

# Математическая модель определения эксплуатационных характеристик технических средств

**Гришин В.Д.**

кандидат технических наук доцент;

**Войтович А.В.**

Военно-космическая академия имени А.Ф.Можайского, г. Санкт-Петербург

## Аннотация

В статье предложена математическая модель, позволяющая находить оптимальные по критерию максимума коэффициента готовности периоды обслуживания средств и соответствующие этим периодам расчетные значения времени работоспособного состояния средств и продолжительности технического обслуживания. Поставленная задача решена на основе известного принципа Седякина Н.М.

**Ключевые слова:** надежность потенциал, диаграмма процесса эксплуатации, восстановление работоспособности.

## Введение

Каждое техническое средство непрерывно расходует свой надежный потенциал, причем скорость расходования зависит от режима использования средства [1]. Изменение режима проявляется в изменении интенсивности отказов.

Процесс применения ряда типов технических средств, имеет циклический характер. Каждый цикл, включает в себя работу средства в номинальном режиме и режим отдыха. В связи с этим диаграмма процесса эксплуатации средства имеет вид, представленный на рис. 1.

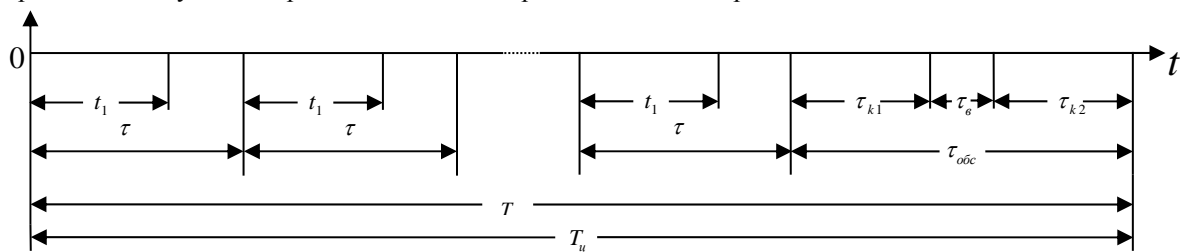


Рис. 1. Диаграмма процесса эксплуатации средства

Здесь  $\tau$  – длительность цикла применения средства по назначению;  $t_1$  – длительность работы средства в номинальном режиме с коэффициентом нагрузки  $k_n$  равным единице. При этом интенсивность отказов средства равна  $\lambda_1$ . На интервале  $t_2 = \tau - t_1$  средство находится в выключенном состоянии, что соответствует режиму отдыха. В связи с этим на интервале времени  $t_2$  интенсивность отказов будет иметь значение  $\lambda_2 = \lambda_1 k_n$ , причем согласно [1]  $0 < k_n < 1$ .

Для поддержания средства в работоспособном состоянии периодически проводится его техническое обслуживание и затрачивается время  $\tau_{обс}$ . При этом выполняется контроль состояния в течение времени  $\tau_{k1}$ , проведение регламентных работ и восстановление работоспособности средства в случае обнаружения отказа, на что расходуется время  $\tau_r$ , а по окончании этих работ проводится контрольная проверка работоспособности средства в течение времени  $\tau_{k2}$ . Контроль технического состояния выполняется

в условиях номинального режима работы средства. Поэтому на интервалах времени  $\tau_{k1}$  и  $\tau_{k2}$  интенсивность отказов будет равной  $\lambda_1$ . Для проведения ремонтно-восстановительных работ средство переводится в режим отдыха, что соответствует интенсивности отказов  $\lambda_2$ . В связи с этим общая продолжительность технического обслуживания выражается так:

$$\tau_{обс} = \tau_{k1} + (\tau_{\theta} + \tau_{k2}) \cdot [1 - P(T) \cdot P(\tau_{k1}) \cdot P(\tau_{\theta}) \cdot P(\tau_{k2})], \quad (1)$$

где  $P(T)$ ,  $P(\tau_{k1})$ ,  $P(\tau_{\theta})$ ,  $P(\tau_{k2})$  – вероятность безотказной работы на соответствующем интервале времени.

Длительность периода обслуживания  $T$  включает в себя множество  $i = \overline{1, n}$  циклов применения длительностью  $\tau$  каждый, то есть:

$$T = \sum_{i=1}^n \tau_i = T_1 + T_2, \text{ где } T_1 = \sum_{i=1}^n t_1, T_2 = \sum_{i=1}^n t_2 \quad (2)$$

Продолжительность  $T_{ц}$  цикла обслуживания средства составляет:

$$T_{ц} = T + \tau_{обс} \quad (3)$$

Вероятность безотказной работы средства на интервале времени  $T$  выражается так:

$$P(T) = P_1(T_1) \cdot P_2(T_2) \quad (4)$$

Для множества технических средств справедливо утверждение, что в них преобладают внезапные отказы и применим экспоненциальный закон распределения времени возникновения отказов. При этом имеет место следующее:

$$P_1(T_1) = \exp\{-\lambda_1 T_1\}, P_2(T_2) = \exp\{-\lambda_2 T_2\} \quad (5)$$

$$P(\tau_{k1}) = \exp\{-\lambda_1 \tau_{k1}\}, P(\tau_{k2}) = \exp\{-\lambda_1 \tau_{k2}\} \quad (6)$$

$$P(\tau_{\theta}) = \exp\{-\lambda_2 \tau_{\theta}\} \quad (7)$$

Время работоспособного состояния средства  $T_{\phi}$  на интервале времени  $T$  определяется по формуле:

$$T_{\phi}(T) = T_{\phi1}(T_1) + T_{\phi2}(T_2) = \int_0^{T_1} P_1(t) dt + \int_0^{T_2} P_2(t) dt \quad (8)$$

Известно, что важной характеристикой качества функционирования средств является коэффициент готовности. Его значение выражается соотношением вида:

$$k_{г}(T) = \frac{T_{\phi}}{T + \tau_{обс}} \quad (9)$$

Организация эксплуатации предусматривает определение такой периодичности проведения технического обслуживания, которая обеспечивает максимум коэффициента готовности средства. В связи с этим, задача определения оптимального периода технического обслуживания средства выражается в следующем виде:

$$T^* = \arg \max_T k_{г}(T) \quad (10)$$

Проставленная задача может быть решена алгоритмически с применением универсальной ЭВМ или аппаратно посредством специализированного устройства. На ряду, с определением оптимального значения периода технического обслуживания, вычисляются соответствующие значения коэффициента готовности  $k_{г}(T)$ , времени работоспособного состояния  $T_{\phi}$  на интервале обслуживания и расчетное значение времени  $\tau_{обс}$ , требуемое на выполнение операций обслуживания средства.

## Литература

1. Седакин Н.М. Об одном физическом принципе теории надежности. Известия АН СССР. ОТН. Техническая кибернетика. 1966. №3.

### Для цитирования:

Гришин В.Д., Войтович А.В. Математическая модель определения эксплуатационных характеристик технических средств // i-methods. 2015. Т. 7. № 4. С. 27–29.

# Mathematical model to determine operational characteristics of technical means

**Grishin V.D.**

candidate of technical science, docent;

**Voytovich A.V.**

Military space Academy named after A. F. Mozhaisky, Saint-Petersburg

**Abstract**

The article proposes a mathematical model that allows to find the optimal by criterion of maximum readiness factor maintenance means and corresponding to these periods of time a healthy state of funds and maintenance time. The task is solved on the basis of the famous principle Semakina N. M.

**Keywords:** reliability potential; diagram of operation of the process; the restoration of health.

**References**

1. Sidyakin N. M. On one physical principle in reliability theory. Izvestiya an SSSR. REL. Technical Cybernetics. 1966. No. 3.

**For citation:**

Grishin V.D. Voytovich A.V. Mathematical model to determine operational characteristics of technical means // i-methods. 2015. T. 7. No. 4. Pp. 27–29.