

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПОСЛЕ НЕСОВЕРШЕННОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

К. т. н. А. Н. Тыныныка

Одесский национальный политехнический университет
Украина, г. Одесса
polalek562@gmail.com

В дополнение к распространенному делению технического обслуживания систем на профилактическое и корректирующее рассмотрены степени восстановления систем после технического обслуживания. Выделены три основных конкретных случая несовершенного обслуживания. Обсуждены основные модели, позволяющие определить показатели надежности системы после несовершенного обслуживания, даны рекомендации по их применению.

Ключевые слова: несовершенное обслуживание, модели, остаточная надежность.

Из-за повсеместной автоматизации, внедрения передовых технологий и удорожания производственного оборудования важность технического обслуживания (ТО) в промышленном секторе постоянно возрастает за последние годы, и сегодня оно является важнейшей функцией долгосрочной прибыльности предприятия. Инвестиции в ТО, прямые затраты на обслуживание и производственные потери от неэффективного обслуживания в большой степени влияют на доходность компании.

ТО определяется как комплекс технологических операций и организационных действий по поддержанию работоспособности или исправности объекта [1]. Функцией восстановления работоспособности, исправности и ресурса объекта наделяется ремонт. Но существует и объединяющее понятие — система технического обслуживания и ремонта — совокупность взаимосвязанных средств, документации и исполнителей, необходимых для поддержания и восстановления качества либо эксплуатационных характеристик объектов.

Содержащийся в стандарте термин “уровень ТО (ремонта)” означает набор операций ТО (ремонта), подлежащих выполнению на установленном уровне разукрупнения объекта (разделения объекта на составные части с точки зрения обслуживания). Он отличается от понятия европейских стандартов (напр., UNI EN 13306, Maintenance-Terminology, 2010) “уровень несовершенства ТО”. Аналогом европейского несовершенства ТО можно считать наш гостированный термин “средний ремонт”. Это плановый ремонт, выполняемый для восстановления исправности и частичного восстановления ресурса объекта. Объем восстановления ресурса устанавливается в документации на ремонт. Это означает, что степень несовершенства ремонта стандарт разрешает регулировать, но расчет остаточного ресурса не стандартизирован. Еще одна предусмотренная стандартом градация несовершенства ТО — текущий ремонт. Этот плановый ремонт не предназначен для какого-либо восстановления ресурса объекта и соответствует понятию “минимальное ТО” в европейских стандартах.

Выбор подходящего обслуживания технической системы требует учета многих факторов, таких как архитектура обслуживаемой системы (одноблочная, многоблочная, комплекс, последовательное или параллельное прохождение сигнала), зависимость отказавшей части (компонента) системы от других, наличие ЗИП, затраты на обслуживание.

Понятно, что оптимизация управления техобслуживанием должна опираться как на показатели надежности, так и на допустимый уровень затрат, но основным является определение параметров надежности, поскольку после несовершенного обслуживания система не будет такой же надежной, как и новая. Предложено большое число подходов к анализу остаточной надежности после ТО [2], но поскольку трудно разыскивать рекомендации по их предпочтительному применению, был бы полезен полный обзор всех методов с такими рекомендациями. В данном докладе частично восполняется этот пробел — обсуждаются и уточняются три модели анализа надежности обслуженных систем.

1. (p, q) -правило [3]. Считается, что компонент после обслуживания может вернуться в состояние полного ресурса с вероятностью p и устранение неисправности может произойти без восстановления ресурса с вероятностью $q = 1 - p$. Величина p указывает на степень совершенства обслуживания: при $p = 1$ ТО считается совершенным, при $p = 0$ — минимальным (текущий ремонт).

1а. Уточненное $[p(t), q(t)]$ -правило: вводится временная зависимость p и q . Здесь t — возраст объекта обслуживания или время с момента окончания последнего ремонта.

1б. Еще более уточненное $[p(n, t), q(n, t)]$ -правило предполагает, что вероятности p и q зависят от числа n отказов с момента замены неисправного компонента системы.

1в. Можно предложить еще одно уточнение этого подхода — рассматривать помимо p и q еще и третью возможность — неудачный ремонт с вероятностью $r(n, t) = 1 - p(n, t) - q(n, t)$.

2. Факторный метод [4]. Этот подход должен учитывать, что средний ремонт в состоянии «снизить» возраст объекта обслуживания с t до t/μ и повысить надежность до $R(t/\mu)$, где μ — коэффициент улучшения. Эффект восстановления надежности зависит от нескольких факторов, таких как длительность работы объекта обслуживания, интервалы между обслуживанием, количество предыдущих обслуживаний, связанные затраты и др. Фактор улучшения рассматривается как переменная факторной модели; регулируя переменную, получают нужный коэффициент μ .

3. Метод виртуального возраста. Виртуальный возраст определяет уровень восстановления ресурса, достигнутый в результате ремонта системы. Основная идея заключается в оценке интенсивности отказа с учетом виртуального возраста вместо реального периода эксплуатации. Тут можно идентифицировать два основных типа виртуального времени.

3а. Предполагается, что n -й ремонт устраняет снижение работоспособности, связанное со временем эксплуатации между $(n - 1)$ -м и n -м отказами. Тогда виртуальный возраст после n -го ремонта $w_n = w_{n-1} + \kappa \cdot x_n$, где x_n — время между $(n - 1)$ -м и n -м отказами, κ характеризует эффект от n -го ремонта. Очевидно, что равенство $\kappa = 0$ соответствует случаю идеального ТО, а при $\kappa = 1$ речь идет о минимальном обслуживании.

3б. Предполагается, что n -й ремонт в состоянии устранить совокупный ущерб за весь период эксплуатации, так что виртуальный возраст после n -го ремонта $w_n = \kappa(w_{n-1} + x_n)$.

Метод виртуального возраста лучше подходит для сознательного несовершенного обслуживания (среднего ремонта) в отличие от несовершенного обслуживания, связанного с недостаточными навыками оператора, некомпетентностью, отсутствием внимания и допущенными по этим причинам ошибками. То же самое можно сказать и о факторном методе. Этот метод учитывает некоторые параметры, которые связаны с осознанным выбором несовершенного обслуживания, например использованием не лучших, но дешевых запчастей. Метод (p, q) -правила подходит для моделирования всех случаев, когда нет ясности в отношении эффективности обслуживания. По этой причине его можно использовать во всех реальных ситуациях несовершенного обслуживания.

В заключение отметим, что несовершенное ТО (средний ремонт) в некоторой мере омолаживает систему, и после него целесообразно определить размер восстановленного ресурса. Каждое конкретное ТО может быть изучено, и под него выбрана подходящая модель для описания ситуации. На основе этого подхода в реальных случаях можно дать удовлетворительную оценку остаточной надежности.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. ГОСТ 18322-78 Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения.
2. Brown M., Proschan F. Imperfect repair. Imperfect maintenance models, from theory to practice // Journal of Applied Probability.— 1983.— Vol. 20, №4.— P. 851—859.
3. Pham H., Wang H. Imperfect maintenance // European J. of Operational Research.— 1996.— P. 425—438.

A. N. Tynynyka

Determination of the reliability level of technical systems after imperfect service

In addition to the common division of the maintenance into preventative and corrective maintenance processes, the author considers the extent to which systems may be restored after maintenance. Three main specific cases of imperfect service are identified. The paper describes main models which allow determining the system reliability indicators after imperfect technical maintenance and gives recommendations on their use.

Keywords: imperfect service, models, residual reliability.