

сообразно принимать распределение по закону Релея с коэффициентом относительного рассеяния $\lambda_j = 0,1337$.

При наличии в угловой цепи звеньев, поля рассеяния ω_{jcm} (допуски) которых регламентируются стандартами, степень точности следует определить только для остальных составляющих звеньев. Поэтому в правой части уравнения (2) запишем отдельно сумму стандартных и сумму нестандартных полей рассеяния и подставим во вторую сумму в качестве ω_j выражение (1) для TA_j :

$$\omega_{\Delta}^2 = t_{\Delta}^2 \cdot \sum_{j=1}^{p_c} \omega_{jc}^2 \cdot \lambda_{jc}^2 + t_{\Delta}^2 \cdot \sum_{j=1}^{p_n} \omega_j^2 \cdot \lambda_j^2 = t_{\Delta}^2 \cdot \sum_{j=1}^{p_c} \omega_{jc}^2 \cdot \lambda_{jc}^2 + t_{\Delta}^2 \cdot B^2 \cdot \varphi^{2(n-1)} \sum_{j=1}^{p_n} \frac{C^{2 \ln L_j}}{L_j} \cdot \lambda_j^2 \quad (3)$$

После преобразований, логарифмирования и выделения в левой части равенства степени точности n , одинаковой для всех нестандартных звеньев, получим

$$n = \frac{1}{2 \ln \varphi} \cdot \left[\ln \left(\omega_{\Delta}^2 - t_{\Delta}^2 \cdot \sum_{j=1}^{p_c} \omega_{jc}^2 \cdot \lambda_{jc}^2 \right) - \ln \left(t_{\Delta}^2 \cdot B^2 \cdot \sum_{j=1}^{p_n} \frac{C^{2 \ln L_j}}{L_j} \cdot \lambda_j^2 \right) \right] + 1 \quad (4)$$

Рассчитанное значение n следует округлить до ближайшего меньшего целого и использовать для назначения полей рассеяния составляющих угловых звеньев по таблицам допусков (ГОСТ 8908-81 или ГОСТ 24643-81). Сумма назначенных допусков, приведенных к единой базовой длине 1 мм не должна превышать приведенного допуска замыкающего звена.

Выражение, полученное для расчета номера степени точности, может быть полезно инженерам-конструкторам для обоснованного определения допусков угловых размеров деталей машин, для обеспечения при сборке точности важных функциональных геометрических параметров методом неполной взаимозаменяемости.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Единая система допусков и посадок СЭВ в машиностроении и приборостроении: Справочник в 2т. М.: Издательство стандартов, 1989. – Т1 220с.
2. Точность и производственный контроль в машиностроении: Справочник / Под общ. ред. А.К. Кутая М: Машиностроение, 1983, 367с.
3. Солонин И.С., Солонин С.И. Расчет сборочных и технологических размерных цепей. – М.: Машиностроение, 1980. 110 с.
4. Бородачев Н.А. Анализ качества и точности производства.- М.: Машгиз, 1946. 252 с.

УДК 621.3

ОЦЕНКА ОПАСНЫХ СОСТОЯНИЙ И РИСКОВ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ ТЕХНИКИ ДЛЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Басинюк В.Л.

Объединенный институт машиностроения
Национальной академии наук Беларуси, Минск, Республика Беларусь

Введение. При обеспечении качества проектирования и изготовления технически сложных механических объектов, как правило, необходимо реализовать требуемый комплекс ее служебных свойств на всех стадиях разработки,

производства, эксплуатации и утилизации. К одному из наиболее важных аспектов этого процесса можно отнести установление и обеспечение требований к качеству их компонентов, в особенности, когда это относится к технике для экстремальных условий эксплуатации, включая космическую, авиационную и железнодорожную. Причем целесообразно, чтобы эти требования опирались на единую нормативную документацию, разработанную международными организациями.

В связи с чрезвычайной важностью приведенных выше вопросов Организацией европейского сотрудничества по стандартизации в области космической деятельности (ECSS) разработана серия стандартов Европейского космического агентства (ЕКА), в соответствии с которыми в рамках программы Союзного государства «Стандартизация-СГ» Объединенным институтом машиностроения НАН Беларуси были подготовлены и изданы государственные стандарты Беларуси СТБ ECSS-Q-ST-60С-2014 «Космическая техника. Обеспечение качества продукции. Компоненты электрические, электронные и электромеханические», СТБ ECSS-Q-НВ-30-01А-2014 «Космическая техника. Обеспечение качества продукции. Анализ наихудшего случая», СТБ ECSS-Q-НВ-30-08А-2014 «Космическая техника. Обеспечение качества продукции. Источники данных о надежности компонентов и их использование».

Методические подходы к обеспечению качества. В ЕКА вопросы обеспечения качества электрических, электронных и электромеханических (ЭЭЭ) компонентов регламентируются стандартом ECSS-Q-ST-60С [1]. Этим стандартом определяется комплекс требований к подбору, контролю, приобретению и применению ЭЭЭ компонентов для космических применений.

В соответствии с подходом ЕКА все используемые в космической технике ЭЭЭ компоненты делятся на три класса, принадлежность к которым определяется требованиями к их надежности и риску. Самая высокая надежность и самый низкий риск при использовании обеспечиваются классом 1, компоненты которого имеют, как правило, наиболее высокую стоимость. Самая низкая надежность и самый высокий риск у компонентов 3-его класса, однако, при этом их стоимость существенно ниже. Стандартом оговаривается, что для снижения общей стоимости создания объекта космического назначения могут быть использованы ЭЭЭ компоненты 2-го и 3-его классов, однако в этом случае должны быть приняты специальные, строго регламентированные нормативно-технической документацией, меры по снижению отрицательного воздействия их более низкой надежности на надежность объекта космической техники (КТ) в целом.

В целом выбор класса компонентов определяется тем, какие цели решаются создаваемым объектом. В соответствии с этими целями осуществляется техническая проработка и определяются ограничения на использование того или иного класса компонентов.

Для комплексного решения задачи обеспечения требуемого качества в стандарте предусмотрены следующие мероприятия: управление программой выбора и оценки соответствия компонентов предъявляемым к ним требованиям при

подборе и утверждении их номенклатуры; регламентация процесса приобретения ЭЭЭ компонентов, последующего обращения с ними и хранения; система обеспечения качества ЭЭЭ компонентов; выделение в отдельный список компонентов специального (особого) назначения и порядок работы с ними; ведение документации, обеспечивающей прослеживаемость на всех стадиях жизненного цикла изделия.

Для обеспечения качества используются следующие механизмы: параллельная разработка и управление компонентами; стандартизация типов компонентов и разумное сокращение их номенклатуры; определение характеристик комплектующих компонентов; оценка уровня производителей компонентов, учитывающая заявленные ими возможности и используемые технологические процессы; проведение испытаний при предварительном отборе и приемочном контроле партии компонентов; проведение периодических испытаний; формирование спецификации закупок; осуществление контроля и осмотра; организация контроля материалов, не удовлетворяющих техническим условиям; оценка и анализ имеющихся данных о применении компонентов, выпускаемых различными производителями, применение специального особого контроля компонентов с ограниченными или недостоверными данными для снижения рисков при их использовании; управление потоками информации.

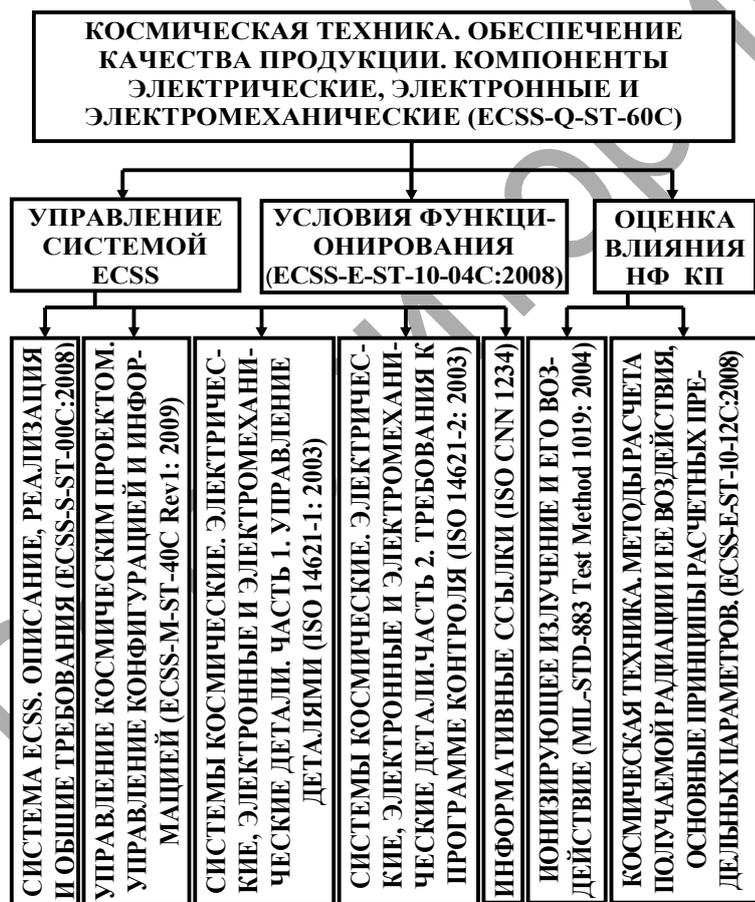


Рис. 1 – Основные ссылки стандарта ECSS-Q-ST-60C

Целесообразно отметить, что стандарт ECSS-Q-ST-60C организационно взаимосвязан с рядом стандартов ISO (рисунок 1) и наиболее важными для КТ нормативными документами, такими, как условия функционирования ЭЭЭ компонентов КТ (ECSS-E-ST-10-04C:2008) и учет влияния на ее работоспособность ионизирующего излучения и радиации.

В стандарте ECSS-Q-NB-30-01A [2] приведена методика, посредством которой осуществляется анализ наихудшего случая. Он применяется ко всему электрическому и электронному оборудованию. Метод анализа наихудшего случая (WCA) также используется на уровне подсистем для подтверждения характеристик

электрического интерфейса и требуемых расчётных предельных параметров оборудования. Он применяется на всех этапах проектирования, на которых устанавливаются требования к электрическому интерфейсу и выполняется проектирование электрической схемы. Анализ наихудшего случая используют также для подтверждения обоснованности запаса работоспособности электронных схем во всех условиях эксплуатации. В стандарте ECSS-Q-HB-30-08A [3] приведены источники данных о надёжности компонентов и их использование.

Управление компонентами. Для обеспечения качества ЭЭЭ компонентов составляется план управления компонентами. Основная цель и задачи составления плана управления компонентами состоят в том, чтобы определить и структурировать действия, которые будут осуществлены для гарантии того, что менеджмент качества компонентов отвечает целям и соответствует требованиям к проекту, его прогнозируемой стоимости, требованиям минимизации проводимых работ и обеспечения допустимого риска.

В соответствии с этим, система управления компонентами включает вопросы: организации системы менеджмента качества; выбора, оценки, утверждения и закупки компонентов, оговаривающие требования к сплошному контролю с разбраковкой, предварительному осмотру и приемочному контролю партии, заключительному осмотру и поставке, входному контролю, радиационным верификационным испытаниям, разрушающему контролю, подтверждению соответствия, доставке документации изготовителя, его обращению с компонентами и их хранению; обеспечения гарантии качества серийно изготавливаемых компонентов, включающие фиксацию несоответствия или отказов, их предупреждения, прослеживаемости и однородности партии для выборочного контроля; проведения работ с особыми (специализированными) компонентами, включающими заказные специализированные интегральные микросхемы (ASIC), гибридные интегральные микросхемы, однократно программируемые устройства и микроволновые монолитные интегральные микросхемы; требования к документации.

Заключение. Система обеспечения качества ЭЭЭ компонентов космической техники, регламентированная стандартом ECSS-Q-ST-60C и комплексом взаимосвязанных с ним нормативно-технических документов, позволяет эффективно и в полном объеме решать вопросы обеспечения надёжности наиболее сложных и ответственных компонентов космической техники. При ее создании и постоянном развитии использован опыт полувекковой работы ЕКА в этой сложной наукоемкой сфере.

Поэтому наиболее важные положения этой системы могут быть эффективно использованы в наземных приложениях на всех стадиях жизненного цикла технически сложных и наиболее ответственных изделий и компонентов машиностроения.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ECSS-Q-ST-60C. Space product assurance. Electrical, electronic and electromechanical (EEE) components. Rev.2 - DIR 1. -ECSS Secretariat ESA-ESTEC Requirements & Standards Division Noordwijk, The Netherlands.- 7.02.2013.
2. ECSS-Q-HB-30-01A:2011 Space product assurance. Worst case analysis. - ECSS Secre-

tariat ESA-ESTEC Requirements & Standards Division Noordwijk, The Netherlands - 14.01.2011.

3. ECSS-Q-HB-30-08A:2011 Space product assurance. Components reliability data sources and their use - ECSS Secretariat ESA-ESTEC Requirements & Standards Division Noordwijk, The Netherlands - 14.01.2011.

УДК 621.81

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ДИНАМИЧЕСКОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ ДЛЯ ДИСКОВ ТРЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

Антонюк В.Е.¹, Басинюк В.Л.¹, Ярошевич Е.²

- 1) Объединенный институт машиностроения Национальной академии наук Беларуси, Минск, Республика Беларусь
- 2) Белостокская политехника, Белосток, Польша

Введение. В современных энергонасыщенных гусеничных и колесных машинах в составе тормозных систем широко используются многодисковые маслоохлаждаемые тормоза (ММОТ) с фрикционными дисками, наружный диаметр которых в ряде случаев достигает до 950 мм.

При работе в режиме длительного торможения, например при движении по пересеченной местности, в карьерах и т.п., фрикционные диски ММОТ в ряде случаев работают в режиме длительного торможения. Вследствие этого происходит выделение большого количества тепла и изменение тепловой нагруженности всего узла ММОТ.

Для увеличения эффективности торможения ММОТ фрикционные диски имеют большую, по сравнению с обычными фрикционными дисками, относительную ширину и диаметры. При этом в конструкциях ММОТ одновременно применяется до 20...25 фрикционных дисков и для высокой эффективности их функционирования необходимо обеспечение при изготовлении и сохранение в условиях эксплуатации высокой точности рабочих поверхностей. Потеря точности этих поверхностей приводит к неполному выключению узла ММОТ, возникновению дополнительного тормозного момента и увеличению расхода топлива при работе мобильного средства, что оказывает соответствующее влияние на его работоспособность и надежность.

Область применения фрикционных дисков - механические и гидромеханические передачи, бортовые фрикционы, тормозные устройства современных гусеничных и колесных машин специального и хозяйственного исполнения. На рисунке 1 представлена схема использования фрикционных дисков в многодисковых маслоохлаждаемых тормозах карьерных самосвалов.

Анализ состояния вопроса.

Фрикционные узлы и фрикционные диски можно отнести к одним из наиболее слабых элементов гусеничных и колесных машин. По результатам опыта эксплуатации гусеничных машин 63% фрикционных дисков выходит из строя из-за коробления и 17% из-за износа. Анализ процессов изготовления фрикционных дисков показал, что практически все изготовители фрикционных дисков не обеспечивали и не обеспечивают заданные требования по отклонению от плоскостности рабочих поверхностей дисков.