

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЛАНДШАФТА МЕСТНОСТИ НА НАКЛОННУЮ ПОЛЁТНУЮ ДАЛЬНОСТЬ ВИДИМОСТИ В ТЕМНОЕ ВРЕМЯ СУТОК

В. В. Дорофеев, В. И. Ковалев

Военный авиационный инженерный университет (г. Воронеж)

Поступила в редакцию 04.02.2010 г.

Аннотация. В статье приводится метод оценки дальности видимости несамосветящихся ориентиров в темное время суток в зависимости от ландшафта местности, времени года, типа подстилающей поверхности при выполнении поисково-спасательных работ.

Ключевые слова: ландшафт местности, дальность видимости.

Annotation. In article the method of an estimation of visibility range is resulted not self-shone reference points during dark time of days depending on a landscape of district, a season, type of a spreading surface at performance of search and rescue works.

Keywords: district landscape, visibility rang.

В настоящее время специальная авиация все чаще и чаще сталкивается, в своей практике, с кругом задач, которые требуют знания наклонной полётной дальности видимости несамосветящихся объектов ночью. К таким задачам можно отнести выполнение визуальных полётов на поисково-спасательные работы при чрезвычайных ситуациях и санитарной авиации в отдалённых районах Севера, Сибири и Дальнего Востока в темное время суток. Видимость зависит от яркостного контраста между объектом наблюдения и ландшафтом. Сезонная изменчивость природных покровов ландшафта приводит к существенному влиянию на видимость.

Исходя из выше сказанного полётная дальность видимости (видимость с борта воздушного судна) несамосветящихся объектов ночью зависит от ландшафта местности и типа поверхности выбираемых ориентиров (матовые или глянцевые) [1, 2].

Целью статьи является метод системного анализа влияния ландшафта местности на наклонную полётную дальность видимости (НПДВ) несамосветящихся объектов в тёмное время суток при однородной прозрачности атмосферы. Под однородной прозрачностью атмосферы понимают атмосферу с одинаковым коэффициентом прозрачности от земли до высоты нижней границы облаков [3].

В качестве исходных данных использовались теоретические исследования видимости в атмосфере, значения превышения рельефа местности, характер подстилающей поверхности, значения видимости несамосветящихся ориентиров в тёмное время суток полученные от экипажей воздушных судов за 2000—2009 год.

К несамосветящимся объектам ночью относятся все естественные объекты и искусственные сооружения на местности, которые отражают свет [3].

Расчёт НПДВ несамосветящихся объектов ночью для однородной атмосферы ($S_{р.нк}$) производится по формуле [1, 3]:

$$S_{р.нк} = \frac{S_{р.гр.}}{\cos \Theta_w}, \quad (1)$$

где $S_{р.гр.}$ — реальная горизонтальная дальность видимости (РГДВ) несамосветящегося объекта ночью, м; Θ_w — угол визирования, °.

$$S_{р.гр.} = \frac{1}{\mu} \ln \frac{K_0/\varepsilon + B/B_\phi - 1}{B/B_\phi}, \quad (2)$$

где μ — показатель ослабления, 1/м; ε — порог контрастной чувствительности глаза, K_0 — первоначальный не искажённый атмосферой контраст между объектом и фоном; B — коэффициент, характеризующий состояние яркостного «насыщения» слоя помутнения, B_ϕ — яркость фона.

Угол визирования (Θ_w), рассчитывается по формуле:

$$\theta_w = \theta + 57,3 \frac{W \cdot t}{H_{\text{пол}}} \sin \theta \sqrt{1 - \cos^2 \theta \cdot \cos \alpha}, \quad (3)$$

где W — путевая скорость воздушного судна, м/с; $H_{\text{пол}}$ — высота полета воздушного судна (ВС), м; α — курсовой угол наблюдения, °; t — время аккомодации зрения пилота, с; θ — минимальный угол визирования для высоты полета без учета путевой скорости.

Дальность видимости несамосветящихся объектов в сумерки и ночью в основном зависит от их освещенности, а также от освещенности ландшафта. Прозрачность же атмосферы (выраженная например, через метеорологическую оптическую дальность видимости) ночью играет второстепенную роль [1].

НПДВ несамосветящихся объектов в тёмное время суток является сложной функцией зависящей от состояния внешней среды, условий воздушной навигации, ландшафта местности.

Несамосветящиеся объекты, выбранные как ориентиры, из объектов выделяющиеся на ландшафте местности, делятся на 2 типа [4]:

- глянцевые — это поверхности, обладающие повышенной отражательной способностью к которым относятся реки, озёра, пруды и т. д.;
- матовые — это поверхности повышенной шероховатости, к которым относятся леса, горы, поля и т. д.

Причем необходимо учитывать, что они могут, изменяться и взаимно заменяться в зависимости от метеорологических условий.

Природные покровы ландшафта местности по отражательной способности и по создаваемому ими контрасту с объектами можно разделить на три класса:

I класс — нейтральные. Кривая дает ряд неправильных небольших волн, но не обнаруживает какого либо общего монотонного хода вдоль спектра. К этому классу относятся снег, лед, некоторые горные породы белого, серого и черного цвета, кое-какие формы мертвых растительных покровов.

II класс. Кривая непрерывно повышается от фиолетового конца спектра к красному. К рассматриваемому классу относятся подавляющее большинство минералов, горных пород, почв, грунтов, а также образцов сухой растительности.

III класс. Зеленые растительные объекты, окрашенные специфическим для зелени пигментом — хлорофиллом, отличаются характерным видом кривой, которая идет почти парал-

лельно оси абсцисс в сине-фиолетовой части. В зависимости от этого меняется и цвет объекта. Так, при незначительном наклоне и большой высоте кривой объект кажется светло-желтым, «кремовым», слегка розоватым.

Природные покровы, окраска которых не укладывается в указанные три класса, очень редки. Так, объекты синего и фиолетового цвета хотя и встречаются в природе, но они лишь в исключительных случаях способны скапливаться в больших количествах, чтобы окрасить участки суши.

Общеизвестной особенностью наших широт является периодические перемены в ее отражательной способности, связанные с сезонными изменениями в природе. Сезонная смена яркости, на протяжении года выраженная в пределах представленной классификации может быть представлена схемой:

I-II-III-II-I

В бедных влагой районах, где растительность выгорает летом, схема будет выглядеть:

I-II-III-II-III-II-I

Расчёты НПДВ с учётом относительного превышения рельефа для различных классов ландшафта местности и типа поверхности ориентира, в качестве примера, приведены на рисунках 1, 2 в виде зависимости НПДВ от РГДВ для одинаковых условий воздушной навигации и состояния внешней среды.

Достоверность предложенной методики расчета НПДВ несамосветящихся объектов ночью проведена по критериям успешности (R — коэффициент корреляции между рассчитанными и фактическими значениями, u — среднеквадратическая ошибка расчета, z — средняя абсолютная ошибка расчета) в зависимости от расстояния.

Оценки достоверности по критериям успешности таблица 1, 2 позволяют сделать вывод о возможности использования предложенной методики для расчета НПДВ несамосветящихся объектов ночью в зависимости от относительного превышения рельефа местности в радиусе до 150 км от аэродрома вылета (метеостанции).

На основании приведенной методики можно определить наклонную полётную дальность видимости для различных типов несамосветящихся объектов и классов ландшафта местности.

Из рисунка 1 и 2 видно, что НПДВ несамосветящихся объектов (ориентиров) в темное



Рис. 1. Зависимость НПДВ от РГДВ несамосветящихся объектов в темное время суток при полете над равнинной местностью III класса ($W = 200 \text{ км/ч}$, $H_{\text{пол}} = 300 \text{ м}$, $ВНГО = 400 \text{ м}$, $\varepsilon = 0,2$). а) глянцевая поверхность; б) матовая поверхность



Рис. 2. Зависимость НПДВ от РГДВ несамосветящихся объектов в темное время суток при полете местности над равниной местностью I класса ($W = 200 \text{ км/ч}$, $H_{\text{пол}} = 300 \text{ м}$, $ВНГО = 400 \text{ м}$, $\varepsilon = 0,2$). а) глянцевая поверхность; б) матовая поверхность

Таблица 1

Критерии успешности (R, y, z) расчета наклонной полётной дальности видимости ночью при однородной прозрачности атмосферы

Класс ландшафта местности	Критерии успешности							Кол-во случаев
	Матовые поверхности			Кол-во случаев	Глянцевые поверхности			
	r	$\tau, \text{ м}$	$\mu, \text{ м}$		r	$\tau, \text{ м}$	$\mu, \text{ м}$	
I класс	0,93	118,6	92,1	200	0,90	124,3	99,7	150
II класс	0,89	133,2	100,1	200	0,85	141,4	112,9	150
III класс	0,81	148,8	115,1	300	0,76	154,2	128,6	200

Таблица 2

Критерии успешности (r, σ, μ) расчета изменений НПДВ несамосветящихся объектов ночью для различных относительных превышений рельефа местности при однородной прозрачности атмосферы

Относительное превышение рельефа	Критерии успешности							Кол-во случаев
	Матовые поверхности			Кол-во случаев	Глянцевые поверхности			
	r	$\sigma, \text{ м}$	$\mu, \text{ м}$		r	$\sigma, \text{ м}$	$\mu, \text{ м}$	
100 м	0,91	11	9	100	0,88	14	11	100
250 м	0,87	15	14	100	0,82	24	22	100
500 м	0,80	24	21	150	0,75	30	28	150

время суток меньше РГДВ, причем дальность видимости глянцевых поверхностей больше чем матовых. Расчёты подтверждают влияние класса ландшафта местности на НПДВ, так при I классе ландшафта видимость одного и того же типа объекта будет примерно в 2 раза лучше, чем для III класса ландшафта.

Полученные результаты можно использовать для оценки возможности выполнения полётов в тёмное время суток по правилам визуальных полётов, над местностью лишенной самосветящихся ориентиров.

Анализ влияния ландшафта местности на наклонную полётную дальность видимости несамосветящихся объектов ночью позволяет сделать следующий вывод:

Дорофеев В. В. — д. геогр. наук, профессор, Военный авиационный инженерный университет (г. Воронеж) Тел. (4732) 66-28-45

Ковалёв В. И. — к. геогр. наук, преподаватель, Военный авиационный инженерный университет (г. Воронеж). Тел. (4732) 65-43-62 E-mail: slavko50@mail.ru

НПДВ несамосветящихся объектов ночью зависит от относительного превышения рельефа, класса ландшафта местности и типа поверхности ориентиров (матовые и глянцевые). При этом наилучшая видимость соответствует I классу, а наихудшая III классу ландшафта местности, а видимость глянцевых ориентиров в 1.5 раза лучше, чем матовых.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Берёзкин В. М.* Дальность видимости как объект метеорологических наблюдений. — Л. Гидрометеопиздат 1949. — 98 с.

3. *Дорофеев В. В.* Наклонная дальность видимости. — Монография, Воронеж: ВВВАИУ, 2007. — 209 с.

4. *Шаронов В. В.* Свет и цвет. — М.: Государственное издание физико-математической литературы, 1961. — 311 с.

Dorofeyev V. V. — the doctor of geographical sciences, the professor, Military aviation engineering university (Voronezh) . Tel. (4732) 66-28-45

Kovalyov V. I. — the candidate of geographical sciences, Military aviation engineering university (Voronezh) . Tel. (4732) 65-43-62 E-mail: slavko50@mail.ru