

## **МЕТОДИКА ОЦЕКИ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ НОЧНОГО ВИДЕНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ**

В.В. Дорофеев, В.И. Ковалев, В.В.Аристов

В статье рассматриваются особенности применения систем ночного видения в зависимости от гидрометеорологических условий. Приведены результаты исследования влияния естественной освещенности в зависимости от количества и формы облаков, метеорологической оптической дальности видимости, характеристик объектов и фона на возможности применения воздушных судов оснащенных системами ночного видения в темное время суток. Предложена методика оценки применения систем ночного видения в зависимости от гидрометеорологических условий.

**Ключевые слова:** темное время суток, дальность видимости, метеорологические условия полётов, системы ночного видения

### **ВВЕДЕНИЕ**

Системы ночного видения (СНВ), применяемые в авиации предназначены для наблюдения за кабиной пространства воздушного судна (ВС) в темное время суток (ТВС) с целью обеспечения возможности взлета, пилотирования на предельно малых высотах, поиска и обнаружения объектов спасения, посадки на неосвещенные площадки и проведение спасательных работ.

Но полеты по правилам визуальных полетов в ТВС с применением СНВ до сих пор выполняются в режиме подконтрольной эксплуатации. В результате возникли проблемы не только в методическом сопровождении эксплуатации ВС, но и юридические. Так, в дополнении к Инструкции экипажу ВС приспособленных к выполнению полетов в ТВС [1, 3, 5, 7], указаны конкретные цифры уровня естественной освещенности (ЕО) метеорологические условия при которых возможна эксплуатация ВС с применением СНВ.

На сегодняшний момент нет приборов для измерения уровня ЕО, и нет методик по оценке метеорологических условий для применения СНВ, следовательно, вся ответственность за безопасность применения ВС в ТВС ложится на летный и руководящий состав. Положение усугубляется еще и тем, что предприятия промышленности, выпускающие СНВ, проводят агрессивную рекламную кампанию, представляя ВС, оборудованные СНВ как круглосуточного применения, в то время как даже теоретические расчеты показывают, что выполнять полеты на малых и предельно малых высотах по правилам визуальных полетов с СНВ по уровню ЕО можно в среднем лишь в 30% темного время суток в году, при условии простых метеорологических условий.

Поэтому целью работы является разработка методики учета гидрометеорологических условий для применения систем ночного видения при производстве полета ночью.

### **МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА И ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ**

Исследования проводились с использованием СНВ: «ГЕО-ОНВ-1», ОВН «СКОСОК» и ПНВ -94 в целях специальных летных испытания для производства летных исследований на вертолетах Ми-8МТКО. В настоящее время полеты в СНВ выполняет в основном летный состав 344 ЦБП, ОАО КВЗ г. Казань (аэр. Юдино) и ПЛС (АА). В целях исследования общий налет в СНВ составил:

- в 2010 году – 707 часов;
- в 2011 году – 381 часов;
- в 2012 году – 531 часов;
- в 2013 году – 428 часов.

Полеты выполнялись при температуре воздуха от +9°C до -2°C с бетонной полосы, а также с неосвещенных и неосвещенных площадок вне аэродрома, при болтанке от слабой до умеренной и скорости ветра от 3 до 12 м/с, в простых и сложных метеоусловиях, ночью при метеорологической оптической дальности видимости более 1 км, влажности воздуха от 70 до 98%, ЕО от 1 до  $5 \times 10^{-4}$  Лк над различными видами подстилающей поверхности.

После вылета экипаж составлял донесения о выполнении задания с указанием количества обнаруженных объектов, их характеристик, координат и времени обнаружения. За ночь выполняется, как правило, 2 вылета экипажем.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ НОЧНОГО ВИДЕНИЯ

Видимость каждого предмета в определенный момент времени зависит от многих факторов. Практика применения СНВ показала, что дальность видимости объектов существенно зависит не только от поколения СНВ, но и от метеорологических условий, таких как прозрачность атмосферы, количество и форма облаков, контраст объекта на фоне местности.

Как показали исследования, основными факторами, влияющими на дальность видимость в ТВС с применением СНВ являются [2, 3]:

- прозрачность атмосферы – выраженная через метеорологическую оптическую дальность видимости (МОДВ);
- естественная освещенность (ЕО) – зависящая от фазы Луны, количества и формы облаков;
- геометрические характеристики, контраст объекта (ориентира), фон, условия обзора и состояние зрения наблюдателя;
- влияние типа СНВ – зависящая от оптической системы и качества электрооптического преобразователя;
- условия навигации – выраженные через скорость и высоту полета воздушного судна, направление и скорость ветра

Все эти факторы необходимо учитывать в комплексе. Для оценки их воздействия на видимость они были проанализированы отдельно, это позволило оценить вносимый ими вклад, и способствовало успешной разработке методики оценки метеорологических условий на дальность обнаружения объектов с применением СНВ в ТВС.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ НОЧНОГО ВИДЕНИЯ

Оценка дальности видимости объектов с применением СНВ в зависимости от различных метеорологических условий до настоящего времени отсутствует, поэтому первоначальной целью работы является исследование вкладов в дальность видимости ориентиров с применением СНВ каждого из метеорологических факторов в отдельности.

Тактико-технические характеристики СНВ приведены для МОДВ более 10 км, при уменьшении прозрачности атмосферы дальность видимости уменьшается.

В качестве примера в табл. 1 представлено изменение дальности видимости с применением СНВ различного поколения в зависимости от прозрачности атмосферы при фиксированном значении ЕО и контраста объекта.

Таблица 1

Экспериментальные значения дальности видимости ориентиров с применением систем ночного видения при различной прозрачности атмосферы ( $EO = 0,14 - 0,04$  Лк,  $\kappa = 1$ )

Системы ночного видения	Прозрачность атмосферы (МОДВ)								
	10000 м	6000м	5000м	4000м	3000м	2000м	1500м	1000м	500м
Поколение I	300	180	150	120	90	60	45	30	15
Поколение II	630	378	315	252	189	126	95	63	32
Поколение III	810	486	405	324	243	162	121	81	41

Влияние прозрачности атмосферы на изменение дальности видимости ориентиров с применением СНВ для фиксированных значений ЕО и контраста объекта на фоне местности можно выразить через коэффициент, учитывающий поколение СНВ ( $a$ ):

$$a = S_{\text{приб}} / 10000, \quad (1)$$

где  $S_{\text{приб}}$  – дальность видимости ориентиров с применением СНВ из тактико-технического описания, м.

Уровень ЕО, при котором в СНВ обеспечивается оптимальный уровень восприятия, заявляется производителями в СНВ последних серий, в пределах от 0,01 до 0,2 Лк [3, 4].

Практически превышение минимальных и максимальных пределов освещенности ведет к фрагментации изображения. При недостатке освещенности изображение фрагментируется с уменьшением его яркости и контрастности, что ведет к потере информативности, возникает так называемое «снежение» [2, 3, 5].

Фрагментация начинается с появления на просматриваемой картинке белых и черных точек с дальнейшим уменьшением яркости и размытием контрастности видимых объектов. ЕО, с которой начинается этот процесс, необходимо считать уровнем, недостаточным для выполнения работ с применением СНВ (рис. 1). Такая же ситуация происходит и при превышении ЕО (рис. 1).

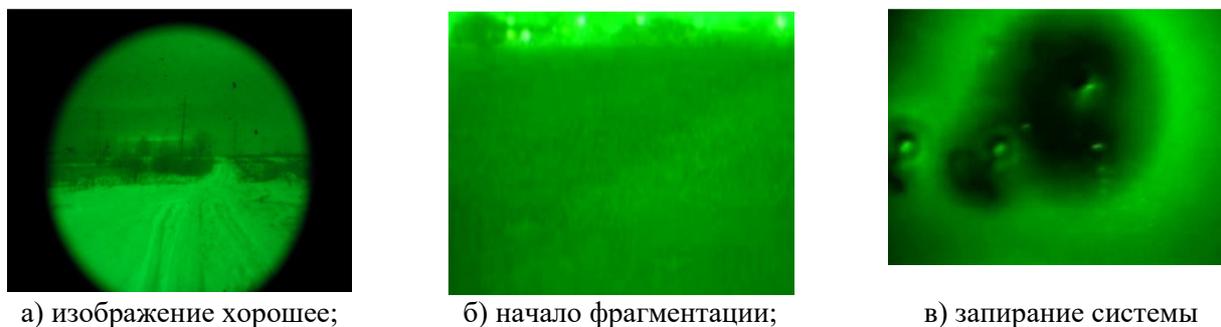


Рис. 1. Видимости в очках ночного видения при различном уровне естественной освещенности

Как и прозрачность атмосферы, ЕО вносит большой вклад в изменение видимости ориентиров с применением СНВ. ЕО учитывается в работе через коэффициент, зависящий от количества и формы облаков при различных фазах Луны. Метод оценки ЕО в работе не рассматривается, он досконально представлен в работах [3, 5, 6, 7].

Для оценки влияния ЕО на дальность видимости ориентиров при применении СНВ были рассчитаны коэффициенты, учитывающие изменения дальности видимости при фиксированных значениях прозрачности атмосферы и контраста объекта на фоне местности. На основе полученных данных были определены значения, обозначенные через коэффициенты, учитывающие влияние естественной освещенности на дальность видимости с применением СНВ (табл. 2).

Таблица 2

Экспериментальные значения коэффициента ( $E$ ), учитывающего влияние естественной освещенности на дальность видимости ориентиров с применением систем ночного видения

	0,3-0,14 Лк	0,14-0,04 Лк	0,04-0,01 Лк	0,01-0,001 Лк	0,001-0,0001 Лк
Поколение I	1	0,7	0,5	0,3	0,15
Поколение II	1	0,75	0,6	0,35	0,2
Поколение III	1	0,8	0,65	0,4	0,2

Как видно из табл. 1 и 2, особое влияние на дальность видимость ориентиров оказывает поколение самих СНВ. Более совершенные приборы позволяют добиться более высоких показателей дальности видимости. Нередко в состав СНВ входят увеличительные линзы, позволяющие приблизить объект в 1,5-2 раза, что увеличивает угловые размеры ориентира, и в расчеты необходимо внести и коэффициент увеличения.

Оптико-физические характеристики фонов и ориентиров определяют истинный контраст. Истинный контраст объекта на фоне местности не зависит от времени суток и остается всегда постоянным. На основе фотометрических наблюдений, представленных в работах [1, 2], была построена таблица значений контрастов объектов при различных сезонах года (табл. 3).

Данные исследования позволили получить формулу, учитывающую влияние метеорологических условий на дальность видимости различных ориентиров с применением СНВ в ТВС:

$$S = a \cdot k \cdot E S_{\text{мод}} , \quad (2)$$

где  $S$  – дальность видимость с применением СНВ ночью, м.;  $a$  – коэффициент, учитывающий поколение СНВ;  $k$  – контраст объекта на фоне местности;  $E$  – коэффициент, учитывающий влияние ЕО, за-

висящий от количества и формы облаков при различных фазах Луны;  $S_{\text{модв}}$  – метеорологическая оптическая дальность видимости, м.

Таблица 3.

Значения контраста ( $\kappa$ ) объектов на различном ландшафте местности

Времена года	Ландшафт	Значения яркости фона, $V_{\phi}$	Человек		Дом				Дорога			
			Значения яркости объекта $V_o$									
			конт- траст	замас- кир.	стена		крыша		грунт		шоссе	
					брев	кирп	дерев	жел	сух	мок	сух	мок
1,0	0,2	0,12	0,19	0,15	0,13	0,21	0,07	0,32	0,11			
Лето	Луг зел.	0,064	0,93	0,68	0,46	0,66	0,57	0,50	0,69	0,08	0,8	0,41
	Лес хвойн.	0,040	0,96	0,8	0,66	0,79	0,73	0,69	0,80	0,42	0,87	0,63
	Лес листв.	0,050	0,95	0,75	0,58	0,73	0,66	0,61	0,76	0,28	0,84	0,54
	Посев зел.	0,055	0,94	0,72	0,54	0,71	0,63	0,57	0,73	0,21	0,82	0,5
	Небо	0	1	0,2	0,12	0,19	0,15	0,13	0,21	0,07	0,32	0,11
Зима	Лес хвойн.	0,40	0,6	0,5	0,7	0,52	0,62	0,67	0,47	0,82	0,2	0,72
	Лес зим	0,07	0,93	0,65	0,42	0,63	0,53	0,46	0,66	0,4	0,78	0,36
	Снег вып.	1,00	0	0,8	0,88	0,81	0,85	0,87	0,79	0,93	0,68	0,89
	Снег тающ.	0,80	0,2	0,75	0,85	0,76	0,81	0,83	0,73	0,91	0,6	0,86
	Лед речн.	0,35	0,75	0,42	0,65	0,84	0,57	0,62	0,31	0,8	0,08	0,68
	Снежн. поле	0,60	0,4	0,66	0,4	0,68	0,75	0,78	0,65	0,88	0,46	0,81
Переход	Луг жёлт	0,15	0,85	0,25	0,2	0,21	0,2	0,13	0,28	0,53	0,53	0,26
	Болото	0,050	0,95	0,75	0,58	0,73	0,66	0,61	0,76	0,28	0,84	0,54
	Лес хвой	0,40	0,6	0,5	0,7	0,52	0,73	0,67	0,47	0,82	0,87	0,63
	Лес осеней	0,15	0,85	0,25	0,2	0,21	0,1	0,13	0,28	0,53	0,53	0,26

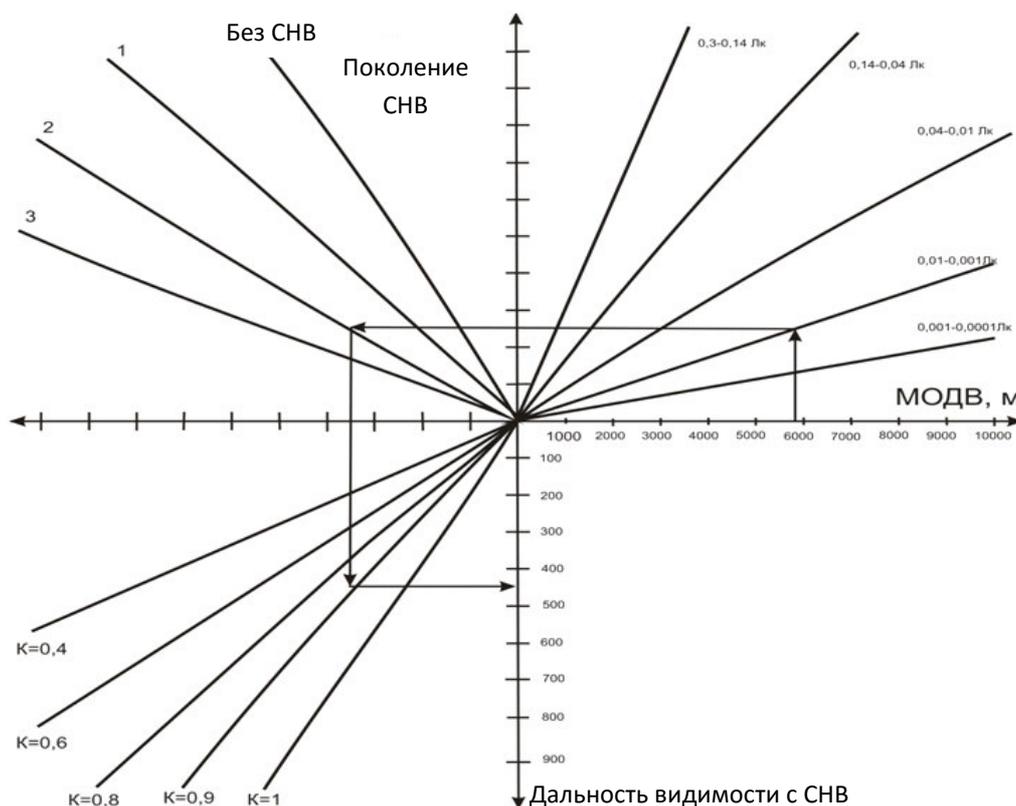


Рис.2. Номограмма для расчета дальности обнаружения объектов с применением систем ночного видения

Для простоты и оперативности работы была построена номограмма для оценки применения СНВ в зависимости от различных метеорологических условий (рис. 2).

Данная номограмма состоит из элементарных номограмм разных типов, связанных между собой общими шкалами.

В первой четверти номограммы оценивается влияние естественной освещенности и МОДВ на дальность видимости ориентиров с применением СНВ.

Во второй четверти номограммы оценивается влияние различных поколений СНВ или их отсутствие на дальность видимости.

В третьей четверти номограммы оценивается влияние контраста объекта на фоне местности на дальность видимости ориентиров с применением СНВ.

Основное правило применения номограммы представлено в виде стрелок.

Данная номограмма была предложена при проведении специальных мероприятий и учений военнослужащими спецподразделений ФСБ РФ в августе-сентябре 2011 года. Их применение показало высокую достоверность, легкость в усвоении и простоту применения в различных условиях и при резко меняющейся обстановке.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как показали проведенные исследования, видимость с применением СНВ сильно зависит от гидрометеорологических условий, пренебрежение знанием которых может привести к полному их «запиранию». Дальность видимости с применением СНВ зависит в первую очередь от естественной освещенности, которая складывается из количества и формы облаков.

Предложенная методика позволит оценить возможность применения ВС оснащенных СНВ и оценить условия полета, выбрать оптимальные условия воздушной навигации.

Применение данной методики будет способствовать оперативной оценке дальности видимости ориентиров с применением СНВ, что позволит повысить безопасность, регулярность и эффективность полетов авиации в ТВС.

## METHODOLOGY OF POSSIBLE APPLICATIONS OF THE NIGHT VISION DEPENDENT ON WEATHER CONDITIONS

V.V. Dorofeyev, V.I. Kovalyov, V.V. Aristov

The article addresses the use of night vision systems depending on weather conditions. Results of research of influence of natural lighting depending on the number and shapes of the clouds, meteorological optical range of visibility, the characteristics of the objects and the background on the possibility of using aircraft equipped with night-vision in the dark. The proposed method of evaluation of the use of night vision systems depending on weather conditions.

**Keywords:** dark, visibility, meteorological conditions of flight, night vision systems

### ЛИТЕРАТУРА

1. Вавилов С.И. Глаз и Солнце. М.: Академия наук СССР, 1956. 128 с.
2. Дорофеев В.В. Нахмансон Г.С., Жильчук И.А., Ковалев В.И. Видимость для авиационных целей. Монография. Воронеж: ВАИУ. 2010. 252 с.
3. Дорофеев В.В., Бакланов И.О., Степанов А.В., Ковалев В.И. Полетная видимость. Монография. Воронеж: Воронежский ЦНТИ – филиал ФГПУ «РЭА» Минэнерго России, 2013. 250 с.
4. Дорофеев В.В., Ковалев В.И. Влияние ландшафта местности на видимость несамосветящихся объектов в однородной атмосфере ночью. «Вестник ВГУ», серия география, геоэкология. Воронеж: ВГУ, 2008. №2. С. 121-125.
5. Дорофеев В.В., Ковалев В.И., Аристов В.В. Математический метод оценки условий воздушной навигации в темное время суток. «Вестник ВГУ», серия системный анализ и информационные технологии.- Воронеж: Воронежский Государственный Университет, 2010. №1. С. 12-20.
6. Орлов В.А. Петров В.И. Приборы наблюдения ночью и при ограниченной видимости. М.: Военное издательство, 1989. – 256 с.
7. Полеты с очками ночного видения на вертолетах Ми-24ПН. Методическое пособие летному составу. Торжок: 344 ЦБП и П ЛС АА. 2006. 68 с.