

## СИСТЕМА ДОПОМОГИ ПРИ ОБГОНІ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ

Сушков І. М.<sup>1</sup>, Дзюбенко О. А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Харківський національний автомобільно-дорожній університет

**Анотація.** Представлена система, що допомагає водію виконати безпечний маневр обгону великогабаритного транспортного засобу на двосмугових дорогах. Проведено аналіз ситуацій на дорогах України з огляду на великогабаритні транспортні засоби та аналітичний огляд існуючих систем допомоги при обгоні великогабаритних транспортних засобів, визначення їх переваг та недоліків. Розроблена структурна схема системи допомоги при обгоні вантажних автомобілів та алгоритм її роботи.

**Ключові слова:** радар, вантажний автомобіль, мікроконтролер, «прозорий» автомобіль, система допомоги, транспортний засіб, обгін, великогабаритні транспортні засоби.

### Вступ

Вантажні автомобілі є одним з провідних транспортів за обсягом вантажоперевезень в Україні. Велика частина їх маршруту пролягає на двосмугових дорогах, де вони створюють труднощі для руху інших транспортних засобів.

По-перше, їх габарити обмежують видимість дороги, через що водієві важко вибрати безпечний момент для початку обгону. Перед початком обгону, водіям потрібно переконатися в можливості виконання безпечного маневру. Внаслідок чого, вони частково виїжджають на зустрічну смугу, для отримання інформації про дорожню обстановку. Такий маневр може стати причиною зіткнення із зустрічним автомобілем.

По-друге, довжина вантажного транспортного засобу може варіюватися від 12 м до 22 м, що вимагає більшого часу для здійснення обгону даного транспортного засобу. Водій може помилково припустити, що зможе обігнати транспортний засіб, або, під час здійснення обгону може з'явитися зустрічний автомобіль. Обидва варіанти можуть привести до аварійної ситуації на дорозі.

Ряд досліджень, в тому числі прогноз, представлений інститутом Progtrans, свідчить, що через десять років загальний обсяг вантажоперевезень зросте як мінімум на 20 %. І розподіл за видами транспорту не зміниться: у 2025 р., як і сьогодні, 75 % вантажів продовжать перевозити по автомобільним дорогам. Відповідно кількість вантажних транспортних засобів на дорозі буде зростати [1].

Система допомоги обгону вантажного автомобіля допоможе знизити ризик зіткнення

із зустрічним автомобілем, при виконанні обгону вантажного транспортного засобу.

### Мета та постановка задачі

Метою роботи є розробка системи що підвищить безпеку дорожнього руху на двосмугових дорогах, за рахунок допомоги водіям виконати безпечний маневр обгону вантажного автомобіля.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі: аналітичний огляд існуючих систем допомоги при обгоні великогабаритних транспортних засобів, визначення їх переваг та недоліків; аналіз датчиків, що використовуються для визначення швидкості рухомих об'єктів та відстані між ними; розробка структурної схеми системи допомоги при обгоні вантажних автомобілів та алгоритму її роботи.

### Аналіз публікацій

На даний момент часу існує всього дві системи, які можуть допомогти водіям виконати безпечний обгін вантажного автомобіля (ВА), це розроблена португальськими вченими система «наскрізного бачення», та технологія «Safety track» (Безпечний вантажний транспорт) від компанії Samsung [2].

Робота системи наскрізного бачення побудована на безпроводному зв'язку ближнього радіусу дії (DSRC), за допомогою якої інформація в режимі реального часу передається на транспортний засіб, що рухається позаду, (рис 1).

На вантажному автомобілі, а саме на лобовому склі встановлена відеокамера, яка підк-

лючена до блоку управління. Процесор стискає зображення та формує сигнал для передачі по безпроводній мережі. Транспортні засоби, що рухаються позаду, приймають сигнал, обробляють його та проєктують на дисплей мультимедійної системи, або на прозорий рідкокристалічний дисплей, розташований на лобовому склі автомобіля. Водій бачить, що відбувається за транспортним засобом, що рухається попереду та може вибрати найбільш вдалий момент для обгону[3].



Рис. 1. Ефект «прозорості» транспортного засобу

Недоліками системи наскрізного бачення являються:

- помилки в роботі системи. Проблема полягає в можливій помилці комп'ютера, при обробці прийнятого та надісланого сигналу, яка тягне за собою надання невірної або викривленої інформації;

- затримка в передачі даних. Незважаючи на незначний інтервал затримки у 200 мс, переміщення автомобіля за цей час, при швидкості у 90 км/год, складе близько 10 м. Таким чином, водій транспортного засобу, що рухається позаду буде бачити не реальний зустрічний автомобіль, а його зображення на 10 м далі від дійсного [4].

*Принцип роботи технології «Safety Truck»*, полягає в наступному. На передній бампер вантажного транспорту кріпляться дві безпроводні відеокамери, які проводять зйомку дорожньої ситуації попереду вантажного автомобіля. Та транслюють цей запис у режимі реального часу на відеостіну, яка розташована на задній частині вантажного автомобіля. Відеостіна дозволяє водіям, які рухаються за вантажним автомобілем, бачити дорожню обстановку попереду нього, тим самим створюється ефект «прозорості» вантажного автомобіля (рис. 2.).

Відеостіна складається з 4-х рідкокристалічних дисплеїв Samsung OH46D з діагоналлю у 46 дюймів. Дисплеї з'єднані між со-

бою, що дозволяє відображати отримане зображення з відеокамери у вигляді єдиної картини. Дисплеї серії OHD розраховані на експлуатацію в температурному діапазоні від -30 °C до 50 °C. Що дозволяє використовувати їх у будь яку пору року, без зниження ефективності їх роботи. Герметичність корпусу дисплеїв сертифіковано за стандартом IP56 міжнародної комісії з електротехніки (IEC). Даний сертифікат означає, що усі сигнальні та мережеві роз'єми захищені від впливу вологи та мають частковий захист від пилу. Загартоване скло та зміцнений корпус захищають дисплей від ударів, подряпин та інших механічних впливів.



Рис. 2. Вантажний автомобіль з впровадженою технологією «Safety Truck»

Технологія «Safety Truck» має наступні недоліки:

- велике енергоспоживання. Залежно від яскравості дисплеїв, вони здатні споживати від 193 Вт/год до 600 Вт/год, так як використовується 4 дисплея, то загальне енергоспоживання технології буде складати від 772 Вт/год до 2400 Вт/год;

- висока вартість. Вартість одного дисплея складає 23 тис. грн. З урахуванням того, що в технології використовується 4 дисплея, загальна вартість системи становитиме від 92 тис. грн, без урахування вартості відеокамери. Така сума обмежує технологію в її масовому застосуванні, а також вимагає істотних витрат на заміну дисплея, у разі виходу його з ладу [5].

З огляду цих двох систем, робимо висновок. Що для підвищення безпеки при виконанні маневру обгону ВА система, що розроблюється, повинна мати наступні параметри:

- низький рівень енергоспоживання. Живлення системи повинно здійснюватися від бортової мережі ВА, без зміни конструктивних

елементів системи електропостачання та використання додаткових акумуляторних батарей. Також, система не повинна надавати істотне навантаження на систему електропостачання транспортного засобу;

- великий радіус виявлення. Для зменшення ймовірності зіткнення із зустрічним транспортним засобом під час маневру обгону та надання більшого часу для виконання маневру обгону ВА водіям, що рухаються позаду, система повинна виявляти зустрічні транспортні засоби з мінімальним радіусом виявлення в 200 м;

- висока ступінь швидкодії. Затримка в передачі або відображенні інформації, про дорожню ситуацію попереду ВА, призведе в наданні помилкової інформації водіям, що рухаються позаду. Це пов'язано з тим, що транспортний засіб, що рухається по зустрічній смузі, може перебувати набагато ближче, ніж повідомляє про це система. Внаслідок некоректної роботи системи, ця затримка може призвести до аварійної ситуації

### Структурна схема системи

Система допомоги водію при обгоні ВА складається з пристрою вимірювання відстані, елемента обробки сигналу та системного контролю (мікроконтролер), датчика швидкості ВА, пристрою виведення даних. Запропонована структурна схема представлена на рисунку 3.

Пристрій вимірювання відстані призначений для виявлення об'єктів що знаходяться попереду ВА та визначення відстані до них.

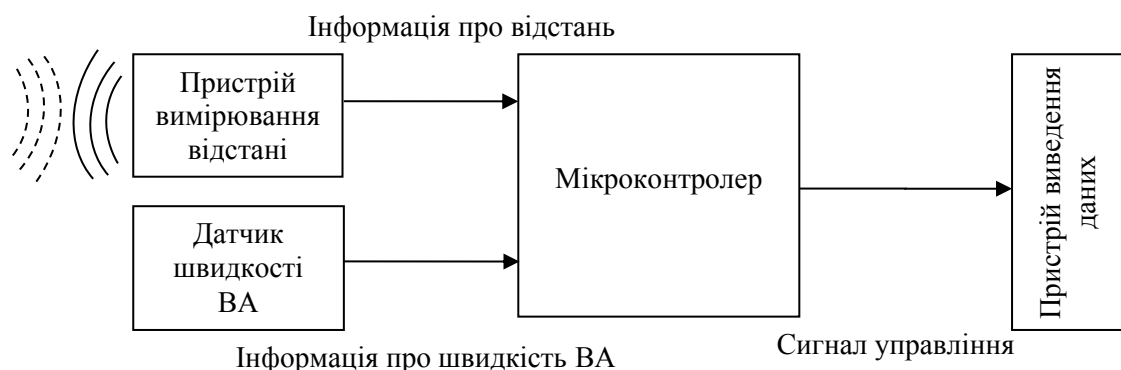


Рис. 3. Схема структурна, системи допомоги при обгоні вантажного автомобіля

включає в себе властивості радара середньої та дальньої дії (рис. 4). У своїй основі він має два діапазони виявлення, дальньої та середньої дії. З діапазоном дальньої дії, радар здатен виявляти об'єкти на відстані у 200 м, з ку-

Відповідно до цього він повинен мати велику дальність виявлення, високу ступінь швидкодії та стійкість до зміни погодних умов.

Мікроконтролер по закладеному алгоритму визначає момент часу, коли транспортний засіб, що рухається позаду, може виконати безпечний обгінний маневр даного ВА та передає його на пристрій виведення даних. Цей момент часу визначається за рахунок інформації отриманої від датчика вимірювання відстані та датчика швидкості ВА.

Датчик швидкості ВА забезпечує мікроконтролер інформацією про поточну швидкість ВА, яка необхідна в розрахунках для визначення часу початку безпечного обгону.

Пристрій виведення даних відображає інформацію про дозвіл/заборону обгону даного ВА, отриману від мікроконтролера. Інформація, яка передається від мікроконтролера, повинна відображатися, так, щоб вона була помітна у будь-який час доби та за будь-яких погодних умов. Також, спосіб виведення інформації повинен бути зрозумілим та інформативним, для всіх учасників дорожнього руху.

### Опис обраних компонентів системи

В якості вимірювального пристрою використовується радар, а саме радар Delphi ESR 2.5. Тому що, радари мають високу ступінь швидкодії та точність вимірювання, володіють стійкістю до зміни погодних умов, мають великий діапазон виявлення (від 20 м до 300 м). Радар Delphi ESR 2.5 являє собою мультимодальний скануючий пристрій, який

том огляду 20°. У той час як діапазон середньої дії дозволяє виявляти об'єкти на відстані в 60 м, з кутом огляду 90°. Використання таких діапазонів дозволяє отримати інформацію про дорожню обстановку як, по зустрічній смузі, так і по путній [6].

Для обчислення безпечного моменту обгону вантажного автомобіля та керуванням системою в цілому, був обраний мікроконтролер STM32L476JG від STMicroelectronics. Тому що, він має високу ступінь швидкодії (за

рахунок тактової частоти у 80 МГц), великі об'єми пам'яті (оперативна пам'ять у 128 Кбайт та флеш пам'ять 512 Кбайт), наявність мережевого протоколу CAN та низьку ціну (вартість становить 5\$) [7].

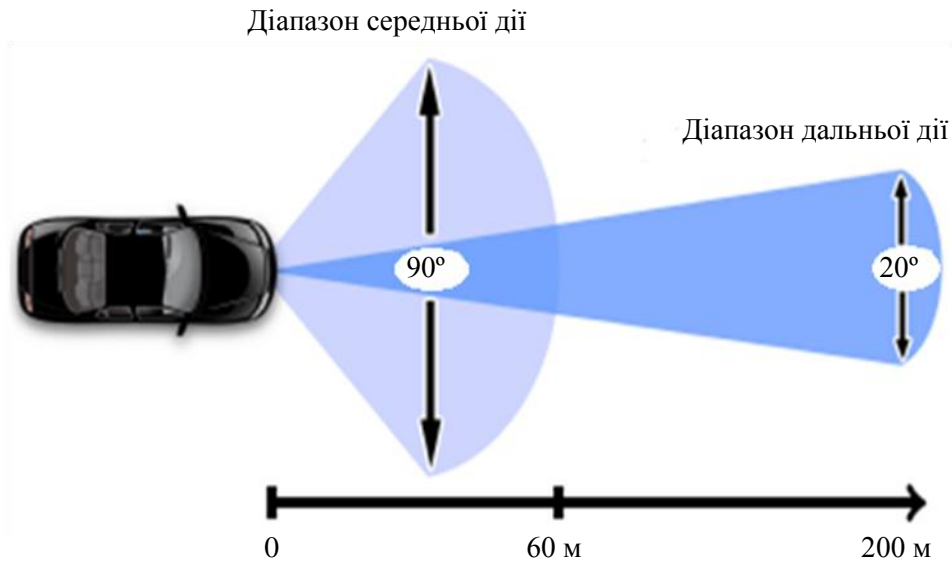


Рис. 4. Діапазони виявлення радара ESR 2.5

Для відображення інформації про дозвіл/заборону на виконання маневру обгону ВА був обраний світлодіодний знак. Світлодіодні знаки – знаки дорожнього руху зі світловою індикацією, (рис.5). Мають міцну конструкцію, тому що виготовляються з оцинкованої сталі в цілісному корпусі. Дозволяють змінювати інформацію на щиті в залежності від часу доби та погодних умов. Мають відмінну видимість в нічний час доби, туманну погоду, та їх легко виявити на відстані максимальної видимості для даної ділянки дороги – за рахунок застосування світлодіодів. Електроживлення підводиться від автомобільного акумулятора напругою 12 В [8].

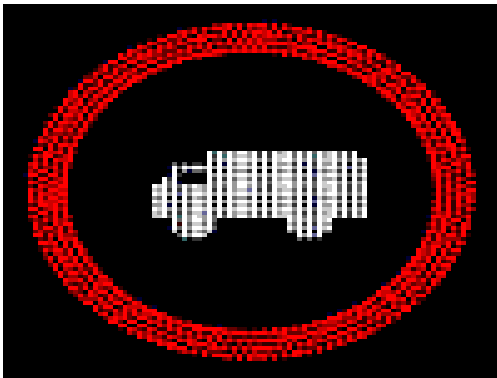


Рис. 5. Світлодіодний знак який забороняє рух вантажного транспорту

#### Алгоритм роботи системи

Система допомоги при обгоні ВА працює за наступним алгоритмом:

- перевірка зв'язку та справності компонентів системи;
- запит інформації про швидкість ВА від датчика швидкості;
- визначення положення ВА (рухається чи стоїть на місці);
- якщо стоїть, повторний запит інформації від датчика швидкості;
- якщо рухається, подача команди до радара на початок вимірювання;
- запит інформації про відстань та швидкість від радара;
- визначення часу зближення;
- ідентифікація виявлених об'єктів;
- визначення часу, необхідного для обгону даного ВА;
- визначення можливості безпечного обгону, на основі проведених обчислень;
- передача інформації від мікроконтролера до світлодіодного знака про дозвіл/заборону виконання обгону ВА;
- відображення отриманої інформації світлодіодним знаком.

Так як, у своєму пристрої радар має власний мікроконтролер, то саме він обчислює швидкість зближення з виявленим об'єктом. Це відбувається шляхом порівняння та знаходження різниці, між значеннями про відстані, з часовим інтервалом порівняння  $t_{zm} = 50$  мс (швидкість оновлення вимірів радаром)

$$\Delta S = S_1 - S_2, \quad (1)$$

де  $S_1$  – відстань до об'єкта, м;

$S_2$  – відстань до об'єкта, через 50 мс, м.

Знаючи відстань, яку пройшли виявлений об'єкт та ВА, та час, протягом якого ця відстань була пройдена, згідно із законом руху, визначається швидкість зближення з виявленим об'єктом

$$V_{зб} = \Delta S / t_{зм}. \quad (2)$$

Отримане значення швидкості передається до мікроконтролеру STM.

Згідно із законом руху мікроконтролер визначає час зближення, час через який відстань між ВА та виявленим об'єктом буде дорівнювати нулю

$$t_{зб} = S / V_{зб}, \quad (3)$$

де  $S$  – відстань до виявленого об'єкту, м.

Так як радар не здатен ідентифікувати виявлені об'єкти, а лише передає інформацію про відстань до них та їх швидкість, то в його робочий діапазон потраплятимуть такі об'єкти як: попутні та зустрічні транспортні засоби, дорожні знаки, дерева, куші та ін.

Щоб вилучити різноманітні нерухомі об'єкти, та визначити який з транспортних засобів рухається назустріч, а який попутно, ідентифікація ґрунтується на інформації про швидкість зближення з об'єктом.

Якщо швидкість зближення з об'єктом дорівнює швидкості ВА, яку система отримує від датчика швидкості, то об'єкт ідентифікується системою як «нерухомий». Якщо швидкість зближення з об'єктом становить, або ж перевищує більше ніж на 100 км/год, то об'єкт ідентифікується системою як «зустрічний транспортний засіб». Якщо швидкість зближення з об'єктом перебуває в межах від 0 до 20 км/год, або в іншому випадку, швидкість віддалення об'єкта знаходиться в межах від 0 до 20 км/год, то об'єкт ідентифікується системою як «попутний транспортний засіб».

Час, необхідний для обгону ВА, визначається наступним чином

$$t_{обг} = S_{обг} / 0,28 \times V_p, \quad (4)$$

де  $S_{обг}$  – відстань, яку треба подолати, щоб обігнати ВА, м;

$V_p$  – різниця в швидкості, між рухомими транспортними засобами, м/с.

Момент для початку виконання безпечного обгону великогабаритного транспортного засобу мікроконтролер визначає на основі двох критеріїв:

- безпечний виїзд на зустрічну смугу. Цей критерій заснований на різниці між часом до зближення із зустрічним транспортним засобом та часом необхідним для обгону ВА. Якщо воно перевищує 5 с, тоді система визначає критерій як «задовільний». В іншому випадку, система визначає його як «незадовільний». Оскільки час, необхідний для виконання безпечного обгону, є недостатнім, що загрожує зіткненням із зустрічним транспортним засобом;

- можливість повернення на свою смугу. Цей критерій заснований на відстані між ВА та попутним транспортним засобом. Якщо воно складає, або перевищує 25 м, тоді система визначає критерій як «задовільний». В іншому випадку, система визначає його як «незадовільний». Оскільки місце, яке необхідне для повернення на свою смугу з дотриманням безпечного інтервалу між транспортними засобами, є недостатнім, що загрожує зіткненням з попутним транспортним засобом.

За умови, що два критерії є «задовільними», система розцінює це як можливість виконання безпечного маневру обгону та на світлодіодному знаку відображається сигнал про можливість початку обгону. Якщо ж один з критеріїв є «незадовільним», то система оцінює дану ситуацію як можливість зіткнення двох транспортних засобів і на світлодіодному знаку відображається сигнал попередження про небезпеку виконання маневру обгону.

### Висновки

Проведено аналіз існуючих систем, що допомагають водію виконати безпечний обгін великогабаритного транспортного засобу.

Приведена схема та опис компонентів системи допомоги водію при обгоні великогабаритного транспортного засобу.

Вперше описано алгоритм роботи системи допомоги водію при обгоні великогабаритного транспортного засобу. До цього часу в існуючих системах допомоги при обгоні вантажних автомобілів алгоритм не був прописаний.

### Література

1. Международные перевозки «Автономная езда: на календаре – 2025 год» / Матеріали сайту – 2014. – Режим доступу: [http://transler.ru/content/arxiv\\_perevozhic/perevo](http://transler.ru/content/arxiv_perevozhic/perevo)

- zhik\_14/perevozhik\_147/Mezhdunarodnye\_perevozki\_Avtonomnaya\_ezda\_na\_kalendare\_%E2%80%93\_2025\_god
2. Система сквозного видения. / Материалы сайта – 2015. – Режим доступа: <http://systemsauto.ru/another/see-through-system.html>.
  3. Car to Car Communication System. / Материалы сайта – 2014. – Режим доступа: <https://www.engineersgarage.com/contribution/car-to-car-communication-system>
  4. Samsung представила первый грузовик с технологией безопасного обгона. / Материалы сайта – 2016. – Режим доступа: <https://news.samsung.com/ru/samsung-%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%B4%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%B2%D0>.
  5. Presentación “SAFETY TRUCK”. / Материалы сайта – 2015. – Режим доступа: <http://www.helvetica.com.ar/novedades/item/19-safety-truck>.
  6. Delphi Automotive Systems. Delphi ESR Datasheet, 2011. Available at <http://delphi.com>.
  7. Крылов Е. Н. STM32—32-разрядные микроконтроллеры. / Материалы сайта – 2008. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/v/stm32-32-razryadnye-mikrokontrollery-na-osnove-yadra-arm-cortex-m3>.
  8. Н. И. Вуколов, А. Н. Михайлов. Знакосинтезирующие индикаторы / под ред. В. П. Балашова. - М.: Радио и связь, 1987. – 592 с.

### References

1. Mezhdunarodnye perezovki «Avtonomnaya yezda: na kalendare – 2025 god» [International transportation Autonomous riding: on the calendar – 2025.] Available at: [http://transler.ru/content/arxiv\\_perevozhic/perevozhik\\_14/perevozhik\\_147/Mezhdunarodnye\\_perevozki\\_Avtonomnaya\\_ezda\\_na\\_kalendare\\_%E2%80%93\\_2025\\_god](http://transler.ru/content/arxiv_perevozhic/perevozhik_14/perevozhik_147/Mezhdunarodnye_perevozki_Avtonomnaya_ezda_na_kalendare_%E2%80%93_2025_god) (accessed 1 March 2014).
2. Sistema skvoznogo videniya [See through system.] Available at: <http://systemsauto.ru/another/see-through-system.html> (accessed 4 February 2017).
3. Car to Car Communication System. Available at: <https://www.engineersgarage.com/contribution/car-to-car-communication-system> (accessed 15 May 2014).
4. Samsung predstavila pervyyu gruzovik s tekhnologiyey bezopasnogo obgona. [Samsung introduced the first truck with safe overtaking technology.] Available at: <https://news.samsung.com/ru/samsung-%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%B4%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%B2%D0> (accessed 8 February 2016).
5. Presentación “SAFETY TRUCK” [Presentation "SAFETY TRUCK".] <http://www.helvetica.com.ar/novedades/item/19-safety-truck> (accessed 2 February 2016).

6. Delphi Automotive Systems. Delphi ESR Datasheet, 2011. Available at <http://delphi.com> (accessed 1 March 2011).
7. Krylov Ye. N. STM32—32-razryadnyye mikrokontrollery. [Krylov E.N. STM32-32-bit microcontrollers.] Available at: <https://cyberleninka.ru/article/v/stm32-32-razryadnye-mikrokontrollery-na-osnove-yadra-arm-cortex-m3> (accessed 23 August 2008).
8. N. I. Vukolov, A. N. Mikhaylov. Znakosinteziruyushchiye indikatory [Sign synthesizing indicators] // pod red. V. P. Balashova. M.: Radio i svyaz', 1987. – 592 s.

**Сушков Игорь Николаевич<sup>1</sup>**, студент, +380950694553, [z207syhoi@gmail.com](mailto:z207syhoi@gmail.com),  
**Дзюбенко Олександр Андрійович<sup>1</sup>**, к.т.н., доц. каф. автомобільної електроніки, тел. +38 066-748-41-16, [dzyubenko.alan@gmail.com](mailto:dzyubenko.alan@gmail.com),  
<sup>1</sup>Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 61002, Україна, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.

### Система помощи при обгоне грузовых автомобилей

**Аннотация.** Представлена система, которая помогает водителю выполнить безопасный маневр обгона крупногабаритного транспортного средства на двухполосных дорогах. Проведен анализ ситуаций на дорогах Украины, учитывая крупногабаритные транспортные средства и аналитический обзор существующих систем помощи при обгоне крупногабаритных транспортных средств, определения их преимуществ и недостатков. Разработана структурная схема системы помощи при обгоне грузовых автомобилей и алгоритм её работы.

**Ключевые слова:** радар, грузовой автомобиль, микроконтроллер, «прозрачный» автомобиль, система помощи, транспортное средство, обгон, крупногабаритные транспортные средства.

**Сушков Игорь Николаевич<sup>1</sup>**, студент, +380950694553, [z207syhoi@gmail.com](mailto:z207syhoi@gmail.com),  
**Дзюбенко Александр Андреевич<sup>1</sup>**, к.т.н., доц. каф. автомобильной электроники, тел. +38 066-748-41-16, [dzyubenko.alan@gmail.com](mailto:dzyubenko.alan@gmail.com),  
<sup>1</sup>Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, 61002, Украина, м. Харьков, ул. Ярослава Мудрого, 25.

### Help system in the overtaking of trucks

**Abstract. Problem.** Trucks occupy a leading position in terms of the volume of transported cargo among other types of transport, they account for about 75% of freight traffic. When trucks are driving on two-lane roads, they create difficulties for the movement of other vehicles which are moving behind. This is due to the fact that with its large dimensions trucks obstruct the view of the road to drivers who are moving behind. Also, due to their length, the driver needs more time to perform the overtaking maneuver, so they move for a long time in the oncoming lane. As a result, drivers

may encounter an oncoming car during the overtaking of the truck. **Goal.** Creating a system that will help drivers to perform a safe maneuver overtaking a truck on two-lane roads and prevent a collision of oncoming cars during this maneuver. **Methodology.** The analytical method is research of existing systems that can help the driver to perform a safe overtaking maneuver. The method of synthesis is creation the structural scheme of a new system, based on the advantages and disadvantages of analyzed systems. **Result.** The analysis of the work and the principle of the existing systems can help the driver to perform a safe maneuver overtaking a truck. A system which is based on the use of a radar of medium and long range detection is presented, described a block diagram of the system and its components is presented. The system operation algorithm, according to which the system can determine the safest moment for executing a truck overtaking, is described. **Original.** The developed system is able to work in any weather conditions, time of day and in any

temperature ranges. It has the ability to be applied in mass use, it has a higher degree of reliability due to the use of radar. **Practical value.** The developed system can be installed on any large vehicle and thereby improve traffic safety on two lanes, by reducing the chance of colliding oncoming cars at the time of overtaking a large vehicle.

**Key words:** radar, truck, microcontroller, “transparent” car, assistance system, vehicle, overtaking, large vehicles.

**Sushkov Igor**<sup>1</sup>, student, +380950694553, [z207syhoi@gmail.com](mailto:z207syhoi@gmail.com)

**Dziubenko Oleksandr**<sup>1</sup>, Ph.D., Assoc. Prof., Vehicle Electronics Department, tel. +38 066-748-41-16, [dzyubenko.alan@gmail.com](mailto:dzyubenko.alan@gmail.com),

<sup>1</sup>Kharkov National Automobile and Highway University, 25, Yaroslav Mudry street, Kharkiv, 61002, Ukraine.