



УДК 623.123

ГРНТИ 78.21.53, 78.25.11, 78.25.23

МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ОБЛЕТА БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ НАЗНАЧЕННОГО РАЙОНА В ИНТЕРЕСАХ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАЧ МАСКИРОВКИ

Ю.Л. КОЗИРАЦКИЙ, доктор технических наук, профессор

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

А.Т. АЛБУЗОВ, кандидат военных наук

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

А.В. ИВАНЦОВ, доктор военных наук, доцент

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Т.Г. МЕДОЕВ, кандидат технических наук

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Предложен подход к адаптивному маскировочному окрашиванию объектов, вооружения и военной техники в соответствии с фоном подстилающей поверхности поля боя. Разработана аналитическая модель, позволяющая получить статистические показатели влияния вероятности распознавания фона подстилающей поверхности на вероятность успешного облета БЛА назначенных секторов в условиях возможного поражения в прямой пропорции.

Ключевые слова: модель процесса, маскировочное окрашивание, адаптивное окрашивание, защита от оптико-электронных систем наблюдения, нанесение маскировочного окрашивания, адаптивный маскировочный комплекс, беспилотный летательный аппарат, фоно-предметная обстановка, поле боя.

THE UNMANNED AERIAL VEHICLE OBJECTIVE AREA FLYING PROCESS MODEL IN THE INTERESTS OF PERFORMING CAMOUFLAGE TASKS

YU.L. KOZIRATSKIY, Doctor of Technical sciences, Professor

MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)

A.T. ALBUZOV, Candidate of Military sciences

MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)

A.V. IVANTSOV, Doctor of Military sciences, Associate Professor

MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)

T.G. MEDOEV, Candidate of Technical sciences

MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)

An approach to adaptive camouflage painting of objects, weapons and military equipment in accordance with the background of the underlying surface of the battlefield is proposed. An analytical model that allows to get statistical indicators of the influence of the underlying surface background recognizing probability on the probability of a successful UAV overflight of designated sectors in conditions of possible damage in a direct proportion has been developed.

Keywords: process model, camouflage staining, adaptive staining, protection from optoelectronic surveillance systems, application of camouflage staining, adaptive camouflage complex, unmanned aerial vehicle, background and subject environment, battlefield.

Введение. Анализ тенденций развития средств вооруженной борьбы показывает, что в ходе ведения военных действий ТВД будет насыщен средствами разведки противника, позволяющими в течение 1,5–2 часов вскрывать расположение войск на всю глубину



оперативного построения в видимом диапазоне. Чувствительность современной аппаратуры позволяет с высокой вероятностью осуществить распознавание объектов разведки при наличии оптического контраста цвета маскировочного покрытия и фона подстилающей поверхности. В настоящее время в штате войсковых подразделений предусмотрено содержание универсальной маскировочной станции для машинного маскировочного окрашивания ВВСТ – полевой окрасочной станции (ПОС). Однако нанесение маскировочного покрытия осуществляется без учета свойств подстилающей поверхности непосредственно в районе размещения войск и сил. Выбор рисунка и используемой цветовой гаммы происходит на интуитивном уровне в соответствии с типовым представлением о местности. Необходима разработка нового подхода к маскировочному окрашиванию ВВСТ, обеспечивающего заблаговременное определение характеристик подстилающей поверхности до перемещения ВВСТ, автоматизированное формирование красящих материалов в соответствии с полученными характеристиками и их нанесение до совершения марша. Реализация такого подхода возможна с использованием БЛА для облета назначенного района.

Актуальность. Цвет является одним из достаточно устойчивых и информативных признаков поверхностей ВВСТ. Существующее большое разнообразие определений цвета можно свести к одному: «Цвет есть совокупность психофизиологических реакций человека на световое излучение, исходящее от различных самосветящихся предметов (источников света) либо отраженное от поверхности несамосветящихся предметов, а также (в случае прозрачных сред) прошедшее сквозь них» [1]. Из вышесказанного, цвет – это не физическое понятие. Цвет – это субъективное ощущение, рождаемое в сознании человека под действием света.

В свою очередь, свет, с физической точки зрения, – один из видов электромагнитного излучения. Цветовое видение человека это способность ощущать тот или иной цвет в зависимости от длины волны светового излучения.

График, где по оси ординат отложена длина волны, а по оси абсцисс – интенсивность, называется спектром излучения. При этом если спектр излучения равен нулю во всем диапазоне, кроме одной узкой его части, то наблюдается так называемый чистый спектральный цвет (чистый цвет). В природе фактически не встречаются чистые цвета.

Человеческое зрение способно воспринимать электромагнитное излучение ограниченной области от 380 до 760 нм называемой видимым светом. Однако спектральная чувствительность человеческого глаза неравномерна по всей области спектра. Из-за этого при ощущении цвета могут возникать явления, когда два разных цвета, имеющих разные спектральные распределения, человеку будут казаться одинаковыми. Это явление получило название метамеризма, а такие цвета метамерными. Причем при наблюдении пары метамерных цветов через оптико-электронную аппаратуру, использующую отличный от зрительного аппарата человека механизм регистрации изображения, они будут четко различаться [1]. Для осуществления абсолютных цветовых измерений были разработаны специальные приборы – колориметры и спектрофотометры. Приборы обоих типов измеряют световой поток излучения с заданной точностью.

Первые упоминания об использовании спектрографа (устройство предшествовавшее спектрофотометру) для получения спектрограмм природных образований с самолета в 1935 году приводятся в книге Е.Л. Кринова «Спектральная отражательная способность природных образований». Впоследствии эта работа нашла свое отражение в наставлениях по маскировке, но на практике этот способ не нашел применения вследствие ряда технических трудностей.

Учитывая современный уровень развития техники, насыщение армий иностранных государств новейшими оптико-электронными средствами разведки и наблюдения, необходимо пересмотреть вопрос маскирующей окраски ВВСТ.

В настоящее время маскирующее окрашивание требует индивидуального подхода соответственно к каждому отдельному фону местности. Окрашивание необходимо производить до совершения марша в район сосредоточения. При этом подготовка к маршу тактического формирования будет включать в себя следующую последовательность процессов:



- БЛА проводит облет всех N секторов назначенных районов, секторов расположения ВВСТ с целью фоновой разведки местности будущих боевых действий;
- данные с БЛА посредством устройств дистанционной передачи данных передаются на наземный приемо-передающий комплекс;
- данные с приемо-передающего комплекса поступают на устройство подготовки формулы окрашивания;
- готовая формула окрашивания передается на полевую окрасочную станцию (ПОС);
- посредством ПОС производится маскировочное окрашивание ВВСТ в соответствии с фоном местности облета. ПОС предлагается доукомплектовывать устройством формирующим формулу окраски и устройством поточной окраски техники, что позволит ускорить нанесение окраски и сократить количество привлекаемого личного состава [2].

Анализ местности до получения данных с БЛА предполагается начинать с изучения по карте тактических свойств его рельефа, так как он является наиболее стабильным элементом местности [3, 4]. На этом этапе определяются маршруты и предполагаемое размещение техники согласно характеристикам грунтов и почв с учетом прогноза по осадкам. В случае необходимости преодоления на маршруте продвижения в район боевого предназначения (РБПр) участков местности с характеристиками фона подстилающей поверхности, отличными от таковых в РБПр, предлагается применение быстросъемных маскировочных комплектов и масок с соответствующими преодолеваемому участку характеристиками.

Для реализации нового подхода предлагается перспективный комплекс адаптивного окрашивания военной техники. Комплекс состоит из БЛА, наземного оборудования приема пакетной информации, установки формирования и нанесения маскирующей окраски. БЛА оснащается устройством съема с местности характеристик цветности и устройством беспроводной передачи пакетов данных. Наземное оборудование приема и передачи пакетов данных предназначено для приема пакетов с БЛА и передачи их на установку формирования и нанесения маскирующей окраски. Установка формирования и нанесения маскирующей окраски представляет собой полевую окрасочную станцию, доукомплектованную устройством формирующим формулу окраски, устройством поточной окраски техники и накопителем конечной емкости, предназначенным для предварительной подготовки техники к нанесению маскировочной окраски.

На рисунке 1 представлен пример процесса подготовки к маршруту тактического воинского формирования.

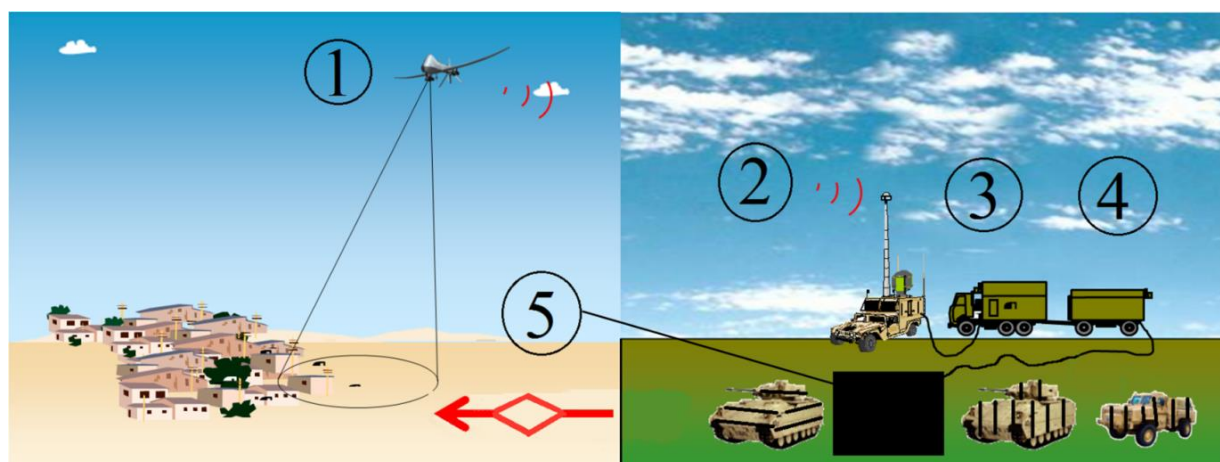


Рисунок 1 – Структура адаптивного маскировочного комплекса с использованием БЛА для облета назначенного района



Процесс подготовки к маршу тактического воинского формирования (рисунок 1) состоит из следующей последовательности действий:

1. БЛА проводит облет всех N секторов назначенных районов, секторов расположения ВВСТ с целью фоновой разведки местности будущих боевых действий;
2. Данные с БЛА посредством устройства дистанционной передачи данных передаются на наземный приемо-передающий комплекс;
3. Данные с приемо-передающего комплекса поступают на устройство подготовки формулы окрашивания;
4. Готовая формула окрашивания передается на полевую окрасочную станцию;
5. Посредством ПОС производится маскировочное окрашивание ВВСТ в соответствии с фоном местности облета.

Конечной целью функционирования комплекса является обеспечение прибытия колонны военной техники к границе указанного района с маскирующей окраской, соответствующей фоно-предметной обстановке поверхности поля боя.

Применение БЛА с оптико-электронной аппаратурой для облета секторов, районов расположения ВВСТ и распознавания фона подстилающей поверхности, будет характеризоваться вероятностями поражения летательного аппарата в назначенном районе и распознавания фона в зависимости от погодных и иных условий [5]. В то же время, для его реализации в целях оперативного принятия решения на применение в конкретных условиях, необходимо наличие модели оценки обстановки с определением вероятности выполнения задачи по распознаванию подстилающей поверхности.

Цель работы – разработка модели определения вероятности успешного выполнения задачи по облету назначенного района для летательного аппарата в условиях возможного его поражения.

Представим процесс функционирования комплекса как полумарковский процесс с дискретными состояниями и непрерывным временем. Для рассмотрения процесса облета N секторов при помощи БЛА используем рекомендации по описанию полумарковских процессов и получению вероятностно-временных и временных характеристик, а так же рекомендации по приближенному описанию звеньев в моделях [6, 7].

При этом необходимо учитывать возможность поражения БЛА в ходе облета РБПр [5]. Для реализации предлагаемого подхода в целях оперативного принятия решения на применение в конкретных условиях необходимо провести оценку обстановки с определением вероятности выполнения задачи по распознаванию подстилающей поверхности.

Применительно к рассматриваемому процессу необходимо отметить, что переходы в конечные поглощающие состояния пораженного БЛА и успешного облета фона должны быть рассмотрены, в связи с конфликтным взаимодействием БЛА и средств огневого поражения, как конфликтно-обусловленные с последующим получением вероятности успешного выполнения задачи.

Рассматриваемый процесс можно представить в виде развернутого графа состояний (рисунок 2), который состоит из следующих элементов:

$H_{15}, H_{25}, H_{35} = P_{\text{пораж}} \varphi_{\text{пораж}}(t)$ – переходные функции достижения состояния пораженного БЛА при облете сектора, $P_{\text{пораж}}$ – вероятность поражения БЛА при огневом воздействии, $\varphi_{\text{пораж}}(t)$ – плотность распределения среднего времени огневого воздействия по БЛА;

$H_{12}, H_{23}, H_{34} = (1 - P_{\text{пораж}}) \varphi_{\text{облета}}(t)$ – переходные функции достижения состояния завершенного облета сектора, $\varphi_{\text{облета}}(t)$ – плотность распределения затрачиваемого времени на облет;



$H_{22}, H_{33}, H_{44} = P_{\text{повторн облета}} \Phi_{\text{облета}}(t)$ – функции перехода в повторный облет сектора в результате нераспознанного фона, $P_{\text{повторн облета}} = (1 - P_{\text{расп}})$, а $P_{\text{расп}}$ – вероятность распознавания фона.

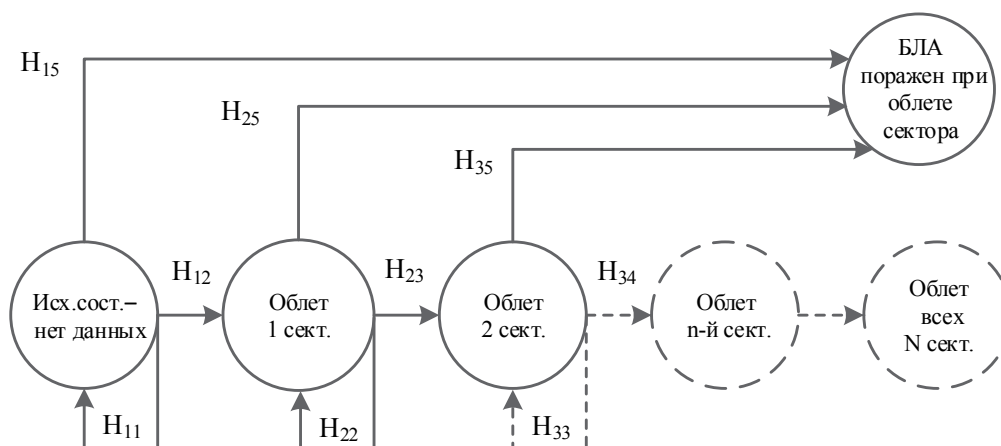


Рисунок 2 – Развернутый граф состояний процесса функционирования БЛА при облете назначенного района

На основе развернутого графа состояний процесса облета N секторов (рисунок 2) определено выражение (1) – переходная функция для состояния пораженного БЛА в форме обратного преобразования Лапласа, выражение (2) – для интегрального закона распределения вероятности поражения БЛА $P_{\text{пораж}}(t)$ и выражение (3) – для среднего времени поражения БЛА $\bar{T}_{\text{пораж}}$:

$$H_{\text{пораж}}(s) = H_{15}(s)(H_{12}(s)(H_{25}(s) + H_{23}(s)H_{35}(s))), \quad (1)$$

$$P_{\text{пораж}}(t) = \int_0^t L^{-1} \left\{ \frac{1}{s} H_{\text{пораж}}(s) \right\} dt, \quad (2)$$

$$\bar{T}_{\text{пораж}} = - \left. \frac{dH_{\text{пораж}}(s)}{ds} \right|_{s=0}. \quad (3)$$

Допущение одинаковой средней вероятности поражения $P_{\text{пораж}}$ для всех секторов и идентичности законов распределения времени поражения $\varphi_{\text{пораж}}(t)$ и времени облета $\varphi_{\text{облета}}(t)$ позволит упростить выражение (1) и привести его к общему виду для N секторов:

$$H_{\text{пораж}}(s) = H_{\text{пораж}}(s) \left(1 + \sum_{n=1}^N H_{\text{сект}}^n(s) \right), \quad (4)$$

где $H_{\text{пораж}}(s)$ – переходная функция для состояния пораженного БЛА при облете сектора;
 $H_{\text{сект}}^n(s)$ – переходная функция, характеризующая облет сектора;
 N – количество секторов.

Дальнейшее моделирование осуществлялось с использованием математической системы Mathcad применительно к двум секторам, со средним временем облета одного сектора – 1 час и



средним временем огневого воздействия на БЛА – 10 мин. Законы распределения времени перехода определены экспоненциальными.

Полученные зависимости представлены на рисунке 3. Каждая из зависимостей характеризуется, соответственно, следующими соотношениями:

- 1 – $P_{\text{пораж}} = 0,05$; $P_{\text{расп}} = 0,9$;
- 2 – $P_{\text{пораж}} = 0,1$; $P_{\text{расп}} = 0,7$;
- 3 – $P_{\text{пораж}} = 0,1$; $P_{\text{расп}} = 0,9$;
- 4 – $P_{\text{пораж}} = 0,3$; $P_{\text{расп}} = 0,9$;
- 5 – $P_{\text{пораж}} = 0,3$; $P_{\text{расп}} = 0,7$;
- 6 – $P_{\text{пораж}} = 0,5$; $P_{\text{расп}} = 0,9$;
- 7 – $P_{\text{пораж}} = 0,5$; $P_{\text{расп}} = 0,7$;
- 8 – $P_{\text{пораж}} = 0,9$; $P_{\text{расп}} = 0,9$.

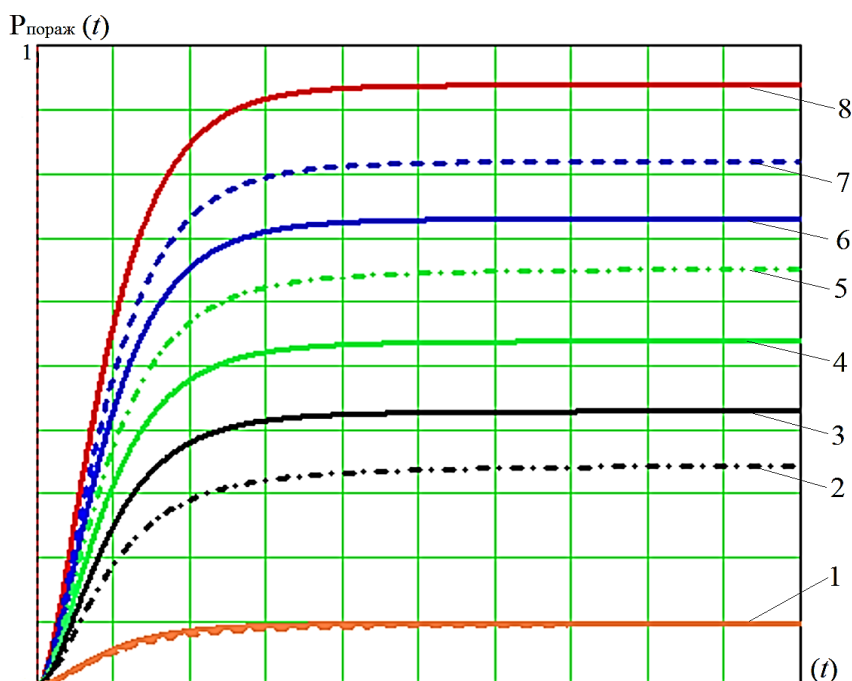


Рисунок 3 – Вероятность поражения БЛА

Анализ полученных зависимостей (рисунок 3) показал, что вероятность распознавания фона будет обратно пропорционально влиять на вероятность поражения летательного аппарата при выполнении им задачи по облету назначенного района (секторов). Снижение вероятности распознавания фона на 20 % будет увеличивать финальную вероятность поражения БЛА не менее чем на 10 %, для вероятности огневого воздействия по БЛА 0,1–0,5, которая и будет наиболее характерной для условий вооруженного конфликта. Это обусловлено тем, что низкая вероятность распознавания потребует повторного облета, тем самым создавая благоприятные условия для поражения БЛА.

Далее аналогично, на основе развернутого графа состояний процесса облета N -секторов (рисунок 2) определено выражение (5) – переходная функция достижения состояния выполненной задачи по облету всех секторов в форме обратного преобразования Лапласа и выражение (6) – для среднего времени облета \bar{T}_N :



$$H_N(s) = H_{12}(s)H_{23}(s)H_{34}(s)H_{46}(s), \quad (5)$$

$$\bar{T}_N = - \left. \frac{dH_{\text{облета } N}(s)}{ds} \right|_{s=0}. \quad (6)$$

Допущение о средней вероятности поражения $P_{\text{пораж}}$ для всех секторов облета и идентичности закона распределения времени облета одного сектора $\varphi(t)$ позволит также упростить выражение (1) и привести его к общему виду для N секторов:

$$H_{\text{облета } N_{\text{сект}}}(s) = H_{\text{сект}}^N(s). \quad (7)$$

Далее принимая во внимание возможность определения средних времен поражения БЛА и выполнения задачи по облету назначенных секторов из выражений (6) и (3), граф на рисунке 2 свернут в граф на рисунке 4, а переходы в конечные состояния рассмотрены как конфликтно-обусловленные с определением вероятности успешного выполнения задачи БЛА по облету в условиях поражения.

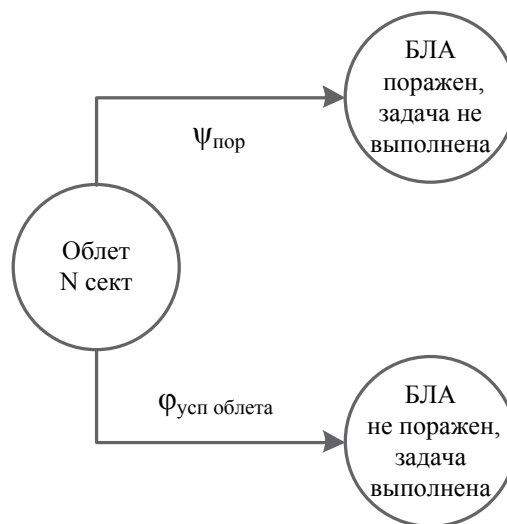


Рисунок 4 – Редуцированный граф состояний процесса функционирования маскировочного комплекса при облете назначенного района

В соответствии с операцией конфликтного обуславливания [6] вероятность успешного выполнения облета определяется из следующих соотношений:

$$\bar{P}_{\text{усп облета}}(t) = \int_0^t \varphi_{N_{\text{сект}}}(\tau) \left[1 - \int_0^\tau \psi_{\text{пор}}(u) du \right] d\tau, \quad (8)$$

$$P_{\text{усп облета}}(t) = \int_0^t \frac{\int_0^\tau \varphi_{N_{\text{сект}}}(\tau) \left[1 - \int_0^\tau \psi_{\text{пор}}(u) du \right] d\tau}{\lim_{t \rightarrow \infty} \int_0^t \bar{P}_{\text{усп облета}}(t)} dt, \quad (9)$$



где $\varphi_{N\text{сект}}(t)$ – плотность распределения затрачиваемого времени на облет всех N секторов, $\bar{P}_{\text{усп облета}}(t)$ – плотность распределения вероятности успешного облета всех N секторов, $\psi_{\text{пор}}(t)$ – плотность распределения времени поражения БЛА при облете всех N секторов.

Дальнейшее моделирование осуществлялось с использованием математической системы Mathcad применительно к двум секторам облета, с экспоненциальными дифференциальными законами распределения времен, средние величины которых определены в соответствии с выражениями (6) и (3).

Полученные зависимости представлены на рисунке 5.

Каждая из зависимостей характеризуется, соответственно, следующими соотношениями:

1 – $P_{\text{пораж}} = 0,6$; $P_{\text{расп}} = 0,7$;

2 – $P_{\text{пораж}} = 0,6$; $P_{\text{расп}} = 0,9$;

3 – $P_{\text{пораж}} = 0,3$; $P_{\text{расп}} = 0,7$;

4 – $P_{\text{пораж}} = 0,3$; $P_{\text{расп}} = 0,9$;

5 – $P_{\text{пораж}} = 0,1$; $P_{\text{расп}} = 0,7$;

6 – $P_{\text{пораж}} = 0,1$; $P_{\text{расп}} = 0,9$.

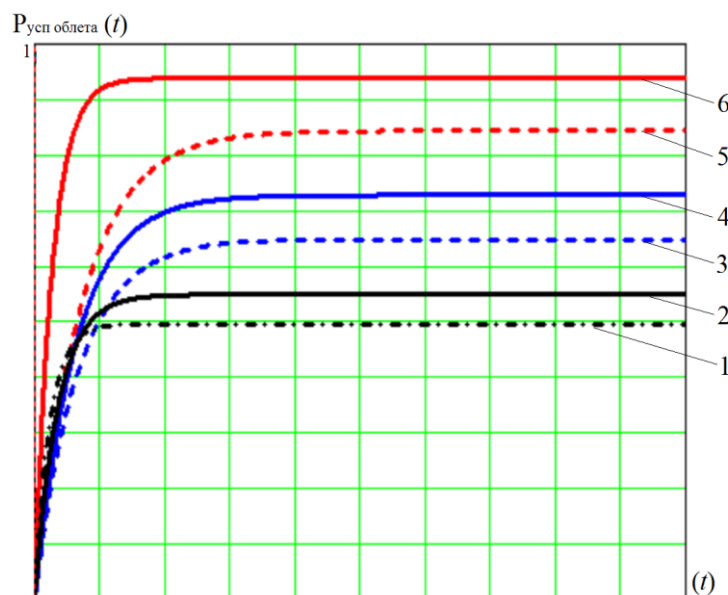


Рисунок 5 – Вероятность успешного облета БЛА назначенных секторов в условиях возможного поражения

Анализ полученных зависимостей (рисунок 5) показал влияние вероятности распознавания фона подстилающей поверхности на вероятность успешного облета БЛА назначенных секторов в условиях возможного поражения в прямой пропорции. Снижение вероятности распознавания фона на 20 % будет уменьшать вероятность успешного выполнения задачи до 10 % для условий наиболее характерных для вооруженного конфликта.

Выводы. Предложенный подход к адаптивному маскировочному окрашиванию объектов, вооружения и военной техники в соответствии с фоном подстилающей поверхности поля боя, обеспечивает заблаговременное определение характеристик подстилающей поверхности до перемещения ВВСТ, автоматизированное формирование быстросохнущих красящих материалов в соответствии с полученными характеристиками и их поточное нанесение до совершения марша.



Разработанная аналитическая модель процесса облета БЛА назначенного района позволяет оценить эффективность применения летательного аппарата в составе адаптивного маскировочного комплекса в условиях возможного применения по нему средств огневого поражения, а так же в условиях, определяющих вероятность распознавания фона аппаратурой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Домасев М.В., Гнатюк С.П. Цвет, управление цветом, цветовые расчеты и измерения / Домасев М.В. СПб.: Питер, 2009. 244 с.
2. Кондратьев С.В. Полевая окрасочная станция ПОС: учебное пособие / С.В. Кондратьев. Минск: БНТУ, 2004. 108 с.
3. Гаврилов А.В. Военная топография: учебник для высших военно-учебных заведений / под ред. А.В. Гаврилова. М.: Воениздат, 2010. 520 с.
4. Иваньков П.А., Захаров Г.В. Местность и ее влияние на боевые действия войск / Иваньков П.А. М.: Воениздат, 1969. 208 с.
5. Козирацкий Ю.Л. Обнаружение и координатометрия оптико-электронных средств, оценка параметров их сигналов: Монография / под ред. Ю.Л. Козирацкого. М.: Радиотехника, 2015. 456 с.
6. Козирацкий Ю.Л., Козирацкий А.Ю., Иванцов А.В. и др. Модели информационного конфликта средств поиска и обнаружения: Монография / под ред. Ю.Л. Козирацкого. М.: Радиотехника, 2013. 232 с.
7. Иванцов А.В., Албузов А.Т., Калинин В.С. Оценка величины ошибки определения вероятности в моделях на основе передаточных функций с приближенным описанием звеньев // Радиотехника. 2018. № 8. С. 18–21.

REFERENCES

1. Domasev M.V., Gnatyuk S.P. Cvet, upravlenie cvetom, cvetovye raschety i izmereniya / Domasev M.V. SPb.: Piter, 2009. 244 p.
2. Kondrat'ev S.V. Polevaya okrasochnaya stanciya POS: uchebnoe posobie / S.V. Kondrat'ev. Minsk: BNTU, 2004. 108 p.
3. Gavrilov A.V. Voennaya topografiya: uchebnik dlya vysshih voenno-uchebnyh zavedenij / pod red. A.V. Gavrilova. M.: Voenizdat, 2010. 520 p.
4. Ivan'kov P.A., Zaharov G.V. Mestnost' i ee vliyanie na boevye dejstviya vojsk / Ivan'kov P.A. M.: Voenizdat, 1969. 208 p.
5. Kozirackij Yu.L. Obnaruzhenie i koordinatometriya optiko-'elektronnyh sredstv, ocenka parametrov ih signalov: Monografiya / pod red. Yu.L. Kozirackogo. M.: Radiotehnika, 2015. 456 p.
6. Kozirackij Yu.L., Kozirackij A.Yu., Ivancov A.V. i dr. Modeli informacionnogo konflikta sredstv poiska i obnaruzheniya: Monografiya / pod red. Yu.L. Kozirackogo. M.: Radiotehnika, 2013. 232 p.
7. Ivancov A.V., Albuzov A.T., Kalinin V.S. Ocenka velichiny oshibki opredeleniya veroyatnosti v modelyah na osnove peredatochnyh funkcij s priblizhennym opisaniem zven'ev // Radiotehnika. 2018. № 8. pp. 18–21.

© Козирацкий Ю.Л., Албузов А.Т., Иванцов А.В., Медоев Т.Г., 2020

Козирацкий Юрий Леонтьевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры радиоэлектронной борьбы (и технического обеспечения частей РЭБ), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А.



Албузов Андрей Таирович, кандидат военных наук, преподаватель кафедры радиоэлектронной борьбы (и технического обеспечения частей РЭБ), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А.

Иванцов Алексей Владимирович, доктор военных наук, доцент, профессор кафедры тактики дальней и военно-транспортной авиации, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А.

Медоев Тимур Геннадьевич, кандидат технических наук, докторант, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А.