

Ніконов О.Я.,
Полосухіна Т.О.
Харківський національний
автомобільно-дорожній
університет,
м. Харків, Україна,
E-mail: nikonov.oj@gmail.com,
tpolosukhina@gmail.com

**ПАРАМЕТРИЧНИЙ СИНТЕЗ СУЧАСНИХ
СИСТЕМ СКАНУВАННЯ НАВКОЛИШНЬОГО
ПРОСТОРУ БЕЗПЛОТНИХ ТРАНСПОРТНИХ
ЗАСОБІВ. ФУНКЦІОНАЛИ ЯКОСТІ**

УДК 629.052:629.33

Електронно-скануюча система безпілотного транспортного засобу є однією із складових частин керуючого пристрою, яка сканує навколишній простір безпілотного транспортного засобу і визначає елементи картографічних даних, через які проходить маршрут. Для попередження зіткнення транспортного засобу з динамічною перешкодою, яка переміщається в передній зоні транспортного засобу, за допомогою сигналів ультразвукових датчиків, лазерного далекоміра (лідара), радару і інформації системи технічного зору оцінюється швидкість пересування перешкоди і відстань до неї. За отриманими даними і відомою швидкістю руху транспортного засобу прогнозують точку знаходження транспортного засобу на траєкторії руху в момент перетину динамічною перешкодою траєкторії руху транспортного засобу. Цілодобовість і зниження впливу погодних умов на комплекс забезпечується поєднанням радіоелектронних датчиків електронно-скануючої системи, що працюють в сантиметровому, ближньому і в далекому інфрачервоному діапазонах спектру. Лідар і радар встановлюють спереду транспортного засобу, або на опорно-поворотному пристрої, яке закріплене на підйомно-щоглового пристосуванні, виконаному з можливістю обертання на 360 градусів в азимутальній площині, а також з можливістю переміщення по куту місця. Можливе розміщення підйомно-щоглового пристосування всередині безпілотного транспортного засобу. Внаслідок безперервної дії зовнішнього збурення вісь підйомно-щоглового пристосування безперервно відхиляється від вертикального положення. Якість процесу стабілізації оцінюється не тільки відхиленням підйомно-щоглового пристосування від вертикалі, але і кутовою швидкістю руху опорно-поворотних пристроїв. Вихідний сигнал з блоку керування обмежується і не дозволяє розвивати електронно-скануючій системі, яка встановлена на опорно-поворотному пристрої, надмірній швидкості. Розроблені функціонали якості дозволяють синтезувати енергоефективну систему сканування навколишнього простору безпілотних транспортних засобів.

Ключові слова: електронно-скануюча система; сканування навколишнього простору; безпілотний транспортний засіб; лазерний далекомір; лідар; радар; опорно-поворотний пристрій; кутова швидкість; функціонал якості; енергоефективна система.

Вступ. Сучасні системи сканування навколишнього простору дозволяють створити тривимірну модель з високою точністю. На сьогоднішній день найбільш часто використовуються скануючі пристрої в космічних апаратах, літальних апаратах і на наземному транспорті [1-5]. У наземному транспорті використовуються системи контролю рухом транспортних засобів, системи їх охорони і системи інформаційного обслуговування учасників дорожнього руху для організації безпечного дорожнього руху і оперативного попередження/запобігання або ліквідації нештатної ситуації в процесі керування транспортними засобами[6]. Додатково надається користувачеві необхідна в даний момент картографічна інформація для більш швидкого проходження маршруту.

Задача визначення статичних та динамічних перешкод, що виникають на шляху безпілотного транспортного засобу і можливість уникнути зіткнення з ними і внаслідок цього уникнути аварії є найважливішою задачею, що стоїть перед розробниками безпілотних транспортних засобів, тому створення засобів сканування навколишнього простору навколо безпілотного транспортного засобу є першочерговим завданням.

Мета роботи. Параметричний синтез енергоефективних систем сканування навколишнього простору безпілотних транспортних засобів на основі розроблених функціоналів якості і теорії факторного експерименту.

Виклад основного матеріалу. Електронно-скануюча система має зв'язок з такими пристроями, як транспортні портали, блоки з 3D картами місцевості і супутниковими навігаційними системами. Комп'ютер транспортного засобу поновлює картографічну інформацію, що зберігається в базі даних транспортного засобу. Інформація відноситься до маршруту слідування транспортного засобу(ТЗ) від початкової точки до місця призначення, яке зазначене користувачем[7]. Визначаються елементи картографічних даних, через які проходить маршрут, визначається наявність необхідності поновлення першого із зазначених елементів, оцінюється право доступу до оновлення, в залежності від оцінки оновлюється вказаний елемент картографічних даних. По мірі руху ТЗ послідовно повторюються етапи визначення необхідності оновлення, оцінки права доступу та оновлення для всіх елементів, включених в маршрут, що знаходяться на попередньо заданій відстані від поточного положення транспортного засобу на маршруті [7]. Для попередження зіткнення транспортного засобу з динамічною перешкодою, що переміщається в передній зоні ТЗ, за допомогою сигналів ультразвукових датчиків, лазерного далекоміра і інформації системи технічного зору оцінюється відстань до перешкоди, що переміщається і швидкість пересування перешкоди. За отриманими даними і відомої швидкості руху ТЗ прогнозують точку знаходження ТЗ на траєкторії руху в момент перетину динамічною перешкодою траєкторії руху ТЗ. У разі розташування прогнозованої точки знаходження ТЗ на траєкторії руху перешкоди розраховуються траєкторія і оптимальний маневр для запобігання зіткнення ТЗ з перешкодою. Блок керуючих сигналів передає сигнали на гальмівну систему ТЗ, систему керування двигуном і рульове управління, чим і досягається підвищення безпеки експлуатації ТЗ [8].

Для оцінки дорожньо-транспортної ситуації в зоні перед автомобілем набули поширення автоматизовані засоби щодо попередження водія, а також коригування руху автомобіля у випадках зміни параметрів руху рухомого попереду ТЗ. Такі засоби зазвичай засновані на використанні лазерних радарів (лідарів), за допомогою яких визначаються відстань до ТЗ, що рухається попереду і швидкість ТЗ, яке рухається попереду. Також зіставляється швидкість ТЗ, що рухається попереду із швидкістю ТЗ, що переслідуює [8]. Також потрібно розглядати попередження зіткнення ТЗ з перешкодою, що переміщається в передній зоні ТЗ в напрямку, що перетинає траєкторію руху ТЗ. Для цього вимірюється відстань до зазначеної перешкоди і її швидкість через певні проміжки часу з подальшою оцінкою ймовірності зіткнення перешкоди з ТЗ і проведенням заходів щодо виключення зіткнення[8]. Це реалізується за допомогою отриманих та оброблених сигналів ультразвукових датчиків, лазерного далекоміра і інформації системи технічного зору[8]. Оцінюється відстань до перешкоди, яка переміщається, її швидкість пересування і розміри перешкоди. За отриманими даними і відомою швидкістю руху ТЗ, а також з урахуванням сигналів датчиків, контролюючих бокові і задньобоківі зони ТЗ, прогнозується точка знаходження ТЗ на траєкторії руху в момент перетину динамічною перешкодою траєкторії руху ТЗ і в разі розташування прогнозованої точки знаходження ТЗ на траєкторії руху в прогнозованою точці перетину або її оточенні відбувається розрахунок траєкторії шляхом передачі інформації в блок вироблення керуючих сигналів, які потім передаються на виконавчі механізми ТЗ, що включають в себе гальмівну систему

ТЗ, систему керування двигуном і систему рульового управління. Виконується оптимальний маневр для запобігання зіткнення ТЗ з динамічною перешкодою і недопущення виникнення нових зіткнень ТЗ з перешкодами, що знаходяться або рухоються на сусідніх смугах руху[8]. На рис. 1 показана схема випромінювання декількох датчиків, встановлених на борту автомобіля, під час руху ТЗ. На ТЗ знаходяться ультразвукові датчики або система технічного зору(1), які контролюють появу динамічної перешкоди в передній зоні ТЗ і його поперечну швидкість переміщення, ультразвукові датчики або система технічного зору(2), які контролюють наявність транспортних засобів та інших перешкод в задньобокочовій і задній зонах ТЗ, а також лазерний далекомір, що дозволяє з підвищеною точністю оцінювати відстань до перешкоди, що знаходиться в передній зоні ТЗ, і його швидкість переміщення[8].

За отриманими даними з датчиків, контролюючих передню зону ТЗ, і відомої швидкості руху транспортних засобів прогнозують точку знаходження ТЗ на траєкторії руху в момент перетину динамічною перешкодою траєкторії руху ТЗ [8].

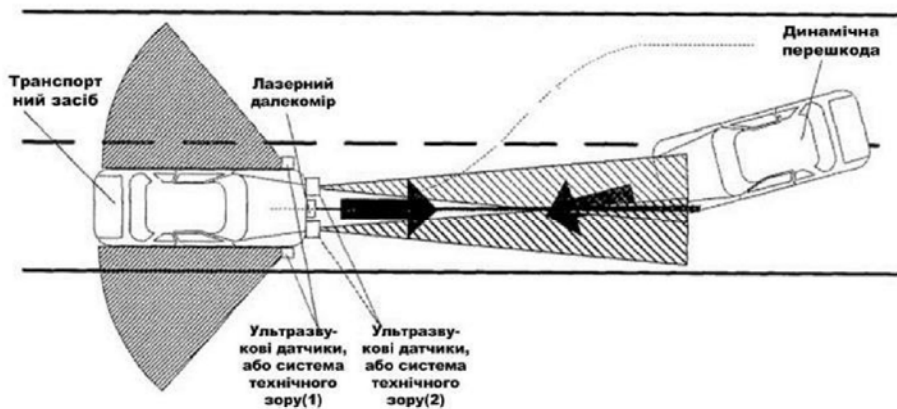


Рис. 1 – Схема випромінювання датчиків на борту автомобіля

У разі розташування прогнозованої точки знаходження ТЗ на траєкторії руху до або після точки перетину на відстані, що гарантовано виключає зіткнення ТЗ з динамічною перешкодою, ТЗ продовжує рух з тією ж швидкістю [8].

У разі розташування прогнозованої точки знаходження ТЗ на траєкторії руху в оточенні прогнозованої точки перетину, бортова інтелектуальна система(БІС) ТЗ вживає заходи щодо запобігання зіткнення ТЗ з динамічною перешкодою.

Сигнали ультразвукових датчиків або системи технічного зору(1), які контролюють появу перешкоди в передній зоні ТЗ, передаються в блок визначення дальності до перешкоди і швидкості зближення ТЗ з динамічною перешкодою. Якщо в результаті розрахунків виникає небезпека зіткнення, БІС визначає можливість ухилення від лобового зіткнення і розраховує оптимальну траєкторію відходу від зіткнення, при цьому БІС враховує швидкість руху ТЗ, швидкість зближення ТЗ і перешкоди, параметри перешкоди, наявність і поведінку інших перешкод в задньобокочовій і задній зонах ТЗ завдяки сигналам ультразвукових датчиків або системи технічного зору(2), контролюючих задньобокочову і задню зони ТЗ. Якщо ухилення можливо, то БІС проводить розрахунок траєкторії і виробляє керуючі сигнали, які подаються на виконавчі механізми ТЗ, такі як: гальмівна система ТЗ, система управління двигуном і система рульового управління. Сигнали ультразвукових датчиків або системи технічного зору(2), контролюючих задньобокочову і задню зони ТЗ, можуть обмежити виконання маневру в тому випадку, якщо сусідня смуга руху зайнята, причому ці датчики контролюють наявність стороннього транспортного засобу, в тому числі і в «сліпій» зоні ТЗ[8].

Також електронно-скануюча система, яка містить лазерний дальномір (лідар) та радар, як показано на рис. 2, може бути встановлена на опорно-поворотному пристрої, який закріплений на підйомно-щогловому пристосуванні, що виконаний з можливістю обертання на 360 градусів в азимутальній площині, а також з можливістю переміщення по куту місця [9,10]. Опорно-поворотний пристрій виконано з можливістю обертання в азимутальній площині зі швидкістю до 120 градусів в секунду і переміщення по куту місця на ± 60 градусів зі швидкістю до 100 градусів в секунду [9,10]. Досягається підвищення швидкості виявлення і розпізнавання об'єктів.

Цілодобовість і відсутність впливу погодних умов на комплекс забезпечується поєднанням радіоелектронних датчиків електронно-скануючої системи, що працюють в сантиметровому (9 ГГц), ближньому (10 мікрон) та в дальньому (1,5 мікрон) інфрачервоному діапазонах спектру. Наземний транспортний комплекс виконаний з можливістю розміщення підйомно-щоглового пристосування всередині транспортного засобу. До складу наземного транспортного комплексу для виявлення і розпізнавання об'єктів включена система нічного водіння на основі неохолоджуваного тепловізора [9].

Апаратура, яка розміщена на опорно-поворотному пристрої, має можливість обертатися зі швидкостями до 65 градусів в двох площинах (азимутальній і угломестній) в межах допустимих кутів повороту, в результаті чого ось поля зору оптико-електронного модуля переміщається в просторі і має можливість займати положення, необхідне для виявлення та розпізнавання наземних мобільних та стаціонарних перешкод [10]. Опорно-поворотний пристрій забезпечує сканування апаратури, що розміщується на ньому в межах 360 градусів по азимуту і ± 30 градусів від горизонту по куту місця. Це досягається наявністю в опорно-поворотному пристрої двох приводів, що складаються з електродвигуна, пасової передачі, шківів і датчика кута [10], а також контролера, який обробляє команди керування, які надходять до нього з борової інформаційної системи. Лазерний далекомір визначає перешкоди на відстані до 250 м, для відстаней більш 250 м використовується радар.

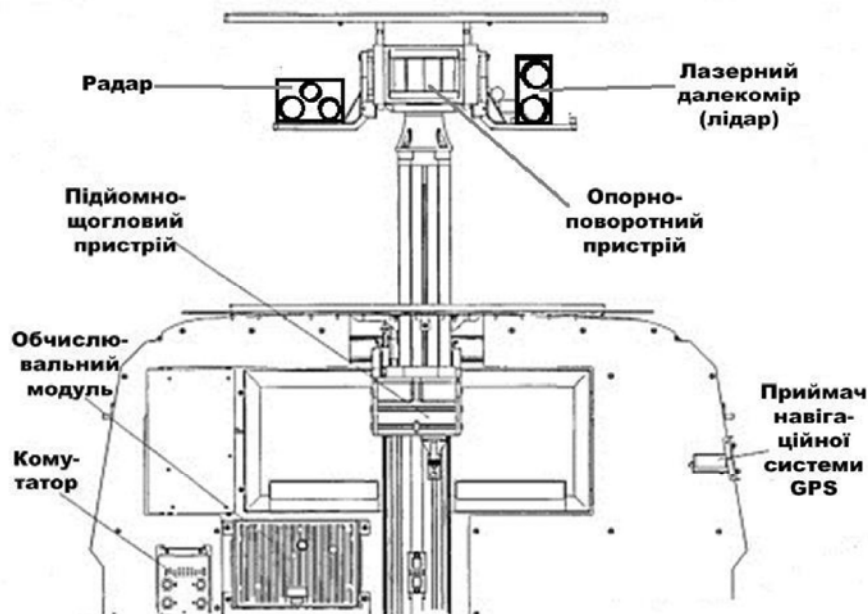


Рис. 2 – Електронно-скануюча система на опорно-поворотному пристрої

Розглянемо застосування методу факторного експерименту для задачі параметричного синтезу замкненої системи стабілізації електронно-скануючої системи, яка встановлена на опорно-поворотному пристрої, який закріплений на підйомно-щогловому

пристосуванні (рис. 2). Внаслідок безперервної дії зовнішнього збурення $M_{зб}(t)$ вісь підйомно-щоглового пристосування безперервно відхиляється від вертикального положення. При русі ТЗ по перетиненій місцевості функція $M_{зб}(t)$ є випадковою функцією. У цій ситуації випадковими функціями є також функції куту $\varphi(t)$ та кутової швидкості $\omega(t)$ опорно-поворотного пристрою. Отже, кількісно точність наведення та стабілізації електронно-скануючої системи, яка встановлена на опорно-поворотному пристрої відносно основного напрямку можливо оцінити наступним функціоналом

$$I_{\varphi} = \mathbf{M} \left[\int_0^T \varphi^2(t) dt \right] \quad (1)$$

де \mathbf{M} – символ математичного очікування.

Якість процесу стабілізації оцінюється не тільки відхиленням підйомно-щоглового пристосуванні від вертикалі, але і кутовою швидкістю руху опорно-поворотного пристрою. Кількісною характеристикою цього руху може бути функціонал

$$I_{\omega} = \mathbf{M} \left[\int_0^T \omega^2(t) dt \right] \quad (2)$$

Ідеальним був би випадок, коли на рішеннях замкненої системи наведення і стабілізації досягали б мінімуму обидва функціонала (1) і (2). Але це неможливо і мінімуми функціоналів (1) і (2) відповідають різним значенням параметрів регулятора k_{φ} і k_{ω} . Тому доцільно параметри k_{φ} і k_{ω} вибирати за умови мінімуму адитивного функціоналу [11,12]

$$I = \beta_1^2 I_{\varphi} + \beta_2^2 I_{\omega} = \mathbf{M} \left[\int_0^T [\beta_1^2 \varphi^2(t) + \beta_2^2 \omega^2(t)] dt \right] \quad (3)$$

де β_1 та β_2 – вагові коефіцієнти, що підлягають вибору.

Вихідний сигнал з блоку керування обмежується і не дозволяє розвивати електронно-скануючої системі, яка встановлена на опорно-поворотному пристрої надмірної швидкості, доцільно електронно-скануючої системи використовувати функціонал (1) або його модифікації [13].

В загальному випадку функціонал, що оцінює якість стохастичної системи має вигляд

$$I = \mathbf{M} \left[\int_0^T f[e(t), x(t), y(t), t] dt \right] \quad (4)$$

де f – функція помилки, вхідного і вихідного сигналів, а також часу. Використовуючи різні комбінації змінних системи і часу, можна отримати різні оцінки якості.

Для зменшення вкладу значної початкової помилки і урахування помилки, що з'являється надалі, більш доцільно використовувати функціонал виду

$$I = \mathbf{M} \left[\int_{t_1}^T t |\Delta(t)| dt \right] \quad (5)$$

а при $M_{зб}(t) = 0$ функціонал (5) трансформується у $I = \int_{t_1}^T t |\Delta(t)| dt$.

Обговорення результатів. Обираючи в якості варійованих параметрів коефіцієнти k_{φ} і k_{ω} , а в якості параметрів оптимізації функціонал (5), за допомогою теорії факторного експерименту [14, 15] можна відшукати значення варійованих параметрів регуля-

тора, що надають мінімум функціоналу (5), для системи наведення і стабілізації електронно-скануючої системи, яка встановлена на опорно-поворотному пристрої, який закріплений на підйомно-щоголовому пристосуванні (рис. 2).

Висновки. За допомогою розробленого функціоналу якості і теорії факторного експерименту можливо створення системи наведення і стабілізації електронно-скануючої системи, що працює оптимальним чином. Дістало подальший розвиток використання концепції побудови єдиного інформаційного простору на основі об'єднання синергетичного підходу і методів штучного інтелекту для автоматизації керування рухом безпілотними багатоцільовими транспортними засобами, що дозволяє підвищити ефективність взаємодії цих машин.

Використання інформаційно-комунікаційної технології інтелектуального керування наземними безпілотними багатоцільовими транспортними засобами на основі сучасних систем сканування навколишнього простору дозволяє підвищити пропускну спроможність доріг за рахунок звуження ширини дорожніх смуг, зменшити кількість транспортних засобів за рахунок кар-шарінгу, а також підвищити рівень захисту транспортних засобів за рахунок використання інтелектуальних електронних ключів доступу, моніторингу сигналу інтегрованого передавача транспортного засобу та систем супутникового мобільного зв'язку. Використання цієї технології для транспортних засобів спеціального призначення дозволить перевезення вантажів в небезпечних зонах, під час природних і техногенних катастроф або військових дій.

Література:

1. Пат. 2462732 Российская Федерация, МПК G 01 S 1/70, B 64 G 1/36, G 05 D 1/00. Сканирующий лазерный маяк космических аппаратов / Старовойтов Е. И.; заявитель и патентообладатель Открытое акционерное общество "Ракетно-космическая корпорация "Энергия" имени С. П. Королева". — 2011106638/28; заявл. 22.02.2011; опубл. 27.09.2012.
2. Пат. 2462731 Российская Федерация, МПК G 01 S 1/70, B 64 G 1/36, G 05 D 1/00. Сканирующий лазерный маяк космических аппаратов / Старовойтов Е. И.; заявитель и патентообладатель Открытое акционерное общество "Ракетно-космическая корпорация "Энергия" имени С. П. Королева". — 2011106637/28; заявл. 22.02.2011; опубл. 27.09.2012.
3. Пат. 2527196 Российская Федерация, МПК G 08 B 3/00, G 01 S 13/00, G 05 D 1/00. Датчик препятствия / варианты / Староверов Н. Е.; заявитель и патентообладатель Староверов Н. Е. — 2012125856/08; заявл. 20.06.2012; опубл. 27.08.2014.
4. Пат. 2479851 Российская Федерация, МПК G 01 S 13/08. Устройство определения дальности / Часовской А. А.; заявитель и патентообладатель Часовской А. А. — 2012101957/07; заявл. 20.01.2012; опубл. 20.04.2013.
5. Yasser Hassebo. Active Remote Sensing: Lidar SNR Improvements [Electronic resource] / Yasser Hassebo // Remote Sensing – Advanced Techniques and Platforms; edited by Dr. Boris Escalante-Ramirez. — Rijeka: University Campus STeP Ri, 2012. — P. 313—340. — Available from: <http://www.intechopen.com/books/remote-sensing-advanced-techniques-and-platforms/active-remote-sensing-lidar-snr-improvements>. — Screen title.
6. Пат. 2324980 Российская Федерация, МПК G 08 B 25/08, G 08 G 1/123, B 60 R 25/00. Информационно-управляющая система контроля над участниками дорожного движения и предупреждения возникновения чрезвычайных ситуаций при дорожном движении / Котов И. Л., Турубаров В. И.; заявитель и патентообладатель Закрытое акционерное общество "Издательско-полиграфический центр "ДОРТ-РАНСПЕЧАТЬ". — 2006136253/11; заявл. 16.10.2006; опубл. 20.05.2008.

7. Пат. 2563104 Российская Федерация, МПК G 06 F 13/14 G 01 C 21/26. Доставка, обработка и обновление новой картографической информации / ШАНДЕР Марк, ДИМЕО Дэвид М., СКАЛФ Марк; заявитель и патентообладатель Форд Глобал Технолоджис, ЛЛК (US). — 2011139472/08; заявл. 28.09.2011; опубл. 20.09.2015.
8. Пат. 2526144 Российская Федерация, МПК В 60 W 30/08, В 60 W 30/09, В 60 W 30/095. Способ предупреждения столкновения транспортного средства с динамическим препятствием / Палагута К. А., Алексеев А. А., Шубникова И.С.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Московский государственный индустриальный университет". — 2012126039/11; заявл. 25.06.2012; опубл. 20.08.2014.
9. Пат. 2530185 Российская Федерация, МПК В 60 R 1/00, G 08 G 1/017, G 01 S 17/66. Наземный транспортный комплекс для обнаружения и распознавания объектов / Хохлов И. Е., Бурка С. В., Ефимов А. В., Дьяков А. И., Олейников С. А.; заявитель и патентообладатель Открытое акционерное общество «Горизонт». — 2013132242/11; заявл. 11.07.2013; опубл. 10.10.2014.
10. Пат. 2352480 Российская Федерация, МПК В 60 R 1/00, G 08 G 1/017. Наземный транспортный комплекс для обнаружения и распознавания объектов / Хохлов И. Е., Хохлов Д. И., Семеновых О. Б., Зотов Ю. М.; заявитель и патентообладатель Открытое акционерное общество "Горизонт", Общество с ограниченной ответственностью Научно-производственная компания «ФаворитЪ». — 2007128315/11; заявл. 24.07.2007; опубл. 20.04.2009, Бюл. №11.
11. Автоматизоване проектування танкових автоматичних систем / [Александров Є. Є., Александрова Т. Є., Ніконов О. Я. та ін.]; за ред. Є. Є. Александрова. – Харків: НТУ «ХПИ», 2003. – 137 с.
12. Александрова І. Є. Розвиток систем наведення і стабілізації основного озброєння вітчизняних танків / Александрова І. Є. – Харків: НТУ «ХПИ», 2006. – 192 с.
13. Ніконов О. Я. Побудова нелінійної математичної моделі електрогідравлічних слідкуючих приводів багатоцільових транспортних засобів / О. Я. Ніконов, В.Ю.Улько // Вестник НТУ «ХПИ». Сборник научных трудов. Тематический выпуск: Новые решения в современных технологиях. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2011. – № 9. – С. 108-113.
14. Адлер Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Адлер Ю. П., Маркова Е. В., Грановский Ю. В. – М.: Наука, 1976. – 280 с.
15. Александров Є.Є. Структурно-параметричний синтез системи автоматичного керування гальмами автомобіля / Є.Є. Александров, О.Я. Ніконов, О.Є. Скворчевский // Енергетика та ресурсозбереження. – №6. – 2009. – С. 30-39.

Summary

О. Nikonov, Т. Polosukhina Parametric synthesis of modern systems for scanning the surrounding space of unmanned vehicles. quality functions

One of the main components of autonomous vehicle is a scanner system, which scans the surrounding space and detects the elements of mapping information located around the vehicle. To prevent vehicle collision with dynamic obstacles that are moving around the frontal part of the vehicle, the ultrasound, Light Detection and Ranging (LIDAR), radar sensors and computer vision systems estimate the distance and speed of the obstacle. With these data available and the known speed of the vehicle the point of intersection of trajectories can be predicted. A mix of radio sensors working within a centimeter radius, close proximity and long infrared

range allows the system to function at any time of the day and under various weather conditions. The LIDAR and radar are installed in front of the vehicle or on a rotating base, which is installed on the mast, which provides 360-degree rotation in the azimuthal (horizontal) plane and the ability to change the angle to the horizontal plane. The mast can also be installed inside the vehicle. Due to constant external forces the mast deviates from the vertical position. The quality of the stabilization process is measured by the angle of deviation and the angular speed of the mast. The output signal obtained from the control system is limited and does not allow the scanning system to develop the excessive speed. The developed quality functions make it possible to synthesize the energy efficient scanning system for autonomous vehicles.

Keywords. the electron-scanning system; scanning of the surrounding space; the unmanned vehicle; the laser rangefinder; the lidar; the radar; the support-rotary device; the angular velocity, the quality functional, the energy-efficient system

References

1. Pat. 2462732 Rossijskaja Federacija, MPK G 01 S 1/70, B 64 G 1/36, G 05 D 1/00. Skanirujushhij lazernyj majak kosmicheskikh apparatov / Starovojtov E. I.; zajavitel' i patentoobladatel' Otkrytoe akcionernoe obshhestvo "Raketno-kosmicheskaja korporacija "Jenergija" imeni S. P. Koroleva". —2011106638/28; zajavl. 22.02.2011; opubl. 27.09.2012.
2. Pat. 2462731 Rossijskaja Federacija, MPK G 01 S 1/70, B 64 G 1/36, G 05 D 1/00. Skanirujushhij lazernyj majak kosmicheskikh apparatov / Starovojtov E. I.; zajavitel' i patentoobladatel' Otkrytoe akcionernoe obshhestvo "Raketno-kosmicheskaja korporacija "Jenergija" imeni S. P. Koroleva". —2011106637/28; zajavl. 22.02.2011; opubl. 27.09.2012.
3. Pat. 2527196 Rossijskaja Federacija, MPK G 08 B 3/00, G 01 S 13/00, G 05 D 1/00. Datchik prepjatstvija /varianty / Staroverov N. E.; zajavitel' i patentoobladatel' Staroverov N. E. — 2012125856/08; zajavl. 20.06.2012; opubl. 27.08.2014.
4. Pat. 2479851 Rossijskaja Federacija, MPK G 01 S 13/08. Ustrojstvo opredelenija dal'nosti / Chasovskoj A. A.; zajavitel' i patentoobladatel' Chasovskoj A. A. — 2012101957/07; zajavl. 20.01.2012; opubl. 20.04.2013.
5. Yasser Hassebo. Active Remote Sensing: Lidar SNR Improvements [Electronic resource] / Yasser Hassebo // Remote Sensing – Advanced Techniques and Platforms; edited by Dr. Boris Escalante-Ramirez. — Rijeka: University Campus STeP Ri, 2012. — P. 313—340. — Available from: <http://www.intechopen.com/books/remote-sensing-advanced-techniques-and-platforms/active-remote-sensing-lidar-snr-improvements>. — Screen title.
6. Pat. 2324980 Rossijskaja Federacija, MPK G 08 B 25/08, G 08 G 1/123, B 60 R 25/00. Informacionno-upravljajushhaja sistema kontrolja nad uchastnikami dorozhnogo dvizhenija i preduprezhdenija vozniknovenija vozniknovenija chrezvychajnyh situacij pri dorozhnom dvizhenii / Kotov I. L., Turubarov V. I.; zajavitel' i patentoobladatel' Zakrytoe akcionernoe obshhestvo "Izdatel'sko-poligraficheskij centr "DORTRANSPEChAT"". — 2006136253/11; zajavl. 16.10.2006; opubl. 20.05.2008.
7. Pat. 2563104 Rossijskaja Federacija, MPK G 06 F 13/14 G 01 C 21/26. Dostavka, obrabotka i obnovlenie novoj kartograficheskoy informacii / ShANDER Mark, DIMEO Djevid M., SKALF Mark; zajavitel' i patentoobladatel' Ford Global Tehnologzhis, LLK (US) — 2011139472/08; zajavl. 28.09.2011; opubl. 20.09.2015.
8. Pat. 2526144 Rossijskaja Federacija, MPK B 60 W 30/08, B 60 W 30/09, B 60 W 30/095. Sposob preduprezhdenija stolknovenija transportnogo sredstva s dinamičeskim prepjatstviem / Palaguta K. A., Alekseev A. A., Shubnikova I.S.; zajavitel' i patentoobladatel'

- Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya "Moskovskij gosudarstvennyj industrial'nyj universitet". — 2012126039/11; zajavl. 25.06.2012; opubl. 20.08.2014.
9. Pat. 2530185 Rossijskaja Federacija, MPK B 60 R 1/00, G 08 G 1/017, G 01 S 17/66. Nazemnyj transportnyj kompleks dlja obnaruzhenija i raspoznavanija ob#ektov / Hohlov I. E., Burka S. V., Efimov A. V., D'jakov A. I., Olejnikov S. A.; zajavitel' i patentoobladatel' Otkrytoe akcionernoje obshhestvo "Gorizont". — 2013132242/11; zajavl. 11.07.2013; opubl. 10.10.2014.
 10. Pat. 2352480 Rossijskaja Federacija, MPK B 60 R 1/00, G 08 G 1/017. Nazemnyj transportnyj kompleks dlja obnaruzhenija i raspoznavanija ob#ektov / Hohlov I. E., Hohlov D. I., Semenovih O. B., Zotov Ju. M.; zajavitel' i patentoobladatel' Otkrytoe akcionernoje obshhestvo "Gorizont", Obshhestvo s ogranichennoj otvetstvennost'ju Nauchno-proizvodstvennaja kompanija «Favorit». — 2007128315/11; zajavl. 24.07.2007; opubl. 20.04.2009, Bjul. №11.
 11. Avtomatizovane proektuvannja tankovih avtomatichnih sistem / [Aleksandrov E. E., Aleksandrova T. E., Nikonov O. Ya. ta in.]; za red. E. E. Aleksandrova. — Harkiv: NTU «HPI», 2003. — 137 s.
 12. Aleksandrova I. E. Rozvitok sistem navedennja i stabilizacii osnovnogo ozbroennja vitchiznjanih tankiv / Aleksandrova I. E. — Harkiv: NTU «HPI», 2006. — 192 s.
 13. Nikonov O. Ya. Pobudova nelinejnoi matematichnoi modeli elektrogidravlichnih slidkujuchih privodiv bagatocil'ovih transportnih zasobiv / O. Ya. Nikonov, V. Yu. Ul'ko // Vestnik NTU «HPI». Sbornik nauchnyh trudov. Tematicheskij vypusk: Novye reshenija v sovremennyh tehnologijah. — Har'kov: NTU «HPI», 2011. — № 9. — S. 108-113.
 14. Adler Yu. P. Planirovanie jeksperimenta pri poiske optimal'nyh uslovij / Adler Yu. P., Markova E. V., Granovskij Yu. V. — M.: Nauka, 1976. — 280 s.
 15. Aleksandrov E. E. Strukturno-parametrichnij sintez sistemi avtomatichnogo keruvannja gal'mami avtomobilja / E. E. Aleksandrov, O. Ya. Nikonov, O. E. Skvorchevskij // Energetika ta resursozberezhennja. — №6. — 2009. — S. 30-39.