

КОМБИНИРОВАННЫЕ ИСПЫТАТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ – КАК СДЕЛАТЬ ПРАВИЛЬНЫЙ ВЫБОР

М. Кашапов marat.kashapov@assemrus.ru

Испытательное оборудование – не "стратегическое", на нем не изготавливаются основные продукты производства. Поэтому зачастую на его приобретение выделяют недостаточно средств, а выбор оборудования делается не очень тщательно. В результате не учитываются многие "подводные камни", которые проявляются лишь на этапе эксплуатации. Один из видов испытательного оборудования – комбинированные установки, с помощью которых можно проводить анализ совместного влияния внешних воздействующих факторов (ВВФ) – температуры, влажности, вибрации. О том, как правильно выбрать такую установку, рассказывается в статье.

Основные части комбинированных установок – климатическая камера и вибростенд. Компании, которые их выпускают, можно разделить на три основные группы:

- производящие только один вид оборудования – или климатические камеры, или вибростенды;
- выпускающие только один вид оборудования, но имеющие наработанные связи с производителем второй части установки;
- производящие вибростенды и климатические камеры и предлагающие готовые решения на их основе. Как правило, у таких компаний есть некоторая специализация – в их линейке в большей степени представлены либо вибростенды, либо климатические камеры.

Проанализируем особенности продукции каждой группы.

Первая группа. Продукция компаний этой группы за счет глубокой специализации часто обладает очень хорошими характеристиками, например точностью или ресурсом. Но из-за отсутствия готовых вариантов комбинирования с ответными частями других производителей каждая установка на основе этой продукции – отдельное техническое решение по согласованию совмещения вибростенда и камеры. И решение это непростое. Трудности встречаются уже при составлении документации, конструировании и производстве. Еще чаще вызывает нарекание качество деталей, которыми необходимо оснащать камеру и/или вибростенд для совместного использования. Это касается конструкции несущих и фиксирующих элементов, с помощью которых камеру располагают над вибростендом, и деталей, которые обеспечивают их соединение.

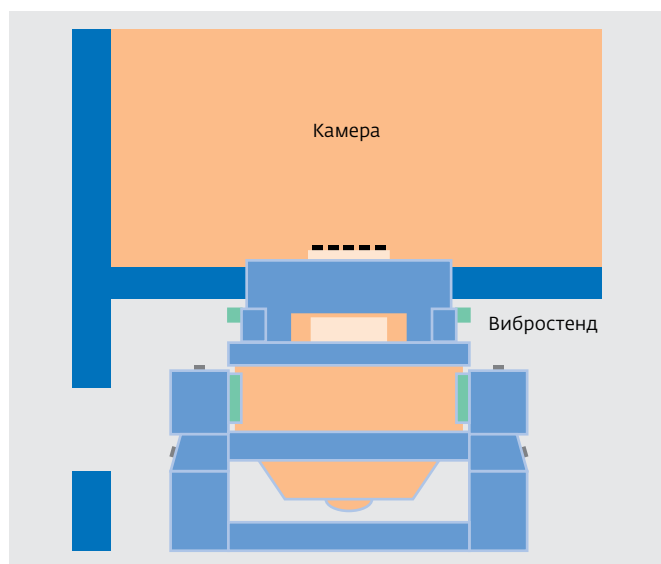


Рис.1. Непосредственное соединение вибростенда и камеры

Вот один реальный пример. При совмещении вибростенда и камеры разных производителей (довольно известных) для фиксации камеры над вибростендом была изготовлена рамная сварная конструкция из обычных стальных уголков. Сварные швы были плохо обработаны, покраска произведена в один слой без грунтовки, а сама рама оказалась нежесткой, и, когда на нее поставили камеру, начала "играть" под ее весом.

Вторая группа. Как правило, у компаний этой группы есть неплохо отработанные решения по 1-3 типоразмерам камер и/или вибростендов. Комбинированные установки получаются качественнее, чем при использовании оборудования первой группы. Однако, как и в первой группе, остается сложной логистика, поскольку транспортировать обе единицы нужно по отдельности. Можно обеспечить совместную доставку через одного из производителей, но он за свои услуги потребует компенсацию. Поэтому у комбинированных установок от производителей первой и второй групп стоимость, как правило, выше, чем суммарная цена климатической камеры и вибростенда.

Не всегда ясен также вопрос о сервисном обслуживании оборудования – могут быть разногласия по причинам возникновения дефекта вследствие совместной работы составных частей разных производителей. Проблема и в том, что ограниченное число отработанных решений часто не может удовлетворить всем требованиям

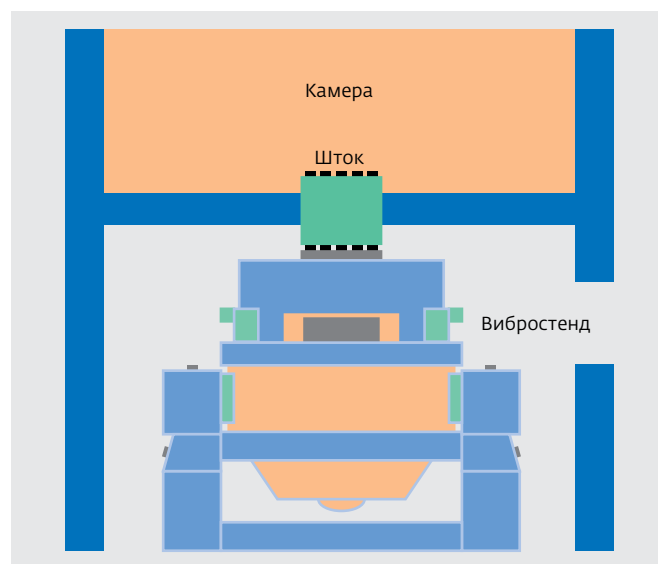


Рис.2. Соединение вибростенда и камеры посредством штока

заказчиков. В этом случае возникают те же трудности, что и при использовании оборудования первой группы.

Прежде чем перейти к третьей группе, остановимся на некоторых проблемах совмещения вибростенда и климатической камеры. Это основная конструктивная задача, грамотное решение которой определяет высокие функциональные возможности и надежность совместного использования вибростенда и климатической камеры, а также высокую точность воспроизведения ВВФ. Сегодня есть три варианта совмещения: непосредственно, с помощью штока и путем расположения вибростенда целиком в камере. Последний вариант – самый нефункциональный, "недружественный" по отношению к вибростенду, и, как следствие, непопулярный. Поэтому рассматривать его не будем.

При непосредственном соединении (рис.1) верхняя часть вибростенда, находясь в камере, воспринимает полностью температурную и климатическую нагрузки. Самые передовые производители обеспечивают работу вибростенда при рабочих температурах в камере до 200°C и выше.

Соединение с помощью штока (рис.2) – самый распространенный способ передачи механического воздействия в климатическую камеру. Однако при выборе вибростенда (определении выталкивающего усилия и частотного диапазона) нужно иметь в виду, что шток обладает

Таблица 1. Характеристики вибростендов F-01300BM и F-02000BM компании EMIC (Япония)

Параметр	F-01300BM	F-02000BM
Диапазон частот, Гц	5–5000	5–4000
Выталкивающее усилие (для синусоидального профиля), кН	1,3	2,0
Виброускорение (без нагрузки), м/с ²	1300	714
Допустимая статическая нагрузка на вибростол, кг	30	40
Масса подвижных частей, кг	1	2,8
Диаметр вибростола, мм	80	120

дополнительной массой и своим собственным диапазоном частот.

Проиллюстрируем это примером. Пусть есть следующее техническое задание (ТЗ) на вибростенд: синусоидальный профиль; масса изделий 0,5 кг; масса оснастки 0,8 кг; масса расширителя 3 кг; виброускорение 20g; диапазон частот до 5000 Гц. Вибростенд должен иметь возможность



Рис.3. Комбинированная установка компании EMIC. Вибростенд: усилие 60 кН, охлаждение воздушное, оборудован горизонтальным столом со сменяемыми плитами. Камера: термоудар, объем 1000 л, температура от -70 до 200 °С. Усилитель вибростенда, холодильный и электрический отсеки камеры выполнены в общем корпусе

совмещения с климатической камерой объемом 200 л с температурным диапазоном -70...200°С и диапазоном влажности 20–98%.

При совмещении камеры и вибростенда появляются сразу три "подводных камня", которые могут помешать полноценному использованию установки. Чтобы увидеть их, проведем несколько простых расчетов. Выталкивающее усилие в соответствии с требованиями ТЗ должно быть равно:

$$F = ma = (0,5 + 0,8 + 3) \times 20 \times 9,81 = 863,44 \text{ Н,}$$

где m – суммарная масса; a – виброускорение. Посмотрим, какой вибростенд подойдет для этого

Таблица 2. Сравнение характеристик комбинированных установок, создаваемых на основе оборудования производителей трех групп

Характеристики	Группы		
	первая	вторая	третья
Согласование характеристик составляющих	-	±	+
Совместное управление	-	±	+
Отработанность конструкции	-	±	+
Непосредственное соединение/шток	-	-	+
Эргономичность	-	±	+
Логистика	-	-	+
Сервис	-	-	+
Стоимость	-*	-	+
Гарантия	±	±	+
Варианты исполнения (из стандартного ряда оборудования)	-	-	+
Возможность исполнения нестандартного заказа	-	-	+

* В последнее время некоторые компании из Юго-Восточной Азии (исключая Японию и Корею) предлагают поистине фантастические проекты по цене, ниже рыночной, и с очень быстрой доставкой. Рекомендуем относиться к таким предложениям критически, скрупулезно составлять договор и перед получением заказа выезжать на приемку.

случая. Для вибростенда F-01300BM (табл.1) с учетом массы его подвижной части (1 кг)

$$F=(1+0,5+0,8+3)\times 20\times 9,81=1039,86\text{ Н.}$$

Если поставщик может реализовать непосредственное соединение, то вибростенд F-01300BM подходит. Но здесь возникает первый "подводный камень" – удастся ли обеспечить работу стенда при -70°C . Если же будет использоваться шток, то он должен иметь резонансную частоту выше 5000 Гц, а его высота должна обеспечивать совмещение с камерой. Частота 5000 Гц – второй "подводный камень". Масса штока, рассчитанного на такую частоту, имеющего высоту 100 мм и соответствующего диаметру стенда F-01300BM, составит примерно 1,5 кг. Поэтому необходимо уточнение выталкивающего усилия с учетом массы штока:

$$F=(1+0,5+0,8+3+1,5)\times 20\times 9,81=1334,16\text{ Н.}$$

Такое усилие соответствует вибростенду уже другого типоразмера – F-02000BM (см. табл.1). Он отличается меньшим диапазоном частот, большей массой подвижной части и большим диаметром вибростола. Это, в свою очередь, приводит к увеличению размера и массы штока (более 1,5 кг), и, возможно, к уменьшению его резонансной частоты до значения, меньшего 5000 Гц. В этом случае требуемый частотный диапазон работы установки не удастся обеспечить из-за механических свойств одного из ее звеньев. Это и есть третий, самый большой, "подводный камень".

Таким образом, частотный диапазон, заданный в ТЗ, не достигается при нужном выталкивающем усилии. Или, наоборот, при необходимом частотном диапазоне не обеспечивается требуемое выталкивающее усилие. То есть при соединении вибростенда и камеры с помощью штока есть вероятность, что система, удовлетворяющая требованиям ТЗ, может и не существовать физически.

Третья группа. Комбинированные установки, разрабатываемые и выпускаемые централизованно одним заводом-изготовителем (рис.3), имеют много преимуществ:

- широкий модельный ряд как вибростендов, так и климатических камер, высокую степень унификации между составными частями и большое число опций;
- высокий уровень эргономики;

- гибкость конфигурации, в частности, можно объединить некоторые составные части вибростенда и камеры в один корпус (см. рис.3);
- возможность "увязать" работу вибростенда и климатической камеры для одновременной реализации ВВФ, предварительно записанных в реальных условиях;
- централизованную (от одного производителя) гарантийную и сервисную поддержку;
- возможность минимизации ошибок при передаче ТЗ по нестандартным заказам;
- возможность минимизации дефектов при предпродажной подготовке частей установки перед выпуском с завода.

При этом стоимость таких установок оказывается зачастую ниже, чем в случае использования оборудования первой и второй групп.

В целом можно сказать, что оборудование компаний третьей группы выигрывает практически по всем параметрам (табл.2). При более низкой цене оно обладает большими возможностями по совместному воспроизведению ВВФ и в результате обеспечивает более высокую надежность конечных продуктов. Поэтому в большинстве случаев именно такое оборудование будет оптимальным решением при выборе комбинированной установки. ●