 мТл (18 Гц)	
Максимальная полезная нагрузка	160 кг (350 фунтов)		350 кг (770 фунтов)	
Скорость (синусоидальная, пиковая)†	2,0 м/с (78,7 дюйм/с)			
Перемещение (линейная амплитуда)‡	50,8 мм (2,0 дюйма)			
Масса корпуса	на поворотной цапфе: 616 кг (1358 фунтов), на цапфе и виброизоляторах Lin-E-Air: 454 кг (1000 фунтов)		на поворотной цапфе: 1288 кг (2840 фунтов), на цапфе и виброизоляторах Lin-E-Air: 1125 кг (2480 фунтов)	
Частота резонанса подвеса корпуса	Подвес Lin-E-Air: < 5 Гц – Воздушные подушки: < 10 Гц		Подвес Lin-E-Air: < 5 Гц – Воздушные подушки: < 10 Гц	
Диаметр рабочих температур	от +7 до 30 °C (от +45 до 86 °F)			
Габаритные размеры (В × Ш × Д)	На поворотной цапфе: 838 × 1005 × 772 мм (33,0 × 39,6 × 30,4 дюйма) На цапфе и виброизоляторах Lin-E-Air: 837 × 942 × 608 мм (33,0 × 37,1 × 23,9 дюйма)		На поворотной цапфе: 638 × 1246 × 1094 мм (25,1 × 49,1 × 43,1 дюйма) На цапфе и виброизоляторах Lin-E-Air: 638 × 1162 × 754 мм (25,1 × 45,7 × 29,7 дюйма)	

† Значения скорости и ускорения зависят от усилителя, управляющего вибростендом.

‡ Перемещение может меняться в зависимости от массы нагрузки и наклона вибростенда. Более подробные технические характеристики можно получить в компании Briel & Kjær.

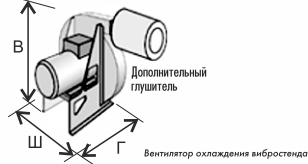
§ Измерено на расстоянии 1 м (3,3 фута), на высоте 1,6 м (5,2 фута) над уровнем пола, в закрытом помещении.

СТАНДАРТНОЕ ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ



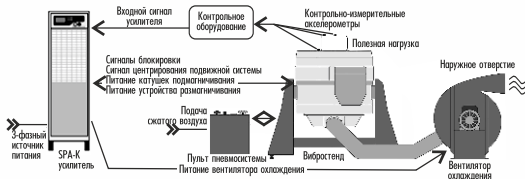
- Состав:
- Кнопка аварийного останова
 - Вентиль регулировки виброизоляторов Lin-E-Air
 - Индикатор положения стола
 - Вентиль регулировки системы компенсации нагрузки

Пульт пневмосистемы



Вентилятор охлаждения вибростенда

ТИПОВАЯ ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ВИБРОУСТАНОВКА



ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УСИЛИТЕЛЯ SPA-K

Диапазон мощностей	8 – 32 кВт с шагом 8 кВт
Соотношение сигнал/шум	> 68 дБ для выходного сигнала 100 В (оц)**
Входное сопротивление	10 кОм (номинальное)
Суммарный коэффициент гармонических искажений	От 0,5 до 0,8% при номинальной мощности на номинальной резонансной нагрузке
Входная чувствительность	1,0 В для выходного сигнала 100 В (оц)
Частота коммутации	150 кГц
Номинальное выходное напряжение	100 В (эмуляционное)
Непрерывный выходной ток	80 А (р. к.в.) для синусоидального и случайного сигнала на каждый шаг, равный 8 кВт
Плюса частот, обеспечивающая полную мощность	от 20 Гц до 3 кГц
Импульсный выходной ток	240 А на каждый шаг, равный 8 кВт, с длительностью 100 мс
КПД	> 90% (без учета потерь электромагнита)

Диапазон модуляции	от постоянного тока до 10 кГц
Защита	Встроенная защита для предотвращения работы выходных устройств вне заявленных пределов
Диапазон рабочих температур	от +5 до 30 °С (от -4 до 86 °F)
Габаритные размеры (В × Ш × Д)	1870 × 537 × 825 мм (74 × 21 × 33 дюйма)

** – при номинальной номинальной резонансной нагрузке и согласовании по мод. 10/См.

	Системы V830	Системы V850		
	V830-85	V830-325	V850-240	V850-440
Макс. уровень шума*				
Виброгенд	110 дБ(А)	118 дБ(А)		
Усилитель SPA-K	69 дБ(А)	70 дБ(А)		
Вентилятор охлаждения	91 дБ(А)	99 дБ(А)		
Суммарная рассеиваемая мощность				
Виброгенд (от корпуса)	1,00 кВт	1,60 кВт		
Усилитель SPA-K	см. выше	см. выше		
Вентилятор охлаждения	19,9 кВт	20,9 кВт	31,4 кВт	38,9 кВт
Расход охлаждающего воздуха				
Виброгенд	0,47 м³/с (1000 фут³/мин.)	0,79 м³/с (1674 фут³/мин.)		
Усилитель SPA-K	см. выше	см. выше		

* – Максимальные уровни шума не учитывают шум, который может быть создан полезной нагрузкой, установленной на виброиспытательной системе.

	Рассеиваемое тепло	Расход охлаждающего воздуха	Макс. потребляемая мощность #	Макс.
	V830			
SPA8K	1,3 кВт	0,42 м³/с	21,9 кВт	483 кг (1065 фунтов)
SPA3K	1,5 кВт	0,42 м³/с	29,1 кВт	29,1 кВт
V850				
SPA8K	1,7 кВт	0,42 м³/с	26,0 кВт	544 кг (1199 фунтов)
SPA3K	2,3 кВт	0,42 м³/с	33,2 кВт	555 кг (1224 фунтов)
SPA24K	3,0 кВт	0,50 м³/с	40,4 кВт	566 кг (1248 фунтов)
SPA32K	3,6 кВт	0,57 м³/с	47,6 кВт	577 кг (1272 фунтов)

– включая требования для вентилятора охлаждения и вспомогательного оборудования системы в состоянии готовности.

Электропитание и подочка скатого воздуха

3-фазное питание	Стандартное: От 380 до 500 В, 50/60 Гц Неэквивалентные опции: От 200 до 220 В, 50/60 Гц
Подочка скатого воздуха	6,9 бар (100 фунт-сил/дюйм²)

- Соответствие следующим директивам ЕС:
 - Механическое оборудование: 2006/42/ЕС
 - Низковольтное оборудование: 2014/35/ЕС
 - ЭМС: 2014/30/ЕС
- Разработка в соответствии с EN 61010-1:2010

	Охлаждающий вентилятор V830, 50 Гц	Охлаждающий вентилятор V830, 60 Гц	Охлаждающий вентилятор V850, 50 Гц	Охлаждающий вентилятор V850, 60 Гц
Вентилятор охлаждения без глушителя (В × Ш × Д)	750 × 683 × 551 мм (29,5 × 26,9 × 21,7 дюйма)	750 × 645 × 551 мм (29,5 × 25,4 × 21,7 дюйма)	914 × 783 × 644 мм (36,0 × 30,8 × 25,4 дюйма)	712 × 715 × 627 мм (28,0 × 27,8 × 24,7 дюйма)
Вентилятор охлаждения с глушителем (В × Ш × Д)	824 × 883 × 551 мм (32,4 × 42,6 × 21,7 дюйма)	824 × 845 × 551 мм (32,4 × 41,4 × 21,7 дюйма)	991 × 823 × 648 мм (39,0 × 50,5 × 25,5 дюйма)	873 × 705 × 638 мм (34,4 × 47,4 × 25,2 дюйма)
Макс-фруто	Макс-фруто	75 кг (165 фунтов)	130 кг (287 фунтов)	130 кг (287 фунтов)

СИСТЕМА DUAL LDS V850-440 SPA24 / 56K, СПЕЦИАЛЬНО РАЗРАБОТАННАЯ СИСТЕМА ИЗ ДВУХ СИНХРОННО РАБОТАЮЩИХ ВИБРОСТЕНДОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ НА ВИБРАЦИЮ



Каждый из стенов оснащен расширительной головкой, что позволяет размещать клиенту нестандартные испытываемые образцы наиболее эффективно. Стальные анкерные болты прочно соединяют стенов между собой.

Для обеспечения комфортного перемещения испытательного комплекса по полу лаборатории, каждый из корпусов стенов оборудован воздушными опорами.

Специальные пневматические стойки управления обеспечивают визуализацию и управление положением стенов и арматуры. Положение арматуры и корпуса регулируется автоматически, чтобы гарантировать сбалансированность всей системы целиком.

Оба стенов могут использоваться как по отдельности, так и в стандартной двоянной конфигурации благодаря системе LDS Multiple Amplifier Control (MAC)

Стенов управляются с минимальным отклонением по амплитуде и фазе относительно друг друга, чтобы обеспечить синхронность колебаний головок, минимизировать их рассогласованность и обеспечить безопасность самой системы и испытываемого образца.

Небольшие электромагнитные системы виброиспытаний компании LDS

Серия V555 · V650 · V721 · V780

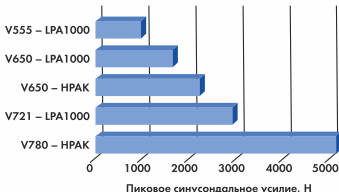
Серии вибростендов V555, V650, V721 и V780 компании LDS разработаны для обеспечения широкого частотного диапазона, достижения больших усилий и ускорений. Указанные системы предоставляют все необходимые средства для выполнения испытаний, гарантируя максимальную технологическую гибкость в области инженерных испытаний.

Данные вибростенды могут управляться при помощи любого подходящего генератора/усилителя/источника питания электромагнита, однако для этих целей рекомендуется использовать усилитель LDS LPA1000 или НРАК. Применение: если используется усилитель LPA1000, необходим также источник питания электромагнита LDS FPS.

ПРОМЫШЛЕННЫЕ ПРИМЕНЕНИЯ

- Испытание автомобильных компонентов
- Модальный и структурный анализ
- Испытание электронных сборок
- Резонансные испытания и испытания на усталость
- Применение в качестве датчиков скорости или высокоскоростных актуаторов
- Испытания и калибровка в помещении

ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ



Пиковое синусоидальное усилие, Н



ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

- Небольшая масса, высокая производительность, обеспечивающая исключительно высокие показатели по скорости и ускорению
- Питание от компактных, тихих и энергетически эффективных усилителей
- Надежный, легкий подвес, обеспечивающий исключительно высокую поперечную и вращательную жесткость с минимальным влиянием на ускорение системы
- Доказанная максимальная надежность системы
- Работа в горизонтальном и вертикальном положении

Вибростенды LDS

МАЛОГАБАРИТНЫЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВИБРОСТЕНДЫ

Модель вибростенда	Серия V555	Серия V650	Серия V721	Серия V780	
Рекомендуемый усилитель LDS	LPA1000 + источник питания электромагнита (FPS)	HPAK	LPA1000 + источник питания электромагнита (FPS)	HPAK	
Усилие при синусоидальном сигнале	0,94 кН	1,62 кН	2,2 кН	2,9 кН	5,12 кН
Усилие при случайном сигнале (КК)	0,636 кН	1,09 кН	1,54 кН	1,9 кН	4,23 кН
Усилие при полусинусе *	1,2 кН	2,1 кН	3,1 кН	4,6 кН	9,5 кН
Скорость (пик, синус)	1,50 м/с	1,40 м/с	1,50 м/с	0,70 м/с	1,90 м/с
Ускорение (пик, синус)	100,0 gn	73,7 gn	100,0 gn	66,3 gn	110,0 gn
Ускорение при случайном (КК)	69 gn	49,6 gn	70,0 gn	44,9 gn	50,0 gn
Перемещение (размах) †	25,4 мм				
Масса подвижного элемента	0,94 кг	2,24 кг	4,46 кг	4,70 кг	4,70 кг
Масса корпуса	97,5 кг	189 кг	381,0 кг	381,0 кг	381,0 кг
Резонансная частота под нагрузкой (fn)	4850 Гц	3800 Гц	3150 Гц	2950 Гц	2950 Гц
Рабочий диапазон частот	от 5 до 6300 Гц	от 5 до 4000 Гц			
Акустический шум ‡	104 дБ(А)	110 дБ(А)			
Полное тепловыделение (корпусом)	1,52 кВт	1,70 кВт	2,30 кВт	2,10 кВт	3,20 кВт
Полное тепловыделение (с вентилятора охлаждения)	1,35 кВт	1,5 кВт	2,1 кВт	1,9 кВт	4,8 кВт
Рабочая темп. окруж. пространство	от 0 до 30 °C				
Максимальные габариты (Для вибростендов, установленных в поворотной станине)	582 × 300 × 485 мм	670 × 380 × 535 мм	670 × 380 × 535 мм	816 × 490 × 673,4 мм	816 × 490 × 673,4 мм

* – Усилие при однополупериодном синусоидальном сигнале вычислено для стандартной нагрузки, ширина импульса 2 мс, предшествующий/последующий импульс 10%.

† – Перемещение может изменяться в зависимости от нагрузки и ориентации вибростенда. Рекомендации по специальным требованиям к испытанию могут быть получены в компании Brüel & Kjær.

‡ – Измерено на расстоянии 1 м на высоте 1,6 м над уровнем пола, в закрытой камере.



Усилитель HPAK представляет собой блок мощностью 5 кВА, оптимизированный для работы с вибростендами компании LDS серии V650 и V780, обеспечивающий большее усилие по сравнению с усилителем LPA1000.

ИМПУЛЬСНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ МОЩНОСТИ HPAK

Это компактный модуль, обеспечивающий необходимую мощность как для вибростенда, так и для электромагнита, а также предоставляющий питание для вентилятора охлаждения.

ЛИНЕЙНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ МОЩНОСТИ LDS LPA1000

Усилитель LPA1000 разработан с целью создания оптимального, эффективного и надежного устройства, содержащего необходимую мощность. Он отличается низким уровнем шума, улучшенной, доказанной в полевых испытаниях, топологией класса В и низким уровнем искажений.



Класс линейного усилителя мощности (LPA1000)	Линейный усилитель класса D, воздушное охлаждение
Входная чувствительность ($\pm 10\%$)	100, 120, 230 В, с частотой 50 / 60 Гц
Входная мощность, кВт	<2,7 кВт
Номинальная выходная мощность	960 Вт при 4,0 Ом
Максимальная выходная допустимая мощность	1296 ВА при 4,0 Ом
Частотный диапазон при максимальной мощности	от 40 Гц до 10 кГц в течение 30 при макс. мощности [ВА]
Суммарный коэффициент гармонических искажений при номинальной нагрузке	150 гГц
Макс. выходное напряжение	72 В (ОКЗ), от 0 до 10 кГц (без нагрузки)
Выходной ток при номинальной мощности [ВА]	15,5 А (ОКЗ)
Макс. выходной ток	17,75 А (ОКЗ), от 40 Гц до 10 кГц, в течение 30 минут
Отношение сигнал/шум КЛД усилителя	> 95 дБ
Мощность звука на расстоянии 2 м (6,6 фута)	49 дБ(А)
Масса	33,5 кг (73,9 фута)
Высота	132 мм (5,2 дюйма), без учета ножек
Ширина	482,6 мм (19,0 дюйма) с фланцами для установки в стандартную стойку 19 дюймов
Длина (без учета передней панели толщиной 2 мм)	550 мм (21,6 дюйма)

Входная чувствительность ($\pm 10\%$)	100, 120, 230 В, с частотой 50 / 60 Гц
Входная мощность (включая питание вентилятора охлаждения вибростойки 0,75 кВт)	< 2,45 кВт
Напряжение питания электромагнита при номинальном питании	70 В (пост.) при 5,5 Ом
Напряжение слабого электромагнитного поля	44 В (пост.) 5,5 Ом
Ток электромагнита – полная мощность питания	12,73 А
Ток электромагнита – слабая мощность питания	8 А
Напряжение обмотки размагничивания при полной мощности питания	66 В (пост.) / 1,4 А (пост.) при 47 Ом
Напряжение обмотки размагничивания при слабой мощности питания	40 В (пост.) / 0,85 А (пост.) при 47 Ом
Диапазон токов обмотки размагничивания	от 0 до 1,5 А / от 0 до 70 В (регулируемый)
Выход питания вентилятора охлаждения	Переключаемый, Риск. = 0,75 кВт
Мощность звука на расстоянии 2 м (6,6 фута)	45 дБ(А)
Масса	27,6 кг
Высота	132 мм (5,2 дюйма), без учета ножек
Ширина	483 мм (19,0 дюйма) с фланцами для установки в стандартную стойку 19 дюймов
Длина (без учета передней панели толщиной 2 мм)	450 мм

ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТА (FPS)

Питание электромагнита отвечает требованиям постоянного напряжения, необходимых для работы электромагнита и обмотки размагничивания следующих вибростойков LDS: серия V555, V650 и V721/V722, работающих с усилителем LPA1000.

Класс импульсного усилителя мощности ИРПАК	Импульсный усилитель класса D, воздушное охлаждение
Входное питание – три фазы	50/60 Гц: 380, 400, 415, 440 В 60 Гц: 400, 500 В
Выходная мощность	5 кВт
Номинальное выходное напряжение	100 В (ОКЗ) для синусоидального сигнала
Непрерывный выходной ток	50 А (ОКЗ) (регулируемый и случайный сигнал)
Ток передаточного процесса на выходе	150 А в течение 100 мс
Тактовая частота	150 кГц
Диапазон модуляции	от 0 до 10 кГц
Суммарный коэффициент гармонических искажений	0,25%, тиловое
Выходная чувствительность – дифференциальный выход	1,0 В (ОКЗ) для выходного сигнала 100 В (ОКЗ)
Выходное сопротивление	10 Ом, номинальное
КПД усилителя	> 90%
КПД модуля	93%
Отношение сигнал/шум*	> 68 дБ
Общие габариты	537 × 825 × 1000 мм
Масса	270 кг

* – относительное уровню выходного сигнала 100 В, при установленном на выходе сопротивлении 10 Ом и подключенной номинальной реактивной нагрузке.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Более подробная информация о продуктах и системах LDS, включая габаритные чертежи, может быть получена в местном представительстве компании Brüel & Kjær.

БЕЗОПАСНОСТЬ

- Соответствие следующим директивам ЕС:
- Машинное оборудование: 2006/42/ЕС;
 - Низковольтное оборудование: 2014/35/EU
 - Требования ЭМС: 2014/30/EU
 - Конструкция соответствует стандарту EN 61010-1:2010.

ИНТЕРФЕЙС ПОДВИЖНОЙ КАТУШКИ

Модель вибростола	Серия V555	Серия V650	Серия V721	Серия V780
Диаметр подвижной катушки	100 мм	156 мм	180 мм	
Вставки в подвижной катушке				
Параметры вставок	M6, 1/4 UNF		M8, 5/16 UNF	
Расположение вставок	1 вставка в центре, 8 вставок на окружности диаметром 90 мм	1 вставка в центре, 8 вставок на окружности диаметром 125 мм	1 вставка в центре, 8 вставок на окружности диаметром 150 мм	

ВЕНТИЛЯТОР ОХЛАЖДЕНИЯ

Модель вибростола	Серия V555	Серия V650 / V721	Серия V650 / V780
Электрические требования	однофазное напряжение 230 В, 50 Гц, однофазное напряжение 120 В / 230 В, 60 Гц		треугольное напряжение от 380 до 440 В, 50 Гц, треугольное напряжение от 380 до 500 В, 60 Гц
Габариты вентилятора охлаждения			
Вентилятор 50 Гц	455 × 363 × 481 мм		546 × 408 × 575 мм
Вентилятор 60 Гц	442 × 383 × 476 мм		542 × 408 × 575 мм
Масса вентилятора	30 кг		15 кг