
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА И УПРАВЛЕНИЯ

УДК 654.924

ЛОГИКО-ВЕРОЯТНОСТНОЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ

В. А. Дурденко, А. А. Рогожин, Б. О. Баторов

Воронежский институт инновационных систем

Воронежский институт МВД России

УВО по г. Улан-Удэ – филиал ФГКУ УВО ГУ МВД России по республике Бурятия

Поступила в редакцию 21.01.2014 г.

Аннотация. В публикации описана схема функциональной целостности системы контроля и управления доступом заданного объекта. Даны описания разработанных логической и вероятностной математических моделей работоспособного состояния системы контроля и управления доступом, а также приведены результаты расчета показателей надежности системы. Описаны роль коэффициента готовности, положительные и отрицательные вклады всех элементов в общую надежность.

Ключевые слова: система контроля и управления доступом, оценка надежности, логические и вероятностные математические модели, коэффициент готовности, схема функциональной целостности.

Annotation. The publication describes functional integrity pattern of the Monitoring and Access Control System of a target object. The descriptions of the developed logical and probabilistic mathematical models of Monitoring and Access Control System operational state are presented as well as the results of calculating of the System reliability indexes. The importance of availability factor along with positive and negative inputs into cumulative reliability is discussed.

Keywords: Monitoring and Access Control System, estimated reliability, logical and probabilistic mathematical models, availability factor, functional integrity pattern.

ВВЕДЕНИЕ

На стадии проектирования систем безопасности объектов возникает вопрос оценки их надежности, в том числе при проектировании систем контроля и управления доступом (СКУД) [1].

При разработке математической модели оценки надежности системы контроля и управления доступом (СКУД) будет использована единая методика общего логико-вероятностного метода моделирования (ОЛВМ) [2], которая характеризуется следующими основными этапами:

- анализ исходных данных для моделирования;
- определение структурной схемы СКУД для формализованной постановки задачи моделирования оценки ее надежности и определение исходных данных (вероятностных, временных параметров элементов СКУД);
- принятие и формулировка основных ограничений и допущений;
- формирование перечня оцениваемых показателей надежности СКУД;
- формализованная постановка задачи моделирования и расчета, включающая в себя разработку структурно-логической модели (схемы функциональной целостности –

© Дурденко В. А., Рогожин А. А., Баторов Б. О., 2014

СФЦ) СКУД и задание логического критерия ее функционирования (ЛКФ);

– построение логической математической модели (логической функции) работоспособности СКУД (прямой подход) с помощью программного комплекса «АРБИТР» [3];

– построение расчетной вероятностной модели, позволяющей количественно оценить исследуемое свойство надежности СКУД, с помощью программного комплекса «АРБИТР»;

– расчет оцениваемых показателей надежности с помощью программного комплекса «АРБИТР», анализ полученных данных.

Подобные работы по оценке надежности проводились авторами применительно к интегрированным системам безопасности и системам охранного телевизионного, что подтверждается соответствующими публикациями [4–7], однако актуальным является применение ОЛВМ системного анализа к оценке надежности СКУД как к отдельному классу технических систем безопасности.

1. АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

На рис. 1 изображена фотография заданного объекта – территория Изобильненского линейного производственного управления магистральных газопроводов (ЛПУМГ) с ука-

занием предполагаемых точек доступа.

Оценке надежности подлежит СКУД Изобильненского ЛПУМГ, структурная схема которой приведена на рис. 2. Условные графические обозначения использованы согласно РД 78.36.002-2010.

В такой структуре СКУД состояние работоспособности оборудования точек доступа обеспечивается бесперебойным электропитанием с помощью соответствующих источников и аккумуляторных батарей.

Для реализации СКУД на территории ЛПУМГ предлагается использовать следующий набор оборудования (см. табл. 1).

Для последующего моделирования данной системы необходимо сформулировать логический критерий функционирования (ЛКФ) СКУД, т.е. при каких условиях СКУД выполняет целевую функцию.

Объективно ЛКФ СКУД интерпретируется следующим образом: СКУД выполняет свою целевую функцию, т.е. СКУД работоспособна, когда работоспособны все ее элементы без исключения. Только при таком «жестком» ЛКФ возможна реализация целевой функции по ограничению, разграничению, контролю и управлению доступом во все защищаемые зоны объекта, т.е. достигается самый высокий уровень эффективности работы СКУД.

2. ОСНОВНЫЕ ОГРАНИЧЕНИЯ

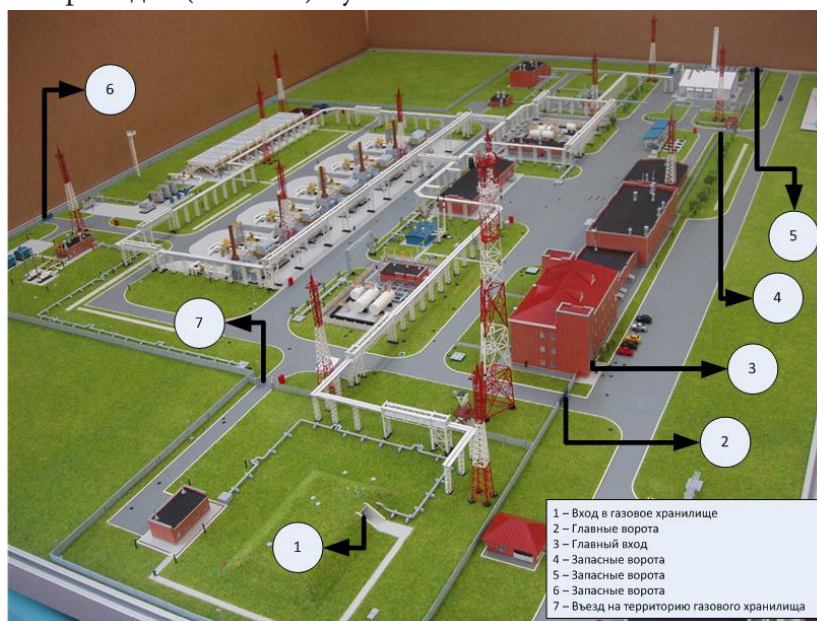


Рис. 1. Территория Изобильненского ЛПУМГ с указанием предполагаемых точек доступа

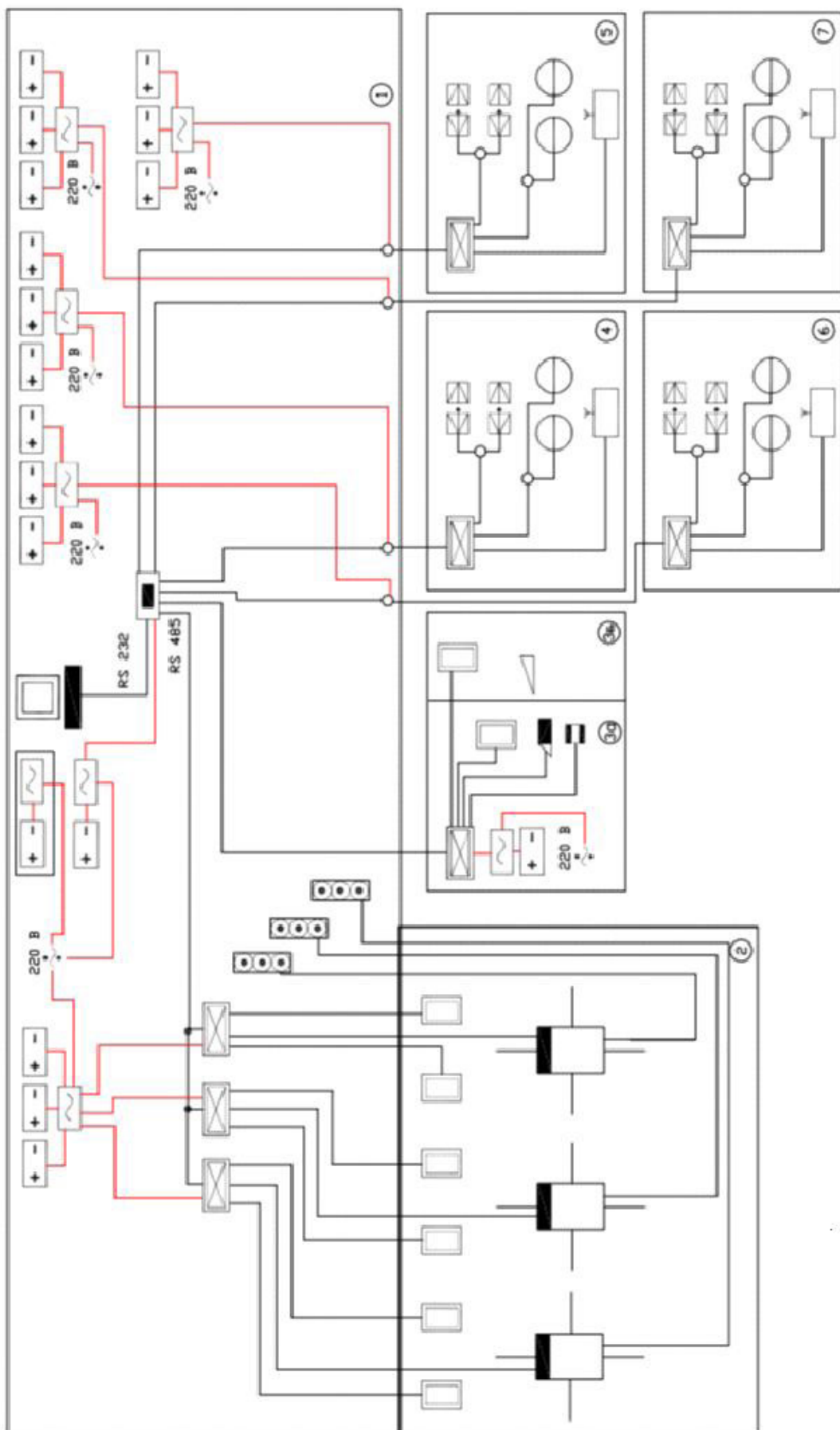


Рис. 2. Структурная схема универсальной СКУД Изобильненского ЛПУМГ

Описание оборудования СКУД ЛПУМГ

№ п/п	Наименование оборудования	Количество, шт.	Время наработки на отказ, час (не менее)	Время восстановления, час
1.	ПКУ «С2000»	1	20000	6
2.	Контроллер доступа «С2000-2»	8	20000	6
3.	Считыватель «Проху-3М»	8	60000	6
4.	Электромагнитный замок «GL-1200»	1	100000	6
5.	Привод CAME FAST F7000	8	100000	6
6.	Турникет-трипод PERCO-TTR-04CW-24	1	30000	6
7.	Извещатель магнитоконтактный «ИО 102-20»	1	500000	6
8.	АКБ «Delta DT 1212»	2	10000	6
9.	ИБС SKAT-1200Д исп.1	4	20000	7
10.	Блок управления с платой радиоприемника ZA3N	4	30000	6
11.	ИБС SKAT-UPS 1000	5	20000	1
12.	Процессор Aser серии Aspire M	1	15000	6
13.	Монитор Aser серии Design	1	50000	6
14.	«РЕЛЬЕФ» – извещатель охранный двухпроводный радиоволновый линейный	8	60000	6

И ДОПУЩЕНИЯ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ СКУД

При моделировании оценки надежности СКУД приняты следующие ограничения и допущения:

– Независимость отказов всех элементов СКУД. Отказы отдельных элементов возникают по причинам их естественного старения, что обычно не зависит от состояний других элементов системы. Поэтому данное допущение для проектной оценки надежности СКУД может быть принято.

– Все структурные элементы в СКУД восстанавливаются. Неограниченность процессов восстановления отказавших элементов. Это означает, что в процессе эксплуатации СКУД восстановление элементов начинается сразу после момента их отказа и осущест-

вляется с постоянной интенсивностью, независимо от числа одновременно отказавших элементов в системе. Это положение допустимо, поскольку в проектируемой СКУД все элементы высоконадежные, а интенсивности их восстановления на много порядков выше интенсивности отказов. В этом случае одновременный отказ двух и более элементов на небольшом интервале времени восстановления крайне маловероятен и им можно пренебречь. Следовательно, независимость и неограниченность восстановлений отказавших элементов в проектируемой СКУД обеспечивается даже небольшим количеством обслуживающего персонала.

– В расчетах считается, что случайные величины времени безотказной работы и времени восстановления всех элементов СКУД распределены по экспоненциальному закону. Для простых элементов (без собственного

внутреннего резервирования) эти допущения вполне приемлемы.

– Все средства подключения резервных элементов (если таковые имеются) и кабельные изделия считаются абсолютно надежными. Это положение считается допустимым, поскольку в проектируемой СКУД все функции переключения резервов относительно простые.

– Допускается, что изменение показателей надежности некоторых элементов не оказывает существенного влияния на надежность всей СКУД.

– СКУД функционирует в безоператорном режиме.

3. ФОРМИРОВАНИЕ ПЕРЕЧНЯ ОЦЕНИВАЕМЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ СКУД

В качестве оцениваемых показателей надежности СКУД предлагается определить (промоделировать и рассчитать):

1. Комплексный показатель – коэффициент готовности (K_G) к выполнению целевой функции.

В соответствии с ГОСТ Р 53704-2009 объективным показателем надежности как технических подсистем типа СКУД так и интегрированных систем безопасности (ИСБ) в целом является комплексный показатель – коэффициент готовности (K_G) к выполнению возложенных целевых функций по противокриминальной и антитеррористической защите объектов:

$$K_G = \frac{T_0}{T_0 + T_B}, \quad (1)$$

где T_0 – контрольное время обеспечения работоспособности СКУД, ч;

T_B – активное время восстановления работоспособности СКУД после отказа(ов) (без учета подготовительно-заключительного времени), ч.

Следовательно, для проектной оценки надежности СКУД можно обоснованно рассчитывать K_G СКУД и сравнивать с регламенти-

рованным ГОСТ Р 53704-2009 значением $K_G = 0,93$.

2. Характеристики значимостей ξ_i элементов в «общей надежности» СКУД (значимость показателя надежности элемента для общего показателя надежности СКУД в целом). Величина ξ_i отдельного элемента i точно равна изменению значения системной надежности характеристике $P_{СКУД}$ (в нашем случае – коэффициента готовности $K_{Г СКУД}$) вследствие изменения собственного вероятностного параметра P_i от 0 до 1, и фиксированных значениях параметров всех других элементов СКУД.

Определяются значимости ξ_i отдельных элементов i СКУД следующим образом:

$$\xi_i = \frac{P_{СКУД}}{P_i = 1} - \frac{P_{СКУД}}{P_i = 0}; \quad i = 1, 2, \dots, H, \quad (2)$$

где $\frac{P_{СКУД}}{P_i = 1}$ – значение вероятностной характеристики – коэффициента готовности СКУД при абсолютной надежности элемента i (т.е. при $K_{Г_i} = 1$); $\frac{P_{СКУД}}{P_i = 0}$ – значение вероятностной характеристики СКУД при достоверном отказе элемента i на рассматриваемом интервале t времени функционирования (т.е. при $K_{Г_i} = 0$).

Вычисление характеристик значимости может выполняться двумя способами. Непосредственное вычисление по формуле (2) является универсальным, но предполагает двойной расчет системной характеристики $P_i = 1$ по многочлену ВФ, сначала при $P_i = 1$, затем при $P_i = 0$. Вычитая из первого результата второй, получаем искомую характеристику значимости элемента.

Для случая, когда процессы отказов (или отказов и восстановлений) всех элементов СКУД являются независимыми в совокупности, значимости (2) элементов СКУД равны соответствующим частным производным [2]:

$$\xi_i = \frac{\partial P_{СКУД}}{\partial P_i}, \quad i = 1, 2, \dots, H. \quad (3)$$

3. Положительные β_i^+ и отрицательные β_i^- вклады элементов в комплексный показатель – коэффициент готовности $K_{Г СКУД}$.

Наряду с характеристиками значимости, в ОЛВМ системного анализа систем, все большее применение начинают находить показатели положительного β_i^+ и отрицательного β_i^- вкладов их элементов, $i = 1, 2, \dots, H$. Дело в том, что показатель значимости ξ_i , по определению, не зависит от текущего значения собственного параметра P_i данного элемента и характеризует влияние на систему только теоретического, максимального, предельно возможного изменения этого параметра от 0 до 1. Однако, реальные возможности изменения собственного параметра элемента могут быть только от текущего значения P_i до 1, и от текущего значения P_i до 0. Поэтому, характеристики вкладов β_i^+ и β_i^- должны определять: на сколько изменится системный показатель надежности $P_{СКУД}$ при указанных изменениях параметра P_i элемента i исследуемой системы. Основные расчетные формулы определения вкладов элементов следующие:

$$\beta_i^+ = \frac{P_{СКУД}}{P_i = 1} - P_{СКУД}, \quad (4)$$

$$\beta_i^- = -\left(P_{СКУД} - \frac{P_{СКУД}}{P_i = 0} \right), \quad i = 1, 2, \dots, H. \quad (5)$$

Во всех показателях роли элементов положительные значения характеристик означают увеличение $P_{СКУД}$ при соответствующих изменениях P_i :

- от 0 до 1 – для ξ_i ;
- от P_i до 1 – для β_i^+ ;
- от P_i до 0 – для β_i^- и наоборот.

При независимости отказов элементов вычисления β_i^+ и β_i^- могут выполняться по формулам (6) и (7):

$$\beta_i^+ = (1 - P_i) \xi_i, \quad (6)$$

$$\beta_i^- = -P_i \xi_i. \quad (7)$$

Из (2), (4), (5) и (6), (7) можно получить следующую формулу:

$$\xi_i = \beta_i^+ - \beta_i^-. \quad (8)$$

Из последнего видно, что вклады элементов представляют собой доли значимостей, пропорциональные значениям P_i и $1 - P_i$.

Для анализа СКУД в целях повышения ее надежности наиболее информативной представляется характеристика положительного вклада элементов. Она представляет те, реальные возможности по изменению параметров элементов, которые могут оказать наиболее существенное практическое влияние на увеличение надежности исследуемой СКУД в целом. Например, если P_i близка к 1, то даже при большой значимости этого элемента его реальный вклад в увеличение основного показателя надежности системы может оказаться крайне незначительным, что и покажет β_i^+ .

4. РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНО-ЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ (СХЕМЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЦЕЛОСТНОСТИ) СКУД ИЗОБИЛЬНЕНСКОГО ЛПУМГ

Структурно-логическая модель – СФЦ – своеобразная знаковая система, графический язык записи формализованных знаний человека о составе и условиях функционирования элементов в исследуемой системе [2]. С одной стороны, этот язык является относительно простым и удобным для разработчика модели и пользователя. С другой стороны, аппарат СФЦ является формальным, т.е. математически строгим, что позволяет достаточно точно представлять в структурной модели все существенные логические связи, отношения и зависимости, обеспечивающие адекватность СФЦ моделируемой системе. В математическом смысле СФЦ – это строгие знания, позволяющие определить состояния системы, в которых она выполняет, и состояния, в которых она не выполняет свое функциональное назначение. Методика построения, изобразительные средства построения и основные фрагменты СФЦ представлены в пособии.

Итак, разрабатываемая СФЦ должна однозначно определять либо работоспособное состояние СКУД (прямой подход), либо состояние ее отказа (обратный подход). В статье будет использован прямой подход к оценке надежности СКУД, т.е. в соответствующей СФЦ СКУД будут использованы элементы, обеспечивающие и влияющие на выполнение

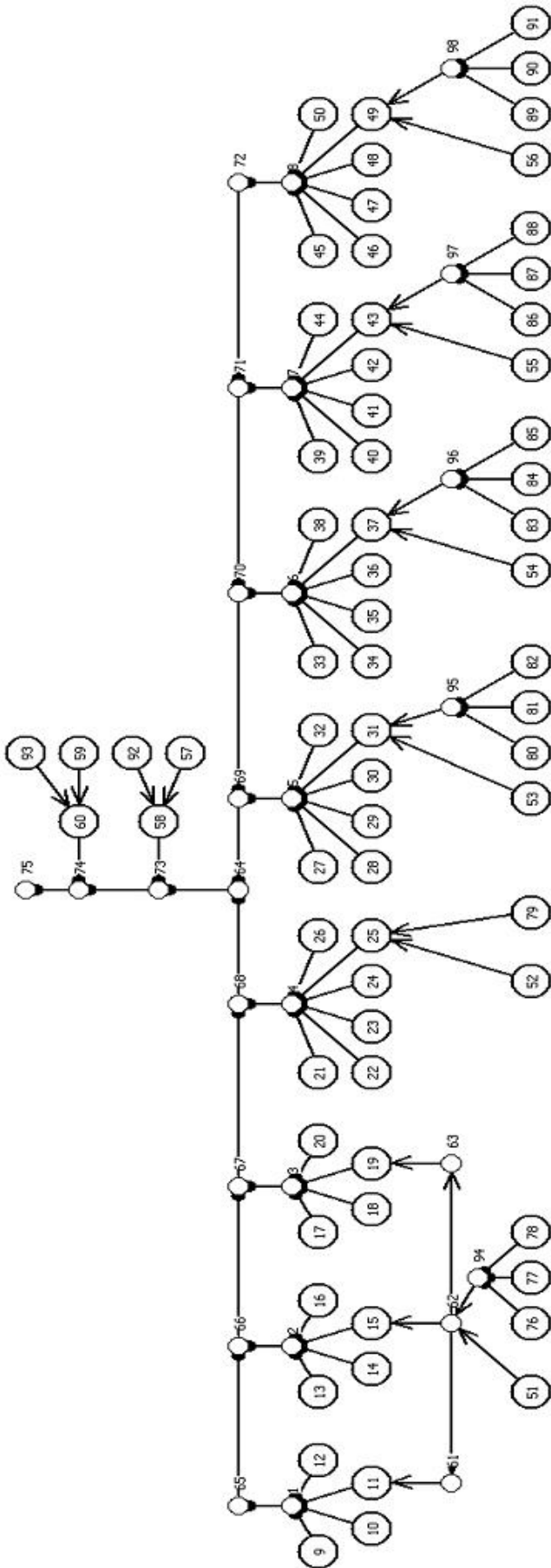


Рис. 3. СФЦ СКУД для моделирования $K_{ГСКУД}$ при заданном ЛКФ

целевой функции СКУД, характеризующие работоспособность СКУД.

Для этого необходимо выделить из вербально-графического описания СКУД, приведенного на рис. 2 и в табл. 1, конечное число элементарных бинарных событий, их точное смысловое описание и отображение в СФЦ функциональными вершинами. Все эти бинарные события должны быть параметрически определимы и в совокупности, с достаточной (согласно принятым допущениям и ограничений) точностью, структурно представлять моделируемое свойство надежности СКУД, а именно коэффициент готовности СКУД к выполнению целевой функции.

Для восстанавливаемых элементов СКУД в СФЦ (структурных элементов или технических средств СКУД) задается среднее время наработки на отказ T_{CP_i} , [час] и среднее время восстановления T_B , [час] (табл. 2).

Для разработанной структуры СКУД Изобильненского ЛПУМГ с учетом принятого ЛКФ, число элементов в СФЦ СКУД составит – $H = 70$.

Логическая функция сформулированного ЛКФ будет выглядеть следующим образом:

$$ЛКФ = y75, \quad (10)$$

где $y75$ – это фиктивная вершина СФЦ, характеризующая выполнение СКУД своей целевой функции (состояние безотказности / отказа).

В результате ввода исходных данных в ПК «АРБИТР» получена СФЦ СКУД заданной конфигурации для моделирования и расчета коэффициента готовности $K_{Г СКУД}$ при заданном ЛКФ, которая показана на рис. 3.

Используя разработанную СФЦ и задав параметры надежности элементов, возможно дальнейшее моделирование и расчет оцениваемых показателей надежности СКУД.

4.1. Разработка логической модели функционирования СКУД

В результате применения технологии автоматизированного структурно-логического моделирования в ПК «АРБИТР» получена логическая функция работоспособности СКУД

для моделирования и расчета коэффициента готовности $K_{Г СКУД}$, которая с учетом заданного ЛКФ состоит из 256 конъюнкций и не приводится в статье ввиду большого объема.

В полученной логической модели описание бинарных событий $X_i = i$ приведено в табл. 2.

4.2. Разработка вероятностной модели функционирования СКУД

В результате автоматизированного моделирования в ПК «АРБИТР» преобразована из логической (с помощью специального графо-аналитического метода) и получена расчетная вероятностная модель функционирования (работоспособности) СКУД для расчета коэффициента готовности $K_{Г СКУД}$ с учетом заданного ЛКФ, которая состоит из 256 одночленов и не приводится в статье ввиду большого объема.

В полученной вероятностной модели P_i – это значение собственного вероятностного показателя надежности элемента i , в нашем случае, – $P_i = K_{Г_i}$ элементов. Значения $P_i = K_{Г_i}$ элементов представлены в табл. 2.

Подставив вероятностные показатели надежности элементов в полученные расчетные вероятностные модели всегда можно вычислить нужный системный показатель надежности СКУД, в нашем случае $K_{Г СКУД}$. И, соответственно, количественно оценить надежность СКУД на стадии проектирования.

4.3. Расчет оцениваемых показателей надежности СКУД

В табл. 2 сведены вероятностно-временные показатели надежности элементов СФЦ СКУД. Так как СКУД является полностью восстанавливаемой системой, для структурных элементов СКУД также задается время восстановления T_B из отказа в работоспособное состояние.

Результаты расчетов оцениваемых показателей надежности СКУД.

Параметры СФЦ СКУД:

Результаты расчета показателей надежности элементов СФЦ СКУД
при заданном ЛКФ в ПК «АРБИТР»

№ элемента i СФЦ	$P_i = K_{Г_i}$	Значимость ξ_i	Отрицательный β_i^+	Положительный β_i^-	Наименование элемента СФЦ	№ точки доступа
1	2	3	4	5	6	7
1.	0,9999	0,99396	0,99386	$9,9376 \cdot 10^{-5}$	Безотказность считывателя Проху-3М	1
2.	0,9999	0,99396	-0,99386	$9,9376 \cdot 10^{-5}$	Безотказность считывателя Проху-3М	
3.	0,9997	0,99416	-0,99386	0,00029856	Безотказность контроллера С2000-2	
4.	0,9998	0,99406	-0,99386	0,00019904	Безотказность турникета	
5.	0,9999	0,99396	-0,99386	$9,9376 \cdot 10^{-5}$	Безотказность считывателя Проху-3М	2
6.	0,9999	0,99396	-0,99386	$9,9376 \cdot 10^{-5}$	Безотказность считывателя Проху-3М	
7.	0,9997	0,99416	-0,99386	0,00029856	Безотказность контроллера С2000-2	
8.	0,9998	0,99406	-0,99386	0,00019904	Безотказность турникета	
9.	0,9999	0,99396	-0,99386	$9,9376 \cdot 10^{-5}$	Безотказность считывателя Проху-3М	3
10.	0,9999	0,99396	-0,99386	$9,9376 \cdot 10^{-5}$	Безотказность считывателя Проху-3М	
11.	0,9997	0,99416	-0,99386	0,00029856	Безотказность контроллера С2000-2	
12.	0,9998	0,99406	-0,99386	0,00019904	Безотказность турникета	
13.	0,9999	0,99396	-0,99386	$9,9376 \cdot 10^{-5}$	Безотказность считывателя Проху-3М	4
14.	0,9999	0,99396	-0,99386	$9,9376 \cdot 10^{-5}$	Безотказность считывателя Проху-3М	
15.	0,99994	0,99392	-0,99386	$5,966 \cdot 10^{-5}$	Безотказность электромагнитного замка	
16.	0,99999	0,99387	-0,99386	$1,1943 \cdot 10^{-5}$	Безотказность датчика прохода (СМК)	
17.	0,9997	0,99416	-0,99386	0,00029856	Безотказность контроллера С2000-2	5
18.	0,9999	0,99396	-0,99386	$9,9376 \cdot 10^{-5}$	Безотказность доводчика	
19.	0,9999	0,99396	-0,99386	$9,9376 \cdot 10^{-5}$	Безотказность датчика прохода «РЕЛЬЕФ»	
20.	0,9999	0,99396	-0,99386	$9,9376 \cdot 10^{-5}$	Безотказность датчика прохода «РЕЛЬЕФ»	
21.	0,99994	0,99392	-0,99386	$5,966 \cdot 10^{-5}$	Безотказность электропривода «САМЕ»	6
22.	0,99994	0,99392	-0,99386	$5,966 \cdot 10^{-5}$	Безотказность электропривода «САМЕ»	
23.	0,9997	0,99416	-0,99386	0,00029856	Безотказность контроллера С2000-2	
24.	0,9999	0,99396	-0,99386	$9,9376 \cdot 10^{-5}$	Безотказность блока управления РПУ	
25.	0,9999	0,99396	-0,99386	$9,9376 \cdot 10^{-5}$	Безотказность датчика прохода «РЕЛЬЕФ»	7
26.	0,9999	0,99396	-0,99386	$9,9376 \cdot 10^{-5}$	Безотказность датчика прохода «РЕЛЬЕФ»	
27.	0,99994	0,99392	-0,99386	$5,966 \cdot 10^{-5}$	Безотказность электропривода «САМЕ»	
28.	0,99994	0,99392	-0,99386	$5,966 \cdot 10^{-5}$	Безотказность электропривода «САМЕ»	
29.	0,9997	0,99416	-0,99386	0,00029856	Безотказность контроллера С2000-2	7
30.	0,9999	0,99396	-0,99386	$9,9376 \cdot 10^{-5}$	Безотказность блока управления РПУ	
31.	0,9999	0,99396	-0,99386	$9,9376 \cdot 10^{-5}$	Безотказность датчика прохода «РЕЛЬЕФ»	
32.	0,9999	0,99396	-0,99386	$9,9376 \cdot 10^{-5}$	Безотказность датчика прохода «РЕЛЬЕФ»	
33.	0,99994	0,99392	-0,99386	$5,966 \cdot 10^{-5}$	Безотказность электропривода «САМЕ»	7
34.	0,99994	0,99392	-0,99386	$5,966 \cdot 10^{-5}$	Безотказность электропривода «САМЕ»	

1	2	3	4	5	6	7
35.	0,9997	0,99416	-0,99386	0,00029856	Безотказность контроллера С2000-2	7
36.	0,9999	0,99396	-0,99386	$9,9376 \cdot 10^{-5}$	Безотказность блока управления РПУ	
37.	0,9999	0,99396	-0,99386	$9,9376 \cdot 10^{-5}$	Безотказность датчика прохода «РЕЛЬЕФ»	8
38.	0,9999	0,99396	-0,99386	$9,9376 \cdot 10^{-5}$	Безотказность датчика прохода «РЕЛЬЕФ»	
39.	0,99994	0,99392	-0,99386	$5,966 \cdot 10^{-5}$	Безотказность электропривода «САМЕ»	
40.	0,99994	0,99392	-0,99386	$5,966 \cdot 10^{-5}$	Безотказность электропривода «САМЕ»	
41.	0,9999	0,99396	-0,99386	$9,9376 \cdot 10^{-5}$	Безотказность контроллера С2000-2	
42.	0,9999	0,99396	-0,99386	$9,9376 \cdot 10^{-5}$	Безотказность блока управления РПУ	
43.	0,9997	0,00059677	-0,00059659	$1,7922 \cdot 10^{-7}$	Безотказность ИБП СКАТ-1200Д исп.1	
44.	0,9997	0,00059677	-0,00059659	$1,7922 \cdot 10^{-7}$	Безотказность ИБП СКАТ-1200Д исп.1	
45.	0,9997	0,00059677	-0,00059659	$1,7922 \cdot 10^{-7}$	Безотказность ИБП СКАТ-1200Д исп.1	
46.	0,9997	0,00059677	-0,00059659	$1,7922 \cdot 10^{-7}$	Безотказность ИБП СКАТ-1200Д исп.1	
47.	0,9997	0,00059677	-0,00059659	$1,7922 \cdot 10^{-7}$	Безотказность ИБП СКАТ-1200Д исп.1	
48.	0,9997	0,00059677	-0,00059659	$1,7922 \cdot 10^{-7}$	Безотказность ИБП СКАТ-1200Д исп.1	
49.	0,9997	0,00059677	-0,00059659	$1,7922 \cdot 10^{-7}$	Безотказность ИБП СКАТ-1200Д исп.1	
50.	0,9997	0,00059677	-0,00059659	$1,7922 \cdot 10^{-7}$	Безотказность ПКУ «С2000»	
51.	0,9997	0,00059677	-0,00059659	$1,7922 \cdot 10^{-7}$	Безотказность ИБП СКАТ-UPS 1000	
52.	0,9996	0,99426	-0,99386	0,00039809	Безотказность серверного ПК СКУД	
53.	0,9994	0,00029847	-0,0002983	$1,7922 \cdot 10^{-7}$	Безотказность АКБ «Delta DT 1212»	
54.	0,9994	0,00029847	-0,0002983	$1,7922 \cdot 10^{-7}$	Безотказность АКБ «Delta DT 1212»	
55.	0,9994	0,00029847	-0,0002983	$1,7922 \cdot 10^{-7}$	Безотказность АКБ «Delta DT 1212»	
56.	0,9994	0,00029847	-0,0002983	$1,7922 \cdot 10^{-7}$	Безотказность АКБ «Delta DT 1212»	
57.	0,9994	0,00029847	-0,0002983	$1,7922 \cdot 10^{-7}$	Безотказность АКБ «Delta DT 1212»	
58.	0,9994	0,00029847	-0,0002983	$1,7922 \cdot 10^{-7}$	Безотказность АКБ «Delta DT 1212»	
59.	0,9994	0,00029847	-0,0002983	$1,7922 \cdot 10^{-7}$	Безотказность АКБ «Delta DT 1212»	
60.	0,9994	0,00029847	-0,0002983	$1,7922 \cdot 10^{-7}$	Безотказность АКБ «Delta DT 1212»	
61.	0,9994	0,00029847	-0,0002983	$1,7922 \cdot 10^{-7}$	Безотказность АКБ «Delta DT 1212»	
62.	0,9994	0,00029847	-0,0002983	$1,7922 \cdot 10^{-7}$	Безотказность АКБ «Delta DT 1212»	
63.	0,9994	0,00029847	-0,0002983	$1,7922 \cdot 10^{-7}$	Безотказность АКБ «Delta DT 1212»	
64.	0,9994	0,00029847	-0,0002983	$1,7922 \cdot 10^{-7}$	Безотказность АКБ «Delta DT 1212»	
65.	0,9994	0,00029847	-0,0002983	$1,7922 \cdot 10^{-7}$	Безотказность АКБ «Delta DT 1212»	
66.	0,9994	0,00029847	-0,0002983	$1,7922 \cdot 10^{-7}$	Безотказность АКБ «Delta DT 1212»	
67.	0,9994	0,00029847	-0,0002983	$1,7922 \cdot 10^{-7}$	Безотказность АКБ «Delta DT 1212»	
68.	0,9994	0,00029847	-0,0002983	$1,7922 \cdot 10^{-7}$	Безотказность АКБ «Delta DT 1212»	
69.	0,9994	0,00029847	-0,0002983	$1,7922 \cdot 10^{-7}$	Безотказность АКБ «Delta DT 1212»	
70.	0,9994	0,00029847	-0,0002983	$1,7922 \cdot 10^{-7}$	Безотказность АКБ «Delta DT 1212»	

Число вершин – $N = 98$ (функциональные и фиктивные-вспомогательные).

Число элементов – $H = 70$ (функциональные).

С помощью ПК «АРБИТР» при заданном ЛКФ был рассчитан основной показатель надежности – коэффициент готовности $K_{Г\text{СКУД}}$ к выполнению целевой функции, а также другие важные показатели надежности СКУД:

$K_{Г\text{СКУД}} = 0,9938$ – коэффициент готовности СКУД.

$T_{\text{ОКУД}} = 973$ час (0,1111 год) – средняя наработка на отказ СКУД.

$T_{\text{ВКУД}} = 6,01474$ час – среднее время восстановления СКУД.

$W_{\text{СКУД}} = 8,998236$ – частота (средняя интенсивность) отказов (1/год) СКУД.

Q_c (8760 ч) = 0,999876 – приближенная вероятность отказа СКУД в течение 1 года.

Результаты расчета показателей надежности и значимостей элементов СФЦ СКУД сведены в табл. 2.

Графическое представление полученных данных отображено на рис. 4–5.

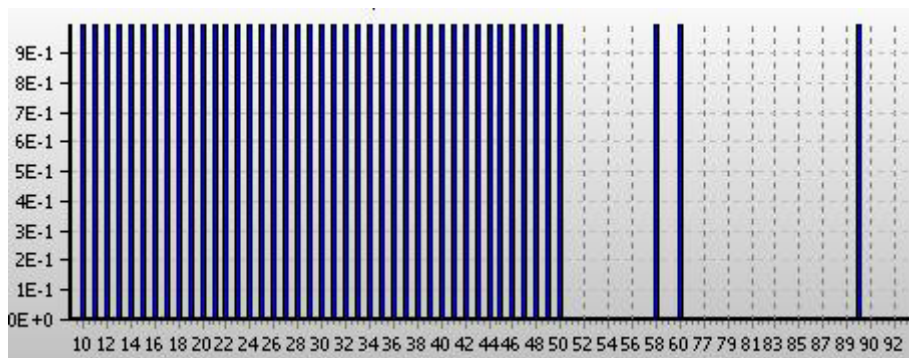


Рис. 4. Диаграмма значимостей элементов СКУД для $K_{Г\text{СКУД}}$

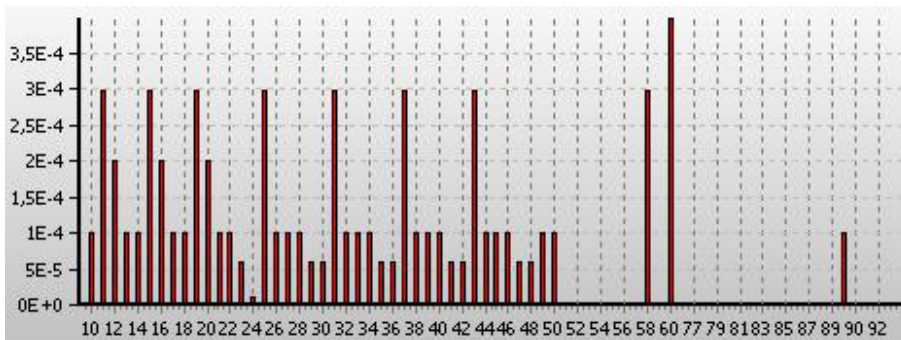


Рис. 5. Диаграмма положительных вкладов элементов СКУД в $K_{Г\text{СКУД}}$

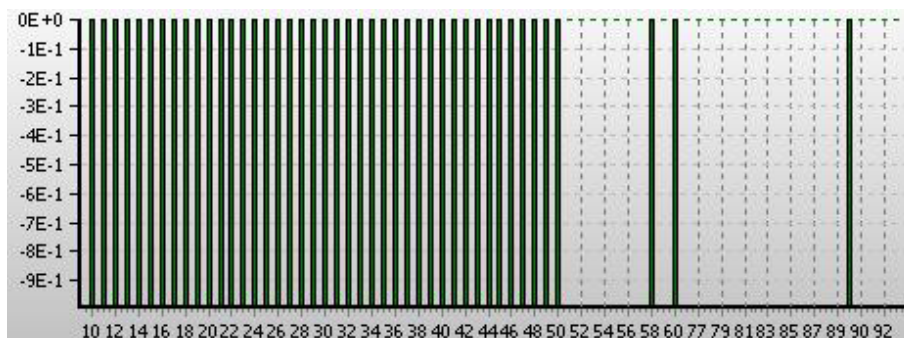


Рис. 6. Диаграмма отрицательных вкладов элементов СКУД в $K_{Г\text{СКУД}}$

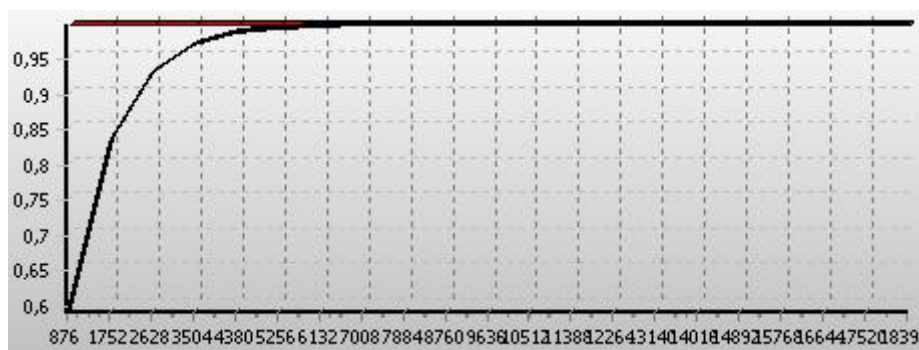


Рис.7. График функции готовности СКУД для $K_{ГСКУД}$ и вероятности первого отказа $Q_{СКУД}(1000)$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате анализа полученных данных можно сделать вывод о соответствии предложенной структуры СКУД требованиям ГОСТ с точки зрения надежности. Действительно, выполняется условие:

$$K_{ГСКУД} > K_{ГСКУДГОСТ},$$

т.е. рассчитанное значение коэффициента готовности $K_{ГСКУД} = 0,9938$ больше значения, установленного ГОСТ Р 53704-2009, $K_{ГСКУДГОСТ} = 0,93$.

Рассчитанные показатели значимостей и вкладов элементов в системный показатель надежности $K_{ГСКУД}$ дают детальное представление об уязвимых элементах, надежность которых существенно влияет на общую надежность исследуемой СКУД. Например, если повысить значение коэффициента готовности элемента 60 (серверного ПК) от текущего значения «0,9996» до «1», то значение коэффициента готовности СКУД в целом увеличится на величину «0,00039809», что видно из табл. 5 и является значительно большим вкладом относительно других элементов системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 53704-2009. Системы безопасности комплексные и интегрированные. Общие технические требования.
2. Можаяев А.С., Громов В.Н. Теоретические основы общего логико-вероятностного метода автоматизированного моделирования систем. – СПб. : ВИТУ, 2000. – 145 с.

3. Можаяев А.С., Киселев А.В., Струков А.В., Скворцов М.С. Отчет о верификации программного средства «Программный комплекс автоматизированного структурно-логического моделирования и расчета надежности и безопасности систем» (АРБИТР, ПК АСМ СЗМА, базовая версия 1.0). Заключительная редакция с приложениями. СПб. : ОАО «СПИК СЗМА», 2007. – 1031 с.

4. Рогожин А.А. Применение технологии автоматизированного структурно-логического моделирования для количественной оценки надежности интегрированных систем безопасности: формализованная постановка задачи // Вестник Воронежского института МВД России. 2013. – № 2. – С. 195–206.

5. Дурденко В.А. Рогожин А.А. Количественная оценка надежности интегрированной системы безопасности на основе логико-вероятностного моделирования // Вестник Воронежского института МВД России. – Воронеж: 2013. – № 2. – С. 207–215.

6. Рогожин А.А., Вялкова М.О., Дурденко В.А. Математическое моделирование и расчет оценки надежности системы охранной телевизионной типового автозаправочного комплекса // Математические методы и информационно-технические средства: материалы IX Всероссийской научно-практической конференции. – Краснодар: Краснодарский университет МВД России, 2013. – С. 252–261.

7. Дурденко В.А. Рогожин А.А. Разработка классификации и архитектуры построения интегрированных систем безопасности // Вестник Воронежского государственного университета. Системный анализ и информационные технологии. – Воронеж : 2013. – № 1. – С. 61–70.

Дурденко Владимир Андреевич – д.т.н., профессор кафедры менеджмента, Воронежский институт инновационных систем. Тел. (473) 2-354-898. E-mail: dva_viis@mail.ru

Durdenko Vladimir A. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Management, Voronezh Institute of Innovation Systems. Tel. (473) 2-354-898. E-mail: dva_viis@mail.ru

Рогожин Александр Александрович – преподаватель кафедры технических систем безопасности Воронежского института МВД России. Тел. (473) 2-200-52-84. E-mail: raa_tsbs@list.ru.

Rogozhin Alexander A. – Lecturer, Department of Technical Security Systems, Voronezh Institute of Internal Affairs of Russia. Tel. (473) 2-200-52-84. E-mail: raa_tsbs@list.ru.

Баторов Батор Октябрьевич – начальник пункта централизованной охраны управления вневедомственной охраны по г. Улан-Удэ филиала ФГКУ УВО МВД России по республике Бурятия. Тел. (983) 435-31-33. E-mail: 03bator@rambler.ru.

Batorov Bator O. – Chief, Point of the centralized security control of non-departmental security unit across the city Ulan-Ude – affiliated office FGKU UVO Ministry of internal Affairs of Russia. Tel. (983) 435-31-33. E-mail: 03bator@rambler.ru.