

2. GOST 27.002-2015. Nadezhnost' v tekhnike. Terminy i opredeleniya.
3. Trusov A.S. i dr. Statisticheskaya otsenka nadezhnosti sudovykh turboprivodov po ekspluatatsionnym dannym: Ucheb. posobie. - M.: V/O "Mortekhinformreklama", 1988. - 64 s.
4. Efremov L.V. Praktika veroyatnostnogo analiza nadezhnosti tekhniki s primeneniem komp'yuternykh tekhnologiy. - SPb.: Nauka, 2008. - 216 s.: il.
5. Isikava K. Yaponskie metody upravleniya kachestvom. Sokr. per. s angl./Nauch. red. i avt. predisl. A.V. Glichev. - M.: Ekonomika, 1988. - 215 s.
6. Zenin S.V., Shper V.L. Primenenie diagramm Pareto dlya analiza kachestva avtomashin VAZ. - MMK, 2000, №11, s.4-10.
7. Barkov A.V., Barkova N.A., Grishchenko D.V. Identifikatsiya sostoyaniya mekhanizmov s uzlamy vrashcheniya po rezul'tatam vibratsionnogo monitoringa i kontrolya temperatury. Metodika MV.03.7826741252./23.12.2011. SEV-ZAPUChTsENTR, 2011.
8. Kondrat'ev S.I. Teoreticheskie osnovy upravleniya krupnotonnazhnyimi sudami po kriteriyam bezopasnosti i energosberezheniya. Dissertatsiya na soiskanie uchenoj stepeni doktora tekhnicheskikh nauk / Novorossiysk, 2004.

УДК 656.61

DOI: 10.34046/aumsuomt92/2

ВЫБОР МЕТОДОВ СТАТИСТИЧЕСКОГО ОЦЕНИВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОТКАЗНОСТИ КОМПЛЕКСОВ ЭЛЕКТРОННОЙ НАВИГАЦИИ В КОНЦЕПЦИИ РАЗВИТИЯ E-NAVIGATION

Н.П. Ардельянов, аспирант

В статье «Выбор методов статистического оценивания показателей безотказности комплексов электронной навигации в концепции развития E-NAVIGATION» рассмотрен вопрос прогнозирования безотказности комплексов электронной навигации.

В работе приведено описание комплексных показателей безотказности, базирующихся на оценках вероятности безотказной работы. Приведены показатели, косвенно характеризующие условия эксплуатации комплексов E-NAVIGATION. Проведенный анализ статистической информации показывает на необходимость использования непараметрических методов оценивания.

Ключевые слова: комплексы E-NAVIGATION, надежность, вероятность безотказной работы, биномиальное распределение, цензурирование.

The article " Selection of methods of statistical evaluation indicators of reliability of electric navigation systems in the concept of development of e-navigation" deals with the issue of prediction of reliability of electronic navigation assemblies.

The work describes complex indicators of failure-free operation based on estimates of probability of failure-free operation. The following parameters indirectly characterizing the operating conditions of E-NAVIGATION units. Analysis of statistical information indicates the need for non-parametric methods of evaluation.

Keywords: devices of E-NAVIGATION, reliability, probability of no-failure operation, binomial distribution, censoring.

Аппаратно-программные комплексы, обеспечивающие безопасность судовождения, относятся к наиболее сложным видам техники, имеющим ограниченную надежность. Благодаря принимаемым усилиям безотказность этих комплексов постоянно повышается, однако нельзя исключать возможность появления в них неисправностей и отказов. Вопросы, в части касающейся надежной и безотказной работы судового и берегового навигационного оборудования, являются актуальными в контексте глобального внедрения программы Международной морской организации (далее – ИМО): E-navigation – «это гармонизированные мероприятия по интеграции, обмену, представлению и анализу информации, касающейся судоходства, на судах и береговых объ-

ектах с помощью электронных средств для совершенствования мореплавания и повышения эффективности связанных с ним служб обеспечения безопасности мореплавания, охраны на море и защиты морской окружающей среды».

Стандартизация, унификация и повышение надежности оборудования электронной навигации – одна из основных целей программы E-navigation [1]. Решение ряда соответствующих задач, направленных на достижение указанной цели, позволяет также реализовать экономическую составляющую программы ИМО. Повышение надежности основных компонентов комплексов электронной навигации (далее – КЭН) приведет к существенному снижению экономических затрат

как на производство комплексов, так и на их разработку, испытания, сертификацию и модернизацию [2].

Под надежностью комплекса (системы, аппаратуры, блока) необходимо понимать вероятность его безотказной работы в течение установленного временного интервала. Это количественная характеристика, которая выражается различными показателями (долговечность, безотказность, ремонтнопригодность, сохраняемость), а также определенным сочетанием этих показателей.

Спектр современных КЭН достаточно широк: от радиолокационных станций и приемников навигационных систем до автоматизированных систем мониторинга и интегрированных навигационных систем [5]. Сложность в производстве и достаточно высокая стоимость определяют их поступление в эксплуатацию небольшими партиями в течение определенного периода с момента развертывания серийного производства. Статистическая информация об их эксплуатации приходит, как правило, в этот период нерегулярно и от отдельных судовладельческих компаний. В этих условиях актуальной становится задача оценки и прогнозирования безотказности основных компонентов КЭН по локальным данным на начальном этапе их эксплуатации. Решению данной проблемы посвящено достаточное количество исследований, позволяющих производить оценку показателей надежности и безотказности комплексов и систем [6, 7].

Информация о безотказности КЭН отображается в виде совокупности интервалов неопределенности в виде межрегламентных периодов, закончившихся обнаружением отказа, моментов отказов основных компонентов КЭН, обнаруженных при включении комплексов E-navigation.

Выборки такого типа называют цензурированными выборками [3]. Под цензурированием понимается событие, приводящее к прекращению эксплуатационного наблюдения до наступления отказа (предельного состояния) изучаемого характера, либо к обнаружению отказа изучаемого характера в пределах известного интервала наработки (условной наработки). Другими словами, цензурирование – это процесс возникновения неопределенности момента отказа изделия, причем интервал неопределенности исследователю известен. Если этот интервал неограничен справа, то говорят о цензурировании справа, если он ограничен справа, то говорят о цензурировании слева. Если интервал неопределенности ограничен слева и справа, то говорят о цензурировании интервалом [4].

Произведенный анализ особенностей основных компонентов КЭН, как объектов эксплуатации, позволяет выборку об их надежности отнести к типу комбинированных выборок при многократном цензурировании интервалом.

В настоящее время разработано достаточное количество методов оценки показателей безотказности по цензурированным выборкам. Однако эти методики ориентированы на выборки данных, содержащих сведения о не менее ста отказах, что достигается при анализе хода эксплуатации КЭН лишь в конце их срока службы. В этих условиях наиболее естественной формой представления текущей статистики является биномиальная схема испытаний (схема наблюдения «успехов» и «отказов»).

Основным при использовании биномиального распределения является требование равенства вероятностей возникновения отказов всех изделий, испытываемых на интервале $[t, t+\Delta t]$ и независимости этих испытаний и результатов друг от друга. Это допущение имеет место только при восстановлении отказавших основных компонентов КЭН «старыми» блоками (агрегатами – конструктивными элементами, которые в ходе эксплуатации не ремонтируются и заменяются на новые), которые являются исправными, но выработавшим такой же ресурс, как и отказавшие блоки. В случае разных вероятностей возникновения отказов можно, используя понятие «эквивалентного числа отказов» или среднюю вероятность появления события в серии отказов, привести задачу к биномиальному виду с достаточной для практики точностью. Кроме того, к несомненным достоинствам биномиального распределения следует отнести наличие соответственного сопряжения с бета-распределением, а возможность определения биномиального закона распределения не на всем интервале $[0, 1]$, а только на какой-либо части $[x, 1]$.

Совокупность комплексных показателей, характеризующих уровень технического состояния КЭН, условно можно разделить на две группы. К первой группе относятся показатели, характеризующие безотказность основных компонентов КЭН в период их применения по назначению, как элементов комплекса, и используются при определении эффективности комплекса с учетом надежности.

Ко второй группе относятся показатели, характеризующие безотказность основных компонентов КЭН, как объектов технического обслуживания в период их восстановления и поддержания эксплуатационно-технических характеристик в заданных пределах.

Показатели второй группы используются в качестве параметров при построении (организации) системы технического обслуживания КЭН.

Как следует из определений, соответствующие коэффициенты являются оценками вероятностей безотказности работы КЭН, определяемыми по результатам проверок некоторого множества контролируемых параметров основных компонентов КЭН.

Показателями, косвенно характеризующими систему и условия эксплуатации КЭН, являются:

w_3 – параметр потока отказов, устранимых заменой основных компонентов КЭН;

w_{PI} – параметр потока отказов, устранимых регулировкой параметров основных компонентов КЭН.

При отсутствии априорных данных о виде закона распределения $F(t)$ оценка параметра потока отказов по результатам эксплуатации определяется по формуле:

$$w(t, t + \Delta t) = \frac{d(t, t + \Delta t)}{(N(t) * \Delta t)}, \quad (1)$$

где $d(t, t + \Delta t)$ – это число отказавших основных компонентов на интервале $[t, t + \Delta t]$;

$N(t)$ – это общее число основных компонентов КЭН, эксплуатируемых в момент времени t .

В случае многократного цензурирования величина (t) обычно является убывающей.

Таким образом, в условиях начального накопления данных при анализе имеющейся статистической информации о безотказности основных компонентов КЭН предпочтение нужно отдавать непараметрическим методам оценивания. Ввиду того, что описанные комплексные показатели безотказности являются оценками вероятности безотказной работы, то особое внимание нужно обратить на непараметрические методы оценки вероятности безотказной работы по результатам эксплуатации, используя наиболее общую биномиальную схему наблюдения успехов и отказов.

Литература

1. Лебедев Н.Ю. E-Navigation как связующее звено транспортной отрасли // Международный транспортный форум «Транспорт России». – Москва. – 18-20 ноября 2009 года.
2. Губернаторов С.С. Навигация будущего – стратегическая программа E-Navigation // Транспорт Российской Федерации. – 2014. – № 1. – С. 52-56.

3. Острейковский, В.А. Теория надежности. – М.: Высшая школа, 2003.
4. Барзилович, Е. Ю. Модели технического обслуживания систем. – М.: Высшая школа, 1982.
5. Горобцов А.П., Маринич А.Н., Припотнюк А.В., Устинов Ю.М. Технические средства судовождения, том 3. Судовые приборы электронной навигации: учебник для курсантов (студентов) высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Судовождение». – СПб.: Морсар, 2016. – С. 415.
6. Мельник П.В., Боран-Кешипьян А.Л., Попов В.В. Надежность радиоэлектронных средств в развитии систем E-навигации // Транспортное дело России. – 2017. – № 5. – С. 131-135.
7. Марюхненко В.С. Показатели надежности информационных управляющих систем с аппаратными и информационными отказами как комплексные функции времени // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. – 2009. – № 2, – С. 143-148.

Литература

1. Лебедев Н.Ю. E-Navigation как связующее звено транспортной отрасли // Международный транспортный форум «Транспорт России». – Москва. – 18-20 ноября 2009 года.
2. Губернаторов С.С. Навигация будущего – стратегическая программа E-Navigation // Транспорт Российской Федерации. – 2014. – № 1. – С. 52-56.
3. Острейковский, В.А. Теория надежности. – М.: Высшая школа, 2003.
4. Барзилович, Е. Ю. Модели технического обслуживания систем. – М.: Высшая школа, 1982.
5. Горобцов А.П., Маринич А.Н., Припотнюк А.В., Устинов Ю.М. Технические средства судовождения, том 3. Судовые приборы электронной навигации: учебник для курсантов (студентов) высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Судовождение». – СПб.: Морсар, 2016. – С. 415.
6. Мельник П.В., Боран-Кешипьян А.Л., Попов В.В. Надежность радиоэлектронных средств в развитии систем E-навигации // Транспортное дело России. – 2017. – № 5. – С. 131-135.
7. Марюхненко В.С. Показатели надежности информационных управляющих систем с аппаратными и информационными отказами как комплексные функции времени // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. – 2009. – № 2, – С. 143-148.