

# ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА РАБОТУ ИНФРАКРАСНОГО ИЗВЕЩАТЕЛЯ В СИСТЕМАХ БЕЗОПАСНОСТИ

*Алефиренко В.М.*

*к.т.н., доцент*

*Белорусский Государственный Университет Информатики и Радиоэлектроники,*

*Фурсевич И.И.*

*магистрант*

*Белорусский Государственный Университет Информатики и Радиоэлектроники,*

## INFLUENCE OF CHANGES IN AMBIENT TEMPERATURE ON THE OPERATION OF THE INFRARED DETECTOR IN SYSTEMS SAFETY

*Alefirenko V.*

*Ph. D., associated professor*

*Belarus State University of Informatics and Radioelectronics*

*Fursevich I.*

*master student*

*Belarus State University of Informatics and Radioelectronics,*

### **Аннотация**

В статье приведены результаты исследования влияния температуры окружающей среды на работоспособность инфракрасного извещателя в системах безопасности на основании алгоритма расчета выходного сигнала инфракрасных детекторов. Приведен пример расчета выходного сигнала с детекторов при различных температурах окружающей среды.

### **Abstract**

The results of temperature influence investigation of the ambient on the infrared detector performance in the security systems based on the algorithm for calculating the output signal of infrared detectors, were given. An example of calculating the output signal from detectors at different ambient temperatures is given.

**Ключевые слова:** инфракрасные извещатели, внешние факторы, выходной сигнал, влияние температуры.

**Keywords:** infrared detectors, external factors, output signal, temperature influence.

В системах безопасности ИК извещатели используются для своевременного оповещения о проникновении на защищаемый объект. Функционируют ИК извещатели как в условиях естественных,

так и искусственных помех, воздействие которых приводит к отклонению от норм их основных параметров. Это, в свою очередь, приводит к ошибкам в

работе извещателей. Анализ видов влияния внешних факторов позволит в дальнейшем снизить эти ошибки путем совершенствования алгоритмов обработки сигналов от извещателей.

На сегодняшний день существует множество внешних факторов, оказывающих влияние на работу инфракрасных (ИК) извещателей в системах безопасности [1].

Для определения влияния различных факторов на работу извещателя необходимо создать модель работы извещателя при появлении нарушителя. На примере ИК извещателя Swan Quad [5] приведём алгоритм расчёта выходного сигнала ИК извещателя.

Выходной сигнал пирометрического датчика пропорционален мощности, поступающей на него. Тепловое излучение человека, в целом, представляет собой его тепловые потери, численное значение которых соответствует разности испущенного телом человека и поглощенного окружающей средой потока излучения [2].

Мощность, поступающую на датчик от фрагмента цели площадью  $s$ , определяется следующим выражением:

$$P = k \cdot s \cdot \sigma \cdot (T_1^4 - T_0^4),$$

где  $k$  – коэффициент пропорциональности,

$s$  – площадь фрагмента,

$\sigma$  – постоянная Стефана–Больцмана,

$T_1$  – температура объекта,

$T_0$  – температура окружающей среды (температура фона).

Так как извещатель Swan Quad имеет счётверённый детектор, то проекция чётной извещателя будет представлять собой чередующиеся зоны первого и второго детекторов, как показано на рисунке 1. Каждый из детекторов имеет чётную и нечётную половины, которые выдают сигнал положительной и отрицательной полярности. Зоны первого детектора с положительной полярностью обозначены «1+», с отрицательной полярностью – «1-». Аналогично зоны второго детектора с положительной полярностью обозначены «2+», с отрицательной полярностью – «2-».

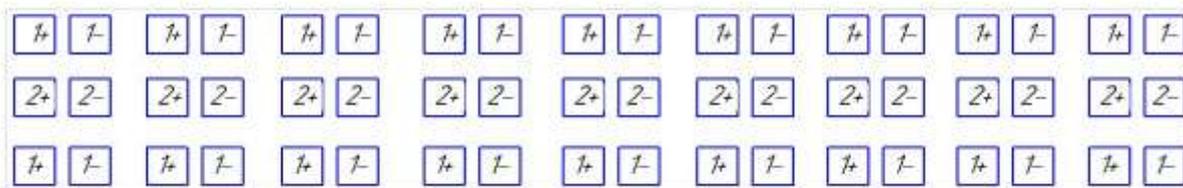


Рисунок 1. Проекция лучей извещателя на плоскость движения нарушителя

Проекция стандартного нарушителя на плоскость его движения будет представлять собой прямоугольник [3]. На рисунке 2 показана проекция

стандартного нарушителя на плоскость его движения, совмещённая с зонами обнаружения.

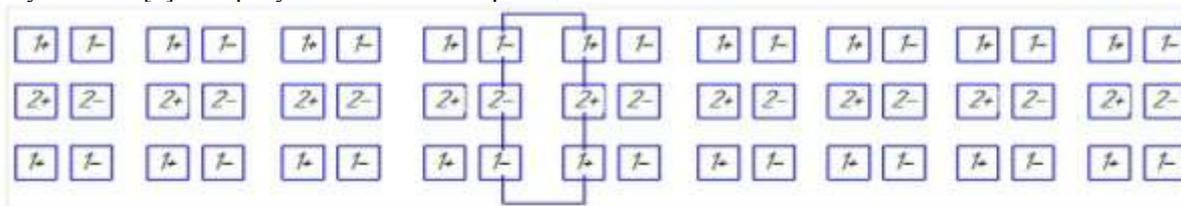


Рисунок 2. Проекция стандартного нарушителя на плоскость движения

Выходной сигнал ИК детектора пропорционален площади перекрываемых зон обнаружения. Для определения алгоритма расчёта площади перекрываемых зон зададим систему координат на чертеже с проекциями зон и проекцией нарушителя. Начало координат расположим в левом нижнем углу левой нижней зоны обнаружения. Так как зоны обнаружения прямоугольные, то они однозначно задаются положением левого нижнего и правого верхнего угла. Координаты левого нижнего угла зоны обозначим как  $(x1; y1)$ , координаты правого верхнего

угла зоны – как  $(x2; y2)$ . Координаты всех зон сведём в матрицы размером  $18 \times 4$ . Столбцы матриц соответствуют группам зон обнаружения (1+, 1-, 2+, 2-). Строки матриц соответствуют зонам обнаружения.

Моделирование выходного сигнала ИК детекторов будем проводить в программе Mathcad [4].

На рисунке 3 представлена матрица координат зон обнаружения второго детектора. Так как зон обнаружения всего 9, то в строках с 10 по 18 в столбцах, соответствующих группам 2+ и 2- записаны нули.

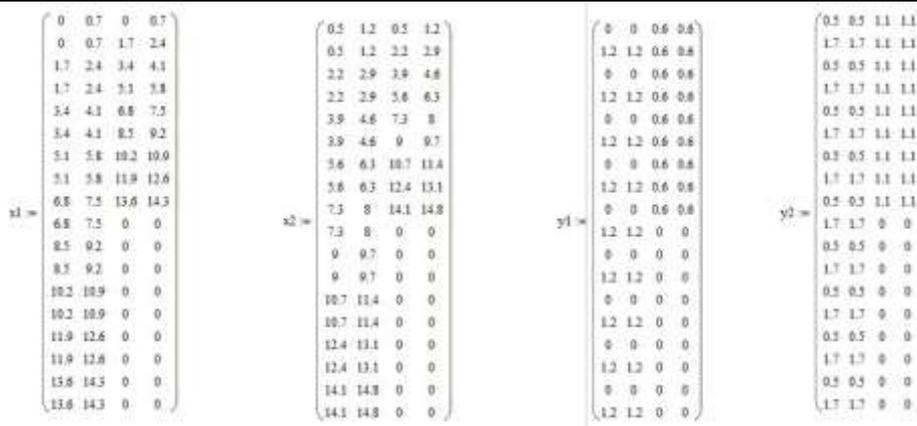


Рисунок 3. Матрицы координат зон обнаружения

После задания координат зон необходимо составить алгоритм расчёта площадей перекрытия зон. На рисунке 4 показана ситуация, при которой часть зоны обнаружения перекрывается нарушителем.

Необходимо найти величину площади заштрихованного прямоугольника. Обозначим координаты нижнего левого и верхнего правого угла заштрихованного прямоугольника как  $(x_5; y_5)$  и  $(x_6; y_6)$ .

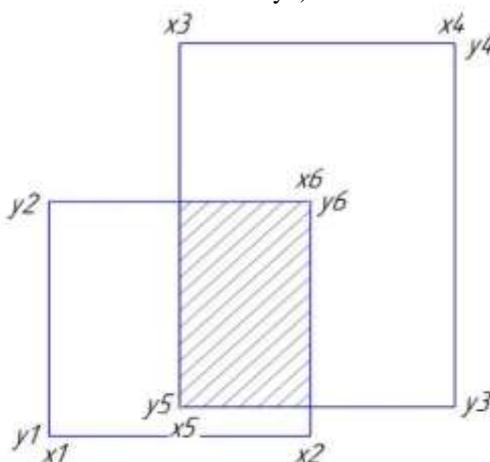


Рисунок 4. Площадь перекрытия зоны обнаружения нарушителем

Для расчёта движения нарушителя всю зону обнаружения (примем равной 15 м) разделим на отрезки. В точках, соответствующих началу отрезков, будем проводить расчёт площади перекрытия зон обнаружения. Для скорости передвижения, равной  $v$ , время пересечения зоны обнаружения будет равно:

$$T = \frac{15}{v}.$$

Этот промежуток времени разобьем на количество отрезков, равное  $NT$  (зададим её равной 500). Тогда, изменяя переменную  $i$  от 0 до  $NT$ , получим значения времени для расчёта:

$$t_i = \frac{i \cdot T}{NT}.$$

Зададим начальные координаты нарушителя. Так как стандартный нарушитель является прямоугольником, то начальные координаты левого нижнего угла будут равны  $(x_{30}; y_{30})$ , правого верхнего угла –  $(x_{40}; y_{40})$ . Так как движение нарушителя

предполагается равномерным вдоль оси X, то координаты углов нарушителя в любой момент времени будут определяться следующими выражениями:

$$\begin{aligned} x_3 &= x_{30} - t_i \cdot v; \\ x_4 &= x_{40} - t_i \cdot v; \\ y_3 &= y_{30}; \\ y_4 &= y_{40}. \end{aligned}$$

Зная координаты нарушителя в любой момент времени и условия для определения координат зон перекрытия, можно вычислить координаты зон перекрытия. На рисунке 5 показана часть программы в Mathcad для вычисления координат зон перекрытия.

Для каждой координаты проводится перебор всех зон обнаружения, происходит сравнение координат зоны обнаружения и координат нарушителя, после этого формируется матрица соответствующей координаты. Количество столбцов матрицы равно количеству зон обнаружения.

```

x5 := for j ∈ 0..N
    for z ∈ 0..NT
        bz,j ← x3z if x3z ≥ x1j,nd
        bz,j ← x1j,nd if x3z < x1j,nd
        bz,j ← 0 if x3z > x2j,nd
    b

x6 := for j ∈ 0..N
    for z ∈ 0..NT
        bz,j ← x2j,nd if x4z ≥ x2j,nd
        bz,j ← x4z if x4z < x2j,nd
        bz,j ← 0 if x4z < x1j,nd
    b

y5 := for j ∈ 0..N
    for z ∈ 0..NT
        bz,j ← y3z if y3z ≥ y1j,nd
        bz,j ← y1j,nd if y3z < y1j,nd
        bz,j ← 0 if y3z > y2j,nd
    b

y6 := for j ∈ 0..N
    for z ∈ 0..NT
        bz,j ← y2j,nd if y4z ≥ y2j,nd
        bz,j ← y4z if y4z < y2j,nd
        bz,j ← 0 if y4z < y1j,nd
    b
    
```

Рисунок 5. Вычисление координат зон перекрытия

После вычисления координат зон перекрытия вычисляем площадь перекрытия и мощность излучения, поступающую на детектор. Вначале определяем площадь перекрытия для каждой зоны, после этого суммируем все площади перекрытия, умножаем получившуюся сумму на коэффициент, зависящий от температуры объекта и температуры фона

и получаем матрицу мощностей для каждой группы зон обнаружения. Матрица получается одномерной, количество элементов равно количеству точек для расчёта. На рисунке 6 приведена часть вычисления мощности излучения для одной группы зон обнаружения:

```

S1n := for j ∈ 0..N
    for z ∈ 0..NT
        bz,j ← 0 if x2j,nd < x3z
        bz,j ← 0 if x4z < x1j,nd
        bz,j ← 0 if y2j,nd < y3z
        bz,j ← 0 if y4z < y1j,nd
        bz,j ← [(y6z,j - y5z,j]) · (x6z,j - x5z,j)] if (x2j,nd ≥ x3z) ∧ (x4z ≥ x1j,nd) ∧ (y2j,nd ≥ y3z) ∧ (y4z ≥ y1j,nd)
    b

P1n := for z ∈ 0..NT
    a ← 0
    for k ∈ 0..N
        a ← a + S1nz,k
    bz ← a · koeff
    b
    
```

Рисунок 6. Вычисление мощности излучения для одной группы зон обнаружения

Найдём выходной сигнал для каждого детектора. Для этого из значения мощности группы «+» вычтем значение мощности группы «-» каждого детектора для каждого момента времени.

Построим график выходного сигнала с детекторов при температуре объекта +28 °C и при темпе-

ратуре фона +21 °C. Для наглядности вместо отметок времени используем отметки расстояния по оси X. Пересчёт времени в расстояние будет производиться по следующей формуле:

$$l_i = t_i \cdot v.$$

График выходного сигнала с детекторов при скорости движения 0.3 м/с показан на рисунке 7.

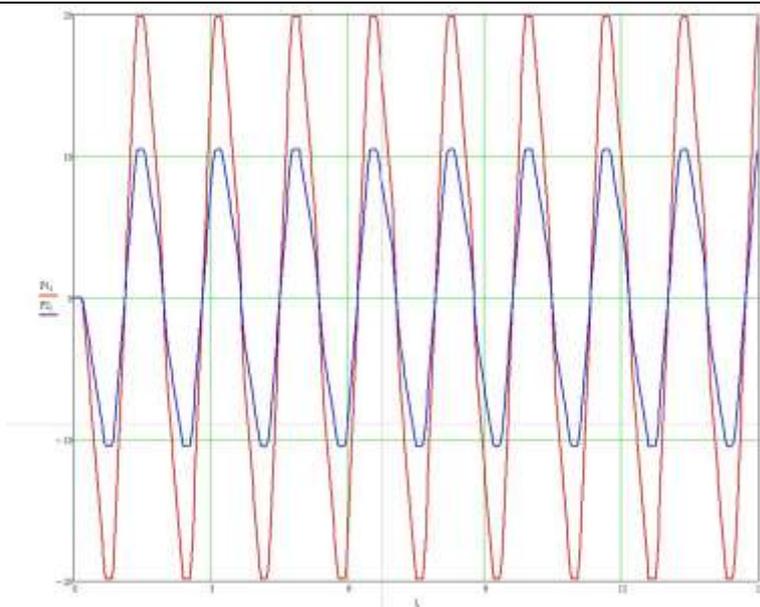


Рисунок 7. Выходной сигнал с детекторов при скорости движения 0,3 м/с

Как видно из графика, для надёжного обнаружения нарушителя необходимо регистрировать превышение выходного сигнала с детектора выше определённой величины.

Для моделирования влияния температуры на работу извещателя в начальных данных для расчёта зададим температуру фона равной +25 °С. На рисунке 8 показан график выходных сигналов детекторов извещателя.

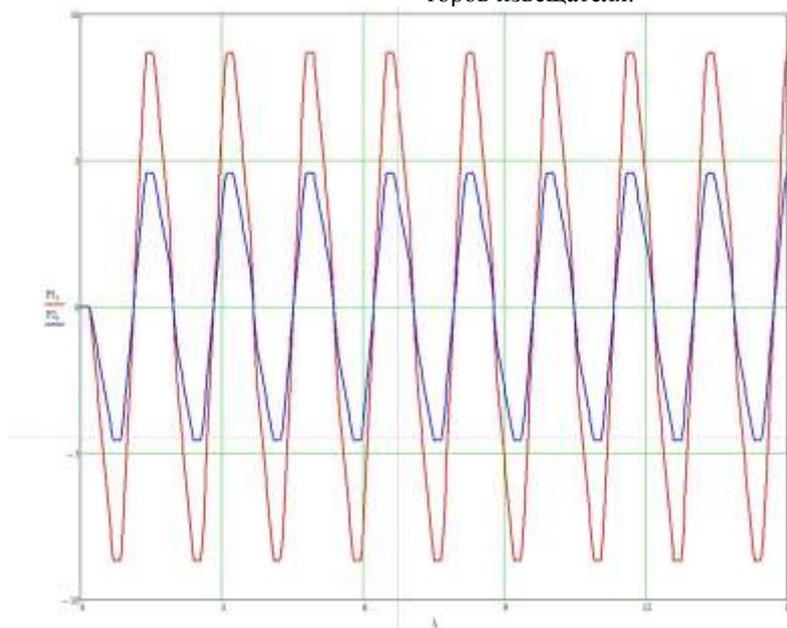


Рисунок 8. Выходной сигнал с детекторов при температуре фона +25 °С.

Как видно из рисунка 8, форма выходных сигналов не меняется, изменяется их амплитуда. Если оставить величину уставок (уставка – значение температуры, при которой срабатывает сигнализатор) по превышению сигналов с детекторов на прежнем уровне, то нарушитель не будет зарегистрирован – максимальная величина сигнала с детекторов меньше величины уставки по превышению. Для компенсации влияния температуры необходимо в зависимости от величины температуры окружающего

воздуха изменять коэффициент усиления усилителя сигнала с детекторов, чтобы поддерживать его на одном уровне.

Зададим температуру фона равной +27 °С. На рисунке 9 показаны выходные сигналы с детекторов с разницей температур фона и объекта в 1 градус. Как видно из рисунка 7, амплитуда выходных сигналов становится меньше по сравнению с выходными сигналами при температуре фона равной +27 °С.

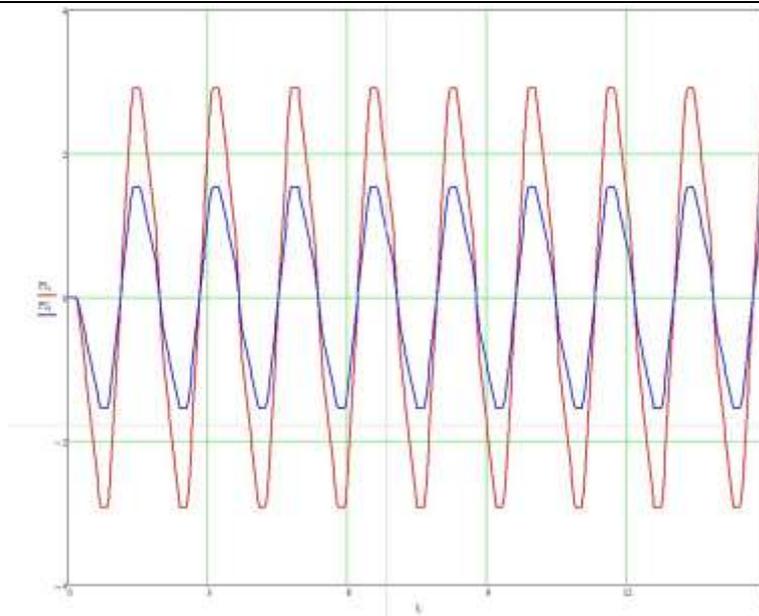


Рисунок 9. Выходной сигнал с детекторов при температуре фона +27 °С.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что влияние температуры на работу извещателя заключается в уменьшении амплитуды выходных сигналов с детекторов. Для компенсации этого влияния необходимо предусмотреть в конструкции извещателя автоматическое поддержание уровня выходных сигналов с детекторов на определённом уровне.

#### Список литературы

1. Алефиренко, В.М. Виды инфракрасных извещателей и внешние факторы, влияющие на них в системах безопасности / В.М. Алефиренко, И.И. Фурсевич // Znanstvena Misel Journal. – 2019. – Vol. 1, № 31. – С. 48–51.
2. Волхонский, В.В. Анализ характеристик обнаружения нарушителя ПИК датчиками охранной

сигнализации / Волхонский В.В., Воробьев П.А. // Алгоритм безопасности. – 2012. – №1. – С. 44–48.

3. Волхонский, В.В. Подход к синтезу пассивных оптико-электронных инфракрасных извещателей на основе квазиточечной модели квалифицированного нарушителя / Билиженко И.В., Волхонский В.В. // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2017. – №1. – С. 143–150.

4. Поршнев, С.В. Численные методы на базе Mathcad / Поршнев С.В., Беленкова И.В. – С-П: БХВ-Петербург, 2005. – С. 464 с.

5. Swan Quad [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rovalant.com> – Дата доступа: 04.05.2020.