

Ускоренное тестирование срока службы (Accelerated Life Cycle Test, ALT)

Тесты ALT являются особенно важными для Symbol в связи с быстрой сменой технологий, усложнением продукции с большим числом внутренних компонент, необходимостью ускоренного вывода на рынок новых продуктов, а также повышением требований заказчиков к надежности. Анализ результатов ускоренных тестов срока службы, кроме тех, что просто увеличивают интенсивность использования продукта, требует применения разумной физической модели, соотносящей такие параметры, как температура, влажность, вибрации и т.д., ко времени наработки на отказ. Затем модель должна быть наложена на реальные данные для описания того эффекта, который имеют указанные факторы на возможный отказ.

Мы в Symbol используем три различных метода ускоренного тестирования нашей продукции:

- Повышение *скорости старения*. Например, повышенная температура или влажность может привести к ускорению химических процессов, таких как химическая деградация крепежных элементов (ведущих к их ослаблению) или повышение степени проводимости изолятора (что приводит к короткому замыканию).
- Повышение *интенсивности использования*. Например, определенный продукт должен иметь срок службы в среднем 5 лет при его использовании 700 раз в день. Если вместо этого мы тестируем продукт миллион раз, мы можем сократить его срок службы (для многих потенциальных предпосылок отказа) до нескольких дней. Кроме того, так как во время тестирования нет необходимости в доведении до отказа всех испытываемых устройств, то можно в течение нескольких дней получить важную информацию о надежности продукта. Подобная форма ускорения наиболее проста в реализации, так как результаты могут быть применены напрямую (после учета временного интервала) – при условии, что повышенная интенсивность использования не создает новых предпосылок отказа и не влияет на существующие (например, перегрев компонент при интенсивном использовании).
- Повышение *уровня нагрузок* (например, электрического напряжения или вибраций), в которых работают тестируемые устройства. Отказ устройства происходит, когда степень его сопротивляемости падает ниже прикладываемой нагрузки. Таким образом, при большом уровне нагрузок «слабое» устройство, вообще говоря, отказывает чаще, чем при низком.

Возможна также комбинация указанных методов ускорения срока службы. Такой фактор, как напряжение тока, в определенных моделях отказа повышает интенсивность электрохимических процессов (таким образом, ускоряя старение), а также уровень нагрузок.

Данные тестирования при высоких уровнях нагрузок (например, интенсивность использования, температура, влажность, напряжение тока или вибрация) экстраполируются через физически разумную статистическую модель для получения прогноза срока службы при нормальных условиях. Результаты тестов ALT как можно быстрее передаются в группу конструирования и используются для оценки или демонстрации надежности системы, сертификации компонент, обнаружения предпосылок отказов, сравнения различных производителей и т.д.

Для хорошо известных предпосылок отказов мы используем Модель физического ускорения, основанную на физико-химической теории, которая не только способна правильно описать процесс возникновения причины отказа в широком диапазоне данных, но также позволяет экстраполировать результаты проведенных тестов ускорения. Мы попытались ввести физические упрощения, которые, тем не менее, адекватно определяют и описывают доминирующий аспект процесса. Например, сложный многоэтапный химический процесс может повлиять на собой оборудования, но только один из этих этапов может являться доминирующей причиной отказа, и хорошее понимание этой части процесса обеспечивает модель, пригодную для экстраполяции.

- Физическая теория должна использоваться в максимальной степени. Переменные ускорения (температура, влажность и проч.) должны выбираться в соответствии с факторами, реально вызывающими отказы.
- Предыдущие попытки ускорения похожих предпосылок отказа должны тщательно изучаться.
- Чрезмерное ускорение может создать предпосылки отказа, которые не могут появиться в предполагаемых условиях эксплуатации. Подобные «посторонние» отказы могут привести к неправильным выводам.
- Если предпосылок отказа несколько, есть вероятность, что различные предпосылки ускоряются в разной степени. Если этого не учитывать при моделировании, тестировании и анализе, можно прийти к неверным выводам.
- Простые модели в общем случае доказали большую пригодность к экстраполяции на условия эксплуатации, чем детализированные модели с множеством параметров. Например, даже если есть признаки нелинейности в данных тестов ALT, тем не менее, простая линейная модель увязки переменной ускоряемой нагрузки со временем наработки на отказ в общем случае обеспечивает более точную экстраполяцию, чем более подходящая квадратичная модель

Далее приведено описание различных ускоренных тестов срока службы, применяемых в Symbol.

Старение

Приведенные тесты являются неотъемлемой частью документированных правил и процедур обеспечения качества и надежности продукции Symbol.

Повышенная температура и влажность

Устройство подвергается воздействию температуры 85°C и относительной влажности 85%. Затем производится тестирование функциональности в соответствии с требованиями к продукции, а также проверка сканирования штрих-кодов на символах размером 20 mil и 55 mil. Требования Symbol предусматривают наличие влажности при определении устойчивости тестируемой продукции к высокой температуре. Продолжительность теста 192 часа.

Термический шок

Данный тест используется для определения способности конструкции противостоять скачкам температур, которые могут произойти при перемещении наземного мобильного оборудования между отапливаемыми и не отапливаемыми участками. Подобные температурные скачки могут случаться множество раз на протяжении срока службы устройства. Этот тип нагрузок может привести к:

- Расслоению материалов
- Слипанию частей
- Механическим повреждениям вследствие сжатия или расширения разнородных материалов
- Изменению характеристик электронных компонент

При испытаниях Symbol выбирает температурные пики, отражающие максимальные требования к условиям хранения. Термический шок выполняется на перепаде от -40°C до 85°C. Затем производится тестирование функциональности в соответствии с требованиями к продукции, а также проверка сканирования штрих-кодов на символах размером 20 mil и 55 mil. Продолжительность теста 48 часов (2 дня).

Циклическое изменение температуры

Для имитации циклических термических нагрузок, испытываемых устройством в процессе использования, Symbol использует тесты с циклическим изменением температурных условий при постоянной работе. Ускоряющий эффект достигается путем многократных циклов испытаний. В качестве дополнительных факторов ускорения могут применяться и другие нагрузки, такие как влажность и динамические электромеханические вибрации. Тестирование циклическости рабочих температур производится в диапазоне от -30°C до 75°C. Процент успешных сканирований штрих-кода должен превышать 90%. По завершении испытаний производится тестирование функциональности в соответствии с требованиями к продукции, а также проверка сканирования штрих-кодов на символах размером 20 mil и 55 mil. Продолжительность теста 240 часов (10 дней).

Интенсивность использования

Основные тесты на интенсивность использования приведены ниже. Требования к тестам есть совокупность самых жестких сценариев использования и режима работы устройства в днях/неделях/месяцах. Тестирование проводится при температуре 35°C и относительной влажности 40%.

Нажатия клавиш

Symbol закладывает количество нажатий в диапазоне от 800 000 до 1 000 000 циклов при силе нажатия в 300 г. Это соответствует работе устройства в течение 5 лет (6 дней в неделю/52 недели/5 лет).

Износ клавиш

При тестировании на износ клавиатура подвергается не менее чем 1000 циклам воздействия клейкой лентой RCA Mylar с силой приложения 55 г. Symbol проводит эти испытания в соответствии с принятыми в индустрии стандартной практикой, используя стандартное тестовое оборудование для всех клавишных продуктов.

Активация механических переключателей

Symbol оценивает количество переключений в диапазоне от 1 000 000 до 1 100 000 циклов. Это соответствует работе устройства в течение 5 лет (6 дней в неделю/52 недели/5 лет).

Контакты аккумулятора

Symbol закладывает количество подключений контактов и задействования механизма запирающего аккумулятора в пределах от 7000 до 8000 циклов.

Контакты запасного аккумулятора в автомобильном держателе (если применимо)

Symbol закладывает количество подключений контактов и задействования механизма запирающего с целью замены аккумулятора на полностью заряженный в пределах от 7000 до 8000 циклов. Это соответствует работе устройства в течение 5 лет (6 дней в неделю/52 недели/5 лет).

Тест срока службы лазера

Symbol имеет огромный опыт в тестировании лазеров и оценивает максимальную длительность непрерывной работы лазера до 350 часов. Это соответствует работе устройства в течение 5 лет (6 дней в неделю/52 недели/5 лет). Тем не менее, с целью

обеспечения дополнительной степени надежности Symbol проводит тестирование лазерных диодов более 1000 часов.

Срок службы мотора Mylar

Symbol первым стал проводить тестирование срока службы сканирующих головок на базе мотора Mylar и оценивает максимальную длительность непрерывной работы лазера до 350 часов в условиях от 50 до 200 сканирований в секунду, в зависимости от типа сканирующей головки – что соответствует более чем 250 миллионам сканирований при непрерывном использовании. Это отражает работу устройства в течение 5 лет (6 дней в неделю/52 недели/5 лет). В настоящее время Symbol имеет результаты тестирования сканирующих головок на базе мотора Mylar, превышающие 1 миллиард непрерывных циклов сканирования.

Срок службы экрана-стилуса

Symbol оценивает количество циклов использования сенсорной панели в диапазоне от 300 000 до 400 000. Это отражает работу устройства в течение 5 лет (6 дней в неделю/52 недели/5 лет). Таким образом, если предположить 5% повторных нажатий на одну и ту же точку случайным образом по всей поверхности сенсорной панели (по самым осторожным оценкам), то это соответствует при 5-летнем использовании 19 500 циклам. Symbol проводит повторяющиеся локальные тесты сенсорной панели более 25 000 циклов.

Повышение уровня нагрузок

Symbol разработал и в настоящее время использует практические методологии проведения тестов на нагрузки.

Вибрация

Symbol проводит тесты на вибрацию для поиска причин «тяжелых» отказов, зависящих от времени использования (таких как физическое разрушение от усталости материала или износа контактов). Для определения амплитуды и продолжительности испытаний Symbol использует обратную степенную зависимость для оценки уровня нагрузок, базируясь на специфических механизмах отказа. Имея данные о вибрационной обстановке в нормальных условиях службы и тестовой лаборатории, Symbol может оценить продолжительность испытаний, основываясь на величине срока службы устройства и вычисленном факторе ускорения. Отталкиваясь от худшего сценария воздействия нагрузок на устройство продолжительностью 12 000-13 000 часов при сроке службы от 5 до 6 лет, Symbol проводит тесты на вибрацию в течение 1 часа по каждой оси, то есть для всех трех осей в течение 3-х часов. Фактор безопасности, заложенный в данном случае в план проведения испытаний, отражает ожидаемый срок службы более 5 лет.

Кувыркание (повторяющиеся свободные падения)

Данный тест базируется на спецификации IEC 68-2-32 для тестирования повторяющихся свободных падений. Symbol оценивает количество случайных падений устройства с высоты 1 метр в диапазоне от 2500 до 3500 раз при работе 6 дней в неделю/52 недели/5 лет. Symbol проводит тестирование для 4000 падений, что эквивалентно 2000 циклов (цикл состоит из двух падений). Минимальная продолжительность теста для 2000 циклов составляет 6.6 часов плюс время для проверки функциональности устройства. Это количество падений намного превышает стандарты IEC, в которых предусмотрено от 50 до 1000 падений в зависимости от размера устройства.

Одной из сильных сторон Symbol является интеграция процессов тестирования и конструирования продукции. Отдел промышленного дизайна и учета человеческих факторов Symbol разработал уникальную технологию учета результатов испытаний, способную предсказать эффективность и качество предложений конструкторов до их реализации.