**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

**«Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»**

**(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | |  |  | ДОПУСКАЕТСЯ К ЗАЩИТЕ: | | | | | | | | | | | | | | |
| Факультет | Е | |  | Заведующий кафедрой | | | | | |  | | | | Е6 | | | | | | |
|  | индекс факультета | |  |  | | | | |  | | | | | | индекс кафедры | | |
| Выпускающая кафедра | Е6 | |  | | Егоренко Л.С. | | |  | | | |  | | | | | | | |
|  | индекс кафедры | |  | | Фамилия ИО | |  | | | | подпись | | | | | | | | | | |
| Группа | Е6М31 | |  | «\_\_\_\_\_» | |  | | | | | | | | | | 2018 г. | | |
|  | индекс группы | |  |  | |  | | | | | | |  | | | |

**отчет**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **о прохождении** | | | педагогической | | | | | | | | | | | | | | **практики** | | | | | | | |
| наименование практики | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Филиппова Александра Вячеславовича | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Фамилия, имя, отчество обучающегося | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **обучающегося по**  **направлению/специальности** | | | | | | 27.04.04 | | |  | | Управление в технических  системах | | | | | | | | | |
| нужное подчеркнуть | | | | | | код | | | |  | | полное наименование направления/специальности | | | | | |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Руководитель практики:** | | | | | Митчин Н.А., к.т.н. | | | | | | | | | | | | | | |
|  | | Фамилия ИО, ученая степень, ученое звание, должность | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Срок прохождения практики:** | | | | с | | 15.11.2018 | | | | | | г. |  | по | 15.12.2018 | | | г. | | | |
| **Должность обучающегося на практике:** | | | | | | | *преподаватель* | | | | | | | | | | | | | | | |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Руководитель практики:** | | | |  | | |  |  | | | | |  | | | | | |
|  | | |  | Митчин Н.А. | | |  | |  | | |  | |  | | | | |
| Подпись | | |  | Фамилия ИО | | |  | |  | | | |  | |  | | |
| «\_\_\_» |  | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | | |  | 2018г. |  |  | |  |  | | | | |  |  | | |

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

2018г.

СОДЕРЖАНИЕ

[ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ 3](#_Toc535457690)

[ВВЕДЕНИЕ 4](#_Toc535457691)

[1 СВЕДЕНИЯ О ПРЕДПРИЯТИИ 5](#_Toc535457692)

[1.1 АДМИНИСТРАТИВНО-ФИНАНСОВАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЯ 5](#_Toc535457693)

[1.2 ПРОГРАММНОЕ И АППАРАТНОЕ ОБЕСПЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ 5](#_Toc535457694)

[2 2 ЗАДАЧИ ПРАКТИКИ 5](#_Toc535457695)

[2.1 ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ 5](#_Toc535457696)

[2.2 ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРОГРАММНЫЕ И АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА 5](#_Toc535457697)

[2.3 РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПРАКТИКИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА, ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ 6](#_Toc535457698)

[2.3.1.Обоснование необходимости уменьшения радиолокационной](#_Toc535457699) [заметности объектов. 6](#_Toc535457700)

[2.3.2.Как это работает технология «Стелс» 7](#_Toc535457701)

[2.3.3.Американский "невидимка", придуманный русским физиком 8](#_Toc535457702)

[2.3.4.Стелс-технологии по-русски 9](#_Toc535457703)

[2.3.5.Классификация способов уменьшения радиоэлектронной заметности целей. 11](#_Toc535457704)

[2.3.6.Радиопоглощающие материалы. 13](#_Toc535457705)

[2.3.7.Снижение эффективной поверхности рассеяния за счет выбора малоотражаюшей формы объекта 15](#_Toc535457706)

[**ЗАКЛЮЧЕНИЕ** 20](#_Toc535457707)

[СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 21](#_Toc535457708)

# 

# ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

PJIC - радиолокационная станция

РПМ - радиопоглощающий материал

РЭБ - радиоэлектронная борьба

РЭС – радиоэлектронная система

ЭМВ – электромагнитная волна

ЭПР - эффективная площадь рассеяния

# ВВЕДЕНИЕ

В качестве места прохождения практики был выбран Балтийский Государственный Технический Университет «ВОЕНМЕХ», кафедра Е6 БГТУ «ВОЕНМЕХ».

БГТУ «ВОЕНМЕХ» является ярким представителем инженерной школы России, сумевшим сохранить и приумножить достижения отечественного и мирового инженерно-технического образования. За свою 86-летнюю историю вуз подготовил для оборонной промышленности, народно-хозяйственного комплекса страны более 70 000 первоклассных специалистов, многие из которых сегодня руководят предприятиями, фирмами, конструкторскими бюро, а также возглавляют научные коллективы.

Целью практики провести занятие. По предмету «Основы ближней локации». Получение педагогических навыков.

# 1 СВЕДЕНИЯ О ПРЕДПРИЯТИИ

## АДМИНИСТРАТИВНО-ФИНАНСОВАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЯ

Административно-финансовая деятельность предприятия предоставляется в следующих документах, которые можно найти на официальном сайте БГТУ «ВОЕНМЕХ» [1], а именно:

• Устав БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова [2];

• Правила внутреннего распорядка [3];

• Лицензия на право ведения образовательной деятельности

• Свидетельство о государственной аккредитации

## ПРОГРАММНОЕ И АППАРАТНОЕ ОБЕСПЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Ввиду того, что БГТУ «ВОЕНМЕХ» имеет большое множество различных кафедр для реализации программ обучения, детально систематизировать программное и аппаратное обеспечение не представляется возможным. Среди аппаратного обеспечения можно выделить:

• ЭВМ/ПЭВМ,

• вычислительные кластеры,

• демонстрационные стенды,

измерительная аппаратура,

• периферийные устройства.

Среди программного обеспечения можно выделить:

• ПО общего назначения,

• Прикладное ПО специального (профессионального) назначения.

# 2 ЗАДАЧИ ПРАКТИКИ

## ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

В качестве педагогического задания, были поставлены следующие задачи:

Познакомить студентов:

1.Что такое ЭПР.

2.Зачем надо считать ЭПР.

3.Как и где используется. Основные формулы.

4.ЭПР различных фигур.

## ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРОГРАММНЫЕ И АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА

Для обеспечения организации инвентаризации были предоставлены:

• Персональный компьютер.

• Проектор.

## РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПРАКТИКИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА, ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

### 2.3.1.Обоснование необходимости уменьшения радиолокационной

### заметности объектов.

Уменьшение заметности объектов радиоэлектронного наблюдения (самолетов, ракет, кораблей, наземной боевой техники и т.п.) является одним из важных направлений радиоэлектронной борьбы (РЭБ) и относится к разновидностям умышленных пассивных помех. Сделать военную технику малозаметной для различных видов радиоэлектронных систем (РЭС) чрезвычайно трудно. Известная технология по созданию малозаметной боевой технике называется «стелс».

**«Стелс»** — комплекс способов снижения заметности боевых машин в радиолокационном, инфракрасном и других областях спектра обнаружения посредством специально разработанных геометрических форм и использования радиопоглощающих материалов и покрытий, что заметно уменьшает радиус обнаружения и тем самым повышает выживаемость боевой машины. Технологии снижения заметности являются самостоятельным разделом военно-научной дисциплины электронных средств противодействия, охватывают диапазон техники и технологий изготовления военной техники (самолётов, вертолётов, кораблей, ракет и т. д.).

Стелс предусматривает комплексное использование различных средств:

-применение малоотражающих в сторону РЭС форм техники.

-применение радиопоглощающих материалов (РПМ);

-применение ионизации пространства вокруг объектов;

-применение разнообразных активных и пассивных средств мас­кировки объектов в различных диапазонах электромагнитных волн (радио, оптическом, инфракрасном и т. д.)

-применение различных видов помех.

Главной проблемой является необходимость уменьшения заметно­сти военной техники в широком диапазоне волн при сохранении боевых свойств этой техники.

Следует отметить, что значительного поглощения радиоволн можно добиться только в сантиметровом диапазоне, и гораздо хуже в дециметровом. В силу физики распространения радиоволн сделать объект малозаметным в метровом диапазоне, когда длина волны сравнима с собственными размерами объекта, изменением его формы в принципе невозможно. Также на нынешнем уровне технологий невозможно добиться полного поглощения любого радиоизлучения, падающего на объект под произвольным углом. В частности средствами стелс-технологий названная задача неразрешима вовсе. Поэтому в настоящее время главная цель при выборе формы объекта (например боевого самолета) есть отражение волн в сторону от излучателя, — таким образом, часть сигнала поглощается специальными покрытиями, а остальная часть отражается так, что радиоэхо не возвращается к наблюдающей РЛС (что особенно эффективно против совмещённых приёмопередающих станций).

### 2.3.2.Как это работает технология «Стелс»

Чтобы понять принцип работы этой технологии, нужно разобраться в принципах работы радара.

Как известно, радар - это средство, позволяющее оценить приблизительное месторасположение объекта в пространстве. Принцип действия радиолокационной станции (РЛС) основан на том, что отправленный с нее радиосигнал хорошо отражается от металлических поверхностей, например от корпуса самолета.

Фюзеляжи летательных аппаратов обычно округлой аэродинамической формы, поэтому радиосигнал отражается от них во все стороны, в том числе и в сторону радара. Радар принимает сигнал. По времени, которое было необходимо для того, чтобы проделать путь от РЛС до самолета, определяется расстояние.

Сочетая эту информацию с направлением, откуда принят сигнал, радиолокатор определяет местоположение объекта. Кроме того, современные радары, например "Ирбис" или "Жук" разработки КРЭТ, могут сортировать цели по размеру и типу: "вертолет", "крылатая ракета", "истребитель".

Таким образом, чем лучше самолет отражает радиоволны, тем на большем расстоянии его можно засечь. Конструкторы стараются снизить эту способность, называемую еще радиолокационной заметностью.

Принцип снижения заметности (Рис. 1), или стелс-технология, основан на том, что сигнал от РЛС за счет особенностей корпуса не отражается в сторону радара. Сейчас существуют два основных способа достижения этой цели: фюзеляж самолета выполняется не округлой, а угловатой формы, с прямыми поверхностями и острыми углами, а также корпус покрывается специальным, радиопоглощающим покрытием.

Помимо этого, часто снижают тепловую заметность самолета, размещая сопла двигателей на верхней поверхности аппарата. Также применяются системы охлаждения нагретых участков. Все это в сумме обеспечивает максимальную невидимость от радиолокационных средств противника.



Рис. 1 Принцип снижения заметности.

### 2.3.3.Американский "невидимка", придуманный русским физиком

История стелс-технологии началась в 1966 году, когда специалист по радарам, работавший на заводе "Локхид", наткнулся на статью физика Петра Уфимцева в популярном советском научно-техническом журнале. В статье говорилось о том, что летательные аппараты определенного вида, сделанные из определенных материалов, определенным образом граненные и окрашенные, практически невидимы для радаров. Статья очень заинтересовала американских военных специалистов, и в США решили построить и испытать такой летательный аппарат.

И уже в середине 1970-х годов американские ВВС получили самолет-разведчик SR-71, который отличался необычной формой, был специально окрашен, согласно идеям Уфимцева. Таким образом, SR-71 был первым самолетом, созданным с применением технологий радиолокационной малозаметности.

Несмотря на форму, специальное покрытие, цезий, который добавлялся в топливо для снижения температуры выхлопа, SR-71 легко обнаруживался благодаря потоку разогретых выхлопных газов, а также нагреву корпуса на высоких скоростях.

Американцы двинулись дальше и начали разрабатывать новые типы самолетов-невидимок, основанных на идеях русского физика. Проект получил название "стелс", от английского stealth - "втихомолку", "украдкой".

В начале 1990-х годов США явили миру самолет крайне необычного вида. Были изготовлены две модификации "стелсов": истребитель-бомбардировщик F-117 и тяжелый стратегический бомбардировщик В-2.(Рис. 2)

| [https://vpk.name/file/img/b-2a_spirit_of_washington.t.jpg](https://vpk.name/file/img/b-2a_spirit_of_washington.jpg) |
| --- |
| Рис. 2 Бомбардировщик B-2 Spirit of Washington |
|  |

Кстати, в создании последнего участвовал сам Петр Уфимцев. Когда в 1980-х годах работы по советскому "стелсу" на уфимцевских идеях были прекращены, обиженный конструктор эмигрировал в США.

### 2.3.4.Стелс-технологии по-русски

Но можно задаться вопросом: если в СССР давно знали секреты подобных технологий, то почему не опередили американцев, создав свой "стелс"?

Как известно, в советское время огромные ресурсы тратились на решение самых современных оборонных задач, и данное направление не было исключением.

Как вспоминал генконструктор НПО "Люлька-Сатурн" Виктор Чепкин, эта технология была хорошо известна советским конструкторам. "Вместе с разными институтами тщательно анализировали, что такое "стелс" и вообще технология невидимости, как она реализуется в бою и прочее. И пришли к выводу, что гипертрофированное применение "стелсовской" технологии - "стелс" ради "стелса" - чрезвычайно сужает диапазон боевого применения самолетов. Чисто "стелсовские" самолеты можно применять только в очень узком боевом диапазоне для специфических целей. А технология очень дорогая", - рассказывал он.

Как минимум в двух советских КБ были построены и испытаны самолеты-невидимки разных типов. Авторитетные комиссии пришли к выводам не в пользу "невидимых" технологий.

Во-первых, самолет-невидимка, изготовленный по идеям Уфимцева, из-за своей формы обладает малой скоростью и маневренностью, он плохо приспособлен к боевому маневру.

Во-вторых, самолет можно обнаружить визуально и особыми высокочастотными радарами. Кроме того, при открытии бомболюков и в некоторых режимах полета он виден обычными радарами и после "засечки" может быть легко сбит. Об этом догадались еще в 1999 году сербские специалисты ПВО, когда югославский МиГ-29 сбил американский F-117A в небе над Белградом. Сегодня эксперты в области обороны отмечают, что даже дорогостоящий самолет- невидимка F-35 не является "тайной" для китайских и российских радаров.

В-третьих, стоимость таких самолетов очень высока. Для сравнения: бомбардировщик B-2 стоимостью 1,157 млрд долларов является самым дорогим самолетом в истории авиации.

Перспективные российские самолеты пятого поколения - тяжелый многоцелевой истребитель ПАК ФА и дальний стратегический бомбардировщик ПАК ФА - разрабатываются как самолеты-невидимки. (Рис. 3)

| [https://vpk.name/file/img/3_pak_fa_260813_001.t.jpg](https://vpk.name/file/img/3_pak_fa_260813_001.jpg) |
| --- |
| Рис. 3 Совместный полет трех ПАК ФА во время генеральной репетиции МАКС-2013 26 августа 2013г. |

Кстати, на ПАК ФА, который сейчас проходит государственные испытания, планируется устанавливать новую РЛС с активной фазированной антенной решеткой (АФАР) разработки КРЭТ. Плоскость антенной решетки расположена под наклоном, что существенно снижает ее вклад в ЭПР самолета, делая его менее заметным.

И хотя требования к истребителям пятого поколения у российских и американских конструкторов в принципе идентичны, есть основное отличие - американцы отказываются от сверхманевренности в пользу малозаметности.

По мнению же отечественных специалистов, сверхманевренность приобретает все более важное значение в военной авиации. Этому способствует не только развитие радиолокации и появление новых высокочастотных радаров, но и постепенное исчезновение американской "монополии" на истребители пятого поколения. Ведь при встрече двух малозаметных истребителей тактика ведения боя будет возвращаться к прошлому.

### 2.3.5.Классификация способов уменьшения радиоэлектронной заметности целей.

Снижение радиоэлектронной заметности объектов, как и подавление РЭС умышленными пассивными помехами, приводит либо к уменьшению количества информации, добываемой РЭС в течение определенного промежутка времени, либо к увеличению интервала времени, необходимо для добывания заданного количества информации. Информационный ущерб при этом состоит либо в уменьшении дальности обнаружения цели (при заданных вероятностях правильного обнаружения D и ложной тревоги F), либо в уменьшение D и увеличении F на заданной дальности в заданный интервал времени.

В зависимости от принципа построения подавляемой РЭС(активной или пассивной) все способы уменьшения радиоэлектронной заметности цели делятся на способы снижения заметности по (рис 4)-вторичному полю; - первичному полю.

На практике применяют оба этих способа одновременно.

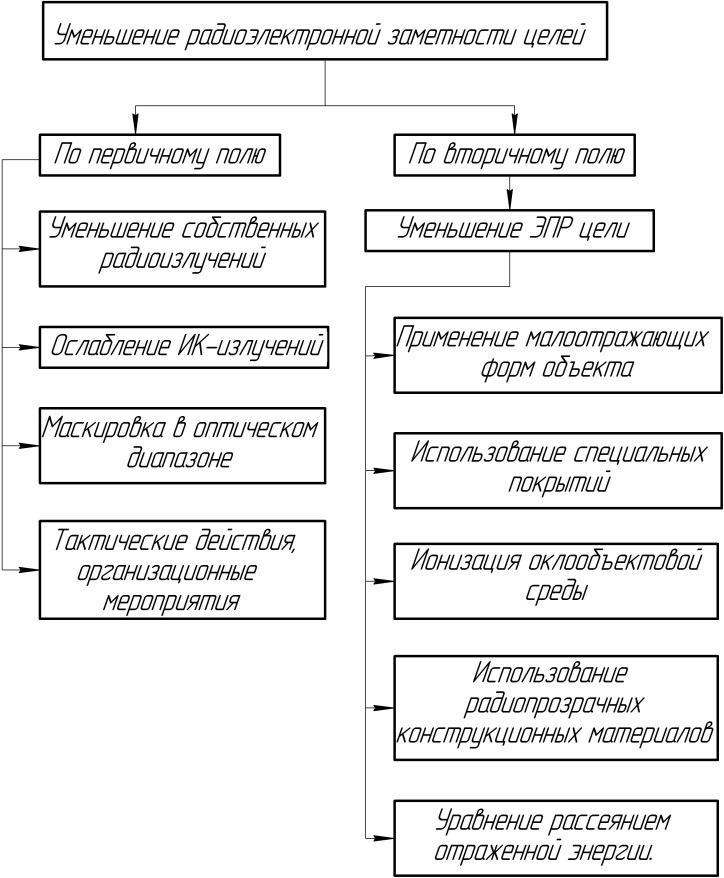


Рис.4. Классификация способов снижения радиоэлектронной заметности целей.

Рассматриваемые способы приводят к уменьшению отношения сигнала/помеха на входе подавляемой РЭС за счет уменьшения уровня сигнала, а ранее рассмотренные умышленные пассивные помехи - за счет увеличения уровня помехи.

Заметность объекта по первичному (собственному) полю важна для пассивных РЭС. Для классических (активных) радиолокационных станций (РЛС) собственные излучения цели роли не играют. Здесь важна заметность цели по вторичному (переизлученному) полю. Эта заметность характеризуется ЭПР цели. Для уменьшения ЭПР широко используют следующие технические способы:

- применение малоотражающих в сторону PJIC форм объектов;

- использование специальных радиопоглощающих материалов (РПМ);

- использование в конструкции объекта радиопрозрачных материалов;

- ионизация среды вблизи поверхности цели;

- управление рассеянием отраженной энергии ЭМВ (применение модулирующих покрытий).

### 2.3.6.Радиопоглощающие материалы.

В современных разработках радиопоглощающих материалов и противорадиолокационных покрытий для поглощения энергии электромаг­нитных волн в основном используются традиционные материалы.

**1.Это электропроводящие дисперсионные** (сажа, графит, металлические части­цы),

Для поглощения волн сантиметрового диапазона используют многослойные покрытия с параметрами, изменяющимися от слоя к слою таким образом, что проницаемость ее возрастает от наружной поверхности вглубь. Каждый слой таких покрытий изготовляется из пенополистирола(типа AF- 20) или каучука, а поглотителем служит углерод (графит или сажа). Концентрация поглотителя от слоя к слою меняется. Для согласования и покрытия с внешним (свободным) пространством относительная диэлектричекая проницаемость должна равняться единице, т. е. ,а мнимая составляющая (тангенс угла диэлектрических потерь) должна быть близкой к нулю. Резкое изменение параметров и от слоя к слою недопустимо, поскольку это приводит к увеличению коэффициента отражения от границы раздела двух слоев.

**2.Волокнистые** (углеродные, металлические, полимерные металлизи­рованные)

**Суперпластики** (от [англ.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B3%D0%BB%D0%B8%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA) *super plastics*) — группа полимерных композиционных материалов (ПКМ), превосходящих по удельной прочности высокопрочные [стали](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D0%BB%D1%8C) и [титановые](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B8%D1%82%D0%B0%D0%BD_(%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82)) сплавы, и способные поглощать электромагнитное излучение. При использовании в конструкции фюзеляжа самолета, являются «прозрачными» для излучения РЛС, в отличие от металлов, обладающих свойством отражения падающего излучения в сторону излучателя, при нормальном расположении поверхности самолета относительно падающего излучения.

* Полианилин;
* Полипиррол;
* Политиофен;
* Полифенилен-винилен.

**3.Магнитные** (спеченные ферритовые пластины, порошки фер­ритов, оксида железа и карбонильного железа) наполнители. При облучении радиоволнами, содержащиеся в покрытии молекулы феррита под действием переменного магнитного поля приходят в колебательное движение, преобразуя энергию высокочастотного излучения в тепло. В данном случае имеет место тот же физический принцип, в рамках которого происходит разогрев воды в микроволновой (высокочастотной) печи. На самолете F-117 «Найтхок» покрытием с микросферами феррита заполнялись зазоры между плитками РПМ, наклеенными на поверхность фюзеляжа.

Наполните­ли применяются как по отдельности, так и совместно друг с другом. Вы­бор связующего материала зависит не только от радиотехнических, но не в последнюю очередь от конструктивных и эксплуатационных требова­ний. В настоящее время для РП материалов и покрытий используются ди­электрические полимерные и эластомерные материалы, краски, нетканые материалы, керамики. С использованием таких материалов удается сни­зил. коэффициент отражения на величину до 20 дБ и более в широкой полосе (до 30% от средней рабочей частоты) .

Малоподвижные или стационарные объекты и сооружения для ра­диолокационной маскировки могут покрываться специальными накид­ки из поглощающих материалов, работающих по тем же принципам, он РП покрытия летательных аппаратов. Для уменьшения ЭПР зданий сооружений используются специальные объемно поглощающие строительные материалы (бетоны с примесями порошков проводящих риалов и ферромагнетиков).

Следует отметить, что нанесение противорадиолокационных покрытий на поверхность объектов существенно увеличивает их массу. В связи с этим для уменьшения ЭПР объектов используют в комплексе подбор малоотражающих форм объектов и нанесение противорадиолокационных покрытий на отдельные участки поверхности, дающие наибольший вклад в ЭПР. Применительно к летательным аппаратам рекомендуют наносить покрытия на:

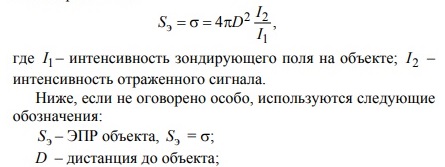
* передние и задние кромки крыла и оперения;
* кромки воздухозаборника;
* внутреннюю поверхность воздухозаборника.

Ведутся разработки радиопоглощающих конструкционных материалом для изготовления объектов. Разработаны и используются противорадиолокационные лаки и краски, обладающие малой толщиной и массой.

Радиопрозрачные конструкционные материалы применяются с осторожностью, поскольку существенный вклад в ЭПР объекта при их использовании вносит внутреннее оборудование объекта.

### 2.3.7.Снижение эффективной поверхности рассеяния за счет выбора малоотражаюшей формы объекта

Физически *эффективная площадь рассеяния* представляет собой размерный коэффициент пропорциональности между мощностью отраженного радиолокационной целью сигнала и плотностью потока мощности электромагнитного поля, созданного антенной радиолокатора в окрестности точки расположения цели.



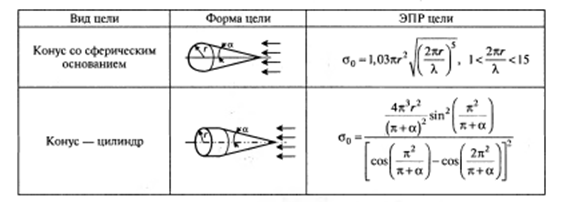
Физически ЭПР представляет собой размерный коэффициент пропорциональности между мощностью отраженного радиолокационной целью сигнала и плотностью потока мощности электромагнитного пазя, созданного антенной радиолокатора в точке расположения цели. Очевидно, что имеет размерность и зависит от формы, размеров и электрических свойств материала поверхности цели. Объекты радиолокационной разведки — радиолокационные цели — имеют весьма сложную форму и рассеивают электромагнитные волны не изотропно. Значения ЭПР для каждого конкретного направления () могут сильно различаться.

Большинство радиолокационных целей имеют размеры, значительно превышающие длину волны облучающих их колебаний и всегда меньше разрешаемого объема. Конфигурация поверхности цели довольно сложна. Выпуклые и гладкие элементы представляют собой ”блестящие точки” (светящийся элемент поверхности), наряду с которыми на поверхности цели могут быть резонансные элементы и шероховатые участки с диффузным рассеянием, роль которого возрастает с укорочением длины волны.

Падающая электромагнитная волна наводит на элементах поверхности цели токи проводимости (в проводнике) или токи смещения (в диэлектрике). Эти токи являются источником вторичного излучения в разных направлениях, т. е. происходит рассеяние радиоволн. В результате в точке приема наблюдается интерференционная картина, представляющая собой отражения от отдельных элементов цели, ”блестящих точек”. В зависимости от ракурса наблюдения ”блестящие точки” блуждают, одновременно меняются ракурсы кривизны и их значения. В общем случае у цели может быть несколько блестящих точек, такие так: фюзеляж, нос, крылья, хвост, двигатели, и т.д., дающие максимальный вклад в суммарное отражение

Как видно из рис 5. плоские поверхности имеют большую ЭПР только при направлениях облучения, близких к нормали. По всем другим направлениям ЭПР плоских поверхностей гораздо меньше. То же справедливо и для цилиндрических поверхностей, если они облучаются с направления, нормального к образующей. Малоотражающими формами являются клин и конус при облучении со стороны вершины. При одинаковых размерах наибольшими значениями ЭПР обладают трехгранные уголковые отражатели с утлом при вершине 90°.

Из-за того, что реальные рассеивающие объекты имеют сложную форму, в точке приема наблюдается интерференционная картина парциальных сигналов, отраженных от различных частей, разными элементарными отражателями. Сравнение величины ЭПР различных элементарных отражателей, имеющих примерно равные значения площадей проекции на плоскость, нормальную направлению наблюдения, показывает, что их ЭПР может отличаться на 30...40 дБ, а ширина главного лепестка ДВИ изменяться в большом диапазоне. Поэтому ЭПР реальных сложных объектов существенно зависит от формы их наружной поверхности, образованной набором элементарных отражателей .



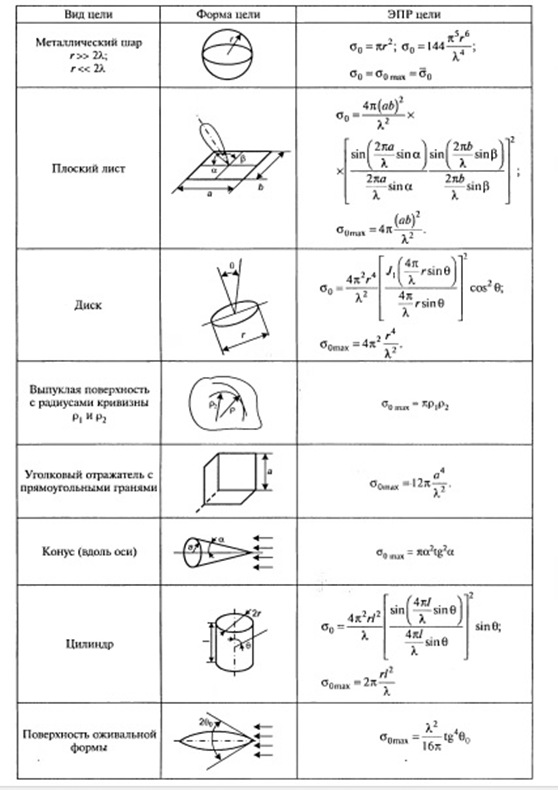


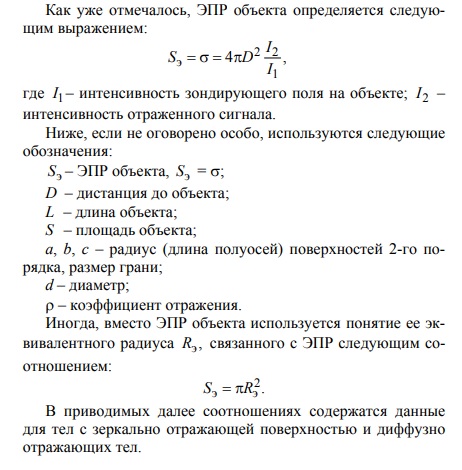
Рис. 5 ЭПР простейших поверхностей

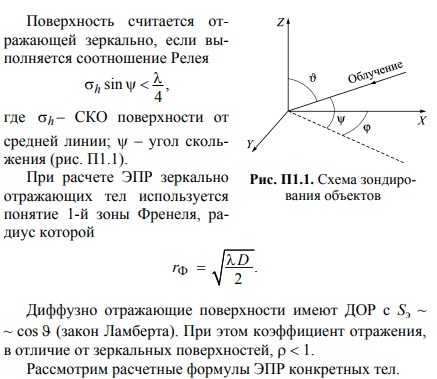
Где: — ЭПР

()-направления на радиолокатор

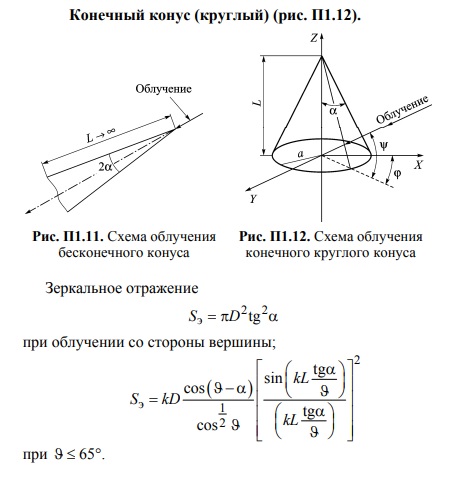
r – радиус

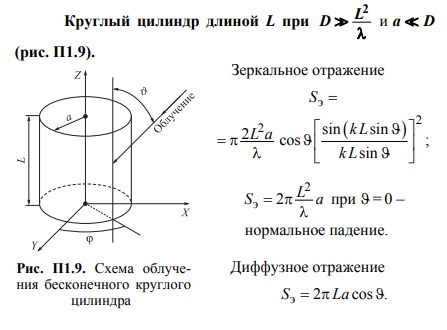
λ – длина волны.





(Закон Ламберта — физический закон, согласно которому яркость L рассеивающей свет (диффузной) поверхности одинакова во всех направлениях.)



5

При создании малозаметных объектов, следует использовать элементы с минимальными значениями ЭПР и минимизировать число самих отражателей.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Уменьшение заметности объектов радиоэлектронного наблюдения (самолетов, ракет, кораблей, наземной боевой техники и т.п.) является одним из важных направлений радиоэлектронной борьбы (РЭБ) и относится к разновидностям умышленных пассивных помех. Сделать военную технику малозаметной для различных видов радиоэлектронных систем (РЭС) чрезвычайно трудно. Известная технология по созданию малозаметной боевой технике «стелс» предусматривает комплексное использование различных средств:

-применение малоотражающих в сторону РЭС форм техники.

-применение радиопоглощающих материалов (РПМ).

# СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Официальный сайт БГТУ «ВОЕНМЕХ» [Электронный ресурс]. URL:

http://www.voenmeh.ru (дата обращения 05.07.2018).

2. Устав БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова [Электронный ресурс].

URL: http://voenmeh.ru/files/0/29.10.2015.pdf (дата обращения 05.07.2018).

3. Правила внутреннего распорядка [Электронный ресурс]. URL:

http://voenmeh.ru/files/0/pravila\_vnutr\_rasporyadka\_2011.pdf (дата обращения 05.07.2018).

4.В.В. Смирнов, С.В. Николаев.  Пассивные помехи.  Издательство "Радиоавионика", 2008.-400c

5.Радиоэлектронная заметность самолетов (по материалам открытой иностранной печати)//ЦАГИ. – 1986.-№ 665.-76 с.

6. Мицмахер,М.Ю., Торгованов В.А. Безэховые камеры СВЧ /М.Ю. Мицмахер, В.А. Торгованов. – М.: Радио и связь,1982.-128 с.

7. Куприянов А. И., Сахаров А. В. Радиоэлектронные системы в информационном конфликте. М.: Вузовская книга, 2003.

8. А.И. Куприянов. Радиоэлектронная борьба, Издательство " Вузовская книга", 2013.-801c