

## ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ СО СКРЫТЫМИ ОТКАЗАМИ

В. П. Полетаев, Д. А. Богданов

### *Введение*

Поддержание требуемого уровня надежности технических объектов в процессе эксплуатации осуществляется путем проведения комплекса организационно-технических мероприятий. Сюда входят периодическое техническое обслуживание, профилактические и восстановительные ремонты. Периодическое техническое обслуживание направлено на своевременные регулировки, устранение причин отказов, раннее выявление отказов.

Периодическое техническое обслуживание проводится в установленные сроки и в установленном объеме. Задачей любого ТО является проверка контролируемых параметров, регулировка в случае необходимости, выявление и устранение неисправностей, замена элементов, предусмотренная эксплуатационной документацией.

Важной задачей на пути повышения качества продукции является автоматизация поверки средств измерений, так как это область, где в большинстве своем используется ручной труд. Работы по созданию автоматизированных метрологических систем активно ведутся многими метрологическими институтами, но автоматизация поверки в различных областях происходит неравномерно. Это связано с особенностями и спецификой различных видов измерений.

На сегодняшний день вопрос поверки измерительных приборов довольно актуален, так как качество измерений тесным образом связано с проблемой обеспечения высокого качества продукции. Между ними явно прослеживается непосредственная связь: там, где качество измерений не соответствует требованиям технологического процесса, невозможно достичь высокого уровня качества продукции. Поэтому обеспечение качества в значительной степени зависит от успешного решения вопросов, связанных с точностью измерений. Без системы измерений, позволяющей контролировать технологические процессы, оценивать свойства и качество продукции, не может существовать ни одна область техники, так как измерительная техника является неотъемлемой частью любого машиностроительного производства.

### *Основная часть*

Для наиболее полной оценки надежности используют комплексные показатели, позволяющие одновременно оценить несколько важнейших свойств объекта. Одним из таких показателей является коэффициент технического использования  $K_{т.и.}$  как критерий длительности интервала между проведением обслуживания. Условие оптимальности будет иметь вид  $K_{т.и.} \rightarrow \max$ .

Для поиска оптимальной периодичности обслуживания  $\tau_0$ , дающей максимум  $K_{т.и.}$ , получено уравнение [1]

$$\frac{t_{nn}}{t_{an} - t_{nn}} = \frac{\int_0^{\tau} P_m(x) dx}{P_m(\tau)} \left( f_m(\tau) + \frac{1}{t_{an} - t_{nn}} \right) + P_m(\tau) - 1 - \frac{\tau}{t_{an} - t_{nn}}. \quad (1)$$

При использовании данного способа нахождения значения  $\tau_0$  решение зависит от вида  $f_m(\tau)$ , т.е. функции распределения времени работы без скрытых отказов, которая определяет и вид функции надежности  $P_m(\tau)$ .

Результаты оценки вида закона распределения времени безотказной работы, полученные при использовании статистических данных о надежности приборов контроля линейных размеров МИГ1, эксплуатируемых в условиях машиностроительного производства, показывают [2], что ис-

ходя из характера построенных гистограмм времени безотказной работы такой вид функции  $f_m(\tau)$  могут иметь несколько известных распределений – гамма-распределение, распределение Рэлея, логарифмически нормальное, нормальное распределение (Гаусса).

В приведенной ниже табл. 1 указаны виды распределения и их параметры, которые были получены с использованием средств автоматизации расчета.

Таблица 1

Виды распределения, параметры, критерии согласия

Вид распределения, параметры	Критерий Колмогорова	$\chi^2$
Логарифмически нормальное распределение с параметрами $\sigma = 7,732$ ч $\mu = 0,496$	0,6	2,03
Распределение Рэлея $\sigma = 2051,7$ ч	0,7	4,42
Гамма распределение $\lambda = 0,002$ $\frac{1}{\text{ч}}$ $m = 4,166$	0,5	1,83
Нормальное распределение $a = 2571,5$ ч $\sigma = 1259,9$ ч	0,8	5,4

С помощью средств автоматизации математических расчетов было исследовано поведение функции надежности для гамма-распределения, которое дает наиболее полное описание исходя из величины функции отклонения, указанного в табл. 1 для всего диапазона оптимальных значений  $\tau_0$ .

Графическое решение уравнения (1) приведено на рис. 1.

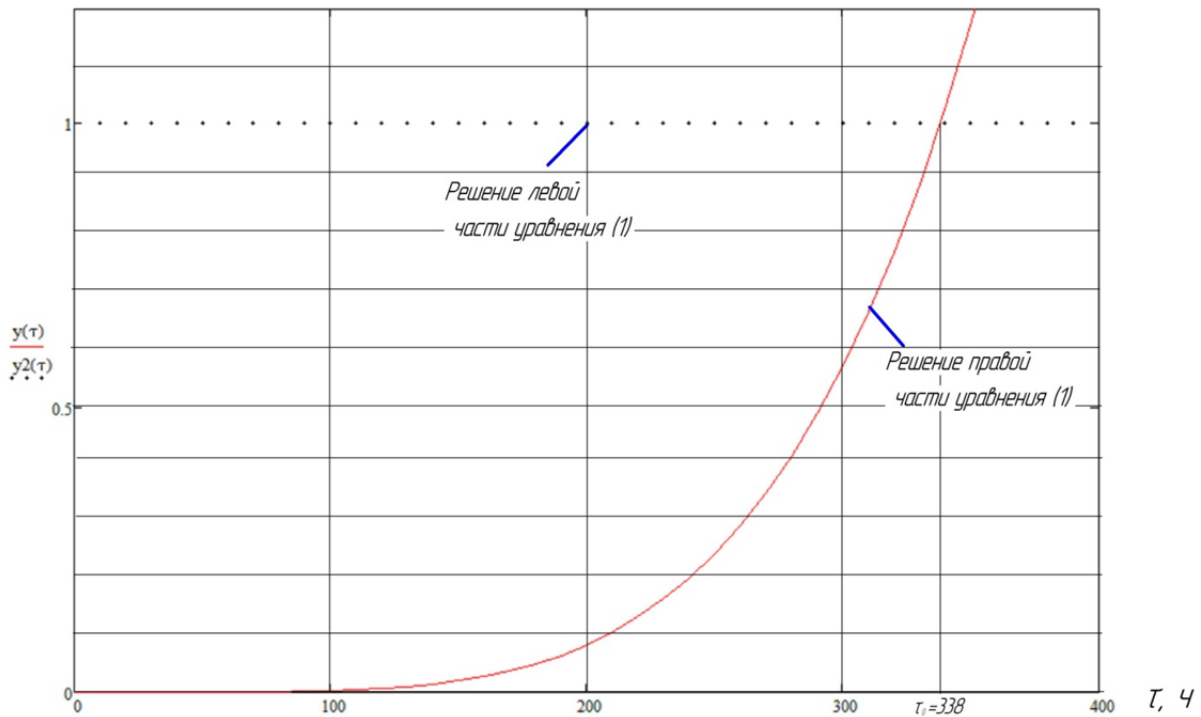


Рис. 1. Графическое решение уравнения (1)

Значение оптимальной периодичности обслуживания ( $t_{an} = 2$  ч,  $t_{mn} = 1$  ч) достигается при  $\tau_0 = 338$  ч.

При проведении научно-технических расчетов часто используются зависимости вида  $y(x)$ , причем число точек этих зависимостей ограничено. Неизбежно возникает задача получения приемлемой представительности функций в промежутках между узловыми точками (интерполяция) и за их пределами (экстраполяция). Эта задача решается аппроксимацией исходной зависимости, т.е. ее заменой какой-либо достаточно простой функцией.

Было исследовано поведение функции надежности для гамма-распределения, указанного в табл. 1 для всего диапазона оптимальных значений  $\tau_0$ . Зависимость функции надежности от времени достаточно уверенно можно рассматривать как линейную (рис. 2), описываемую формулой [3]

$$P_m(\tau) = 1 - k\tau, \quad (2)$$

где  $k$  – коэффициент, характеризующий поведение функции  $P_m(\tau)$ .

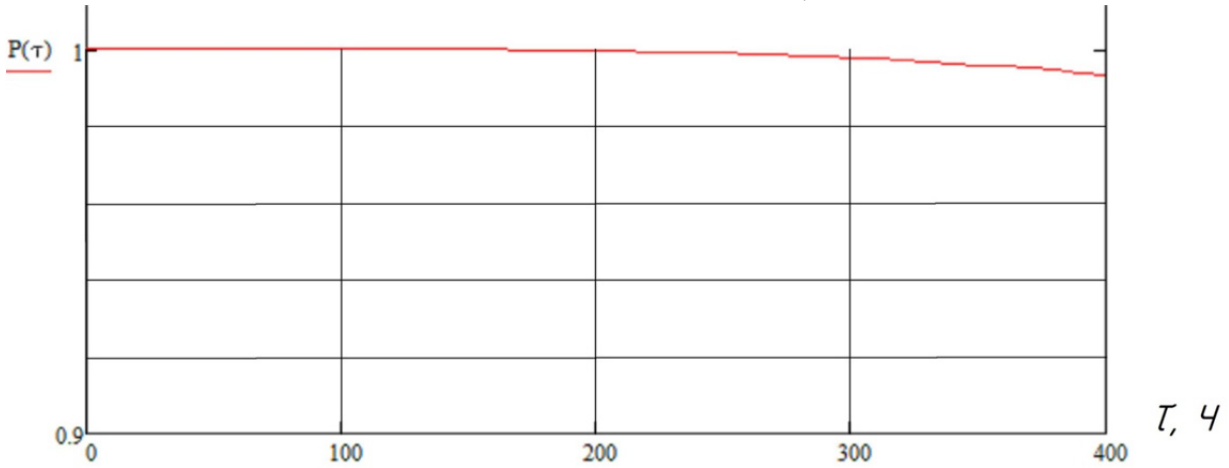


Рис. 2. Эмпирический график функции надежности

Наиболее распространенным методом аппроксимации экспериментальных данных является метод наименьших квадратов. Использование автоматизированного комплекса позволяет привести функцию надежности к уравнению (2) (рис. 3). Тогда значение коэффициента  $k$ , найденное методом наименьших квадратов, будет равняться  $1,7965 \cdot 10^{-5}$ , среднеквадратичное отклонение при этом равняется  $1,72 \cdot 10^{-3}$ .

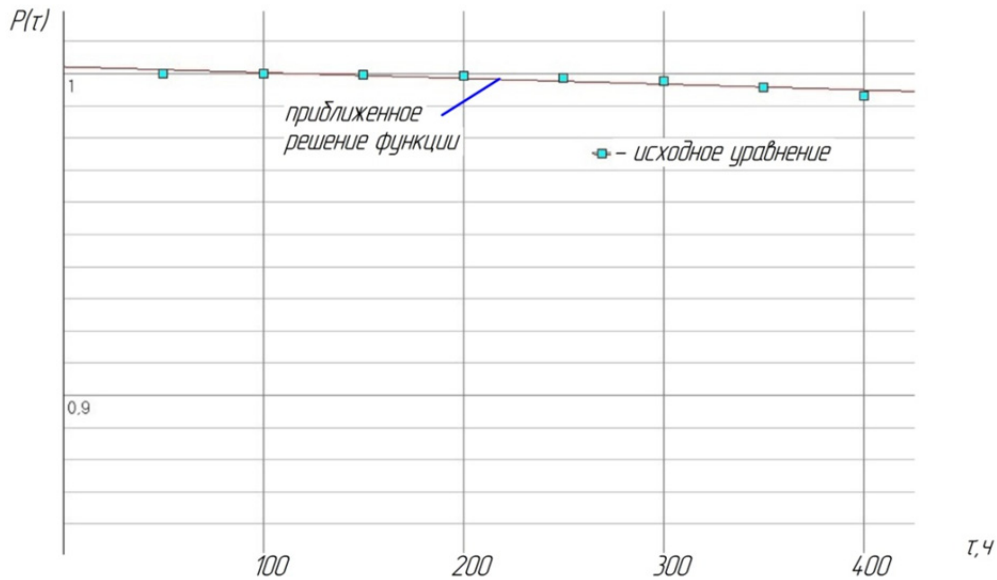


Рис. 3. Аппроксимация функции надежности

Как показано в работе [3], оптимальное значение  $\tau_0$  можно найти с помощью уравнения

$$\tau_0 = \frac{-t_{nn} + \sqrt{(t_{nn})^2 + (1 + k(t_{an} - t_{nn})) \frac{2t_{nn}}{k}}}{1 + k(t_{an} - t_{nn})}. \quad (3)$$

Тогда, зная значение коэффициента  $k$ ,  $\tau_0 = 332,621$  ч. Полученная разница в расчетах по уравнениям (1) и (3) незначительна и составляет 1,59 %, поэтому расчет целесообразно вести по приближенному уравнению.

### Заключение

Рассмотренная в данной работе модель оценки состояния оборудования может быть использована в качестве основы для разработки и внедрения автоматизированной системы планирования, обслуживания и проведения предупредительных ремонтных работ, интегрированной с существующими АСУ КП. В основе предлагаемой стратегии ремонтных работ по техническому состоянию оборудования предложен регламент выполнения ТОиР (периодичность и объемы) на основании данных по эксплуатации и отказам оборудования.

### Список литературы

1. Полетаев, В. П. Управление периодичностью обслуживания технических систем при оптимизации коэффициента технического использования / В. П. Полетаев, Д. А. Богданов // Труды международного симпозиума Надежность и качество. – 2007. – Т. 1. – С. 237–239.
2. Полетаев, В. П. Планирование оптимальных межповерочных интервалов рабочих средств измерений в условиях массового производства / В. П. Полетаев // Метрология. – 1977. – № 10. – С. 27–33.
3. Полетаев, В. П. Оптимизация периодичности профилактики отказов / В. П. Полетаев, Д. А. Богданов // Труды международного симпозиума Надежность и качество. – 2015. – Т. 1. – С. 35–37.

#### **Полетаев Владимир Павлович**

кандидат технических наук, доцент,  
первый проректор,  
Вологодский государственный университет  
(160000, Россия, г. Вологда, ул. Ленина, 15)  
E-mail: taev@mh.vstu.edu.ru

#### **Богданов Дмитрий Александрович**

старший преподаватель,  
кафедра теории проектирования машин и механизмов,  
Вологодский государственный университет  
(160000, Россия, г. Вологда, ул. Ленина, 15)  
E-mail: taev@mh.vstu.edu.ru

**Аннотация.** Поддержание требуемого уровня надежности технических объектов в процессе эксплуатации осуществляется путем проведения комплекса организационно-технических мероприятий. Периодическое техническое обслуживание направлено на своевременные регулировки, устранение причин отказов, раннее выявление отказов. Важной задачей на пути повышения качества продукции является автоматизация поверки средств измерений. Для наиболее полной оценки надежности используют комплексные показатели, позволяющие одновременно оценить несколько важнейших свойств объекта. Рассмотрены модели оптимизации управления периодичностью обслуживания объектов со скрытыми отказами, которые могут быть использованы в качестве основы для разработки и внедрения автоматизированной системы планирования, обслуживания и проведения предупредительных ремонтных работ, интегрированной с существующими АСУ КП. В качестве критерия оптимальности рассмотрен коэффициент технического использования. Произведено сравнение результатов расчета.

#### **Poletaev Vladimir Pavlovich**

candidate of technical sciences, associate professor,  
first vice-rector,  
Vologda State University  
(160000, 15 Lenin street, Vologda, Russia)

#### **Bogdanov Dmitriy Aleksandrovich**

senior lecturer,  
sub-department of design theory  
of machine and mechanisms,  
Vologda State University  
(160000, 15 Lenin street, Vologda, Russia)

**Abstract.** To maintain the required level of reliability of technical object during exploitation the complex of administrative and technical measures is carried out. Periodic technical servicing is aimed at timely adjustment, addressing the causes of failures, early detection of failures. Important task in increasing the quality of the product is automation of measuring instruments examination. To assess the reliability more fully complex indicators, allowing to assess several important properties of the object at the same time, are used. Models of optimization of control after intervals of maintenance of the objects with latent failure, which can be used as a basis for the development and implementation of automated system of planning, servicing and conducting of preventive repair works integrated with the existing ACS CD, are examined. Percentage of up-time is taken as optimization criterion. Comparison of calculation results is made.

**Ключевые слова:** надежность, техническое обслуживание, закон распределения, периодичность обслуживания, комплексные показатели, критерии согласия, отказ, функция надежности, аппроксимация, метод наименьших квадратов, автоматизация.

**Key words:** reliability, technical maintenance, distribution law, maintenance intervals, complex indicators, fitting criteria, failure, reliability function, approximation, least-squares method, automation.

**УДК 62-77**

**Полетаев, В. П.**

**Применение автоматизированного комплекса для оценки состояния технических систем со скрытыми отказами / В. П. Полетаев, Д. А. Богданов // Надежность и качество сложных систем. – 2016. – № 3 (15). – С. 80–84. DOI 10.21685/2307-4205-2016-3-12.**