

# Прямоугольные электрические соединители.

## Общие принципы организации и технологии испытаний электрических соединителей

**В данной статье определены основные цели и задачи проведения испытаний электрических соединителей. Обозначены общие принципы построения программ и методик испытаний. Рассмотрены вопросы планирования, классификации видов, методов и технологий испытаний.**

Леонид Сафонов  
Александр Сафонов

edef@online.debryansk.ru

### Введение

Качество современных электрических соединителей в значительной степени зависит от правильной постановки и организации испытаний на всех этапах комплексного процесса проектирования и производства.

Важность испытаний обуславливается тем, что современная РЭА, в состав которой входят электрические соединители, должна с высокой точностью, качеством и надежностью выполнять сложные функции и обеспечивать в целом комплексную надежность функционирования объекта.

В данной статье система испытаний электрических соединителей рассматривается как составная часть комплексной системы обеспечения качества в процессе проектирования и производства соединителей. В связи с этим большое место занимает рассмотрение принципов организации и построения программ испытаний и контроля в ходе выполнения технологических процессов производства.

Авторы придерживаются той точки зрения, что характер и сущность новых функциональных идей создания современных электрических соединителей, новых наукоемких технологий хотя и может приводить к созданию новых методик и технологий контроля, а также видов испытаний электрических соединителей, но не будет противоречить общим теоретическим и методологическим принципам, которые сейчас положены в основу организации систем контроля и испытаний и рассмотрены в данной статье.

Под неизбежным воздействием факторов функционального, технологического и экономического обновления они будут, видимо, эволюционно совершенствоваться, развиваться, уступая постепенно место новым решениям. Революционных же изменений методологии контроля и испытаний в широком смысле происходить не будет.

### Цели и задачи испытаний электрических соединителей

Испытания — экспериментальное определение количественных и качественных характеристик параметров изделия путем воздействия на него или его модель спланированного комплекса внешних воздействующих факторов (ВВФ).

Испытания являются важной экспериментальной основой функционирования системы управления качеством.

Под ВВФ понимают явления, процессы или среды, внешние по отношению к изделию, которые вызывают или могут вызывать ограничение или потерю работоспособности изделия в процессе эксплуатации.

Основные цели испытаний электрических соединителей:

1. Экспериментальное подтверждение теоретических расчетов, принятых допущений и гипотез, заданных показателей качества электрических соединителей, в условиях, близких к эксплуатационным, а также получение оценок, позволяющих определить резервы повышения качества конструкторско-технологических решений и резервы надежности разработанных соединителей.
2. Контроль качества технологии и организации производства, соблюдения в производстве и эксплуатации требований технической и технологической документации.
3. Устранение дефектов взаимодействия соединителей в составе комплексов РЭА.

Выделяют три группы задач, решаемых в ходе проведения испытаний:

- получение эмпирических данных, необходимых для проектирования электрических соединителей;
- установление соответствия соединителей заданным техническим требованиям;
- определение предельных состояний соединителей в процессе эксплуатации.

Цели испытаний не постоянны: они могут меняться на различных этапах проектирования, производства и эксплуатации в зависимости от поставленных задач.

Проведение испытаний направлено на выявление:

- недостатков конструкции и технологии изготовления электрических соединителей, которые не позволяют им качественно и надежно выполнять требования согласно заявленным техническим параметрам в условиях эксплуатации;
- отклонений от конструкции или технологии, допущенные в процессе производства;
- резервов повышения качества и надежности конструктивно-технологических решений.

Результаты испытаний, а именно количественные показатели уровня качества и надежности соединителей, используются при разработке РЭА, в которых они будут функционировать. Одновременно разработчики РЭА по результатам испытаний соединителей в производстве выявляют отступления от конструкторской или технологической документации, допущенные в процессе производства, устанавливают причины снижения требуемого уровня качества и т. д.

Если причина снижения качества не установлена, принимают необходимые меры по совершенствованию средств и методов технического контроля соединителей или в целом технологического процесса.

Для повышения качества и надежности выпускаемых соединителей разрабатывают специальные виды и методы испытаний, в том числе и обеспечивающие выявление скрытых дефектов, вызывающих появление ранних отказов соединителей в РЭА. Такие испытания называются тренировками (термотоковая тренировка, электротренировка, тренировка термощиками, тренировка сочленением-расчленением для стабилизации единичного усилия и т. д.). При этом необходимо выбирать такие режимы тренировок, чтобы они не вырабатывали ресурса соединителей, которые не содержат дефектов. Указанные цели и задачи испытаний — общие для различных типов и конструкций электрических соединителей. В то же время для конкретных видов соединителей, с учетом их целевого назначения и определенных условий эксплуатации, разрабатывают соответствующие программы испытаний с использованием необходимых методов испытаний.

Значение и важность испытаний для оценки качества электрических соединителей трудно переоценить, если учесть серьезность последствий отказа аппаратуры, в которой они эксплуатируются.

### Классификация видов, методов и технологии испытаний

В реальных условиях эксплуатации на электрические соединители, находящиеся в составе РЭА, воздействует сложный комплекс разнообразных факторов окружающей среды как естественного (природного), так и искусственного происхождения.

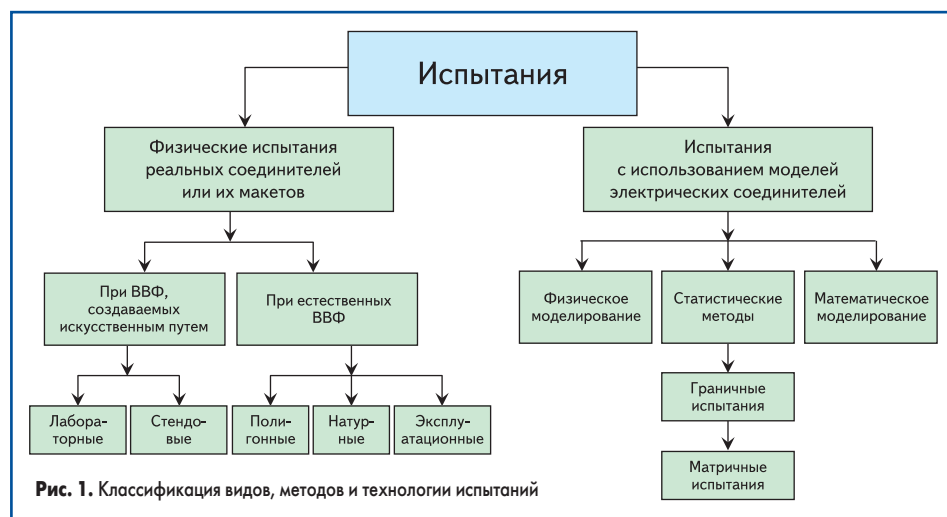


Рис. 1. Классификация видов, методов и технологии испытаний

Для оценки надежности качества электрических соединителей в производстве предусматривают следующие виды испытаний соединителей с точки зрения внешних воздействующих факторов (ВВФ):

- испытания на климатические воздействия;
- испытания на биологические воздействия;
- испытания на механические воздействия;
- испытания на радиационные и специальные виды воздействий.

Наибольшее разнообразие по характеру воздействий и сложность в организации постановки и проведения производственных испытаний представляют собой испытания на климатические и биологические воздействия.

Выделяют следующие виды климатических испытаний:

- испытание на повышенную температуру;
- испытание на пониженную температуру;
- испытание на изменение температуры;
- испытание на воздействие инея и росы;
- испытание на воздействие повышенной влажности воздуха;
- испытание на воздействие атмосферного давления;
- испытание на воздействие соляного тумана;
- испытание на воздействие солнечного излучения;
- испытание на воздействие пыли;
- испытания на герметичность;
- испытания на биологические воздействия.

Большое значение имеют испытания электрических соединителей на механические воздействия. Определяют следующие виды испытаний на механические воздействия:

- испытание на определение наличия и отсутствия резонансных частот конструкции соединителя;
- испытание на виброустойчивость и вибропрочность;
- испытание на ударную прочность и устойчивость;
- испытание на воздействие линейных нагрузок;
- испытание на воздействие акустического шума.

Особый вид испытаний электрических соединителей представляют испытания на воздействие специальных воздействующих факторов.

Обязательны для электрических соединителей испытания по определению их соответствия требованиям к конструкции, электрическим параметрам и режимам эксплуатации.

Все рассмотренные виды испытаний можно классифицировать по условиям, месту, технологии и организации проведения на две группы:

- физические (натурные) испытания электрических соединителей или их опытных и макетных образцов;
- испытания с использованием физических или математических моделей электрических соединителей.

Классификацию видов, методов и технологии испытаний можно представить в виде схемы (рис. 1).

### Физические (натурные) испытания электрических соединителей

Эти испытания можно проводить как при воздействии внешних факторов, создаваемых искусственным путем в лабораторных условиях с применением специальных испытательных стендов и специального испытательного оборудования, так и при воздействии естественных внешних факторов.

В зависимости от указанных условий и организации (рис. 2) они классифицируются на:

- лабораторные;
- стендовые;
- полигонные;
- натурные;
- эксплуатационные испытания.

Лабораторные и стендовые испытания электрических соединителей отличаются от испытаний в условиях реальной эксплуатации тем, что при их проведении пока еще не представляется возможным моделировать все внешние воздействия одновременно в той же совокупности, которая имеет место при реальной эксплуатации. Обычно при лабораторных и стендовых испытаниях электрические соединители подвергаются последовательно воздействиям внешних факторов, одного или нескольких одновременно.

Полигонные испытания электрических соединителей проводят в составе РЭА на специально оборудованных полигонах. Широко распространены полигонные испытания РЭА, предназначенной для эксплуатации и хране-



Рис. 2. Классификация видов, методов и технологии испытаний электрических соединителей

ния только в определенных климатических районах: их проводят на полигонах, расположенных в пунктах, имеющих характерные климатические параметры внешней среды.

Натурные — это испытания электрических соединителей в составе РЭА в условиях, соответствующих условиям их использования по прямому назначению с непосредственной оценкой или контролем определенных технических параметров.

Объективность натуральных испытаний может быть обеспечена при выполнении трех основных условий:

- Испытаниям подвергаются серийно изготовленные образцы соединителей.
- Испытания проводятся при воздействии на соединители факторов, действующих в реальных условиях эксплуатации.
- Определяемые технические параметры соединителей измеряются только непосредственно, без применения специальных дополнительных экспериментальных или аналитических зависимостей.

Цель полигонных и натуральных испытаний — исследование комплексного влияния реальных, естественных, воздействующих климатических, механических и других факторов на изменение параметров соединителей и вызывающих их обратимые и необратимые отказы при эксплуатации и длительном хранении. Эти испытания обеспечивают получение полной и достоверной информации о комплексном влиянии факторов окружающей среды на параметры электрических соединителей.

По результатам полигонных и натуральных испытаний разрабатываются рекомендации по повышению стойкости соединителей к воздействию внешних факторов.

К физическим испытаниям следует отнести также эксплуатационные, то есть испытания соединителей, проводимые непосредственно в условиях эксплуатации. Одним из основных видов эксплуатационных испытаний является опытная эксплуатация электрических соединителей. Иногда проводится подконтрольная эксплуатация, которая условно может быть отнесена к эксплуатационным испытаниям.

#### Испытания с использованием моделей

Их осуществляют с помощью методов физического и математического моделирования.

Применение этих методов позволяет отказаться от ряда сложных физических испытаний образцов реальных электрических соединителей или их макетов.

Классификация видов, методов и технологических испытаний представлена на рис. 2.

Цель и назначение испытаний:

- Исследовательские испытания проводятся для изучения определенных характеристик или свойств электрических соединителей. В ходе испытаний проводится:
  - оценка показателей качества функционирования образцов соединителей или их технических характеристик;
  - выбор оптимальных режимов работы соединителей;
  - сравнение вариантов соединителей при проектировании и аттестации;
  - построение математической модели функционирования соединителей (температурного режима, режима при максимальных механических воздействиях и т. д.);
  - анализ основных факторов, влияющих на показатели качества функционирования соединителей.

Особенность исследовательских испытаний — факультативный характер их проведения.

- Контрольные испытания проводятся для контроля качества электрических соединителей. Испытания этого вида составляют многочисленную группу испытаний.
- Сравнительные испытания проводят для сравнения аналогичных или одинаковых соединителей. На практике часто возникает необходимость сравнить качество аналогов и прототипов или даже одинаковых модификаций соединителей, выпускаемых различными предприятиями, по техническим характеристикам. Для этого испытывают сравнимые соединители в одинаковых режимах и условиях.
- Определительные испытания проводят для определения значений характеристик электрических соединителей с заданными показателями точности, достоверности и надежности.

В зависимости от места в комплексном процессе проектирования испытания подразделяют на три группы:

- Доводочные испытания — исследовательские испытания, проводимые при доработке опытных образцов соединителей с целью

оценки влияния вносимых в конструкторско-технологическую документацию изменений для достижения требуемых параметров.

- Предварительные испытания — контрольные испытания опытных образцов или установочных партий соединителей с целью определения возможности проявления отклонений их параметров или возникновения дефектов в процессе серийного производства.
- Приемочные испытания — контрольные испытания опытных образцов или установочных партий соединителей, проводимые с целью решения вопроса о целесообразности постановки их на производство. В зависимости от места и функций в серийном производстве испытания могут быть классифицированы следующим образом:
- Квалификационные — контрольные испытания установочной партии или первой серийной партии, проводимые с целью определения готовности предприятия к выпуску соединителей данного типа в заданном объеме.
- Предъявительские — контрольные испытания соединителей, проводимые службой качества предприятия перед предъявлением их для приемки представителем заказчика, потребителем или других органов приемки.
- Приемосдаточные — контрольные испытания соединителей при приемочном контроле.
- Периодические — контрольные испытания выпускаемых соединителей, проводимые в объемах и сроки, установленные нормативно-технической документацией, с целью контроля стабильности качества соединителей и оценки возможности продолжения их серийного выпуска.
- Инспекционные — контрольные испытания выпускаемых соединителей, проводимые с целью оценки эффективности и целесообразности вносимых изменений в конструкцию соединителей или технологию производства.
- В тех случаях, когда в производственном процессе выявляют недостатки конструкции соединителей или технологических процессов их изготовления, возникает необходимость совершенствования конструкции и технологических процессов: целесообразно

ность предложенных изменений выявляют с помощью типовых испытаний.

- Типовые — контрольные испытания выпускаемых соединителей, проводимые с целью оценки эффективности и целесообразности вносимых изменений в конструкцию или технологический процесс.
- Аттестационные — испытания, проводимые для оценки уровня качества соединителей при их подготовке к аттестации по критериям качества.
- Сертификационные — контрольные испытания соединителей, проводимые с целью установления соответствия их технических параметров национальным или международным нормативно-техническим документам и стандартам.

По организационному уровню проведения испытания подразделяют на:

- Государственные — испытания важнейших видов соединителей, проводимые головной организацией по государственному испытанию, государственной комиссией или испытательной организацией, которой предоставлено право их проведения.
- Межведомственные — испытания соединителей, проводимые комиссией, сформированной из представителей нескольких заинтересованных министерств и ведомств.
- Ведомственные — испытания, проводимые комиссией, сформированной из вышестоящего ведомства или министерства.

По продолжительности проведения испытания подразделяют на:

- Нормальные — испытания, методы и условия проведения которых обеспечивают получение необходимого объема информации о характеристиках соединителей в такой же интервал времени, как и в условиях эксплуатации, предусмотренных ТУ.
- Ускоренные — испытания, методы и условия проведения которых обеспечивают получение необходимой информации о характеристиках соединителей в более короткий срок, чем это определено ТУ.
- Сокращенные — испытания, проводимые по сокращенной программе, по решению руководства службы управления качеством предприятия.

В зависимости от вида воздействия, которым подвергаются соединители в процессе испытаний, испытания подразделяют на:

- механические (воздействие механической вибрации, ускорения и т. д.);
- климатические (воздействие влажности, смены температур, солнечного излучения и т. д.);
- биологические (воздействие биологических факторов);
- радиационные (воздействие радиационных излучений);
- электромагнитные (воздействие электромагнитных полей);
- воздействие специальных сред (неорганические и органические растворители, масла, рабочие растворы и т. д.);
- термические (воздействие перепада температур, скорости изменения температуры, взрыва и т. д.).

По целевому результату воздействия испытаний на соединители, испытания подразделяются на:

- Неразрушающие — испытания с применением неразрушающих методов контроля.
- Разрушающие — испытания с применением разрушающих методов контроля.
- Испытания на прочность — проводят для определения значений воздействующих факторов, вызывающих критичный выход значений параметров соединителей за пределы, установленные ТУ, или их разрушение.
- Испытания на устойчивость — проводят для контроля способности соединителей выполнять свои функции и сохранять значения параметров в пределах, установленных ТУ, во время действия на них определенных факторов.

По характеру укрупненного определения параметров соединителей испытания подразделяют на:

- Функциональные (параметрические) — испытания, проводимые с целью определения значений показателей назначения электрических соединителей.
- Испытания на надежность — могут быть определительными и контрольными. Определительные испытания на надежность проводят для определения статистическим путем фактических значений количественных показателей надежности для одного типа или серии электрических соединителей. Такие испытания проводят после освоения вновь разработанных или модернизированных соединителей, изготовленных по технологии, соответствующей предполагаемому виду (серийному или массовому) производства. При определительных испытаниях проводится также проверка закона распределения отказов для данного типа соединителей.

Контрольные испытания на надежность необходимы для контроля соответствия количественных показателей надежности требованиям стандартов и ТУ.

Поскольку в качестве показателей надежности электрических соединителей приняты вероятность безотказной работы, минимальная наработка на отказ, ресурс, интенсивность отказов и срок хранения, то для определения или контроля этих показателей устанавливаются испытания на надежность следующих категорий: на безопасность, на долговечность, ресурсные, специальные, на сохраняемость.

- Испытания на транспортабельность обусловлены требованием, предъявляемым при перевозке различными видами транспорта.
- Граничные испытания проводятся для определения зависимости между предельно допустимыми значениями параметров соединителей и режимом эксплуатации. Это экспериментальный метод, основанный на физическом моделировании области значений первичных параметров, при которых выходные параметры соединителей находятся в пределах допуска, то есть в области безотказной работы.
- Технологические — испытания, проводимые при изготовлении соединителей с целью оценки их технологичности.

В лабораторных и стендовых испытаниях применяются следующие способы их проведения:

- последовательный;
- параллельный;
- последовательно-параллельный или комбинированный.

#### Последовательный способ

При этом способе один и тот же соединитель последовательно подвергают всем предусмотренным программой видам испытаний. Эти испытания проводят на различных выборках.

Последовательность испытаний должна предусматривать первоочередное выявление несоответствия особо значимых параметров соединителей, таких как наличие контакта, минимального значения переходного сопротивления, максимально допустимого перегрева контактов при максимальной нагрузке и т. д. Иногда при составлении программ испытаний предусматривают такую последовательность воздействующих факторов и их величин, которые обеспечивают скорейшее выявление потенциально ненадежных образцов с целью сокращения времени испытаний. Однако при этом теряется большая часть информации о влиянии других факторов.

Поэтому целесообразнее начинать испытания с воздействия на соединители наименее жестких факторов. Такой способ испытаний позволит точнее определить причины отказов и составить более полную картину о наличии в соединителях потенциальных дефектов. С другой стороны, если наиболее опасные для соединителей внешние воздействующие факторы расположить в конце процесса последовательных испытаний, то значительно увеличивается время их проведения.

Как видно, последовательность проведения испытаний соединителей играет важную роль.

Оптимальная последовательность проведения испытаний зависит от назначения соединителей, места их установки и предполагаемых условий эксплуатации. Поэтому последовательность проведения и состав испытаний необходимо указывать в ТУ на конкретный соединитель.

Характерная особенность последовательного способа проведения испытаний — это наличие эффекта накопления деградационных изменений физической структуры соединителей по мере перехода от одного вида внешнего воздействующего фактора к другому, в результате чего каждое воздействие предыдущего фактора оказывает влияние на результаты испытаний при воздействии последующего, что в свою очередь усложняет интерпретацию результатов испытаний.

#### Параллельный способ

При параллельном способе проведения испытаний соединители подвергают одновременному воздействию различных внешних

воздействующих факторов одновременно (параллельно) на нескольких выборках. Такой способ позволяет получить большой объем информации за более короткий промежуток времени, чем при последовательном способе испытаний.

Однако параллельный способ требует большего числа соединителей для испытаний, чем последовательный.

Компромиссным, между последовательным и параллельным способами проведения испытаний, является последовательно-параллельный способ, позволяющий находить наиболее оптимальные варианты испытаний. При последовательно-параллельном способе все соединители, отобранные для испытаний, разбиваются на несколько групп, которые испытываются параллельно. В каждой из этих групп испытания проводят последовательным способом. По своему составу группы испытаний должны быть сформированы по видам испытаний из тех соображений, чтобы, с одной стороны, продолжительность испытаний во всех группах была примерно одинаковой, а с другой, чтобы условия проведения объединенных в одну группу видов испытаний были близки к реальным.

С целью приближения лабораторных условий испытаний соединителей к реальным условиям их эксплуатации необходимо чаще применять комбинированный способ испытаний, при котором на испытываемые соединители одновременно воздействуют несколько внешних факторов.

Основным ограничением широкого применения лабораторных и стендовых испытаний при комплексном воздействии внешних факторов является отсутствие необходимого оборудования, а также сложность их проведения.

Необходимо отметить, что выбор алгоритма испытаний необходимо проводить исходя из результатов воздействий того или иного фактора на конкретный вид соединителей и условий их последующей эксплуатации, чтобы в процессе испытаний механизм отказов соединителей усиливался и все потенциально ненадежные образцы были обязательно выявлены.

### Планирование испытаний

В результате испытаний получают данные о качестве соединителей, как на стадии проектирования, так и на последующих стадиях и этапах их создания. Поэтому испытания являются составной частью общей программы работ по проектированию и производству новых электрических соединителей.

Поскольку в разработке нового изделия участвуют многие подразделения предприятия, то должен существовать общий план, увязывающий деятельность каждого из них. Для целенаправленных и согласованных действий подразделений и отдельных исполнителей на всех этапах создания соединителей (от составления технического задания на проектирование изделий до контроля его качества в процессе эксплуатации) разрабатывается программа обеспечения качества (ПОК).

### Порядок разработки ПОК

ПОК — документ, регламентирующий комплекс взаимосвязанных требований, правил и организационно-технических мероприятий, подлежащих выполнению при разработке и производстве соединителей и направленных на обеспечение показателей качества, установленных в ТЗ, стандартах и ТУ.

В ПОК должны быть охвачены такие стадии, как:

1. Разработка соединителей, включая следующие этапы:
  - разработка эскизного проекта;
  - разработка технического проекта;
  - разработка рабочей, конструкторской и технологической документации для изготовления опытной партии;
  - изготовление и проведение предварительных испытаний опытной партии;
  - проведение приемки ОКР.
2. Производство соединителей, включая следующие этапы:
  - освоение производства и изготовление установочной серии соединителей;
  - изготовление соединителей в условиях установившегося серийного производства.

ПОК разрабатывается на стадиях:

- разработки соединителей (ПОКр);
- производства соединителей;
- для этапа освоения производства и изготовления установочной серии соединителей (ПОКо);
- для этапа установившегося производства соединителей (ПОКп).

Организационно-технические мероприятия, предусматриваемые в ПОК, должны быть включены в календарные планы работы служб предприятия, участвующие в их реализации.

ПОК разрабатывают в виде самостоятельного документа для контрольного типа или ряда типов соединителей, обладающих конструктивно-технологической общностью.

При разработке ПОК следует учитывать:

- требования к качеству соединителей, опыт эксплуатации аналогичных соединителей;
- конструктивные и технологические особенности соединителей;
- объем и характер производства (для разрабатываемых или осваиваемых соединителей предполагаемого производства);
- стоимость соединителей;
- ожидаемые условия эксплуатации;
- требования к безопасности при эксплуатации.

ПОКр создает главный конструктор разработки соединителей с участием служб контроля качества, главного технолога, главного метролога, стандартизации, а также, при необходимости, других служб разработчика. ПОКр подписывают главный конструктор разработки соединителей и руководители служб, принимавших участие в ее создании.

ПОКо и ПОКп разрабатывает служба главного технолога с участием службы главного конструктора, главного метролога, контроля

качества и стандартизации, а также, при необходимости, других служб изготовителя. Подписывают ПОКо и ПОКп руководители служб, принимавших участие в их создании, и согласовывают с главным конструктором разработки соединителя.

ПОК согласовывается с заказчиком, а затем этот документ утверждает руководитель предприятия.

Сроки разработки:

- ПОКр — на этапе разработки эскизного проекта, а при его отсутствии — на следующем за ним этапе;
  - ПОКо — до начала изготовления установочной серии соединителей;
  - ПОКп — не более одного месяца после приемки установочной серии соединителей.
- Контроль своевременности и полного выполнения ПОК должен осуществлять:

- по ПОКр — главный конструктор разработки соединителей, служба контроля качества и заказчик;
  - по ПОКо и ПОКп — главный технолог и заказчик.
- Оценку эффективности выполнения мероприятий по ПОК осуществляют на основании соответствия соединителей требованиям ТЗ, стандартов и ТУ:

- ПОКр — комиссия по приемке ОКР;
- ПОКо — комиссия по приемке установочной серии;
- ПОКп — комиссия, назначенная руководством предприятия совместно с заказчиком в установленные сроки, но не реже одного раза в год.

### Требования к содержанию ПОКр

В ПОКр в общем случае предусматривают следующие основные мероприятия:

- сбор сведений о показателях качества аналогичных по функциональному назначению отечественных и зарубежных соединителей и их анализ;
- предварительную оценку уровня качества и эффективности вариантов конструктивных и технологических решений соединителей и обоснование выбранных вариантов;
- определение перечня параметров и характеристик, по которым должны быть установлены производственные запасы;
- разработку перечня материалов и комплектующих;
- разработку предложений по созданию новых методов и средств контроля качества разрабатываемых соединителей;
- разработку программы испытаний и проведение испытаний макетов соединителей;
- выявление и отработку технологических операций, в наибольшей степени влияющих на качество соединителей;
- разработку схемы операционного контроля;
- выбор методов и критериев отбраковки соединителей со скрытыми дефектами;
- разработку программы испытаний соединителей на соответствие требованиям ТЗ, проведение испытаний и предварительную оценку качества соединителей;

- выбор оптимального уровня стандартизации и унификации соединителей;
- определение состава технологического оборудования, средств измерений и испытаний соединителей;
- оценку технологичности соединителей и стабильности технологического процесса;
- разработку системы регулирования технологического процесса на операциях, в наибольшей степени влияющих на показатели качества соединителей, в основе данных статистического контроля;
- оценку качества опытных образцов соединителей по результатам испытаний;
- оценку анализа производственных запасов;
- анализ причин возникновения выявленных дефектов и разработку плана мероприятий по их устранению;
- контроль качества труда рабочих, контролеров и ИТР.

### Требования к содержанию ПОКо и ПОКп

На этапе освоения производства и изготовления установочной серии соединителей в ПОКо предусматривают следующие основные мероприятия:

- проверку готовности производства к реализации разработанного технологического процесса изготовления соединителей, обеспеченности необходимой документацией;
- осуществление авторского надзора;
- подбор и обучение необходимых категорий исполнителей;
- анализ причин возникновения дефектов при изготовлении установочной серии соединителей, разработку мероприятий по их устранению;
- корректировка КД и ТД при необходимости;
- отработку операционного контроля;
- оценку наличия производственных запасов;
- разработку системы сбора и обработки информации о качестве соединителей на всех участках производства;
- контроль качества работы рабочих, контролеров и ИТР.

На этапе установившегося серийного производства соединителей в ПОКп предусматривают следующие основные мероприятия:

- проведение статистического контроля с целью оценки качества изделий по установленным планам контроля и по результатам сравнения обобщенных данных с базовыми показателями качества ( $q_0$ );
- контроль наличия производственных запасов;
- применение методов статистического регулирования;
- применение методов неразрушающего контроля;
- анализ причин возникновения дефектов в производстве;
- разработку плана мероприятий по совершенствованию КД, ТД;
- аттестация рабочих, контролеров и ИТР;
- контроль соблюдения технологической дисциплины, требований к организации и условиям производства;

- контроль качества труда рабочих, контролеров и ИТР;
- осуществление авторского надзора;
- составление ежегодных отчетов, включающих содержание и результаты проведенных мероприятий, оценку эффективности и предложения по корректировке ПОКп. Анализируя перечень работ, предусматриваемых программой обеспечения качества, можно отметить следующее:

1. Выполнение программы должно обеспечить руководителей и исполнителей наиболее важной информацией для принятия решений и проведения мероприятий по преодолению существующих и возникающих трудностей реализации проекта.
2. Важная роль в программе отведена испытаниям. Информация, получаемая при проведении испытаний, является технической основой совершенствования и оптимизации конструктивно-технологических решений соединителей.
3. Обеспечение качества соединителей на этапе производства достигается не только контролем технологического процесса и их испытанием.
4. Контрольные операции технологии, продукции и проведение испытаний существенно повышают стоимость изготовления соединителей.

При разработке программ испытаний необходимо учитывать цели и задачи обеспечения качества разрабатываемых и изготавливаемых соединителей с учетом затрат на проведение испытаний. Испытания должны быть оптимизированы по эффекту от использования получаемой информации и по затратам на их проведение.

Очевидно, испытания — не единственный метод получения информации, необходимой для управления качеством проектируемых и изготавливаемых соединителей. Испытания могут быть заменены контролем процесса проектирования и технологических процессов изготовления соединителей. В отдельных случаях возможно заменить приемно-сдаточные испытания введением автоматизированных систем контроля технологических процессов изготовления изделий.

Особое место нужно уделять организации проведения испытаний. Кроме ПОК, составляются программы испытаний по каждому виду изделий и комплексная программа испытаний. Как правило, разработчик изделия определяет объекты и цели испытаний, служба качества следит за установленными нормами испытаний и методик их проведения, согласовывает режимы испытаний, исходя из реальных возможностей испытательного оборудования.

### Выбор объектов испытаний

Объектами испытаний могут являться:

- макеты, модели, экспериментальные образцы соединителей, изготовленные при выполнении научно-исследовательских работ (НИР) на этапах проектирования;

- опытные образцы соединителей, изготовленные при выполнении опытно-конструкторских работ (ОКР);
- образцы, изготовленные при внедрении или освоении соединителей в производстве;
- образцы, изготовленные в ходе установившегося серийного или массового производства.

Испытаниям подвергают соединители, соответствующие НТД по конструкции, внешнему виду, а также параметрам, определяемым при нормальных климатических условиях. Соединители необходимо испытывать в том виде и состоянии, в котором они реально эксплуатируются.

В зависимости от вида и этапа разработки электрического соединителя объектом испытания может стать единичный соединитель или партия соединителей, подвергаемая сплошному или выборочному контролю, от которой берется оговоренная НТД выборка.

Если объектом испытаний является макет или модель соединителя, то результаты испытаний относятся непосредственно к макету или модели. Однако если при испытании какого-либо соединителя некоторые его элементы заменяют моделями или отдельные характеристики соединителя определяют на моделях, то объектом испытания остается все-таки соединитель, а оценку характеристик этого соединителя получают на основе испытаний модели.

При выборе объекта испытаний нужно учитывать следующие требования:

- необходимость доказательства работоспособности соединителя при оговоренных в НТД условиях эксплуатации;
- необходимость доказательства соответствия параметров соединителя требуемым в НТД значениям;
- минимальная стоимость испытаний (включая затраты на испытательное оборудование);
- минимальная продолжительность испытаний;
- наличие соответствующего оборудования и оснастки, обеспечивающих проведение испытаний;
- возможность обеспечения оптимального контроля технологических процессов;
- необходимость определения параметров надежности комплектующих элементов, применяемых в соединителе.

При современных тенденциях микроминиатюризации радиоэлектронных компонентов растет трудоемкость полной проверки их работоспособности. Получение более объективных показателей надежности соединителей связано с ростом объемов и длительности испытаний и соответственно удорожает испытание на надежность.

### Основные разделы программы испытаний

#### Программа испытаний

Основным организационно-методическим документом при испытании соединителей является программа испытаний.

Программа испытаний — это обязательный для исполнения организационно-методический документ, который устанавливает объект и цели испытаний, объем и последовательность, условия, место и сроки проведения испытаний, отчетность по ним, а также ответственность за обеспечение и проведение испытаний.

#### **Описание объекта испытаний**

Описание объекта испытаний — это обязательный раздел программы испытаний.

При описании объекта в программе испытаний указывают: технические характеристики соединителя, подлежащие измерению или определению по измеряемым значениям других параметров; критерии годности и надежности соединителя, требования к внешнему виду, электрическим и другим параметрам.

#### **Описание цели испытаний**

Целью испытаний определяется вся программа: финансирование испытаний, распределение ответственности за получение и использование результатов.

Все планируемые испытания по своему назначению подразделяются на четыре группы: исследовательские, контрольные, сравнительные и определительные.

#### **Цели исследовательских испытаний**

Цели испытаний, проводимых на стадии проектирования, многообразны. Основная их направленность — получение экспериментальных данных о влиянии внешних воздействий на показатели качества, о рабочих характеристиках и показателях надежности и т. д.

Исследовательские испытания проводят также на стадиях производства и эксплуатации. Цель таких исследований — выявить в соединителе производственные дефекты и недостатки. Цели испытаний определяет главный конструктор разработки.

Общая направленность контрольных, сравнительных и определительных испытаний — определение соответствия соединителей требованиям ТУ.

Цель испытаний раскрывает их назначение и должна быть полностью отражена в наименовании испытаний. Чтобы сформулировать наименование испытаний, необходимо установить назначение испытаний, то есть определить, по цели их проведения, к какой из четырех групп можно отнести эти тесты.

#### **Объем и методика испытаний**

Это раздел программы испытаний, в котором даны сведения о количестве испытываемых соединителей; общей продолжительности испытаний и продолжительности испытаний при различных воздействующих факторах; о режимах испытаний и т. д.

#### **План проведения испытаний**

План проведения испытаний — составная часть программы испытаний. В плане должны быть указаны виды работ, которые не-

обходимо выполнить для проведения испытаний: изготовление образцов, приемка образцов ОТК, измерение и определение параметров образцов, подготовка испытательного оборудования, проведение испытаний, оформление результатов испытаний, согласование и утверждение протоколов испытаний и др.

Программа испытаний, после ее согласования и утверждения, является документом, обязательным для исполнения, план проведения испытаний контролирует служба управления качеством предприятия.

Программа содержит шесть разделов.

- Первый раздел («Объект испытаний») включает наименование, десятичный и заводской номер объекта испытаний.
  - Во втором разделе («Цель испытаний») ставится конкретная цель испытаний.
  - В третьем разделе («Обоснование необходимости проведения испытаний») указываются плановые документы, в которых регламентирована необходимость проведения испытаний.
  - Четвертый раздел («Объем и место проведения испытаний») указывает подразделение, в котором проводятся испытания, а также содержит план работ по подготовке проведения испытаний с графиками, указывающими исполнителя и объем работ, срок исполнения.
  - В пятом разделе («Методика испытаний») раскрывается содержание испытаний.
  - В шестом разделе («Оценка и оформление результатов испытания») регламентируется форма представления результатов проведенных испытаний, протоколов, отчетов, техническая справка, сводная ведомость.
- Методы оценки результатов испытаний и критерии отказов электрических соединителей, определяемые на основании требований к их основным параметрам и функциональному назначению, должны быть указаны в стандартах и ТУ.

В отчете по испытаниям соединителей приводятся сведения о цели, месте и времени испытаний, материально-техническом обеспечении, условиях и результатах испытаний и даются выводы и рекомендации по результатам испытаний.

#### **Общие принципы построения и содержания методики испытаний**

Вторым организационно-методическим документом после программы испытаний является методика испытаний электрических соединителей.

Одна из задач, решаемых при подготовке испытаний, — это разработка и выпуск методики испытаний. В методике формируют метод испытаний, средства и условия испытаний, отбор проб, алгоритмы выполнения операций по определению взаимосвязанных характеристик соединителей, формы представления данных и оценки точности, достоверности результатов, требования техники безопасности и охраны окружающей среды при проведении испытаний.

Методика испытаний соединителей должна определять:

- вид и цель испытаний;
- сроки и место проведения испытаний;
- условия проведения испытаний;
- порядок подготовки соединителей и испытательного оборудования к испытаниям;
- указания по рассмотрению технической документации, предъявляемой на испытания;
- методику экспериментальных исследований испытываемых соединителей;
- методику обработки результатов измерений при испытаниях;
- критерии положительных результатов испытаний;
- требования к оформлению результатов испытаний.

Методика испытаний может быть изложена в самостоятельном документе или в программе испытаний. Это составная часть НТД на изготавливаемые соединители. В методике должны быть определены методы испытаний.

Метод испытаний — это совокупность правил применения отдельных принципов и средств по осуществлению испытаний. Он должен обеспечивать выполнение задачи проверки соединителей на соответствие требований ТЗ и на их разработку.

Методика должна предусматривать испытания по всем параметрам, предъявленным к соединителям.

#### **Требования к средствам испытаний**

Под этими требованиями понимают требования к техническим устройствам, веществам и материалам, применяемым при проведении испытаний. Сюда, прежде всего, относят испытательное оборудование — средство испытаний, представляющее собой техническое устройство для воспроизведения условий эксплуатации.

Составной частью средств испытаний являются средства измерений, применяемые для измерения тех или иных параметров объекта или для контроля условий испытаний.

Испытательное оборудование, программа испытаний, их методика и обработка результатов измерений, рекомендованные в методике, должны обеспечивать объективный контроль и получение достоверной информации о характеристиках испытываемых соединителей.

Методика испытаний должна быть технически обоснована и экспериментально апробирована.

Программа и методика испытаний должны быть согласованы разработчиком при участии метрологической службы и службы испытаний, а также с заказчиком и утверждены техническим руководителем организации, проводящей испытания.

В процессе испытаний программа и методика испытаний могут быть дополнены и уточнены.

Воспроизводимость результатов испытаний определяется уровнем качества методики испытаний и свойствами объекта испытаний — соединителей. Очень важно при оценке результатов испытаний выделить ту часть погрешностей полученных данных, которая мо-

жет быть обусловлена методикой испытаний. Поэтому основные требования к методике — обеспечить максимальную эффективность процесса испытаний и минимально возможную погрешность получения результатов.

Методика испытаний должна содержать описания следующих этапов:

- проверка испытательного оборудования;
- подготовка испытываемых соединителей;
- совместная проверка испытательного оборудования и испытываемых соединителей;
- регистрация результатов испытаний и данных об условиях их проведения.

Испытательное оборудование по всем техническим возможностям должно соответствовать требованиям обеспечения проведения испытаний с заданными режимами и в полном объеме.

#### **Подготовка к испытаниям**

Подготовка соединителей к испытаниям включает:

- выбор параметров, характеризующих качество соединителя;
- осмотр соединителей и измерение параметров их качества;
- контроль соединителей по функциональным, физическим параметрам и признакам внешнего вида.

Перед началом испытаний отобранные соединители выдерживают в нормальных климатических условиях в течение времени, необходимого для стабилизации характеристик качества, после чего проводят измерение параметров.

Все соединители до начала испытаний должны быть промаркированы.

#### **Проверка испытательного оборудования**

Совместная проверка испытательного оборудования и испытываемых соединителей должна подтвердить:

- способность испытательного оборудования выполнять необходимые функции при работе с испытываемым соединителем;
- долговечность и надежность испытательного оборудования при возможных перегрузках в процессе испытания;
- сохранность испытываемого соединителя вследствие несогласованных параметров оборудования и испытываемого соединителя.

Способ крепления соединителей при проведении испытаний, физические свойства, надежность деталей и устройств крепления должны быть указаны в НТД на соединитель с учетом возможных позиционных положений при эксплуатации.

#### **Регистрация результатов испытаний**

Регистрация результатов испытаний обеспечивается развернутой формой записи данных, подробным описанием проводимых проверок, схемами расположения приборов, монтажными схемами.

Форма записи данных должна быть достаточно подробной и гарантировать регистрацию всех входных и выходных данных. Должно быть предусмотрено место для записи параметров

окружающей среды, даты регистрации; сведения о лицах, проводящих испытания. Форма записи данных должна содержать сведения о критериях приемки или отбраковывания в случае приемо-сдаточных испытаний. Если испытания проводятся не с целью приемки соединителей, то в форме предусматривается запись наблюдаемых и фактических отчетов с учетом погрешностей испытательного оборудования и средств измерений.

#### **Заключение**

С точки зрения теоретических и методологических взглядов авторы рассматривают материалы этой статьи с позиции системного анализа: раскрывают все многообразие и иерархическую структуру задач контроля качества, оценки надежности электрических соединителей, систему испытаний и применяемые при этом разнообразные методы и технологии проведения контроля как составную часть комплексной системы обеспечения качества в процессе проектирования, производства и эксплуатации электрических соединителей.

В этом смысле в статье большое место занимает рассмотрение принципов организации и построения методик и программ испытаний и вопросы обеспечения качества в ходе выполнения технологических процессов производства соединителей.

Авторы стремились рассматривать методы испытаний электрических соединителей с реальных производственных позиций, на основе многолетнего опыта по организации испытаний и контроля качества у себя на предприятии.

#### **Литература**

1. Коробов А. И. Испытания радиоэлектронной, электронно-вычислительной аппаратуры и испытательное оборудование. М.: Радио и связь, 1987.
2. Кузнецов В. А., Ялунина Г. В. Основы метрологии. М.: ИПК издательство стандартов, 1995.
3. Митрейкин Н. А., Озерский Д. И. Надежность и испытания радиодеталей и радиокомпонентов. М.: Радио и связь, 1981.
4. Сергеев А. Г., Крохин В. В. Метрология. М.: Логос, 2001.
5. Тартаковский Д. Ф., Ястребов А. С. Метрология, стандартизация и технические средства измерений. М.: Высшая школа, 2001.
6. Сафонов Л. И., Сафонов А. Л. Основные принципы системы менеджмента качества предприятия, выпускающего радиоэлектронные компоненты // Технологии в электронной промышленности. 2008. № 1.
7. ГОСТ 23784-98. Соединители низкочастотные низковольтные и комбинированные. Общие технические условия.
8. ГОСТ 25360-82. Изделия электронной техники. Правила приемки.
9. ГОСТ 20.57.406-81. Комплексная система контроля качества. Изделия электронной техники, квантовой электроники и электротехнические. Методы испытаний.