

ЭКВИВАЛЕНТНЫЙ МАКРОМОДУЛЬ ПРОЦЕССА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ.

Левченко А.А., Кравчук О.И.

Актуальность исследования и анализ предыдущих публикаций. Радиотехнические средства за своим построением есть сложными техническими объектами. Обобщенным показателем надежности для них, что характеризует состояние и способность выполнять задачи по назначению в определенное время, есть коэффициент оперативной готовности. В работах [1,2,3,4,5] обосновано построение информационной модели прогноза *Ког* с помощью типичных операторов, в [2,3] полученные общие выражения для коэффициентов преобразования операторов, построенные модели *Ког* вооружения и военной техники (ВВТ) для случая, когда восстановления проводится заменой элементов. В [5] обоснованная возможность применения моделей, которые строятся с помощью типичных операторов для объектов с числовыми измерительным контролем состояния. В [6] построенная модель *Ког* для объектов с числовым измерительным контролем состояния и восстановлением путем замены элементов, когда алгоритм замены выполнены без ошибок.

Применения моделей *Ког* полученных в [2,3,6] для полного жизненного цикла систем невозможно, что связано с моделированием одного цикла обслуживания. Для реализации адаптивных информационных систем диагностики с прогнозированием, объектов с числовым измерительным контролем состояния и восстановлением путем регулирования параметров, к которым относятся радиотехнические средства, необходимо получить вид микромодуля процесса технического обслуживания и построить информационную модель *Ког*, где обращение к оператору восстановления состояния учитывает специфику и цикличность проведения операций.

Объектом статьи является информационное моделирование динамики изменения *Ког* в границах полного цикла обслуживания, а **предметом** – математические соотношения для операторов мероприятий обслуживания и алгоритмы синтеза информационных моделей. **Целью статьи** является обеспечение необходимого уровня *Ког* радиотехнических средств за счет использования микромодуля процесса ТО во время построения информационной модели *Ког*.

Условия выполнения исследования. Как объект эксплуатации средства, которые рассматриваются, представляют собой сложные технические системы из разнообразных элементов, имеют разные структурные схемы надежности в зависимости от типа. Следует заметить, что в состав систем, которые рассматриваются, не входит программное обеспечение.

Для достижения цели в статье следует получить вид коэффициента преобразования оператора восстановления путем регулирования и провести синтез модели *Ког* для соответствующих систем. Методом исследования является метод динамического баланса меры, методом синтеза информационной модели – метод синтеза моделей систем обеспечения эксплуатации с помощью типичных операторов. **Научная новизна работы** состоит в развитии и углублении теоретических и методических основ построения информационных моделей процесса технического обеспечения эксплуатации объектов с числовым измерительным контролем состояния.

В [3,6] были построены модели одного цикла процесса технического обслуживания радиотехнических средств (РТС) при однократном контроле ее работоспособности. Однако, после восстановления их всегда проверяют, и процесс контроля продолжается до устранения всех выявленных неисправностей (см.рис.1). Это значит, что

$$\begin{cases} q_{35} = q_{35'} = \dots, & q_{37} = q_{3'7} = \dots, & q_{63'} = q_{6'3''} = \dots, \\ q_{46} = q_{46'} = \dots, & q_{64'} = q_{6'4''} = \dots, & q_{48} = q_{4'8} = \dots, \\ q_{54'} = q_{5'4''} = \dots, & q_{53'} = q_{5'3''} = \dots \end{cases} \quad (1)$$

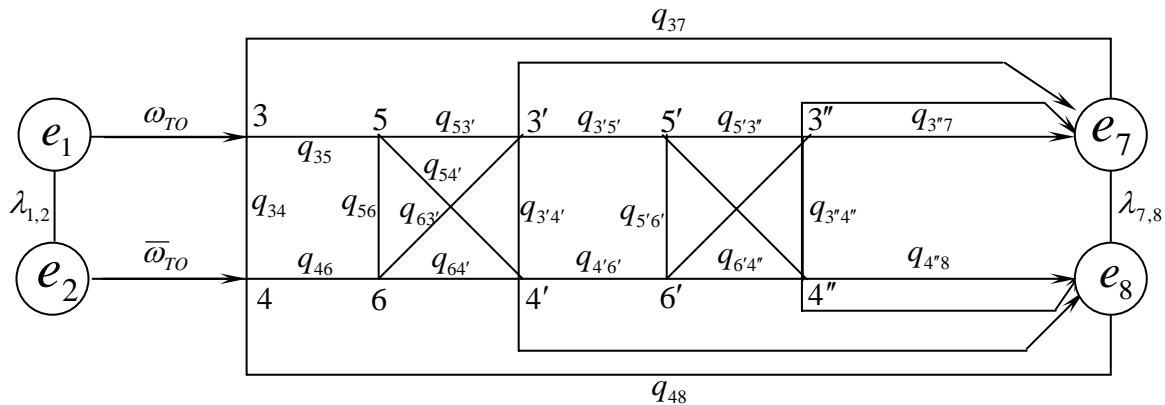


Рис. 1 Эквивалентная модель оператора ТО РТС учет многократного процесса „контроль-восстановление”

Используя процедуру укрупнения состояний метода динамического баланса меры [2,3], преобразуем структуру оператора технического обслуживания (ТО) к более компактному виду (см.рис.2), где

$$\begin{cases} q_{33'} = q_{35} q_{53'} + q_{34} q_{46} q_{63'} + q_{35} q_{56} q_{63'} , \\ q_{34'} = q_{35} q_{54'} + q_{35} q_{56} q_{64'} + q_{34} q_{46} q_{64'} , \\ q_{43'} = q_{46} q_{63'} , \\ q_{44'} = q_{46} q_{64'} . \end{cases} \quad (2)$$

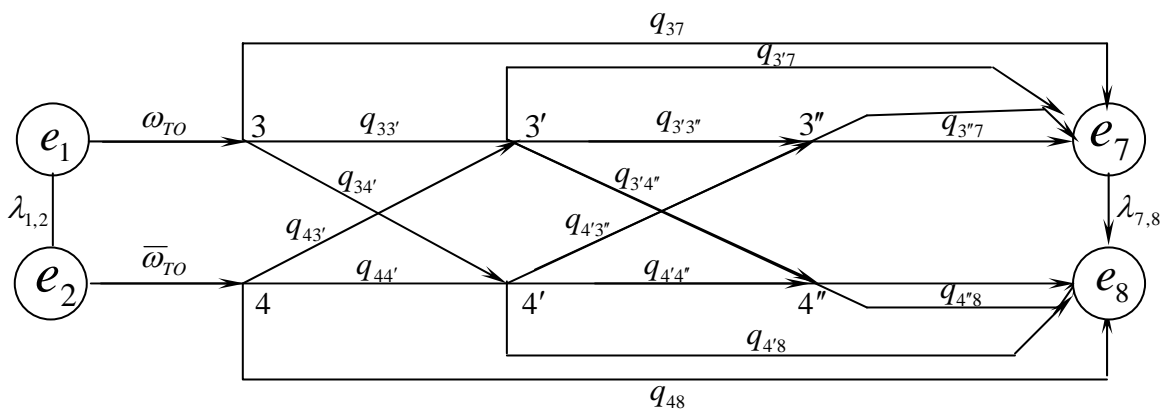


Рис. 2 Преобразованная эквивалентная модель ТО РТС

Аналогичным путем определяется коэффициенты $q_{3'3''}, q_{3'4'}, q_{4'4''}, q_{4'3''}$. Из (1)(2.4) и (2) видно, что

$$\begin{cases} q_{33'} = q_{3'3''} = \dots, & q_{3'4'} = q_{3'4''} = \dots, \\ q_{44'} = q_{4'4''} = \dots, & q_{43'} = q_{4'3''} = \dots \end{cases} \quad (3)$$

Для обеспечения нормального функционирования системы ТО РТС в техническом дивизионе необходимо иметь достаточное количество запасных элементов.

Следовательно, важно знать ресурс системы восстановления в определенных условиях эксплуатации, характеризующихся интенсивностью λ изменения вида технического состояния при соответствующей производительности системы ТО.

С учетом (3), расход ресурса восстановления при ТО для n -кратной процедуры контроля и замены элемента может быть определен при помощи уравнения:

$$\sum_{k=1}^n \begin{vmatrix} q_{33'} & q_{43'} \\ q_{34'} & q_{44'} \end{vmatrix}^k \cdot \begin{vmatrix} \omega_{ТО} \\ \bar{\omega}_{ТО} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} q_B & q_B' \\ \bar{q}_B & \bar{q}_B' \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} \omega_{ТО} \\ \bar{\omega}_{ТО} \end{vmatrix}$$

Согласно [3] для квадратной матрицы с l -нормой $\|X\|_l < 1$

$$\sum_{k=0}^{\infty} X^k A = (E - X)^{-1} A \quad (4)$$

где E - единичная матрица. В силу условия нормировки для коэффициентов преобразования типовых операторов можно записать соотношение для асимптоты, т.е. при $n \rightarrow \infty$

$$\begin{vmatrix} q_B & q_B' \\ \bar{q}_B & \bar{q}_B' \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} \omega_{ТО} \\ \bar{\omega}_{ТО} \end{vmatrix} = (E - Q)^{-1} \cdot \omega - \begin{vmatrix} q_{33'} & q_{43'} \\ q_{34'} & q_{44'} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} \omega_{ТО} \\ \bar{\omega}_{ТО} \end{vmatrix},$$

где

$$Q = \begin{vmatrix} q_{33'} & q_{43'} \\ q_{34'} & q_{44'} \end{vmatrix}, \quad \omega = \begin{vmatrix} \omega_{ТО} \\ \bar{\omega}_{ТО} \end{vmatrix}$$

Отсюда

$$\begin{vmatrix} q_B & q_B' \\ \bar{q}_B & \bar{q}_B' \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} \omega_{ТО} \\ \bar{\omega}_{ТО} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \frac{(1 - q_{44'})q_{33'} + q_{34'}q_{43'}}{(1 - q_{33'})(1 - q_{44'}) - q_{34'}q_{43'}} & \frac{q_{43'}}{(1 - q_{33'})(1 - q_{44'}) - q_{34'}q_{43'}} \\ \frac{q_{34'}}{(1 - q_{33'})(1 - q_{44'}) - q_{34'}q_{43'}} & \frac{(1 - q_{33'})q_{44'} + q_{34'}q_{43'}}{(1 - q_{33'})(1 - q_{44'}) - q_{34'}q_{43'}} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} \omega_{ТО} \\ \bar{\omega}_{ТО} \end{vmatrix}, \quad (5)$$

Таким образом, интенсивность расходования запасных элементов в системе ТО РТС определиться как

$$\frac{dQ_B}{dt} = -(q_B + \bar{q}_B)\omega_{ТО} - (q_B' + \bar{q}_B')\bar{\omega}_{ТО}, \quad (6)$$

где $\omega_{ТО} + \bar{\omega}_{ТО} = \Omega_{ТО}$ - производительность системы ТО РТС. Решая уравнение (6), можно найти требуемое количество запасных элементов для любого интервала времени функционирования системы ТО РТС без учета технического обслуживания запасных элементов.

В целом компоненты $\omega_{ТО}$ и $\bar{\omega}_{ТО}$ производительности системы ТО РТС можно определить с помощью формулы (4), учитывая, что

$$\begin{cases} q_{37} = q_{3'7} = \dots, \\ q_{48} = q_{4'8} = \dots \end{cases}$$

Тогда

$$\begin{vmatrix} q_{37} & 0 \\ 0 & q_{48} \end{vmatrix} \cdot \left\{ \begin{vmatrix} q_{33'} & q_{43'} \\ q_{34'} & q_{44'} \end{vmatrix}^0 \cdot \begin{vmatrix} \omega_{ТО} \\ \bar{\omega}_{ТО} \end{vmatrix} + \dots + \begin{vmatrix} q_{33'} & q_{43'} \\ q_{34'} & q_{44'} \end{vmatrix}^n \cdot \begin{vmatrix} \omega_{ТО} \\ \bar{\omega}_{ТО} \end{vmatrix} \right\} = \begin{vmatrix} q_{ТО} & q_{ТО}' \\ \bar{q}_{ТО} & \bar{q}_{ТО}' \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} \omega_{ТО} \\ \bar{\omega}_{ТО} \end{vmatrix}$$

и, после преобразования, окончательно:

$$\begin{vmatrix} q_{TO} & \dot{q}_{TO} \\ \bar{q}_{TO} & \dot{\bar{q}}_{TO} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} \omega_{TO} \\ \bar{\omega}_{TO} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \frac{(1 - q_{44'})q_{37}}{(1 - q_{33'})(1 - q_{44'}) - q_{34'}q_{43'}} & \frac{q_{43'}q_{37}}{(1 - q_{33'})(1 - q_{44'}) - q_{34'}q_{43'}} \\ \frac{q_{34'}q_{48}}{(1 - q_{33'})(1 - q_{44'}) - q_{34'}q_{43'}} & \frac{(1 - q_{33'})q_{48}}{(1 - q_{33'})(1 - q_{44'}) - q_{34'}q_{43'}} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} \omega_{TO} \\ \bar{\omega}_{TO} \end{vmatrix}. \quad (7)$$

Таким образом, процесс технического обслуживания в отдельном цикле может быть описан некоторым эквивалентным макромодулем оператора ТО РТС (см.рис.3).

При наличии ресурса макромодуль является стандартным для всех циклов эксплуатации по отношению к структуре. В зависимости от режимов содержания до и после обслуживания состояния e_1, e_2, e_7, e_8 , заменяются соответствующими состояниями, и получается модель для соответствующего цикла технического обеспечения. Последовательное соединение этих стандартных макромодулей дает модель системы ТО РТС для всего периода эксплуатации.

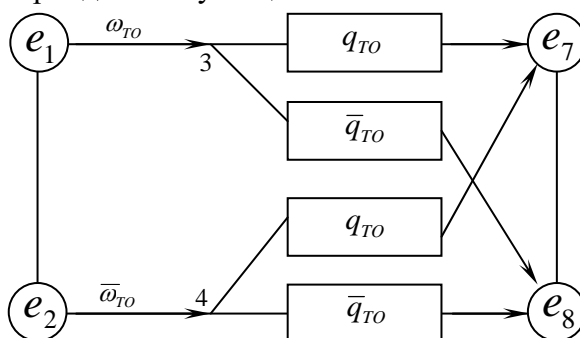


Рис. 3 Макромодуль оператора ТО РТС

Для случая, когда ресурс восстановления исчерпан и неисправные РТС исключаются из эксплуатации, модель претерпит некоторые изменения (см.рис.4).

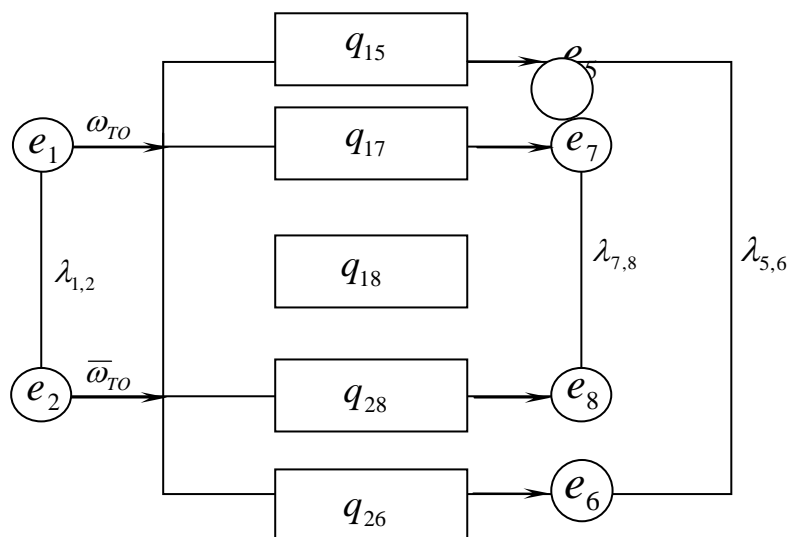


Рис.4 Макромодуль оператора ТО РТС в случае отсутствия ресурсов

Процесс ТО элементов РТС из-за того, что время обслуживания τ_{TO} значительно меньше срока эксплуатации, можно считать одновременным. В таком случае модель системы ТО РТС по элементам представляет собой m независимых каналов обслуживания по числу элементов. Согласно структурной схеме надежности РТС, их

систему ТО и Р можно рассматривать как систему, состоящую из 5 независимых каналов обслуживания.

Выводы.

Таким образом, использование макромодулей процесса технического обслуживания облегчает построение модели системы ТО РТС в целом. Последовательное соединение таких макромодулей позволяет моделировать процесс обслуживания на любом интервале времени и в течение всего срока эксплуатации. А полная модель системы ТО РТС состоит из пяти таких последовательностей.

В силу стандартности модели макромодуля цикла обслуживания математическое описание модели системы обслуживания для всего периода эксплуатации будет сравнительно простым, так как имеется возможность представления в рекуррентной форме.

В представленном ракурсе РТС фигурируют как объекты с числовым измерительным контролем состояния и восстановлением (устранением латентных отказов (ЛО)) путем регулирования параметров. Полученные соотношения делают возможным программную реализацию систем диагностики второго рода в адаптивных информационных измерительных вычислительных комплексах систем ТО и Р сложных технических систем. Это делает возможным трансформацию систем ТО и Р в интегрированные комплексные системы обеспечения эксплуатации.

In article presentation guarantee necessity levels *K_{ог}* radio technical take to use micro modules process technique service in time building information model *K_{ог}*.

1. Левин С.Ф. Основы теории обеспечения эксплуатации технических объектов. - МО СССР, 1982. – 99 с.
2. Левин С.Ф. Статистический анализ систем обеспечения эксплуатации технических объектов - М. : Изд. АН СССР , 1989г.
3. Левин С.Ф. Статистический анализ и синтез в системе обеспечения эксплуатации/ Отчёт о НИР “Декстрин” кн. 1. - Одесса: ОВВКИУ ПВО, 1980, 33 с.
4. Левченко А.А., Яковлев М.Ю., Фролов В.Я., Скорін Ю.І. Оптимізація технічного обслуговування і ремонту групи однотипних складних технічних комплексів під час зберігання. // Открытые информационные и компьютерные технологии/ Сборник научных трудов Государственного университета им. Н.Е. Жуковского "ХАИ" Выпуск 8, 1999 г. - С.135-139.
5. Бугаев С.Н., Хаджипуло Ю.Б., Левченко А.О. Можливості використання операторних моделей процесів забезпечення експлуатації / НТЗ №5 Ч.1. – Одеса: ОІСВ, 1999, с.46-52.
6. Левченко А.О. Загальна математична модель прогнозу ймовірності відмов озброєння та військової техніки в залежності від заходів технічного забезпечення/ Підсумковий звіт з НДР “Модель-2000” кн. 1. - Одеса: ОІСВ, 2000, 238 с.