ЧУРА Николай Иосифович.

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИК-ПОДСВЕТКИ ПРИ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИИ

Скрытое видеонаблюдение в условиях недостаточной освещенности уже нельзя представить в настоящее время без использования ИК-подсветки. Все более широко применяются ИК-осветители с использованием светодиодных излучателей. За последние годы существенно выросла эффективность и единичная мощность этих излучателей, что позволяет им успешно конкурировать с осветителями на лампах накаливания с галогенным циклом.

В современных ИК-осветителях используются светодиоды с линиями генерации 870 – 880 и 940 – 950 нм. Учитывая характеристику спектральной чувствительности типовых ПЗС-матриц, представленную на рис. 1, наиболее эффективно использовать излучатели с минимальной длиной волны. В этом случае снижение эквивалентной чувствительности телекамеры минимально, а это позволяет увеличить дальность подсветки. Кроме того эффект расфокусировки изображения в результате изменения коэффициента преломления оптики, а с ним и смещения фокальной плоскости объектива, так же минимален. Однако отчетливое свечение светоизлучающих площадок светодиодов светло-красного цвета может свести на нет все меры по скрытости наблюдения. Смещение линии генерации в область 940 – 950 нм приводит к снижению интенсивности видимого свечения площадок излучателей с одновременным смещением цвета свечения к темно-вишневому. По всей видимости, меньшая видность свечения связана в первую очередь с приближением видимой составляющей к границе чувствительности глаза (750 нм). Это подтверждает и цвет свечения, по которому можно оценить видимую составляющую как близкую к 600 нм и 700 нм, соответственно для излучателей с длиной волны 870 – 880 нм и 940 – 950 нм. Долгое время многие специалисты пытались объяснить феномен видности свечения ИК-диодов попаданием в область чувствительности глаза высокочастотной части основного спектра излучения. Светодиод по принципу действия является достаточно монохромным источником, ширина спектра которого по уровню 0,5 не превышает 30 – 40 нм. При этом не приходится рассчитывать на протяженные “хвосты” спектра, которые могли бы попасть в область чувствительности глаза. Кроме того, цветовое ощущение любого квалифицированного наблюдателя противоречило этим предположениям. В то же время, спектрограммы, прилагаемые производителями, не содержали посторонних линий излучения.

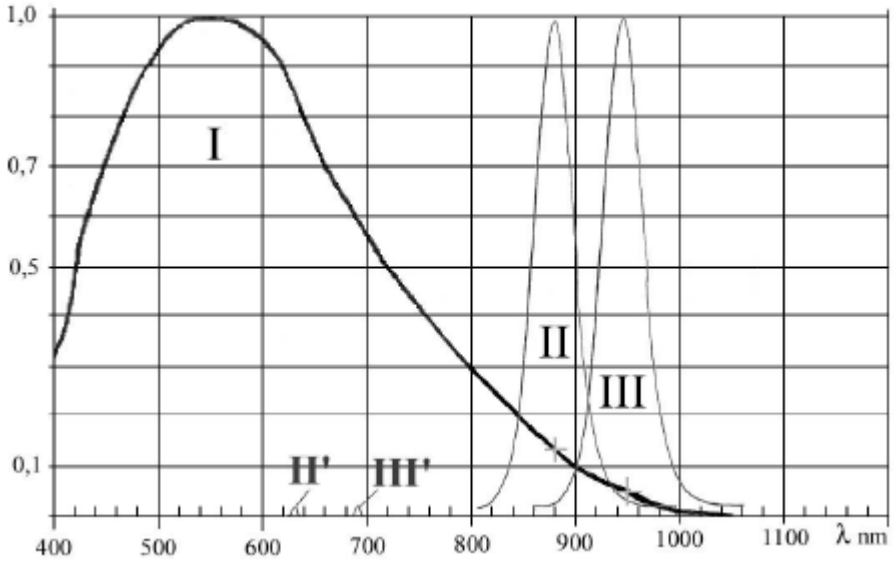

Рис. 1.

Специальные измерения спектра излучателей на основе матричного светодиода ИК-6 с длиной волны генерации 880 нм, проведенные на модернизированном спектрометре, однозначно зафиксировали второй максимум в области 600 нм, составляющий порядка 0,0074 от максимума интенсивности основного излучения на длине волны 870 – 880нм. Излучение с такой длиной волны имеет ярко красный цвет. По всей видимости, механизм возникновения второго максимума для излучателей на 940 и 950 нм аналогичен. Это косвенно подтверждается сдвигом видимой составляющей свечения к вишневому цвету. На рис. 1 приведено взаимное расположение спектральной характеристики ПЗС-матрицы (I) основных спектров ИК-излучателей с длиной

волны 880 нм (II) и 950 нм (III) и спектров паразитной видимой составляющей (II’) и (III’) для каждого излучателя.

Применяя ИК-осветители, достаточно сложно определить необходимую мощность подсветки для создания требуемой освещенности на объекте наблюдения. Производитель как правило нормирует потребляемую мощность, дальность подсветки и диаграмму направленности ИК-осветителя. При этом угол раскрыва диаграммы направленности нормируется чаще всего на уровне 1/2 от максимума мощности. Приводимая дальность подсветки предполагает одновременное указание чувствительности телекамеры, разрешения и отношения сигнал/шум, получаемого при этом изображения. Критерием минимального качества изображения является отчетливое различение неподвижной границы черного и белого полей на уровне шума. Трудности нормирования ИК-подсветки, недостаточность указываемых характеристик, а также нередкие случаи несоответствия реальных характеристик заявленным привели к большому распространению экспериментального метода подбора ИК-осветителей в реальных условиях непосредственно на объекте монтажа.

Отсутствие данных о мощности излучения не позволяет определить плотность мощности на объекте. Прямое измерение мощности ИК-излучения затруднительно ввиду малой доступности измерителей оптической мощности. Но даже при их наличии, прямые измерения проблематичны вследствие несогласованности больших апертур световых пучков осветителей и входных окон измерительных фотоприемников. С достаточной для практики точностью можно оценить излучаемую мощность по потребляемой мощности осветителя с учетом η (КПД) современных светодиодов, не превышающего 20 – 25%.

Диаграмма направленности светодиодных ИК-осветителей, за редким исключением, формируется встроенными фоконами самих светодиодов и имеет форму конуса. Величина угла раскрыва характеристики нормируется, как правило, по уровню 1/2 относительно максимума, расположенного по оси светового пучка. Примеры типовых характеристик направленности с углами 40 и 80 угловых градусов приведены на рис. 2 и 3. В границах уровня 1/2 практически излучается от 65 до 80% всей мощности, в зависимости от конструкции фокона, наличия дополнительного отражателя и угла раскрыва характеристики.

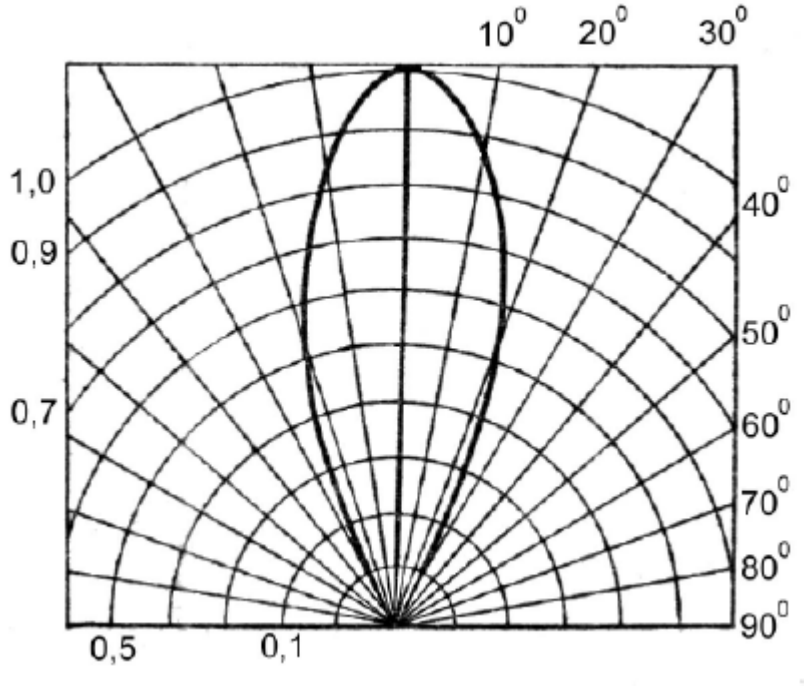

Рис. 2.

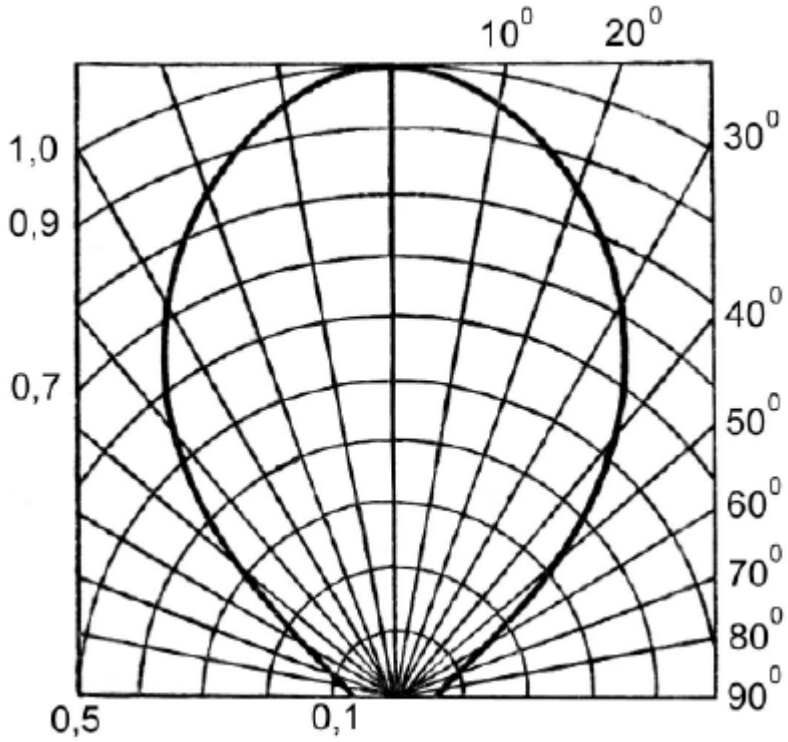

Рис. 3

Чувствительность телекамер, как и других оптико-электронных приборов работающих в видимой области света, нормируется освещенностью (лк) или световым потоком (лм) – фотометрическими величинами, характеризующими воздействие видимого света на глаз человека. Световой поток – мощность светового излучения, оцениваемая по его воздействию на глаз. В общем случае световой поток источника света с равномерной спектральной плотностью в диапазоне $\lambda_1 - \lambda_2$ равен:

$$\Phi_{лм} = к \int_{\lambda_2}^{\lambda_1} P_\lambda y_\lambda d_\lambda$$

где: к = 683; P_λ – мощность излучения на длине волны λ ; у – функция видимости глаза.

Для монохроматического излучения в максимуме чувствительности глаза (λ = 555 нм) для мощности излучения 1 Вт световой поток составит 683 лм.

Освещенность поверхности (Е) есть отношение светового потока (Ф), падающего на нее, к ее площади (S). Для достаточно удаленного источника световую волну можно считать плоской. В этом случае при падении света на поверхность под углом φ выражение для среднего значения освещенности имеет вид:

$$E = \frac{\Phi}{S} \cos\varphi$$

Учитывая вышеприведенное соотношение для монохроматического излучения в максимуме чувствительности, запишем выражение освещенности через мощность светового излучения:

$$E = \frac{683 \cdot P}{S} \cos\varphi$$

При использовании ИК-подсветки для видеонаблюдения можно рассматривать инфракрасный источник достаточно узкополосным и монохромным. То есть с достаточной для практики точностью можно считать всю мощность излучателя сосредоточенную в максимуме его спектральной характеристики. По аналогии с интерпретацией взаимодействия монохромного и белого света с глазом человека оценим создание эквивалентной освещенности ИК-подсветкой для ПЗС-матрицы телекамеры с учетом ее чувствительности в спектральной области подсветки. Усредненная типовая спектральная характеристика чувствительности ПЗС-матрицы (I) приведена на рис. 1.

Из графика видно, что чувствительность телекамер для линий генерации распространенных светодиодных ИК-излучателей с длиной волны 880 нм (II) и 950 нм (III) составляет около 14 и 5% от максимальной соответственно.

Площадь светового пятна на объекте упрощенно рассчитывается по известному выражению площади основания конуса, в данном случае светового, с учетом дальности подсветки L и плоского угла раскрыва диаграммы направленности α .

$$S = \pi\left(L \cdot tg\,\frac{\alpha}{2}\right)^2$$

Для упрощения положим ортогональным расположение оси светового пучка и плоскости объекта освещения. Среднюю эквивалентную освещенность в световом пятне ИК-излучения в пределах плотности мощности 0,5 от максимума для разных длин волн можно оценить из следующего выражения:

$$E_{экв} = \frac{683 \cdot P_{потр} \cdot \eta \cdot K_{\lambda} \cdot K_{\alpha}}{\pi\left(L \cdot tg\,\frac{\alpha}{2}\right)^2}$$

где: $P_{потр}$ – потребляемая мощность ИК-осветителя, Вт; η – КПД осветителя (» 0,2); K_{λ} – для 880 нм » 0,14; для 950 нм » 0,05; $K\alpha$ – от 0,65 до 0,8; L – дальность, м; α – плоский угол раскрыва диаграммы направленности, угл. град.

Безусловно, получаемая оценка будет весьма приблизительна, однако даже она позволит выявить явные несоответствия заявленных параметров, которые нередко встречаются на рынке ИК-осветителей.

В заключение можно констатировать, что устройства для ИК-подсветки являются эффективным средством обеспечения скрытого видеонаблюдения при малой освещенности с использование типовых телекамер. Отечественные производители этих изделий, если не по объему производства, то по конструктивным решениям, достигнутым техническим параметрам и естественно – ценам, могут уже сейчас составить серьезную конкуренцию крупнейшим зарубежным фирмам.