

**ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ**

УДК 623.618

DOI 10.52928/2070-1624-2022-39-11-2-7

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ НОВЫХ РУБЕЖЕЙ ОХРАНЫ**

**Е. И. МИХНЁНОК**, канд. техн. наук, доц. **А. В. ХИЖНЯК**  
(Военная академия Республики Беларусь, Минск)

*Рассматривается порядок применения разработанной авторами методики оценки эффективности технических средств в составе интегрированной системы охраны Государственной границы для обоснования состава технических средств при проектировании новых рубежей охраны.*

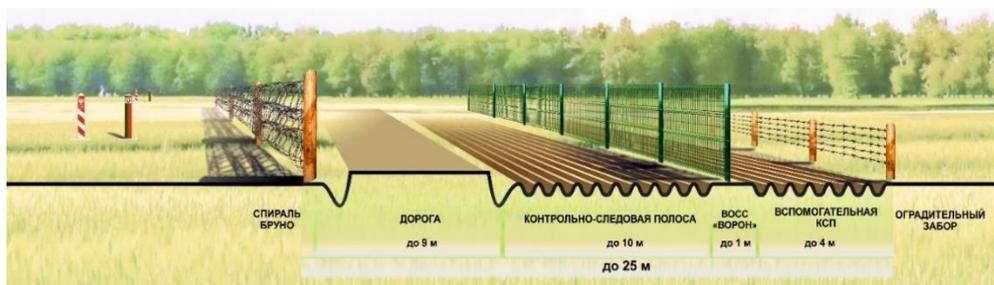
**Ключевые слова:** методика оценки, эффективность, технические средства охраны, рубеж охраны.

**Введение.** События последнего времени говорят о том, что вопрос повышения эффективности охраны Государственной границы становится как никогда актуальным. Решение данного вопроса осуществляется, в том числе прикрытием отдельных направлений новыми рубежами охраны. Определение подходов к обоснованию состава технических средств охраны, разворачиваемых на данных рубежах, является актуальной научной и практической задачей.

Авторами в рамках проводимых исследований разработана методика оценки эффективности технических средств в составе интегрированной системы охраны [1; 2]. Отличительной особенностью разработанной методики является возможность как оценки эффективности обнаружения «реального» нарушителя техническими средствами охраны, так и обоснование состава технических средств при проектировании новых рубежей охраны Государственной границы.

Таким образом, целью данной статьи является описание порядка применения методики оценки эффективности технических средств при проектировании новых рубежей охраны.

**Основная часть.** Проектирование технических систем охраны для рубежей (участков) Государственной границы, а также их оборудование и содержание, являются задачами инженерного обеспечения органов пограничной службы. Решение данных задач направлено на повышение эффективности охраны Государственной границы. Рубеж охраны является основным элементом системы инженерных сооружений и заграждений и представляет собой участок местности, на котором оборудуются контрольно-следовая полоса, дорога, инженерные заграждения, сооружения для наблюдения и устанавливаются технические средства охраны границы. Пример построения типового рубежа охраны представлен на рисунке 1<sup>1</sup>.



**Рисунок 1.** – Пример типового рубежа охраны Государственной границы

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 как показано на рисунке 2.

<sup>1</sup> Инструкция об организации инженерного обеспечения оперативно-служебной деятельности территориальных органов пограничной службы Республики Беларусь : утв. приказом Председателя Гос. погран. ком. Респ. Беларусь 14.07.2017, № 351. – Минск : Госпогранкомитет, 2017. – 136 с.



Рисунок 2. – Классификация технических средств охраны Государственной границы

При проектировании технической системы нового рубежа охраны должны соблюдаться следующие условия: состав, структура построения и функции системы должны быть технически и экономически обоснованы; система должна удовлетворять требованиям рациональности, целостности, перспективности и динамичности.

Рациональность выбираемого варианта системы достигается ее условной оптимизацией. При этом должна соблюдаться минимизация затрат на его реализацию при заданной эксплуатационной надежности. Условность оптимизации определяется невозможностью математической формализации всего многообразия факторов. К таким факторам относятся: условия функционирования технических средств, тактика поведения нарушителей, различные дестабилизирующие факторы и др.

Целостность выбираемого варианта системы обеспечивается наилучшим сочетанием и взаимодействием ее составных частей, имеющих ограниченные тактико-технические возможности и ресурс. Перспективность выбираемого варианта системы означает, что она должна обеспечивать условия для своего развития с учетом возможных изменений в процессе эксплуатации объекта и появлением новых технических средств охраны. Динамичность выбираемого варианта системы заключается в гарантированном выполнении ею целевых функций в течение заданного срока эксплуатации с учетом износа и восстанавливаемости технических средств охраны.

Проектируемая техническая система охраны должна обеспечивать: экономичность и прогрессивность технических решений, надежность работы, взрывобезопасность, пожаробезопасность, требования технической эстетики, удобство и безопасность ее содержания, быть устойчивой к воздействиям внешних факторов, возникающих при ее эксплуатации, учитывать при функционировании возможное влияние помех бытовых радиоэлектронных, электронагревательных и вентиляционных приборов, животных, транспорта, вероятного присутствия людей в непосредственной близости от работающих приборов системы, предусматривать блокировку всех уязвимых мест.

Основу технических систем охраны, применяемых для оборудования участков Государственной границы, составляют технические средства, которые обеспечивают: обнаружение нарушителя при его воздействии на чувствительные элементы (зоны обнаружения) технических средств охраны; передачу в подразделения информации о проникновении на охраняемый объект с указанием места нарушения; видеонаблюдение за охраняемым участком, передачу в подразделения видеoinформации с участков охраны; сбор, обработку, хранение и представление в заданном виде сигнализационной и видеoinформации дежурной службе подразделения границы; дистанционный контроль и управление доступом.

При проектировании технической системы охраны наиболее часто используются: интегрированные системы охраны протяженных участков Государственной границы и телевизионного (тепловизионного) видеонаблюдения; быстроразвертываемые интегрированные системы охраны для охраны локальных участков Государственной границы (отдельных направлений); стационарные посты технического наблюдения (тепловизионные, радиолокационные, видеотеpловизионные, интегрированные) для охраны локальных участков Государственной границы.

Применение различных технических систем и средств, построенных в том числе на различных физических принципах, позволяет как воспрепятствовать движению транспортных средств, затруднить продвижение людей, так и обеспечить их своевременное обнаружение. Именно своевременность обнаружения факта нарушения позволяет должностным лицам оперативно принимать решения по применению имеющихся сил и средств в целях задержания нарушителей.

Следовательно, при определении состава технических средств ключевым является достижение требуемого качества решения задачи обнаружения нарушителей Государственной границы. Однако при проектировании и построении современной территориально распределенной системы охраны, к которой относится рубеж охраны Государственной границы, должна учитываться специфика, характерная для объектов с большим периметром. Она заключается в следующем:

1. Плотность нарушений зоны ответственности неравномерна. Технические средства охраны должны устанавливаться там, где плотность нарушений предполагается максимальной (например, около основных транспортных путей пересечения границы, а также на наиболее благоприятных для этого маршрутах).

2. Маскируемые быстроразвертываемые средства обнаружения имеют преимущество создания «невидимого» рубежа охраны. Технические средства охраны, стационарно установленные в зоне ответственности, с течением времени могут стать предметом исследования слабых мест потенциальными нарушителями, поэтому через некоторое время их эффективность обнаружения может снизиться. Однако при прогнозируемой долговременной повышенной плотности нарушений установка стационарных технических средств охраны оправдана.

3. При выборе конкретного технического средства должны учитываться как предполагаемые условия функционирования, так и его возможности, определяемые тактико-техническими характеристиками. При этом ограничения, накладываемые его физическим принципом действия, должны устраняться путем создания условий, способствующих реализации максимальной эффективности применения конкретного технического средства. Например, для применения оптико-электронных систем обнаружения в лесной местности необходимо обустривать просеки, размеры которых обеспечат максимально реализуемую дальность обнаружения.

4. Различные типы нарушителей имеют разный уровень подготовки к преодолению рубежей охраны [3].

Учитывая тот факт, что конечное решение об обнаружении нарушителя принимается дежурным по подразделению охраны, то технические средства должны обеспечивать однозначность понимания причин их срабатывания. Выполнение данного требования обеспечивается при отображении причин срабатывания дежурному по подразделению, что позволяет принять обоснованное решение на применение имеющихся сил и средств.

В разработанной авторами методике [2] впервые при оценке эффективности обнаружения технического средства учитывается вероятность возникновения ошибки при принятии решения о наличии «реального» нарушителя. Это позволяет достоверно оценивать технические средства охраны как с возможностью визуального отображения места их срабатывания, так и без него. Математическая формализация данной ошибки включает в себя возможные имитирующие действия нарушителя в целях повышения вероятности своего необнаружения, а также вероятность классификации нарушителя дежурным по подразделению охраны.

Применение данной методики в обратном порядке позволяет обосновывать состав технических средств охраны на конкретном рубеже с точки зрения достижения ими требуемой вероятности обнаружения «реального» нарушителя. В итоге вычисляется требуемая вероятность обнаружения техническим средством охраны, определяемая тактико-техническими характеристиками, что позволяет производить конечный выбор состава технических средств.

Исходными данными являются:

1. Значение вероятности обнаружения нарушителя на проектируемом участке.
2. Значение вероятности возникновения ошибки при принятии решения о наличии «реального» нарушителя.
3. Требования, предъявляемые к техническим средствам охраны, а также условия их эксплуатации.

Проведенные авторами исследования показали, что данные вероятности достаточно взаимосвязаны. На значение вероятности обнаружения «реального» нарушителя непосредственно влияет возможность визуального отображения информации о причине срабатывания технических средств охраны. Для технических средств без данной возможности значение вероятности возникновения ошибки при принятии решения о наличии «реального» нарушителя составляет 0,72–0,87, а вероятность обнаружения «реального» нарушителя 0,13–0,26. Данные значения определяются как количеством срабатываний технических средств от «реальных» нарушителей и внешних факторов, так и условиями их эксплуатации.

Вероятность обнаружения дежурным по подразделению  $i$ -го нарушителя, движущегося через  $k$ -й участок, на котором размещено  $M$   $j$ -х технических средств охраны, с учетом вероятности возникновения ошибки при принятии решения о наличии «реального» нарушителя имеет вид

$$P_{\text{обн}_i} = \left( 1 - \prod_{j=1}^M (1 - P_{o_{ij}}) \right) (1 - P_{\text{ош}_i}), \quad (1)$$

где  $P_{\text{обн}_i}$  – вероятность обнаружения  $i$ -го нарушителя;

$P_{o_{ij}}$  – вероятность обнаружения  $i$ -го нарушителя  $j$ -м техническим средством охраны;

$P_{\text{ош}_i}$  – вероятность возникновения ошибки при принятии решения о наличии  $i$ -го «реального» нарушителя дежурным по подразделению охраны;

$M$  – количество  $j$ -х технических средств охраны, размещенных на  $k$ -м участке.

Значение  $P_{o_{ij}}$  вычисляется в соответствии с выражением (2):

$$P_{o_{ij}} = P_{o_j} P_{mc_j} P_{\partial_j}, \quad (2)$$

где  $P_{o_j}$  – заявленная вероятность обнаружения  $j$ -м техническим средством охраны;

$P_{mc_j}$  – вероятность технического исправного состояния  $j$ -го технического средства охраны;

$P_{\partial_j}$  – вероятность доставки сообщения об обнаруженном нарушителе  $j$ -м техническим средством охраны.

При расчете вероятности  $P_{o_{ij}}$  возможно следующее допущение: технические средства охраны исправны, состояние каналов связи и передачи данных обеспечивает доставку сообщения об обнаруженном объекте. Следовательно, значения  $P_{mc_j}$  и  $P_{\partial_j}$  можно считать близкими к 1 и не учитывать.

Порядок расчета значения  $P_{o_{ш_i}}$  подробно рассмотрен в [1; 2]. Стоит отметить, что при проектировании нового рубежа охраны данных для расчета  $P_{o_{ш_i}}$  может не быть или они могут иметь ограниченный характер. В данном случае, опираясь на проведенные авторами исследования,  $P_{o_{ш_i}}$  задается исходя из следующих условий:

– при наличии возможности отображения дежурному по подразделению причины срабатывания технического средства охраны и ее классификации значение  $P_{o_{ш_i}}$  составляет менее 0,01;

– при отсутствии данной возможности значение  $P_{o_{ш_i}}$  находится в интервале от 0,72 до 0,87, поэтому целесообразно использовать среднее значение 0,8.

Рассмотрим порядок применения методики на примере. Необходимо определить состав технических средств, применение которых возможно при построении нового рубежа охраны Государственной границы. При этом вероятность обнаружения «реального» нарушителя должна составлять не менее 0,99, а вероятность возникновения ошибки при принятии решения о наличии «реального» нарушителя должна составлять не более 0,007. Технические средства должны обеспечивать возможность отображения визуальной информации о месте их срабатывания, а также обеспечить возможность автоматического обнаружения потенциальных нарушителей, движущихся вдоль проектируемого рубежа охраны.

Анализ решения задачи построения нового рубежа охраны позволяет сделать следующие выводы:

1. Необходимо использовать не менее двух технических средств, построенных на различных физических принципах.

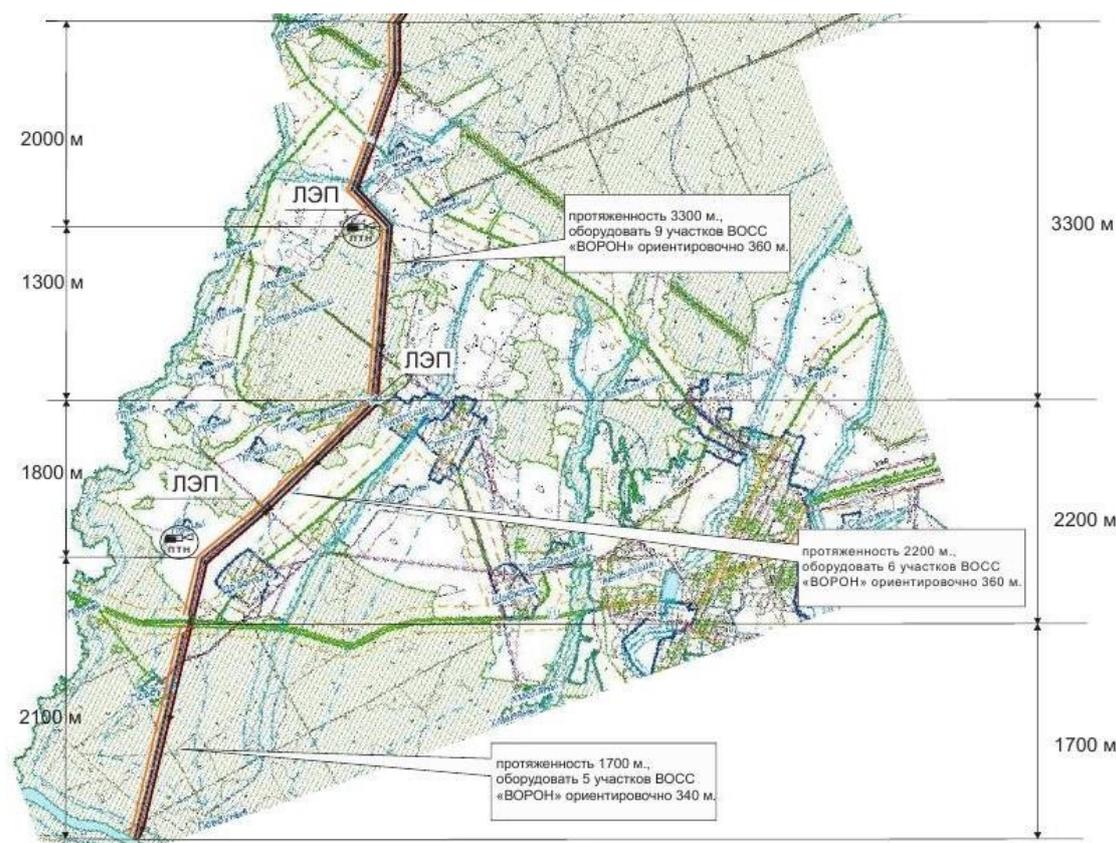
2. Технические средства должны обеспечивать возможность затруднения преодоления нарушителем рубежа охраны, при этом должен фиксироваться факт и попытка преодоления, а также передаваться информация о месте их срабатывания. Реализация данных требований возможна при применении комплексов периметровых средств охраны.

3. Так как требуется обеспечить возможность автоматического обнаружения потенциальных нарушителей, движущихся вдоль проектируемого рубежа охраны, а также отображение визуальной информации о месте срабатывания технического средства, то реализация данных требований возможна только при применении специализированной оптико-электронной системы наблюдения. Наряду с этим данная система должна обеспечивать совместное функционирование с другими техническими средствами охраны.

В настоящее время в качестве основного технического средства охраны в органах пограничной службы используется комплекс периметровых средств обнаружения «Ворон». Применение данного комплекса позволяет создавать многозонные и многорубежные периметровые системы обнаружения на основе волоконно-оптических распределенных датчиков деформаций на ограждениях различных типов. Заявленная производителем вероятность обнаружения нарушителя составляет 0,98. Следовательно, необходимо определить второе техническое средство охраны.

Подставив в выражение (1) заданные значения вероятностей, получим вероятность обнаружения второго технического средства охраны не менее 0,8. Учет данного значения, а также предъявляемых требований к возможностям технических средств, свидетельствует, что в качестве дополнительного технического средства охраны следует использовать устройство с опорно-поворотной платформой и реализованной функцией автоматического обнаружения потенциального нарушителя. Примером такого изделия является специализированный пост технического наблюдения (совместная разработка ОАО «Пеленг» и Военной академии). Данное изделие обеспечивает совместное функционирование с техническими средствами охраны путем отображения дежурному по подразделению охраны информации о месте их срабатывания, а также как отдельное средство автоматически обнаруживает потенциальных нарушителей, движущихся в своей зоне действия.

Вариант размещения технических средств охраны на местности представлен на рисунке 3.



**Рисунок 3. – Вариант построения технических средств для проектируемого рубежа охраны Государственной границы**

**Заключение.** В статье рассмотрен порядок применения разработанной авторами методики оценки эффективности технических средств в составе интегрированной системы охраны для обоснования состава технических средств при проектировании новых рубежей охраны Государственной границы с точки зрения достижения требуемой вероятности обнаружения «реального» нарушителя.

Проведенные авторами исследования показали, что разработанная методика является достаточно универсальным инструментарием. Она позволяет оценивать различные технические средства охраны как совместно функционирующие на одном участке, так и отдельно. При этом основным показателем выступает вероятность обнаружения дежурным по подразделению  $i$ -го нарушителя, движущегося через  $k$ -й участок, на котором размещено  $M$   $j$ -х технических средств охраны, с учетом вероятности возникновения ошибки при принятии решения о наличии «реального» нарушителя. Решение обратной задачи позволяет обосновать состав технических средств охраны на конкретном рубеже.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Михнёнок, Е. И. Подход к оценке эффективности технических средств применяемых для решения задач охраны Государственной границы / Е. И. Михнёнок, А. В. Хижняк // Изв. Гомел. гос. ун-та имени Ф. Скорины. – 2019. – № 3. – С. 112–116.
2. Михнёнок, Е. И. Методика оценки эффективности технических средств в составе интегрированной системы охраны Государственной границы / Е. И. Михнёнок, А. В. Хижняк // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. С, Фундам. науки. – 2019. – № 12. – С. 67–70.
3. Звездинский, С. С. О сигнализационной надежности периметровых средств обнаружения / С. С. Звездинский // БДИ. – 2004. – № 2. – С. 32–38.

#### REFERENCES

1. Mikhnenok, E. I., & Khizhnyak, A. V. (2019). Podkhod k otsenke effektivnosti tekhnicheskikh sredstv primenyaemykh dlya resheniya zadach okhrany Gosudarstvennoi granitsy. *Izvestiya Gomel'skogo gosudarstvennogo universiteta imeni F. Skoriny [Proceedings of Francisk Scorina Gomel State University]*, (3). 112–116. (In Russ., abstr. in Engl.).

2. Mikhnenok, E. I., & Khizhnyak, A. V. (2019). Metodika otsenki effektivnosti tekhnicheskikh sredstv v sostave integrirovannoi sistemy okhrany Gosudarstvennoi granitsy [Method of an estimation of efficiency of technical means part of an integrated system of State border protection]. *Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya C, Fundamental'nye nauki [Herald of Polotsk State University. Series C. Fundamental sciences]*, (12), 67–70. (In Russ., abstr. in Engl.).
3. Zvezhinskii, S. S. (2004). O signalizatsionnoi nadezhnosti perimetrovykh sredstv obnaruzheniya [On the signaling reliability of perimeter detection tools]. *BDI*, (2), 32–38. (In Russ., abstr. in Engl.).

*Поступила 07.09.2022*

## **APPLICATION OF THE METHODOLOGY FOR EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF TECHNICAL MEANS IN THE DESIGN OF NEW SECURITY FRONTIERS**

***E. MIKHNIONAK, A. KHIZNIAK***  
*(Military Academy of the Republic of Belarus, Minsk)*

*The article discusses the procedure for applying the methodology developed by the authors for evaluating the effectiveness of technical means as part of an integrated system of state border protection to substantiate the composition of technical means in the design of new security boundaries.*

**Keywords:** *assessment methodology, efficiency, technical means of protection, the border of protection.*