

УДК 625.7/.8

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ РАСЧЕТА МАКСИМАЛЬНО ВОЗМОЖНЫХ РАССТОЯНИЙ ВИДИМОСТИ В СВЕТЕ ФАР

GENERAL PROVISIONS OF CALCULATING THE MAXIMUM VISIBILITY DISTANCE IN THE HEADLIGHTS

Смирнова Н.В., д.т.н., проф. (Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, г. Харьков)

Smirnova N.V., Doctor of Engineering, Professor. (The Kharkov National Automobile and Highway University, Kharkov)

Рассмотрены основные зависимости расчета максимально возможных расстояний видимости при движении в свете фар в различные сезоны года в течение жизненного цикла дороги. Приведены результаты моделирования.

The basic calculation are overwied in accordance with the maximum possible range of vision when driving with the headlights in different seasons during the road life cycle. Modeling results are represented.

Ключевые слова: автомобильная дорога, скорость движения, видимость, световой поток фар, темное время суток.

Keywords: road, speed, visibility, headlights light flow, the dark.

В настоящее время с появлением продвинутых компьютерных технологий проектирования автомобильных дорог остается нерешенной проблема генерирования вариантов проектных решений. Среди множества проектных ршений необходимо выбрать к реализации оптимальное по комплексу показателей качества объекта [2]. Главным критерием среди технико-экономических показателей оценки проектов в действующем ДБН [1] указан минимальный срок окупаемости инвестиций, который в свою очередь зависит от массива показателей, описывающих условия движения по данной автомобильной дороге, среди которых важнейшими следует признать скорость движения и время проезда

в прямом и обратном направлении. Проблема направленного поиска наилучшего проекта решается путем имитационного моделирования процессов функционирования дороги с расчетом показателей безопасности и удобства движения, эксплуатационных затрат, энергетических и экологических показателей [4].

Для получения достоверных результатов моделирования функционирования дороги в течение ее жизненного цикла необходимо спланировать работу дороги с учетом реальной загрузки. Эта загрузка крайне неравномерна по годам и периодам жизненного цикла. Загрузку дороги движением характеризуют среднегодовой суточной и часовой интенсивностью.

Анализ типичного распределения суточной интенсивности в течение года дает основание вводить в качестве внешних параметров математической модели коэффициенты неравномерности интенсивности по периодам года, данные которой обосновывает проектировщик на основе анализа экономической степени тяготения к данной дороге прилегающих территорий и транзитных транспортных потоков.

Анализ типичных распределений часовой интенсивности в течение суток, рис. 1, для моделирования движения в свете фар дает основание вводить в качестве внешних параметров в математическую модель часть потоков (проценты), по периодам года, например, зимой 50 %, весной и осенью 35 %, летом 20 %. При этом продолжительность светового дня в часах по периодам года следует устанавливать по данным метеослужбы, например, [4].

Таблица 1

Периоды движения потока в свете фар				
Период	Зима	Весна	Лето	Осень
Часть потоков (проценты) при движении в свете фар	50	35	20	35

На рис. 1 приведены данные наблюдений метеорологического поста в г. Харькове уровня освещенности (Лк) за день и за неделю наблюдений [5].

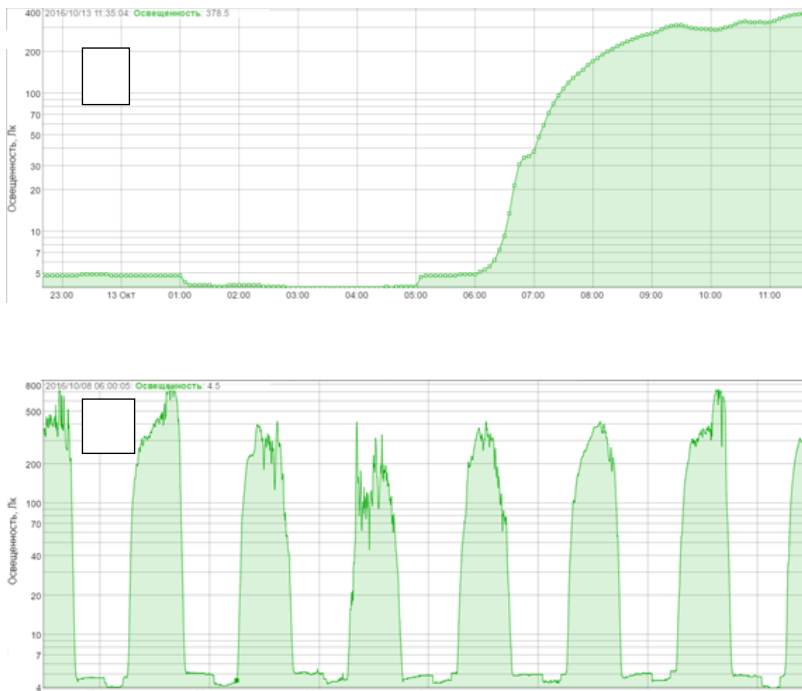


Рис.1. Данные метеорологического поста (Метеопост. Харьков) освещенности за день (А) и за неделю (Б) наблюдений

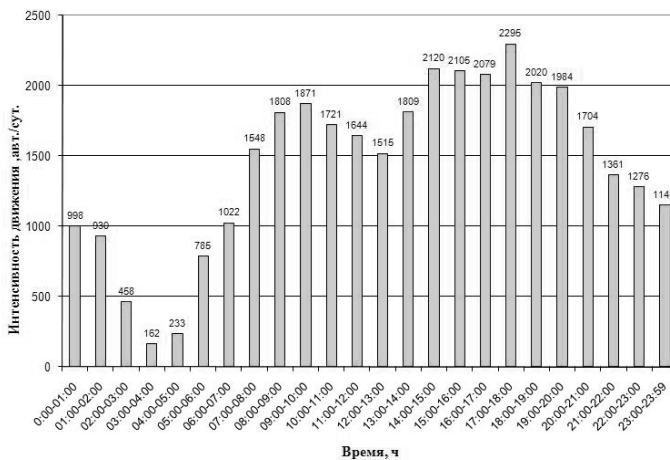


Рис. 2. Пример распределения суточной интенсивности в течение года

При расчетах выходных параметров системы и, в частности, затрат на перевозки скорость движения v (м/с) автомобилей ограничена на участках дороги с недостаточной видимостью S по известной зависимости

$$v_S = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}, \quad (1)$$

где $a = \frac{1}{2g \cdot (\varphi_1 + i + f)}$, $b = (t_1 + t_2 + 0,5t_3)$, $c = l - S$;

t_1 – время реакции водителя, 0,4–3 с;

t_2 – запаздывание срабатывания тормозной системы автомобиля, 0,2–0,4 с;

t_3 – время возрастания замедления до максимального значения, 0,3–0,7 с;

l – запас, 2–3 м;

φ_1 – коэффициент сцепления в продольном направлении.

В проекте дороги видимость поверхности дороги и встречного автомобиля рассчитывается: 1) $S_{\text{проф}}$ – отдельно для продольного профиля в зависимости от радиусов вертикальных выпуклых кривых и 2) $S_{\text{план}}$ – отдельно для плана в зависимости от радиусов кривых в плане с учетом боковых препятствий с внутренней стороны кривой. Для каждой точки на оси дороги для дальнейшего моделирования принимается расчетное значение $S_{\text{вид}}$ видимости как минимальное $S_{\text{проф}}$ или $S_{\text{план}}$.

В отдельные периоды и сезоны года метеорологическая видимость $S_{\text{метео}}$ может быть меньше значения $S_{\text{вид}}$ в данной точке дороги. Поэтому для дальнейшего принимается ограничение скорости движения автомобилей в данной точке по величине видимости $S_{\text{метео}}$.

Таблица 2

Пример значений метеорологической видимости в зависимости от периодов года и сезонов года для моделирования жизненного цикла автомобильной дороги

Сезоны	Снегопад	Гололед	Норма	Распутица	Туман	Распутица +Туман	Норма	Лето Норма
Кол. дней	20	15	54	33	3	2	54	92
Метеовидимость, м	40	800	800	800	40	40	800	800

В темное время суток значительная часть потока (от 50 % в зимнее время до 29 % в летнее) движется в свете фар (видимость до 100 м). Видимость в свете ограничивается не только дальностью светового потока фары, но ограничивается выпуклыми формами поверхности проезжей части, и которые упирается луч фары, или «уходит в небо» при понижении отметок профиля.

Эти особенности освещения проезжей части анализируются в алгоритме с расчетом максимально возможных расстояний видимости в свете фар по данным конкретного решения плана и профиля дороги [3].

Алгоритмом предусмотрено сопоставление уже рассчитанных значений $S_{\text{фар}}$ с теми ограничениями, которые накладывает кривизна пути в плане. Анализ известных схем световых потоков при левой и правой фаре при поворотах направо и налево показывает, что меньшее значение видимости соответствует повороту направо. В этом случае на границе допустимой освещенности 2 лк, которая отстоит на угол α от оси правой фары, видимость края проезжей части начинается в точке F и заканчивается в точке A , после которой начинается треугольник ABC невидимой зоны с освещенностью менее 2 лк. Криволинейная траектория движения от оси правой фары до точки A , то есть, дуга $S_{\text{фар}}$ – это и есть максимальная видимость правой полосы движения в свете фар. Мало помогает освещенность встречной полосы, потому что водителю нужна информация именно о правой полосе. Видимость $S_{\text{фар}}$ находится из известного соотношения, связывающего радиус кривой R , и центральный угол β (геометрически $\beta = 2\alpha$) дуги $S_{\text{фар}}$: $R = 360 \cdot S_{\text{фар}} / (2 \cdot \pi \beta)$. Из этого следует, что

$$S_{\text{фар}} = \frac{\pi \cdot \beta \cdot R}{180}. \quad (2)$$

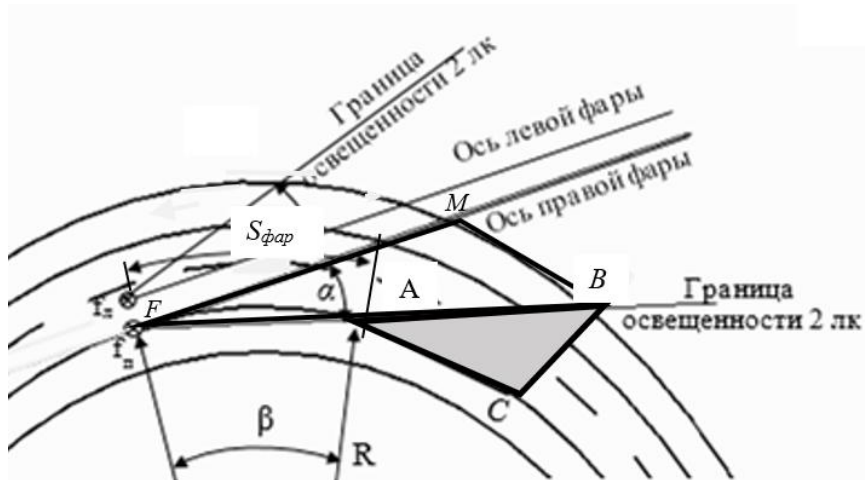


Рис. 3. Схема к расчету видимости в свете фар при повороте направо

Обычно принимают $\alpha = 2^\circ$ и поэтому с уменьшением радиуса величина видимости $S_{\text{фар}}$ стремительно уменьшается, например, даже при сравнительно большом радиусе 400 м $S_{\text{фар}} = 14$ м, что, конечно, требует осторожного вождения и снижения скорости.

Анализ схем световых потоков левой и правой фар при повороте налево на рис. 4, показывает, что границы видимости – это трапеция $ABCD$, а граница невидимости треугольник ECH . Максимальна видимость в свете фар при повороте налево – это дуга $S_{\text{фар}}$, состоящая из дуг S_β и dS_f . Длина S_β находится по формуле (2), а dS_f – из треугольника MPQ на рис. 4. Величина dS_f – это катет треугольника MPQ , в котором сторона MQ – это расстояние b между фарами, угол MPQ равен α . Поэтому

$$dS_f = b / \sin \alpha. \quad (3)$$

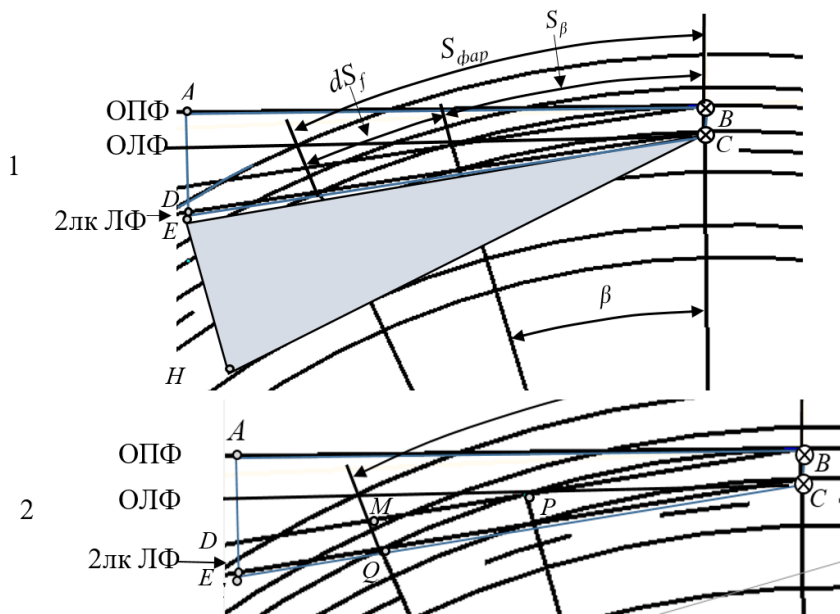


Рис. 4. Схема к расчету видимости в свете фар при повороте налево

Обращается внимание, что на рис. 4, где 1 – границы видимости – трапеция $ABCD$, граница невидимости треугольник ECH ; 2 – треугольник MPQ – к расчету расстояния dS_f , величина dS_f не зависит от радиуса кривой, а только от расстояния между фарами. Например, при $b = 1,8$ м $dS_f = 57,3$ м. Такой эффект приведет к повышению скорости движения в ночное время только при поворотах налево. Полученные в формулах (2) и (3) зависимости, учитывающие кривизну пути, введены в предложенный ранее алгоритм расчета видимости в свете фар [3].

На рис. 5 приведен пример попикетного графика видимости в свете фар для прямого направления движения [3].

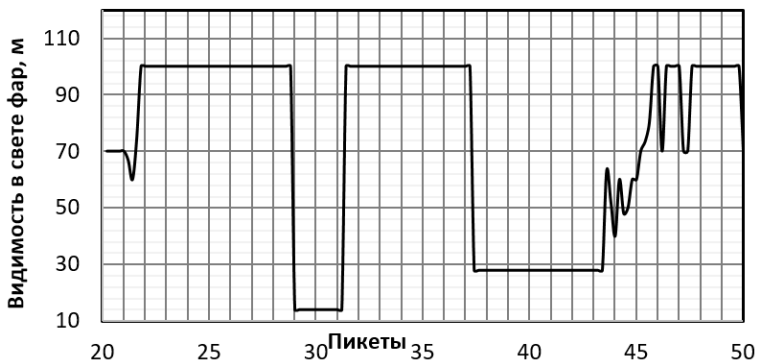


Рис. 5. Пример попикетного графика видимости в свете фар, прямое направление

Длинные полки на графике со значениями видимости в ночное время 14 м и 29 м соответствуют кривым в плане: первая с радиусом 200 м с поворотом направо, а вторая с радиусом 400 м с поворотом налево. В светлое время эти кривые обеспечивают достаточную видимость и высокие безопасные скорости, но в ночное время могут быть причиной ДТП. В светлое время суток эти кривые обеспечивают достаточную видимость и высокие безопасные скорости движения, но в темное время суток требуют снижения скорости движения и повышенного внимания водителя. Достаточную видимость в ночное время при свете фар до 100 м могут обеспечить лишь кривые с радиусами не менее 1400 м, что не отражено в действующих ДБН [1].

1. Автомобільні дороги: ДБН В.2.3-4-2007. – [Чинний від 2015-09-21]. – К.: Мінрегіонбуд України – 107 с. – (Державні будівельні норми України).

2. Автомобільні дороги. Споживчі властивості автомобільних доріг загального користування: СОУ 45. 2-00018112-077:2012. – [Чинний від 2012-02-20] – К.: Державна служба автомобільних доріг України (Укравтодор), 2012. – 49 с. (Стандарт організації України).

3. Смирнова Н.В. Моделирование транспортных потоков на дорогах II – IV категорий: монография / Смирнова Н.В., Филиппов В.В., – Х.: ХНАДУ, 2014. – 200 с.

4. Смирнова Н.В. Применение BIM-технологий в задачах целевого поиска проектных решений автомобильных дорог / Н.В. Смирнова // Автошляховик України. – 2015. – № 5. – С. 47–49.

5. Метеопост. Харьков.: [Электронный ресурс] / Режим доступа к источнику: <http://meteopost.com/mstation/kharkiv>.