ГБОУ Гимназия №1505

«Московская городская педагогическая гимназия-лаборатория»

**Реферат**

**Композиционные материалы и их использование в технологии stealth**

*автор*: ученик 9 класса «А»

Хомутов Алексей

*Руководитель: Дмитриев Г.В.*

Москва

2015

**Оглавление**

Введение

Глава 1. Композиционные материалы

Глава 2. Принципы stealth технологии

2.1. Принципы stealth технологии в радиолокации

2.2. Принципы stealth технологии в инфракрасном и лазерном диапазонах волн

2.3. Принципы разделения stealth технологии на обычную и глубокую

Глава 3. Использование композиционных материалов в технологии STEALTH

3.1. Способы уменьшения радиолокацинной заметности (РЛЗ)

3.2. Обзор существующих радиопоглощающих покрытий

3.3. Примеры материалов, покрытий и конструкций, уменьшающих радиолокационную заметность объектов

3.3.1. Примеры материалов, покрытий и конструкций, уменьшающих РЗ наземных объектов (техники, оборудования, транспорта)

3.3.2. Примеры материалов, покрытий и конструкций, уменьшающих РЗ морских объектов

3.3.3 Примеры материалов, покрытий и конструкций, уменьшающих РЗ объектов ракетной техники

3.3.4. Примеры материалов, покрытий и конструкций, уменьшающих РЗ объектов в самолетостроении

Заключение

Список литературы

**Введение**

Современный этап развития науки, определяющей методы уменьшения заметности объектов и получившей название технология Stealth, характеризуется в настоящее время принципиально новыми подходами Объясняется это изменениями в способах и формах ведения войн на основе разработки и использования высокоточного оружия и прогнозируемого развития электромагнитного оружия.

В некоторых странах уже сформирована новая материально-техническая база ведения войн, основу которой составляют высокие наукоемкие технологии и информационные системы. Одну из важнейших ролей играют новые технологии производства и применения современных материалов, в том числе магнитных наноструктур и различных типов многофункциональных маскирующих покрытий для уменьшения заметности и, соответственно, уязвимости военной техники и объектов экономического и политического управления, зданий, заводов, сооружений, то есть для решения задач технологии Stealth.

В реферате рассмотрены области применения Stealth-технологии, принципы Stealth-технологии в радиолокации, инфракрасном и лазерном диапазонах волн, принципы разделения Stealth-технологии на обычную и глубокую. Приведена информация об использовании композиционных материалов в технологии Stealth.

Целью реферата является ознакомление с композиционными материалами специального назначения, используемыми в технологии снижения заметности объекта - STEALTH-технологии.

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

1. Подобрать литературу по данной теме.

2. Проанализировать содержание источников.

3. Систематизировать информацию в соответствии с поставленной целью.

4. Написать реферат по выбранной теме.

Проблема исследования заключается в сложности адаптации материалов по данной теме для старших классов средней школы.

Глава 1. **Композиционные материалы**

Композиционные материалы (композиты или КМ) – материалы, состоящие, из двух или нескольких компонентов, которые отличаются по своей природе или химическому составу, где компоненты объединены в единую монолитную структуру с границей раздела между структурными составляющими (компонентами), оптимальное сочетание которых позволяет получить комплекс физико-химических и механических свойств, отличающихся от свойств компонентов. Компонент, непрерывный во всем объеме композиционного материала, называется матрицей. Компонент или компоненты прерывистые, разъединенные матрицей, называются арматурой или армирующим компонентом, или наполнителем. Изменяя состав матрицы и наполнителя, их соотношение, можно получить широкий спектр материалов с требуемым набором свойств. Многие композиты превосходят традиционные материалы и сплавы по своим свойствам.[1]

КМ классифицируют по следующим признакам:

* материалу матрицы и армирующих компонентов;
* структуре;
* методам получения;
* области применения.

**Материал матрицы и армирующих компонентов.**

По материалу матрицы различают:

- металлические КМ или КМ на основе металлов и сплавов;

- КМ на основе интерметаллитов (интерметаллиты - химические соединения металлов с металлами);

- керамические КМ;

- КМ на основе неметаллических компонентов;

- КМ с матрицей из полимеров.

Армирующие компоненты (наполнители) делятся на изготовленные из:

- металлов и сплавов (сталь, вольфрамат титана и т. д.);

- неметаллов (углерод, бор);

- керамики;

- стекол;

- органических веществ (лавсан, полиэтилен и т. д.).[2]

**Структура.**

По своей структуре КМ делятся на следующие классы:

- дисперсноупрочненные КМ и КМ, армированные частицами;

- волокнистые КМ;

- слоистые КМ.

С учетом размера наполнителя в каждом классе КМ можно выделить:

- субмикроструктурированные КМ: размер частиц, толщина волокна много меньше 1 мкм.

- микроструктурированные КМ: размер частиц, толщина волокна или слоя имеет порядок микрона ~ 1 мкм;

- макроструктурированные КМ: макроскопические размеры компонентов имеют порядок миллиметров (много больше 0,1 мм).[3]

**Методы получения КМ.**

Классификация КМ по методам получения является условной, отражающей сегодняшний уровень технологических достижений. Выделяют следующие методы получения КМ:

- химические, связанные с химическим, электрохимическим и термохимическим осаждением;

- газо- и парофазные, связанные с конденсацией из газовой и паровой фазы;

- жидкофазные, связанные с направленной кристаллизацией и/или пропиткой подготовленных каркасов наполнителя;

- твердофазные, связанные с порошковой технологией, диффузионным сращиванием и другими термомеханическми технологиями;

- комбинированные, основанные на сочетании перечисленных процессов.[4]

**Области применения.**

КМ по этому признаку можно разделить на конструкционные и функциональные. Конструкционные КМ это материалы из которых изготавливаются конструкции и детали машин, работающих в условиях повышенных механических нагрузок. Функциональные КМ это материалы с особыми физическими свойствами.

Применение КМ в технологии stealth будет рассмотрено в 3 главе реферата.

1. Воробьев А.А. И др. «Материаловедение», стр. 259
2. Там же, стр. 259-260
3. Там же, стр. 260-261
4. Там же, стр. 264

**Глава 2. ПРИНЦИПЫ STEALTH ТЕХНОЛОГИИ**

Stealth технология — это техника создания малозаметных объектов в условиях их наблюдения радиолокационными станциями, инфракрасными и лазерными системами. Последние две системы применяются, как правило, в дополнение к радиолокационным системам, поэтому Stealth технология обычно рассматривается как техника создания малозаметных объектов в радиолокационном диапазоне paдиoвoлн.

В этой главе будут приведены принципы создания малозаметных объектов от радаров, инфракрасных и лазерных систем.

**2.1. Принципы Stealth технологии в радиолокации**

Основные принципы создания малозаметных объектов:

**1-й принцип:** «Изменение формы объекта не обеспечивает его ма-лозаметность во всей сфере углов наблюдения воздушных объектов, или в верхней полусфере для наземных и морских объектов».

Количественно заметность объектов в радиолокационном диапазоне волн оценивается величиной эффективной площади рассеяния (ЭПР), определяющей отражательную способность объекта в выбранном направлении.

Обоснованием первого принципа служит теорема об интегральной эффективной площади рассеяния объекта. Согласно этой теоремы интегральная ЭПР, характеризующая отражательную способность тела во всей сфере углов наблюдения или в полусфере — для наземных и морских объектов, является величиной постоянной вне зависимости от их формы. Иначе говоря изменение формы объекта лишь перераспределяет в пространстве отражательную способность объекта, не изменяя его заметность, если таковая интересует с любых направлений наблюдения объекта.[5]

**2-й принцип:** «Уменьшение заметности объекта может быть осу­ществлена лишь в небольших секторах углов его наблюдения, которые в Stealth технологии выбирают совпадающими с наиболее опасными для объекта углами наблюдения».

На рис. 1.1 указаны наиболее опасные сектора углов самолета, танка и корабля. В первом случае полагается, что наблюдение самолета производится с земли, поэтому пространственный сектор содержит единицы градусов в вертикальной плоскости и десятки градусов в азимутальном плоскости.







Пространственный сектор опасных углов объектов бронетанковой техники в среднем повторяет размеры предыдущего сектора с той лишь разницей, что углы в вертикальной плоскости оказываются положительными. Наиболее опасный сектор для кораблей содержит равно вероятные направления наблюдения в горизонтальной плоскости, поскольку он может обнаруживаться с любого курсового угла его наблюдения. В вертикальной плоскости опасными оказываются малые углы места как в силу больших расстояний до источника облучения (радиолокационной станции), так и в силу малых высот полета противокорабельных ракет.[6]

**З-принцип:** «Снижение отражений от поверхности объектов не до­статочно для перевода их в разряд малозаметных, если они располагаются вблизи морской (земной) поверхности». В этом случае образуется мощный антипод, ответственный за эффекты переотражения между поверхностью объектов и морской (земной) поверхностью. Сигналы антипода и непосредственных отражений от поверхности объекта не различимы обычными радиолокационными станциями при скользящих углах наблюдения. Поэтому те и другие воспринимаются как единый отраженный от объекта сигнал. В общем случае меры снижения отражений от поверхности самих объектов не обязательно снижают интенсивность антиподов, что и определяет из значимость в проблеме Stealth технологии. Интенсивность последних при скользящих углах наблюдения сопоставима с интенсивностью сигналов, отраженных непосредственно от поверхности самого



Рис. 1.2. Оптический антипод модели корабля

объекта. Визуальное представление об антиподе дает рис. 1.2, где показан оптический антипод модели корабля.[7]

**2.2. Принципы Stealth технологии в инфракрасном и лазерном диапазонах волн**

Инфракрасные системы реагируют на температурные кон-

трасты объекта с окружающей средой. Наибольший температурный

контраст у самолета наблюдается со стороны сопел двигателя. Поэтому

наиболее опасным сектором является пространственный сектор со сто-

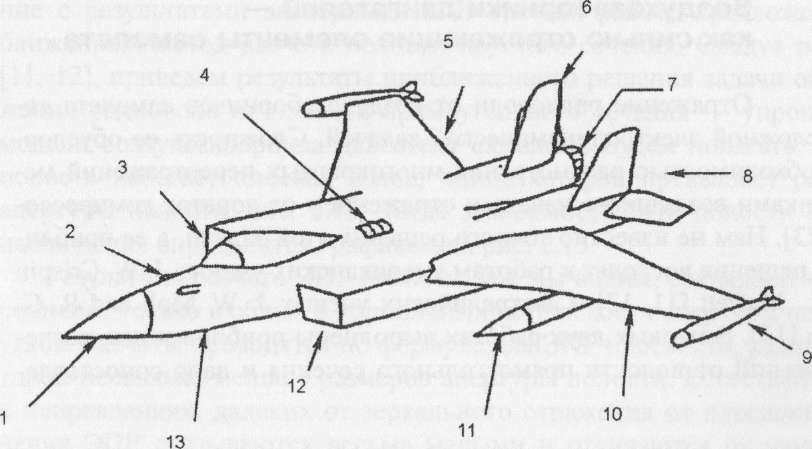
роны его хвостового оперения. Как и в случае радиолокационного об-

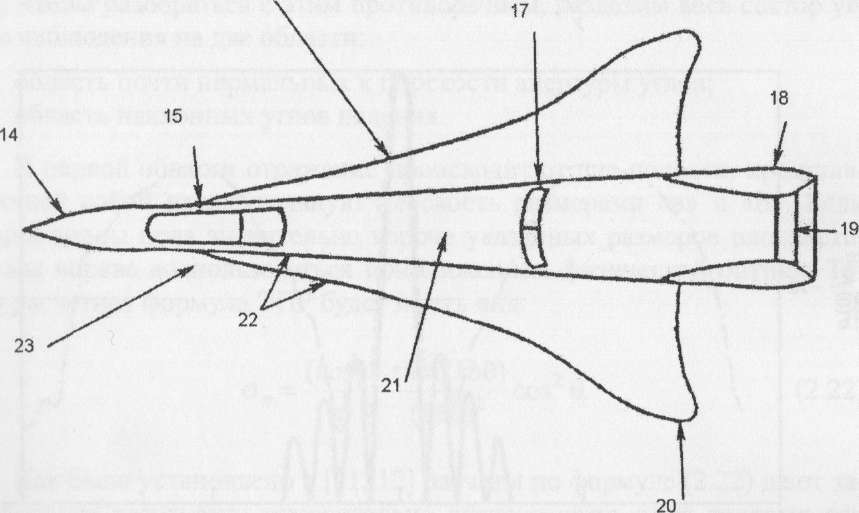
наружения опасный сектор оказывается сравнительно узким в вертикальной плоскости и сравнительно большим в горизонтальной плоскости.

Лазерные системы локации самолетов могут располагаться на спутниках, самолетах и наземных объектах. Поэтому невозможно указать опасный сектор углов, что в данном случае не имеет существенного значения поскольку для защиты объектов от лазерных систем используется специальная краска, которой можно окрашивать весь объект.

**2.3. Принципы разделения Stealth технологии на обычную и глубокую**

Анализ различных подходов в практике создания малозаметных объектов различного назначения показал целесообразность разделения проблемы Stealth технологии на обычную и глубокую. В каждой из них используется свой набор методов анализа и расчета, для каждой из них определены различные предельные уровни снижения радиолокационной заметности. Такое разделение согласуется как с хронологией создания малозаметных объектов, так и с физическими основами каждой из них. Возникшая еще в 60-х гг. обычная Stealth технология содержит набор способов и средств по снижению радиолокационной заметности сильно отражающих конструкций объектов и его функциональных элементов. Типичными сильно отражающими конструкциями самолета являются воздухозаборники двигателей (12), носовая радиолокационная антенна (1), передние кромки крыльев (10), кабина пилотов (3) , хвостовое оперение (8) и сопла двигателей (7) (рис. 1.3).





**Рис. 1.3.** Сильно и слабо отражающие элементы самолета

Снижение ЭПР воздухозаборников, к примеру, может быть выполнено путем изгиба его канала, разрушающего уголковый отражатель между его стенками и плоскостью лопаток компрессора. Снижение ЭПР носовой антенны достигается путем применения специального обтекателя.

Таким образом, в основу обычной Stealth технологии в самолетостроении положен подход поэлементной защиты. Приведем ее основные принципы.

1. Радиолокационная защита элементов самолета должна производиться только в наиболее опасном для его обнаружении секторе, углы которого указаны на рис. 1.1, и охватывают большой сектор носовых углов в азимутальной плоскости (+30 или ±45°). Сектор углов в вертикальной плоскости обычно составляет несколько градусов (5 редко 10) в нижней полусфере углов наблюдения.
2. Снижение ЭПР сильно отражающих элементов должна осуществляться только до уровня общего «ареала» самолета; при этом должен соблюдаться порядок ранжирования элементов по их вкладу в суммарный отраженный сигнал. Другими словами, глубина защиты каждого элемента должна быть пропорциональна уровню его ЭПР.
3. Следует избегать постановки радиопоглощающих покрытий на слабо отражающие элементы, поскольку это не только не эффективно, но даже может привести к росту ЭПР в определенном секторе углов наблюдения.[8]

Технические возможности методов обычной Stealth технологии (ST) ограничиваются уровнем снижения ЭПР объектов в среднем на порядок.

Для достижение более высоких (в сотни раз) уровней снижения ЭПР необходимо использовать методы глубокой Stealth технологии. Последняя является следующим шагом развития методов ST, после того как ЭПР сильноотражающих конструкций и функциональных элементов объектов снижена до уровня слабоотражающих. Дальнейшее снижение ЭПР объектов требует коренных изменений его конструкции, что и составляет предмет глубокой ST. Например, самолет В-2 (рис. 1.4), построенный по законам глубокой ST, выполнен в форме «летающего крыла», у которого воздухозаборники двигателей расположены не под, а на крыле. Благодаря этому удается избежать отражений от воздухозаборников в опасном секторе наблюдения с земли, поскольку они в этом случае экранируются плоскостью крыла. Точно так же решена задача по снижению ЭПР носовой радиолокаци­онной антенны и кабины пилотов. А неустранимые отражения от передней кромки крыла снижены за счет придания ему стреловидной формы и размещения на нем радиопоглощающих покрытий.



Рис. 1.4 Самолет B-2 «летающее крыло».

Все перечисленные средства глубокой ST наиболее эффективны в секторе углов наблюдения с земли. Это не является недостатком. Ведь в самом общем случае выбор малоотражающих форм всегда увязан с опасным сектором углов наблюдения. Как правило, это самый опасный сектор углов наблюдения, из которого отражения переводятся в другие сектора. Поэтому почти всегда на малозаметном объекте удается указать сектора глубокой, обычной ST и сектора с традиционным уровнем ЭПР для объектов этого класса. Применительно к рассматриваемому самолету В-2 можно утверждать, что это объект глубокой ST при наблюдении его с земли, объект обычной ST — при наблюдении его под углами из верхней полусферы и объект с традиционной ЭПР с направлений, близких к перпендикуляру к плоскости крыла. Аналогичное разделение имеет место для иных объектов ST. Например корабль типа Arleigh Burke (рис. 1.5) является объектом глубокой ST технологии при его наблюдении под скользящими углами к горизонту. При других углах наблюдения он может быть отнесен к объектам обычной ST, а в направлениях перпендикулярных к наклонным плоскостям надстроек — к объектам с традиционной ЭПР для кораблей этого класса.



Рис. 1.5. Эсминец Arleigh Burke.

Как уже было сказано, снижения ЭПР кораблей имеет еще одну особенность, связанную с тем, что здесь приходится снижать не только отражения от поверхностей самого корабля, но и от его антипода — переотражений между поверхностью корабля и морем. Радиолокационный антипод корабля имеет более сложную структуру, зависящую от дальности до него, длины волны поля и ряда других факторов.

5. Алексеев А.Г., Штагер Е.А., Козырев С.А. «Физические основы технологии STEALTH», стр. 19

6. Там же, стр. 20-21

7. Там же, стр. 21-22

8. Там же, стр. 78

**Глава 3. Использование композиционных материалов в технологии STEALTH**

**3.1. Способы уменьшения радиолокацинной заметности (РЛЗ)**

Способом уменьшения радиолокацинной заметности (РЛЗ) кораблей, летательных аппаратов, наземной техники и важнейших систем управления экономикой, командных пунктов и т. д., обеспечивающим снижение вероятности их поражения, помимо радикального изменения внешней формы объекта (архитектурная защита), являются:

* Использование в качестве основных конструкционных материалов неметаллических композитов, обеспечивающих создание легких и прочных конструкций, способных поглощать электромагнитное излучение в широком диапазоне частот с малым коэффициентом отражения радиоволн;
* Применение радиопоглощающих и многофункциональных покрытий, способствующих уменьшению уровня электромагнитных волн, отраженных от объектов, и снижающих их заметность при использовании инфракрасных, лазерных и других систем обнаружения и наведения.[9]

Основными компонентами радиопоглощающих материалов (РПМ) и радиопоглощающих покрытий (РПП) являются полимерные (реже керамические) материалы которые обеспечивают необходимые диэлектрические свойства экранирующим и поглощающим электромагнитную энергию материалам, магнитодиэлектрические полимерные композиции на основе полимерных связующих, токопроводящих и магнитных компонентов (наполнителей, обеспечивающих необходимые магнитные свойства).

**3.2. Обзор существующих радиопоглощающих покрытий**

Все известные радиопоглощающие покрытия (РПП) можно разделить на ряд групп:

1. По принципу работы:

* Интерференционные, являющиеся, как правило, узкодиапазонными, в которых гашение отраженной волны обязано интерференции волн, отраженных от передней, внутренних и задней поверхностей покрытия;
* Поглощающие, в основном, широкодиапазонные, в которых поглощение волн обязано как интерференции, так и поглощению энергии в материале за счет присущих ему диэлектрических и магнитных потерь;
* Рассеивающие, в которых уменьшение отраженной энергии в одном направлении обязано ее рассеянию в различных направлениях (под различными углами);
* Комбинированные, сочетающие все вышеуказанные признаки.

2. По используемым материалам:

* По типу материала;
* По типу наполнителя: проводящие, диэлектрические, ферромагнитные, суперпарамагнитные, наноструктурные и смешанные, включающие указанные наполнители в определенном соотношении.

3. По типу конструкции:

* Слоистые (одно-, многослойные, как с плоской поверхностью слоев, так и с профилированной);
* Конфигурационные, имеющие определенную геометрию наружной или внутренней поверхностей, в виде выступающих шипов, пирамид, конусов, отверстий различной формы, волнистости, а также имеющие ячеисто-клеточную, «зебру» или сотовую структуры.

4. По принципу взаимодействия с ЭМП:

* Композиционные материалы с диэлектрическими потерями;
* Композиционные материалы с магнитными потерями и диэлектрическими потерями.[10]

**3.3. Примеры материалов, покрытий и конструкций, уменьшающих радиолокационную заметность объектов**

**3.3.1. Примеры материалов, покрытий и конструкций, уменьшающих РЗ наземных объектов (техники, оборудования, транспорта)**

Для противорадиолокационной защиты наземного оборудования, техники, транспорта разработан большой ассортимент поглощающих узко- и широкодиапазонных материалов в виде сеток, накидок, пленок, покрытий, пенопластов и пенорезин, листовых материалов, в том числе многослойных.

Фирма North American Aviation разработала маскировочное покрытие в виде гибкой накидки, отражающая способность которой сравнима с отражающей способностью окружающей среды. Это покрытие представляет собой интерференционный поглотитель, в котором полупроводящие слои разделены диэлектрическими полимерными слоями. Требуемое расстояние между полупроводящими слоями обеспечивается глубоким рельефом, выдавленном на полимерном слое.[11]

Для защиты людей от радиолокационного обнаружения разработаны специальные куртка и каска . Материал куртки состоит из следующих слоев: 1 — водонепроницаемая ткань; 2 — лист поглотителя (различный состав); 3 — выдавленные цилиндрические стаканчики; 4 — прокладка с выдавленным рельефом; 5 — прокладка; 6 — проводящий лист; 7 — хлопчатобумажная ткань.

Фирма National Research Corp разработала радиопоглощающий материал в виде накидки для защиты наземной техники от радиолокационного обнаружения. Материал состоит из: 1 - зеленой маскирующей хлопчатобумажной ткани, 2 — белой хлопчатобумажной ткани, 3 - нескольких слоев пластика, металлизированного в вакууме . Используется 6 слоев полиэфирной пленки, алюминизированной в вакууме.

Для противорадиолокационной маскировки стартовых и посадочных площадок самолетов и ракет, имеющих металлизированные основания (например, металлическая палуба авианосца или взлетно-посадочная полоса из железобетона, который может быть армирован железом для повышения прочности или же иметь присадку в виде металлического порошка) фирма Eltro (ФРГ) разработала радиопоглощающий материал интерференционного типа, состоящий из ряда слоев, которые наносятся методом напыления, окраски или наклеивания.[12]

Фирма Emerson and Cuming выпускает электропроводящее покрытие марки Eccocoat СС-3W, предназначенное для экранирования высокочувствительной аппаратуры военного и авиакосмического назначения от электромагнитных помех. Покрытие представляет собой однокомпонентную водорастворимую систему полиакрилат — никель.[13]

**3.3.2. Примеры материалов, покрытий и конструкций, уменьшающих РЗ морских объектов**

Для уменьшения РЗ морских объектов важное значение имеют поглощающие материалы малой толщины, обладающие высокими механическими свойствами.

Фирма Eltro (ФРГ) разработала конструкционный радиопоглощающий снарядоустойчивый материал, предназначенный для противорадиолокационной маскировки боевых рубок подводных лодок. Он может применяться также на бронированных боевых машинах, самолетах и кораблях. Материал состоит из слоев пластика с металлическими волокнами или металлической сеткой и слоями радиопоглощающего материала.[14]

**3.3.3 Примеры материалов, покрытий и конструкций, уменьшающих РЗ объектов ракетной техники**

Фирма North American Aviation отказалась от идеи непосредственного покрытия ракет радиопоглощающими слоями и создает материалы, которые, являясь обшивкой ракеты или управляемого снаряда, обладают в то же время свойством поглощать радиолокационное излучение в диапазоне сантиметровых и миллиметровых волн. Толщина такого материала составляет всего 6 мм.[15]

**3.3.4. Примеры материалов, покрытий и конструкций, уменьшающих РЗ объектов в самолетостроении**

При разработке РПМ для самолетов основными являются весовые характеристики и широкодиапазонность материалов.

Верхний слой конструкции самолетов А-12 и SR-71 покрыт радиопоглощающей краской «iron ball», состоящей из микроскопических частиц для создания максимальной электропроводности.[16]

Фирма Mitsubishi Denki K.K. (Япония) разработала эластичное РПП на основе «жидкого» каучука с наполнителем из коротких углеродных волокон. В его состав на 1000 г жидкого каучука (олигобутадиен) входит 230 г отвердителя (толуолендизоцианат, блокированный пропилфенолом), 72 г катализатора (производная дибутила), 67 г углеродного волокна диаметром 0,6 мм и 52 г окиси титана.[17]

9. Алексеев А.Г., Штагер Е.А., Козырев С.А. «Физические основы технологии STEALTH», стр. 120

10. Там же, стр. 121-122

11. Михайлин Ю.А. «Специальные полимерные композиционные материалы», стр 388

12. Там же, стр. 389-390

13.Там же, стр. 401

14. Там же, стр. 403

15. Там же, стр. 409

16. Там же, стр. 420

17. Там же, стр. 422

**Заключение**

В связи с развитием новых технологий производства и применения современных материалов, в том числе композиционных, расширяются области применения stealth технологии. В реферате “Композиционные материалы и их использование в технологии STEALTH” на основе анализа подобранной литературы рассказано о stealth технологии, приведены классификация современных композиционных материалов и примеры применения этих материалов в stealth технологии.

**Список литературы**

[А.Г.Алексеев, Е.А.Штагер, С.В.Козырев. Физические основы технологии STEALTH](http://research.gym1505.ru/node/2651) Санкт-Петербург: ВВМ, 2007. - 284 с., 89 ил.

[Воробьев А.А и др. Материаловедение](http://research.gym1505.ru/node/3081) Москва: АРГАМАК-МЕДИА, 2014. - 304 с.

[Михайлин Ю.А., Специальные полимерные композиционные материалы.](http://research.gym1505.ru/node/2652) <http://www.bibliorossica.com/book.html?currBookId=10073>