



<http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2023-21-2-68-76>

Оригинальная статья
Original paper

УДК 623.482

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СОВМЕСТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ, ПОСТРОЕННЫХ НА РАЗЛИЧНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ПРИНЦИПАХ

Е. И. МИХНЁНОК, А. В. ХИЖНЯК

Военная академия Республики Беларусь (г. Минск, Республика Беларусь)

Поступила в редакцию 18.01.2023

© Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, 2023
Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, 2023

Аннотация. Рассмотрен аппаратно-программный комплекс для исследования совместного применения технических средств, построенных на различных физических принципах. Данный комплекс представляет собой совокупность совместно функционирующих технических средств охраны (оптико-электронной системы, сейсмодатчиков, волоконно-оптических датчиков), решающих задачу автоматического обнаружения движущихся объектов в заданной области пространства. В основе аппаратно-программного комплекса лежит разработанный авторами пост технического наблюдения, обеспечивающий решение задач автоматического обнаружения движущихся объектов в поле зрения датчиков системы, а также совместного функционирования с другими техническими средствами охраны. Описаны его особенности и возможности. Представлены результаты оценки эффективности от внедрения разработанного аппаратно-программного комплекса в состав интегрированной системы охраны на примере одного из подразделений охраны государственной границы. Эффект заключается в снижении вероятности возникновения ошибки при принятии решения о наличии «реального» нарушителя, а также в случае увеличения вероятности его обнаружения. Приведены результаты натурных испытаний аппаратно-программного комплекса в реальных условиях эксплуатации на участке государственной границы.

Ключевые слова: аппаратно-программный комплекс, пост технического наблюдения, эффективность.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования. Михнёнок, Е. И. Аппаратно-программный комплекс для исследования совместного применения технических средств, построенных на различных физических принципах / Е. И. Михнёнок, А. В. Хижняк // Доклады БГУИР. 2023. Т. 21, № 2. С. 68–76. <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2023-21-2-68-76>.

HARDWARE AND SOFTWARE COMPLEX FOR THE STUDY OF THE JOINT USE OF TECHNICAL MEANS BASED ON VARIOUS PHYSICAL PRINCIPLES

EVGENY I. MIKHNIIONOK, ALEXANDER V. KHIZNIAK

Military Academy of the Republic of Belarus (Minsk, Republic of Belarus)

Submitted 18.01.2023

Abstract. The article considers the hardware and software complex developed by the authors for the study of the joint use of technical means built on various physical principles. This hardware and software complex is a set of jointly functioning security equipment (optoelectronic system, seismic sensors, fiber-optic sensors) that solve the problem of automatic detection of moving objects in a given area of space. The hardware and software complex is based on the technical observation post developed by the authors, which provides solutions to the problems

of automatic detection of moving objects in the field of view of the system sensors, as well as joint functioning with other technical means of protection. Its features and capabilities are described. The results of evaluating the effectiveness of the implementation of the developed hardware and software complex in the integrated security system are presented, using the example of one of the state border protection units. The effect is to reduce the probability of an error when making a decision about the presence of a “real” violator, as well as to increase the probability of their detection. The results of field tests of the hardware and software complex in real operating conditions on the state border section are presented.

Keywords: hardware and software complex, post of technical supervision, efficiency.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

For citation. Mikhniouk E. I., Khizniak A. V. (2023) Hardware and Software Complex for the Study of the Joint Use of Technical Means Based on Various Physical Principles. *Doklady BGUIR*. 21 (2), 68–76. <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2023-21-2-68-76> (in Russian).

Введение

В настоящее время для решения задач охраны различных объектов применяется огромное многообразие технических средств. Все они характеризуются свойственными каждому в отдельности достоинствами и недостатками. При этом недостатки одних технических средств возможно устранить совместным применением с ними средств, построенных на других физических принципах. Вопросы исследования совместного применения технических средств, решающих задачи охраны (особенно критически важных объектов), имеют огромное значение ввиду постоянно возрастающей актуальности.

В статье представлен разработанный авторами аппаратно-программный комплекс для исследования совместного функционирования технических средств, построенных на различных физических принципах, при решении задач охраны государственной границы. Приведены результаты как реализации предложенных решений на примере одного подразделения, так и натуральных испытаний.

Описание аппаратно-программного комплекса

В целях решения задач охраны государственной границы в пограничной полосе создаются рубежи с различными техническими средствами охраны (ТСО), которые обеспечивают обнаружение нарушителей границы, тем самым давая подразделениям охраны провести их задержание в пределах своих зон ответственности. По типам технические средства охраны подразделяются на: технические средства и системы охраны; технические средства и системы наблюдения; технические средства и системы освещения местности. По принципу действия технические средства, применяемые для решения задачи обнаружения нарушителей, делятся на группы, приведенные на рис. 1.



Рис. 1. Классификация технических средств охраны
Fig. 1. Classification of technical means of protection

Приведенные на рис. 1 технические средства в своей совокупности создают интегрированную систему охраны, характеризующуюся системой сбора и обработки информации, интегрированной в единое информационное поле¹. Необходимая информация отображается на месте несения службы дежурного по подразделению охраны. Наибольшее распространение получили автономный сигнализационный комплекс (АСК) «Радиобарьер» и комплекс периметровых средств обнаружения (КПСО) «Ворон».

¹ Инструкция об организации инженерного обеспечения оперативно-служебной деятельности территориальных органов пограничной службы Республики Беларусь: утв. приказом председателя Государственного пограничного комитета Республики Беларусь 14.07.2017 № 351. 136 с.

АСК «Радиобарьер» представляет собой совокупность радиосигнализаторов, которые размещаются на участке местности, создавая протяженные рубежи обнаружения с общими зонами перекрытия между отдельными средствами обнаружения². Основным достоинством системы является возможность полной ее маскировки, так как средства обнаружения устанавливаются в грунт. Одно средство обеспечивает обнаружение человека (одиночного или группы) в радиусе до 100 м от места установки, а транспортного средства – до 200 м. Время автономной работы поддерживается собственным источником питания до пяти лет.

КПСО «Ворон» обеспечивает создание протяженных многозонных и многорубежных периметровых систем обнаружения на основе волоконно-оптических распределенных датчиков деформаций на деформируемых заграждениях различных типов³. Попытка преодоления заграждения определяется посредством механического воздействия заграждения, что вызывает деформацию кабеля, тем самым изменяя фазовые характеристики лазерного излучения, распространяющегося в световедущей жиле. Эти изменения анализируются в целях идентификации сигнала тревоги. Данный комплекс позволяет организовать охрану участка до 50 000 м (определяется максимальным удалением адресной зоны от аппаратно-программной части) с длиной охраняемой зоны до 500 м. Однако для этих комплексов (первые модификации) характерно отсутствие возможности визуального отображения причины своего срабатывания. Решение данной проблемы возможно путем совместного применения с ними специализированной оптико-электронной системы наблюдения в виде поста технического наблюдения (ПТН).

Разработанный авторами пост технического наблюдения представляет собой поворотную платформу с телевизионным и тепловизионным каналами наблюдения (рис. 2), автономными источниками питания, а также с автоматизированным рабочим местом (АРМ) оператора со специальным программным обеспечением ПТН, реализующим управление системой, обработку информации и ее отображение.



Рис. 2. Внешний вид поворотной платформы поста технического наблюдения

Fig. 2. Appearance of the post of technical supervision rotary platform

Тепловизионный датчик оборудован системой трехкратного оптического увеличения (1x, 1.1x, 1.2x, ..., 3x) наблюдаемой сцены с изменяющимся полем зрения от 12°x9° до 4°x3°. Информация, поступающая от тепловизионного канала наблюдения, анализируется алгоритмом обработки изображений [1–3], что обеспечивает решение задачи автоматического обнаружения нарушителей типа «человек, транспортное средство». Телевизионный канал ПТН является дополнением к основному тепловизионному и помогает оператору как в оценке обстановки вблизи места срабатывания ТСО, так и для распознавания причины его срабатывания.

² Официальный сайт компании ООО «ПОЛЮС-СТ» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://polus-st.ru/products/radiobarrier>. Дата доступа: 12.12.2022.

³ Официальный сайт компании ООО «Прикладная радиофизика» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.neuro-photonica.ru>. Дата доступа: 12.12.2022.

Отличительными особенностями разработанного ПТН являются:

– возможность совместной работы с ТСО, размещенными на одном рубеже (в рамках интегрированной системы охраны подразделения государственной границы), в целях отображения дежурному по подразделению информации о месте и причине их срабатывания;

– автоматическое обнаружение потенциальных нарушителей на подступах к рубежам охраны для пресечения попыток нарушения государственной границы или их своевременного задержания.

В целях исследования физических процессов, протекающих в интегрированной системе охраны, включающей в свой состав технические средства, построенные на различных физических принципах, разработан соответствующий аппаратно-программный комплекс (АПК). Отличительная особенность АПК – использование реальных технических средств охраны со штатным программным обеспечением и реализованными в нем алгоритмами обработки информации. В его состав входят:

– АСК «Радиобарьер» (радиосигнализатор, АРМ оператора);

– КПСО «Ворон» (элемент заграждения, аппаратно-программная часть комплекса);

– пост технического наблюдения (поворотная платформа с датчиками видеоинформации, АРМ оператора).

Ключевым обстоятельством при разработке АПК являлась реализация сопряжения данных технических систем. С точки зрения решения задачи совместного обнаружения движущихся объектов от ТСО должна поступать информация о месте их срабатывания. Совместно с разработчиками КПСО «Ворон» и АСК «Радиобарьер» было доработано специальное программное обеспечение данных комплексов для организации передачи информации о месте срабатывания их элементов на пост технического наблюдения. Таким образом, основным элементом АПК является ПТН, так как на нем осуществляются обработка основного объема информации и ее отображение. Структурная схема АПК представлена на рис. 3.

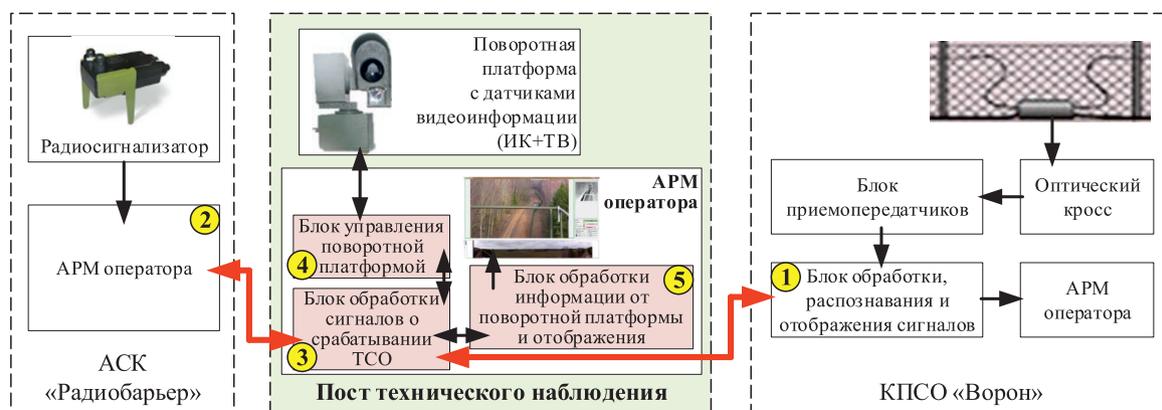


Рис. 3. Структурная схема аппаратно-программного комплекса
Fig. 3. Block diagram of the hardware and software complex

Порядок совместной работы данных технических средств в составе АПК заключается в следующем. При срабатывании ТСО с «Блока обработки, распознавания и отображения сигналов» (1) КПСО «Ворон» или АРМ оператора (2) АСК «Радиобарьер» на блок обработки сигналов о срабатывании ТСО (3) АРМ оператора ПТН передается сообщение о сработавшем участке средства охраны (при подготовке к работе ПТН вводятся данные об охранных участках комплексов). С блока (3) на блок управления поворотной платформой (4) передается информация (азимут, угол места, значение оптического увеличения датчика) для наведения датчиков видеоинформации на сработавший участок средства охраны. Далее с блока обработки информации от поворотной платформы и отображения (5) фоноцелевая обстановка вблизи места срабатывания ТСО выводится на отображение оператору ПТН. АПК позволяет:

– выполнять исследования совместного функционирования технических средств в рамках интегрированной системы охраны;

– исследовать алгоритмы автоматического обнаружения (сопровождения, распознавания) движущихся объектов как в режиме реального времени по данным от датчиков видеоинформации, так и с заранее подготовленными видеопоследовательностями;

- проводить исследования и оценку как существующих, так и вновь разрабатываемых алгоритмов автоматического обнаружения (сопровождения, распознавания) движущихся объектов в условиях изменяемой фоноцелевой обстановки и различных возмущающих факторов;
- дорабатывать специальное программное обеспечение ТСО, обосновывать правильность принятых технических решений при модернизации систем, входящих в состав АПК.

Результаты оценки эффективности применения поста технического наблюдения в составе интегрированной системы подразделения охраны

Для оценки эффективности совместного применения ПТН с другими ТСО использовали методику, описанную в [4, 5]. Принимали, что на рубеже охраны установлены ТСО и ПТН. ТСО исправны, т. е. вероятность технически исправного состояния ТСО $P_{тс_j}$ и вероятность доставки сообщения об обнаруженном нарушителе $P_{д_j}$ равны 1. Вероятность обнаружения ТСО, согласно его тактико-техническим характеристикам, соответственно $P_{о_{ij}} = P_{отсо_i} = 0,98$. Общее количество срабатываний ТСО – 7176, из них: от «реального» нарушителя – 9, ложных – 7167 (от животного – 4672, от фона – 2486). Учитывая данные показатели, согласно выражению (10) [5], определяли значения вероятностей появления i -го нарушителя $P_{н_i}$, животного $P_{ж}$, функционирования ТСО в отсутствие воздействий от нарушителей и животных $P_{ф}$, ложного срабатывания от фона $P_{лсф}$, вероятность пропуска i -го нарушителя $P_{проп_i} = \prod_i (1 - P_{о_j})$:

$$P_{н_i} = \frac{9}{7176} = 0,0013; \quad P_{ж} = \frac{4672}{7176} = 0,6511; \quad P_{ф} = 1 - (P_{н_i} + P_{ж}) = 1 - (0,0013 + 0,6511) = 0,3477;$$

$$P_{лсф} = \frac{2486}{7176} = 0,3464; \quad P_{к} = 1 - \frac{4672 + 2486}{7176} = 0,002.$$

Значение $P_{к}$ – вероятность правильной классификации причины срабатывания ТСО, зависит от его возможностей по отображению визуальной информации о причинах срабатывания дежурному по подразделению охраны. При наличии такой возможности $P_{к}$ определяется способностью оператора распознать причину срабатывания ТСО. Проведенные исследования показали, что данное значение стремится к единице. Для дальнейших расчетов принимали $P_{к} = 0,99$. При отсутствии данной возможности $P_{к}$ определяли из выражения

$$P_{к} = 1 - \frac{C_{ж} + C_{ф}}{C_{общ}}, \quad (1)$$

где $C_{ж}$, $C_{ф}$ – число срабатываний ТСО от животных и от фона; $C_{общ}$ – общее число срабатываний ТСО.

Подставив величины вышеуказанных вероятностей в выражение (12) [5], получили значение вероятности появления ошибки при принятии решения о наличии «реального» нарушителя государственной границы (НГГ) $P_{ош_i}$:

$$P_{ош_i} = P_{ош_{1i}} + P_{ош_{2i}} = (P_{н_i} (1 - P_{о_{ij}})(1 - P_{к})) + (P_{ж} (1 - P_{проп_i})(1 - P_{к}) + P_{ф} P_{лсф} (1 - P_{к})) =$$

$$= (0,0013 \cdot (1 - 0,98) \cdot (1 - 0,002)) + (0,6511 \cdot (1 - (1 - 0,98)) + 0,3477 \cdot 0,3464 \cdot (1 - 0,002)) = 0,76, \quad (2)$$

где $P_{ош_{1i}}$ – вероятность пропуска i -го нарушителя в естественных условиях функционирования; $P_{ош_{2i}}$ – вероятность ложной тревоги в естественных условиях функционирования.

Тогда вероятность обнаружения «реального» нарушителя в соответствии с выражением (16) [5] запишется в виде

$$P_{обн_i}^k = \left(1 - \prod_{j=1}^M (1 - P_{о_{ij}}) \right) \cdot (1 - P_{ош_i}) = (1 - (1 - P_{отсо_i})) \cdot (1 - P_{ош_i}) = (1 - (1 - 0,98)) \cdot (1 - 0,76) = 0,24. \quad (3)$$

Учитывая вероятность обнаружения НГГ ПТН ($P_{оптн_i} = 0,98$), получили значение вероятности появления ошибки при принятии решения о наличии «реального» НГГ при совместном использовании ТСО и ПТН:

$$P_{\text{ош}_i} = P_{\text{ош}_{1i}} + P_{\text{ош}_{2i}} = (P_{H_i} (1 - P_{o_{ij}})(1 - P_K)) + (P_{Ж} (1 - P_{\text{проп}_i})(1 - P_K) + P_{\Phi} P_{\text{лсф}} (1 - P_K)) =$$

$$= (0,0013 \cdot (1 - 0,98) \cdot (1 - 0,98) \cdot (1 - 0,002)) +$$

$$+ (0,6511 \cdot (1 - (1 - 0,98)) \cdot (1 - 0,98)) + 0,3477 \cdot 0,3464 \cdot (1 - 0,002) = 0,0077. \quad (4)$$

Тогда вероятность обнаружения «реального» НГГ при совместном использовании ТСО и ПТН

$$P_{\text{обн}_i}^k = \left(1 - \prod_{j=1}^M (1 - P_{o_{ij}})\right) \cdot (1 - P_{\text{ош}_i}) = \left(1 - (1 - P_{\text{оТСО}_i}) \cdot (1 - P_{\text{оПТН}_i})\right) \cdot (1 - P_{\text{ош}_i}) =$$

$$= (1 - (1 - 0,98) \cdot (1 - 0,98)) \cdot (1 - 0,0077) = 0,99. \quad (5)$$

Таким образом, совместное применение ПТН с другими ТСО на одном рубеже охраны позволяет снизить вероятности появления ошибки при принятии решения о наличии «реального» нарушителя не менее чем в 90 раз, повысить эффективность интегрированной системы охраны отдельной пограничной заставы (поста) не менее чем в три раза за счет повышения вероятности обнаружения «реального» нарушителя государственной границы. Правильное принятие решения дежурным по подразделению охраны о наличии реального НГГ сокращает количество выездов тревожных групп на участки срабатывания ТСО. Это приводит к уменьшению служебной нагрузки на личный состав подразделения охраны, уменьшает количество использованного моторесурса транспортных средств, экономит топливо. Произвести расчеты первых двух показателей не представляется возможным ввиду сложности их формализации. Однако на основании данных о срабатывании ТСО можно рассчитать экономический эффект от экономии топлива.

В табл. 1 представлен расчет перерасхода денежных средств для основных типов транспортных средств, используемых для доставки тревожных групп, с учетом среднего расхода топлива, заявленного в их тактико-технических характеристиках для одного подразделения охраны.

Таблица 1. Результаты расчета перерасхода денежных средств и топлива, использованного для реагирования на ложные срабатывания

Table 1. Calculation results of overspending of funds and fuel used to respond to false alarms

№ участка	Среднее расстояние до участка, км	Среднее расстояние за год, км	По реальным нарушителям, км	УАЗ-469 (10,6 л/100 км)		УАЗ-452 (17,2 л/100 км)		ГАЗ-3308 (16,8 л/100 км)		МЗКТ-500200 (30 л/100 км)		
				Все выезды	По нарушениям	Все выезды	По нарушениям	Все выезды	По нарушениям	Все выезды	По нарушениям	
1	7,5	3930	15	416,5	1,6	675,9	2,58	660,2	2,5	1179	4,5	
2	5,5	2134	33	226,2	3,5	367,1	5,7	358,5	5,5	640,2	9,9	
3	7,5	2070	0	219,4	0	356,1	0	347,7	0	621	0	
4	5,5	3146	0	333,4	0	541,1	0	528,5	0	943,8	0	
5	7,5	3180	15	337,1	1,6	546,9	2,6	534,2	2,5	954	4,5	
6	7	3444	14	365,1	1,5	592,3	2,4	578,5	2,4	1033,2	4,2	
7	9	4212	36	446,5	3,8	724,4	6,2	707,6	6	1263,6	10,8	
8	11	2860	0	303,1	0	491,9	0	480,4	0	858	0	
9	12	8064	0	854,7	0	1387,1	0	1354,7	0	2419,2	0	
10	10	6000	40	636	4,2	1032	6,9	1008	6,7	1800	12	
11	12	5712	0	605,4	0	982,4	0	959,6	0	1713,6	0	
Всего			44752	153	4743,7	16,2	7697,3	26,3	7518,3	25,7	13425,6	45,9
Количество использованного топлива по ложным срабатываниям, л				4727,5		7671,1		7492,6		13379,7		
Перерасход денежных средств при цене 1 л дизельного топлива 2,46 руб. (на 26.07.2022), бел. руб.				11156,9		18103,6		18431,9		32914,1		

Из табл. 1 видно, что, например, при использовании в качестве средства доставки МЗКТ-500200 с расходом 30 л на 100 км пути для реагирования на все срабатывания с учетом их отдаленности от пункта постоянной дислокации будет израсходовано 13425,6 л топлива. Однако по реальным нарушителям – только 45,9 л, что при цене 1 л дизельного топлива в размере 2,46 руб. (на 26.07.2022) приводит к перерасходу денежных средств для пограничной заставы (поста) в размере 32914 руб. 10 коп.

Результаты испытаний поста технического наблюдения в реальных условиях эксплуатации

Проведение испытаний и опытную эксплуатацию ПТН осуществляли на базе нескольких пограничных групп. Поворотную платформу с телевизионным и тепловизионным каналами ПТН устанавливали на наблюдательной вышке. АРМ оператора ПТН было развернуто в помещении дежурного по заставе, откуда проводилось управление поворотной платформой. Связь между АРМ и поворотной платформой была организована по оптоволоконным линиям связи на удалении 4050 м. При испытаниях присутствовали представители Государственного пограничного комитета Республики Беларусь, ОАО «Пеленг» и Военной академии Республики Беларусь. Погодные условия характеризовались наличием тумана и мелкого дождя, что, в свою очередь, позволило провести испытания наиболее приближенно к реальным условиям эксплуатации.

С целью определения возможности автоматического обнаружения НГГ представителями Госпогранкомитета был определен маршрут движения НГГ, в качестве которых выступал автомобиль и военнослужащий органов пограничной службы. Для определения дальности автоматического обнаружения НГГ использовался режим функционирования ПТН «Неподвижный поиск». Поле зрения камеры находилось в направлении появления объекта обнаружения. Значение оптического увеличения для тепловизионного канала наблюдения установлено 3х.

При выходе автомобиля из лесного участка на основной рубеж охраны произвели автоматическое обнаружение объекта с воспроизведением сигнала тревоги. Движение автомобиля было остановлено, определены координаты его местоположения. После этого из автомобиля вышел военнослужащий, который также был автоматически обнаружен. Дальность автоматического обнаружения для значения оптического увеличения 3х тепловизионного канала ПТН в данных условиях наблюдения составила 2040 м. Аналогичным образом произвели определение дальности автоматического обнаружения НГГ для значения оптического увеличения 1х тепловизионного канала ПТН, что, в свою очередь, составило 860 м.

В случае проверки режима функционирования «Взаимодействие с ТСО» воздействовали на охранное ограждение КПСО «Ворон» для срабатывания системы обнаружения. После получения сигнала «Тревога» от КПСО «Ворон» поворотная платформа автоматически произвела поворот в направлении сработавшего участка и наведение поля зрения на него.

Для проверки возможности функционирования ПТН в режиме «Поиск в секторе» оператором был установлен сектор сканирования 85° вдоль основного рубежа охраны. НГГ двигался вдоль основного рубежа охраны государственной границы. При появлении нарушителя государственной границы в анализируемом участке сектора сканирования он автоматически был обнаружен. В процессе исследований выполнили 20 опытов: 10 в ночное время суток и 10 – в дневное. Во всех случаях автоматическое обнаружение нарушителя было произведено. Пример обнаружения движущегося транспортного средства представлен на рис. 4.

Однако для подтверждения заявленной вероятности обнаружения данного количества опытов, естественно, недостаточно. Поэтому в течение подконтрольной эксплуатации ПТН проводилось обнаружение пограничных нарядов, осуществляющих патрулирование вдоль основного рубежа охраны государственной границы. Результаты 2179 опытов по обнаружению учебного НГГ показали, что в 2134 случаях ПТН произвел автоматическое обнаружение нарушителя. Таким образом, полученные результаты показывают, что разработанный пост технического наблюдения обеспечивает автоматическое обнаружение нарушителей государственной границы с вероятностью 0,98.



Рис. 4. Пример обнаружения движущегося транспортного средства
Fig. 4. Example of detecting a moving vehicle

Заключение

1. Аппаратно-программный комплекс представляет собой совокупность совместно функционирующих технических средств (оптико-электронной системы, сейсмодатчиков, волоконно-оптических датчиков), построенных на различных физических принципах и решающих задачу автоматического обнаружения движущихся объектов. Такой комплекс позволяет проводить исследование и оценку как существующих, так и вновь разрабатываемых алгоритмов автоматического обнаружения оптически наблюдаемых объектов в условиях изменяемой фоновой обстановки и различных возмущающих факторов.

2. Применение аппаратно-программного комплекса на участке государственной границы позволило снизить вероятность возникновения ошибки при принятии решения о наличии «реального» нарушителя не менее чем в 90 раз, повысить эффективность интегрированной системы охраны отдельной пограничной заставы (поста) не менее чем в три раза за счет повышения вероятности обнаружения «реального» нарушителя государственной границы.

References

1. Mikhniionok E. I. (2020) Method of Image Processing in the Problem of Detecting Moving Objects in Optical-Electronic Surveillance Systems of Thermal Imaging Type. *Doklady BGUIR = Doklady BSUIR*. 18 (2), 96–104. <https://doi.org/10.35596/1729-7648-2020-18-2-96-104> (in Russian).
2. Mikhniionok E. I., Khizniak A. V. (2022) Features of the Application of the Detection Algorithm Based on the Background Subtraction Method in the Scanning Optoelectronic Surveillance System. *Doklady BGUIR = Doklady BSUIR*. 20 (6), 30–36. <https://doi.org/10.35596/1729-7648-2022-20-6-30-36> (in Russian).
3. Mikhniionok E. I., Khizniak A. V. (2022) Evaluating the Effectiveness of Image Processing in the Task of Detecting Moving Objects by an Optoelectronic Surveillance System. *Doklady BGUIR = Doklady BSUIR*. 20 (4), 29–35. <https://doi.org/10.35596/1729-7648-2022-20-4-29-35> (in Russian).
4. Mikhniionok E. I., Khizniak A. V. (2019) An Approach to Assessing the Effectiveness of Technical Means Used to Solve the Tasks of Protecting the State Border]. *Proceedings of the Francisk Scorina Gomel State University. Natural Sciences*. 3 (114), 112–116 (in Russian).
5. Mikhniionok E. I., Khizniak A. V. (2022) Evaluation of the Effectiveness of Technical Means of the Integrated System of State Border Protection. *Bulletin of the Military Academy of the Republic of Belarus*. 3 (76), 31–37 (in Russian).

Вклад авторов

Хижняк А. В. осуществил постановку задачи для проведения исследования.

Михнёнок Е. И. разработал аппаратно-программный комплекс, оценил эффективность его применения, провел его испытания.

Authors' contribution

Khizniak A. V. formulated the task for the research.

Mikhnionok E. I. developed a hardware and software complex, evaluated the effectiveness of its application, conducted its tests.

Сведения об авторах

Михнёнок Е. И., начальник 2 группы научно-исследовательской лаборатории факультета связи и автоматизированных систем управления Военной академии Республики Беларусь

Хижняк А. В., к. т. н., доцент, ведущий научный сотрудник 2 группы научно-исследовательской лаборатории факультета связи и автоматизированных систем управления Военной академии Республики Беларусь

Адрес для корреспонденции

220057, Республика Беларусь,
г. Минск, пр. Независимости, 220
Военная академия Республики Беларусь
Тел.: +375 29 291-27-36
E-mail: actosum@gmail.com
Михнёнок Евгений Игоревич

Information about the authors

Mikhnionok E. I., Head of the 2nd Group of the Research Laboratory of the Department of Communications and Automated Control Systems of the Military Academy of the Republic of Belarus

Khizniak A. V., Cand. of Sci., Professor Assistant, Senior Researcher of the 2nd Group of the Research Laboratory of the Department of Communications and Automated Control Systems of the Military Academy of the Republic of Belarus

Address for correspondence

220057, Republic of Belarus,
Minsk, Nezavisimosti Ave., 220
Military Academy of the Republic of Belarus
Tel.: +375 29 291-27-36
E-mail: actosum@gmail.com
Mikhnionok Evgeny Igorevich