

© Елюшкин В.Г., Гравшин А.В.
Yelushkin V., Gravshin A.

ОБ ОЦЕНКЕ НАДЕЖНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ОБСТАНОВКОЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ОХРАНОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ГРАНИЦЫ

ABOUT AN ESTIMATION OF RELIABILITY OF THE AUTOMATED SURVEILLANCE SYSTEM IN MANAGEMENT OF NATIONAL BORDER PROTECTION IS OVERVIEWED

Аннотация. В статье рассматривается подход к оценке надежности автоматизированной системы наблюдения за обстановкой при управлении охраной границы. Показано, что в качестве критериев оценки безотказности выполнения системой основной функции должны быть приняты вероятность обнаружения нарушения государственной границы и время восстановления системы после отказа в конкретных условиях ее применения. Для определения значений принятых критериев предложено применение аппарата логико-вероятностного моделирования с учетом пространственно-распределенного характера системы и воздействия на нее неблагоприятных физико-географических, технических и антропогенных факторов.

Annotation. In this article the approach to an estimation of reliability of the automated surveillance system in management of border protection is overviewed. It is shown, that as the criteria of estimation of system non-failure performance, the probability of detection of illegal crossing of the national border and restoration time after system failure in specific environment of it application should be accepted. For values definition of the accepted criteria, application of the methods of probabilistic logic modelling with the account of spatially distributed characteristic of the system and influence of harmful physiographic, technical and anthropogenic factors is offered.

Ключевые слова. Система наблюдения за обстановкой, надежность, критерий безотказности, вероятность обнаружения нарушителя, время восстановления системы, физико-географические и антропогенные факторы.

Key words. Surveillance system, reliability, non-failure performance, probability of detection of the intruder, restoration time of the system, physiographic and anthropogenic factors.

Применение автоматизированных систем наблюдения за обстановкой (АСНО) при управлении охраной государственной границы является одним из необходимых условий обеспечения безопасности в пограничной сфере. Эффективность применения данных систем существенно зависит от их устойчивости к воздействию широкого спектра неблагоприятных факторов – от физико-географических до имеющих коррупционную природу. Из этого следует необходимость всестороннего анализа свойств систем и оценки их надежности – способности сохранять во времени в установ-

ленных пределах возможность выполнения требуемых функций в заданных режимах и условиях применения.

В настоящее время теория оценки надежности сложных систем является достаточно разработанной и включает методы формирования структурной функции и аппарат определения вероятности отказа систем при выбранных показателях [1,3,4]. Вместе с тем вопросы выбора показателей надежности и их моделей, обеспечивающих объективную характеристику требуемых свойств конкретных систем и условий их применения, остаются актуальными.

Елюшкин Валерий Георгиевич – доктор технических наук, советник генерального директора ОАО «Концерн радиостроения «Вега», тел. 7(499)249-93-87;

Гравшин Андрей Валерьевич – главный специалист ОАО «Концерн радиостроения «Вега», тел. 8-962-938-13-00.

Yelushkin Valery – doctor of technical sciences, adviser of general director JSC «Radio engineering concern «Vega», ph. 7(499)249-93-87;

Gravshin Andrey is a main specialist, JSC «Radio engineering concern «Vega», ph. 8-962-938-13-00.

АСНО является составной частью автоматизированной системы управления охраной границы, что предполагает использование для оценки надежности показателей, характеризующих надежность реализации основных функций системы. В качестве основного комплексного показателя безотказности системы в отношении ее дискретно – выполняемой функции должна быть принята вероятность успешного выполнения системой заданной процедуры при поступлении запроса[5]. Такой процедурой для АСНО является непрерывность наблюдения участка границы и обнаружение ее нарушений с заданной вероятностью.

В соответствии с общей теорией надежности безотказность системы определяется ее непрерывной работоспособностью в течение некоторого времени или некоторой наработки. Наработка – время работы системы до первого отказа. Если безотказность характеризует качество выполнения функций, то работоспособность – состояние системы, при котором она способна выполнять заданные функции. Необходимо отметить, что данный подход применительно к АСНО требует уточнения.

Во-первых, работоспособность системы является необходимым, но недостаточным условием обеспечения безотказности. Так, работоспособность всех элементов системы не означает, что функция обнаружения будет выполняться с требуемой вероятностью. Ее величина будет определяться влиянием неблагоприятных физико-географических, технических и антропогенных факторов на возможности наблюдения и обнаружения, определяемые характеристиками системы. Например, топологией элементов системы, стабильностью их технических характеристик, условиями эксплуатации, действиями оперативного персонала и т.д.

Во-вторых, АСНО является восстанавливаемой системой, в которой все ее элементы могут независимо отказывать и неограниченно восстанавливаться с интенсивностями λ_i и μ_i . При этом отказом системы является не только выход из строя ее отдельных компонент, но и изменение функциональных параметров до уровня, требующего применение дополнительных технических средств для наблюдения за обстановкой. Применение в этих условиях для оценки надежности комплексного показателя – коэффициента готовности

$$KG = KG(\{\mu_i, \lambda_i\} \vee \{T_{oi}, T_{ei}\}, i=1, \dots, N), \quad (1)$$

где $T_{oi} = \frac{1}{\lambda_i}$ – время наработки на отказ;

$T_{ei} = \frac{1}{\mu_i}$ – среднее время восстановления.

N элементов системы [2] не обеспечивает оценку вероятности обнаружения. Так, в отдельных случаях высокий коэффициент готовности независимо от величины времени безотказной работы не всегда гарантирует требуемую величину вероятности обнаружения нарушений, если, например, время восстановления системы $T_{ei} \geq T_{преод}$, где $T_{преод}$ – время преодоления нарушителем расстояния от линии границы до допустимого рубежа его обнаружения в полосе границы и т.д.

Из этого следует необходимость при оценке надежности АСНО количественной оценки не только внутренних свойств системы, но и качества функционирования и выполнения задач. Данная задача может быть решена при применении в качестве критериев безотказности вероятности обнаружения нарушения и времени восстановления системы после отказа.

Для определения вероятности обнаружения нарушения как показателя безотказной работы системы P_{∞} может быть применен общий метод логико-вероятностного моделирования [2,3,4], приняв во внимание следующее.

АСНО является пространственно – распределенной системой состоящей из комплексов, включающих различные технические средства наблюдения, приема данных, их передачи и обработки, ориентированные на наблюдение соответствующих зон или рубеже участка границы.

Особенностью функционирования АСНО является невозможность наблюдения нарушителя всеми комплексами, прикрывающими отдельные участки ее общей зоны наблюдения, одновременно. То есть вероятность обнаружения нарушителя системой обеспечивается, как правило, одним из составляющих ее комплексов средств наблюдения и сигнализации при условии его безотказной работы (наблюдения заданной зоны).

АСНО может быть представлена схемой функциональной целостности, получаемой её декомпозицией на элементы, каждый из которых рассматривается как самостоятельный элемент, связанный с другими такими же элементами. Определение надежности может быть выполнено через определение надежности отдельных элементов и подстановки их в общую структуру системы.

Учитывая изложенное, составим схему функциональной целостности АСНО (см. рисунок), включающую сигнализационные средства – А, стационарные (автономные) средства наблюдения – В, мобильные средства наблюдения – С, средства передачи данных – Д, программно-технические комплексы обработки информации – Е и средства приема данных – F.

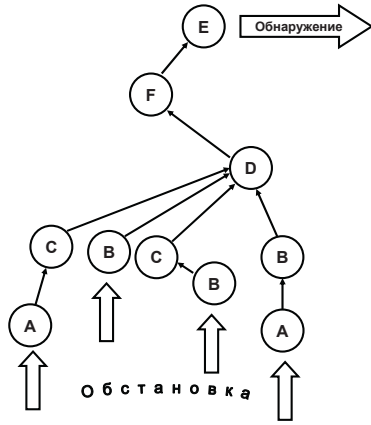


Схема функциональной целостности АСНО

Необходимо отметить, что в полученной схеме каждая из ее цепочек образована определенным набором компонент и соответствует конкретному участку зоны ответственности АСНО, в пределах которого возможно появление нарушителя.

С учетом схемы функциональной целостности составим логическую функцию работоспособности системы $F_{Pб} = F_{Pб}(\{\tilde{x}_i\}; i = 1, 2, \dots, N)$, в которой \tilde{x}_i – бинарное событие с двумя возможными состояниями i -го элемента системы – работоспособность/отказ.

Найдем многочлен расчета вероятности функции $P_F = P_F(\{p_i, q_i\}; i = 1, 2, \dots, N)$, где p_i и $q_i = 1 - p_i$ вероятностные параметры работоспособности/отказа i -го элемента системы.

Вычислим вероятностные параметры безотказности элементов АСНО с учетом факторов, влияющих на её функционирование

$$P_i = P_i \left(\begin{array}{l} \{p_j(\alpha_j), p_k(\alpha_k), p_l(\alpha_l)\}; \\ j=1, \dots, J; k=1, \dots, K, l=1, \dots, L; \\ \alpha_j \in M_{фz}, \alpha_k \in M_{an}, \alpha_l \in M_{mx}. \end{array} \right) \quad (4)$$

Литература

1. Надежность технических систем: Справочник / Ю.К. Беляев, В. В. Болотин и др.; Под ред. И.А. Ушакова. – М.: Радио и связь, 1985. – 608 с.
2. Можяев А.С., Громов В.Н. Теоретические основы общего логико-вероятностного метода автоматизированного моделирования систем. СПб. ВИТУ, 2000. – 145 с.
3. Рябинин И.А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем. СПб. Издательство Санкт-Петербургского университета, 2007. – 278 с.
4. Скворцов М.С. Решение задачи оптимизации надежности с помощью метода логико-вероятностных вкладов. // Журнал "Надежность" №2(30), 2009, с. 15-29.
5. ГОСТ 24.701-86. Надежность автоматизированных систем управления Основные положения. М.: ИПК Издательство стандартов, 1986, – 17 с.

Материал поступил в редакцию 30. 06. 2010 г.

где $p(\alpha)$ – вероятность возникновения отказа i -го элемента, обусловленная множеством физико-географических $M_{фz}$, антропогенных M_{an} и технических M_{mx} факторов, а J, K, L – число факторов.

Значения p_i определяются путем построения дерева отказов и схемы функциональной целостности для каждого элемента системы. Подставив полученные значения в (4), найдем вероятность обнаружения нарушителя для конкретных условий функционирования АСНО.

Для определения второго критерия надежности АСНО – времени восстановления системы T_{eF} воспользуемся многочленом

$$T_{eF} = T_{eF} \left(\left\{ K\Gamma_F, \frac{\partial K\Gamma_F}{\partial K\Gamma_i}, \lambda_i \right\}; i=1, 2, 3, \dots, N \right), \quad (5)$$

где $K\Gamma_i, \lambda_i, \frac{\partial K\Gamma_F}{\partial K\Gamma_i}$ – коэффициент готовности, интенсив-

ность отказа и показатель значимости i -го элемента системы соответственно;

$K\Gamma_F$ – коэффициент готовности системы [4].

При допущении независимости отказов и неограниченного восстановления всех элементов системы коэффициент готовности системы $K\Gamma_F$ может быть определен путем подстановки в (4) значений коэффициентов готовности элементов системы вместо вероятностей безотказности.

Предложенный подход позволяет учитывать особенности функционирования АСНО и выполнить оценку ее надежности в конкретных условиях применения, характерных для того или иного участка границы. С этой целью для каждого участка границы должны составляться схема функциональной целостности и функция работоспособности, позволяющие определить значения предложенных для оценки надежности критериев.