

ВПЛИВ СИСТЕМИ ФОКУСУВАННЯ НА ЧУТЛИВІСТЬ PIR ДАТЧИКУ

Анотація. В статті описано дослідження впливу систем фокусування (у тому числі вродженої) на чутливість PIR датчику. У технічній документації на PIR датчики недостатньо інформації про вимоги до системи фокусування та про можливість використання датчика без неї.

Пасивні інфрачервоні датчики руху (далі PIR датчики) є найважливішими компонентами сучасних систем безпеки та автоматизації. Ці датчики призначені для виявлення присутності нагрітих тіл шляхом виявлення інфрачервоного випромінювання, випромінюваного їх тілами.

Ключові слова: PIR датчик, D203S, ІЧ датчик руху.

Вступ. Пасивні інфрачервоні датчики руху (далі PIR датчики) є найважливішими компонентами сучасних систем безпеки та автоматизації. Ці датчики призначені для виявлення присутності нагрітих тіл шляхом виявлення інфрачервоного випромінювання, випромінюваного їх тілами.

У технічній документації на PIR датчики не має опису, як він працює без фокусуєючої лінзи, чи взагалі може працювати без неї. Тому задача дослідження впливу системи фокусування на чутливість PIR датчику є актуальною. В цій статті описано дослідження особливостей використання PIR датчику руху зі штатною лінзою, без лінзи взагалі, та зі звичайною оптичною фокусуєючою лінзою.

Матеріали та методи. PIR датчик (рис. 1) – це електронний компонент, що широко використовується для виявлення руху. Він здатний уловлювати зміни інфрачервоного випромінювання (тобто тепла) від тіла людини, тварин чи інших джерел тепла. Його часто називають інфрачервоним датчиком руху або PIR детектором.

Оскільки він сам по собі не випромінює жодних сигналів, а лише пасивно приймає та вимірює інфрачервоне випромінювання у навколишньому середовищі, його також називають «пасивним» датчиком. Порівняно з активними інфрачервоними датчиками (які повинні випромінювати інфрачервоне світло та виявляти відображення для виявлення об'єктів), PIR датчики руху повинні лише реєструвати зміни природного тепла та не надсилати жодних сигналів. Це не тільки робить PIR датчик більш енергоефективним, але також знижує кількість помилкових спрацьовувань, викликаних відображенням світла або змінами навколишнього середовища. Крім того, PIR датчики мають безліч інших переваг.



Рисунок 1 – Плата з PIR сенсором D203S та спеціалізованою мікросхемою BISS0001

До переваг PIR датчиків можна віднести:

1. PIR датчик здатен точно вловлювати сигнали руху джерел тепла, таких як тіла людей та тварин. Вони мають низький рівень помилкових спрацьовувань, високу завадостійкість і здатні стабільно працювати в різних умовах;

2. PIR датчик має просту конструкцію, вимагає трохи компонентів і має низьку вартість виробництва.

3. Коли відбувається рух, PIR датчик здатний реагувати в надзвичайно короткі терміни. Це робить його ідеальним для автоматизованих сценаріїв, що вимагають виявлення в режимі реального часу.

4. PIR датчик не піддається впливу зовнішніх факторів, таких як світло і пил, і може нормально працювати в темряві, при яскравому освітленні або в складних умовах.

PIR датчики широко використовуються в сучасній електроніці та автоматизації завдяки своїм численним перевагам. І його можна знайти в різних пристроях, таких як охоронна сигналізація, автоматичне освітлення, пристрої для розумного будинку, автоматичні двері та торговельні автомати.

Пасивний інфрачервоний PIR датчик має два чутливих елемента на сенсорі, кожен чутливий елемент виготовлений зі спеціального матеріалу, чутливого до інфрачервоного випромінювання.

Лінза, яка тут використовується, щоб ці два чутливих елемента могли «бачити» далі певної відстані (в основному, це чутливість датчика). Коли датчик не використовується, на обох чутливих елементах виявляють однакову кількість інфрачервоного випромінювання, тобто навколишнього середовища, що випромінюється з кімнати, стін або зовні. Коли тепле тіло, таке як людина чи тварина, проходить повз, воно спочатку перехоплює одну половину PIR-датчика, що викликає позитивну диференціальну зміну між двома половинами. Коли тепле тіло залишає зону сприйняття, відбувається зворотне, коли датчик генерує негативну диференціальну зміну. Саме ці імпульси змін і виявляються.

Сам ПЧ-датчик розміщено в герметично закритому металевому корпусі (рис. 2) для покращення стійкості до шуму, температури та вологості. Чутливий елемент захи-

щено віконцем, виготовленим з матеріалу, що пропускає ІЧ-випромінювання (зазвичай це кремнієвий матеріал з покриттям). За віконцем розташовані два збалансовані датчики (рис. 3).



Рисунок 2 – PIR сенсор D203S

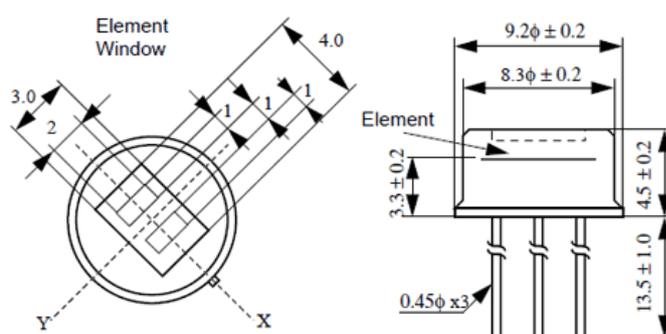


Рисунок 3 – Розташування двох збалансованих датчиків у PIR сенсорі D203S

На (рис. 3) представлено креслення, що показує вікно сенсора з двома елемента з чутливого матеріалу [1].

На (рис. 4) зображено внутрішню схему. Важливою інтегрованою частиною сенсора є JFET [3], який забезпечує дуже низький рівень шуму та буферизує надзвичайно високий імпеданс датчиків, перетворюючи його на сигнал, який може відчувати чіп оброблення сигналу (наприклад, BIS0001 [2]).

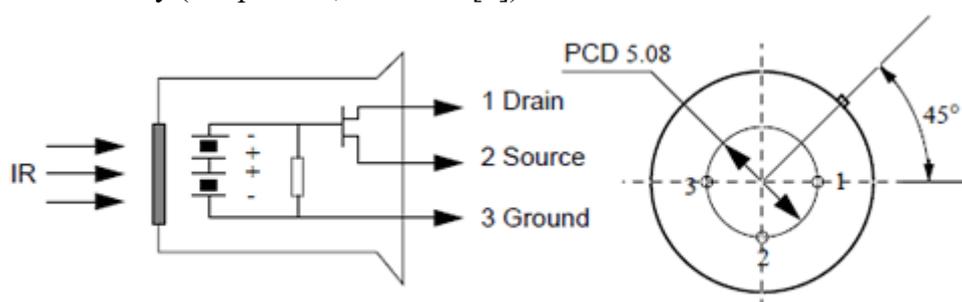


Рисунок 4 – PIR сенсор RE200B, внутрішня схема

PIR-сенсори досить універсальні та здебільшого відрізняються лише ціною та чутливістю. Більшість справжньої «магії» відбувається з оптикою. Це досить гарна ідея для виробництва: PIR-сенсор та схема є фіксованими та коштують кілька доларів. Лінза коштує лише кілька центів і може дуже легко змінювати ширину, діапазон, діаграму дії. На (рис. 1) лінза — це просто шматок пластику, але це не означає, що зона виявлення — це лише два прямокутники. Зазвичай ми хочемо мати зону виявлення набагато більшу. Для цього ми використовуємо просту лінзу, таку як ті, що використовуються в камері: вона стискає велику площу (наприклад, пейзаж) у малу (на плівці або CCD-сенсорі). У PIR- датчиків частіше за все використовують лінзи Френеля (рис. 5).

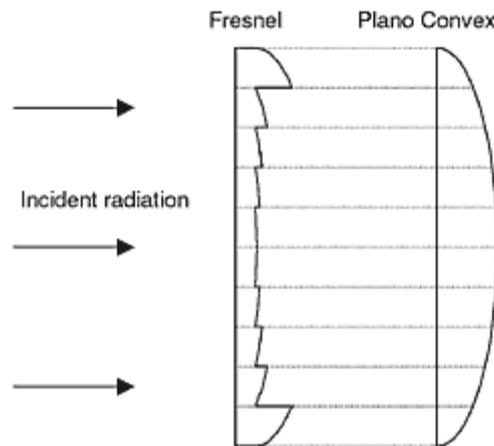


Рисунок 5 – Лінза Френзеля

Лінза Френеля концентрує світло, забезпечуючи ширший діапазон інфрачервоного випромінювання для датчика (рис. 5).

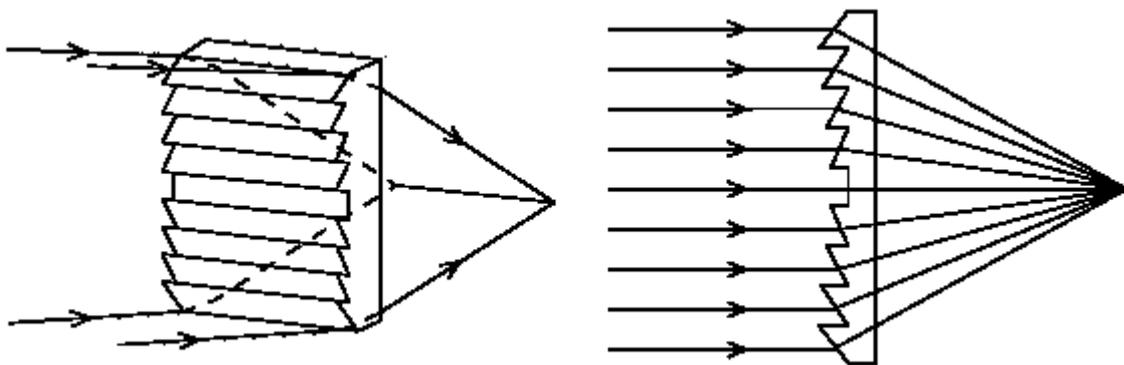


Рисунок 6 – Робота лінзи Френзеля

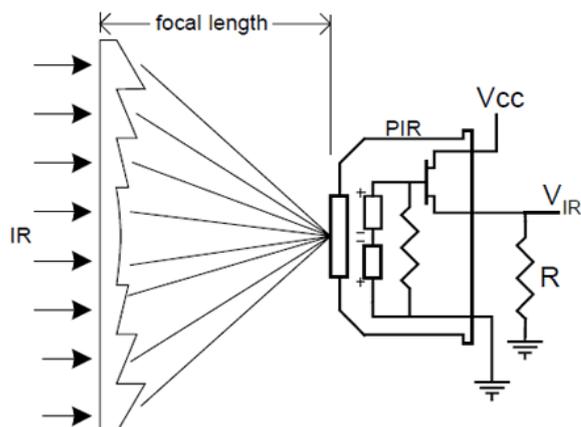


Рисунок 7 – Поєднена лінзи Френзеля з PIR сенсором RE200B

За рахунок лінзи Френеля, тепер у нас набагато більший діапазон. Однак насправді у нас два сенсори, і, що ще важливіше, нам не потрібні два справді великі прямокутники області сприйняття, а радше розкидані кілька маленьких областей. Тож лінзу розділено на кілька секцій, кожна з яких є лінзою Френеля (рис. 7).

Різні фасети та підлінзи (рис. 8). створюють діапазон зон виявлення, що чергуються одна з одною. Також центри лінз у гранях вище «невідповідні» – кожна інша вказує на різні половини сенсорного елемента PIR.

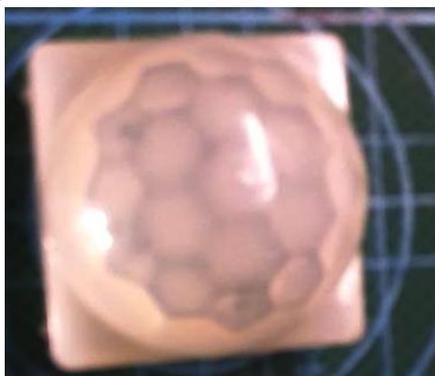


Рисунок 8 - Фасети та підлінзи

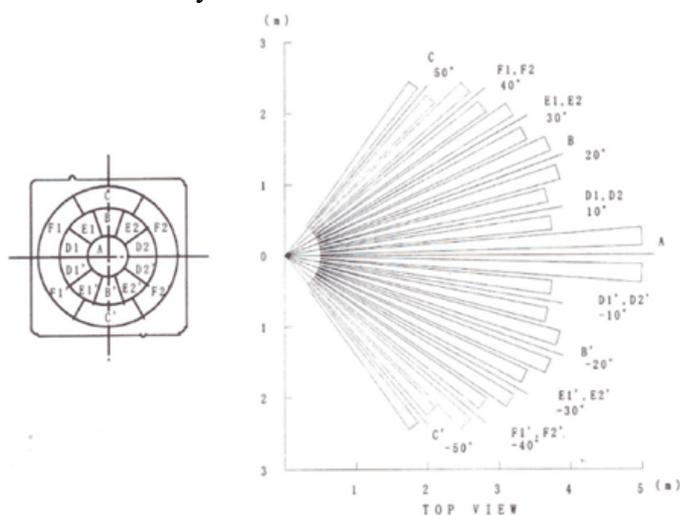


Рисунок 9 – Діаграма направленості зон спрацювання 2 сенсорів в середині датчику

Методика експерименту. Було проведено дослідження можливості використання датчику без лінзи та зі звичайною скляною лінзою. Датчик в цьому досліді закріплювався на штативі (рис. 10). Для отримання результатів сигнал одночасно було подано на DDM мультиметр SDM3055 та цифровий осцилограф SDS814X-HD. Так як діапазон сигналу був відносно невеликий – від одиниць до десятків мілівольт, а інтервал стеження досягав десятків секунд, то використання мультиметру було більш доцільним, і у подальшому наведено дані, що були отримані з мультиметру.

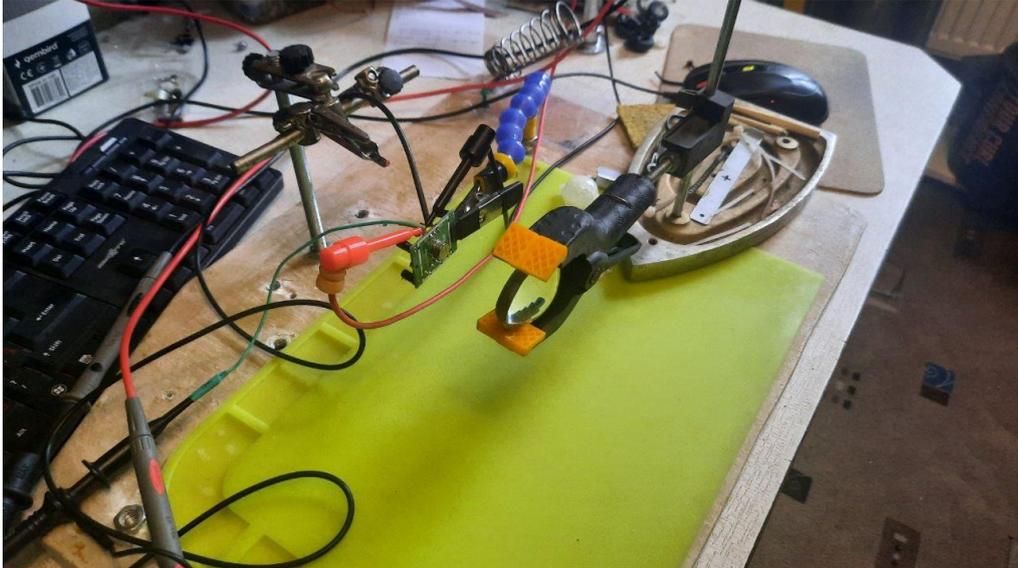


Рисунок 10 – Частина стенду для дослідження ІЧ датчику, яка отримує сигнал

В якості об'єкта, на який спрацьовує датчик руху було використано пластикову пляшку з водою температурою приблизно 340 К. Для відтворення однотипної динаміки в обмеженому простоті було створено маятник в ефективною довжиною 2.36 м. Відстань від сенсора до маятника складала 1.4 метра, а амплітуда сягала 0.4 м. Характерний час затухання коливань був значно більшим, ніж час вимірювання, завдяки достатньої добротності системи. У той же час слід відмітити, що у наявних умовах неможливо уникнути неконтрольованих інфрачервоних впливів, що відображається у вигляді імпульсних завад на графіках.

Аналіз результатів. Дослід показав, що без лінзи перед сенсором, в останнього вкрай низька чутливість. Без лінзи сигнал на виході в 10 разів слабший по амплітуді. Коли ж використовувалась скляна лінза сигнал зовсім зник з виходу сенсора. Це пов'язано з тим, що звичайне скло не пропускає інфрачервоне випромінювання відповідного діапазону.

З іншого боку, при використанні сенсора без лінзи реакція на предмети, що були розташовані у близької зоні, була більшою.

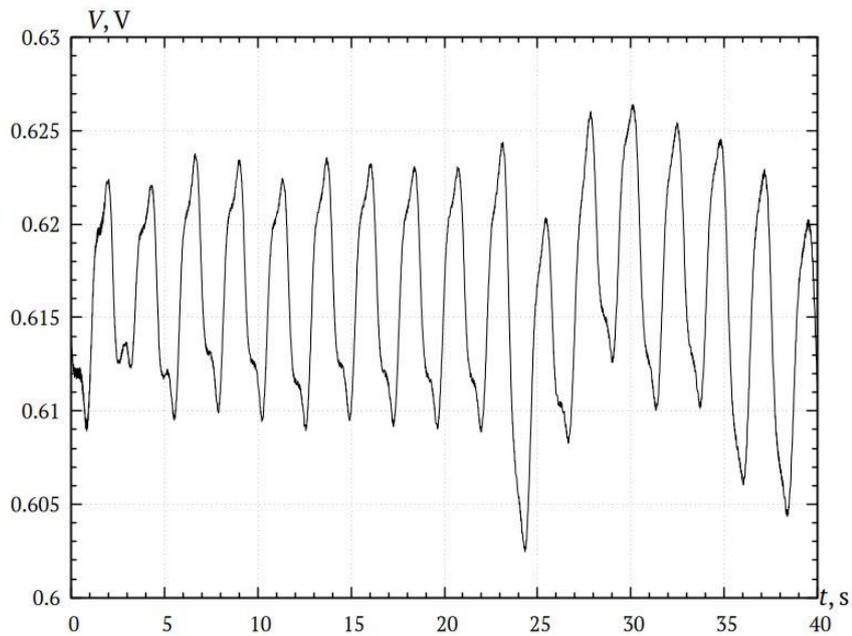


Рисунок 11 – Аналоговий сигнал на виході сенсора D203S з штатною пластиковою лінзою Френеля

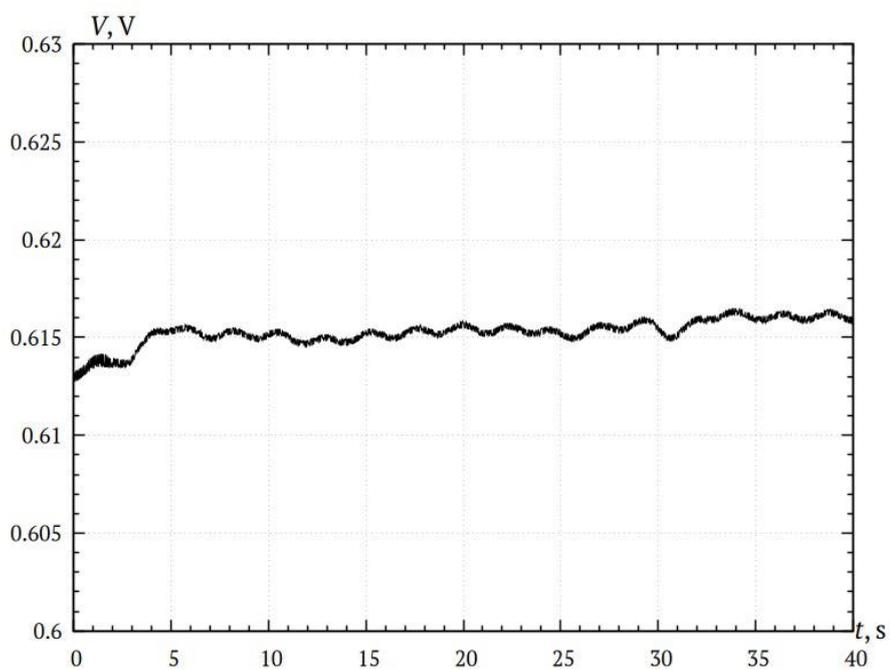


Рисунок 12 – Аналоговий сигнал на виході сенсора D203 без лінзи

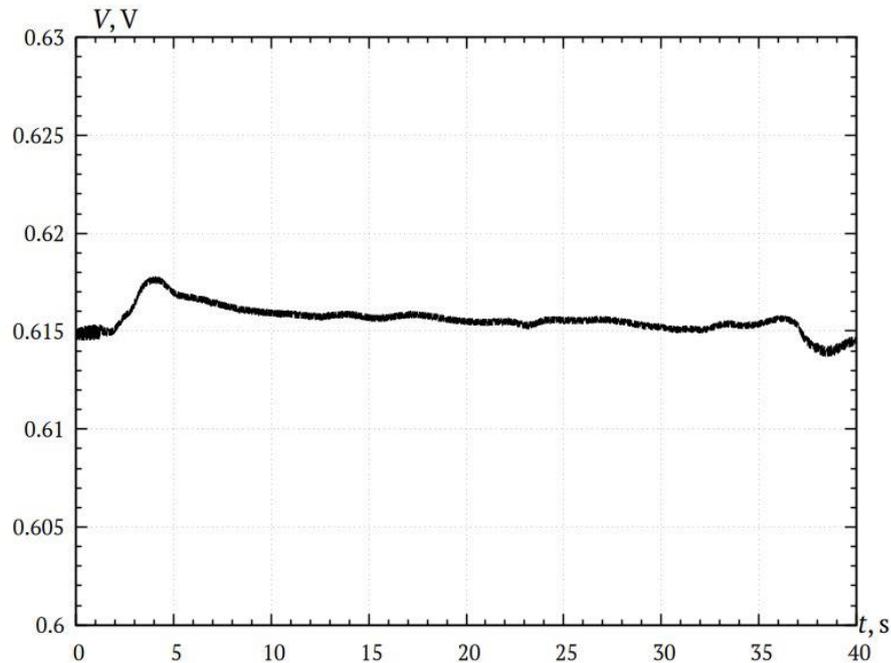


Рисунок 13 – Аналоговий сигнал на виході сенсора D203S з скляною лінзою ($F = 50 \text{ mm}$)

Висновки. Виходячи як з апріорних відомостей, так і з даних, отриманих у результаті експериментів, можна зробити наступні висновки:

1. Конструкція та матеріали PIR-сенсорів, що було досліджено, дозволяють успішно детектувати переміщення тіл, температура яких відрізняється від середи, що оточує, на десятки градусів.

2. Без використання лінзи Френеля можлива детекція теплих об'єктів можлива лише у ближньої зоні. З використанням відповідної лінзи зона детекції значно поширюється.

3. Використання звичайних лінз оптичного діапазону для успішної роботи з цими сенсорами практично неможливо.

ЛІТЕРАТУРА / REFERENCES

1. All-Purpose Dual Element Pyroelectric Infrared Radial Sensor datasheet. Shenzhen senban optical & electronic CO., LTD., 2010. URL: https://www.skytech.ir/Download/File/9197_D203S.pdf.
2. BISS0001 GENERAL DESCRIPTION datasheet. BISS0001 PIR CONTROLLER Silvan Chip Electronics Tech.Co., Ltd 2012. URL: <http://www.sc-tech.cn/en/BISS0001.pdf>.
3. Development of a JFET model with increased accuracy: measurements of wrangling data, acquisition and model analysis. Viktoriia Hnatushenko, Anton Guda, Andrew Zimoglyad, Anna Zhurba. Proceedings of the Computational Intelligence Application Workshop (CIAW 2025). Lviv, Ukraine, September 26-27, 2025. pages 97-109. ISSN 1613-0073.

Received 10.12.2025.
Accepted 15.12.2025.

The influence of the focusing system on the sensitivity of the PIR sensor

Passive infrared motion sensors (hereinafter referred to as PIR sensors) are the most important components of modern security and automation systems. These sensors are designed to detect the presence of people by detecting infrared radiation emitted by their bodies. The technical documentation for PIR sensors does not describe how it works without a focusing lens, or if it can work without one at all. This article describes the study of the possibility of using a PIR motion sensor without a lens.

A study was conducted on the possibility of using a sensor without a lens and with a conventional glass lens. The experiment showed that without a lens in front of the sensor, the latter has extremely low sensitivity. Without a lens, the output signal is 10 times weaker in amplitude. When a glass lens was used, the signal completely disappeared from the sensor output. This is due to the fact that conventional glass does not transmit infrared radiation of the corresponding range. On the other hand, when using a sensor without a lens, the reaction to objects located in the near zone was greater. Based on both a priori information and the data obtained as a result of experiments, the following conclusions can be drawn:

1. The design and materials of the PIR sensors that were studied allow for the successful detection of the movement of bodies whose temperature differs from the surrounding environment by tens of degrees.

2. Without the use of a Fresnel lens, detection of warm objects is possible only in the near zone. With the use of an appropriate lens, the detection zone is significantly expanded.

3. Using conventional optical range lenses to successfully work with these sensors is practically impossible.

Key words: PIR sensor, D203S.

Зимогляд Андрій Юрійович - к.т.н., доцент кафедри ІТС Дніпровського металургійного інституту Українського державного університету науки і технологій.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7239-2467>

Гуда Антон Ігорович - д.т.н., професор кафедри ІТС Дніпровського металургійного інституту Українського державного університету науки і технологій.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1139-1580>

Виродов Олександр Сергійович - магістр кафедри ІТС Дніпровського металургійного інституту Українського державного університету науки і технологій.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3814-4461>

Zymoghlyad Andriy Yuriyovych - Ph.D., ass.professor of the department of ITS of the Dnipro Metallurgical Institute of the Ukrainian State University of Science and Technology.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7239-2467>

Guda Anton Igorovich - Ph.D., professor of the department of ITS of the Dnipro Metallurgical Institute of the Ukrainian State University of Science and Technology.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1139-1580>

Vyrodov Oleksandr Serhiyovych - Master's Student of the Department of ITS of the Dnipro Metallurgical Institute of the Ukrainian State University of Science and Technology.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3814-4461>