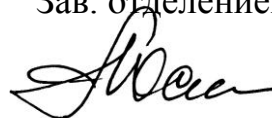


Министерство образования и науки российской федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)**

Утверждаю

Зав. отделением каф. ЮНЕСКО

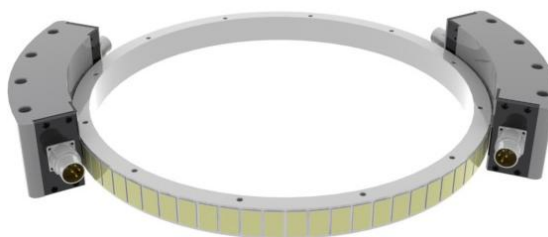


Ю.М. Осипов

" _____ " _____ 2012 г.

**ПРОБЛЕМЫ ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ
ДВИЖЕНИЯ**

Методические указания к практическим занятиям и самостоятельной работе по дисциплине **«Проблемы испытания электромехатронных систем движения»** для магистрантов 6 курса, обучающихся по направлению 221000.68 "Мехатроника и робототехника" по магистерской программе "Проектирование и исследование мультикоординатных электромехатронных систем движения"



Томск 2012

УДК 621.396.6.671.7

Проблемы испытания электромехатронных систем движения: Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Проблемы испытания электромехатронных систем движения» для магистрантов 6 курса, обучающихся по направлению 221000.68 "Мехатроника и робототехника" по магистерской программе "Проектирование и исследование мультикоординатных электромехатронных систем движения". – Томск: Изд-во ТУСУР, 2012. – 29с.

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию методическим семинаром отделения кафедры ЮНЕСКО «27» марта 2012 г., протокол № 8.

Составитель к.т.н., доц.



_____ С.В. Щербинин

Зав. кафедрой ОКЮ
доктор техн. наук,
доктор экон. наук,
профессор



Ю.М. Осипов

Рецензент

Кандидат технических наук,
доцент кафедры МИГ ЮТИ ТПУ

И.Ф. Боровиков

Введение

Испытания — это экспериментальное определение количественных и/или качественных характеристик свойств объекта испытаний как результата воздействия на него различных факторов при функционировании, моделировании объекта и/или воздействию на него [ГОСТ 16504-81].

Испытания РТК (робототехнических комплексов) — это специально организованная по установленной методике проверка функционирования как отдельных устройств РТК, так и РТК в целом. РТК испытывают в процессе проектирования, изготовления и эксплуатации.

Порядок испытаний устанавливается в государственном стандарте, в общих технических требованиях или технических условиях, в техническом задании на проектирование РТК.

Объект испытаний — изделие, характеристики которого подвергаются испытаниям. Характеристики объекта при испытаниях можно определить путем измерений, анализа или диагностирования.

Условия испытаний — это совокупность воздействующих факторов и/или режимов функционирования объекта при испытаниях. Условия испытаний могут быть реальными или моделируемыми, предусматривать определение характеристик объекта при его функционировании и отсутствии функционирования, при наличии воздействий или после их приложения.

Средства испытаний — это технические устройства, необходимые для проведения испытаний (средства измерений, испытательное оборудование и вспомогательные технические устройства).

Исполнители испытаний — это персонал, участвующий в процессе испытаний. К нему предъявляются требования по квалификации, образованию, опыту работы и другим критериям.

Испытания электромехатронных систем движения отличаются от испытаний РТК более высокими требованиями к точности планируемых дви-

жений и вследствие этого требуют измерительных средств повышенной точности.

Цель и задачи практических занятий

Цель получить практические навыки в организации испытаний электромехатронных систем движения.

Объектами испытаний являются следующие электромехатронные системы движения:

- четырехкоординатный манипулятор;
- солнечная электростанция с поворотными солнечными батареями.

Задачи:

- изучить терминологию, термины и общие понятия связанных с подготовкой испытаний электромехатронных систем движения;
- изучить государственные стандарты устанавливающих правила приемки и методы испытаний промышленных роботов), серийно выпускаемых, вновь разрабатываемых и модернизируемых.
- подготовить план испытаний и провести испытания одной из мехатронных систем движения имеющихся на кафедре.

Задания для практических занятий

Изучить методические указания к практическим занятиям. В соответствии с прилагаемыми формами (см. приложения) провести испытания элементов имеющихся на кафедре электромехатронных систем движения. Выбор типа испытаний и их алгоритм определяет преподаватель.

Отчет о проделанной работе должен включать в себя цель и задачи испытаний, инструментарий, описательную часть (8-10 стр.), таблицы с результатами испытаний и выводы.

Общие сведения об испытаниях электромехатронных систем движения

Нормативно-техническая документация (НТД) на испытания:

- комплекс стандартов, регламентирующих организационно- методические и нормативно-технические основы испытаний;
- комплекс стандартов системы разработки и постановки продукции на производство;
- нормативно-технические и технические документы, регламентирующие
- требования к продукции и методам испытаний;
- нормативно-технические документы, регламентирующие требования к средствам испытаний и порядок их использования.

Классификация испытаний.

1. По стадиям жизненного цикла (исследовательские, доводочные, приемосдаточные, предварительные, приемочные, квалификационные, периодические, типовые, инспекционные, сертификационные).
2. По уровню проведения (межгосударственные, государственные, межведомственные, ведомственные, корпоративные).
3. По длительности времени проведения (нормальные, ускоренные, сокращенные).
4. По типу внешних воздействующих факторов при испытаниях (механические, климатические, биологические, радиационные, электрические, электромагнитные).
5. По результатам воздействия внешних факторов (неразрушающие, разрушающие).
6. По определяемым характеристикам объекта испытаний (функциональные, граничные, технологические и т. п.).

Исследовательские испытания проводят на любых стадиях проектирования с целью:

- определения или оценки показателей качества функционирования испытываемых изделий в определенных условиях эксплуатации;
- выбора желаемых режимов работы и показателей надежности;
- сравнения и выбора предпочтительных проектных вариантов;
- построения математической модели (идентификации) изделия;
- отбора существенных факторов, влияющих на показатели качества изделия;
- проверки соответствия принятых проектных решений техническим требованиям ТЗ;
- получения ответов на вновь возникшие проектные вопросы, на которые нет достоверных ответов в науке и практике.

Доводочные испытания проводят после внесения изменений в конструкцию (доводки).

Приемосдаточные испытания при проектировании проводят по окончании этапов разработки изделий, и по результатам этих испытаний определяется направление и объем доработок и возможность перехода к следующему этапу.

Сертификационные (аттестационные) испытания проводят независимо от Производителя испытательные центры с целью проверки соответствия выпускаемого образца изделия паспортным данным. По результатам испытаний выдается сертификат или знак соответствия изделия паспортным данным.

Испытания при входном контроле проводятся Потребителем продукции на соответствие паспортным данным.

По продолжительности испытания подразделяют на:

- нормальные испытания, методы и условия проведения которых обеспечивают получение в необходимом объеме информации о показателях надежности изделия за такое же время, что и при эксплуатации;

- ускоренные испытания, методы и условия проведения которых обеспечивают получение необходимой информации о качестве изделия в более короткий срок;

- сокращенные испытания, которые проводят по сокращенной программе.

Проведение испытаний. Порядок проведения испытаний ПР определяется по ГОСТ 26053-84.

После монтажа и наладки ПР, а также после ремонтов проводят испытания ПР в составе РТК. Такие испытания называются контрольными.

Порядок проведения контрольных испытаний ПР устанавливается отраслевыми или заводскими методиками, которые должны соответствовать ГОСТ 26053-84.

ПР испытывают в составе РТК или на специально организованной площадке. Но и в том и в другом случае должна быть создана среда испытания, соответствующая реальной в части состояния атмосферы (запыленность, загазованность, температура и т. п.); параметров энергопитания; уровня вибраций и помех; работы с реальными объектами манипулирования, у которых физико-химические состояния поверхностей (температура, наличие специальных смазок, чистота поверхностей и т. п.) соответствуют условиям эксплуатации.

Основой проведения испытаний служит программа испытаний, утвержденная на соответствующем уровне или являющаяся частью ТЗ. Перед испытаниями:

- назначается приемочная комиссия, определяется место и время проведения испытаний;

- назначается персонал проведения испытаний и проводится его инструктаж.

После этого проводятся испытания в соответствии с программой. После окончания испытаний проводится согласование, оформление и подписание документов по полученным результатам. В зависимости от класса испы-

таний могут оформляться технические условия, карты технического уровня качества продукции, акт приемки опытного образца (опытной партии). При соответствии объекта испытаний требованиям технического задания, стандартам и другой документации комиссия в акте приемки рекомендует данное изделие к переходу в другую стадию жизненного цикла (например, к поставке на производство). Если в результате испытаний были выявлены возможности улучшения отдельных характеристик изделия, не оговоренных в НТД, в акте приемки дается перечень конкретных рекомендаций по совершенствованию продукции.

Если технический уровень объекта испытаний оказался ниже требований ТЗ, приемочная комиссия определяет дальнейшее направление работ по совершенствованию конструкции изделия, улучшению их технических характеристик, принимает решение о проведении повторных приемочных испытаний или о прекращении дальнейших работ.

Акт приемки утверждает руководство организации, назначившей комиссию по проведению испытаний.

Проведение испытаний ПР и РТК. Требования к испытаниям определяются программой испытаний и могут включать, например, следующие требования:

- РТК или участок испытания ПР должен быть огражден (с помощью стационарных ограждений, светозащиты, ультразвуковой защиты и т. п.), проходы должны иметь автоблокировку, связанную с устройством управления ПР и иметь знак «Вход воспрещен!» по ГОСТ 12.4.026-76;

- рабочее пространство ПР необходимо обозначить сплошными линиями шириной 50...700 мм, наносимыми на плоскость пола краской желтого цвета;

- в рабочем пространстве не должно быть посторонних предметов и оборудования, мешающих движению ПР;

- пульт управления ПР, как правило, должен размещаться за пределами зоны ограждения, но так, чтобы было обеспечено удобство визуального наблюдения;

- оборудование и приборы, применяемые при испытаниях, должны быть занулены (если это требуется в инструкциях к ним), установлены в соответствии с правилами и подключены к испытываемому ПР с помощью комплектных средств;

- обслуживание, наладку и испытания ПР могут проводить только лица старше 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование и получившие удостоверение на право обслуживания ПР;

- при проведении испытаний оператор должен находиться у пульта управления во всех режимах работы ПР, в том числе и в автоматическом;

- при первых же признаках нарушений в работе ПР должен быть немедленно выключен, и его повторное включение допускается только после выявления причин нарушения и их устранения.

Требования к испытываемым ПР:

- ПР должен быть полностью пригоден к эксплуатации;

- все полости должны быть полностью заполнены рабочими жидкостями (смазка, рабочие магистрали гидроприводов, емкости гидродемпферов и т. п.);

- все приводы ПР должны быть подключены к источникам питания, отрегулированы и обкатаны на холостом ходу и под нагрузкой.

Требования к средствам измерений:

- средства измерений должны точно соответствовать перечню средств измерений, приведенному в методике проведения испытаний;

- замена средств измерений возможна только по согласованию на уровне утверждения методики проведения испытаний;

- все средства измерений должны быть аттестованы в установленном порядке и иметь паспорт.

Предварительная проверка ПР состоит в правильности его подключения, проверке параметров питания, проверке наличия всех приборов и приспособлений, определенных методикой проведения испытаний, проверке комплектации испытаний необходимыми документами, проведении инструктажа персонала испытаний и оформлении этого инструктажа. Результаты проверок качества подготовки заносят в журнал проведения испытаний.

Проверка ПР в исходном состоянии проводится по следующей схеме.

1. Проверяют комплектность ПР в соответствии с технической документацией.

2. Проверяют правильность сборки робота, наличие в нем узлов и деталей, установленных технической документацией. При этом проверяют величину выходов подвижных элементов в исходных положениях, усилия натяжения пружин, усилия затяжки креплений, целостность «слабых звеньев». С помощью омметра проверяют значение сопротивления зануления между всеми зануляемыми устройствами ПР (исполнительное устройство, устройство управления, пульт управления, металлоконструкции и т. п.).

3. Проверяют все подключения. Проверяют сопротивление заземления (зануления), которое не должно превышать 0,1 Ом. Проверяют сопротивление изоляции проводов силовых цепей управления. Его измеряют мегомметром при напряжении 500 В относительно земли и между проводами. Сопротивление изоляции в любой точке проводки должно быть не менее 1 МОм. Электрическая прочность изоляции силовых цепей проверяется в течение одной минуты напряжением не менее 1500 В, полученным от трансформатора (установки) мощностью не менее 500 ВА. Устройства ПР, которые могут быть повреждены при испытаниях, необходимо отключить.

4. У роботов напольной конструкции проверяют устойчивость путем нагружения их манипуляторов номинальной массой при наиболее неблагоприятном для устойчивости положении звеньев исполнительного устройства. Во время проверки на устойчивость ПР необходимо страховать от возможного опрокидывания с помощью цеховых грузоподъемных средств.

5. Если конструкцию ПР подвергали доработке и изменениям, то необходимо проводить проверку ПР на ремонтпригодность путем оценки времени разборки и сборки доработанных узлов. На этом этапе проверяют время установки и снятия рабочих органов ПР (схватов, технологических головок и т. п.). Разборку и сборку проводят слесари, знакомые с конструкцией ПР и имеющие навык его обслуживания. При разборке и сборке проверяют также качество изготовления деталей и сборки узлов, качество отделки поверхностей ПР. Результаты проверки оформляют установленным документом.

Испытания ПР. При этих испытаниях проверяют номинальную грузоподъемность, скорости перемещения, усилия захватывания, технологические параметры, эксплуатационные параметры, параметры безопасной и безаварийной работы, безотказность под нагрузкой, характеристики прочности ПР.

Номинальную грузоподъемность проверяют повторением всех испытаний, проводимых на холостом ходу; при нагружении ПР грузом номинальной массы и работой в течение 15 мин в автоматическом режиме; работой в течение 15 мин в автоматическом режиме с грузом, масса которого на 10% превышает номинальную. При программировании движения выбирают наиболее неблагоприятные конфигурации движений исполнительного устройства (максимальный вылет, работа с большими скручивающими манипулятор моментами, при больших ускорениях и т. п.).

При испытании скоростей перемещений груза определяют средние и максимальные скорости. Сначала определяют среднее время перемещения по каждой степени подвижности. В автоматическом режиме определяют время пять двойных ходов (вперед — назад, по часовой стрелке, против часовой стрелки).

Максимальную скорость перемещения определяют на участках движения после разгона и перед торможением.

Определяют погрешность позиционирования путем установки вала, зажато в схвате, в забазированную втулку с установленным зазором «вал — втулка» или путем измерения точности позиционирования индикаторами.

Погрешность позиционирования определяют в наиболее неблагоприятной конфигурации манипулятора. Проверка выполняется на десяти циклах работы.

Погрешность обработки траектории проверяют путем прочерчивания линий на планшете пишущим элементом, зажатым в хвате. Погрешность обработки траектории определяют как максимальный разброс по десяти прочерченным линиям.

Усилия захватывания определяют динамометрами или путем захватывания калиброванных грузов.

Проверка технологических параметров ПР должна соответствовать его технологическому назначению, например, для сборочного ПР составляется программа сборки типовых сборочных единиц.

Аналогично ПР испытывают другие СТО по установленным методикам их испытаний.

Испытания РТК. Для ненагруженного режима (без ЭМП) запускается тест-программа работы РТК в различных режимах (покомандно, покадрово, режим обучения (программирования), режим отладки, режим нормальной работы). Время работы должно составлять не менее 24 ч. Допускается делать перерывы каждые 8 ч. Отказы СТО не допускаются. Допускается один сбой на каждые полные 8 ч наработки. Если число сбоев больше, то испытания прекращают. После устранения причин сбоев испытания повторяют.

Во время наработки визуально контролируют плавность движения всех механизмов, отсутствие утечек рабочих и смазочных жидкостей, сжатого воздуха.

Для режима с номинальной нагрузкой (с элементами-представителями) запускается тест-программа работы РТК в режиме нормальной работы. Время работы должно составлять не менее 24 ч. Допускается делать перерывы каждые 8 ч. Отказы СТО не допускаются. Допускается один сбой на каждые полные 8 ч наработки. Если число сбоев больше, то испытания прекращают.

После устранения причин сбоев испытания повторяют. Во время наработки визуально контролируют плавность механизмов, отсутствие утечек рабочих и смазочных жидкостей, сжатого воздуха.

1. ТРЕБОВАНИЯ СТАНДАРТОВ К ПРОВЕДЕНИЮ ИСПЫТАНИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ С ЭЛЕМЕНТАМИ ЭЛЕКТРОМЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ

Методы испытаний промышленных роботов (ПР), серийно выпускаемых, вновь разрабатываемых и модернизируемых устанавливает "ГОСТ 26053-84 Роботы промышленные . Правила приемки. Методы испытаний". Данным стандартом, а также "ГОСТ 12.2.072-98 Роботы промышленные. Роботизированные технологические комплексы. Требования безопасности и методы испытаний" следует руководствоваться при проведении испытаний электромехатронных систем движения.

Условия проведения испытаний

Факторы внешней среды при испытаниях должны соответствовать установленным в стандартах технических требований на конкретный тип роботов. Если такие указания отсутствуют, то испытания следует проводить при:

температуре $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$;

относительной влажности 45—80%;

атмосферном давлении 84—107 кПа (630—800 мм рт. ст.).

Испытания ПР, рассчитанных на работу в условиях высоких температур вибрации, запыленности, загазованности и влажности окружающей среды, в условиях агрессивных, радиоактивных сред, электромагнитных полей и др. проводят в эксплуатационных условиях или в климатической камере или других местах, в которых обеспечивается имитация эксплуатационных условий.

В непосредственной близости от испытываемого ПР вне рабочего пространства должны быть предусмотрены места для удобной установки контрольно-измерительной аппаратуры и приборов.

Должны быть обеспечены свободный доступ к контролируемым элементам, а также удобство визуального наблюдения за работой ПР.

На месте проведения испытаний должны быть обеспечены безопасные условия работы согласно ГОСТ 12.2.072—82 специалистов, принимающих участие в испытаниях.

Подготовка к испытаниям

Подготовку к испытаниям начинают с осмотра отведенного для испытаний места, проверки наличия энергоносителей и значений их параметров на соответствие требованиям, установленным для контрольных ПР.

Испытываемый образец должен передаваться для испытаний в окончательно готовом и пригодном для эксплуатации состоянии с полным комплектом принадлежностей. Испытываемые образцы должны быть так отрегулированы и обкатаны, чтобы исключить возможность изменений свойств образца при испытаниях.

Минимальное время обкатки до начала приемо-сдаточных, периодических и типовых испытаний — 32 ч без учета времени на устранение отказов. Время обкатки может быть увеличено по ее результатам.

Испытываемые ПР должны быть установлены в соответствии с требованиями руководства по эксплуатации, выверены относительно горизонтальной или другой заданной плоскости с погрешностью, определяемой техническими условиями и ПМИ конкретных ПР.

Средства измерений, обеспечивающие проверку параметров ПР с требуемой точностью, должны быть поверены или аттестованы в установленном порядке.

Общие требования к проведению испытаний

Испытания ПР проводят в следующем порядке:

1. Проверяют степень подготовленности ПР к проведению испытаний, при этом определяют выполнение требований разд.2 и 3.

2. Проверяют комплектность технической документации на ПР (перечень технической документации, представляемой на приемочные испытания, приведен в рекомендуемом приложении 2), комплектность представленного образца ПР.

3. Испытания ПР проводят в трех состояниях:

- в исходном состоянии — при неподвижных элементах механизмов без предмета производства или технологической оснастки в захватном устройстве ПР;

4. Составляют протокол по результатам испытаний ПР.

В исходном состоянии проверяют основные параметры и размеры ПР.

Прямым измерением при помощи стандартных устройств для измерения линейных размеров определяют габаритные размеры ПР и, если этого требуют ТУ на конкретные ПР, размеры его составных частей и (или) исполнительных модулей.

Однократным взвешиванием определяют массу ПР в целом, или, если этого требуют технические условия на конкретные ПР, отдельно массу его составных частей и (или) исполнительных модулей.

Проверяют выполнение требований к изготовлению ПР.

Прямым измерением проверяют точность изготовления и визуально качество обработки базовых деталей ПР.

Проверяют качество сборки ПР согласно ПМИ конкретных ПР.

При необходимости проводят контрольную разборку и сборку ПР.

В ПМИ конкретных ПР указывают требования к качеству отделки образца, которые визуально проверяют во время испытаний.

Должна быть проверена электрическая часть ПР с целью обеспечения электробезопасности.

При помощи вольтметра по ГОСТ 8711—78 и омметра по ГОСТ 23706—79 проверяют правильность подключения и совпадение номинальных данных оборудования и питающей сети.

Сопrotивление изоляции проводов силовых цепей и цепей управления измеряют мегомметром по ГОСТ 23706—79 при напряжении 500 В между электрическими проводами и землей и между отдельными электрическими проводами. Один провод мегомметра присоединяют к болту заземления, а другой— последовательно к проверяемым клеммам. Сопrotивление изоляции согласно ГОСТ 12.2.009—80 должно быть не менее 1 МОм. При испытаниях отключают те узлы ПР, которые могут быть повреждены. Электронные схемы, у которых напряжение ниже 50 В, допускается не испытывать или в течение испытаний подключать к защитной схеме.

Сопrotивление заземления измеряют омметром по ГОСТ 23706—79 между болтами заземления и любой металлической частью ПР. Сопrotивление заземления согласно ГОСТ 12.2.009—80 не должно превышать 0,4 Ом.

Число проверок по пп. 4.2.4.3, 4.2.4.4 при испытаниях устанавливают в ПМИ конкретных ПР, но должно быть не менее трех.

Электрическую прочность изоляции (испытание на пробой) проверяют переменным напряжением не ниже 1500 В согласно ГОСТ 12.2.009—80, получаемым от трансформатора мощностью не менее 500 В·А и прикладываемым между соединенными между собой электрическими проводами и заземленными основаниями исполнительного устройства и устройства управления в течение 1 мин. Электроаппаратура и детали, не предназначенные для испытания на такое высокое напряжение (конденсаторы и т. п.), перед испытаниями должны быть отсоединены. Конденсаторы для защиты от радиопомех, включенные между частями, находящимися в процессе работы под напряжением, и землей, не должны отключаться и должны выдерживать это испытание. Испытание проводят один раз. После проверки электрической прочности изоляции проверяют сопротивление изоляции.

Герметичность гидро- и пневмосистем проверяют методами, изложенными в ГОСТ 24054—80.

Проверку систем смазки осуществляют согласно ПМИ конкретных ПР.

Испытания ПР на холостом ходу

В режиме ручного управления визуально проверяют возможность перемещения по всем степеням подвижности на максимальное значение в прямом и обратном направлениях путем включения-выключения всех исполнительных механизмов не менее трех раз.

Действие блокировок и других устройств, обеспечивающих безопасную безаварийную работу, проверяют в соответствии с ПМИ конкретных ПР. Число проверок при испытаниях устанавливают в ПМИ конкретных ПР, но оно должно быть не менее трех.

При нажатии на кнопку «Общий стоп» должно прекращаться любое движение, независимо от режима работы. После нажатия на кнопку не допускаются самопроизвольные движения частей промышленных роботов. Для ПР с пневмоприводом допускается после нажатия на кнопку движение по степени подвижности до упора.

При отказе выявляют причины, вызвавшие отказ, устраняют их и проводят вторичную проверку в полном объеме.

Проверяют возможность работы во всех режимах: обучения, ручного управления, покадровой отработки программы, автоматической работы, автоматической работы в течение одного цикла и т. п., при этом визуально контролируют выполнение исполнительным устройством задаваемых команд, соответствие выполняемых движений расположению органов управления на пульте, отработку всех движений, выполненных при обучении.

Для цикловых ПР должно быть проведено фактически возможное число программируемых точек при прямом и обратном перемещении по каждой степени подвижности. Проверку осуществляют в автоматическом режиме.

В обоснованных случаях число проверяемых программируемых точек может быть ограничено в соответствии с ПМИ конкретных ПР.

При помощи стандартных устройств для измерения длин и углов измеряют максимальные угловые и линейные перемещения по каждой степени подвижности.

Если прямое измерение невозможно, метод определения максимальных перемещений устанавливают в ПМИ конкретных ПР.

Испытания ПР под нагрузкой

Номинальную грузоподъемность проверяют контролем надежного захватывания и удержания предметов производства, технологической оснастки или груза, суммарная масса которых с массой захватного устройства соответствует номинальной грузоподъемности при работе в автоматическом режиме на максимальных паспортных скоростях в цикле, включающем перемещения по всем степеням подвижности и контролем выполнения требований стандарта.

Число циклов — не менее 10.

Время перемещения по каждой степени подвижности определяют электросекундомерами или измерителями времени требуемой точности при работе с грузом массой, соответствующей номинальной грузоподъемности, на максимальных скоростях и перемещениях как среднее арифметическое результатов десяти измерений времени перемещения исполнительного устройства в прямом и обратном направлениях.

Для ПР, имеющих захватные устройства, определяют время захватывания и время отпускания в соответствии с ПМИ конкретных ПР.

Максимальные скорости и ускорения по каждой степени подвижности определяют в автоматическом режиме в соответствии с ПМИ конкретных ПР.

Максимальную абсолютную погрешность позиционирования по степеням подвижности определяют для ПР с позиционной системой управления методами, обеспечивающими требуемую точность и установленными в ПМИ конкретных ПР.

Для ПР, работающих в угловой системе координат, допускается определять максимальные скорости, ускорения и погрешность позиционирования для всего ПР в целом.

Максимальную абсолютную погрешность позиционирования проверяют у ПР с позиционной системой управления.

Проверку должны осуществлять в автоматическом режиме объектом манипулирования при максимальных скоростях и ускорениях. Общее число циклов должно быть не менее десяти. Программа должна предусматривать движение по всем степеням подвижности и остановку в конце цикла на время, необходимое для измерений.

Погрешность отработки траектории проверяют у ПР с контурной системой управления и осуществляется в автоматическом режиме при максимальных скоростях и ускорениях.

Проверяют уровень радиопомех, создаваемых ПР при работе в автоматическом режиме и в момент включения при помощи измерителя радиопомех необходимого класса точности по ГОСТ 11001—80. Уровень радиопомех не должен превышать установленный. Общесоюзными нормами допускаемых промышленных радиопомех (Нормы 1-72—9-72).

Уровень шума, создаваемый ПР, проверяют методами, установленными ГОСТ 23941—79, ГОСТ 12.1.026—80 и ГОСТ 12.1.028—80. Допустимый уровень шума устанавливают в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.023—80 и ГОСТ 12.1.003—83 и указывают в ТУ на конкретные ПР.

Испытания ПР на безотказность проводят в автоматическом режиме при непрерывной работе под нагрузкой по тест-программе, предусматривающей движение по всем степеням подвижности и максимально учитывающей возможности ПР при взаимодействии с технологическим или вспомогательным оборудованием или их имитаторами. Допускается часть времени испытания ПР на безотказность проводить на холостом ходу.

Суммарное время испытаний на безотказность, в том числе время работы ПР под нагрузкой и на холостом ходу, и осуществляемые в ходе испытаний проверки устанавливают в ПМИ конкретных ПР.

В соответствии с ПМИ конкретных ПР проверяют правильность выполнения ПР тех технологических операций, для осуществления которых он предназначен.

Проверку проводят отдельно или совместно с испытаниями на безотказность.

Нагрев подшипников проверяют непосредственно после испытаний на безотказность. Измерения проводят, например, при помощи контактной термомпары. Температура подшипников не должна превосходить значений, установленных в нормативно-технической документации на конкретный ПР.

Давление рабочего тела и расхода рабочего тела ПР проверяют методами, установленными для гидроприводов ГОСТ 17108—79, для пневмоприводов ГОСТ 19862—74.

Устойчивость ПР к механическим и климатическим воздействиям проверяют при периодических и типовых испытаниях в тех случаях, когда это предусмотрено в ТУ или ПМИ на конкретные ПР. Испытания проводят на вибростендах и в климатических камерах, при этом ПР должен находиться в рабочем состоянии и выполнять присущие ему функции. Тесты проверок ПР приведены в рекомендуемом приложении 3. Перед началом испытаний и после их окончания проводят проверку номинальной грузоподъемности и погрешности позиционирования (погрешности отработки траектории).

Климатические испытания крупногабаритных ПР, для которых нет стандартных климатических камер, проводят по ГОСТ 12997—84, как для крупногабаритных изделий.

Допускается изменять номенклатуру проверяемых параметров, включенных в обязательное приложение 1.

Не подлежат сокращению параметры, входящие в номенклатуру основных параметров по ГОСТ 25378—82, кроме усиления захватывания, времени захватывания и времени отпускания.

Оформление результатов испытаний

По результатам приемочных испытаний должны быть составлены протоколы испытаний, а на основе протоколов — акт приемки опытного образца (опытной партии) по форме, установленной в приложениях 6 и 7 к ГОСТ 15.001—73.

На основании результатов приемо-сдаточных испытаний ПР заполняют сопроводительную документацию (отметка о приемке в паспорте на ПР).

Результаты периодических испытаний ПР оформляют протоколом по форме, установленной в приложении 2 к ГОСТ 15.001—73.

Результаты типовых испытаний ПР оформляют протоколом, включающим описания всех проведенных проверок и заключение о целесообразности внесенных в конструкцию, материалы или технологию изготовления изменений.

Результаты испытаний на надежность оформляют протоколом с обоснованием выбора показателей надежности и методики их проверки.

Общие требования к испытаниям агрегатно-модульных ПР

Агрегатно-модульные ПР необходимо подвергать всем видам испытаний в объеме, предусмотренном разд. 1—4 настоящего стандарта.

Приемочным и квалификационным испытаниям подвергают все возможные модификации агрегатно-модульного ПР, предусмотренные ТУ. Допускается подвергать испытаниям только модификации агрегатно-модульных ПР, отличающиеся по способу установки на рабочем месте и собранные из полного числа деталей, узлов, агрегатов и исполнительных модулей максимального и минимального типоразмеров, при условии, что номинальные значения грузоподъемности, погрешности позиционирования и скоростей этих модификаций не отличаются от значений соответствующих показателей частных модификаций, получаемых из них путем исключения некоторых агрегатов и исполнительных модулей.

Приемо-сдаточным испытаниям подвергают все модификации, предназначенные для конкретного потребителя.

Периодическим испытаниям подвергают модификацию агрегатно-модульного ПР, имеющую максимальный выпуск с момента предыдущих периодических испытаний или с начала выпуска.

Типовым испытаниям подвергают те модификации агрегатно-модульного ПР, технические характеристики которых изменились вследствие внесения изменений в конструкцию деталей, узлов, агрегатов и исполнительных модулей, входящих в унифицированный набор.

Проверку геометрических характеристик агрегатно-модульного ПР, таких как точность установки исполнительного модуля относительно установочной плоскости, точность взаимного расположения исполнительных модулей и отклонений от прямолинейности, параллельности, перпендикулярности и других характеристик следует проводить, если это предусматривают ТУ на

конкретный ПР, по установленным в ТУ методикам или методами измерения геометрических параметров по ГОСТ 31.211.41—83, ГОСТ 22267—76.

Проверки должны выполняться под нагрузкой.

Список вопросов

1. Что называют испытаниями по ГОСТ 16504-81?
2. Что такое испытания РТК?
3. Где устанавливается порядок испытаний?
4. Что называют объектом испытаний?
5. Что такое условия испытания?
6. Кого называют исполнителями испытаний?
7. Что называют средствами испытаний?
8. Назовите состав нормативно-технической документации на испытания.
9. Как классифицируют испытания?
10. Цель испытаний на разных стадиях проектирования?
11. Как подразделяют продолжительность испытаний?
12. Какой ГОСТ определяет порядок проведения испытаний?
13. Какие действия выполняют перед проведением испытаний?
14. В каких режимах запускают тест-программу испытаний?
15. Каким прибором можно определить усилие схвата?
16. Назовите минимальное время испытания.
17. При какой конфигурации манипулятора определяют погрешность позиционирования?
18. Когда определяют максимальную скорость перемещения манипулятора?
19. Назовите рекомендуемую температуру испытаний?
20. Какая должна быть относительная влажность испытаний?
21. Какое должно быть атмосферное давление при проведении испытаний?

22. С чего начинают подготовку к испытаниям?

Список литературы

1. ГОСТ 12.2.072-98 Роботы промышленные. Роботизированные технологические комплексы. требования безопасности и методы испытаний.

2. ГОСТ 26053-84 Роботы промышленные. Правила приемки. Методы испытаний.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Обязательное

Объем и содержание основных контрольных испытаний ПР

Наименование этапа испытаний	Номенклатура осуществляемых проверок и проверяемые параметры	Пункты стандарта	Вид испытаний		
			Присмо- трье	Приемо- сдаточные	Периоди- ческие
Подготовка к проведению испы- таний	Условия проведения испытан- ний	Разд. 2	+	+	+
	Наличие необходимых средств измерений Проверка правильности их подсоединения	3.5	+	+	+
Проверка техни- ческой документа- ции Проверка ПР в исходном состоя- нии	Комплектность технической документации	4.1.2	+	×	×
	Комплектность образца	4.1.2	+	+	+
	Габаритные размеры	4.2.1	+	—	—
	Масса ПР	4.2.2	+	—	—
	Точность изготовления ПР, обработка основных деталей	4.2.3.1	+	—	+
	Качество сборочно-монтаж- ных работ	4.2.3.2	+	+	+
	Отделка образца	4.2.3.3	+	+	+
	Сопротивление изоляции	4.2.4.3	+	+	+
	Сопротивление заземления	4.2.4.4	+	+	+
	Электрическая прочность изоляции	4.2.4.6	+	+	+
	Правильность подключения к электро-, гидро- и пневмо- сети	4.2.5	+	+	+
Испытания на холостом ходу	Проверка системы смазки	4.2.6	+	+	+
	Возможности перемещений по степеням подвижности	4.3.1	+	+	+
	Действие механизмов, обес- печивающих безопасную и без- аварийную работу	4.3.2	+	+	+
	Проверка возможности рабо- ты во всех режимах, обеспечи- ваемых системой управления	4.3.3	+	+	+
	Число программируемых то- чек	4.3.4	+	—	+
Испытания под нагрузкой	Максимальные перемещения	4.3.5	+	+	+
	Номинальная грузоподъем- ность	4.4.1	+	+	+
	Усилие захватывания*		+	—	+

* Для ПР, оснащенных рабочим инструментом, усилие захватывания опре-
делять не требуется.

Наименование этапа испытаний	Номенклатура осуществляемых проверок и проверяемые параметры	Пункты стандарта	Вид испытаний			
			Приемоч- ные	Приемо- сдаточные	Период- ческие	
Составление протокола по ре- зультатам испыта- ний	Время перемещений по сте- пеням подвижности	4.4.2	+	+	+	
	Время захватывания, время отпускания	4.4.2	+	+	+	
	Максимальные скорости	4.4.3	+	—	+	
	Максимальные ускорения	4.4.3	+	—	+	
	Максимальная абсолютная погрешность позиционирова- ния:					
	а) по степеням подвижности	4.4.4	+	+	+	
	б) всего ПР	4.4.5	+	+	+	
	Погрешность отработки тра- ектории	4.4.6	+	+	+	
	Уровень радиопомех	4.4.7	+	—	+	
	Уровень шума	4.4.8	+	—	+	
	Испытания на безотказность	4.4.9	+	—	+	
	Проверка правильности вы- полнения технологических опе- раций	4.4.10	+	+	+	
	Нагрев подшипников	4.4.11	+	0	—	
	Давление рабочего тела	4.4.12	+	—	—	
	Нагрев рабочей жидкости		+	×	—	
	Герметичность гидро- и пнев- мосистем	4.2.5	+	+	+	
	Устойчивость к механичес- ким и климатическим воздейст- виям	4.4.13	Прило- жение 3	+	—	+
		Разд. 5		+	+	+

Примечание. «+» — испытание проводят в полном объеме; «X» — испытание каждого ПР проводят в ограниченном объеме, согласно ПМИ конкретных ПР; «0» — испытание проводят выборочно, согласно ПМИ конкретных ПР. «—» — испытание не проводят.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Рекомендуемое

Перечень документов, представляемых на приемочные испытания

1. Техническое задание по ГОСТ 15.001—73, утвержденное в установленном порядке.
2. Проект технических условий по ГОСТ 2.114—70, подписанный руководителем организации-разработчика.
3. Эксплуатационные документы по ГОСТ 2.601—68.
4. Программа и методика испытаний по ГОСТ 2.106—68.
5. Карта технического уровня и качества изделия по ГОСТ 2.116—84.
6. (Исключен, Изм. № 1).
7. Принципиальные схемы по ГОСТ 2.701—84 (при отсутствии их в эксплуатационной документации) и сборочный чертеж.
8. Протокол предварительных испытаний образца, представляемого на приемочные испытания.
9. (Исключен, Изм. № 1).

**ТЕСТЫ ПРОВЕРКИ ПР НА УСТОЙЧИВОСТЬ К МЕХАНИЧЕСКИМ
И КЛИМАТИЧЕСКИМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ**

Номер периода испытания	Частота, Гц	Амплитуда, мм	Ускорение, м/с ²
1	5—10	3	—
2	10—25	1,5	—
3	25—50	0,3	—
4	50—100	0,1	—
5	100—200	—	10,0 (не более)

Время выдержки на каждой контрольной частоте — не менее 1 ч.

Требования к тесту проверки устойчивости ПР к климатическим воздействиям:

время выдержки при нормальной (номинальной) температуре — не менее 0,5 ч;

время выдержки при максимально допустимой по ТУ температуре — не менее 4 ч, включая одно снижение до нормальной температуры и восстановление максимально допустимой (повторяется трижды);

время выдержки при минимально допустимой температуре — 4 ч.

Испытания при минимальной температуре проводят между проверками при максимально допустимой по ТУ температуре.

Если при проверке на виброустойчивость невозможна установка на вибростенде всего ПР, допускается проводить испытания ПР с последовательной установкой на вибростенд составных частей его модулей или размещение их на различных вибростендах. Контроль работоспособности осуществляют после того, как все составные части ПР пройдут необходимый цикл испытаний.

(Введено дополнительно, Изм. № 1).

ПРОБЛЕМЫ ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ ДВИЖЕНИЯ

Методические указания к практическим занятиям
по дисциплине «Проблемы испытания электромехатронных систем
движения» для магистрантов 6 курса, обучающихся по направлению
221000.68 "Мехатроника и робототехника" по магистерской программе
"Проектирование и исследование мультикоординатных электромехатронных
систем движения"

Составитель Щербинин Сергей Васильевич