ОЦЕНКА ОПТИМАЛЬНОГО ПЕРИОДА ПРОФИЛАКТИКИ ДЛЯ СТАТИСТИКО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЙ СТРАТЕГИИ ОБСЛУЖИВАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ

Илья КОРАГО
Ассистент в научной работе института железнодорожного транспорта Рижского технического университета, Латвия
Владимир ЛЮБИНСКИЙ
Профессор института железнодорожного транспорта Рижского технического университета, Латвия

1. Введение

В процессе эксплуатации системы могут появляться различные виды отказов, которые могут привести к разному рода сбоям в её функционировании.

Главная цель технологического процесса технического обслуживания устройств на железнодорожном транспорте состоит в предупреждении отказов, которые могут нарушить безопасность движения поездов или вызвать перерыв в действии ответственных устройств.

Для повышения экономической эффективности эксплуатационной работы и показателей надёжности функционирования технических устройств автоматики и связи необходимо рассмотреть перспективы перехода на Латвийской железной дороге от традиционной профилактической стратегии обслуживания технических устройств к статистико-профилактической.

Большим плюсом статистико-профилактической стратегии является «динамичность» сроков проведения прафилактических работ в зависимости от текущего состояния системы, что невозможно в случае с профилактической стратегией технического обслуживания.

Для максимальной эффективности профилактических работ их необходимо проводить через оптимальный промежуток времени, который может варьироваться в зависимости от текущего состояния системы.

2. Функционирование системы при плановой профилактике с учётом статистики

Предполагается, что в системе возможно проведение плановых предупредительных профилактик и аварийных ремонтов. Индикация появившегося отказа происходит мгновенно.

Восстановительные работы праводятся в следующей очерёдности.

В момент начала функционирования устройства планируется проведение профилактики. Если система не отказала к назначенному моменту, то проводится плановая профилактика, средняя длительность которой равна T_{Π}. Если же отказ системы появился раньше, в момент отказа начинается аварийный ремонт, длительность, которого в среднем T_a. После проведения любой из возможных восстановительных работ система полностью обновляется. В момент окончания восстановительных работ последующая профилактика перепланируется, и далее весь процесс обслуживания повторяется. Предполагается, что во время проведения профилактики и ремонта система неработоспособна.

3. Оценка качества функционирования системы

Выбрав соответствующим образом период проведения плановой профилактики, который может меняться в зависимости от текущего состояния системы, можно добиться максимально возможных значений выбранных показателей качества функционирования системы. В качестве основных показателей качества функционирования системы целесообразно рассматривать два основных показателя надёжности: коэффициент готовности K_g и коэффициент оперативной готовности $R(t)$, а также два экономических показателя: среднюю удельную прибыль от системы в единицу времени C и средние суммарные издержки, отнесённые к единице времени работы C_s.

При сравнении нескольких систем лучшей считается система с максимальными значениями K_g, $R(t)$, C и минимальным значением C_s.

4. Оптимальный период τ проведения регламентных работ для максимизации K_g

Корень уравнения (2) τ_0 является оптимальным периодом профилактики [1]:

$$\frac{T_{\Pi}}{T_a - T_{\Pi}} = -F(\tau) + \lambda(\tau)\int_0^{\tau} P(x)dx\,. \qquad (2)$$

В формуле (2) T_{Π} – средняя длительность плановой профилактики; T_a – средняя длительность аварийного ремонта; $F(\tau)$ – функция распределения времени работы системы до отказа; $\lambda(\tau)$ – интенсивность отказов системы; $P(x)$ – функция времени безотказной работы системы.

Подставляя найденный из равенства (2) корень τ_0 в выражение (3), можно найти значение K_g при оптимальном периоде профилактики [1].

$$K_g(\tau_0) = \frac{1}{1 + (T_a - T_\Pi)\lambda(\tau_0)} . \tag{3}$$

5. Оптимальный период τ проведения регламентных работ для максимизации $R(t)$

Корень уравнения (4) τ_0 является оптимальным периодом профилактики [1]:

$$\frac{T_\Pi}{T_a - T_\Pi + t_0} = -F(\tau) + \lambda(\tau) * \int_0^\tau P(x)dx - \frac{T_\Pi t_0 \lambda(\tau)}{T_a - T_\Pi + t_0} . \tag{4}$$

В формуле (4) t_0 – оперативное время работы системы, необходимое для выполнения задачи.

Подставляя найденный из уравнения (4) корень τ_0 в соотношение (5), можно найти значение $R(t)$ при оптимальном периоде профилактики [1].

$$R(\tau_0) = \frac{\int_0^{\tau_0} P(x + t_0)dx}{\int_0^{\tau} P(x)dx + T_\Pi + (T_a - T_\Pi)F(\tau_0)} . \tag{5}$$

6. Оптимальный период τ проведения регламентных работ для максимизации C

Корень уравнения (6) τ_0 является оптимальным периодом профилактики [1]:

$$\frac{(c_0 + c_\Pi)T_\Pi}{(c_0 + c_a)T_a - (c_0 + c_\Pi)T_\Pi} = -F(\tau) + \lambda(\tau)\int_0^\tau P(x)dx +$$

$$\lambda(\tau)\frac{(c_a - c_\Pi)T_\Pi T_a}{(c_0 + c_a)T_a - (c_0 + c_\Pi)T_\Pi} . \qquad (6)$$

В формуле (6) c_0 – прибыль, получаемая за единицу времени безотказной работы системы; c_Π – потери за единицу времени при проведении плановой профилактики; c_a – потери за единицу времени при проведении аварийного ремонта.

Подставляя найденный из уравнения (6) корень τ_0 в соотношение (7), можно найти значение C при оптимальном периоде профилактики [1].

$$C(\tau_0) = \frac{c_0 - (c_a T_a - c_\Pi T_\Pi)\lambda(\tau_0)}{1 + (T_a - T_\Pi)\lambda(\tau_0)} . \qquad (7)$$

7. Оптимальный период τ проведения регламентных работ для минимизации C_s

Корень уравнения (8) τ_0 является оптимальным периодом профилактики [1]:

$$\frac{c_\Pi T_\Pi}{(c_a T_a - c_\Pi T_\Pi)} = -F(\tau) + \lambda(\tau)\int_0^\tau P(x)dx . \qquad (8)$$

Подставляя найденный в формуле (8) корень τ_0 в выражение (9), можно найти значение C_s при оптимальном периоде профилактики [1].

$$C_s(\tau_0) = c_c \frac{F(\tau_0)}{P(\tau_0)} + (c_0 T_a - c_\Pi T_\Pi)\lambda(\tau_0) . \qquad (9)$$

8. Пример

Корень τ_0 удобно находить, используя расчётный блок MathCAD Given-Find или метод Ньютона-Рафсона.

Для технической системы с параметрами T_Π =20; T_a =30; $F(\tau) = 1 - e^{-\lambda\tau}$; $\lambda = 0.01$; $P(x) = e^{-\lambda x}$; t_0 =10; c_0 =3; c_Π = 1; c_a = 2 были получены показатели качества функционирования системы и соответствующие им τ_0, а данные отображены в таблице 1.

Таблица 1. Показатели качества и соответствующие им τ_0

Показатель	Значение показателя	τ_0
K_g	0.9	352.476
$R(t)$	0.321	308.464
C	2364	215.88
C_s	0.4	131.388

9. Выводы

Разработана методика расчёта оптимальных периодов проведения технического обслуживания в среде MatchCAD.

Значения оптимального периода проведения технического обслуживания зависят от выбранного критерия.

Для заданных значений параметров значение оптимального периода проведения технического обслуживания может меняться по различным критериям в несколько раз. Так, по критерию K_g $\tau_0 = 352$ часа, а по критерию C_s $\tau_0 = 131$ часов.

Литература

1. Козлов, Б. А.; Ушаков, И. А. 1975. *Справочник по расчёту надёжности*. Москва: «Советское радио». 472 с.
2. Брейдо, А. И.; Анисимов, Н. К. 1989. *Организация, планирование и управление в хозяйстве сигнализации и связи.* Москва: Издательство «Транспорт». 247 с.