

УДК 621.01:004:616-71

АНАЛИЗ И ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МРТ-ОБОРУДОВАНИЯ

Горюнова В.В., Кухтевич И.И., Тряшкина Е.Н.

ФГОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет», Пенза,

e-mail: gvv17@ya.ru

В статье отмечается, что при проектировании МРТ-оборудования все детали и узлы рассчитываются на прочность с учетом нагрузок, которые могут встретиться в процессе эксплуатации. Часто эти нагрузки носят случайный характер и могут быть описаны некоторым законом распределения. Уточняется, что в настоящее время разрабатываются методы прочностных расчетов с учетом закона распределения внешних нагрузок и прочностных свойств материалов. Однако заранее учесть все возможные нагрузки не всегда удается. Поэтому, встречаются отказы по причине конструктивных недоработок. Грубые ошибки при проектировании выявляются и устраняются в период приемки и испытаний изделий на заводе. Мелкие конструктивные недоработки выявляются только в процессе эксплуатации изделий в ЛПУ. В процессе эксплуатации могут встретиться «пиковые нагрузки».

Ключевые слова: эксплуатация, техническое состояние, МРТ-оборудование

ANALYSIS AND CHARACTERISTICS OF THE TECHNICAL CONDITION OF MRI EQUIPMENT

Goryunova V.V., Kukhtevich I.I., Tryashkin Y.N.

Penza State Technological University, Penza, e-mail: gvv17@ya.ru

The article notes that in the design of MRI equipment, all parts and components are calculated for strength, taking into account the loads that may occur during operation. Often these loads are of a random nature and can be described by some distribution law. It is specified that at present methods for strength calculations are being developed, taking into account the law of distribution of external loads and strength properties of materials. However, it is not always possible to take into account all possible loads in advance. Therefore, there are refusals due to design flaws. The gross errors in the design are identified and eliminated during the acceptance and testing of products in the factory. Minor design flaws are revealed only during the operation of products in the LPU. During operation, «peak loads» can occur.

Keywords: operation, technical condition, MRI equipment

В зависимости от величин (численных значений) основного (X) и неосновного (Z) параметров, изделия могут находиться в различных технических состояниях [1]. В процессе длительного периода эксплуатации t , который может измеряться наработкой или календарным временем работы, временем хранения, расстоянием транспортирования по разным дорогам, изделия могут находиться в следующих трех технических состояниях:

1. Изделие исправно и работоспособно, если

$$Z_i(t) < Z_{пр} \text{ и } X_i(t) < X_{пр}. \quad (1)$$

2. Изделие неисправно, но работоспособно, если

$$Z_i(t) \geq Z_{пр} \text{ и } X_i(t) < X_{пр}. \quad (2)$$

3. Изделие неработоспособно (находится в состоянии отказа), если

$$Z_i(t) > Z_{пр} \text{ и } X_i(t) \geq X_{пр}. \quad (3)$$

Здесь $Z_i(t)$ – текущее значение неосновного параметра до момента времени эксплуатации t ; $X_i(t)$ – текущее значение основного

параметра до момента времени t ; $Z_{пр}$ и $X_{пр}$ – предельные значения неосновных и основных параметров.

Событие, при котором изделие переходит из исправного состояния в неисправное, называется повреждением ($t_{п}$). Событие, при котором изделие утрачивает свою работоспособность, называется отказом ($t_{отк}$). Отказы также могут быть постепенные и внезапные.

Предельным называется такое состояние, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна.

Предельное состояние определяется критериями предельного состояния, т.е. признаками или совокупностью признаков, устанавливаемых в технической документации. В качестве критериев предельного состояния изделий используются предельные параметры изделий – $X_{пр}$. Перечень (совокупность) этих параметров (критериев) приводится в Инструкции по эксплуатации конкретных образцов МРТ-оборудования, в виде «Перечня обязательных проверок технического состояния изделия». Кроме предельных параметров $X_{пр}$ применяются

иногда и другие критерии предельного состояния изделий.

Анализ и характеристика отказов и неисправностей МРТ-оборудования

Отказы и неисправности в образцах МРТ-оборудования могут возникать как при нормальных условиях эксплуатации, так и в период экстренных ситуаций. По степени сложности повреждений и по возможности их устранения в различных ремонтных органах различают четыре группы повреждений: слабые, средние, сильные и безвозвратные.

Различные виды отказов могут возникать в изделиях по разным причинам [2]. Причины отказов могут быть разбиты на следующие основные группы:

- ошибки при проектировании (конструктивные недоработки);
- производственные дефекты;
- нарушение правил и режимов эксплуатации;
- износ и старение материалов;
- сильные механические повреждения.

При проектировании изделий все детали и узлы рассчитываются на прочность с учетом нагрузок, которые могут встретиться в процессе эксплуатации. Часто эти нагрузки носят случайный характер и могут быть описаны некоторым законом распределения. Прочностные свойства материалов (предел прочности, предел текучести и т.п.) имеют некоторое рассеивание и могут быть описаны также некоторым законом распределения. В настоящее время разрабатываются методы прочностных расчетов с учетом закона распределения внешних нагрузок и прочностных свойств материалов. Однако заранее учесть все возможные нагрузки не всегда удается [3]. Поэтому, встречаются отказы по причине конструктивных недоработок. Грубые ошибки при проектировании выявляются и устраняются в период приемки и испытаний изделий на заводе. Мелкие конструктивные недоработки выявляются только в процессе эксплуатации изделий в ЛПУ.

В процессе эксплуатации могут встретиться и так называемые «пиковые нагрузки» (вызывающие внезапные отказы), предусмотреть которые в процессе проектирования невозможно. Характерными примерами отказа по причине «пиковой» нагрузки являются: прокол шины автомобиля, разрыв трубопровода гидросистемы при превышении давления масла, перегорание предохранителей в электрической цепи при коротком замыкании ее и т.д.

Нарушение установленной технологии изготовления деталей, слабый контроль качества и надежности выпускаемой продукции приводят к тому, что на сборку попадают отдельные дефектные детали, которые отказывают в процессе эксплуатации. Грубые производственные дефекты быстро выявляются в процессе заводских испытаний, а мелкие дефекты выявляются только в процессе эксплуатации изделий в ЛПУ.

Для каждой системы устанавливаются ограничения на условия ее эксплуатации, разрабатываются инструкции по эксплуатации. Нарушение правил эксплуатации приводит к преждевременным отказам. В настоящее время пультовая аппаратура, рабочие места операторов, органы управления сложными системами проектируются с учетом основных требований эргономики (инженерной психологии) [4].

При этом учитываются психофизиологические возможности человека и правильно распределяются функции между человеком и машиной. Если все требования эргономики выполнены, то нарушение правил эксплуатации может быть следствием только слабой выучки и нетребовательности обслуживающего персонала. Невыполнение требований эргономики при проектировании изделий приводит к значительному усложнению правил эксплуатации, которые среднетренированный человек просто не в состоянии выполнить. В этом случае причиной отказов следует считать не нарушение правил эксплуатации, а конструктивные недоработки самого изделия.

В процессе эксплуатации в металлах, сплавах, пластмассах и других материалах накапливаются необратимые изменения, которые нарушают прочность, координацию и взаимодействие деталей и являются причиной отказов. Износ деталей происходит, в основном, во время работы изделия, а старение – при хранении.

Определение периодов эксплуатации МРТ-оборудования

При оценке надежности изделий и установлении причин возникновения отказов в них важное значение имеют закономерности распределения отказов по периодам эксплуатации.

Известно, что продолжительность эксплуатации (t) многих изделий можно условно разбить на три характерных периода. Первый период эксплуатации называется периодом приработки. Он продолжается от начала изготовления и до приема изделия

ОТК. Для этого периода характерны внезапные отказы, возникающие в результате ошибок, допущенных при проектировании и изготовлении изделий. Эти отказы сравнительно быстро выявляются и устраняются при контроле изготовленных изделий на заводе в результате проведения заводских испытаний.

Относительное число отказов (интенсивность отказов – λ_r) в этот период неравномерное, вначале их больше, но по мере обнаружения и устранения отказов количество их постепенно снижается. Для первого периода большое значение имеет обоснование выбора продолжительности приработки изделия. Период приработки, выполняемый на заводе, должен выбираться так, чтобы изделия с приработочными отказами не поступали на эксплуатацию в ЛПУ.

В тех случаях, когда в ЛПУ все же попадают изделия с приработочными отказами (со скрытыми дефектами), они устраняются силами и средствами завода-изготовителя изделия по рекламациям, поступающим из ЛПУ. Периоды времени, в течение которых могут устраняться такие отказы, называются гарантийными сроками. Они устанавливаются заводом-изготовителем и указываются в формулярах изделий.

Второй период называется основным или периодом нормальной эксплуатации. Он продолжается от начала эксплуатации до выхода в капитальный (средний) или регламентированный ремонт. Для этого периода характерными являются также внезапные отказы, но природа и причины их возникновения другие. В отличие от первого периода, эти отказы возникают сравнительно редко (при правильном обращении). Причинами возникновения этих отказов могут быть перегрузки, возникающие от «пиковых» (нерасчетных) нагрузок, и от неправильных действий обслуживающего персонала (несоблюдение правил эксплуатации). Примерами таких отказов могут быть излом пружин, торсионов и других деталей, разрыв шлангов, трубопроводов, обрыв жил кабелей, ШР, перегорание предохранителей и т.п.

Отказы второго периода могут произойти в любой момент эксплуатации изделия и совершенно не поддаются прогнозированию [5].

Устраняются эти отказы по мере их возникновения и обнаружения. Основным период по времени является самым продолжительным. Интенсивность отказов (λ_{II}) в течение этого периода является примерно постоянной величиной.

Третий период называется заключительным или периодом ускоренного износа и старения. Для этого периода характерными являются постепенные (деградационные или ресурсные) отказы, которые по мере их возникновения добавляются к внезапным отказам второго периода (эти отказы могут возникать и в третьем периоде). Поэтому интенсивность отказов (λ_{III}) в 3-м периоде возрастает.

Постепенные отказы в отличие от внезапных отказов 1-го и 2-го периодов начинают появляться постепенно, по мере достижения предельного значения параметров ($X_{пр}$) у различных изделий. Постепенные отказы можно прогнозировать. Для этого надо знать скорость изменения параметра, его начальное и предельное значение. Причинами постепенных отказов являются: износ деталей, старение материалов, коррозия (окисление) материалов, разрегулировка механизмов.

В заключение следует отметить, что время возникновения всех рассмотренных отказов (внезапных и постепенных) является случайной величиной. Поэтому, для определения закономерностей их возникновения необходимо использовать математический аппарат теории вероятностей и математической статистики.

Список литературы

1. Горюнова В.В., Володин К.И., Автоматизированное проектирование процессов технического обслуживания и диагностики // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2009. – Т. 98; № 9. – С. 64–70.
2. Горюнова В.В., Горюнова Т.И., Кухтевич И.И. Основные тенденции в развитии медицинских информационных систем // Фундаментальные исследования. – 2015. – №5; Т.1. – С. 58–62.
3. Кухтевич И.И., Горюнова В.В., Горюнова Т.И. Практика проектирования и использования телеконсультационных центров неврологического профиля // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11–11. – С. 1767–1773.
4. Марусина М.Я., Казначеева А.О. Современные виды томографии: Учебное пособие. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2011. – 132 с.
5. Бакстон Р.Б. Введение в функциональный анализ магнитно-резонансной томографии: Принципы и методы. – Cambridge, 2010. – 479 с.