

УДК 623.4.01:623.775

**Н. Н. КОЛЧИГИН,***доктор физико-математических наук,  
профессор, заведующий кафедрой,***В. Н. БЫКОВ,** *доктор физико-математических наук, профессор,***Д. Д. ИВАНЧЕНКО***(Харьковский национальный университет  
им. В. Н. Каразина),***В. В. ГЛЕБОВ,** *доктор технических наук,  
заместитель Главного конструктора,***Ю. И. ДЕВЯТИЛОВ,** *ведущий конструктор,***С. А. РОЛЕНКО,** *начальник отдела**(ГП Харьковское конструкторское бюро  
машиностроения им. А. А. Морозова),***А. М. ГРИЧАНЮК,** *кандидат технических наук  
(Харьковский университет Воздушных Сил им.  
Ивана Кожедуба)*

## Экспериментальные исследования индивидуальных широкополосных маскировочных комплектов

*Изложены результаты экспериментальных исследований макетных образцов индивидуальных широкополосных маскировочных комплектов. Приведен объем исследований, методы и средства оценки характеристик в различных диапазонах длин волн. Подтверждена эффективность применения индивидуального широкополосного маскировочного комплекта на объектах бронетехники. Определены направления дальнейших работ.*

**Ключевые слова:** *исследование, объект, маскировочный комплект, метод, диапазон длин волн, фон, контраст, оценка.*

*Наведені результати експериментальних досліджень макетних зразків індивідуальних широкополосних маскувальних комплектів. Наведено обсяг досліджень, методи та засоби оцінки характеристик у різних діапазонах довжин хвиль. Підтверджено ефективність застосування індивідуального широкополосного маскувального комплекту на об'єктах бронетехніки. Визначені напрями подальших робіт.*

**Ключові слова:** *дослідження, об'єкт, маскувальний комплект, метод, діапазон довжин хвиль, тло, контраст, оцінка.*

Опыт локальных войн и вооруженных конфликтов последних лет показывает, что применение средств маскировки позволяет значительно повысить живучесть войск, военных объектов и сохранить их боеготовность, а также достичь внезапности действий частей и подразделений. При этом затраты не превышают одного процента от стоимости защищаемых образцов [1].

Одним из способов маскировки – средством снижения уровня заметности объектов бронетанковой техники (БТТ) – является применение индивидуальных широкополосных маскировочных комплектов (ИШМК), которые не только изменяют внешний облик защищаемого объекта, но и обеспечивают уменьшение контраста с фоном в оптическом, тепловом и радиолокационном диапазонах спектра. Конструкция ИШМК должна обеспечивать маскировку объекта как на стоянке, так и в движении.

Оценка эффективности ИШМК является необходимой составляющей процесса разработки изделия, подтверждением правильности выбранного направления.

Работы по созданию маскирующих покрытий для наземной мобильной техники проводятся в России, Германии, США, Франции и других странах. Для снижения заметности техники в широком диапазоне спектра получили распространение маскировочные сети со специальными характеристиками, в том числе входящие в индивидуальный комплект защищаемого объекта (рис. 1).

Учитывая отсутствие на Украине соответствующих полигонов и оборудования для измерения характеристик объектов в различных диапазонах длин волн, отечественными учёными и специалистами были разработаны специальные методы измерения и аппаратные средства для проведения натурных испытаний маскировочных покрытий [2–5].

Математическое моделирование измерений коэффициента отражения в свободном пространстве с учетом реального распределения электромагнитных полей позволило оценить влияние параметров используемого оборудования на точность измерений и определить погрешность измерений, связанную с пространственной неоднородностью отраженного поля [5].

Важной является оценка характеристик радиолокационной маскировки, которая состоит в определении степени соответствия достигнутого маскировочного эффекта заданным параметрам, например, степени



Рис. 1. Танки «Леопард» со средствами маскировки

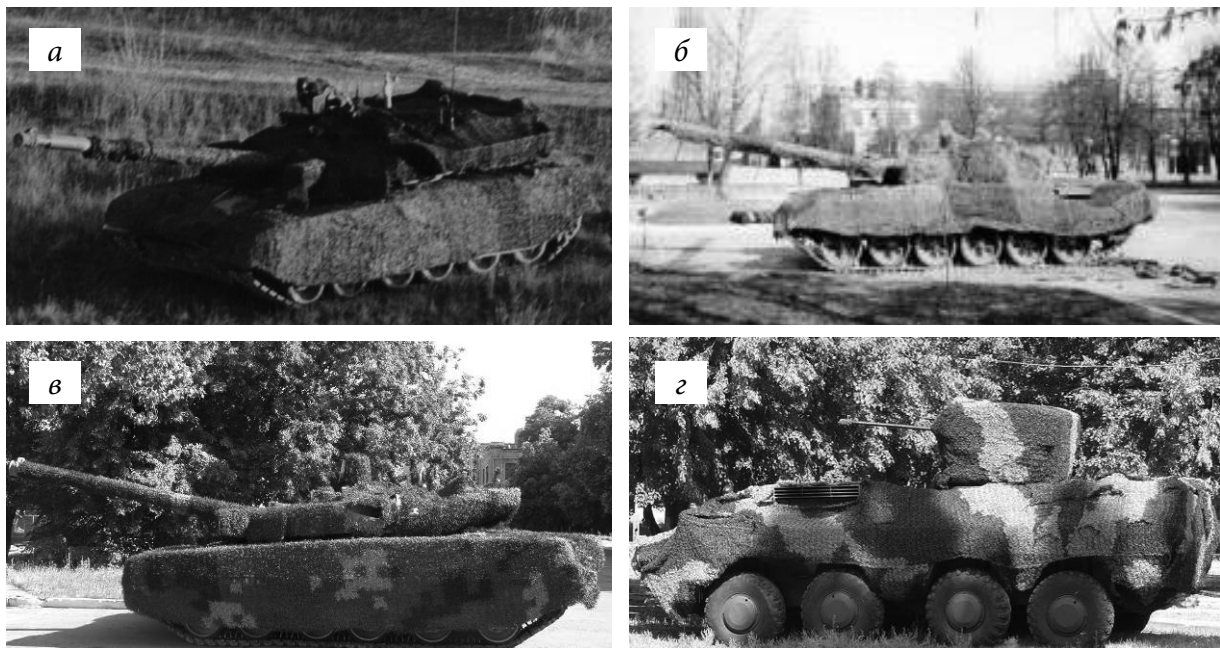


Рис. 2. ИШМК на объектах БТТ:  
а, б, в – основной боевой танк; г – бронетранспортёр

соответствия отражательных свойств замаскированного объекта и окружающей местности, на которой объект расположен. Основное требование к материалам, которые поглощают или рассеивают радиоволны, – это обеспечение низкого коэффициента отражения в широком диапазоне частот и широком интервале углов падения. В этом случае методики и аппаратура должны обеспечить измерение малых значений коэффициента отражения в широкой полосе частот и динамическом диапазоне до 30...40 дБ.

**Целью** статьи является изложение результатов экспериментальных исследований индивидуальных широкополосных маскировочных комплектов.

В начале работы в качестве индивидуального маскировочного комплекта, состоящего из нескольких секций, были применены элементы инженерного маскировочного покрытия “Контраст”. Учитывая положительные результаты испытаний элементов покрытия в составе танка Т-84, катера проекта “Гриф”, комплекса противоздушной обороны “Бук”, рекомендовано

разработать комплекты индивидуальных маскировочных покрытий для различных видов вооружения и военной техники, в том числе для объектов бронетанковой техники. В последующем полотна (секции) комплекта изготавливались, исходя из конструктивных особенностей защищаемого объекта. Такая работа была проведена как для основных боевых танков (рис. 2), так и для бронетранспортёра.

В процессе экспериментальных исследований макетных образцов ИШМК проводились:

измерение снижения характеристик заметности в оптическом, инфракрасном (ИК), радиолокационном (РЛ) и радиотепловом диапазонах длин волн;

оценка влияния установленного комплекта на обзорность, функционирование вооружения, поворот башни / боевого модуля;

проверка удобства и надежности крепления секций / полотен комплекта и их отдельных элементов на объекте.

Измерения характеристик радиолокационного отражения объекта проводилось при помощи



Рис. 3. Схема измерения коэффициентов отражения методом декомпозиции

малогабаритного измерителя коэффициента отражения (МИКО) методом декомпозиции на длине волны 8 мм и 3 см. Исползованный метод позволяет производить измерения коэффициентов радиолокационного отражения локальных участков поверхности с большой степенью детализации. Измерения могут выполняться как в заводских, так и в полевых условиях.

В ходе измерений МИКО располагался на расстоянии 2,5 м для 8-мм и 4,7 м для 3-см диапазонов длин волн. Объект устанавливался на ровных площадках под различными ракурсами, что обеспечивало наблюдения в 4-х основных проекциях.

С целью оценки уровня отражения эффективной поверхности рассеяния (ЭПР) от всей поверхности объекта в наблюдаемом ракурсе производится условное разбиение объекта так, чтобы локальные участки покрывали всю его поверхность. С этой целью на подстилающей поверхности наносится разметка с определенным шагом с учетом зоны («пятна») облучения измерителя, а в вертикальной плоскости регулируется положение прибора по высоте (рис. 3).

Измерения радиотепловых характеристик производились с помощью радиометрического измерительного комплекса (РМИК) на длине волны 8 мм. Структурная схема РМИК показана на рис. 4. Поворотная платформа, на которой размещалась антенна и высокочастотная часть радиометрического приёмника, осуществляли обзор пространства в диапазоне углов: по азимуту 360°; по углу места 180° (от надира). Время полного поворота в азимутальной плоскости – 10...120 с.

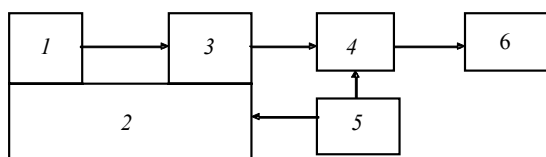


Рис. 4. Структурная схема:

1 – приемная антенна; 2 – опорно-поворотное устройство; 3 – радиометрический приемник; 4 – аналого-цифровой преобразователь; 5 – блок управления и синхронизации; 6 – персональная ЭВМ

Измерение характеристик ИК излучения объекта и естественных фонов для оценки тепловой заметности изделия проводились с помощью радиометра пирозлектрического РП-01 (далее – радиометр) в диапазоне длин волн 7...14 мкм.

Для экспериментальных измерений радиометр располагался на горизонтальных площадках на расстоянии порядка 4 м от объекта. Объект измерений ориентировался под различными ракурсами по отношению к радиометру, что обеспечивало его наблюдение в 4-х основных проекциях: нос, правый борт, корма, левый борт. Измерения проводились при холодном двигателе и прогревом, после совершения пробега.

Суммарная сила излучения объекта в заданном направлении  $(\alpha, \beta)$  определялась в результате суммирования по всем излучающим поверхностям:

$$I(\alpha, \beta) = \sum_i I_i(\alpha, \beta), \quad (1)$$

В зависимости от расстояния между приемником ИК излучения и объектом, а также от размеров пятна визуирования возможны два случая: первый – когда размеры пятна превышают линейные проекции объекта, второй – размер пятна значительно меньше размеров объекта.

В первом случае для оценки контраста, учитывая, что

$$I_i = B_i S_i, \quad (2)$$

где  $B_i$  – яркость, а  $S_i$  – проекция  $i$ -й поверхности, было отношение среднего значения интенсивности излучения объекта и среднего значения интенсивности излучения фона.

Оценке по оптическому/визуальному распознаванию на различных дальностях подвергался объект с установленным маскировочным комплектом и без него. Объект располагался на различных расстояниях от наблюдателей. Оценка возможности распознавания объекта производилась экспертным методом. При наблюдении невооруженным глазом на расстоянии до 100 м объект идентифицируется. С увеличением расстояния до 200...250 м возможно распознать замаскированный объект. Идентификация затруднена, особенно при виде спереди (рис. 5). На дальностях более 500 м замаскированный объект распознать практически невозможно, на месторасположение объекта указывают выхлопные газы работающего двигателя.

Результаты испытаний показали положительный эффект применения ИШМК для маскировки подвижных объектов, которыми является бронетанковая техника, и подтвердили правильность выбранного направления работ по снижению уровня заметности [6].

Снижение величины радиолокационного отражения в горизонтальной поляризации падающего поля составило не менее 10 раз. Снижение радиотеплового контраста составило не менее 4 раз. Снижение уровня ИК излучения с помощью индивидуального широкополосного маскировочного комплекта при прогревом после совершения пробега двигателя обеспечивается. При этом:



Рис. 5. Танк с ИШМК на фоне леса (дальность 200 м)

снижение контраста зафиксированных ярких элементов в изображении объекта (по отношению к окружающему фону) при применении маскирующего покрытия и наблюдении в интегральном тепловом канале составило приблизительно 1,9 раза ( $\sim -2,75$  дБ);

снижение контраста зафиксированных ярких элементов в изображении объекта (по отношению к окружающему фону) при применении маскирующего покрытия при оценке растровых изображений составило около 3,3 раза ( $\sim -5,1$  дБ);

снижение контраста танка в диапазоне 3...14 мкм, измеренное в области двигателя, составило 2,6 раза ( $\sim -4,2$  дБ).

Снижения уровня ИК излучения при холодном двигателе не обнаружено.

Измерения тепловых характеристик объекта с ИШМК при суточном цикле не проводились.

Расположение, форма, размеры и цветовая гамма пятен полотен комплекта в основном соответствуют требованиям документации на деформирующее окрашивание объекта защиты. Обеспечивается визуальное изменение облика изделия. Возможность крепления полотен макетного образца ИШМК обеспечивается и не вызывает затруднений. При движении объекта по пересечённой и лесистой местности повреждённый комплект обнаружено не было.

Наличие макетного образца ИШМК на объекте оказывает влияние на пользование приборами наблюдения и прицеливания с мест экипажа (зоны обзора) и функционирование вооружения изделия. Отмечен ряд незначительных замечаний.

Построение маскирующих покрытий с одновременным использованием физических принципов поглощения, направленного отображения и диффузного рассеяния позволяет эффективно снизить (или повысить) уровень отраженного сигнала, при этом увеличиваются возможности формирования необходимых поляризационных и частотных характеристик поля защищаемого объекта.

#### Выводы:

1. Испытания индивидуального широкополосного маскировочного комплекта подтвердили его эффективность по снижению уровня заметности объектов бронетанковой техники. Затраты на доработку самого объекта для установки комплекта незначительные, боевые и эксплуатационные свойства объекта не изменяются.

2. Методы и средства оценки позволили провести измерения в различных условиях характеристик материала комплекта, в том числе и в процессе проведения испытаний ИШМК на объекте.

3. Целесообразно разработать технические требования, изготовить и провести испытания опытных образцов ИШМК на различных объектах БТТ, в частности, измерение тепловых характеристик при суточном цикле.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Слепнев, А. Современная маскировка для бойцов и техники [Электронный ресурс] / А. Слепнев, Ю. Бурмицкий // Военный парад. – Ноябрь–декабрь 2006. – Режим доступа: [www.otvaga2004.ru](http://www.otvaga2004.ru).
2. Колчигин, Н. Н. Декомпозиционный способ определения ЭПР объектов сложной формы [Текст] / Н. Н. Колчигин, И. И. Васильченко // Вісник Харківського національного університету ім. В. Н. Каразіна : зб. наук. праць. Сер. Радіофізика та електроніка. – 1998. – № 405. – С. 87–90.
3. Измерение радиолокационных характеристик образцов техники в полевых условиях [Текст] / И. И. Васильченко, В. В. Глебов, Д. Д. Иванченко [и др.] // Вісник Харківського національного університету ім. В. Н. Каразіна : зб. наук. праць. Сер. Радіофізика та електроніка. – 2002. – № 570. – С. 287–290.
4. Hand-held reflektometers and radiometers and their application [Text] / V. N. Bykov, I. I. Vasilchenko, V. V. Glebov [at alias] // IVth International Conference on Antenna Theory and Techniques, Sevastopol, Ukraine, 9–12 September 2003. – Pp. 701–702.
5. Методы оценки и средства снижения радиолокационной заметности объектов бронетанковой техники [Текст] / И. И. Васильченко, В. В. Глебов, Д. Д. Иванченко [и др.] // Артиллерийское и стрелковое вооружение. – 2010. – № 1. – С. 21–25.
6. Під українським маскувальним покриттям – танка не видно / М. В. Ткаліч, М. Д. Топчев, В. О. Комаров [и др.] // Винахідник і раціоналізатор. – 2002. – № 2–3. – С. 5–6.

**Рецензент М. І. Васьківський**, д-р техн. наук, проф. (Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки ЗС України, м. Київ)