

**ИЗЫСКАНИЕ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ,  
СТРОИТЕЛЬСТВО И МОНТАЖ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ  
ОБЪЕКТОВ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ**

УДК 002.2:355.05:519.2

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ  
ПОДВИЖНОГО ЯДЕРНО - И РАДИАЦИОННООПАСНОГО  
ОБЪЕКТА**

© 2018 О.А. Губеладзе\*, А.Р. Губеладзе\*\*, С.М. Бурдаков\*

\* *Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета МИФИ, Волгодонск, Ростовская обл., Россия*

\*\* *Донской государственный технический университет (ДГТУ), Ростов-на-Дону, Ростовская обл., Россия*

Одним из наиболее опасных процессов на этапе эксплуатации ядерно- и радиационноопасных объектов (ЯРОО), особенно в условиях возможного воздействия террористических диверсионных групп, является транспортирование. Целью работы является разработка подхода к исследованию эффективности подразделений перспективной системы охраны подвижного ЯРОО как при нахождении на площадке, так и при движении по маршруту.

*Ключевые слова:* ядерный терроризм, система охраны, ядерные энергетические установки, мобильный агрегат с ядерной установкой, транспортно-упаковочный комплект.

Поступила в редакцию: 12.02.2018

Двадцать первый век не стал веком стабильности. Сталкиваются интересы различных этнических, религиозных, социальных и политических групп. Террористические организации выражают интересы влиятельных людей, которых не устраивает существующая структура общества. Ядерный терроризм предполагает использование в качестве оружия радиоактивных материалов. Это может быть: ядерное взрывное устройство; заражение местности радиоактивными веществами без проведения ядерного взрыва; нападение террористов на ядерный реактор с намерением его разрушить и осуществить радиоактивное заражение местности.

Одним из наиболее опасных процессов на этапе эксплуатации ядерно- и радиационноопасных объектов (ЯРОО) является транспортирование [1, 2]. Для перевозки малогабаритных ядерных энергоустановок (ЯЭУ) и ядерных делящихся материалов (ЯДМ) используются различные транспортные упаковочные комплекты (ТУК). В скором времени может быть реализован проект по созданию малогабаритных атомных энергоустановок (МАЭУ) мощностью 100 киловатт и 1 мегаватт для освоения Арктики. Впервые со времени советского проекта «Памир» будет возрождена тема мобильного атомного реактора с учетом новых технологий. Новый энергоисточник будет перемещаться на транспортной платформе с тягачом высокой проходимости, что позволит ему обеспечивать энергией как удаленные, так и нестационарные объекты.

Рассмотрим случай, когда транспортный агрегат (ТА) с ЯЭУ находится на площадке (в позиционном районе). Разбиваем процесс выполнения боевой задачи

подразделениями системы охраны (СО) на этапы [3,4]. Вероятность успешного выполнения боевой задачи имеет вид

$$P_{у.в.} = P_{обн.} \cdot P_{бл.} \cdot P_{ун.}, \quad (1)$$

где  $P_{обн.}$  – вероятность своевременного обнаружения противника;  
 $P_{бл.}$  – вероятность успешного блокирования в районе обнаружения;  
 $P_{ун.}$  – вероятность уничтожения противника.

Получение информации об объектах включает их обнаружение и распознавание. Вероятность обнаружения объекта за время поиска  $\tau$  одним средством определяется:

$$P_{обн} = 1 - \exp(-\gamma\tau), \quad (2)$$

где  $\gamma$  – интенсивность поиска.

Если поиск проводят независимо  $n$  средств, то вероятность обнаружения объекта, хотя бы одним средством может быть представлена в виде:

$$P_{обн} = 1 - \exp\left[-\sum_{i=1}^n u_i(\tau)\right], \quad (3)$$

где  $u_i(\tau)$  – потенциал поиска  $i$ -го средства.

В случае многократного дискретного наблюдения, предполагая, что каждое наблюдение проводится в тех же условиях независимо от других:

$$P_{обн} = 1 - (1 - P_{обн1})^m, \quad (4)$$

где  $P_{обн1}$  – вероятность обнаружения при одном мгновенном наблюдении,  
 $m$  – число мгновенных наблюдений.

Оценка эффективности распознавания проводится методами теории распознавания образов. Одним из приемов является принцип дихотомии – распознавание проводится сначала по укрупненным признакам, а затем по более детальным. Эффективность распознавания определяется степенью подобия объектов по признакам распознавания.

Этап блокирования представим в виде двух моделей: модель фазы распределения и модель фазы наведения. Распределение сил и средств, предназначенных для блокирования обнаруженного противника, заключается в установлении однозначного соответствия между каждой диверсионной группой и средствами, предназначенными для ее уничтожения. В общем случае такая модель представляет собой оптимизацию по критерию эффективности при ограничениях на расходуемые ресурсы. В качестве ресурсов рассматриваются силы и средства, предназначенные для уничтожения противника [5]. Тогда эффективность распределения зависит от способов распределения сил и средств, а также характеристик противника. Общая постановка

задачи распределения при этом может иметь следующую форму. Определяется матрица распределения

$$C = \begin{pmatrix} m_{11} & \dots & m_{1i} & \dots & m_{1k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ m_{v1} & \dots & m_{vi} & \dots & m_{vk} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ m_{s1} & \dots & m_{si} & \dots & m_{sk} \end{pmatrix} \quad (5)$$

обеспечивающая минимум эффективности противника при системе ограничений:

$$C_1 n_1 + C_2 n_2 + \dots + C_i n_i + \dots + C_k n_k \leq M, \quad (6)$$

где  $m_{vi}$  – количество средств  $v$ -го типа, выделяемых на каждую группу  $i$ -го типа;

$n_i$  – число групп противника  $i$ -го типа;

$k$  – число типов групп противника;

$C_i$  –  $i$ -й вектор-столбец матрицы  $C$ ;

$M$  – вектор-столбец распределяемых средств.

В случае однотипных средств распределение характеризуется вектором :

$$C = \{m_1, m_2, \dots, m_i, \dots, m_k\}. \quad (7)$$

Система ограничений: 
$$\sum_{i=1}^k m_i n_i \leq M. \quad (8)$$

В условиях высокой степени неопределенности, а также того, что на практике предельные случаи распределения не всегда реализуются, в моделях предусматривается комбинированное распределение. Это достигается заданием коэффициента централизации, характеризующего долю средств, распределенных централизованно.

Фаза наведения определяется задачей выхода сил и средств противодиверсионной борьбы в район непосредственного воздействия по выделенной на предыдущей фазе группе противника. В качестве выходных характеристик модели фазы наведения рассматриваются: точность наведения  $\Delta_n$ ; вероятность наведения  $P_n(\tau)$  к заданному моменту времени; математическое ожидание времени наведения  $t_n$ . Могут использоваться дополнительные характеристики, например, распределение параметров относительного движения (дальность, направление подхода и т.д.).

Рассмотрим ситуацию, когда получена информация о том, что в позиционном районе ожидается действие террористической группы противника. В данном случае – объект обнаружения является подвижным маневрирующим. Средства обнаружения (табл.1) имеются в количестве:

$n$  –  $i$ -го типа (стационарные пункты);  $m$  –  $j$ -го типа (патрули, дозоры);

$p$  –  $k$ -го типа (автономные подвижные средства охраны и разведки);

$q$  –  $l$ -го типа (беспилотные летательные аппараты).

Интенсивность поиска одним подвижным средством определяется выражением

$$\gamma = \frac{2D_{обн} v_{cp}}{S_p}, \tag{9}$$

где  $D_{обн}$  – дальность обнаружения (км);

$v_{cp}$  – скорость движения средства обнаружения (км/ч);

$S_p$  – площадь района поиска (км<sup>2</sup>).

Вероятность обнаружения в этом случае имеет вид (2). Вероятность обнаружения стационарным пунктом (СП) можно определить по формуле (4).

В случае, когда зоны наблюдения нескольких СП соприкасаются, и времена мгновенных наблюдений совпадают, то можно считать, что наблюдения ведутся одним СП с площадью зоны наблюдения равной сумме площадей зон наблюдения всех пунктов. Однако, существуют не просматриваемые участки местности, а также не соблюдается условие одновременности обзора каждым СП.

Рассмотрим подробнее проведение контрольного поиска в заданном районе.

Если  $A$  – обнаружение противника одним средством,  $H_i$  – нахождение противника в  $i$ -ом районе, а  $P^l_{обн}$  – вероятность обнаружения одним средством, то для  $m$  – районов вероятность обнаружения противника  $n$  – средствами (при ограничении – определенная часть средств может обследовать только один район) вероятность события  $A$  определяется выражением:

$$P(A) = P(A/H_1) + P(A/H_2) + \dots + P(A/H_i) + P(A/H_m), \tag{10}$$

где  $k_i$  – количество средств, выделенных для  $i$ -ого района;

$$P(A/H_i) = [1 - (1 - P^l_{обн})_i^k] P_i; \quad P_i \text{ – вероятность нахождения противника в}$$

$i$ -ом районе, причем  $\sum k_i = n$ .

Тогда можно записать:

$$P(A) = \sum [1 - (1 - P^l_{обн})_i^k] P_i. \tag{11}$$

**Таблица 1.** – Средства обнаружения [Detection tools]

Средства обнаружения	Стационарные		Подвижные					
	i		j		k		l	
Информация от средств обнаружения	непрерывная	дискретная	непрерывная	дискретная	непрерывная	дискретная	непрерывная	дискретная
Определяемые параметры объекта обнаружения*	$\Delta_{инф}$ $t_{уст}$	$\Delta_{инф}$ $t_{уст}$ $\Delta t_{инф}$	$\Delta_{инф}$ $t_{уст}$	$\Delta_{инф}$ $t_{уст}$ $\Delta t_{инф}$	$\Delta_{инф}$ $t_{уст}$	$\Delta_{инф}$ $t_{уст}$ $\Delta t_{инф}$	$\Delta_{инф}$ $t_{уст}$	$\Delta_{инф}$ $t_{уст}$ $\Delta t_{инф}$
Выходные характеристики	$P_n(\tau), \Delta_n, t_n$							
* $\Delta t_{инф}$ – периодичность поступления информации; $\Delta_{инф}$ – точность информации; $t_{уст}$ – время устаревания информации.								

Функция  $P(A)$  будет иметь максимум в точке, где производная равна нулю  $dP(A)/dh = 0$ .

После этого можно определить теоретическую и реальную производительность поиска для каждого из районов. Теоретическая производительность:

$$W_T = b_{no} v_{cp}, \quad (12)$$

где  $b_{по} = (ki - 1)dc + 2Mобн$  – эффективная ширина полосы обследования группой средств  $ki$ ;

$dc$  – расстояние между средствами обнаружения при поиске;

$Mобн$  – математическое ожидание дальности обнаружения;

$v_{cp} = \xi(vс + vдрг)$  – средняя относительная скорость поиска;

$vс$  и  $vдрг$  – скорости средства и объекта (ДРГ) соответственно;

$\xi$  – выбирается из таблицы 2.

**Таблица 2.** – Значения функции  $\xi$  [ $\xi$  function values]

$vс/vдрг$ или $vдрг/vс$	0,00	0,10	0,20	0,30	0,50	0,60	0,80	1,00
$\xi$	1,00	0,91	0,84	0,79	0,71	0,68	0,65	0,64

Реальная производительность поиска:

$$W_P = \frac{cS_P}{N_{дрг} \tau_n}, \quad (13)$$

где  $c$  – общее число групп, обнаруженных за время поиска;

$N_{дрг}$  – среднее количество групп террористов, находившихся в районе за время поиска;

$\tau_n$  – фактическая продолжительность поиска всеми средствами.

На основе выходных характеристик принимают решение о блокировании района нахождения противника. Если рубеж блокирования был выбран верно, то условие выполнения задачи одним подразделением по блокированию одной группы имеет вид:

$$\frac{S_1 - v_{дрг} \tau_{\delta}}{v_{дрг}} \geq 0, \quad (14)$$

где  $S_1$  – протяженность предполагаемого маршрута группы противника до вероятного рубежа блокирования;

$\tau_{\delta} = \sum_{i=1}^n \tau_i = \tau_{он} + \tau_{лс} + \tau_{ов} + \tau_{зан}$ ;  $\tau_{он}$  – время от момента обнаружения противника до подачи сигнала на приведение подразделения противодиверсионной борьбы в готовность к выполнению боевой задачи;

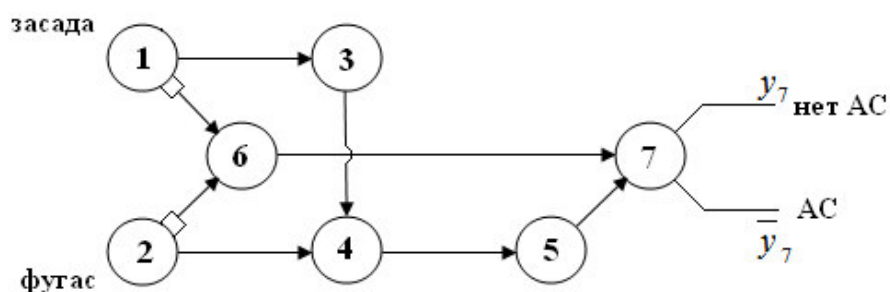
$\tau_{лс}$  – время готовности личного состава подразделения к выполнению боевой задачи;

$\tau_{ов} = k_{сум} k_{сез} k_{мест} \frac{S}{v_n}$ ;  $k_{сум}$  – коэффициент, учитывающий влияние на скорость

- движения времени суток;
- $k_{сез}$  – коэффициент, учитывающий сезонное влияние на скорость движения;
- $k_{мест}$  – коэффициент, учитывающий влияние на скорость движения характера местности;
- $S$  – расстояние (протяженность маршрута) между пунктом дислокации подразделения и планируемым рубежом блокирования;
- $v_n$  – скорость движения подразделения при нормальных условиях;
- $\tau_{зан}$  – время непосредственного развертывания подразделения на рубеже блокирования;
- $v_{ДРГ}$  – предполагаемая скорость движения противника.

Вероятность того, что условие (14) будет выполнено – является вероятностью успешного блокирования [6].

Рассчитаем вероятностные характеристики безопасности ЯЭУ на участке маршрута движения ТА и вероятность возникновения аварийной ситуации (АС), а также определить значимости и вклады каждого указанного элемента в безопасность системы в целом. Для упрощения примем во внимание ограниченное число исходных причин возникновения АС: огневое воздействие (засада); подрыв фугаса. В рассматриваемом примере для вероятностного анализа безопасности участка маршрута движения можно выделить пять элементов модели:  $X_1$  – засада ( $P_1$ );  $X_2$  – фугас на маршруте движения ( $P_2$ );  $X_3$  – технические средства разведки ( $P_3$ );  $X_4$  – безошибочные действия личного состава подразделения СО ( $P_4$ );  $X_5$  – безотказность инженерно-технических средств защиты ( $P_5$ ). Выходные интегральные функции:  $y_1$  – засада на маршруте;  $\bar{y}_1$  – нет засады;  $y_2$  – фугас;  $\bar{y}_2$  – нет фугаса;  $y_3$  – противник обнаружен;  $\bar{y}_3$  – противник не обнаружен;  $y_4$  – личный состав в готовности к немедленному отражению нападения;  $\bar{y}_4$  – личный состав не готов;  $y_5$  – ТА не выходит на участок маршрута;  $\bar{y}_5$  – ТА выходит на участок маршрута;  $y_6$  – нет исходных причин АС;  $y_7$  – нет аварийной ситуации на участке маршрута;  $\bar{y}_7$  – АС на участке маршрута. Все фрагменты условий реализации выходных функций каждым элементом объединяются в схему функциональной целостности структурной модели безопасности исследуемого участка маршрута движения (рис. 1).



**Рис. 1.** – Схема функциональной целостности структурной модели безопасности [Scheme of the functional integrity of structural safety model].

Система уравнений будет иметь вид:

$$\begin{aligned} y_1 = x_1; y_5 = x_5 y_4; \bar{y}_3 = \bar{x}_3 \bar{y}_1; y_2 = x_2; y_6 = y_1 y_2; \bar{y}_4 = \bar{x}_4 \vee \bar{y}_2; \\ y_3 = x_3 y_1; y_7 = y_6 \vee y_5; \bar{y}_5 = \bar{x}_5 \bar{y}_4; y_4 = x_4 (y_2 \vee y_3); \bar{y}_1 = \bar{x}_1; \\ \bar{y}_6 = y_1 \vee y_2; \bar{y}_2 = \bar{x}_2; \bar{y}_7 = \bar{y}_6 \vee y_5. \end{aligned} \quad (15)$$

Далее определяются вероятностные параметры элементов  $P_i$  и задаются логические критерии функционирования системы.

Критерий безопасности:

$$Y_{BO} = y_7 = \bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2 \vee x_1 \cdot x_3 \cdot x_4 \cdot x_5 \vee x_2 \cdot x_4 \cdot x_5. \quad (16)$$

Критерий возникновения АС:

$$Y_{AC} = \bar{y}_7 = x_1 \cdot \bar{x}_3 \cdot \bar{x}_2 \vee x_1 \cdot x_3 \cdot \bar{x}_4 \vee x_2 \cdot \bar{x}_4 \vee x_2 \cdot x_4 \cdot \bar{x}_5 \vee x_1 \cdot x_3 \cdot x_4 \cdot \bar{x}_5. \quad (17)$$

В (16) и (17) представлены все возможные вариации исходных опасностей, а также минимальные безопасные и аварийные последовательности событий формирования элементов. Преобразуем исходную функцию «работоспособности» системы. Тогда:

– вероятность безопасности:

$$P_{BO} = \bar{P}_1 \bar{P}_2 + P_1 P_3 P_4 P_5 \bar{P}_2 + P_2 P_4 P_5; \quad (18)$$

– вероятность АС:

$$P_{AC} = P_1 \bar{P}_3 \bar{P}_2 + P_1 P_3 \bar{P}_4 \bar{P}_2 + P_2 \bar{P}_4 + P_2 P_4 \bar{P}_5 + P_1 P_3 P_4 \bar{P}_5 \bar{P}_2. \quad (19)$$

Следующий этап - расчет системных характеристик безопасности. Подставляя в (18) и (19) значения  $P_i$  и  $\bar{P}_i$  получим вероятность безопасности участка маршрута движения.

К факторам, оказывающим влияние на вероятность уничтожения противника, относятся: принятие решения на уничтожение противника; огневая мощь (наличие тяжелого стрелкового вооружения и техники) и состояние (исправность) вооружения; характер действий противника, его боеспособность; количественное соотношение сил; характер местности; время года и суток. Наличие такого количества влияющих факторов и свойств создает объективные трудности при математизации исследуемой СО. Например, трудно определить, какие аналитические зависимости можно использовать для описания морального состояния военнослужащих [7]. В случаях отрицательного эмоционального состояния человека его боеспособность снижается в 2÷3 раза. Предлагается наряду с непосредственными потерями учитывать потери, вызываемые морально-психологическим воздействием. Величина этих потерь должна зависеть от степени подготовки личного состава подразделений в морально-психологическом отношении к ведению боя. Однако, существуют сомнения в том, что с помощью этой зависимости реальный процесс будет описываться достаточно адекватно по причине чрезвычайной малочисленности противодиверсионного подразделения. Здесь от действий каждого военнослужащего может зависеть

выполнение боевой задачи. Например, потеря 30% личного состава окажет большее влияние на моральную способность солдат к продолжению боя, чем потеря половины частей в соединении, ибо потери в подразделении происходят у них на глазах, а потерь соединения в целом они себе практически не представляют.

С целью определения боевых возможностей подразделений противодиверсионной борьбы необходимо провести расчеты по модели боевых действий. В качестве показателя боевой эффективности предлагается принять состояние и положение на местности каждой боевой единицы во временном масштабе боя, что позволяет определить ее состояние и ее местонахождение в районе боевых действий на любой момент времени.

Определяется цель боя – уничтожение у противоположной стороны (противника) максимального числа боевых единиц и выход на предполагаемый рубеж. Принимается, что при вероятности попадания в цель  $P_{\text{ип}}=0,9$  цель поражена с вероятностью  $P_{\text{пор}}=0,9$ . При  $P_{\text{пор}} \geq 0,8$  считается, что цель уничтожена. При  $0,5 \leq P_{\text{пор}} < 0,8$  цель временно выведена из строя. В остальных случаях боевая единица считается непораженной. Вероятность поражения может быть представлена как параметрическая функция:

$$P_{\text{пор}} = P_{\text{пор}}(k_{\text{жц}}, q_{\text{бз}}, B_z^{\text{mmx}}, B_Y^{\text{mmx}}, B_z^{\text{yc}}, B_Y^{\text{yc}}, k_{\phi}), \quad (20)$$

где  $k_{\text{жц}}$  – коэффициент живучести цели, зависящий от защищенности, маскировки

(использование камуфляжа и т.д.), профессиональной выучки, размеров;

$z$  – высота,  $Y$  – ширина;

$q_{\text{бз}}$  – мощность боевого заряда;

$B_z^{\text{mmx}}, B_Y^{\text{mmx}}$  – суммарные срединные отклонения по высоте и боковому направлению, зависящие от ТТХ оружия;

$B_z^{\text{yc}}, B_Y^{\text{yc}}$  – суммарные срединные отклонения, зависящие от условий применения;

$k_{\phi}$  – коэффициент фигурности цели (степень отличия формы цели от прямоугольника).

При одном выстреле вероятность поражения цели определяется по выражению [3,6]:

$$P_{\text{пор}}^1 = 0,25 \left[ \Phi\left(\frac{z/2}{B_z^{\text{mmx}}}\right) - \Phi\left(\frac{z/2}{B_z^{\text{yc}}}\right) \right] \times \left[ \Phi\left(\frac{Y/2}{B_Y^{\text{mmx}}}\right) - \Phi\left(\frac{Y/2}{B_Y^{\text{yc}}}\right) \right] \cdot k_{\phi} \cdot k_{\text{жц}}. \quad (21)$$

Здесь  $\Phi(\alpha)$  – функция нормального распределения (функция Лапласа).

При нескольких одиночных выстрелах вероятность поражения определится:

$$P_{\text{пор}}^{(n)} = 1 - (1 - P_{\text{пор}}^{(1)})^n, \quad (22)$$

где  $(1 - P_{\text{пор}}^{(1)})$  – вероятность промаха.

Для одной очереди:



$$P_{пор}^{(оч)} = 1 - (1 - P_{пор}^{неp}) \cdot (1 - P_{пор}^{noc})^n, \quad (23)$$

где  $P_{пор}^{неp}$  – вероятность поражения первой пулей;

$P_{пор}^{noc}$  – вероятность поражения последующими пулями.

Определение вероятности поражения целей автоматическим огнем по формуле (23) дает завышенные результаты, их следует уменьшить на 5–7%.

Адекватность модели будет наиболее полной, если при этом учитывается пространственный фактор. На моделях кинематики боя можно вести исследования влияния взаимного расположения подразделений, их маневра, местности, ее инженерного оборудования на эффективность боевого применения подразделения. При построении модели следует учитывать, прежде всего, вопросы темпов наступления и маневра. Так как маневр происходит на местности, которая характеризуется рельефом, покровами растительности, различными местными предметами, препятствиями и элементами инженерного оборудования, то все это должно найти в модели свое отражение. Подробное описание местности возможно, но оно приводит к резкому повышению объема исходной информации. Имеет смысл учитывать только наиболее характерные особенности, оказывающие наибольшее влияние на перемещение боевых порядков. Таким образом, модель кинематики боя описывает маршрут движения боевых групп (подразделений) наступающей стороны в сторону некоторого фиксированного рубежа выполнения задачи. Маневр в бою моделируется по принципу сведения к непрерывному измерению проходимого боевой единицей пути и дирекционного угла направления движения и вычислению на основе этих данных координат местоположения единицы на текущий момент.

В любом случае неперенным условием выполнения боевой задачи является сохранение боеспособности подразделения. Огневые возможности подразделения могут быть выражены суммарным объемом огневых задач, которые могут решаться штатными огневыми средствами.

В результате проведения исследования эффективности может быть предложено несколько вариантов СО, которые позволят решать боевые задачи с одинаковым качеством. Если обоснованные выше составы подразделений по своим боевым потенциалам равнозначны, то проводится сравнительный анализ их стоимостных характеристик по алгоритму обоснования оптимального боевого состава. Затем проводится сравнительная оценка выбранного варианта [8,9,10] с существующими СО.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Месхи, Б.Ч. и др. Пожарная безопасность ядерно- и радиационноопасных объектов [Текст] / Б.Ч. Месхи, О.В. Денисов, О.А. Губеладзе – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2014. – 162 с.
2. РД-07-01-2004. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору. Методические указания по проведению оценки физической защиты ядерно и радиационноопасных объектов по результатам проведенной инспекции. Приказ №126 от 11.10.2004 г. [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=EXP&n=337925#007041239045211478> – 5.12.2017.
3. Абчук, В.А. и др. Справочник по исследованию операций [Текст] / В.А. Абчук, Ф.А. Матвейчук, Л.П. Томашевский. – М.: Воениздат, 1979. – 368 с.

4. Сахабуудинов, Р.В. и др. Научно-методические основы обеспечения физической защиты ядерноопасных объектов. [Текст] / Р.В. Сахабуудинов, О.А. Губеладзе. – Ростов н/Д: ООО «Терра», 2006. – 153с.
5. Тараканов, К.В. Математика и вооруженная борьба [Текст] / К.В.Тараканов. – М.: Воениздат, 1974. – 240 с.
6. Губеладзе, О.А. Исследование эффективности системы физической защиты ядерноопасных объектов [Текст] / О.А. Губеладзе // Изв. вузов. Сев. – Кавк. регион. Техн. науки. – 2008. – Спецвыпуск. – С. 127–129.
7. Ушаков, И.Б. и др. Человеческий фактор в системе безопасности ядерного оружия и ядерно-энергетических установок [Текст] / И.Б. Ушаков, Б.И. Давыдов, В.Г. Зуев // Военно-теоретический журнал «Военная мысль». – 2003. – №9. – С. 25–29.
8. Денисов, О.В. и др. Комплексная безопасность населения и территорий в чрезвычайных ситуациях. Проблемы и решения: моногр. [Текст] / О.В. Денисов, О.А. Губеладзе, Б.Ч. Месхи, Ю.И. Булыгин; под общ. ред. Ю.И. Булыгина. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2016. – 278 с.
9. Губеладзе, О.А. и др. Обоснование выбора варианта военной системы [Текст] / О.А. Губеладзе, Р.В. Сахабуудинов, Р.А. Гончаров // Сборник материалов МНПК. – Ч. I. – Ростов н/Д. : РЮИ МВД России, 2006. – С. 96–99.
10. Губеладзе, О.А. и др. Организационные мероприятия по совершенствованию физической защиты ядерноопасных объектов позиционного района. Сб. научных трудов. «Проблемы обеспечения безопасности» Т. 4. [Текст] / О.А. Губеладзе, Р.А. Гончаров. – М.: Военная академия Ракетных войск стратегического назначения, 2008. – С. 62–68.

## REFERENCES

- [1] Meskhi B.Ch., Denisov O.V., Gubeladze O.A. Pozharnaya bezopasnost' yaderno- i radiatsionnoopasnykh ob'ektov. [Fire Safety of Nuclear and Radiation Hazardous Objects]. Rostov-on-Don. Pub. Don State technical university [Publishing center Don State technical university], 2014, 162 p. (in Russian)
- [2] RD-07-01-2004. Federal'naya sluzhba po ekologicheskomu, tekhnologicheskemu i atomnomu nadzoru. Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu otsenki fizicheskoy zashchity yaderno i radiatsionnoopasnykh ob'ektov po rezul'tatam provedennoy inspektsii. Prikaz №126 ot 11.10.2004 g. [Federal Service for Environmental, Technological and Nuclear Supervision. Methodical instructions on evaluating physical protection yaderno and radiation-hazardous objects by results of the carried-out inspection. Order No. 126 from 10/11/2004], Ofitsial'nyy sayt kompanii «Konsul'tant Plyus» [Official site of the Consultant Plus company], 2016. Available at: <http://consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=EXP&n=337925#007041239045211478> – 5.12.2017. (in Russian)
- [3] Abchuk V.A., Matvejchuk F.A., Tomashevskij L.P. Spravochnik po issledovaniju operacij [Reference Book on Research of Operations]. M. Pub. "Voenizdat" [literature publishing house], 1979, 368 p. (in Russian)
- [4] Sakhabudinov R.V., Gubeladze O.A. Nauchno-metodicheskie osnovy obespecheniya fizicheskoy zashchity yadernoopasnykh ob'ektov [Scientific and Methodical Bases of Ensuring Physical Protection of Nuclear-Dangerous Objects]. Rostov-on-Don. "LLC Terra " [Limited liability company "Terra"], 2006, 153 p. (in Russian)
- [5] Tarakanov K.V. Matematika i vooruzhennaja bor'ba [Mathematics and Armed Struggle]. M. "Voenizdat" [literature publishing house], 1974, p. 240. (in Russian)
- [6] Gubeladze O.A. Issledovanie effektivnosti sistema fizicheskoy zashchity yadernoopasnykh ob'ektov [Research of Physical Protection System Effectiveness of Nuclear-Dangerous Objects] [Scientific-educational and applied journal. University news north-caucasian region. Technical science series. Application], 2008, Special Issue, ISSN 0321-3005, pp. 127–129. (in Russian)
- [7] Ushakov, I.B., Davydov B.I., Zuev V.G. Chelovecheskij faktor v sisteme bezopasnosti jadernogo oruzhija i jaderno-jenergeticheskikh ustanovok [Human Factor in Security System of Nuclear Weapon and Nuclear Power Stations]. Military and theoretical magazine "Voyennaya Mysl", 2003, № 9. pp. 25–29. (in Russian)
- [8] Denisov O.V., Gubeladze O.A., Meskhi B.Ch., Bulygin Yu.I. Kompleksnaya bezopasnost' naseleniya i territoriy v chrezvychaynykh situatsiyakh [Complex Safety of the Population and Territories in Emergency Situations. Problems and Solutions]. Rostov-on-Don. Pub. "Don State technical university" [Publishing center Don State technical university], 2016, p. 278. (in Russian)

- [9] Gubeladze, O.A., Sahabudinov R.V., Goncharov R.A. Obosnovanie vybora varianta voennoj sistemy [Justification of the Choice of Military System Option] [Collection of materials of the international scientifically practical conference]. Rostov-on-Don. Pub. "Rostov legal institute of the ministry of internal affairs of the Russian federation" [Publishing center Rostov legal institute of the ministry of internal affairs of the Russian federation], 2006. pp. 96–99. (in Russian)
- [10] Gubeladze O.A., Goncharov R.A. Organizacionnye meroprijatija po sovershenstvovaniju fizicheskoj zashhity jadernoopasnyh ob'ektov pozicionnogo rajona. Sb. nauchnyh trudov. «Problemy obespechenija bezopasnost» Tom. 4. [Organizational Actions for Physical Protection Improvement of Nuclear Dangerous Objects of the Position Area. Paper scientific works. "Safety Problems" Vol. 4.] M. Pub. "Military academy of the Strategic Missile Troops" [Publishing center Military academy of the Strategic Missile Troops], 2008, pp. 62–68. (in Russian)

## **Research of the Protection System Effectiveness for a Mobile Nuclear and Radiation Hazardous Facility**

**O.A. Gubeladze<sup>\*1</sup>, A.R. Gubeladze<sup>\*\*2</sup>, S.M. Burdakov<sup>\*3</sup>**

*\* Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University "MEPhI",  
Lenin St., 73/94, Volgodonsk, Rostov region, Russia 347360*

*\*\* Don State Technical University*

*Gagarin square 1, Rostov-on-Don, Russia, 344000*

*<sup>1</sup>e-mail: buba26021966@yandex.ru*

*ORCID iD: 0000-0001-6018-4989*

*WoS ResearcherID: F-6921-2017;*

*<sup>2</sup>e-mail: buba26021966@yandex.ru*

*ORCID iD: 0000-0002-6966-6391*

*WoS ResearcherID: F-7215-2017 ;*

*<sup>3</sup>e-mail: SMBurdakov@mephi.ru*

*ORCID iD: 0000-0002-8599-6008*

*WoS ResearcherID: F-6903-2017*

**Abstract** – Transportation is one of the most dangerous processes at the stage of operation of nuclear and radiation hazardous facilities especially in the context of the possible impact of terrorist subversive groups. The aim of the work is to develop an approach to research the effectiveness of prospective system units for the protection of mobile nuclear and radiation hazardous facilities both at the site and during the route.

*Keywords:* nuclear terrorism, security system, nuclear power plants, mobile unit with a nuclear installation, transport and packaging kit.