УДК 681.5:535.317.2(045)

[1]**М. П. Мар'ясов**, асист.,
[2]**А. В. Назаренко**, студ.

ОПТИЧНА ПЕЛЕНГАЦІЙНА СИСТЕМА МОБІЛЬНОГО РОБОТА

Інститут аерокосмічних систем управління НАУ, e-mail: [1]Nicolas_p_m@mail.ru, [2]nazarenko.artem@gmail.com

Розроблено оптичну пеленгаційну систему для мобільного робота, в якій рухомий об'єкт має позиціонуватися на випромінювання з використанням мікроконтролерної техніки. Запропоновано схему розташування чутливих елементів. Досліджено залежність між оптичними характеристиками приймачів і випромінювачів. Розроблено прототип оптичної пеленгаційної системи для мобільного робота.

Ключові слова: світлочутливий датчик, матриця, мобільний робот, оптична система.

Актуальність дослідження. Досить часто виникає потреба у перевезенні вантажу з одного місця в інше, в межах певної території. Здебільшого цей процес відбувається за участі людини, яка повинна мати певні навички і досвід для керування машиною, що потребує додаткових фінансових і часових витрат на підготовку персоналу. Сучасний розвиток робототехніки дає змогу частково автоматизувати цей процес і перекласти людську працю на автоматичні системи, підвищивши цим самим не один коефіцієнт якості роботи. Тому було запропоновано розробити систему автоматичного слідування групи машин за однією веденою. Тобто необхідно оснастити групу машин датчиками й обчислюваним приладом, що налаштовані на ведену машину, яка, в свою чергу, керується людиною.

У робототехніці виділяють три типи навігаційних систем:

а) глобальну – визначення абсолютних координат пристрою під час руху по довгих маршрутах;

б) локальну – визначення координат пристрою відносно до деякої (звичайно стартової) точці. Ця схема затребувана розробниками тактичних безпілотних літаків і наземних роботів, які виконують місії в межах заздалегідь відомої області;

в) персональну – позиціонування роботом частин свого тіла і взаємодію з довколишніми предметами, що актуально для пристроїв, забезпечених маніпуляторами.

Системи навігації можуть бути пасивними і активними. Пасивна система навігації отримує інформацію про власні координати й інші характеристики свого руху від зовнішніх джерел, а активна розрахована на визначення місцеположення лише самостійно. Усі глобальні схеми навігації пасивні, локальні бувають і тими, й тими, а персональні схеми – завжди активні.

Перші моделі промислових роботів з більш-менш автономною навігацією, створені в 60-ті роки, пересувалися по строго заданому маршруту за допомогою електричних кабелів, прокладених під підлогою заводських споруд. З появою перших систем машинного зору вдалося відмовитися від кабелів і перейти до навігації по яскраво намальованим (або флуоресцентним) лініям на підлозі. Випробовувалися й інші схожі концепції. По маршруту руху на певній висоті розміщувалися предмети-маркеризаданої форми, які робот за допомогою простих датчиків «обмацував», дізнаючись тим самим про своє місцеположення. Поступово маркерні моделі навігації були оснащені досконалішими аналоговими датчиками, навчилися вимірювати силу реакції контакту і визначати форму маркера. Натепер застосовують цифрові матричні датчики, здатні отримувати від маркерів детальні дані про навколишнє середовище.

Наступний спосіб навігації – це використання лазерних далекомірів та ультразвукових генераторів (сонарів).

Одним зі способів організації руху робота в заздалегідь непевному середовищі може бути використання алгоритмів системи керування рухом робота, забезпеченого оптронною лінійкою – датчиком стеження за смугою, нанесеною на поверхню полігона. Потім був запропонований метод організації руху робота на оснащеному системою маяків полігоні, заснований на побудові віртуальної смуги, яка формується в бортовому комп'ютері робота з таким розрахунком, щоб вона огинала ввімкнені маяки і забезпечувала проходження заданої траси. Автономне визначення на борту робота його узагальнених координат дозволяє сформувати «віртуальну оптронну лінійку», сигнал з якої пропорційний відхиленню робота від віртуальної смуги.

Сьогодні більшість роботів, що орієнтуються на місцевості, покладаються на одометрію (odometry – вимірювання пройденого шляху) як на основу навігаційної системи. Звичайний одометричний вимірювач включає в себе оптичні кодувальники, спарені з обертовими осями.

Постановка завдання. Беручи до уваги напрацювання і в поєднанні із сучасними технологіями можливий спосіб об'єднання програмного забезпечення і апаратної частини. Такий підхід забезпечить більш гнучкий метод опрацювання зовнішніх сигналів за допомогою програми, яку можна з легкістю налаштувати на потреби, і не потребуватиме великих змін в електричній схемі.

Запропонований метод ґрунтується на ядрі мікроконтролера Intel 8051 і матриці світлочутливих елементів, розташованих таким чином, що їх діаграма напрямленості охоплює кут 360° (рис. 1). Принципову електричну схему показано на рис. 2

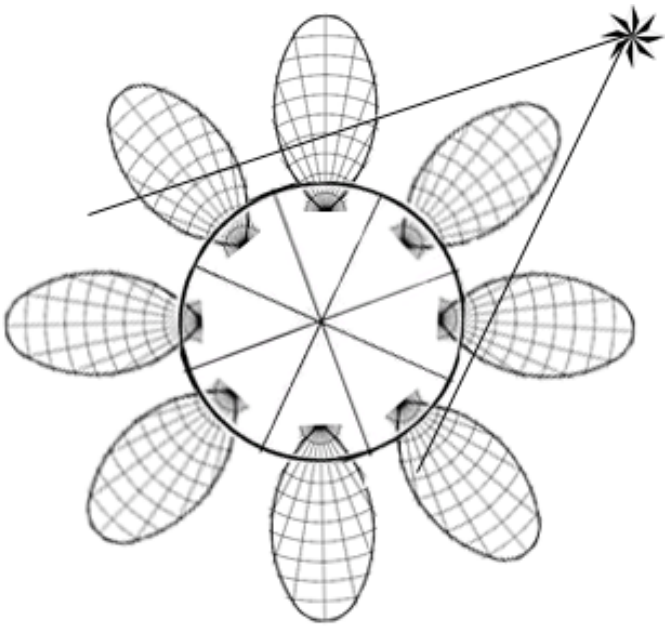

Рис. 1. Матриця чутливих елементів з діаграмами напрямленості

Принцип дії: система в момент пуску стоїть на місці, очікуючи світлового сигналу, як тільки на матрицю датчиків надходить світло, то відповідний фототранзистор, який виконує функцію ключа, замикається і електричний сигнал $U_{c.c}$ потрапляє на відповідний порт мікроконтролера. Далі по закладеному алгоритмі сигнал з іншого порту контролера потрапляє на відповідний контакт драйвера L293D, який вже приводить в рух електродвигуни. Згідно з характеристикою мікроконтролера напруга, яку він сприймає як логічну одиницю має діапазон 2,4 – 5,8 В, тому необхідно правильно розрахувати співвідношення освітленості з параметрами схеми фотоприймача, щоб той забезпечив необхідну чутливість.

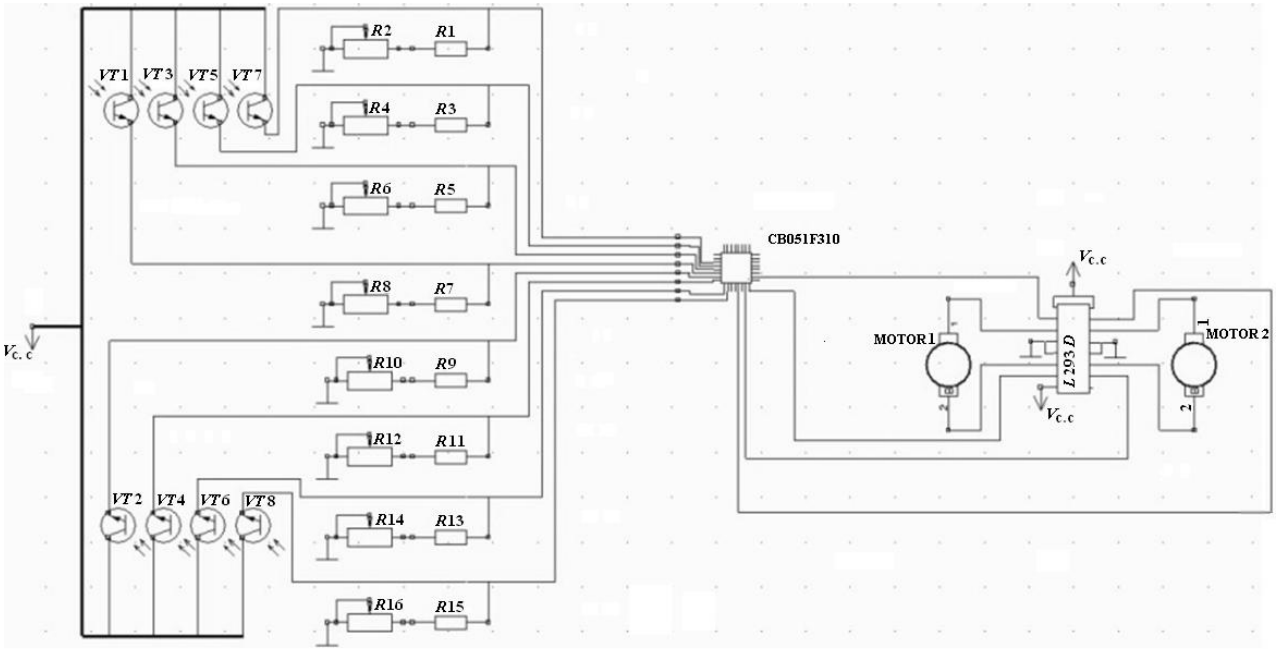

Рис. 2. Принципова електрична схема оптичної системи

Розв'язання завдання. Відповідно до параметрів контролера мінімальний рівень напруги, який відповідає логічній одиниці на вході, дорівнює 2,4 В. Мінімальній освітленості, яку сприймає фототранзистор (1 мВт/см^2) за напруги 5 В, відповідає струм 0,5 мА (рис. 3), тому величина загального опору контуру буде становити:

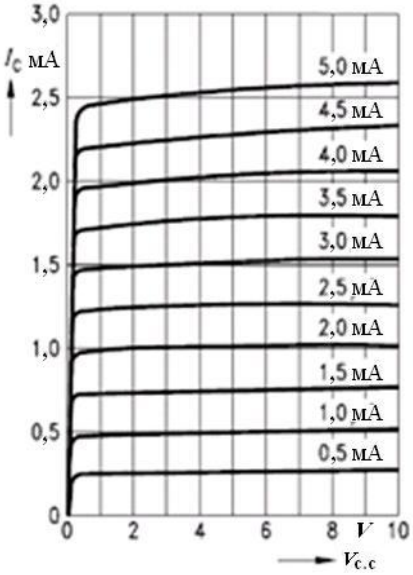

Рис. 3. Вольт-амперна характеристика фототранзистора для різних струмів бази

$$R_{L\max} = \frac{2,4\ \text{В}}{0,5\ \text{мА}} = 4,8\ \text{кОм}.$$

Максимальній освітленості (20 мВт/см^2) відповідає струм 2 мА за напруги 0,8 В, а на вході контролера повинна бути максимально допустима напруга (5 В), тому величина загального опору контуру має бути не меншою ніж

$$R_{L\min} = \frac{5\ \text{В}}{2\ \text{мА}} = 2,5\ \text{кОм}.$$

Виникають питання, яку величину опору навантаження вибрати та якою повинна бути напруга живлення.

Виходячи з того, що за максимальної освітленості напруга на вході контролера не повинна перевищувати 5 В, а напруга на фототранзисторі не перевищувати 0,8 В, а напруга живлення не перевищувати 5,8 В. За мінімальної освітленості напруга на вході контролера повинна бути не нижчою за 2,4 В; з урахуванням напруги на транзисторі напруга живлення

$$V_S = U_{\text{т}} + U_{\text{к min}} = 5\ \text{В} + 2,4\ \text{В} = 7,4\ \text{В}.$$

За такої напруги живлення і максимальної освітленості напруга на транзисторі становитиме

$$U_{\text{т}} = V_S - U_{\text{к max}} = 7,4\ \text{В} - 5\ \text{В} = 2,4\ \text{В},$$

що перебільшує максимальну напругу, вказану в описі фототранзистора.

За мінімальної освітленості і напруги на транзисторі $U_т > 2{,}5$В струм I_c слабо залежить від напруги, тому цілком задовольними можуть бути напруга живлення V_S =5,8 В і опір навантаження R_L = 4,8 кОм.

Відповідно до схеми, показаній на рис. 2, загальний опір навантаження складається з постійного резистора і змінного:

$$R_L = R_{Lc} + R_{Lv}.$$

Змінний резистор, за допомогою якого і коригується чутливість, може набувати нульового опору, тому постійна складова R_{Lc} вибирається рівною $R_{L\min}$, а номінал змінного резистора обирається не меншим ніж

$$R_{Lv} = R_L - R_{Lc} \geq 2{,}3 \text{ кОм}.$$

Серед існуючих найпоширеніших і недорогих штучних джерел світла можна виділити лампи розжарення, люмінесцентні лампи, світлодіоди. Всі вони можуть використовуватися, але вибір залежить від характеристик фотоприймача. Спектральні характеристики джерел типових джерел світла показано на рис. 4.

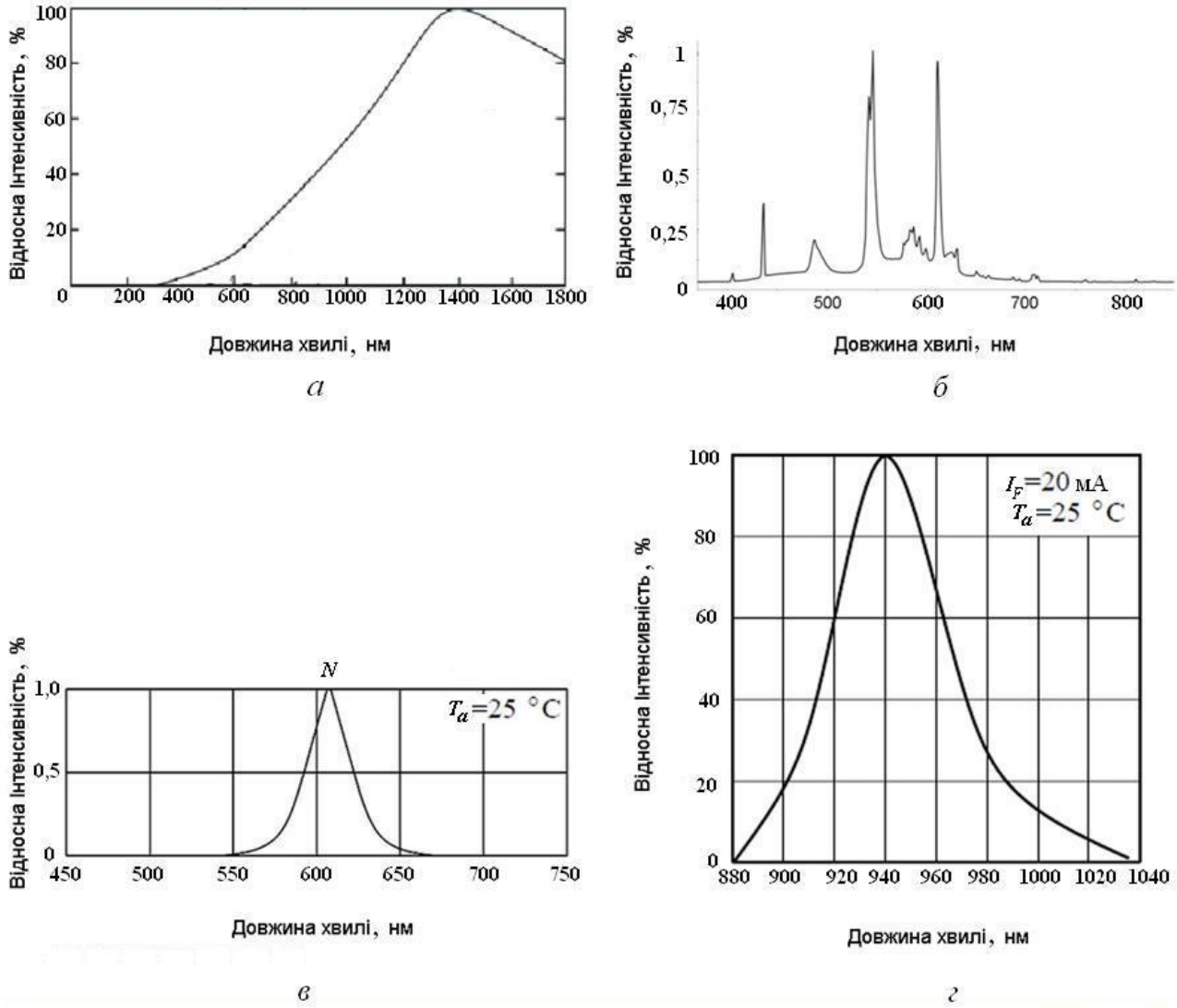

Рис. 4. Спектральні характеристики типових джерел світла: *а* – лампа розжарювання; *б* – люмінесцентна лампа; *в* – світлодіод; *г* – інфрачервоний світлодіод

Область найбільшої чутливості фототранзстора L-32P3C зміщена в інфрачервоний бік, як показано на графіку (рис. 5), і максимальна чутливість досягається при використанні світла з довжиною хвилі λ = 940 нм.

Отже, для використання як джерела світла найбільше підходять інфрачервоні світлодіоди, типову спектральну характеристику яких ппоказано на рис. 4, *г*.

Крім спектральної характеристики джерела світла і приймача, варто враховувати такі параметри, як світність (джерела), сила світла, освітленість (приймача), які визначають енергетичні властивості джерела і приймача та накладають певні обмеження на величину відстані між ними.

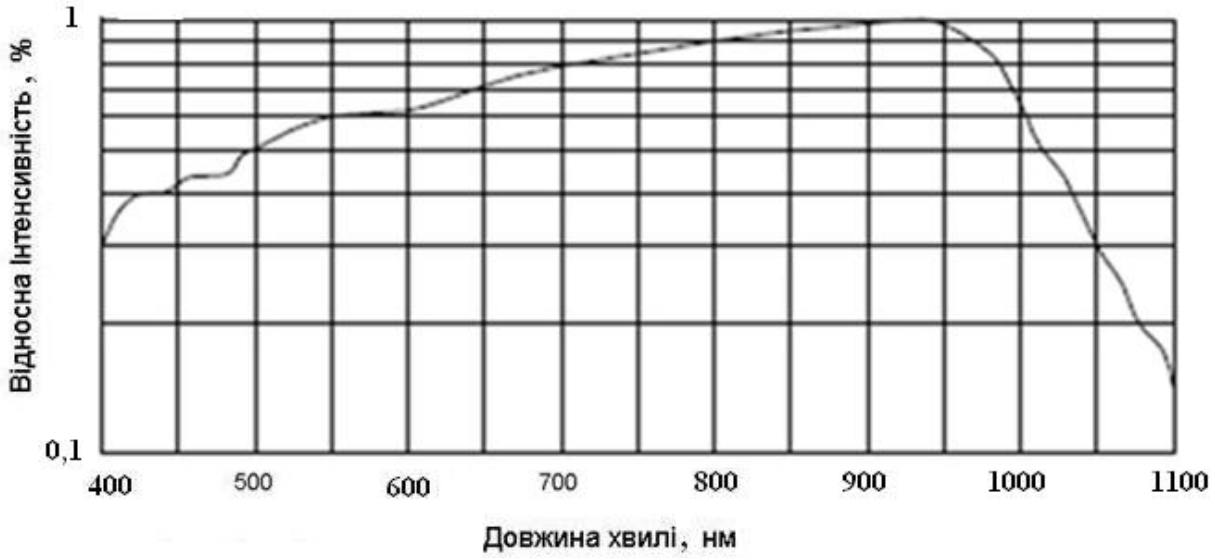

Рис. 5. Спектральна характеристика фототранзистора L-32P3C

Для знаходження тілесного кута скористаємось формулою

$$\theta = 2\pi\left(1 - \frac{h}{\sqrt{r^2 + h^2}}\right),$$

де r – радіус поперечного перерізу джерела світла; h – відстань від джерела до освітленої поверхні.

Оскільки радіус поперечного перерізу джерела світла r величина стала, то маємо залежність тілесного кута від відстані (рис. 6).

За допомогою закону обернених квадратів Йоганна Кеплера, який встановлює залежність між освітленням E_V, силою світла I, відстанню від джерела до об'єкта r і кутом падіння променів відносно нормалі до поверхні $\cos i$:

$$E_V = \frac{I \cos i}{r^2}.$$

Відповідно до закону залежність освітлення обернено пропорційна квадрату відстані від джерела до об'єкта; це також варто врахувати при виборі джерела світла:

$$\frac{E_V}{E_{V_o}} = \frac{r_o^2}{r^2},$$

де E_V – необхідне освітлення для фотоприймача; E_{Vo} – визначена величина освітленості, наведена для порівняння; r – необхідна відстань від джерела до фотоприймача; r_o– визначена відстань, наведена для порівняння.

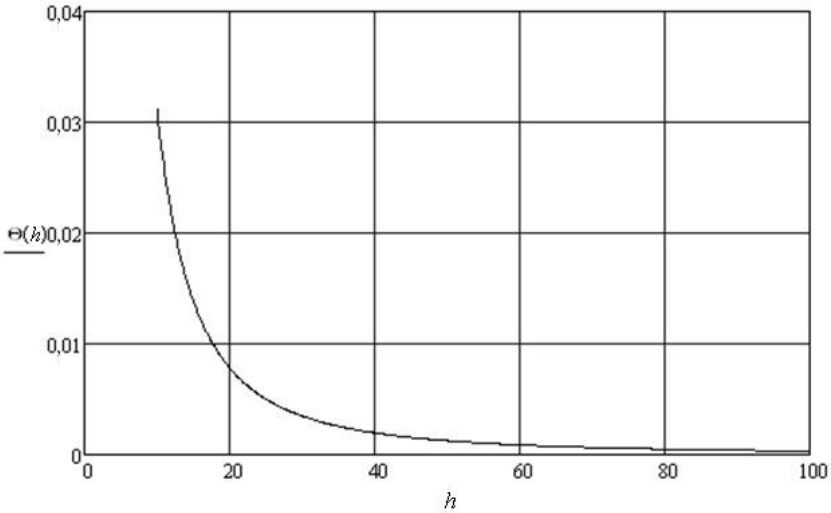

Рис. 6. Залежність тілесного кута від відстані

Було розроблено прототип оптичної пеленгаційної системи мобільного робота, фотографію якого показано на рис. 7.

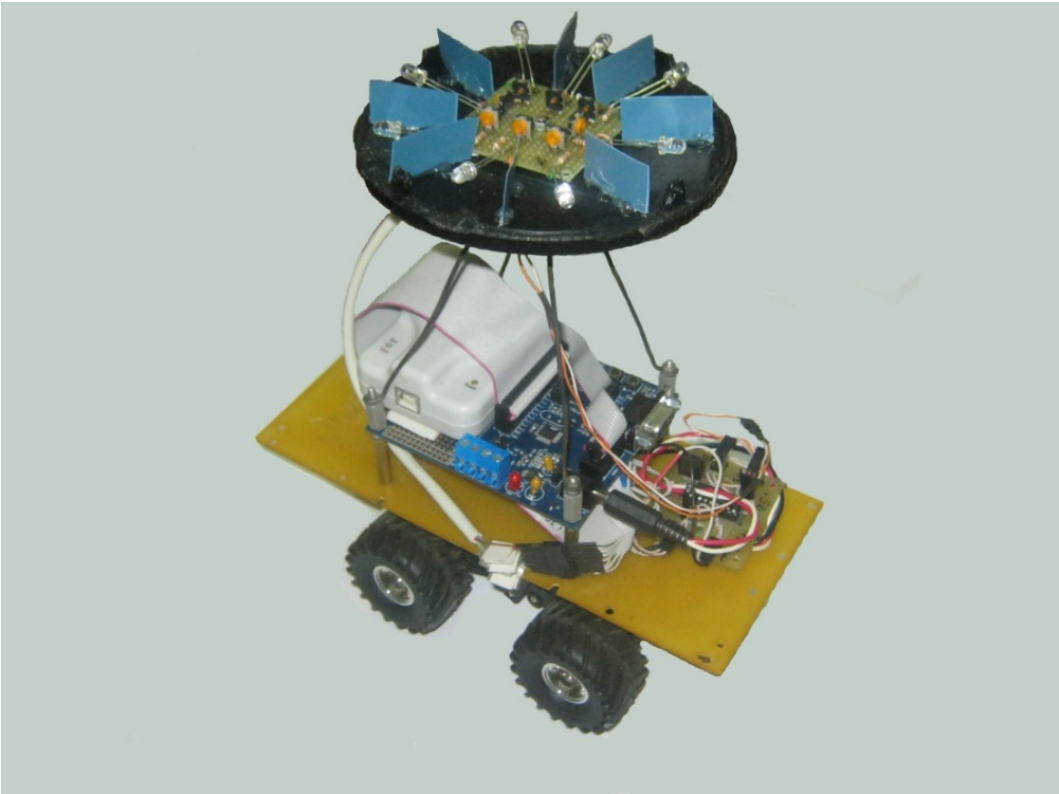

Рис. 7. Прототип оптичної пеленгаційної системи мобільного робота

Висновки. Оптична пеленгаційна система не залежить від сторонніх систем, а тому має достатній ступінь автономності. Спектральні характеристики і діаграми напрямленості джерел і приймачів оптичного сигналу мають бути узгоджені. Відповідно до закону обернених квадратів збільшення радіуса дії оптичної пеленгаційної системи в 2 рази потребує збільшення потужності випромінювання в 4 рази.

Список літератури

1. *Мартыненко Ю. Г.* Управление движением мобильных колёсных роботов [Текст] / Ю.Г. Мартыненко. – М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2005. – 29–80 с.
2. *Навигация* мобильных роботов [Электронный ресурс] / Лондон, Имперский Колледж. – Режим доступа: www/ URL: http://computer-vision.ucoz.ru /MobRoboNavigati /mobile_robot_navigation.html/- 10.06.1997 г. – Загл. с экрана.
3. *Бобровский С. Н.* Навигация мобильных роботов [Текст] / С. Н. Гончаров // Журн. PCWeek. – 2004. – №9. – С. 60–63.

Н. П. Марьясов, А. В. Назаренко

Оптическая пеленгационная система мобильного робота

Разработана оптическая пеленгационная система для мобильного робота, в которой движущийся объект должен позиционироваться на излучение с использованием микроконтроллерной техники. Предложена схема расположения чувствительных элементов. Исследована зависимость между оптическими характеристиками приемников иизлучателей. Разработан прототип оптической пеленгационной системы для мобильного робота.

N. P. Maryasov, A. V. Nazarenko

The optical course system of mobile robot

The objective of this work is to develop an optical direction-finding system for a mobile robot, in which a moving object must be positioned on the radiation using the microcontroller technology. A scheme of arrangement of sensors is adviced. The dependence between the optical characteristics of the receivers and emitters is explored. There is developed an optical direction-finding system prototype for a mobile robot.