

УДК 681.3.07

Н.С. КОВАЛЕНКО¹, АЛАА МОХАММЕД АБДУЛ-ХАДИ², В.С. ХАРЧЕНКО²

¹*Бердянський державний педагогічний університет, Україна*

²*Національний аерокосмічний університет ім. Н.Е. Жуковського «ХАІ», Україна*

ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО ТЕХОБСЛУЖИВАНИЯ НА ГОТОВНОСТЬ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ОХРАНЫ

Проведен анализ функциональности автоматизированных систем охраны (АСО) и моделей нарушителя. Разработана методика последовательности исследования математических моделей готовности АСО. Проведено исследование модели АСО с учетом состояния профилактического техобслуживания (ПТО). Получены численные значения готовности АСО в зависимости от изменения интенсивности выполнения ПТО. Проведен сравнительный анализ полученных результатов с принятыми уровнями защищенности объектов безопасности. Разносторонняя деятельность людей, направленная на удовлетворение возрастающих потребностей в различных материальных и информационных ресурсах часто вступает в противоречие с важнейшей, естественной потребностью в безопасности.

Ключевые слова: автоматизированная система охраны (АСО), интенсивность ПТО, уровень защищенности объекта, марковский граф готовности АСО.

Введение

Безопасность объектов жизнедеятельности человека, в первую очередь, обеспечение их защиты от различных несанкционированных действий является важной сферой внедрения новых информационных технологий в проектирование, эксплуатацию и обслуживание систем физической защиты. К таким системам относятся автоматизированные системы охраны (АСО) [1]. Они предназначены для обеспечения необходимого уровня безопасности различных объектов промышленности, транспорта, энергетики, которые имеют большие территории и сложную инфраструктуру. Современные автоматизированные системы охраны это сложные системы, состоящие из множества взаимосвязанных элементов, которые согласованы на аппаратном, программном и техническом уровне. Базовыми элементами АСО являются датчиковые и коммуникационные средства, центры обработки и хранения информации [2].

Принципиальное отличие АСО от других человеко-машинных систем заключается в наличии конфликта интересов в системе "объект-нарушитель".

Опыт свидетельствует о том, что разносторонняя деятельность людей, направленная на удовлетворение возрастающих потребностей в различных материальных и информационных ресурсах часто вступает в противоречие с важнейшей, естественной потребностью в безопасности, поэтому АСО изначально является слабоформализованной системой, т.к. имеет место наличие таких факторов:

1) конфликтность интересов ((объект + АСО) – нарушитель);

2) априорная неопределенность исходных данных для проектирования (модели нарушителя и его воздействие на объект безопасности и АСО);

3) случайный характер временных параметров в системе "объект – АСО" (отказы оборудования АСО и присутствие нарушителя);

4) трудоемкость процедуры оценивания показателя защищенности объекта в условиях действующего производства:

- достаточно высокая стоимость элементов АСО (выбрать оптимальную для данного объекта охраны довольно трудно);

- модернизация и обслуживание АСО должно занимать минимальное количество времени.

Поскольку главная задача АСО заключается в обнаружении и предотвращении действий нарушителя, то основной процедурой для АСО является оценивание показателя обеспечения защищенности охраняемого объекта и принятия решения о достаточности осуществляемых мероприятий безопасности. Такое оценивание проводится путем сравнения полученного показателя защищенности для конкретного объекта с требуемым значением, согласно нормативно – правового документа "Методические аспекты задания требований к антитеррористической защищенности объектов и оценки достаточности осуществляемых мероприятий защиты" [4].

Постановка задачи. Общая научная задача состоит в обеспечении требуемого уровня защищенности Рз охраняемого объекта и выборе оптималь-

ных параметров элементов АСО и их профилактического технического обслуживания (ПТО).

Частная задача заключается в разработке марковской модели и исследования ее с точки зрения влияния интенсивности ПТО на готовность автоматизированной системы охраны в целом, получении численных результатов для выбора оптимальной периодичности проведения ПТО для конкретной конфигурации АСО.

Если принять допущение, что потоки отказов и восстановлений АСО простейшие и описываются по экспоненциальному закону, то наиболее подходящим методом является исследование с помощью марковских моделей, с последующим составлением систем дифференциальных уравнений первого порядка Колмогорова - Чепмена (СДУ) и линейных алгебраических уравнений и (СЛАУ) для вероятностей состояний АСО. Для получения численных результатов и графиков зависимости выбранных состояний АСО по времени используется инструментальная среда MATLAB.

Решение поставленной задачи проводится в такой последовательности.

1. Выбор оптимальной структуры АСО для заданного объекта охраны [2].
2. Анализ основных функций АСО.
3. Анализ модели нарушителя.
4. Разработка модели АСО с учетом ПТО.
5. Исследование разработанной модели АСО.
6. Получение (при исследовании данной модели АСО) численных результатов Pз для заданных параметров элементов АСО их обслуживания (при обнаруженном нарушителе) и сравнения их с требуемыми значениями защищенности Pз(треб) для данной категории охраняемого объекта [4].

1. Анализ основных функций АСО

Основные функции АСО описаны следующим выражением:

$$MF_{АСО} = \{F_{и}, F_{н}, F_{о}, F_{м}, F_{л}, F_{д}, F_{в}, F_{т}\}, \quad (1)$$

где $F_{и}$ – функция работоспособности АСО;

$F_{н}$ – функция идентификации нарушителя, включающая определение типа нарушителя $F_{нт}$ и последовательности его действий $F_{нп}$;

$F_{о}$ – функция отражения нарушителя;

$F_{м}$ – функция определения места нарушения (вторжения нарушителя);

$F_{л}$ – функция остановки (обезвреживания, ликвидации угрозы) нарушителя;

$F_{д}$ – функция диагностирования (поиска отказавшего элемента АСО);

$F_{в}$ – функция восстановления работоспособности АСО;

$F_{т}$ – функция отработки ложных тревог.

Функциональная модель АСО представлена на рис. 1.

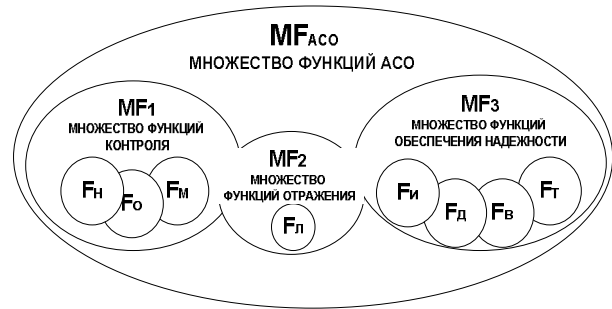


Рис. 1. Функциональная модель АСО

Здесь множество $MF_{АСО}$ представлено тремя подмножествами.

$$MF_{АСО} = \bigcup_{i=1}^3 MF_i, \quad (2)$$

где $MF_1 = \{F_o, F_n, F_m\}$ – подмножество функций контроля (пассивной охраны);

$MF_2 = \{F_l\}$ – подмножество функций отражения (активной охраны);

$MF_3 = \{F_i, F_d, F_v, F_t\}$ – подмножество функций обеспечения надежности.

Таким же образом может быть построена функциональная АСО моделей многоуровневой (двух или трехуровневой) АСО, задачей которой также является обеспечение требуемой защищенности охраняемого объекта.

2. Анализ модели нарушителя

Под нарушителем понимается любой объект, несанкционированно проникающий на охраняемый объект. Основные элементы его модели можно описать следующими показателями:

- 1) вероятность появления нарушителя на объекте охраны и в отдельных локальных зонах контроля;
- 2) показатель кратности разрушения элементов АСО, вызванных вторжением нарушителя;
- 3) показатель группового вторжения нарушителей на объект контроля (число нарушителей);
- 4) временной показатель нахождения и действий нарушителя (нарушителей) на объекте охраны;
- 5) пространственный показатель движения нарушителя (нарушителей) по объекту контроля и в отдельных (локальных) зонах.

Под пассивным нарушителем, в данном исследовании, понимается объект вторжения, который не воздействует на АСО. В других случаях, активный нарушитель воздействует на АСО, переводя в состояние поражения. Основные признаки (характеристики) пассивного и активного нарушителей показаны в табл. 1.

Анализ приведенных признаков показывает, что при рассмотрении даже простых вариантов действий нарушителя имеет место множество комбинаций, требующих учета при исследовании готовности АСО.

Таблица 1

Комбинации характеристик нарушителя

Признаки нарушителя	Пассивный		Активный	
	Одиночный	Групповой	Одиночный	Групповой
Вероятность появления	+	+	+	+
Количество нарушителей	1	n	1	n
Кратность разрушений	-	-	k	k*n
Продолжительность вторжения	t	t*n	t	t*n
Кратность пути нарушителя	s	s*n	s	s*n

Для анализа состояний АСО с учетом множества вариантов обнаружения нарушителя MS_n , разработана модель готовности АСО с ошибок обнаружения пассивного нарушителя, которая представлена размеченным графом на рис. 2, и построена путем преобразования первичного графа состояний нерезервированной АСО [3]. На рис. 2 использованы следующие обозначения:

MS_p – множество состояний АСО при распознанных неисправностях средств коммутации, обработки информации и датчиков контроля;

MS_{nr} – множество состояний АСО при нераспознанных неисправностях средств коммутации, обработки информации и датчиков контроля;

MS_n – множество состояний АСО при наличии распознанного и нераспознанного нарушителя.

Представленный граф подтверждает марковость процессов. Переходы не зависят от того, каким образом система попала в соответствующее состояние. Их параметры и коэффициенты интегрированы по характеристикам нарушителя и категории объекта охраны.

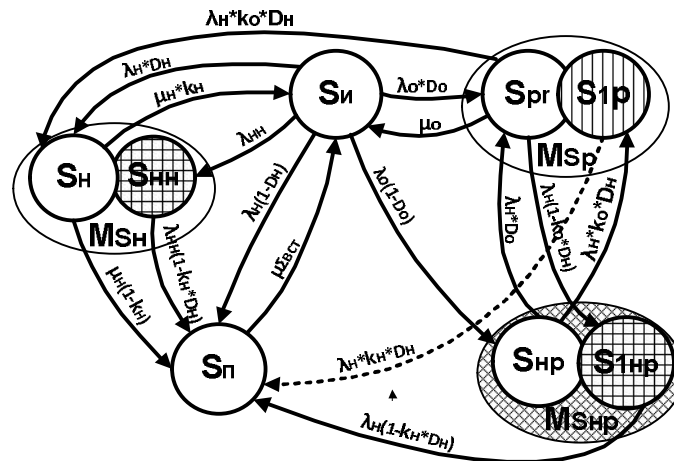


Рис. 2. Модель готовности АСО с учетом ошибок обнаружения пассивного нарушителя

3. Разработка модели АСО с учетом ПТО

На основе анализа функциональности АСО и моделей нарушителя разработана модель готовности АСО с учетом профилактического техобслуживания. Интенсивность проведения ПТО может влиять на показатели готовности АСО, а следовательно и защищенности объекта охраны. Данная модель представлена в виде размеченного марковского графа на рис. 3, где:

$S_{пто}$ – АСО находится в состоянии профилактического техобслуживания;

$\lambda_{пто}$ – интенсивность перехода АСО в состояние профилактического техобслуживания (такие

переходы имеют место при исправной АСО и когда неисправности распознаны);

$\mu_{пто}$ – интенсивность восстановления АСО из состояния профилактического техобслуживания в исправное состояние – S_i .

k_p – коэффициент доли элементов АСО, которые находятся в ПТО;

В данном графе обозначены такие переходы:

- 1) $S_i \rightarrow S_{пто}$ – переход АСО в состояние профилактического техобслуживания;
- 2) $S_p \rightarrow S_{пто}$ – АСО переходит в состояние ПТО из состояния распознанных отказов;
- 3) $S_{пто} \rightarrow S_n$ – находясь в состоянии ПТО, АСО переходит в состояние обнаружения нарушителя;

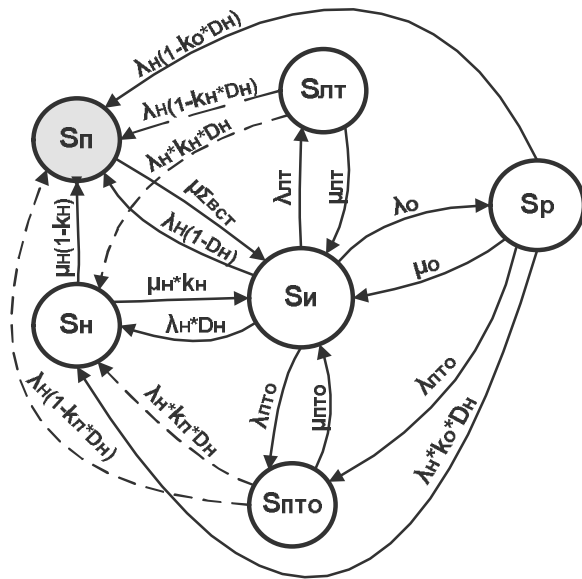


Рис. 3. Модель готовности АСО с учетом ПТО

- 4) $S_{пто} \rightarrow S_{п}$ – в данном случае АСО переходит в состояние поражения по причине отказа элементов;
- 5) $S_{пто} \rightarrow S_{и}$ – восстановление АСО из состояния профилактического техобслуживания в исправное состояние.

Параметры переходов, которые связаны с состоянием АСО при проведении профилактического техобслуживания, для данного графа, приведены в табл. 2. Далее, на основании заданных параметров в табл. 2, проведем исследование данного графа.

4. Исследование влияния периодичности ПТО на готовность АСО

Для адаптации символьной информации в дифференциальных уравнениях исследуемой модели АСО в среде MATLAB выполняются следующие переобозначения:

- $P_и$ – P1; $P_{р}$ – P2; $P_{н}$ – P3; $P_{п}$ – P4;
- $P_{лт}$ – P5; $P_{пто}$ – P6; $\mu_{св}$ – μ_v .

Таблица 2

Параметры переходов графа состояний АСО с учетом профилактического техобслуживания

Состояние АСО	Переход	Параметр перехода	Диапазон изменения параметра
$S_{и}$	$S_{и} \rightarrow S_{пто}$	$\lambda_{пто}$	$10^{-1} \div 10^{-4}$
$S_{р}$	$S_{р} \rightarrow S_{пто}$		
$S_{пто}$	$S_{пто} \rightarrow S_{и}$	$\mu_{пто}$	1/5÷20 1/час
$S_{и}$	$S_{и} \rightarrow S_{р}$	λ_o	$10^{-2} \div 10^{-4}$
$S_{р}$	$S_{р} \rightarrow S_{и}$	μ_o	0,5; 1,0; 2,0 1/час
$S_{и}$	$S_{и} \rightarrow S_{лт}$	$\lambda_{лт}$	$10 \div 100 * \lambda_D$
$S_{р}$	$S_{р} \rightarrow S_{и}$	$\mu_{лт}$	1,0; 2,0; 4,0 1/час
$S_{пто}$	$S_{пто} \rightarrow S_{н}$	$\lambda_{н} * k_{п} * D_{н}$	$10^{-1} \div 10^{-2}$; $D_{н} \approx 0,6; 0,8; 0,9$; $k_{п} \approx 0,5; 0,8; 1,0$.
$S_{пто}$	$S_{пто} \rightarrow S_{п}$	$\lambda_{н} * (1 - k_{п} * D_{н})$	

Система дифференциальных уравнений для марковского графа с учетом ПТО. на рис. 3, имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} \frac{dP_1(t)}{dt} &= -(\lambda_{н}D_{н} + \lambda_{н}(1 - D_{н}) + \lambda_{лт} + \lambda_o + \lambda_{пто})P_1 + \mu_o P_2 + \mu_{н}k_{п}P_3 + \mu_v P_4 + \mu_{лт}P_5 + \mu_{пто}P_6, \\ \frac{dP_2(t)}{dt} &= -(\lambda_{н}k_o D_{н} + \lambda_{пто} + \mu_o + \lambda_{н}(1 - k_o D_{н}))P_2 + \lambda_o P_1, \\ \frac{dP_3(t)}{dt} &= -(\mu_{н}(1 - k_{п}) + \mu_{п}k_{п})P_3 + \lambda_{н}D_{н} P_1 + \lambda_{н}k_o D_{н} P_2 + \lambda_{н}k_{п}D_{н} P_5 + \lambda_{н}k_{п}D_{н} P_6, \\ \frac{dP_4(t)}{dt} &= -\mu_v P_4 + \lambda_{н}(1 - D_{н})P_1 + \lambda_{н}(1 - k_o D_{н}) \times P_2 + \mu_{н}(1 - k_{п})P_3 + \lambda_{н}(1 - k_{п}D_{н})P_5 + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &+ \lambda_{н}(1 - k_{п}D_{н})P_6, \\ \frac{dP_5(t)}{dt} &= -(\lambda_{н}(1 - k_{п}D_{н}) + \lambda_{п}k_{п}D_{н} + \mu_{лт})P_5 + \lambda_{лт}P_1, \\ \frac{dP_6(t)}{dt} &= -(\lambda_{н}(1 - k_{п}D_{н}) + \lambda_{п}k_{п}D_{н} + \mu_{пто})P_6 + \lambda_{пто} P_1 + \lambda_{пто}P_2. \end{aligned}$$

Используя составленную систему дифференциальных уравнений и значения параметров, приведенные в табл. 2, выбираются три варианта комбинаций параметров состояний переходов АСО:

- минимальные значения параметров переходов (качественные – 1);
- средние значения параметров (рабочие – 2);
- максимальные значения (близкие к предельно допустимым – 3).

Далее из табл. 3, составленной исходя из документа “Методические аспекты задания требований к антитеррористической защищенности объектов и оценки достаточности осуществляемых мероприятий защиты”[4], выбираются, для сравнения с результатами исследований, уровни 1, 3, 5.

Таблица 3
Рекомендуемые уровни защищенности объектов

Категория объекта охраны по степени потенциальной опасности	Требуемое значение показателя защищенности R_z (треб)
1	0,95
2	0,90
3	0,8
4	0,7
5	0,5

В данном случае для сравнения полученных результатов, показатели защищенности R_z , приведенные в табл. 3, принимаются как вероятности готовности АСО R_i .

При исследовании СДУ получены численные результаты, которые приведены в табл. 4. График вероятностей состояний АСО $R_{пто}$ представлен на рис. 4.

Для исследования зависимости нахождения АСО в состоянии готовности R_i , от интенсивности проведения профилактического техобслуживания $\lambda_{пто}$, выбран диапазон изменения $\lambda_{пто} = 0,1 \div 0,00011/ч$ и средних значениях параметров элементов АСО. График зависимости готовности АСО от интенсивности профилактического техобслуживания на рис. 5 показывает, что существует некий уровень интенсивности проведения ПТО $\lambda_{пто}$, при котором готовность АСО будет максимальной. Для данного случая $\lambda_{пто} = 0,003 1/ч$.

Таблица 4
Вероятности состояний АСО с учетом ПТО

Комбинации параметров	Вероятности состояний АСО			
	РИ	РН	РП	РПТО
1	0,8488	0,0045	0,0050	0,1415
2	0,5557	0,0282	0,2300	0,1854
3	0,2536	0,0359	0,6188	0,0857

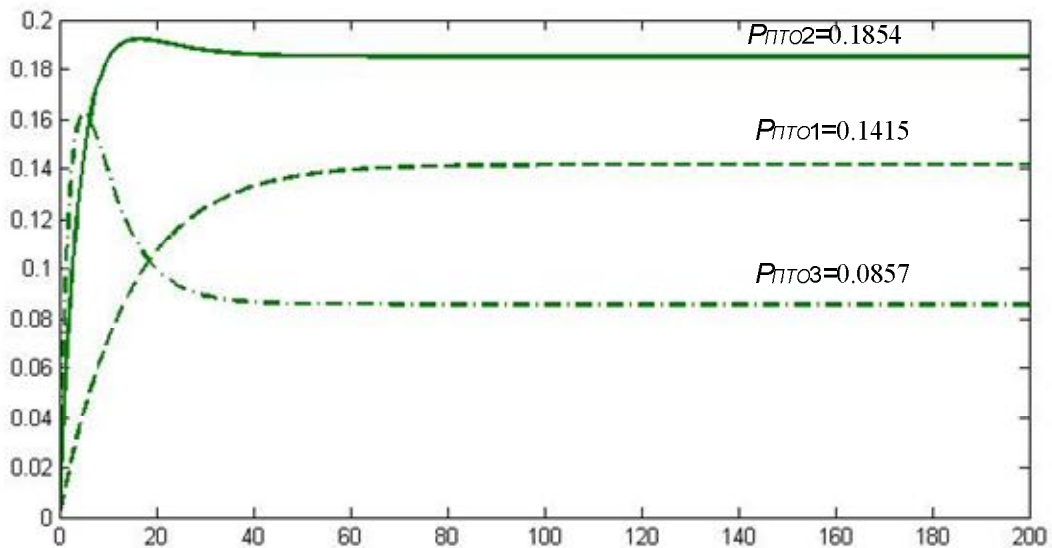


Рис. 4. График вероятности нахождения АСО в состоянии профилактического техобслуживания

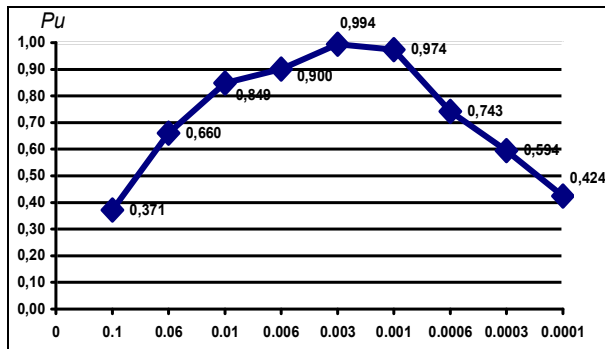


Рис. 5. Графік залежності готовності АСО від інтенсивності профілактичного техобслуговування

Выводы

Исследования показали, что интенсивность проведения ПТО существенно влияет на надежные показатели АСО, а варьированием показателя интенсивности ПТО можно улучшить или ухудшить уро-

вень защищенности объекта безопасности при постоянных значениях параметров элементов АСО.

Литература

1. Гарсия, М. Проектирование и оценка систем физической защиты [Текст] / М. Гарсия. – М.: Мир. – 2003. – 386 с.
2. Коваленко, Н.С. Анализ нижних звеньев интегрированных систем объектовой безопасности [Текст] / Н.С. Коваленко // Збірник наукових праць Харківського університету повітряних сил ім. Івана Кожедуба. – Х.: ХУПС, 2007. – Вип. 1(13). – С. 60–62.
3. Коваленко, Н.С. Модели автоматизированных систем периметровой охраны объектов с "пассивным" нарушителем [Текст] / Н.С. Коваленко, В.С. Харченко // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2010. – № 6. – С. 330–338.
4. Радаев, Н.Н. Террористическая угроза: количественная оценка для конкретного объекта [Текст] / Н.Н. Радаев // Вопросы анализа риска. – 2007. – № 3. – С. 34–39.

Поступила в редакцию 12.04.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф., проф. кафедры В.А. Краснобаев, Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П. Василенко, Харьков, Украина.

ВПЛИВ ІНТЕНСИВНОСТІ ПРОВЕДЕННЯ ПРОФІЛАКТИЧНОГО ТЕХОБСЛУГОВУВАННЯ НА ГОТОВНІСТЬ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ ОХОРОНИ

М.С. Коваленко, Алаа Мохаммед Абдул-Хаді, В.С. Харченко

Проведено аналіз функцій автоматизованих систем охорони (АСО) та моделей порушника. Розроблена методика дослідження математичних моделей готовності АСО. Проведено дослідження моделі АСО з врахуванням стану профілактичного техобслуговування (ПТО). Одержані чисельні значення готовності АСО залежно від зміни інтенсивності виконання ПТО. Проведено порівняльний аналіз одержаних результатів з прийнятими рівнями захищеності об'єктів безпеки. Різнобічна діяльність людей, спрямована на задоволення зростаючих потреб в різних матеріальних та інформаційних ресурсах часто вступає в протиріччя з найважливішою, природною потребою в безпеці.

Ключові слова: автоматизована система охорони, інтенсивність ПТО, рівень захищеності об'єкту, марківський граф готовності АСО.

THE INFLUENCE OF INTENSITY OF PROPHYLACTIC MAINTENANCE ON THE READINESS OF AUTOMATED SECURITY SYSTEMS

N.S. Kovalenko, Alaa Mohammed Abdul-Hadi, V.S. Kharchenko

The functionality of automated security systems (ASS) and models of the offender are analyzed. A technique of the mathematical models ASS availability development is suggested. The model of ASS availability taking into account preventive maintenance (PM) is researched. The numerical simulation of ASS availability depending on PM rate changes is carried out. A comparative analysis of the obtained results with accepted levels of facilities security was done. Diverse human activities aimed at meeting the growing needs in a variety of material and information resources are often at odds with the most important, the natural need for security.

Key words: automated security system, preventive maintenance, Markov's graph, availability.

Коваленко Николай Сергеевич – старший преподаватель кафедры компьютерных систем и сетей Бердянского государственного педагогического университета, Бердянск, Украина.

Абдул-Хаді Алаа Мохаммед – аспирант кафедры компьютерных систем и сетей Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.

Харченко Вячеслав Сергеевич – заслуженный изобретатель Украины, профессор, д-р техн. наук, заведующий кафедрой компьютерных систем и сетей Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.