

Анипко О.Б., Бирюков И.Ю.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ РАЗРАБОТКИ И СОЗДАНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ
ОПТИКО-АКУСТИЧЕСКОЙ ПОДСИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ НАЗЕМНЫХ ЦЕЛЕЙ
ОБЪЕКТАМИ БРОНЕТЕХНИКИ**

В комплексе проблем обеспечения защищенности тактических объектов от внезапного нападения одно из ведущих мест занимает проблема своевременного обнаружения сил и средств нападения, определения их характера, местоположения и параметров движения в интересах обеспечения своевременного ввода в действие и эффективного использования сил и средств борьбы с ними [1].

В сухопутной компоненте эффективных сил общего назначения, независимо от масштабов формирования, бронетанковое вооружение составляет основу боевых возможностей [2]. Главная особенность бронетанковой техники (БТТ) заключается в рациональном сочетании огневой мощи, защищенности и подвижности, что дает им принципиально новые возможности по своевременному обнаружению типовых целей, определения их характера и местоположения для поражения вооружением БТТ [3,4].

Современный этап развития объектов бронетехники характеризуется несоответствием дальности обнаружения наземных типовых целей с помощью устанавливаемых оптических и инфракрасных приборов и дальности стрельбы соответствующего вооружения. Так для танков дальность стрельбы бронебойно-подкалиберным снарядом, в том числе с использованием дальномера, превышает 3000 м, а управляемой ракетой, выстреливаемой через ствол, – 5000 м. При этом дальность визуального обнаружения целей не превышает 2000–2500 м в пределах времени, соизмеримого с производительностью механизма заряжания. В свою очередь РЛС позволяет обнаруживать цели на дальностях до 10–12 км однако, это относится не к наземным целям [5].

Возможное увеличение дальности эффективного обнаружения целей до 5000 м ведет к существенному росту времени обнаружения, что в условиях применения противоборствующей стороной более эффективных средств разведки приводит к опережающему применению этой стороной оружия и, в конечном итоге, к тому, что до применения собственного оружия объект БТТ сам становится целью и подвергается воздействию поражающих факторов.

Поэтому увеличение дальности обнаружения цели вскрывает противоречие между последней и дальностью эффективной стрельбы. Это приводит к необходимости усовершенствования вооружения, и в первую очередь разведки целей.

Кроме того, ввиду непрерывного возрастания скрытности действий войск, одной из важнейших технических проблем является своевременное обнаружение (поиск) неподвижных целей на поле боя [6], при этом возмущения, генерируемые ими, звук, движение, тепловая энергия и оптическая контрастность, представляются основными признаками их обнаружения и своевременного уничтожения.

Таким образом, комплекс разведки представляется как синтез оптических, акустического, тепловизионного и радиолокационного приборов (каналов), каждый из которых решает задачу обнаружения наземной цели на определенной дальности (рис. 1).

В связи с этим, для решения противоречия, возникает задача разработки комплексной оптико-акустической подсистемы обнаружения наземных целей с работающим двигателем – как основным источником акустических возмущений [7].

Для решения этой актуальной проблемы предлагается создание акустической модели дополнительной оптико-акустической системы разведки наземных целей для их обнаружения и распознавания.

Созданное сегодня на базе микроэлектроники, оптоэлектроники, радиотехники и компьютерной техники весьма могущественное высокоточное оружие (ВТО) способно, благодаря эффективному информационному обеспечению с использованием спутниковых систем, точно выйти к цели, автоматически распознать и надежно поразить ее [1,4,5,8].

Используя физический принцип построения аппаратуры разведки целей, ее разделяют на оптическую, оптико-электронную, радиоэлектронную, радиотепловую, гидроакустическую, акустическую, химическую, радиационную, сейсмическую, магнитометрическую и компьютерную [9].

Как правило, наземная разведка ведется невооруженным глазом с использованием оптических и инфракрасных средств, фотографированием, радиолокационными и звукометрическими станциями на ближних расстояниях [10]. Воздушная разведка ведется с вертолетов, БПЛА, обычно с малых высот, только визуальным наблюдением, а с самолетов – визуальным наблюдением, фотографированием, с помощью радиолокационных станций и инфракрасных средств [11–13].

В зависимости от вероятности обнаружения цели в области пространства строятся зоны обнаружения

(рис. 2).

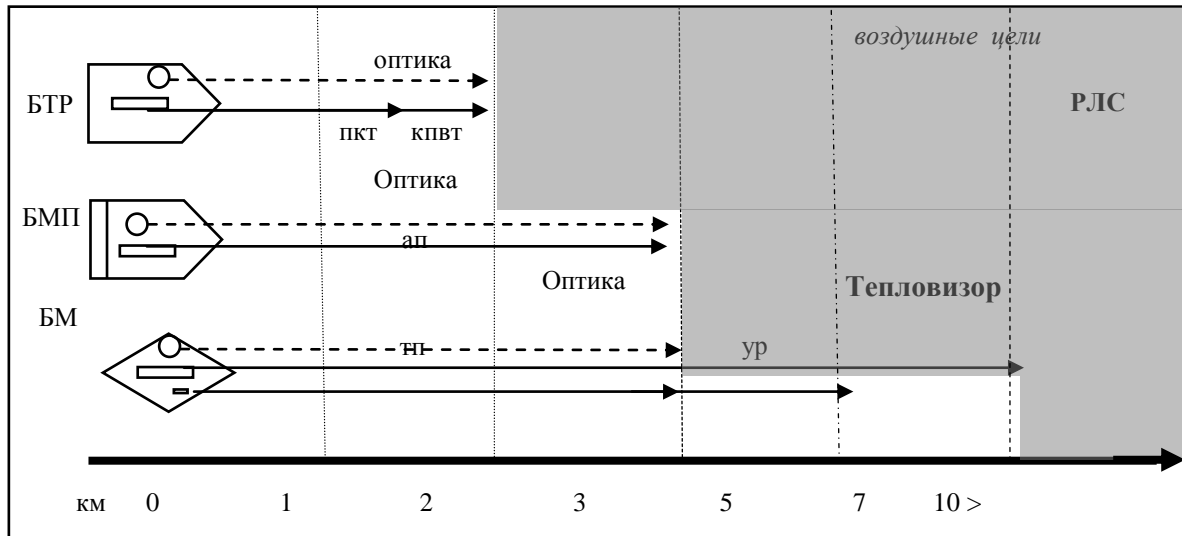


Рисунок 1 – К определению номенклатуры приборов и дальности поиска и разведки целей

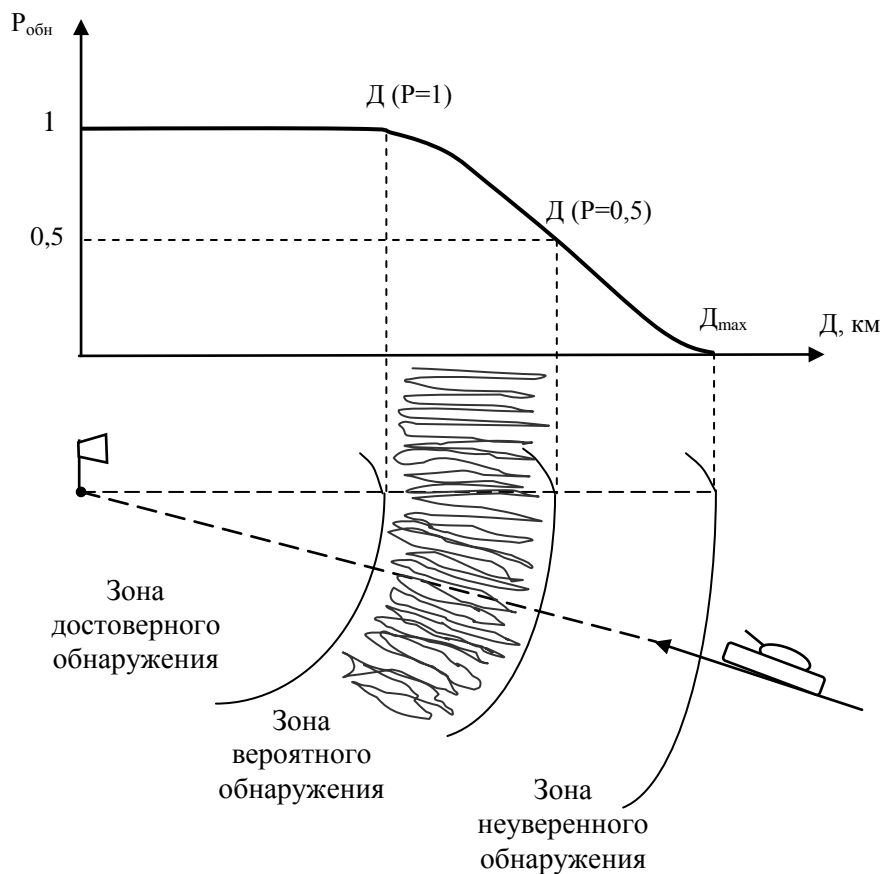


Рисунок 2 – Схема, поясняющая интегральные зависимости обнаружения

Несмотря на маскировку целей, главным фактором их обнаружения остается статическое или динамическое состояние. Подвижные и малоподвижные цели обнаружить гораздо легче, чем неподвижные. Более того, нужно отметить тот факт, что пока цель не начнет движение обнаружить ее очень проблематично, несмотря на такие демаскирующие ее свойства как акустические возмущения и тепловое излучение [7].

Оптическая система должна обладать большим полем зрения, удобным для поиска цели, и одновременно значительным увеличением, позволяющим надежно различать мелкие детали объектов. Удовлетворить оба поставленных требования не представляется возможным, так как они взаимно исключают друг друга. Приемлемым оказалось компромиссное решение. В оптических приборах создали сменное увеличение, т.е. применили панкреатическую оптику, которая плавно изменяет масштаб изображения [14,15].

Одним из физических методов обнаружения наземных целей является акустический, который в настоящее время используется не в полной мере.

Акустические системы разведки, получающие информацию путем приема и анализа акустических сигналов инфразвукового, звукового, ультразвукового диапазонов, распространяющихся в воздушной среде от объектов разведки, получили свое применение в середине прошлого века и использовались для оповещения о воздушных целях [7]. С развитием радиолокационной техники и созданием радиолокационных станций (РЛС) интерес к акустическим системам разведки воздушных целей постепенно снизился.

Для осуществления акустической разведки наземных целей, кроме приборов необходимо располагать данными об особенностях акустических полей, генерируемых целями, для их распознавания с последующим обнаружением в узком секторе оптическими приборами изображения [16–18].

Обнаружение подвижных целей не вызывает проблем. Однако проблематичным является обнаружение неподвижных целей в дневное время суток. При этом для неподвижных целей характерно, что двигатель (силовая установка) могут быть включены для обеспечения работы механизмов заряжания ствольных систем, их наведения, механизмов поворота башни, радиостанций или находиться в не рабочем состоянии.

Поэтому проблему своевременного обнаружения неподвижных целей необходимо решать путем создания комплексной системы, применяя акустический принцип обнаружения возмущений от работающего оборудования и оптической фильтрации цифрового изображения, полученного в результате сканирования местности.

Комплексная оптико-акустическая дополнительная подсистема обнаружения наземных целей позволит сузить область обнаружения целей, снизить время для их обнаружения и увеличить дальность их обнаружения.

Для этого необходимо решить следующие задачи.

1. Акустические:

- идентификация типовых наземных целей;
- разработать требования к бортовому приемнику акустических возмущений;
- акустическая разведка с помощью установленных датчиков.

2. Оптические:

- разработать метод дифференцирования изображения объекта на фоне местности (контрастирование) на основе цветной фильтрации;
- решить задачу определения границы между объектами и существующим фоном (контрастировать объект).

Поэтому для повышения поисковых возможностей войск разработана структура вспомогательной системы обнаружения наземных целей, которая состоит из акустического и оптического модулей.

Ключевым моментом акустического модуля дополнительной системы разведки для обнаружения целей является создание информационного блока, содержащего акустические портреты целей [19], что позволит решить главную проблемную задачу обнаружения, распознавания и дальнейшей идентификации наземных типовых целей.

Так экспериментально, с помощью прибора "Шум-1М", были определены акустические портреты объектов отечественной бронетехники БТР-60ПБ, БТР-80, БТР-4, БМ "Оплот", "Булат". Эти данные составляют фактическую основу для системы акустической разведки целей, которая может быть использована на объектах бронетехники [20–25].

Основные требования, предъявляемые к пеленгационным установкам заключены в шести параметрах: точность определения направления, рабочее время системы, длительность и интенсивность регистрируемых сигналов, высокогабаритные характеристики, возможность размещения на платформах различного назначения, стоимостные показатели. Наиболее оптимальным с этих позиций для пеленгования акустических сигналов в атмосфере является фазовый метод, который обеспечивает достаточную точность пеленгования, при сравнительно небольшой базе равной одному – полутора метрам, достаточно легко реализуем, позволяет регистрировать импульсные и длительные сигналы, а рабочее время устройства, реализующего фазовый метод, определяется быстродействием систем обработки принятого сигнала [26].

Математическое и программное обеспечение процесса поиска целей реализуют вычисления пеленга

на источник звука в полярных координатах, как относительно диаметра боевой машины (танка) так и азимутальном направлении, относительно географического севера (рис. 3).

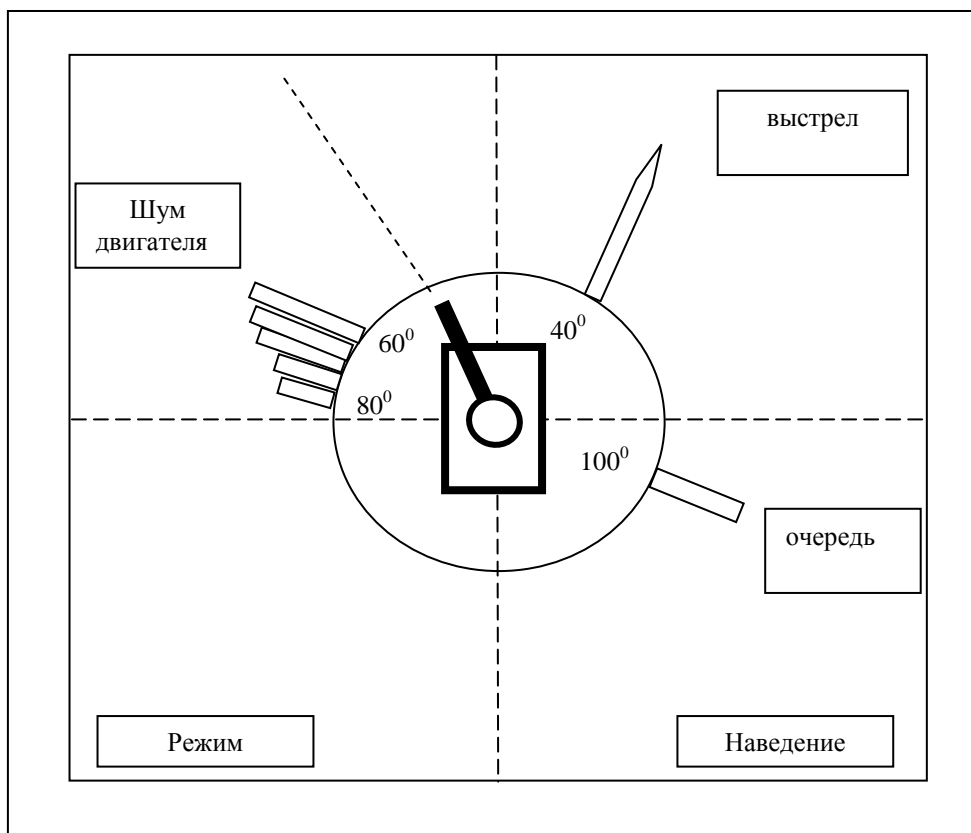


Рисунок 3 – Интерфейс блока индикации

Здесь изображен режим работы, когда картина отображается относительно диаметральной плоскости боевой машины. В центре индикатора изображены корпус машин и башня с индикацией стороны и угла разворота. Внутренний круг вокруг машины разделен на две части: красную (левую) и зеленую (правую). Относительно этого круга появляются амплитудные засветки, величина которых пропорциональна величине (интенсивности принятого сигнала). Это направление является осредненным, полученным в результате измерения с двух смежных акустических баз. Рядом с амплитудной засветкой сразу же высвечивается классификационный формуляр цели, который производится по алгоритмам идентификации целей процессором. Возможные (основные) варианты классификации целей: «орудийный выстрел», «длинная очередь», «короткая очередь», «шум двигателя», «вертолет».

После прекращения действия звукового сигнала на экране индикатора формуляр меняет интенсивность свечения, а амплитудная отметка сохраняется в течение половины, одной, двух, трех минут в зависимости от режима работы выбранного оператором. Угловое значение направления на источник звука в цифрах отображается на внутренней части центрального круга.

В случае если акустическая цель будет наблюдаться в течение длительного времени, то по мере изменения направления на нее, будет изменяться положение и величина (высота) амплитудной отметки (чем сильнее сигнал тем она больше и наоборот). Одновременно с этим изменяются и цифровые показания направления на источник звука на шкале внутреннего круга.

Экран индикатора интерактивный. По нажатию оператором на одну из наблюдаемых целей, на экране происходит ее подсветка, которая сигнализирует о том, что именно в сторону этой акустической цели будет происходить разворот орудийной башни, после нажатия оператором интерактивной иконки «наведение». В этом случае сигнал с процессора через цифроаналоговый преобразователь (ЦАП) и согласующее устройство (СУ) поступает на привод разворота орудийной башни [27].

Интерактивная иконка «режим» предназначена для выбора режима работы индикаторного устройства и обращение к субблоку памяти процессора, в котором остаются данные как о направлении и времени прихода акустического сигнала, так и о его спектральных характеристиках.

Таким образом структурная схема устройства регистрации акустических (шумящих) объектов состоит из четырех блоков:

- антенного, располагающегося по периметру башни;
- фазоизмерительного, обеспечивающего измерения разности фаз приходящего акустического сигнала между двумя микрофонами одной акустической базы;
- блока обработки сигналов, управления и индикации, осуществляющего определение направления на источник звука, его идентификацию и выдачу управляющих сигналов на разворот башни в направлении акустической цели;
- блока питания, обеспечивающего работу трех предыдущих.

Основные технические требования к устройству регистрации акустических (шумящих) объектов, устанавливаемых на бронетехники следующие. Точность пеленгования от 2 до 12 градусов. Работное время только по регистрации, идентификации и индикации – 1 секунда, с наведением орудия в направлении на акустическую цель до 3 секунд. Минимальная длительность регистрируемых сигналов до 0,1 секунды величиной $0,5 \cdot 10^{-5}$ Па при соответствующей помеховой обстановке (уровень фона $2 \cdot 10^{-5}$ Па). Система должна размещаться на подвижных и стационарных платформах имеющих артиллерийское вооружение [26–27].

Другой задачей оптической разведки по обнаружению целей является фильтрация объектов для их обнаружения на основе повышения контрастности изображения, путем сканирования местности.

При удалении цели от наблюдателя ее угловой размер остается постоянным, а различия яркостного контраста, цвета цели и фона сглаживаются. Причиной уменьшения яркостного и цветового контраста является не абсолютная прозрачность атмосферы.

Теоретически, если по спектральным и фактурным свойствам замаскированный объект полностью и точно совпадает с фоном, можно считать, что он полностью скрыт. В действительности же при выполнении маскировки такого полного совпадения достигнуть невозможно, хотя и удается замаскировать объект так хорошо, что наблюдателю противника не удается его обнаружить [28].

Эффект маскировки достигается тем, что обнаружение объекта человеческим глазом в видимом спектре ограничено и совсем невозможно в невидимых частях спектра, и при наличии постоянного фильтра – воздушной дымки. Поэтому наблюдателю надо увеличить порог контрастной чувствительности между объектом и существующим фоном. Чем больше окажется величина достигнутого контраста, тем легче обнаружить цель и наоборот. Считают, что для уверенного различия объекта надо увеличить его контраст с фоном не менее чем в 10 раз по сравнению с порогом контрастной чувствительности (довести контраст до величины 0,20).

Для решения этой задачи предлагается применить светофильтры, демаскирующие в видимом спектре (цветоконтрастные светофильтры), при этом ухудшение видимости объекта приведет к увеличению его контрастности.

Известно, что человеческий глаз не воспринимает цветов спектра, соответствующих длинам волн $> 680 \text{ м}\mu$, из-за ничтожно малой чувствительности глаза в этой области. Поэтому применяются полимеры, подобранные под остальную часть видимого спектра.

Для демаскировки таких покрытий применяют цветоконтрастные светофильтры, кривая спектрального пропускания которых показана на рис. 4.

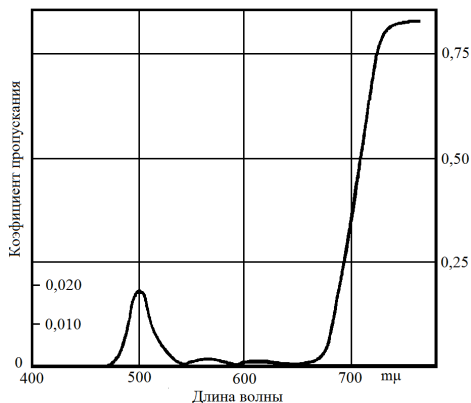


Рисунок 4 – Спектральная кривая пропускания цветоконтрастных светофильтров для зелени
 На рисунке 4 масштаб коэффициента пропускания для волн короче $680 \text{ м}\mu$ увеличен в 10 раз. Такие

фильтры, имеющие толщину 2,5 мм, хорошо пропускают крайнюю красную часть спектра с волнами > 680 *тм*, а также в середине видимого спектра в области зеленых тонов около 500 *тм*.

При этом солнечный свет, отраженный от естественной зелени и пропущенный через такой фильтр, будет состоять из двух спектральных участков – зеленого и красного. Смесь этих излучений придает естественной зелени, при рассматривании ее через светофильтр, буро-красный цвет, а обычные зеленые краски будут продолжать казаться зелеными. Поэтому, если объект окрашен обычной зеленой краской и поставлен на фоне зеленого фона местности, то при наблюдении через цветоконтрастный светофильтр описанного типа объект будет обнаружен, в то время, как невооруженный глаз не смог бы его различить на этом фоне.

Таким образом, путем сканирования местности имеющимися оптическими приборами оптической разведки и наблюдения с использованием дополнительных светофильтров, используя фильтрацию объектов [29–30], на основе повышения контрастности их изображения будет решена проблема своевременного обнаружения и идентификации наземных типовых целей.

Выводы. По акустической части в публикациях приведены научные теоретические и экспериментальные результаты исследований, которые определяют основы дополнительной акустической системы. Однако в области оптики нужны еще дополнительные теоретические, экспериментальные исследования и программное обеспечение, которые позволят в реальное время контрастировать объекты на фоне сканируемой местности.

Литература

1. Бусяк Ю.М., Анипко О.Б., Заозерский В.В. От конкуренции – к интеграции: перспективные направления сотрудничества со странами НАТО в области бронетанковых и артиллерийских систем вооружения // *Збірник наукових праць ХУПС*. – 2006 – 2(8) – С. 37–39.
2. Матенко О.К. "Булат" у стилі "модерн" // *Військо України*. – 2005. – №10. – С. 12–15.
3. Брилев О.Н., Лосик О.А. "Имеют ли танки будущее?" // *Техника и вооружение*. – 2005. – №12. – С. 2–7.
4. Борисюк М.Д., Бусяк Ю.М., Магераров Л.К. Модернизация танкового парка сухопутных войск – насущная задача в процессе реформирования вооруженных сил Украины // *Интегрированные технологии и энергосбережение*. – 2005. – №2. – С. 101–104.
5. Анипко О.Б., Борисюк М.Д., Бусяк Ю.М. Концептуальное проектирование объектов бронетанковой техники. Монография. Х.: НТУ "ХПИ". – 2008. – 196 с.
6. Абчук В.А., Суздаль В.Г. Поиск объектов. М.: Советское радио, 1977.
7. Анипко О.Б., Бірюков И.Ю., Бусяк Ю.М. Комплексная проблема поиска и обнаружения наземных целей для поражения вооружением, установленным на объектах бронетехники. // *Сборник научных трудов АВВ МВС Украины*. – Вып. № 2(18). – Х., 2011. – С. 24–31.
8. Горбунов В.А. Эффективность обнаружения целей. М. Воен. Изд., 1979 – 160 с.
9. Меньшаков Ю.К. Защита информации от технических средств разведки. М.: Российский государственный гуманитарный университет, 2002. – 399 с.
10. Бекетов А.А., Белоконов А.П., Чермашенцев С.Г. Маскировка действий подразделений СВ. М.: Воен. Изд., 1976 – 140 с.
11. Анипко О.Б., Украинцев Е.А. Показатель инфракрасной заметности боевых летательных аппаратов для оценки влияния конструктивно-компоновочных решений на заметность. // *Интегрированные технологии и энергосбережение*. – Вып. № 2. – Х., 2009. – С. 100–103.
12. Рассеяние электромагнитных волн воздушными и наземными радиолокационными объектами: монография / О.И. Сухаревский, В.А. Василец, С.В. Кукобко и др.; под ред. О.И. Сухаревского. – Х.: ХУПС, 2009. – 487 с.
13. Матусевич А.Н. Советские беспилотные самолеты-разведчики первого поколения. М.: АСТ., 2002 – 48 с.
14. Разумовский И.Т. Оптика на военной службе. М.: Изд. ДОСААФ СССР, 1980. – 96 с.
15. Кулагин С.В., Гоменюк А.С., Дикарев В.Н. и др. Опτικο-механические приборы – 2 изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1984. – 352 с.
16. Грінченко В.Т., Вовк І.В., Мацапура В.Т. Основы акустики. К.: Наукова думка, 2007. – 640 с.

17. Урих Р.Д. Основы гидроакустики. Пер. с англ. – Л.: Судостроение, 1978 – 448 с.
18. Евтюттов А.П., Колесников А.Е., Корепин Е.А. и др. Справочник по гидроакустике – 2 изд., перераб. и доп. Л.: Судостроение, 1988 – 552 с.
19. Анипко О.Б., Бирюков И.Ю., Бусяк Ю.М. Звуковые портреты объектов бронетехники для обнаружения и распознавания целей. // Интегрированные технологии и энергосбережение. – Вып. № 3. – Х., 2011. – С. 31–36.
20. Паспорт и техническое описание шумомера “ШУМ – 1М”. ГОСТ 17187 - 71. 17с.
21. Техническое описание и инструкция по эксплуатации бронетранспортера БТР-60ПБ. Воениздат. 1974. – 240 с.
22. Техническое описание и инструкция по эксплуатации бронетранспортера БТР-70. Воениздат. 1980. – 560 с.
23. Техническое описание и инструкция по эксплуатации бронетранспортера БТР-80. Воениздат, (часть № 1). 1989. – 280 с.
24. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Объект 447А (437А). Книга 2.– М.: Военное издательство, 1985 – 743 с.
25. Вовк И.В. Гринченко В.Т. Звук, рожденный потоком. К.: Научная мысль, 2010. – 221 с.
26. Анипко О.Б., Бирюков И.Ю., Дивизинюк М.М. Акустические свойства атмосферы. // Сборник научных трудов СНУЯЭиП. – Вып. 4(36). – Севастополь, 2010. – С. 239–244.
27. Анипко О.Б., Бирюков И.Ю., Малик В.А., Григорьева В.Н. Энергетическая дальность обнаружения шумящих объектов. // Сборник научных трудов СНУЯЭиП. – Вып. 1(37). – Севастополь, 2011. – С. 231–236.
28. Левитин И.Б. Видимость и маскировка кораблей. М: Воен. Изд., 1949 – 148 с.
29. Дж. Ту, Гонсалес Р. Принцип распознавания образов. М.: Изд. “Мир”, 1978 – 414 с.
30. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2005 – 1071 с.

УДК 355.40; 534.79; 623.44

Аніпко О.Б., Бірюков І.Ю.

ФІЗИЧНІ ПРИНЦИПИ РОЗРОБКИ ТА ПОБУДОВИ КОМПЛЕКСНОЇ ОПТИКО-АКУСТИЧНОЇ ПІДСИСТЕМИ ЗНАХОДЖЕННЯ НАЗЕМНИХ ЦІЛЕЙ ОБ’ЄКТАМИ БРОНЬОВАНОЇ ТЕХНІКИ

Розглянута проблема розробки та побудови комплексної оптико-акустичної підсистеми знаходження наземних цілей об’єктами броньованої техніки.

Anipko O., Birukov I.

PHYSICAL PRINCIPLES OF AN INTEGRATED OPTO-ACOUSTIC DETECTION OF GROUND TARGETS ARMORED OBJECTS

The problem of opto-acoustic subsystem of ground targets finding by armored vehicles designing and structure is developed.