

Интернет-журнал «Наукоедение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 9, №3 (2017) <http://naukovedenie.ru/vol9-3.php>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/06TVN317.pdf>

Статья опубликована 15.05.2017

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Назаров В.Н., Кузнецов Н.А. Влияние условий эксплуатации роботизированного снайперского комплекса на выработку целеуказаний // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №3 (2017)  
<http://naukovedenie.ru/PDF/06TVN317.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

**УДК 623.4.022 + 623.4.052.5**

**Назаров Виктор Николаевич**

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики», Россия, Санкт-Петербург  
Кандидат технических наук, доцент  
E-mail: naz\_1946@mail.ru

**Кузнецов Николай Александрович**

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики», Россия, Санкт-Петербург  
Аспирант  
E-mail: kolaynus@gmail.com

## **Влияние условий эксплуатации роботизированного снайперского комплекса на выработку целеуказаний**

**Аннотация.** В статье представлены результаты исследования влияния погрешностей метеорологических датчиков на выработку поправок к углам прицеливания роботизированного снайперского комплекса. Роботизированный снайперский комплекс предназначен для обеспечения безопасности и противодействия терроризму на охраняемых территориях и объектах. Он состоит из системы видеонаблюдения с возможностью выдачи целеуказания и модуля упреждения опасности, оборудован оптическими прицелами дневного и ночного каналов для наведения на объекты типа «мишень». Авторами рассмотрен вопрос о целесообразности ввода для него поправок к углам прицеливания из-за метеорологических условий эксплуатации и из-за погрешностей метеорологических датчиков. Для исследования изменений баллистической кривой использовался баллистический калькулятор. В результате расчетов, сравнительной оценки полученных величин и анализа эффективности стрельбы авторами был сделан вывод, что введение поправок на метеорологические условия к углам прицеливания необходимо, поправкой на погрешность выбранных для исследования метеорологических датчиков можно пренебречь.

**Ключевые слова:** условия эксплуатации; погрешность; поправка к углам прицеливания; метеорологические датчики; баллистическая кривая; роботизированный снайперский комплекс

Широкое применение в науке, технике, хозяйственной деятельности находят системы видеонаблюдения гражданского и специального назначения. Известно их использование для решения задач организации и контроля транспортных потоков в автомобильном, железнодорожном и воздушном сообщении [1].

Значительное внимание уделяется в этой области разработкам систем охраны объектов и территорий. В зависимости от вида применяемых средств защиты рассматривают ближние, средние и дальние зоны охраны.

Современный этап развития техники указанного назначения связан с необходимостью создания модулей упреждения опасностей (МУО), возникающих при несанкционированном доступе на охраняемые территории объектов типа «мишень» [2]. Примером такой разработки, состоящей из системы видеонаблюдения и модуля упреждения опасности, может служить создание роботизированного снайперского комплекса (РСК), оборудованного оптическими прицелами дневного и ночного каналов для наведения на объекты типа «мишень» [3]. Непременным условием его работы является обеспечение возможности обнаружения, распознавания и идентификации цели. Принятие решения о дальнейших действиях связано с необходимостью выработки целеуказания по контролируемому объекту.

Поэтому можно говорить о переходе к разработке концепции и созданию роботизированных комплексов охраны, включающих системы видеонаблюдения с выработкой целеуказания для модулей упреждения опасности, оборудованных устройствами управления и наведения.

Важность темы обусловлена решением Фонда перспективных исследований и Национального центра развития технологий и базовых элементов робототехники при МО РФ. Целью исследований определено создание роботизированных комплексов (систем) специального, двойного и военного назначения для обеспечения безопасности и противодействия терроризму [4].

Эффективность их использования определяется заданием вероятностных характеристик поражения цели [5]. По результатам таких исследований определяют точностные характеристики элементов комплекса и формируют методику его использования [6].

Разработаны методы линейно-угловых измерений для обеспечения работы таких роботизированных комплексов. Определение координат объекта типа мишень производится в локальной системе координат (ЛСК), связанной со средствами разведки мобильными оперативными целеуказателями полевого и/или воздушного базирования на беспилотном летательном аппарате (БПЛА).

Применение средств защиты требует перевода полученных данных целеуказания в собственную, связанную с этими средствами, ЛСК через геодезическую (глобальную) и пространственную прямоугольную системы координат. Порядок действий регламентируется требованиями государственных стандартов. По результатам этих преобразований вырабатываются прицельные данные для модулей упреждения опасности.

Одной из важных проблем, возникающих на заключительном этапе решения этой задачи, является необходимость учёта влияния метеорологических условий эксплуатации средств защиты (в случае РСК это может быть, например, винтовка СВТ) на конечный результат обеспечения безопасности (поражение цели), через выработку поправок к углам прицеливания для наведения с помощью оптических прицелов в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Методика их расчета, например, поправки в вертикальный угол прицеливания, предусматривает знание баллистического коэффициента боеприпаса (BC) или его связь со скоростями на различных дальностях [7].

$$BC = K \frac{D_2 - D_1}{\sqrt{V_1} - \sqrt{V_2}}, \quad (1)$$

где:  $K = 0,0052834$  баллистическая константа;  $V_1, V_2$  - скорость боеприпаса на дальностях  $D_2$  и  $D_1$ . Формула справедлива для стандартных метеорологических условий стрельбы (Standart Army Metro) [8]. Если эти условия отличаются от стандартных, необходимо рассчитать поправку в  $BC$  для вычисления поправок на стрельбу в баллистическом калькуляторе [9].

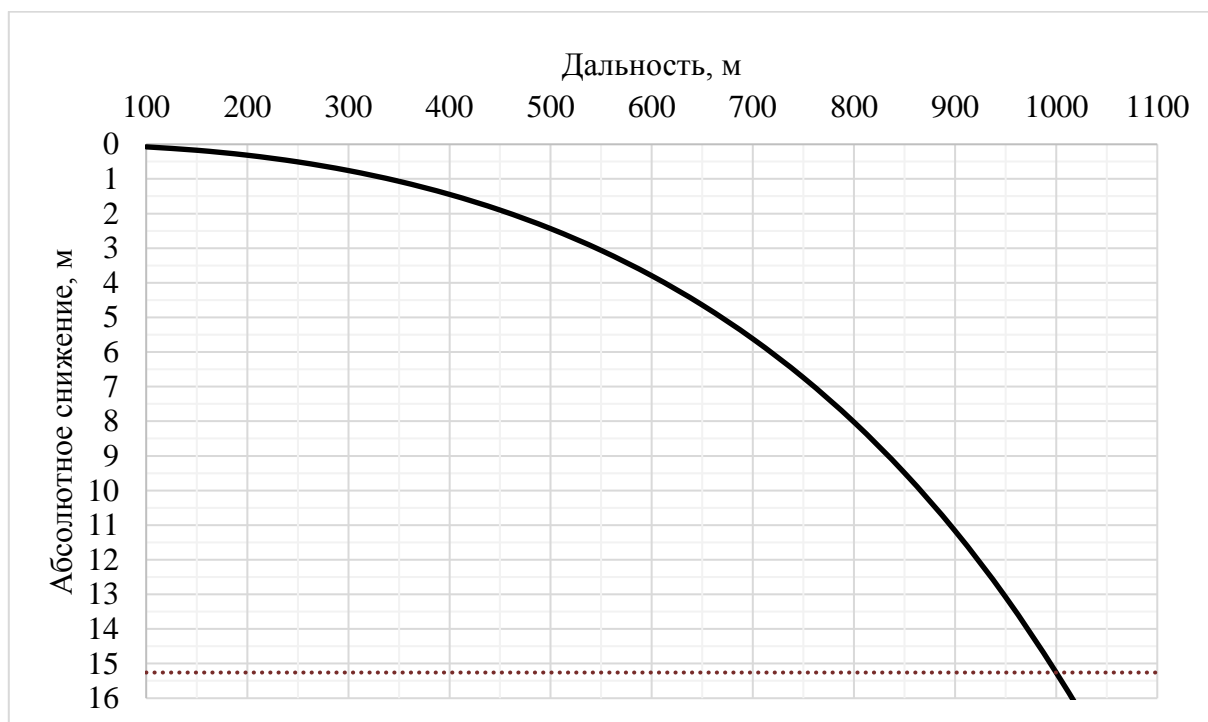
$$BC_6 = BC \cdot K_H \cdot (1 + K_T - K_P), \tag{2}$$

где:  $K_H$  - коэффициент высоты над уровнем моря,  $K_T$  - коэффициент температуры,  $K_P$  - коэффициент атмосферного давления. Коэффициент  $K_H$  является табличной величиной, коэффициенты  $K_T$  и  $K_P$  вычисляются по формулам [9].

$$K_T = \frac{1,8(T_\alpha - T_c)}{460 + T_c}, \tag{3}$$

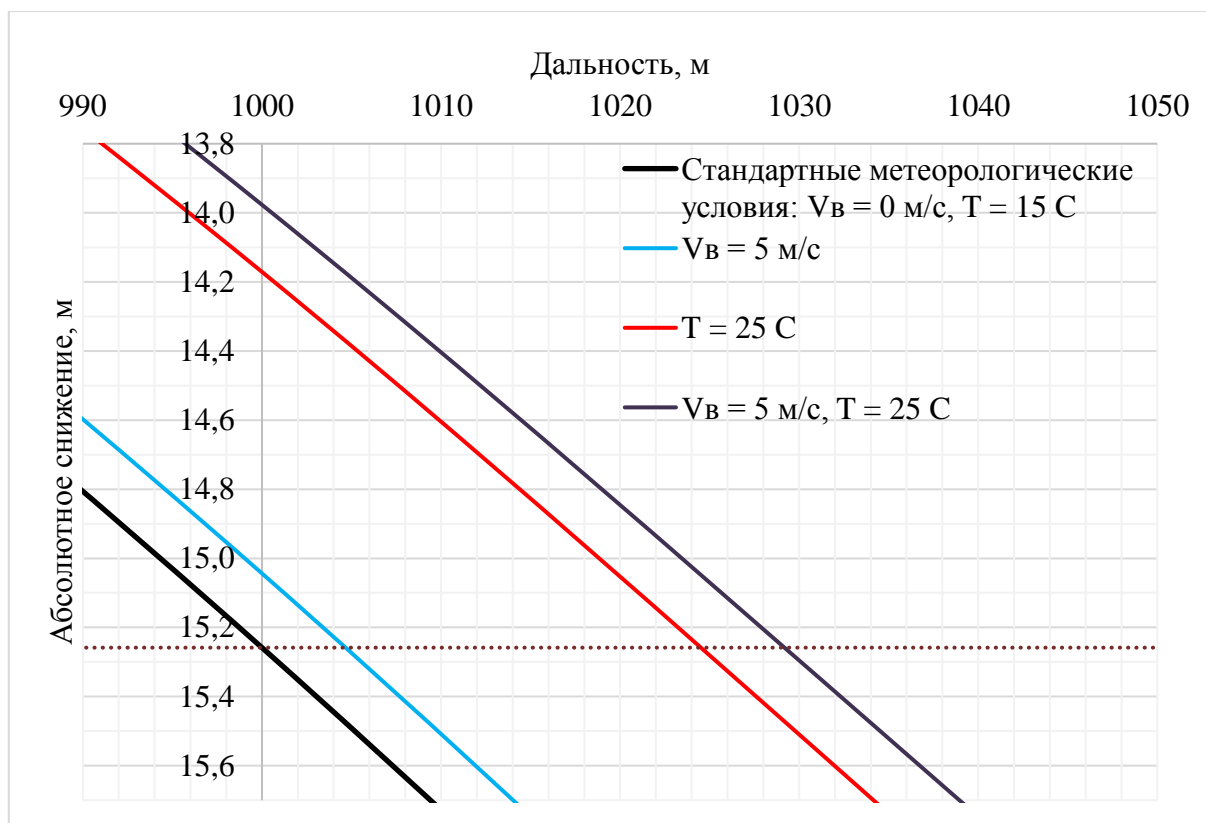
$$K_P = \frac{P_\alpha - P_c}{P_c}, \tag{4}$$

где:  $T_\alpha$  и  $P_\alpha$  - температура, °С и давление, мм. рт. ст. среды;  $T_c$  и  $P_c$  - аналогичные показатели для стандартных условий.



**Рисунок 1.** Баллистическая кривая боеприпаса 7Н1 (разработан авторами)

Баллистическую кривую (зависимость снижения траектории боеприпаса от дальности стрельбы, рис. 1) можно получить в баллистическом калькуляторе «Стрелок» для боеприпаса 7Н1 (калибр 7,62x54R) с  $BC = 0,423$  при стандартных метеорологических условиях стрельбы. Если температура среды изменяется, например, до  $T_\alpha = 25^\circ\text{C}$ , а скорость попутного ветра составляет  $V_B = 5 \text{ M/с}$ , баллистическая кривая принимает вид (рис. 2).



**Рисунок 2.** Баллистические кривые боеприпаса 7Н1 при различных метеорологических условиях (разработан авторами)

Поэтому баллистическая составляющая изменения дальности от температуры  $\sigma_{D(t)} = 24,3$  м, от ветра  $\sigma_{D(v)} = 4,5$  м. Это приводит к увеличению рассеивания точек попадания в мишень  $\sigma_{B(t,v)} = 1,11$  м. Для средства защиты типа СВТ кучность  $\sigma = 1,24'$  и для дистанции  $D = 1000$  м  $\sigma_B = 0,36$  м. Поскольку  $\sigma_{B(t,v)} > \sigma_B$ , необходима коррекция траектории. В данном случае измерение этих параметров может быть произведено датчиком температуры GC3 ( $\sigma_T = \pm 0,3^\circ\text{C}$  [10]) и датчиком скорости ветра WMT52 ( $\sigma_V = \pm 0,2$  М/с).

Исследуем влияние погрешности датчиков на баллистическую кривую. Для предельной погрешности ( $3\sigma$ ):  $\sigma_T = \pm 0,9^\circ\text{C}$ ,  $\sigma_V = \pm 0,6$  М/с. Погрешность датчика измерения скорости ветра увеличивает рассеивание точек попадания в мишень, как видно из рис. 2, на 2,5 см, а датчика температуры - на 9,1 см. Суммарное увеличение рассеивания точек попадания в мишень  $\sigma_{B(t,v)} = 9,5$  см.

Произведем оценку влияния погрешности датчиков на эффективность стрельбы, сравнив расход боеприпасов винтовки с установленным прицелом в случае измерения метеорологических условий «идеальными» датчиками и реальными датчиками по алгоритму, приведенному в [11]. Начальные условия: мишень, радиусом  $R = 1$  м, для поражения которой необходимо 2 попадания с заданной вероятностью поражения  $P = 0,997$ . Расчеты показывают, что количество выстрелов, необходимое для поражения мишени, остается неизменным. Уменьшение вероятности попадания в мишень составляет 0,4%.

В таблице 1 представлены сравнительные характеристики полученных результатов исследования указанных погрешностей.

**Таблица 1**

**Погрешности комплекса «винтовка + прицел + метеорологические датчики»  
(составлена авторами)**

D, м	$\sigma_{\text{СВТ}}$ , см	$\sigma_{\text{ПР}}$ , см	$\sigma_{\text{М}}$ , см	$\sigma_{\text{СВТ+ПР}}$ , см	$\sigma_{\text{СВТ+ПР+М}}$ , см
1000	36	18	9,5	40,2	41,3

Вклад погрешности датчиков в систему «винтовка + прицел» на дистанции 1000 м составляет 2,7%. Влияние погрешности метеорологических датчиков ( $\sigma_{\text{М}}$ ) составляет 26% от погрешности винтовки. Следует помнить, что на погрешность для прицела ( $\sigma_{\text{ПР}}$ ) отводится до 50% погрешности винтовки, что в предельном случае увеличивает их общую погрешность на 10% от погрешности винтовки, как показано в формуле (5). Результаты расчетов указанных погрешностей представлены в таблице 1.

$$\sigma_{\text{СВТ+ПР}} = \sqrt{\sigma_{\text{СВТ}}^2 + \sigma_{\text{ПР}}^2} \leq 1,1\sigma_{\text{СВТ}} \quad (5)$$

Полученные результаты показывают, что выбранные датчики применимы для работы в составе МУО для вычисления поправок в углы прицеливания на метеорологические условия стрельбы. Влияние их погрешностей на баллистическую кривую достаточно мало, поэтому в данном случае им можно пренебречь.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Пескин А.Е. Системы видеонаблюдения. Основы построения, проектирования и эксплуатации. М.: Горячая линия, Телеком, 2013. 215 с.
2. Леонов М.Б., Назаров В.Н. Концептуальная модель охранной системы видеонаблюдения с модулем упреждения опасности // Изв. вузов. Приборостроение, 2015. Т.58, №5. С. 380-384.
3. Леонов М.Б., Назаров В.Н. Концептуальная модель современной системы видеонаблюдения с автоматизированным снайперским комплексом // XI Международная конференция «Прикладная оптика - 2014. Сборник трудов конференции». 2014. Т.1. С. 100-104.
4. Кононов А.И. Фонд перспективных исследований // Национальная оборона. 2016. №10. С. 1-6.
5. Леонов М.Б., Назаров В.Н. Математическая модель модуля упреждения опасности в системе видеонаблюдения // Изв. вузов. Приборостроение. 2016. Т59. №3. С. 189-196.
6. Кузнецов Н.А., Леонов М.Б. Разработка механизма наведения автоматизированной системы видеонаблюдения // Сборник трудов V Всероссийского конгресса молодых ученых. 2016. Т.1. С. 3-6.
7. Pejsa A.J. Modern Practical Ballistics. Kenwood Pub., 1991, 191 p.
8. Борисов И. Баллистический коэффициент на охоте // Калибр. 2002. №7-8. С. 34-38.
9. Борисов И. Определение баллистического коэффициента в российских условиях // Калибр. 2002. №1. С. 34-38.
10. GC. Ex series MELA-Humidity-temperature sensors. URL: [https://www.galltec-mela.de/productsheet/humidity-and-temperature-sensor-with-atex-certificatetypes-ksex-gsex/cex/c48\\_en.pdf](https://www.galltec-mela.de/productsheet/humidity-and-temperature-sensor-with-atex-certificatetypes-ksex-gsex/cex/c48_en.pdf) (дата обращения: 15.04.2015).
11. Леонов, М.Б. Методы линейно-угловых измерений для целеуказания в системах видеонаблюдения: дисс. ... канд. техн. наук: 05.11.01 - СПб., 2016. с. 103-105.

**Kuznetsov Nikolay Alexandrovich**

Saint-Petersburg national research university of information technologies, mechanics and optics, Russia, Saint-Petersburg  
E-mail: kolaynus@gmail.com

**Nazarov Viktor Nikolaevich**

Saint-Petersburg national research university of information technologies, mechanics and optics, Russia, Saint-Petersburg  
E-mail: naz\_1946@mail.ru

## **Influences of operating conditions of a robotic sniper complex on issuing of target designations**

**Abstract.** The results of research of the effect of measurement errors meteorological sensors on making of corrections to the angles of sight of a robotic sniper complex is offered in this work. The robotic sniper complex is designed to ensure security and counter-terrorism in protected areas and objects. It consists of a video surveillance system with the possibility of issuing target designation and hazard warning module, equipped with optical sights of day and night channels for targeting objects of the "target" type. The authors considered the question of the expediency of entering corrections to the angles of sight for it, because of meteorological conditions of operation and the measurement errors of the meteorological sensors. Ballistic calculator was used to research changes of the ballistic curve. As a result of calculations, a comparative evaluation of the obtained values and an analysis of the effectiveness of the shooting, the authors concluded that the entering corrections to the angles of aiming on the meteorological conditions is necessary, and the measurement errors correction of the metrological sensors can be ignore, which had chosen for the research.

**Keywords:** operating conditions; measurement error; correction to the angles of sight; meteorological sensors; ballistic curve; robotic sniper complex