

DETERMINING THE VISIBILITY LIMIT OF ROAD OBJECTS IN A FOGGY ENVIRONMENT WHEN USING HEADLIGHTS.*Amirova Adolat**Yangier branch of the Tashkent Chemical-Technological Institute**Student of group 301-24****Yagafarova Nazilya Rafailovna****Yangier branch of the Tashkent Chemical-Technological Institute**Teacher of the Department of "General Education Subjects**and Physical Education"*nazilyayagafarova2017@gmail.com

Annotation: The article discusses methods for determining the actual visibility range of non-self-luminous objects illuminated by headlight beams at night in foggy conditions. Cases involving objects with large and small angular sizes are analyzed. Tables, graphs, and a nomogram are proposed to determine the actual visibility range based on meteorological visibility for various objects and observation conditions.

Keywords: object, methods, contrast, magnitude, adaptation, visibility, meteorological range, contrast, angular sizes.

Аннотация: В статье рассматриваются методы определения реальной дальности видимости несамосветящихся, освещенных лучами фары, объектов в темное время суток в тумане. Исследованы случаи объектов больших и малых угловых размеров. Предложены таблицы и графики и номограмма для определения реальной дальности видимости по метеорологической для различных объектов и условий наблюдений.

Ключевые слова: объект, методы, контраст, величина, адаптация, видимость, метеорологическая дальность, контраст, угловые размеры.

Возможность обнаружения и различения несамосветящихся, освещенных лучами фары объектов в темное время суток, как и в светлое, определяется контрастом между объектом и фоном

$$K = \frac{B_{об-ф}}{B_{об}} \quad (1)$$

(предполагается что $B_{об} < B_{\phi}$). Фоном, в частности, может быть дымка, яркость которой B_g представляет собой яркость лучей фары, рассеянных в сторону наблюдателя. Большой практический интерес имеет случай, когда наблюдатель находится вблизи фары, и яркость дымки образуется рассеянным назад светом. Ниже рассмотрены методы определения в темное время дальности видимости объектов, освещенных лучами фары, при наблюдении со стороны фары.

Яркости объекта и фона соответственно равны:

$$B_{об} = \frac{J_0}{R^2} e^{-\alpha(R+L)} \frac{\chi_{об}}{\Pi} + B_g = B_{об} + B_g$$

$$B_{\phi} = \frac{J_0}{R^2} e^{-\alpha(R+L)} \frac{\chi_{\phi}}{\Pi} + B_g = B_{\phi} + B_g \quad (2)$$

где R и L - расстояние соответственно от вершины скопа лучей фары и наблюдателя до объекта и фона (предполагается, что они расположены в одной плоскости); $\chi_{об}$ и χ_{ϕ} коэффициенты яркости соответственно объекта и фона; J_0 - осевая сила света источника (предполагается, что лучи практически перпендикулярны плоскости объекта и фона, при наклонном падении необходимо умножить на косинус угла падения); B_g - яркость дымки между объектом (фоном) и наблюдателем.

В большинстве случаев с достаточной точностью можно принять $R=L$. Тогда контраст между объектом и фоном равен:

$$K = \frac{\chi_{об} - \chi_{\phi}}{\chi_{об} \left(1 + \frac{L^2 B_g \Pi}{J_0 \chi_{об}} e^{2LL} \right)} = \frac{K_0}{1 + A \frac{L^2}{S^2} e^{2LL}}$$

$$A = \frac{B_g \Pi S^2}{J_0 \chi_{об}}; \quad K = \frac{\chi_{об} - \chi_{\phi}}{\chi_{об}} \quad (3)$$

(S_m - метеорологическая дальность видимости; $L = \frac{3,9}{S_m} S_m$).

Если объект рассматривается на фоне дымки, то яркость дымки B_g между объектом и наблюдателем, строго говоря, меньше яркости фона B_{ϕ} . Но в [1] показано, что в тумане на расстоянии 15 – 25 м B_g составляет 0,8 - 0,9 всей рассеянной назад яркости B_{ϕ} . Поэтому, если в строгой для этого случая формуле $K = \frac{B_{об} + B_g - B_g}{B_{об} + B_g}$ принять $B_g = B_{\phi}$, то погрешностью вполне можно пренебречь (тем более, что числитель и знаменатель при этом изменяются в одну сторону; так, если $B_{\phi} = 0,5 B_{об}$, а $B_g = 0,8 B_{\phi}$, то замена B_g на B_{ϕ} приводит к изменению $K=0,64$ на $K=0,67$). Поэтому для объекта на фоне дымки

$$K = \frac{I}{I + A \frac{L^2}{S^2} e^{2LL}} \quad (4)$$

На расстоянии L , равном дальности видимости, контраст становится равным пороговому K_n . Величина порогового контраста зависит от яркости поля адаптации и угловых размеров объекта. Для объектов достаточно больших угловых размеров (при рассматриваемых уровнях яркости больших 20) зависимость K_n от угловых размеров не существенна. В этом случае L может быть определено из уравнений (3) или (4), если известна величина порогового контраста, соответствующего условиям наблюдений. В [II] приведена зависимость K_n и предельного угла различения γ от яркости фона. Для рассматриваемых условий K_n и γ имеют следующие значения [2]:

V_ϕ (нит)	K_n, E	γ
> 3	0,05	1
3	0,06	1,4
0,3	0,09	2,5
0,03	0,15	6

Для решения уравнения (3) и (4) удобна переписать в виде

$$x^2 e^{7.8x} = \frac{K_0 - 1}{A} \quad (5)$$

На рис.1 построена кривая $x^2 e^{7.8x}$. Зная дальности S_m , величину отношения $\frac{B_g}{J_0}$, коэффициенты, $\chi_{об}$ и χ_ϕ можно найти правую часть (5) и, отложив её на оси ординат, найти на оси абсцисс значения $\frac{L}{S_m}$ и дальность видимости L . Как видно из рисунка, отношение $\frac{L}{S_m}$ слабо зависит от условий наблюдений, при изменении правой части в 20 раз отношение $\frac{L}{S_m}$ меняется от 0,20 до 0,40.

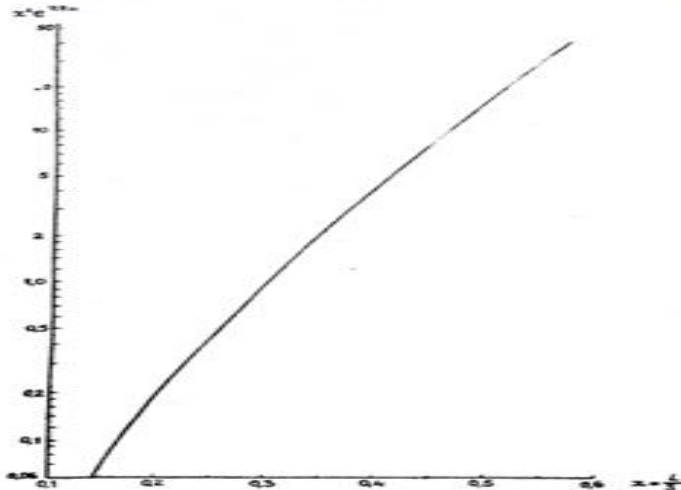


Рис.1

Значения величины $\frac{B_g}{J_0}$, зависят от метеорологической дальности видимости расположения наблюдателя и источника. Обычная картина наблюдений может быть представлена в виде схемы, приведенной на рис. 2. В [1] показано, что в такой схеме значение отношения $\frac{B_g}{J_0}$, главным образом зависит от расстояния E между вершиной светового пучка и местом вхождения линии визирования в луч. В табл.1 приведены значения $\frac{B_g}{J_0}$, [1] и коэффициента A (для $\tau_{об} = 0,8$ и $\tau_{об} = 0,5$) в двух случаях: $L = 2$ м и $L = 5$ м.

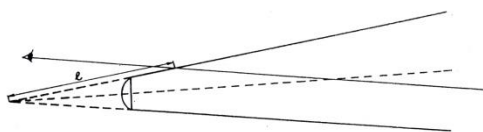


Рис. 2

Рис.2

На рис. 3 представлена зависимость дальности видимости большого объекта (≥ 20), освещенного лучами фары, от метеорологической дальности видимости для случаев, рассмотренных в табл.1 и двух значений отношения $\frac{K_o}{K_n}$: 20 и 10. Первое отношение имеет

место, в частности, для $K_o = 1$ и $K_n = 0,05$ (предмет на фоне достаточно яркой дымки), второе при $K_o = 0,7$ и $K_n = 0,07$ (коэффициент отражения фона $\chi_{об} = 0,3 \chi_{об}$ наблюдения при меньшей яркости фона). Как видно из рисунка, дальность видимости зависит, главным образом, от S_m и при видимости менее 100 м составляет примерно $0,4 S_m$, а при видимости около 1 км - $0,2 S_m$. Зависимость от схемы наблюдений (Е) и от характеристик объекта значительно более слабая. Естественно, что с увеличением $\chi_{об}$ и отношения $\frac{K_o}{K_n}$ дальность видимости несколько увеличивается. Увеличивается L и с ростом L . Однако эти различия невелики и в большинстве случаев ими можно пренебречь.

Если угловые размеры объекта сравнительно невелики (< 20), то K_n зависит от угловых размеров. Эта зависимость может быть предоставлена в виде [3]:

$$(K_n - \varepsilon) J^2 = (1 - \varepsilon) \gamma^2 \quad (6)$$

где K_n – пороговый контраст при данной яркости фона и угловых размерах объекта J ;

ε - пороговый контраст при данной яркости фона для тела больших угловых размеров;

γ - наименьший разрешаемый угол при $K=1$ также при данной яркости фона.

Так как $J = \frac{Q}{L^2}$ (Q – площадь предмета, L - дальность видимости), то уравнение (6) должно решаться совместно с (3). Методика решения системы (3;6) с помощью номограмм предложена в [4]. Следуя этой методике, исключим K_n , тогда получим уравнение:

$$\frac{K_o}{\varepsilon} = (1 + Ax^2 e^{7.8x}) (1 + \frac{C}{\varepsilon Q} x^2) \quad C = (1 - \varepsilon) \gamma^2 S^2 m \quad (7)$$

Обозначим $Ax^2 e^{7.8x} = 10^y$; $y = \lg x^2 e^{7.8x}$; $u = \lg \frac{1}{A} \frac{C}{\varepsilon Q} x^2 = 10^z$; $z = \lg x^2$ $v = \lg \frac{\varepsilon Q}{C}$ тогда $\frac{K_o}{\varepsilon} = (1 + 10^y) (1 + 10^z)$ (8)

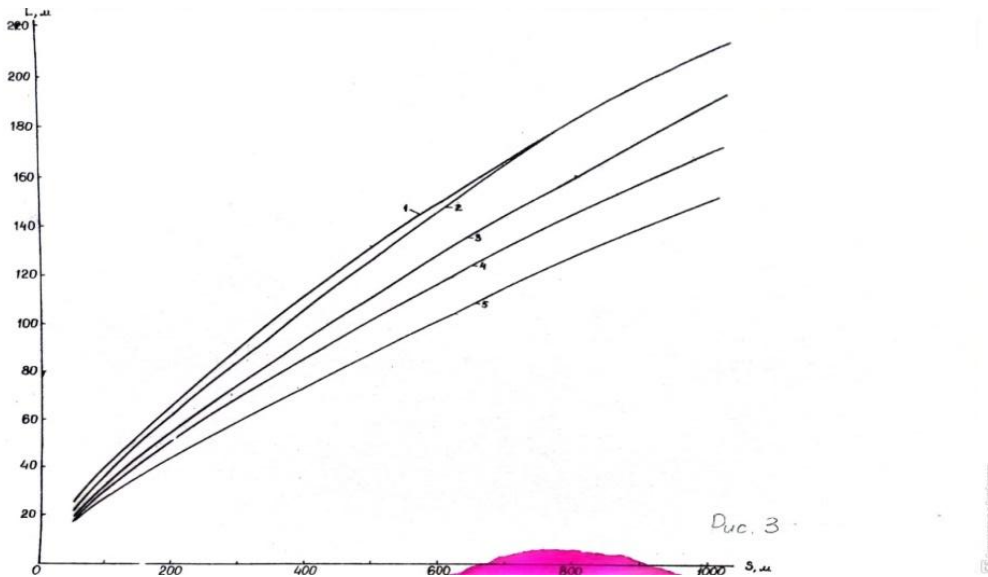


Рис. 3

Система линий, соответствующих(8), для разных приведена в [4] и перенесена на рис.4. Построим линию, заданную уравнениями:

$$z = \lg x^2$$

$$y = \lg x^2 e^{7.8x} \tag{9}$$

На рис.4 это криволинейная гипотенуза треугольника, на линии нанесены значения $x = \frac{L}{S_m}$. Если треугольник наложить на систему линий (8) так, чтобы начало координат системы (z, y) было сдвинуто на (-v, -u) по отношению к началу системы (z¹, y¹), то точка, где линия с заданным значением пересечёт криволинейную гипотенузу (9), определит искомое значение $x = \frac{L}{S_m}$. Зная S_m, находим L. Для сдвига начала координат построена вспомогательная S_m сетка ($\frac{\epsilon Q}{c}$, $\frac{1}{A}$). Подвижный шаблон (криволинейный треугольник) надо накладывать так, чтобы стрелка совместилась с точкой соответствующей вычисленным $\frac{\epsilon Q}{c}$ и $\frac{1}{A}$. Расчет $\frac{1}{A}$ производится с помощью данных табл.1. Для вычисления $\frac{\epsilon Q}{c}$ надо воспользоваться приведенными выше данными о зависимости порогового контраста ϵ и порогового угла разрешения γ от яркости. Для того, чтобы не пересчитывать угол в радианы можно записать C в виде $C=(1-E)*11,8\gamma^2 S_m^2$, где γ - в минутах, Q – в M², S_m – в км. Если предмет представляет собой вытянутый прямоугольник с отношением размеров, большим 10, то принимается $Q=10a^2$, где a - меньший размер. Использование номограммы показывает, что размеры объекта начинают существенно влиять на условия наблюдения при $\frac{\epsilon Q}{c} < 0.1$ В табл.2 приведены значения $\frac{\epsilon Q}{c}$ для различных Q, ϵ и γ .

Из таблицы видно, что зависимость от угловых размеров для объектов площадью до 1 м^2 , надо учитывать, начиная с видимости примерно 100м. При малых $\frac{\varepsilon Q}{C}$ зависимость от угловых размеров становится определяющей. Так, например, тело достаточно больших угловых размеров при условии $K_0=1, \varepsilon=0,05$ при $S_m = 50\text{ м}$. будет видно на расстоянии 22м, а при $S_m = 1000\text{ м}$ - на расстоянии 220 м. А тело площадью $0,2\text{ м}^2$ в этих же условиях на расстояниях соответственно 19м и 90 м, т.е. угловые размеры существенно ограничили возможность различения объекта, объект стал различим до расстояний, на которых его угловые превышают 20.

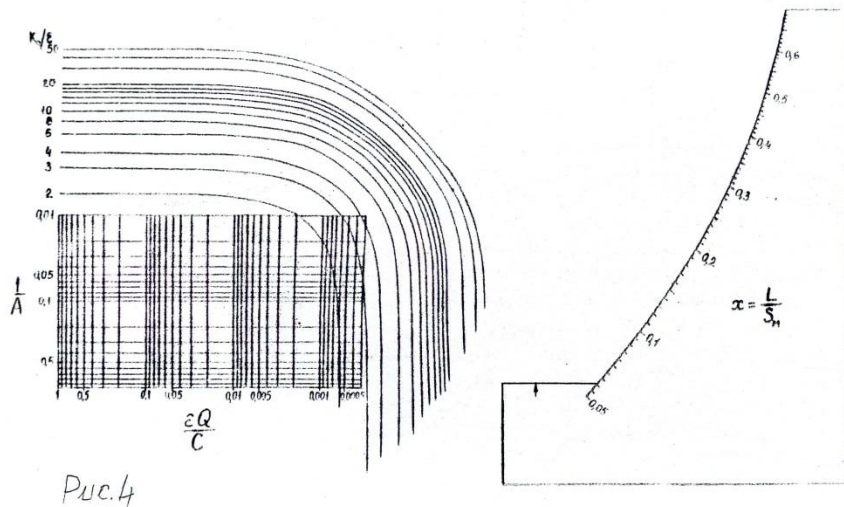


Рис.4

Рис.4

На рис.5 приведена зависимость дальности видимости объектов от метеорологической дальности видимости. Сопоставление рис.5 и 3 показывает влияние угловых размеров объектов на условия различения.

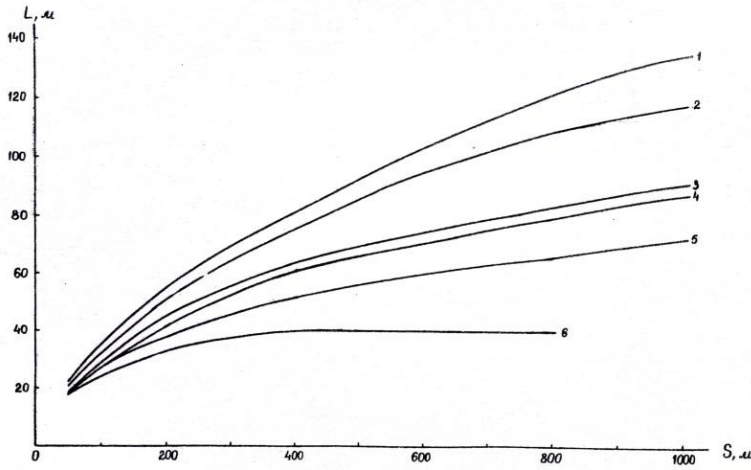


Рис.5

Рис.5

Таблица 2

Коэффициенты $\frac{\epsilon}{C} (\frac{L}{M^2})$ и $\frac{\epsilon Q}{C}$

S_m (м)	$\frac{\epsilon}{C}$		$\frac{\epsilon Q}{C}$					
	$\epsilon=0,07$ $\delta=2'$	$\epsilon=0,05$ $\delta=1'$	$Q=0,2 M^2$		$Q=0,5 M^2$		$Q=1 M^2$	
			$\epsilon=0,07$ $\delta=2'$	$\epsilon=0,05$ $\delta=1'$	$\epsilon=0,07$ $\delta=2'$	$\epsilon=0,05$ $\delta=1'$	$\epsilon=0,07$ $\delta=2'$	$\epsilon=0,05$ $\delta=1'$
50	0,63	1,8	0,126	0,36	0,32	0,9	0,63	1,8
100	0,157	0,45	0,032	0,09	0,08	0,22	0,16	0,45
200	0,039	0,11	0,0078	0,022	0,020	0,05	0,039	0,11
400	0,01	0,028	0,002	0,006	0,005	0,014	0,01	0,028
600	0,0043	0,0122	0,0009	0,0024	0,0022	0,0055	0,0043	0,0122
800	0,0022	0,007	0,0005	0,0014	0,0011	0,004	0,0025	0,007
1000	0,0016	0,0045	-	0,0009	0,0008	0,0022	0,0016	0,0045

References

1. Golberg M.A. Study of the possibility of measuring atmospheric transparency on the hydrometeorological service network based on the intensity of scattered light. Dissertation for the degree of candidate of physical and mathematical sciences. Minsk, 1963, pp. 55-57.
2. Boldyrev N.G., Barteneva O.D. Visibility range of real objects at dusk and at night. Proceedings of the Main Geophysical Observatory, 1961, issue 118, pp. 3-16.
3. Boldyrev N.G., Barteneva O.D. On the relationship between the threshold of contrast sensitivity and visual acuity, used as the basis for calculating the visibility range of objects. Proceedings of the Main Geophysical Observatory, 1961, issue 109, pp. 53-60.
4. Boldyrev N.G. Visibility range of real objects. - Proceedings of the Main Geophysical Observatory, 1950, issue 19(81), pp. 14-24.