

НОВЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НА ДОСТИЖЕНИЕ ЦЕЛЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И ОБЪЕКТОВ

Хайруллин Р.З.

*Московский государственный строительный университет,
Россия, г. Москва, Ярославское шоссе д.26
zrkzrk@list.ru*

Аннотация: Предлагаются полумарковские модели, описывающие последовательное изменение степени достижения целей эксплуатации специальной техники и объектов с метрологическим обеспечением. Исследуется влияние взаимозависимостей затрат, потерь и вероятностей нахождения в различных состояниях специальной техники и объектов на их качество. Представлены результаты моделирования.

Ключевые слова: полумарковские модели, метрологическое обеспечение.

Введение

Одной из старейших проблем оптимизации метрологического обеспечения (МЛО) специальной техники и объектов (СТО) на всех этапах их жизненного цикла является отсутствие моделей взаимозависимости качества МЛО и СТО [1-3]. В настоящей статье дается постановка и решение принципиально новой задачи разработки математической модели процесса эксплуатации СТО с

МЛО. Как и в [1-3] поведение системы моделируется с помощью графа переходов состояния. Разработанный в статье подход отличается от [1-3] тем, что в [1-3] каждая вершина графа характеризуется вероятностью нахождения в данном состоянии, а ребра графа - временем перехода из одного состояния в другое. При этом время перехода может быть, как случайной, так и детерминированной величиной. В предлагаемом в статье подходе, в дополнение к [1-3], каждой вершине графа (состоянию) ставится в соответствие суммарные потери и затраты, связанные с нахождением в этом состоянии.

Новый подход к оценке влияния МЛО на качество СТО, элементы которого частично изложен вы в [4], позволяет строить полумарковские модели с произвольным количеством состояний, соответствующих различным степеням достижения целей эксплуатации СТО, и функциями затрат на их достижение. В зависимости от используемых исходных данных результаты моделирования представляют собой гиперповерхность, особенности которой являются основой для классификации СТО и выбора облика качественного МЛО. Поэтому задача анализа этих гиперповерхностей является не только достаточно актуальной, но имеет практическую ценность для исследований разрабатываемых полумарковских моделей по формальным признакам – количеству состояний и их взаимосвязям. Решение этой задачи позволит находить компромисс между адекватностью моделирования предметной области (множество состояний СТО и переходов между ними) и целями моделирования (поиск характерных отличительных областей и точек на гиперповерхностях качества СТО с МЛО).

1 Результаты исследования модели без МЛО

В [5] проведено исследование модели с тремя состояниями (полностью работоспособное, практически работоспособное, но с несущественными отклонениями от первого состояния и неисправное состояние) без МЛО. Управление каждым состоянием может осуществляться с помощью вектора управляющих переменных. Исследован случай, когда в качестве управляющих переменных выбраны вероятности перехода из практически работоспособного состояния в полностью работоспособное, а также из полностью работоспособного состояние в неисправное состояния p_{10} и p_{01} . Вероятности нахождения в указанных трех состояниях рассматриваются как конечные элементы, определенные в квадрате $a \times b = [0,1] \times [0,1]$, где $a = p_{10}$, $b = p_{01}$. Показатель эффективности представляет собой линейную комбинацию конечных элементов $L = \sum_i \pi_i c_i$, где c_i - вероятность нахождения в состоянии π_i , c_i - суммарные потери и затраты при нахождении в указанном состоянии. В [5] дается теоретическое обоснование того, что в рассматриваемой модели экстремум показателя эффективности может достигаться только в угловой точке квадрата.

Следует заметить, что для любой “веерообразной модели” [5] минимальное значение критерия также может достигаться только в угловой точке.

2 Простейшая модель с МЛО

В модели с МЛО к указанным выше трем состояниям добавляется четвертое состояние, которое моделирует процесс метрологического обслуживания и включает в себя такие мероприятия как контроль, поверку и ремонт.

В качестве показателя эффективности используются суммарные затраты и потери, а вектор управляющих параметров расширяется добавлением еще одной компоненты - объема контроля η (доля проверяемых образцов СТО от общего количества СТО, находящихся в состоянии практической работоспособности). Зависимость суммарных потерь и затрат для разных значений объема контроля представлена на Рис. 1.



Рис. 1. Минимальное значение критерия достигается при оптимальном объеме МЛО

Видно, что функция суммарных затрат и потерь достигает своего минимума при некотором внутреннем значении объема контроля (около 40%).

Результаты расчетов показали, что если стоимость c_3 МЛЮ невелика, то для минимизации L целесообразно все образцы подвергать контролю, и, при необходимости, ремонту. Этому случаю соответствует $\eta = 1$. Если же стоимость МЛЮ велика, то целесообразно не осуществлять МЛЮ вообще, то есть $\eta = 0$. В случае отказа или выхода образца из строя целесообразно полностью заменять образец на новый. И, наконец, при средней стоимости МЛЮ: $2,9 < c_3 < 3,2$ целесообразно осуществлять контроль и ремонт только некоторой доли неисправных образцов. Этому случаю соответствует $\eta = \eta(c_3)$. Из Рис. 1,2 видно, что для минимизации суммарных затрат и потерь при $c_3 = 3,1$ целесообразно осуществлять контроль и ремонт около 40% образцов СТО.

На рис. 2 представлены суммарные затраты в зависимости от стоимости МЛЮ.

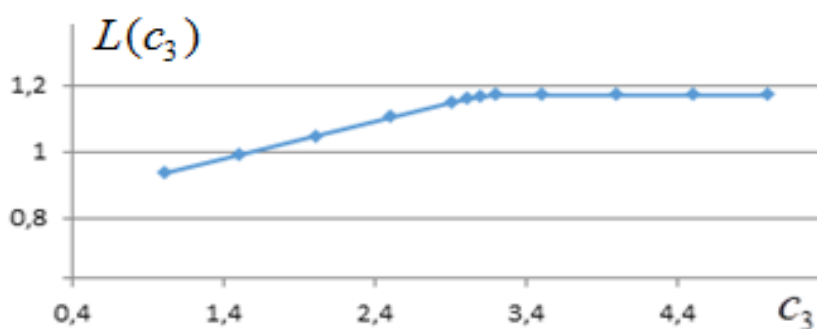


Рис.2. Зависимость суммарных затрат от стоимости МЛЮ.

3 Обсуждения

Полученные результаты моделирования позволяют классифицировать СТО на основе выбора дискретных комбинаций управляющих переменных a и b . Например:

- Класс А: СТО, характеризующиеся резким снижением вероятностей переходов (чем «тяжелее» состояние, тем меньше вероятность перехода в него) и таким же ростом потерь (чем «тяжелее» состояние, тем выше потери).
- Класс Б: СТО, характеризующиеся вялым снижением вероятностей переходов и «вялым» ростом потерь.
- Класс В: СТО, характеризующиеся вялым снижением вероятностей переходов и «резким» ростом потерь.
- Класс Г: СТО, характеризующиеся резким снижением вероятностей переходов и «вялым» ростом потерь.

При исследовании большего количества состояний СТО, а также более широкого класса функций изменения вероятностей переходов, затрат и потерь, классификация СТО может быть более детализированной.

Предположим, что конкретный рассматриваемый образец не может быть отнесен строго к одному из рассмотренным выше классов, а имеет некоторые средние характеристики, заключенные между двумя классами.

Пусть верхняя граница зависимости суммарной величины затрат и потерь от вероятностей перехода задается функцией $\psi_1(p)$, а нижняя граница зависимости суммарной величины затрат и потерь от вероятности задается функцией $\psi_2(p)$. Введем параметр $\lambda \in [0;1]$ и зададим однопараметрическую формулу непрерывного перехода от $\psi_1(p)$ к $\psi_2(p)$:

$$\Psi(p, \lambda) = \lambda\psi_1(p) + (1 - \lambda)\psi_2(p).$$

Путем соответствующего выбора параметра λ определяется доля принадлежности конкретного образа СТО к некоторому набору классов СТО с МЛЮ или без МЛЮ..

Эти функции используются при проведении классификации СТО с МЛЮ и отнесении конкретного образца СТО к определенным классам.

Отметим, что изменением векторов управляющих переменных a и b можно оценить априорную чувствительность модели к введению МЛЮ в процесс эксплуатации СТО с целью своевременного выявления предпосылок к появлению отказов (неисправностей) с последующим устранением их. При этом появятся дополнительные затраты на МЛЮ.

Таким образом, применение представленного в статье подхода позволяет провести классификацию СТО с целью последующего выбора облика его МЛЮ. Классификация проводится на основе анализа структуры гиперповерхности $L(a,b)$ суммарных затрат. Варьирование вектора управляемых переменных a и b позволяет как разворачивать поверхности суммарных потерь относительно “диагоналей”, так и изменять положения локальных экстремумов гиперповерхностей. Определяющим критерием для отнесения СТО к тому или иному классу является наличие характерных точек на поверхностях суммарных затрат $L(a,b)$, таких как угловая точка области управляемых переменных, в которой достигается экстремумы полных затрат, точка локального экстремума функции $L(a,b)$ точки и линии перегибов соответствующих функций двух переменных и т.д.

Литература

1. Сычев Е.И. Оценка эффективности и параметрический синтез метрологического обеспечения радиоаппаратуры. - Москва. МО СССР. 1984. 386 с.
2. Сычев Е.И., Храменков В.Н., Шкитин А.Д. Основы метрологии военной техники. - М.: Военное издательство. 1993. 400 с.
3. Королик В.С., Турбин А.Ф. Полумарковские процессы и их приложения.- Киев. Наукова думка. 1976. 236с.
4. Хайруллин Р.З., Попенков А.Я. Распределение объемов контроля по целям метрологического обеспечения сложных организационно – технических систем с использованием полумарковских моделей. XI - международная конференция «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD 2018). Москва. 2018. 2 с.
5. Попенков А.Я., Хайруллин Р.З. Новый подход к оценке влияния метрологического обеспечения на достижение целей эксплуатации вооружения, военной техники и военных объектов. XII Всероссийская научно – техническая конференция “Метрологическое обеспечение обороны и безопасности в Российской Федерации”. Москва. Поведники, 13-15 ноября 2018, 4 с.
6. Попенков А.Я., Хайруллин Р.З. Применение метода конечных элементов в задачах оценки качества метрологического обеспечения эксплуатации вооружения, военной техники и военных объектов. XII Всероссийская научно – техническая конференция “Метрологическое обеспечение обороны и безопасности в Российской Федерации”. Москва. Поведники, 13-15 ноября 2018, 3 с.