

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЛОКОМОТИВОВ

С.Г. Шантаренко

Омский государственный университет путей сообщения

E-mail: nis@omskcity.com

Приведены результаты математического моделирования процессов технического обслуживания локомотивов как сложных технических объектов. Введены понятия функционалов готовности и технического использования для идентификации процессов технического обслуживания локомотивов. Показаны зависимости функционалов от времени между техническими обслуживаниями. Полученные результаты позволяют определять среднее время пребывания локомотива в исправном состоянии.

Моделирование технологических процессов технического обслуживания локомотивов (ТОЛ) является одной из сложных задач количественной оценки эффективности применения больших технических систем на железнодорожном транспорте.

Процесс ТОЛ характеризуется априорной и апостериорной информацией. Для его идентификации используем априорную информацию о состояниях объекта контроля (ОК), оснащенного системой контроля (СК).

Рассмотрим следующие априорные состояния ОК: S_0 – исправной работы; S_1 – работы при разрегулировке; S_2 , S_3 – явного и скрытого отказов; S_{TO} , S_{1TO} , S_{3TO} – технического обслуживания исправного, разрегулированного и находящегося в скрытом отказе объекта.

Апостериорной будет информация о функциях распределения $F_{ji}(T)$ времени пребывания системы в j -ом состоянии, при переходе из него в i -ое состояние. В этом классе информации выделим функции, характеризующие действительное $\omega_j(T)$ и наблюдаемое $\nu_j(T)$ время пребывания исследуемого процесса в S_j состоянии.

Апостериорную информацию о функциях распределения случайного времени перехода ОК по значению параметра из j -го состояния в i -ое $F_{ji}(T)$ и временных функциях $\omega_j(T)$ и $\nu_j(T)$ можно перевести в разряд априорной методами обобщения накопленных статистических данных о законах изменения параметров отдельных элементов ОК и объединения их в априорные знания при помощи математического моделирования.

Пусть на процесс воздействуют управляющие параметры в виде технического обслуживания (ТО) через определенное время T . Будем считать, что $T_{\text{опт}} \leq T \leq T_{\text{доп}}$, здесь $T_{\text{опт}}$ и $T_{\text{доп}}$ – оптимальное и допустимое, по операторам связи, время между ТО объекта контроля. Кроме времени T к управляющим параметрам отнесем число и состав обслуживающих бригад, влияние окружающей среды, режимы работы отдельных элементов объекта, вероятности ошибок диагностирования первого α и второго β рода, длительность времени аварийного ремонта t_r , проверки $t_{\text{п}}$, поиска неисправности t_s и регулировки t_r .

При этом, как правило, решаются три группы вопросов по определению:

- перечня работ по ТО локомотива;
- периодичности ТО или регламентных проверок (РП);
- количественного и качественного состава обслуживающих бригад, перечня запасных частей (ЗИП) и правильному выбору параметров систем контроля.

В настоящее время сложились теоретически обоснованные методы организации процессов ТОЛ [1–3], однако в большинстве своем они не позволяют учитывать комплексное влияние на параметры системы ТО условий эксплуатации объектов контроля, одновременного воздействия внезапных и постепенных отказов, достоверности правильной индикации об отказах системами контроля, состава и числа обслуживающих бригад, количественного и качественного состава ЗИПа и ошибок обслуживающего персонала.

При реальной эксплуатации детали и узлы локомотива изнашиваются, разрегулируются и стареют. По отдельным параметрам работа ОК контролируется СК, обладающей конечной достоверностью D , $\{(0 < D < 1) \ D := \phi\{\alpha(T), \beta(T)\}\}$, поэтому решение вопросов рациональной организации ТО должно обязательно учитывать перечисленные факторы в их комплексном (системном) взаимодействии.

Одним из наиболее достоверных методов комплексного учета влияния перечисленных факторов на процесс ТО систем до последнего времени являлся натурный эксперимент, однако усложнение и быстрое моральное старение объектов резко ограничивают его использование.

Перспективным методом решения отмеченных вопросов с позицией системного подхода является математическое моделирование процессов ТО по выбранной целевой функции. Можно указать на множество свойств как ОК, СК, так и ТО, пригодных для целевой функции оптимизации процессов ТОЛ. Так, в качестве целевой функции могут быть экономические (с минимизацией затрат или максимизацией выгоды), технические (нахождение значения параметра в заданных пределах), социально-инженерные (число и состав обслуживающих бригад) или надежностные (количественные единичные или комплексные показатели надежности и безопасности) показатели.

Отметим, что всегда целевая функция оптимизируется по какому-то критерию. Критерии могут быть экономическими, техническими, социальными, надежностными или иметь любую другую форму оценки. Есть пример [4] рассмотрения перечня критериев и области их применения из 27 наименований. На данном этапе идентификации ТОЛ наиболее полно требованиям системного подхода удовлетворяют комплексные показатели надежности в виде функционалов готовности $K_r(T)$ и технического использования $K_{ти}(T)$.

Локомотив по одному из своих технических параметров из состояния исправной работы $S0$ может перейти в состояние отказа $S2$ вследствие двух одновременно протекающих процессов: от воздействия внезапных отказов с интенсивностью λ_{02} и от воздействия постепенных отказов, приводящих на первой стадии к переводу аппаратуры с интенсивностью λ_{01} из состояния $S0$ в состояние работы при разрегулировке $S1$, а затем, — с интенсивностью λ_{12} из состояния $S1$ в $S2$.

С такими допущениями о процессах развития отказов в ОК можно учитывать разрегулировку, используя полумарковские модели обслуживания [5], и записать выражения для расчета функционалов $K_r(T)$ $K_{ти}(T)$ в виде:

$$K_r(T) = (\pi_0(T)\omega_0(T) + \pi_1(T)\omega_1(T)) / (\pi_0(T)v_0(T) + \pi_1(T)v_1(T) + \pi_2(T)v_2(T) + \pi_3(T)v_3(T));$$

$$K_{ти}(T) = \pi_0(T)\omega_0(T) + \pi_1(T)\omega_1(T) \times$$

$$\times 1 / \left(\pi_0(T)v_0(T) + \pi_1(T)v_1(T) + \pi_2(T)v_2(T) + \pi_3(T)v_3(T) + \pi_{то}(T)v_{то}(T) + \pi_{1то}(T)v_{1то}(T) + \pi_{3то}(T)v_{3то}(T) \right),$$

где $\pi_j(T)$ — финальные вероятности нахождения объекта по K -ому параметру в j -ом состоянии; $j=0,1,...,6$ — номера состояний исправной работы, работы при разрегулировке, отказе, скрытом отказе, техническом обслуживании исправного, разрегулированного или находящегося в скрытом отказе объекта соответственно; $\omega_j(T)$ — усредненное время перехода объекта из j -ого состояния в i -ое; $v_j(T)$ — усредненное время перехода объекта из j -ого состояния в i -ое с учетом достоверности диагностирования.

Функционалы $K_r(T)$ и $K_{ти}(T)$ выполняют роль операторов связи между целевой функцией идентификации и априорной и апостериорной базами данных исследуемого процесса ТОЛ. В отличие от принятых коэффициентов [6] $K_r(T)$ и $K_{ти}(T)$ позволяют избежать точечной оценки выбранной целевой функции и рассматривать ее с позиций системного подхода.

Условиям оптимизации процессов ТО отвечает применение трех критериев — функционалов $K_{ти}(T)$, $K_r(T)$ и удельных доходов C_{ji} на периоде времени T между ТО системы.

Проведенные исследования показали, что зависимость $K_{ти}(T)$ имеет экстремальный характер и оптимальное время между ТО:

$$T_{\text{опт}} := K_{ти}(T) = \max K_{ти}(T).$$

Зависимость $K_r(T)$ имеет гладкий убывающий с ростом T характер, поэтому $K_r(T)$ не может быть использован в качестве единственного критерия выбора T . Однако на большинство ОК задается допустимое значение коэффициента готовности $K_{г,доп}$. Это позволяет определять значение максимально — допустимого времени между ТО

$$T_{\text{доп}} := K_r(T) = K_{г,доп}.$$

Рациональное время между ТО объекта

$$T_{\text{рац}} := T, \text{ при } C_{ji} = \max C_{ji}.$$

По стоимостному или какому-либо другому критерию $T_{\text{опт}} < T_{\text{рац}} < T_{\text{доп}}$.

Структурная схема моделирования процесса ТО приведена на рис. 1.

Результаты расчета зависимостей $K_{ти}(T)$ и $K_r(T)$ для одного из параметров локомотива приведены на рис. 2.

Их анализ показывает, что максимальному значению функционала $K_{ти}(T)$ соответствует $T_{\text{опт}} = 240$ сут.

Значение $K_r(T)$ всегда больше $K_{ти}(T)$, $T_{\text{доп}} := K_r(T) = K_{г,доп}$.

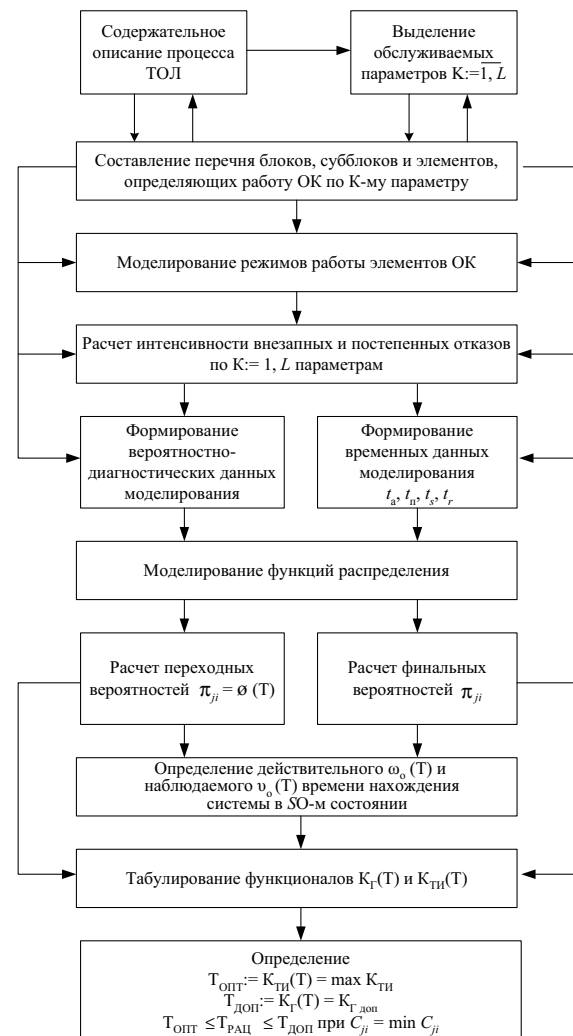


Рис. 1. Структурная схема моделирования процесса ТО

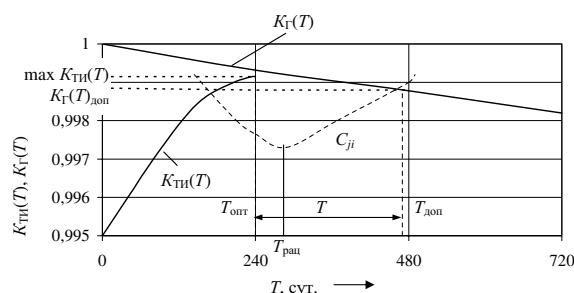


Рис. 2. Зависимости $K_{ГТ}(T)$, $K_{ГТ}(T)$; $T_{отт} \leq T \leq T_{доп}$, $T_{рац} := T$, при $C_{ji} = \min C_{ji}$

Опыт моделирования процессов ТОЛ позволяет утверждать, что отсутствие системного подхода к решению рассматриваемых задач значительно (иногда в несколько раз) изменяет результаты моделирования. Так, среднее время исправной работы с учетом всего комплекса перечисленных факторов хорошо согласуется с опытными данными и почти в четыре раза меньше времени, определенного без учета системного подхода.

Модели позволили определить требования к значению достоверности систем контроля диагностической аппаратуры. Показано, что уменьшение

достоверности правильной индикации об отказах приводит к увеличению наблюдаемого времени пребывания объекта контроля в исправном состоянии. При абсолютной достоверности контроля ($D=1$) это время равно действительному времени нахождения объекта в исправном состоянии.

В работе [5] показано, что значения $\pi_i(T)$, $\omega_i(T)$ и $\nu_i(T)$ зависят от времени выполнения аварийного ремонта t_a , проверки параметра на соответствие техническим требованиям $t_{п}$, поиска неисправности t_s и регулировки t_r , являющихся функциями квалификации и состава обслуживающих бригад, периодичности обслуживания T , соотношения $\lambda_{02}/\lambda_{01}$, достоверности индикации об отказах D , влияния условий эксплуатации K_n , $t^\circ C$, учета интенсивности отказов при ТО ЛТО. Поэтому зависимости $K_{ГТ}$, $K_{ГТ}(T) = \phi\{T(t_a, t_{п}, t_s, t_r, D, \lambda_{02}/\lambda_{01}, \lambda_{то}, K_n, t^\circ C)\}$ характеризуют закономерность изменения комплексных параметров надежности, учитывающих многофакторное воздействие на исследуемый объект, и позволяют перейти к определению среднего времени пребывания локомотива в исправном состоянии с позиции оценки влияния этих воздействий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горский А.В., Воробьев А.А. Оптимизация системы ремонта локомотивов – М.: Транспорт, 1994. – 210 с.
2. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. – М.: Наука, 1978. – 399 с.
3. Стрельников В.Т., Исаев И.П. Комплексное управление качеством технического обслуживания и ремонта электровозов. – М.: Транспорт, 1980. – 208 с.
4. Дружинин Г.В. Надежность автоматизированных систем. – М.: Энергия, 1977. – 536 с.
5. Герцбах Н.Б. Модели профилактики. – М.: Советское радио, 1969. – 216 с.
6. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения.

УДК 621.311.004.13(075.8)

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА РЕЖИМОВ ЭЭС В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО РЫНКА РОССИИ

А.Г. Русина, Ю.М. Сидоркин

Новосибирский государственный технический университет
E-mail: nasta_ru@ngs.ru

Режим станций и электрических сетей влияют на тарифы электроэнергии оптового и региональных рынков. В работе рассматриваются требования к алгоритмам адресного распределения потоков мощности в системе, которые позволяют определить цены продажи товара в генераторных узлах и цены покупки в нагрузочных.

В настоящее время идет процесс реструктуризации энергетики, и разрабатываются методические материалы и программные продукты, необходимые для функционирования конкурентного рынка электроэнергии и мощности. Многие задачи связаны с тарифами на покупку и продажу энергетической продукции. В их числе задачи определения стоимости электроэнергии и мощности в электрических системах при адресном распределении.

Современные условия выдвигают новые требования к принципам и методам решения режимных

задач. Новыми являются задачи адресного расчета потоков и потерь мощности в системе и оценка их стоимости. Задачи такого вида достаточно разнообразны, но их можно разделить на три группы.

1. Оптимальное распределение активной мощности в энергосистеме с адресной оценкой стоимости потоков и потерь мощности во всех ее элементах (узлах и ветвях).
2. Адресное распределение потерь мощности и электроэнергии с оценкой их стоимости для сетевого предприятия.