

УДК 004.02/.052: 61

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОТКАЗОВ МЕДИЦИНСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Шумак К.Д.

ФГАОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», Астрахань,
e-mail: shumak.kd@ya.ru

Настоящая статья посвящена рассмотрению методов прогнозирования отказов медицинского оборудования, проведён сравнительный анализ и выявлены все плюсы и минусы представленных методов. В условиях экономического кризиса, нехватки бюджета и введения санкций. Необходима система оценки технического состояния оборудования, необходимо чтоб руководство и ответственные лица были оповещены о техническом состоянии и проблемах медицинского оборудования. Необходимость в прогнозировании, обусловлена тем чтоб предотвратить, отказы оборудования, помочь в планировании ремонта и прогнозировании бюджета. Медицинское оборудование – это основа любого современного медицинского учреждения или диагностического центра. В процессе эксплуатации любая, даже самая высококачественная и надёжная техника изнашивается, ломается, и этого избежать нельзя. Ремонтопригодность аппаратуры, а также возможность быстрого и несложного осуществления ремонтных работ один из основных факторов, влияющих на решение о приобретении медоборудования. На данный момент существует большое количество разнообразных методов прогнозирования, у каждого из них есть плюсы, но также и минусы. Для прогнозирования отказа медицинского оборудования выберем оптимальные методы.

Ключевые слова: сравнительный анализ, медицинское оборудование, методы прогнозирования

MATHEMATICAL METHODS FORECASTING FAILURES OF MEDICAL EQUIPMENT

Shumak K.D.

Astrakhan State Technical University, Astrakhan, e-mail: shumak.kd@ya.ru

This article deals with the failure of forecasting methods of medical equipment, and provides a comparative analysis revealed the pros and cons of the presented methods. In conditions of economic crisis, the lack of budget and the imposition of sanctions. A system of equipment condition assessment, it is necessary to guide and responsible persons were informed about the technical condition and problems of medical equipment. The need for forecasting, due to the fact to prevent equipment failures, to help in the planning of repairs and budget forecasting. Medical Equipment – is the foundation of any modern health care facility or a diagnostic center. In the operation of any, even the most high-quality and reliable equipment wears out, breaks, and this can not be avoided. Maintainability of equipment, as well as quick and simple repair work is one of the main factors influencing the decision to purchase medical equipment. At the moment, there are a large number of different methods of forecasting, each of them has advantages, but also disadvantages. To predict the failure of medical equipment we choose the best methods.

Keywords: comparative analysis, medical equipment, methods of forecasting

Предсказать момент отказа медицинского оборудования, используя контролируемый параметр, за пределы установленного предела, не всегда представляется возможным любым методом прогнозирования, так как любой метод прогнозирования будет являться вероятностным. Можно составить прогноз с долей вероятности потери работоспособности. Все методы прогнозирования имеют свои отличительные качества. Процессы, протекающие в медицинском оборудовании, зависят от многих факторов, как от внутренних свойств аппаратуры, а также и от внешних условий. Изменение параметров подчиняется случайным закономерностям, и сами параметры являются случайными величинами.

Разбор методов прогнозирования технического состояния медицинского оборудования начнём с вероятностных методов.

Метод вероятностного прогнозирования

Метод вероятностного прогнозирования, определяет вероятность наступления момента отказа в работе оборудования.

В самых простейших случаях экспоненциальный закон распределения надёжности наступает только когда имеются данные о техническом состоянии медицинского оборудования.

Вероятность безотказной работы определяется выражением временного интервала времени:

$$P = \exp(-t/t_0) = \exp(-\chi t),$$

где t_0 – среднее время безотказной работы;
 $\chi = 1/t_0$ – интенсивность отказов.

Но данный метод нецелесообразен, у него высокий процент погрешности, и низкий процент достоверности данных.

Современные методы используют функции распределения вероятности, параметры которых находятся в заданном диапазоне, в определённый момент времени. Определяющий параметр представляет собой случайную величину U :

$$F_t(U) = [P(U(t) \leq U)].$$

Плотность распределения вероятностей параметра

$$W_i(U) = \frac{dF_i(U)}{dU}.$$

Плотность случайного параметра, U подчиняется, законам распределения зависящих от множества параметров таких как конкретного периода эксплуатации, условий работы аппаратуры или свойств различных элементов медицинского оборудования.

Закон распределения «Вейбулла» позволяет прогнозировать отказы медицинского оборудования.

Закон распределения «Релея» описывает поведение параметров медицинского оборудования с ярко выраженным эффектом старения или износа элементов.

Закон распределения «Пуассона» описывает в нормальный период эксплуатации в ряде случаев наблюдается либо нормальное, либо экспоненциальное распределение плотности вероятностей отказов. Плотность вероятности подчиняется нормальному распределению, то оно описывается выражением:

$$w_i(U) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_i(U)} \exp\left\{-\left[U(t) - \bar{U}(t)\right]^2 / 2\sigma_i^2(U)\right\},$$

где $\bar{U}(t)$ – математическое среднее значение случайной величины; $\sigma_i(U)$ – ее среднеквадратическое отклонение.

Если параметры берутся не во все моменты времени, а в различные периоды, то непрерывную случайную величину можно заменить дискретной, при этом математическое среднее значение и дисперсия случайной величины определяется по формуле:

$$\bar{U}(t) = \sum_{i=1}^k U_i P_i$$

$$\text{и } \sigma_i^2(U) = \sum_{i=1}^k P_i (U_i - U)^2,$$

где P_i – вероятность отклонения случайной величины от ее среднего значения.

К недостаткам данного метода относится очень трудоёмкий расчет, который трудно поддаются алгоритмизации. Он требует специальных знаний статистических характеристик медицинского оборудования, что не всегда возможно. Применять аналитические методы расчёта статистических параметров, и пользоваться этими данными не всегда удобно. Снижается достоверность полученных результатов, что приводит к снижению эффективности прогнозной си-

стемы в целом, особенно если данные прогнозирования будут использоваться для коррекции алгоритмов определения текущего технического состояния медицинского оборудования.

Метод численного анализа

Данный метод позволяет прогнозировать состояние медицинского оборудования без учёта вероятности отказа его элементов. Наличие данных о предыдущем состоянии медицинского оборудования является обязательным условием, данного метода. И получается, что с одной стороны, чем больше имеется данных о предыдущем состоянии медицинского оборудования, тем точнее можно предсказать его последующее состояние, а с другой стороны, это избыточность данных которая способствует увеличению количества ошибок в прогнозировании.

Интерес в прогнозировании представляет детерминированная составляющая функции изменения диагностического параметра. Если взять слишком мало экспериментальных данных, то выявление детерминированной составляющей параметра

усложнится, так как не будет компенсироваться случайная составляющая параметра, это приведёт к погрешности в вычислениях. Для прогнозирования часто применяют полиномы «Лагранжа» и «Ньютона».

Методу численного анализа не присуще большинство недостатков, присущих методу вероятностного прогнозирования. Использование метода численного анализа представляется весьма перспективным. Достоверность результатов прогнозирования технического состояния медицинского оборудования, полученных с помощью метода численного анализа, будет более высокой.

Метод отказоустойчивости

MTTF (Mean Time To Failure) – среднее время до отказа описывает ожидаемое время до отказа для невосстанавливаемых системы. MTTF является одним из многих способов оценить надёжность частей аппаратных средств или других технологий. Для того чтобы разобраться вспомним некоторые сведения из математической статистики.

MTBF (Mean Time Between Failures) – среднее время наработки на отказ относится к среднему количеству времени, которое устройство или продукт функции перед отказом. Эта единица измерения включает в себя только оперативное время наработки на отказ и не включает в себя время ремонта,

если предположить, что деталь отремонтировали и снова начинает функционировать, средней наработки на отказ часто используются для проецирования, как вероятно один блок потерпеть неудачу в течение определенного периода времени.

Разницей между этими терминами является то, что в то время как среднее время безотказной работы используется для продуктов, чем могут быть отремонтированы и возвращены в использовании, MTTF используется для невосстанавливаемых изделий. Когда MTTF используется в качестве меры, ремонт не вариант.

Для расчета параметра MTTF используется формула:

$$MTTF = \int_0^{\infty} tf(t)df = \int_0^{\infty} R(t)dt .$$

Для расчета параметра MTBF используется формула

$$MTBF(t) = \frac{t}{N(t)},$$

где t – суммарное время работы; $N(t)$ – наблюдаемое число отказов по времени t .

Чтобы нам получить среднее время ремонта, то его можно рассчитать по формуле

$$MTBDE = MTBF + MTTR .$$

MTTF обычно используется для невосстанавливаемых систем. Среднее время безотказной работы, наиболее хорошо известный термин, как правило, используется для восстанавливаемых систем и также широко используется для случая, когда распределение отказов экспоненциальным. Среднее время между заменами и СБП с запланированными замены применяются для восстанавливаемых систем с планово-предупредительных ремонтов. Среднее время между замены могут быть использованы, чтобы найти оптимальный интервал обслуживания, чтобы минимизировать затраты на единицу времени.

К достоинству метода относится возможность анализа и прогноза развития объекта, не имеющего предыстории.

Недостатки метода низкая достоверность прогнозирования, краткосрочность прогноза.

Подведем итог. Метод численного анализа, как я их вижу – это поразительное синергетическое сочетание красивых и глубоких идей и теорий из разных разделов математики: анализа, теории функций, теории операторов, теории приближений, линейной алгебры и матричного анализа. К достоинствам данного метода можно отнести: высокий

процент достоверности, но к сожалению, данный метод обладает и недостатками: избыточность данных увеличивает процент ошибок прогнозирования, погрешность вычислений, зависящих от внешних факторов.

На основе вышеизложенного можно сделать вывод о том, что, используя соответствующий математический аппарат, возможно на основе диагностических данных оценить не только текущее состояние оборудования, но и произвести прогнозирование его состояния. При этом в качестве математического аппарата целесообразно использовать вероятностный метод и метод численного анализа. Основное отличие этих методов состоит в том, что вероятностный метод учитывает при расчёте вероятности отказа системы в целом вероятности отказов каждого из ее элементов. Численный метод не учитывает вероятности отказов элементов системы, а основывается на анализе предыдущих состояний оборудования. Применение предложенных методов позволит внедрить прогностический принцип управления, а также получить экономический эффект от избежание простоя медицинского оборудования по причине внезапного отказа оборудования.

Автор считает, что в данной работе новыми являются следующие положения и результаты: предложен набор методов прогнозирования значений характеристик оборудования для планирования проведения работ по оценке технического состояния медицинского оборудования для построения системы предложено использовать метод численного анализа.

Список литературы

1. Блинов Н.Н. Проблемы рационального технического оснащения лечебного учреждения // Медицинский бизнес. – 2010. – № 7–8.
2. Кудрявцев Ю.С. Потребность в обновлении медицинского оборудования по заявкам учреждений здравоохранения Санкт-Петербурга в сравнении с оценками по данным АИС ММИ // Медтехника и медизделия. – 2006. – № 3 (32). – С.20–22.
3. Бородушко И.В., Васильева Э.К. Стратегическое планирование и контроллинг, 2006.
4. Яшина Н.И., Роганова С.Ю. Определение результативности расходов на образование для обоснования эффективности использования бюджетных средств // Финансы и кредит. – 2006. – № 21.
5. Белашев В.Ю., Чернова Н.М. Эффективные алгоритмы и программы вычислительной математики. – Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1997. – 160 с.
6. Ковалев А.В., Трушин Н.Н., Сальников В.С. Прогнозирование технического состояния технологического оборудования // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2014.
7. Седуш В.Я., Ченцов Н.А., Ручко В.Н., Сулейманов С.Л. Система прогнозирования сроков отказа деталей механического оборудования. – Донецк: ДонГТУ.
8. Тыртышников Е.Е. Методы численного анализа: Курс лекций. – М.: ИВМ РАН, 2006. – 291 с.