

# ВХОДНОЙ КОНТРОЛЬ КОМПОНЕНТОВ: КОНТРОЛЬ ПАЯЕМОСТИ МЕТОДОМ ОЦЕНКИ БАЛАНСА СМАЧИВАЕМОСТИ

Павел Масич  
Евгений Кашин  
info@ostec-smt.ru

## УСЛОВИЯ И ЦЕЛИ КОНТРОЛЯ ПАЯЕМОСТИ

Дефекты паяных соединений являются одними из наиболее характерных и трудно выявляемых при сборке печатных узлов. Вероятность возникновения дефектов подобного типа резко возрастает при переходе к бессвинцовым технологиям. Для минимизации дефектов паяных соединений в современных условиях необходимо проведение входного контроля компонентов и комплектующих и квалификация их поставщиков. При этом оценка качества паяемости выводов компонентов в большинстве случаев является одной из наиболее важных технологических операций.

Целью контроля паяемости является анализ качества компонентов и материалов, используемых в процессе производства. Проверку на паяемость могут проходить электронные компоненты, печатные платы, припои, флюсы, любые другие материалы и объекты, участвующие в процессе пайки. Так как в производственных условиях нет возможности осуществить сплошной входной контроль компонентов и материалов, то для контроля качества паяемости необходимо использовать случайную выборку и статистические зависимости. В результате проводится оценка «среднего уровня» паяемости по всей партии. Размер этой выборки зависит от общего количества изделий в партии и требуемого уровня точности статистического анализа.

Контроль паяемости только вновь поступающих компонентов и материалов недостаточно. Это относится не только к металлическим поверхностям, но и к флюсам и паяльным пастам, которые также имеют ограниченный срок хранения. Паяемость может быстро ухудшиться, поэтому необходимо контролировать время, в течение которого она может сохраниться. Для прогнозирования изменения паяемости производят искусственное старение паяемых компонентов и материалов. В этом случае применяются методики ускоренного старения, регламентируемые различными стандартами. Например, используется выдержка в камерах HAST (High Acceleration Stress Testing), в среде повышенной температуры, давления и влажности. Камеры HAST (на рис.1 камера HAST Espac

Рис. 1. Камера HAST Espac (Tabai) EHS-211



(Tabai) EHS-211) обеспечивают реализацию одного из наиболее эффективных методов старения электронных компонентов.

## ОСНОВЫ МЕТОДА КОНТРОЛЯ ПАЯЕМОСТИ БАЛАНСОМ СМАЧИВАЕМОСТИ

Когда твердое тело погружают в ванну с расплавленным припоем, на него начинают действовать силы выталкивания и поверхностного натяжения, которые особенно сильны на границе между припоем и флюсом.

Результирующее воздействие этих сил формирует мениск (рис. 2.), и, следовательно, угол смачивания  $\Theta$ , величина которого является показателем качества пайки. Угол определяется на основе измеряемой результирующей силы взаимодействия в момент отрыва образца от припоя. Методика этого расчета будет рассмотрена далее.

В процессе пайки участвуют вещества в трех агрегатных состояниях: твердая фаза (компонент или другой образец), жидкая фаза (расплавленный припой), газообразная фаза (чаще всего обычный воздух).

Молекулярное взаимодействие этих трех фаз формирует следующие пары сил поверхностного натяжения:  $\gamma_{SL}$  — твердая-жидкая фазы,  $\gamma_{SV}$  — твердая-газообразная фазы,  $\gamma_{LV}$  — жидкая-газообразная фазы.  $\Theta$  — угол смачивания, это угол между  $\gamma_{SL}$  и  $\gamma_{LV}$ .

Баланс этих трех сил, когда жидкость смачивает твердое тело и образует стабильный мениск, можно найти из формулы Юнга:

$$\rightarrow \rightarrow \rightarrow \rightarrow$$

$$\gamma_{SV} + \gamma_{SL} - \gamma_{LV} = 0$$

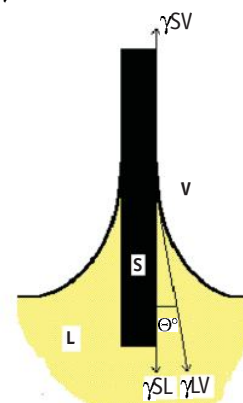


Рис. 2. Мениск

Угол смачивания  $\Theta$  формируется поверхностями твердой, газообразной и жидкой фаз в момент их максимальной величины.

Проекция этих трех сил на ось Z следующая:

$$\gamma_{SV} - \gamma_{SL} - \gamma_{LV} \cos \Theta = 0 \quad \Rightarrow \quad \cos \Theta = \frac{\gamma_{SV} - \gamma_{SL}}{\gamma_{LV}}$$

Угол  $\Theta$  напрямую связан с силами поверхностного натяжения, таким образом, его величина дает возможность точно оценить качество пайки. Улучшение паяемости характеризуется снижением величины угла смачивания  $\Theta$ .

Образец погружается в расплавленный припой, появляется Архимедова сила выталкивания и сила смачивания. В тот момент, когда обе эти силы действуют на образец, происходит измерение результирующей силы.

Зная результирующую и Архимедову силу, можно вычислить и силу смачивания по следующей формуле:

$$F_r = F_w - F_a$$

Где  $F_r$  — результирующая сила,  $F_w$  — сила смачивания,  $F_a$  — Архимедова сила выталкивания.

$$F_r = \gamma_{LV} * l * \cos \Theta - \rho * v * g$$

Где  $F_r$  — результирующая сила (мН),  $F_w$  — сила смачивания (мН),  $\Theta$  — угол смачивания,  $\gamma_{LV}$  — сила поверхностного натяжения между жидкой и газообразной фазами вещества на границе припой/флюс (мН/мм),  $l$  — периметр образца в области мениска (мм),  $\rho$  — плотность расплавленного припоя (г/мм<sup>3</sup>),  $v$  — объем погруженной части образца (мм<sup>3</sup>),  $g$  — ускорение свободного падения (9.81 м/с<sup>2</sup>).

$$\cos \Theta = \frac{F_r + \rho * v * g}{\gamma_{LV} * l}$$

Величина угла смачивания  $\Theta$  дает конкретный и однозначный ответ на вопрос качества паяемости образца. Однако, если испытуемый образец имеет сложную форму, то определить угол смачивания довольно трудно. Автоматизированное оборудование и специальное программное обеспечение позволяют точно вычислить угол смачивания при сложных формах поверхности образца. Например, европейский стандарт NF89400 дает градацию, отраженную в Таблице 1.

Класс паяемости	Качество	Величина угла (°)
1	Отлично	$\theta \leq 30$
2	Хорошо	$\theta \leq 40$
3	Средне	$\theta \leq 55$
4	Плохо	$\theta > 40$

## ОПИСАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ

Оборудование для контроля паяемости, сертифицированное на соответствие основным мировым стандартам, позволяет определить качество паяемости компонентов, как с физических, так с и юридических позиций.

Достойным представителем таких приборов является Menisco ST88 (рис. 3). Он поддерживает все известные мировые стандарты, в их числе: NF89400, Mil-Std-883C метод 2022 (военный стандарт США), МЭК 68-2-69, IPC/ANSI/J-STD-002/3. Menisco ST88 обладает высокой точностью



Рис. 3. Тестер контроля паяемости Menisco ST88

перемещения (отклонение — 0,1%), регулируемую скорость от 1 до 50 мм/сек, поддерживает температуру припоя до 450°C, обеспечивает погружение образцов в припой на глубину от 0,02 до 25 мм. Этот прибор позволяет оценить паяемость широкого набора корпусов компонентов: от 0402 до самых больших интегральных схем в корпусах QFP и BGA. Полностью автоматизированный и компьютеризованный тестер контроля паяемости Menisco ST88 обеспечивает реализацию различных методов: в ванне или шарике припоя.

Для определения паяемости установленный на держателе образец погружается в ванну с припоем или шарик припоя. При погружении в ванну результирующая сила измеряется при отрыве образца от припоя. В случае использования шарика после отрыва образца результирующая сила равна весу оставшегося в шарике припоя. То есть существует прямое соотношение между паяемостью и массой припоя ушедшего на смачивание.

Процесс определения паяемости компьютеризирован, что позволяет фиксировать, хранить и использовать данные тестов. Эти методы широко известны и включены в большинство стандартов, посвященных производству электроники. Метод ванны с припоем предпочтительнее для стандартных компонентов больших размеров, паяемых волной. Метод шарика припоя предназначен для локального теста (на печатной плате или компоненте) части образца, или для компонентов небольших размеров, например 0201.

Для сравнения необходимо упомянуть и распространенный метод контроля паяемости ручным погружением в ванну с расплавленным припоем. Этот тест, доступный также и для ST88, позволяет оценить результат только визуально, без фактических измерений. Оценка результата только качественная: годен или не годен. Стабильность результата, повторяемость параметров теста, производительность целиком зависят от оператора, и поэтому являются приблизительными. Этот метод без специальных оптических приборов эффективен только для крупногабаритных образцов.

## ВЫВОДЫ

Производители электронных изделий постоянно сталкиваются с необходимостью контроля качества компонентов, используемых в процессе изготовления продукции. В этих условиях контроль паяемости необходим как при входном контроле, так и в ходе подготовке партий электронных компонентов и комплектующих при запуске в производство.

Контроль паяемости дает возможность предсказать результаты процесса, позволяет снизить затраты на ремонт изделий. Проводя количественную оценку паяемости компонентов и материалов, технолог имеет возможность проводить совершенствование технологического процесса. Эффективным инструментом для решения этих задач является тестер контроля паяемости Menisco ST88.

Таблица 1. Классы паяемости по стандарту NF89400

# НАДЕЖНОСТЬ

Марат Кашапов  
info@ostec-smt.ru

После предварительного накопления первоначального капитала в виде стратегических производственных мощностей, обеспечивающих выпуск основной продукции, для дальнейшего успешного сосуществования в дарвиновской битве конкурентов, отечественные производители все больше и больше внимания обращают на обеспечение качества выпускаемых изделий. По опыту общения с персоналом служб качества, могу сказать, что живейший интерес вызывает не только материальная сторона — обновление парка испытательного оборудования, но и неповоротливая идейная сторона — стандарты и технические условия. Обновление парка оборудования является, конечно же, необходимым условием обеспечения надежности технических средств, которое, несомненно, даст положительный результат. Обновление же «идеологии» является достаточным условием уже не только обеспечения, но и обеспечения комплексности подхода, и экономической целесообразности в перспективе дальнейшего развития. Например, в некоторых методах стандарта STD-810-F использование многокоординатной вибрации носит рекомендательный характер, которые по сравнению с обычными экономят время примерно в 2 раза. Ускоренные испытания, проводимые в соответствии с современными методиками позволяют сократить время выхода на плато отказов в 10-100 раз. Влияние комплексного подхода необходимо оценивать для отдельно поставленной задачи.

При нынешнем состоянии российской экономики одним из аспектов развития является выход на международный рынок. Для успешного освоения международного рынка необходимо обеспечить качество выпускаемой продукции в соответствии с международными стандартами.

Необходимо сказать, что в большинстве своем, испытательное и контрольно-измерительное оборудование произведено за рубежом. Из-за этого возникают небольшие нестыковки положений существующей нормативной базы и потенциальных возможностей оборудования. В частности в мировой практике появляется множество новых, эффективных методов обеспечения надежности, сокращающих затраты средств и времени, основанных на новейших разработках в области надежности.

Из дихотомии материального и идеального, оборудования и стандартов стратегический приоритет всегда принадлежал лаконичной строгости идеи.

**К**ак следствие известных событий десятилетней давности и связанной с ними деятельности, была разрушена жесткая централизованная система обеспечения качества изделий. Потребовалось время, чтобы вопрос обеспечения качества изделий встал настолько остро, что его просто нельзя обойти стороной. Уже сейчас успешность практически любого производства находится в прямой зависимости от качества выпускаемой продукции.

К сожалению, неудовлетворительное состояние испытательных и контрольно-измерительных служб, обеспечивающих надежность, влияет на результат не напрямую, а с некоторой временной задержкой. Такова специфика: сказываются наработки прошлых лет — у заболевания производств под названием «ненадежность изделий» с симптомами отказов есть свой «инкубационный» период. Когда же дело доходит до явных признаков и налицо ухудшение результата, то все уже очень серьезно, и на исправление ошибок, на обеспечение былого качества изделия требуется гораздо больше времени, сил и средств, которые можно было бы потратить с большей пользой. А что будет,

если конструкторский или технологический дефект «проскочит» незамеченным в серию или в массовое производство? Говорить о конкурентной борьбе, а тем более о выходе на международный рынок здесь не придется. Здесь в некоторых ситуациях можно ставить под сомнение само существование производства как такового.

Еще большей задержкой, еще большей необра- тимостью и еще большими затратами оборачивается отставание нормативной базы. Затраты здесь несут уже геополитический характер. Отставание стандартов от технических возможностей, отставание отечественных стандартов от международных может привести к резкому обесцениванию и исчезновению основного советско-русского национального продукта с международного рынка. Хорошо зарекомендовавший себя на мировом амфитеатре, основной национальный продукт имел серьезный обобщенный коэффициент запаса по надежности. Сюда входил и энтузиазм прошлых лет, и повышенное внимание государства к вопросам данного рода, и богатейшие традиции советской тех-

нической мысли. За счет этого запаса в некоторой степени удалось сохранить позиции по некоторым ключевым направлениям. Еще до сих пор уже российская промышленность использует наработки, которые складывались, что называется, «в стол» как запасные варианты в течение многих пятилеток. Дальнейшее промедление на данном участке конкурентного фронта подобно, по меньшей мере, потере инициативы. Масла в огонь подливают новомодные бессвинцовые технологии, отсутствие собственной элементной базы, скудное финансирование, а также пренебрежительное отношение к каким-то испытательным стандартам и какому-то испытательному оборудованию — дополнительным затратам, которые не приносят явной прибыли. Поэтому одновременно с возросшей актуальностью пересмотра отношения к мероприятиям по обеспечению качества целесообразно в соответствии с требованиями времени, с мировыми стандартами и с некоторой поправкой на будущее, коренным образом изменить подход к обеспечению качества изделий.

Система стандартов развитых индустриальных стран четко отслеживает современные технические возможности обеспечивающих надежность средств. Стандарты ISO, IPC, IEC, MIL постоянно пересматриваются, совершенствуются с учетом новых изобретений, открытий, — все точнее и точнее имитируя реальные условия. Как только появляются новинки в методиках испытаний, как только появляются новые технические возможности, они незамедлительно находят свое отражение в нормативной базе.

Например, стандарты регламентируют многокоординатную вибрацию, запись вибрации, ускоренные испытания изделий. Система отечественных же стандартов более консервативна по сравнению с Западом, но у разработчиков и конструкторов есть больше пространства для маневра в специальных условиях, огороженных на специальные изделия. Последнее время имеет место быть следующая картина: в случае, когда есть возможность выбора метода испытаний, при прочих равных условиях предпочтение отдается более сложным режимам испытаний; в случае возрастающего интереса к международному рынку сбыта все больше и больше внимания уделяется общепризнанным мировым и международным стандартам.

Испытательные службы, центры и станции начинают, как птицы-фениксы, возрождаться из пепла перестройки. Они имеют перед собой огромные перспективы развития. Важно не упустить момент и задать этому росту нужное направление, нужный нормативный «скелет». Всякое начинание требует затрат. В начале, на этапе формирования нормативной и материальной базы затраты будут велики, но главное не затраты, а главное то, насколько экономически эффективным это будет в дальнейшем. Главное — не упустить момент.

На Западе говорят, торговля — двигатель прогресса. Но это только камуфляж. Наиболее серьезные научно-технические прорывы всегда происходили спустя некоторое время после масштабных действий на мировой арене и в ее уголках. Все остальное время

результаты этих прорывов облагораживались, оттачивались и шлифовались, переводились на мирные рельсы и использовались на благо общества. Эффективность применения, скорость внедрения, акцент на массовом, серийном или уникальном производстве, основные сферы применения находятся в сложной зависимости от национального характера, географического положения, политической обстановки, климатических условий ориентированность на рынки сбыта и множества прочих других факторов.

Испытательное оборудование производится в Англии, Японии, США, Италии, Германии, в России и, конечно же, в Китае. Каждая марка оборудования имеет свой шпенглеровский характер, акцент на тех или иных аспектах, наиболее важных в той или иной обстановке. Англичане — по викториански чопорны — островитяне, скрывающие имперскую экспансивность; американцы — самодовольно высокомерны — пионеры, преувеличивающие значение собственной истории; немцы — подчеркнуто рациональны иной раз в ущерб целесообразности; китайцы — живут настоящим в прямом и переносном смысле, диалектически делая акцент на количестве; россияне — натуры глубокие, полные противоречий, странники, кочующие между Востоком и Западом.

С одной стороны, мы имеем лучшие в мире ракеты, самолеты и подводные лодки, с другой же — Горьковский автомобильный завод строился по лицензии Генри Форда, Волжский автомобильный завод строил итальянский Фиат, тракторные двигатели внутреннего сгорания — дефорсированные силовые агрегаты трофейных самолетов времен второй мировой войны. И так далее, можно приводить множество примеров, характеризующих противоречивость части души русского человека, ответственной за НТР. Ряд можно продолжить и вибрационными электродинамическими системами отечественного производства. За прототип были взяты японские вибрационные электродинамические установки производства компании IMV, прямыми и окольными путями поставляемые в то время на предприятия оборонного комплекса СССР. Внешнее сходство полученной машины, отнюдь не означало сходства показателей.

Японский характер — характер ровный, очень ответственный, ответственный до непостижимых для Западного здравого смысла пределов; характер дотошный; характер, не разделяющий все на черное и на белое, а относящийся одинаково философски и важным вопросам и к мелочам; характер, содержащий в себе старое доброе рисовое вино богатейших традиций и древнего, тщательно оберегаемого культурного наследия. Именно такой характер смог совершить огромный труд и вывести страну в короткие сроки в восьмерку мировых лидеров. Японская Йена — самая твердая мировая валюта. Именно особенности характера сделали основным профилем страны высокие технологии, в частности, в области микро-электроники. Именно данные черты проявляются в продуманности и доведенности конструкции,

## ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ

отсутствия лишних деталей, эргономичности и потрясающей надежности. Данные черты прослеживаются абсолютно во всем: от национальной кухни и обустройства гостиниц, до выпуска тяжелых грузовиков и строительства зданий.

Не нужно далеко ходить за специально-тематическим примером — всем известны камеры TABAI (в настоящее время переименовавшиеся в ESPEC) MC71 и MC81 как их называли «Минисабзеро». После 20 лет эксплуатации все, что нужно было сделать это — дозаправить камеру хладагентом. Всем известны

вибростенды серии VS производства упомянутой выше компании IMV, сотнями поставлявшиеся на предприятия ядерного комплекса, в том числе в составе комбинированных ус-тановок, которые работают уже по 20-30 лет, и на которые до сих пор распространяется техническая поддержка завода-изготовителя.

Японская компания IMV была образована в 1957 году, пять лет спустя после того, как союзные войска с генералом Макартуром покинули страну. Япония была полностью разорена. Народное хозяйство полностью разрушено. Были све-жи в народной памяти воспоминания о ядерном геноциде в Хиросиме и Нагасаки. На тот момент Япония была одной из беднейших стран.

При таком подходе, при огромном трудолюбии, при скрупулезности во всем, склонности к продумыванию поставленной задачи до мелочей вовсе неудивительно, что в 70-80 годах страна, не имеющая практически ничего из природных ресурсов, в том числе и территории, сумела выйти на небывалый уровень по развитию и внедрению высоких технологий. Благодаря некоторым исторически обусловленным ограничениям на производство оружия, практически все прорывы на научно-технической ниве снискали себе мирное применение, в отличие от «более северо-западных» стран.

Приблизительно четверть поставщиков, представляемых ЗАО Предприятие ОСТЕК — производители оборудования из страны восходящего Солнца. IMV Corporation, Espec Corporation (в прошлом хорошо всем известный TABAI), Hirox, Kodera, FUJI Machine Mfg. Co, Toyo Living — все они являются производителями первоклассного оборудования для проведения испытаний, неразрушающего контроля, входного контроля, сборки печатных узлов.

Компания IMV Corporation — ведущий мировой производитель вибрационно-го испытательного оборудования. До недавнего времени, в связи с джентльменским соглашением между восточными и западными производителями аналогично-го оборудования, компания работала только на восточном и юго-восточном рынках. Если учесть темпы роста экономики и промышленности стран юго-восточной Азии, то компания приобрела огромный опыт при разработке и производстве испытательных машин самых разнообразных видов и назначений. После досто-почтенных событий сделавших невозможным процветание коммунизма на одной шестой части суши, по общему молчаливому согласию участники соглашения перестали придерживаться пакта о нераспространении оборудования и снова встали на «тропу войны», выбрав в качестве таковой территорию теперь уже демократического СНГ.

Кроме того, большое количество установок было поставлено якобы в страны восточного социалистического лагеря, которые в дальнейшем, к немалому удивлению представителей компании IMV, оказались на предприятиях оборонного комплекса СССР. Большинство установок используются до сих пор.

<b>Расположение производственных и научных центров:</b>	Головной офис	Осака
	Административный офис	Токио
	Административный офис	Нагоя
	Административный офис	Осака
	Производство испытательных вибрационных установок	Осака
	Лаборатория вибрации IMV	Осака
	Отдел инновационных разработок IMV	Осака
<b>Под основания:</b>	Производство испытательных сейсмоизмерительных приборов	Токио
	1957	
<b>Продукция:</b>	электродинамические вибрационные, ударные и комбинированные установки	
<b>Поставлено оборудования в СССР</b>	VST-3201	1
	VS-3202	31
	VS-3202 (V1)	3
	VS-1000-5	3
	VS-3205LM	3
	VS-3205LM-2	1
	VS-3205	1
	VS-3205S	1
	VS-3205SH	1
	VS-3206C	1
	VS-3203(V3)	1
	VS-3206D	3
	VS-600-3	9
	VS-700-3(V6)	1
	VS-20-03	1
	MS-VS-01N	3
	MS-VS-01	1
	CE-7144	2
	PET-01	2
	CT-880LM(VS-3207)	1
CT-880LM	1	
CT-881	1	
VSR-198A	1	

1957

Год образования компании «Кабушикигайси Кикай Шиндзу Кенкийусо» (пер-вое название компании IMV)

1968

Поставка высокочастотной вибрационной установки, системы управления широкополосной случайной вибрации и системы анализа вибрации в лабораторию Национального Агентства по освоению Космоса (National Space Development Agency) для проведения комплексных испытаний при проектировании между-народного спутника связи.

1973

Поставлен национальный рекорд: по заказу национального научно-исследовательского института Портов и Заливов (Institute for Technical Research of Ports and Harbors) создана самая большая установка воспроизведения сейсмического профиля в стране. Силовая часть установки состояла из двух силовых электродинамических актуаторов, механически связанных с горизонтальным столом. Выталкивающее усилие установки 20 Тс.

1982

Запущена в серию установка одновременной трехкоординатной вибрации (рис 1).



Рис. 1. Трехкоординатная электродинамическая испытательная установка. Согласование механических воздействий по разным направлениям осуществляется в специальном запатентованном устройстве, обладающим уникальными характеристиками

1986

Выпущена первая в мире серийная модель системы автоматического управления широкополосной случайной вибрацией.

1987

Компания переименована в «IMV Кабушикигайси».

1988

Организована научно-исследовательская лаборатория.

1989

Выпуск 128 канальной системы слежения за состоянием сейсмической активности.

1992

Выпуск электродинамической испытательной установки с выталкивающим усилием в 300 кН для комплексных испытаний искусственных спутников Земли.

1993

Создание в едином корпусе универсальной системы управления механическим воздействием RC-1120, позволяющей задавать профиль широкополосной случайной вибрации, ударный профиль и синусоидальный профиль.

1994

Разработана система управления многокоординатной (3 и более степеней свободы) вибрацией F2. F2 обладает режимом подавления поперечных помех — мера, жизненно необходимая, для воспроизведения пространственной вибрации.

1995

Система слежения за сейсмическими воздействиями SW-90, а также ее версия SW-94. Разработана система пространственной вибрации (6 степеней свободы). Начало сотрудничества с американской компанией TEAM Corporation.

1996

Две вибрационные установки были поставлены в Институт исследований Космоса и Астронавтики (Institute of Space and Astronautical Science) для комплексных испытаний искусственных спутников Земли.

В серию запущена установка пространственной вибрации CUBE.

1997

Получение сертификата системы менеджмента качества ISO 9001 (Завод в Осаке)

Начало серийного выпуска установок измерения динамических характеристик пружин. Рабочий диапазон частот до 2000 Гц.

Выпуск в серию систем слежения за сейсмической активностью SW-101 и SW-94SI. Расширение лаборатории вибрации.

1998

Обновление по последнему слову техники оборудования в лаборатории при заводе в Токио.

1999

Получение сертификата системы менеджмента качества ISO 9001 (Завод в Токио)

Выпуск в серию систем слежения за сейсмической активностью SW-81.

Выпуск цифрового анализатора профилей с большими амплитудами SW-70.

2000

В подразделение Токийского университета — Институт исследований в области Техники (The University



Рис. 2. Электродинамическая установка нового поколения серии «i». Установка обеспечивает проведение непрерывных испытаний в течение 8 500 часов (1 год). Данной установке принадлежал рекорд по самому большому выталкивающему усилию для установок с воздушным охлаждением

of Tokyo, production Technical Research Institute) была поставлена система с высокоточной системой управления (размах виборперемещений 200 мм п-п).

Разработаны электродинамические установки нового поколения — серия «i» — установки воздушного охлаждения, с увеличенным ресурсом, выталкивающим усилием до 6 Тонн (рис 2).

Выпуск системы управления механическим воздействием F3.

По заказу авиационной промышленности была разработана и выпущена установка для испытаний габаритных изделий с многоточечным приложением воздействия (актюаторов).

### 2001

Начало выпуска установок серии «j» с увеличенным размахом виборперемещений (до 100 мм п-п).

Двухкоординатная электродинамическая установка

установлена в институте Строительной механики Хоккайдо Китаката (Hokkaido Kitakata General construction Institute). Размеры вибростолу 4,5 м × 4,5 м, размах виборперемещений 400 мм п-п (рис 3).

Выпуск миниатюрного вибрметра VM-2001 (рис 4).

Получение приза премьер-министра — наивысшей национальной награды за достижения в области народного хозяйства.

### 2002

Создание установки оценки качества вибрации для исследования амортизирующих свойств и надежности автомобильной подвески.

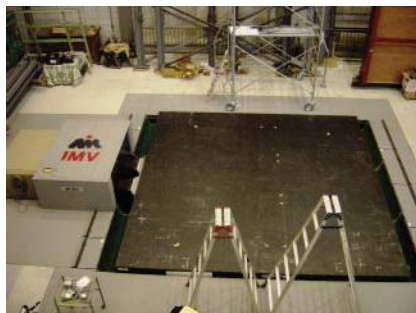


Рис. 4. Виброметр VM-2001

Разработана установка пространственной вибрации (до 3-х и более степени свободы) для исследования влияния различных видов механического воздействия на тело человека.

Создана система, регистрирующая пространственную динамику человеческого тела.

### 2003

Создана четырех опорная установка (одна опора под каждое колесо легкового автомобиля), каждая опора которой представляет двух- или трехкоординатную электродинамическую установку, для длительных и непрерывных испытаний легковых автомобилей (рис 5).



Рис. 5. Четырехопорная установка для проведения длительных испытаний подвески транспортных средств. Продолжительность испытаний до 6000 часов. Количество актюаторов от 8 до 12. Система управления позволяет подавать на вход запись механического профиля вибрации и ударов при движении транспортного средства

Создание установки пространственной вибрации (5 + 1 степень свободы) по заказу Научно-исследовательского института Министерства обороны Японии (Defense Agency Technical Research and Development Institute) для испытаний габаритных образцов на частотах до 2000Гц (рис 6).

Переименование компании в «Корпорация IMV» (IMV CORPORATION)

### 2004

Выпуск трехкоординатного вибрационного тестера MACS II. Все составные части компактно выполнены в едином корпусе (рис 7).

Создание новых систем управления механическим воздействием K2 и K2 Sprint (рис 8).

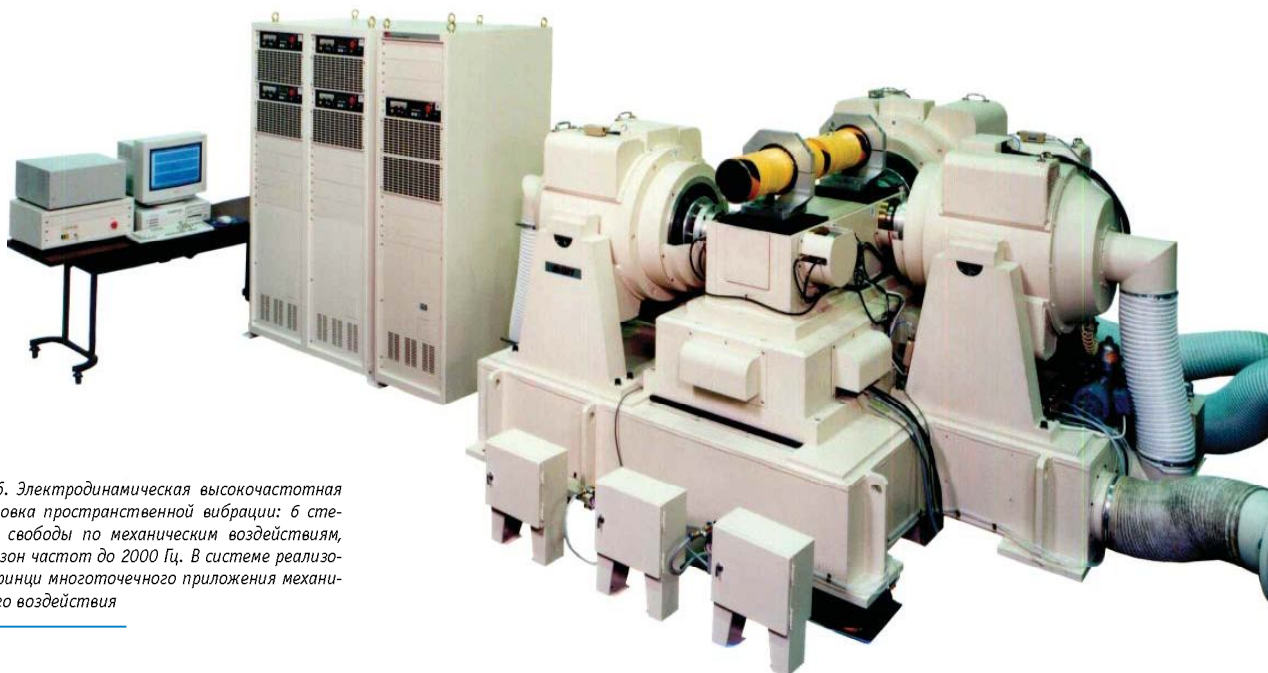


Рис. 6. Электродинамическая высокочастотная установка пространственной вибрации: 6 степеней свободы по механическим воздействиям, диапазон частот до 2000 Гц. В системе реализован принцип многоточечного приложения механического воздействия



Рис. 7. Трехкоординатный вибрационный тестер. Данная установка установлена в демонстрационном зале ЗАО Предприятие ОСТЕК



Рис. 8. Многофункциональная многоканальная система управления вибрацией. Обеспечивает задание как простого синусоидального профиля, так и экспоненциально затухающих ударов с полигармоническим наполнением и воспроизведение записей механических профилей



Рис. 9. Электродинамическая установка пространственной вибрации: 6 степеней свободы по механическим воздействиям. Размах виброперемещений 200 мм пик-пик

Создание цифрового модуля усилителя мощностью в 10 кВА, начало выпуска коммутирующих усилителей нового поколения.

IMV получила авторизованное разрешение Сообщества японских инженеров-механиков (Japan

Society of Mechanical Engineers) на проведение обучения в соответствии со стандартом ISO по специальности «Эксперт по вибродиагностике технических средств».

2005

Создание электродинамических установок пространственной вибрации (шесть степеней свободы) для оценки уровня комфортности и испытаний на надежность элементов различных конструкций и устройств (рис 9).

Объединение административного и производственного зданий в городе Осака в местечке Ниши-Йодогава (Nishi-Yodogawa).

Организация лаборатории испытаний в Осаке.

Выход на японскую биржу JASDAQ Securities Exchange. Биржевой тиккер (номер) 7760.

Очередное получение приза премьер-министра Японии.

На данный момент, одним из наиболее перспективных направлений компании является производство систем трехкоординатной вибрации. Компания берется за выполнение специальных заказов, невзирая на сложность и революционность поставленных задач. Для обеспечения высокой надежности подобных сложных устройств, обеспечивающих надежность, необходимо реализовать надежность во второй математической степени для составных единиц этих устройств.

Пока именно составные части этих устройств в виде однокоординатных стенов востребованы на территории Российской Федерации. Но с учетом роста потребностей нашего рынка, с открывающимися широкими возможностями сбыта на международном экономическом плацдарме, и жизненно необходимым пересмотром нормативного обеспечения, испытательные службы предприятий нашей страны будут оснащаться по последнему слову техники.