

ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

УДК 629.341

DOI: 10.30977/АТ.2219-8342.2019.44.0.70

ПРИСТРІЙ ПРИМУСОВОГО ЗНИЖЕННЯ ШВИДКОСТІ З ФУНКЦІЄЮ
ГЕНЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Гнатов А. В.¹, Аргун Щ. В.¹, Гнатова Г. А.¹, Тарасов К. С.¹, Понікаровська С. В.¹,
¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. Проведено аналіз технічних рішень щодо пристроїв примусового зниження швидкості автомобілів (ППЗША). Розроблено конструкцію ППЗША з функцією генерування електроенергії (ЕЕ). Наведено його схематичні креслення, схему електричну принципову і розкрито принцип дії. Запропоновано один з варіантів пішохідного переходу з додатковим освітленням та з лазерною сигнальною системою, що обладнаний ППЗША з функцією генерування ЕЕ. Проведено моделювання кількості ЕЕ, яку здатен згенерувати запропонований пристрій залежно від інтенсивності дорожнього руху.

Ключові слова: енергоефективні технології, генерування електроенергії, альтернативні джерела електроенергії, безпека дорожнього руху.

Вступ

Небезпека, яку несуть в собі автотранспортні засоби, що їдуть на великій швидкості повз людні місця, такі як: школи, університети, торгівельні центри, дошкільні установи, лікарні, є вкрай високою.

Як показують статистичні дані, в багатьох випадках водії не знижують швидкості руху автотранспортного засобу, перетинаючи область пішохідного переходу. Зазвичай вирішення цієї проблеми покладалось на дорожню розмітку та спеціальні знаки, які попереджали про розташування пішохідного переходу. Цього не завжди вистачає. Крім того, і пішоходи також створюють аварійні ситуації, порушуючи правила дорожнього руху.

Через все вище зазначене, кількість аварій і досі залишається високою. Це стосується не тільки України, а і всього світу [1, 2].

В багатьох випадках для вирішення вказаної проблеми потрібно використовувати додаткове обладнання. Це стає нагальним, особливо в темний час доби або при погіршенні погодних умов, що призводить до зниження видимості на дорозі.

Для узгодження поведінки пішоходів і водіїв, з метою зменшення небезпеки всіх учасників дорожнього руху, використовують різноманітні пристрої, наприклад, спеціальні дорожні перешкоди – так звані «лежачі поліцейські», що змушують водіїв зменшувати швидкість [3, 4]. Для привернення уваги до сигналу світлофора на пішохідних переходах

розробляють нестандартні методи, розглянути у роботах [5, 6].

Тому розробка пристрою для забезпечення зниження швидкості автотранспортних засобів біля пішохідних переходів, що зробить цю частину дороги безпечною для всіх учасників дорожнього руху, є актуальним завданням.

Мета і постановка завдання

Метою роботи є розробка пристрою генерування електричної енергії та примусового зниження швидкості автомобілів для обладнання пішохідних переходів та інших ділянок дороги, де є необхідність у зниженні швидкості автотранспортних засобів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

□ провести аналіз технічних рішень пристроїв примусового зниження швидкості автомобілів;

□ розробити конструкцію пристрою примусового зниження швидкості автомобілів з функцією генерування електроенергії (ЕЕ);

□ розкрити принцип дії розробленого пристрою;

□ запропонувати один з варіантів пішохідного переходу з додатковим освітленням та з лазерною сигнальною системою, що обладнаний пристроями примусового зниження швидкості автомобілів з функцією генерування електричної енергії.

Аналіз публікацій

Пристрій примусового зниження швидкості автомобілів (ППЗША) з функцією генерування ЕЕ відноситься як до сфери дорожнього будівництва, безпеки дорожнього руху, так і до поновлюваних зелених джерел електричної енергії. В даному випадку йдеться про перетворення кінетичної енергії в електричну [7].

Аналогом ППЗША з функцією генерування електричної ЕЕ є обмежувач швидкості, що генерує електричну енергію, запропонований авторами патенту [8]. Він поєднує в собі дві функції: працює як звичайний обмежувач швидкості («лежачий поліцейський»), а також перетворює кінетичну енергію і вагову силу транспортного засобу (ТЗ) в електричну. Автори цього патенту стверджують, що електроенергія генерується лінійним електричним генератором, вбудованим всередині «лежачого поліцейського», під час наїзду ТЗ на нього. Цей пристрій використовується для обмеження швидкості автомобіля та, одночасно, як поновлюване джерело ЕЕ, яка може бути використана електроспоживачами, що розташовані поруч, – живлення домашніх господарств, шкіл, офісних будівель, торговельних центрів тощо. Недоліком цієї розробки є її відносно мала ефективність, адже кількість ЕЕ, що буде згенеровано, напряму залежить від швидкості переміщення ротора відносно статора. Тобто для ефективної генерації ЕЕ необхідно, щоб автотранспортні засоби проїздили цей пристрій на великій швидкості.

Автори патенту [9] запропонували електромеханічний пристрій перетворення кінетичної енергії в електричну із пружинним накопичувачем. Цей пристрій можна розглядати як ще один аналог до запропонованого пристрою примусового зниження швидкості з функцією генерування ЕЕ. Як описано в патенті [9], він має корпус із натискною кришкою, в якому співвісно розміщені ротор і статор, з можливістю їх переміщення один відносно одного. Ротор виконано з неодимових магнітів, а однакові кінці обмоток статора з'єднані між собою та виходять до електричного випрямляча. Цей пристрій може бути використаний як альтернативне та децентралізоване малопотужне джерело ЕЕ. Його недоліком є мала ефективність, адже кількість згенерованої ЕЕ напряму залежить від кількості та швидкості натискання. Крім того, він не підходить для використання в якості пристрою примусового зниження швидкості автомобілів, бо не розрахований на вагу ТЗ.

В роботі [10] запропоновано так званий генератор швидкості (SBPG) – це система, що дозволяє виробляти енергію від проїзду по ній автомобілів. Коли автомобіль проїжджає через SBPG, його механічна система поглинає кінетичну енергію автомобіля і перетворює її в електричну. У статті [10] представлені різні типи генераторів SBPG. Автори зазначають, що можна згенерувати до 65 Вт, якщо натискання виконується масою 85 кг. Також, автори роблять припущення, що ці потужності можуть становити близько десятків кВт, коли ТЗ масою декілька тонн будуть проїздити через генератор SBPG. До недоліків представленого генератора можна віднести його складну конструкцію, досить дорогий монтаж та обслуговування. Також автори не приводять конкретних технічних рішень, що підходять для монтажу таких генераторів на дорогах поруч із пішохідними переходами.

У статті [11] запропоновано використовувати «лежачий поліцейський», що має п'єзоелектричні елементи. Отже, при проїзді через нього автомобіля в ньому за допомогою п'єзоелементів буде генеруватися ЕЕ. Недоліком такого роду пристроїв є те, що п'єзоелектричні елементи мають малу потужність і сумарна кількість ЕЕ, що може бути вироблена при проїзді одного автомобіля, не перевищує 1 Вт, що зазначено в роботі [11]. Ще одним недоліком даного пристрою є те, що п'єзоелектричні елементи мають низьку надійність та досить крихкі. Це в реальних дорожніх умовах швидко призведе до виходу їх з робочого стану.

Найбільш близьким за своїм принципом дії до запропонованого пристрою примусового зниження швидкості з функцією генерування електричної енергії є електромеханічний пристрій перетворення кінетичної енергії в електричну з мультиплікатором [12–13]. У зазначених роботах запропоновано пристрій перетворення кінетичної енергії від натискання в електричну. Основною складовою частиною даного пристрою є електромашинний перетворювач. Його недоліком є невелика ефективність. Це пов'язано з тим, що він розрахований на вагу людини і не може використовуватися як генератор енергії від примусового зниження швидкості автотранспортних засобів.

Конструкція та принцип дії пристрою примусового зниження швидкості

При розробці ППЗША було поставлено задачу розширення його функціональних можливостей і вирішення проблеми низької ефек-

тивності роботи. Це було досягнуто за рахунок вдосконалення конструкції пристрою примусового зниження швидкості. А саме, до конструкції пристрою запропоновано додати електромеханічний перетворювач енергії (електромашинний вузол) з мультиплікатором, що підвищує частоту обертання ротора електричної машини (електрогенератора). Отже, особливістю вказаного ППЗША є те, що він виконує дві функції:

– працює як звичайний обмежувач швидкості («лежачий поліцейський»);

– під час проїзду ТЗ через нього генерується ЕЕ. При цьому ефективність перетворення кінетичної енергії в електричну буде більшою, ніж у вище розглянутих пристроях [9–13]. Це досягається завдяки використанню циліндричного мультиплікатора та більшого ходу рейки приводу.

Конструктивні особливості запропонованого пристрою пояснюється схематичними кресленнями (рис. 1, 2) [14].

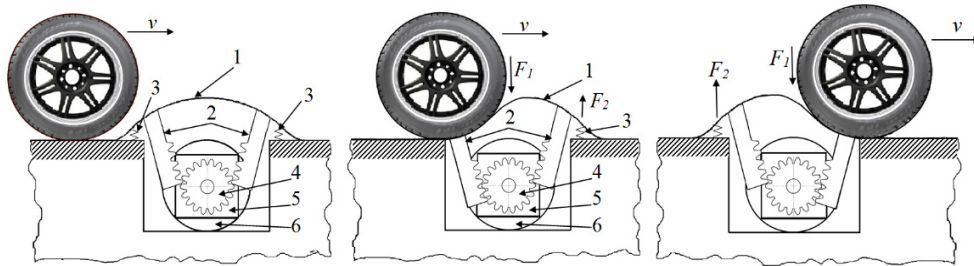


Рис. 1. Схема роботи ППЗША з функцією генерування електроенергії [14] 1 – товстолистова шина; 2 – рейки приводу електрогенератора; 3 – пружини; 4 – шестерня приводу електрогенератора; 5 – мультиплікатор; 6 – електрогенератор; F_1 – сила натискання; F_2 – сила дії пружини; v – швидкість руху ТЗ

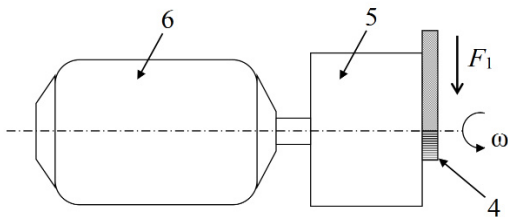


Рис. 2. Схема електромашинного вузла пристрою [14]: 4 – шестерня приводу електрогенератора; 5 – мультиплікатор; 6 – електрогенератор; F_1 – сила натискання; ω – кутова швидкість обертання

Запропонований пристрій примусового зниження швидкості з функцією генерування ЕЕ працює наступним чином. Коли колесо автомобіля зі швидкістю v наїжджає на товстолистову шину 1, яка з'єднана з рейками приводу електрогенератора 2 і пружинами 3, то товстолистова шина 1 починає рухатися вниз під вагою автотранспортного засобу – під дією сили натискання F_1 (рис. 1, 2), тим самим переміщує одну з рейок приводу електрогенератора 2, яка своїми зубцями зчеплена з шестернею приводу електрогенератора 6. Рейка приводу електрогенератора 2 переміщується вниз до повного стиснення пружини 3 і тим самим обертає шестерню при-

воду електрогенератора 4, яка жорстко кріпиться на валу мультиплікатора 5, який збільшує кутову швидкість обертання ω ротора електричної машини (електрогенератора) 6. Коли колесо переміститься на другу половину товстолистової шини 1, процес повторюється, але починає працювати друга рейка приводу електрогенератора 2. При цьому пружина 3, яка була стиснута під дією колеса, розпрямляється під дією сили F_2 , а друга пружина, навпаки, стискається під дією сили F_1 , і ротор електрогенератора, під дією другої рейки приводу електрогенератора 2 через шестерню приводу електрогенератора 4, починає обертатися у зворотному напрямку і наводить ЕРС в обмотках статора з від'ємним значенням. Обмотки статора електрогенератора підключені до електричного випрямляча 7 (рис. 3). При наведенні ЕРС по обмотках починає протікати змінний електричний струм, а після його випрямлення на електричному випрямлячі 7 він заряджає ємнісний нагромаджувач С – іоністор та через діод VD – акумуляторну батарею GB. Вмикач S вмикає електроживлення до навантаження Z.

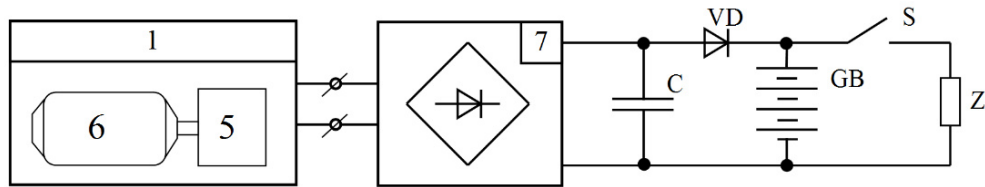


Рис. 3. Схема електрично-принципова ППЗША, що генерує електроенергію: 1 – тостовистова шина; 5 – мультиплікатор; 6 – електрогенератор; 7 – електричний випрямляч; C – ємнісний нагромаджувач; VD – діод; GB – акумуляторна батарея; S – вимикач; Z – навантаження

Таким чином, пристрій примусового зниження швидкості з функцією генерування електроенергії дозволяє збільшити ефективність перетворення енергії від натискання в електричну за рахунок використання електромеханічного перетворювача енергії на базі електромашинного вузла, який приводиться в дію через редуктор, що підвищує швидкість обертання, – мультиплікатор, а також виконує функцію обмежувача швидкості ТЗ.

Запропонований пристрій генерування електричної енергії може бути використаний, як установка для обмеження швидкості ТЗ, яка одночасно генерує відновлювану електричну енергію. Електроенергія, вироблена

пристроєм, може бути використана для додаткового електроживлення споживачів електроенергії – домашніх господарств, шкіл, офісних будівель, торгових центрів тощо.

Безпека та освітлення пішохідних переходів з використанням зеленої енергії

Україна, як і більшість країн, що розвиваються, має серйозні проблеми з безпекою пішоходів, які є учасниками дорожнього руху. У цьому є провина як водіїв, так і самих пішоходів. Для наочності на рис. 4 представлені причини ДТП за кількістю постраждалих в Україні за 2017 р. [3].



Рис. 4. Причини дорожньо-транспортних пригод з жертвами в Україні за 2017 рік

Як видно з рис. 4, однією з основних причин ДТП є перевищення швидкості. Але важливо відзначити те, що абсолютно всі позначені причини можуть призвести до трагедії будь-якого з учасників дорожнього руху, в тому числі й пішоходів.

В Україні велика кількість пішохідних переходів не має ні світлофорів, ні нормальної дорожньої розмітки. Деякі мають доволі слабку освітлення в темний час доби або не освітлюються взагалі.

Тому підвищення безпеки пішоходів можна розділити на дві складові:

- зниження швидкості ТЗ перед пішохідними переходами;

- обладнання пішохідних переходів додатковими технічними засобами, що сприяють дотриманню правил дорожнього руху як пішоходами, так і водіями.

Один з можливих прикладів обладнання пішохідних переходів пристроями примусового зниження швидкості та генерування електроенергії представлено на рис. 5.

Проведений аналіз причин ДТП за участю пішоходів (рис. 4) показав, що найпершим кроком у вирішенні цієї проблеми є розробка пристроїв, що змушують і пішоходів, і водіїв дотримуватися правил дорожнього руху. Додатково цього можна застосовувати нестандартних способів залучення уваги всіх учас-

ників руху до сигналу світлофора на пішохідних переходах.

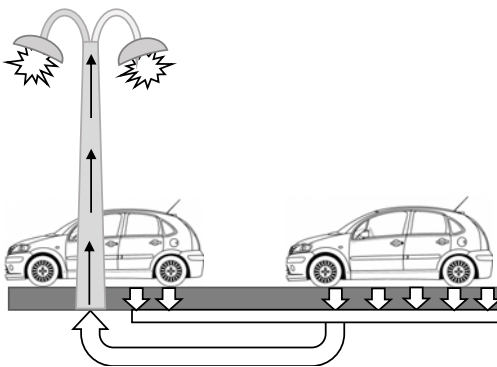
Вище представлено і детально описано роботу одного з можливих варіантів практичного виконання пристроїв, який не тільки забезпечує зниження швидкості автотранспортних засобів, а й є поновлюваним джерелом живлення, тобто дозволяє генерувати електроенергію.

Грунтуючись на проведених дослідженнях і представлених розробках, пропонується обладнати пішохідні переходи описаним вище пристроєм в сукупності з лазерною сигнальною системою, описаною в [15, 16], (рис. 6).

Дані системи потребують постійного електропостачання, а запропонований пристрій (рис. 1) здатен генерувати необхідну кількість електроенергії для їх роботи. Така кооперація дозволить значно знизити аварійність на дорожніх переходах і зробити їх регульованими.



а



б

Рис. 5. Пішохідний перехід, що обладнаний ППЗША з функцією генерування ЕЕ: а – приклад зовнішнього вигляду; б – загальна схема

При цьому енергію для роботи світлофора генерують самі ж автотранспортні засоби, що

проїжджають по даній ділянці дороги. Якщо ділянка дороги є досить жвавою, то очевидно, що згенерованої зеленої енергії буде більше, ніж необхідно для функціонування вказаної системи. Отже, надлишок енергії можна буде передавати іншим (стороннім) споживачам. Тобто даний пристрій (технічна система) є альтернативним і децентралізованим джерелом електроенергії. І тут мова вже йде про енергоефективні та енергозберігаючі технології. А ця тема є однією з найбільш актуальних у сучасному світі [17, 18].



Рис. 6. Світлофори з лазерною сигнальною системою

Змоделюємо кількість електроенергії, яку здатен згенерувати запропонований пристрій примусового зниження швидкості. Виходячи з результатів проведених експериментальних досліджень, що здійснені в ХНАДУ, і представлених у публікаціях [6, 12, 13, 14], та даних представлених у публікаціях закордонних науковців [10, 11], можна спрогнозувати, що один проїзд колеса автомобіля по одному сегменту пристрою примусового зниження швидкості приведе до генерації ~ 25 Вт електроенергії. Отже, від проїзду одного автомобіля запропонований пристрій, що складається з двох сегментів (рис. 1), згенерує близько 100 Вт електроенергії (два сегменти – це дві конструкції пристрою (рис. 1) в одному корпусі).

На рис. 5 представлено загальну схему пішохідного переходу, що обкладений описаними пристроями. Тоді, за таких конструкцій і компонування, один автомобіль забезпечить генерування ~ 200 Вт електроенергії. Маючи такі початкові дані, можна спрогнозувати кількість згенерованої електроенергії на даному пішохідному переході залежно від інтенсивності дорожнього руху автомобілів. Отримані результати приведені в табл. 1.

Одержані результати не є остаточними та лише показують можливості запропонованого пристрою примусового зниження швидкості з функцією генерування електроенергії. Конкретні значення будуть залежати від типу електрогенератора, технічних характеристик мультиплікатора, конструктивних особливостей виконання пристрою, швидкості приїзду автомобілями даного пристрою тощо. Але, маючи розрахункові дані, щодо можливостей пристрою як поновлюваного джерела електроенергії, можна спрогнозувати (знаючи інтенсивність руху ТЗ), яку кількість електроенергії він здатен згенерувати.

Таблиця 1 – Результати модулювання генерації електроенергії

Кількість автомобілів за 1 год	Пішохідний перехід обладнаний з однієї сторони, кВт	Пішохідний перехід обладнаний з двох сторін, кВт	Генерація ЕЕ за день (≈ 10 год. роботи), кВт
30	3	6	60
60	6	12	120
100	10	20	200
200	20	40	400

Отже, знаючи це, можна спроектувати світлофори з лазерною сигнальною системою на донній частині дороги з визначеною потужністю електроспоживання, які будуть працювати незалежно від централізованої системи електропостачання. Тобто освітлення і лазерна індикація будуть організовані за рахунок самих учасників дорожнього руху. Це забезпечить як ефективне використання енергоресурсів, так і значно підвищить безпеку дорожнього руху. А це збережені життя людей.

Висновки

Проведено аналіз технічних рішень щодо пристроїв примусового зниження швидкості автомобілів, який показав, що пристрої примусового зниження швидкості є дієвими засобами для забезпечення безпеки учасникам дорожнього руху на визначених ділянках дороги. Особливо це стосується ділянок із пішохідними переходами.

Представлено розроблену конструкцію пристрою примусового зниження швидкості автомобілів з функцією генерування електроенергії, наведено його схематичні креслення та схему електричну принципову.

Докладно розкрито принцип дії розробленого пристрою примусового зниження швид-

кості автомобілів з функцією генерування електроенергії.

Запропоновано один з варіантів пішохідного переходу з додатковим освітленням та з лазерною сигнальною системою. Цей пішохідний перехід обладнано пристроями примусового зниження швидкості автомобілів з функцією генерування електроенергії.

□ проведено моделювання кількості електроенергії, яку здатен згенерувати запропонований пристрій примусового зниження швидкості. Отже, за один день роботи запропонований пристрій здатен згенерувати (залежно від інтенсивності дорожнього руху) від 60 кВт до 400 кВт. Спираючись на отримані результати модулювання, можна спроектувати пішохідний перехід, обладнаний додатковим освітленням та лазерною сигнальною системою оповіщення учасників дорожнього руху. При цьому електропостачання для такої системи буде здійснюватися незалежно від централізованої системи, а саме, від пристрою примусового зниження швидкості автомобілів з функцією генерування електроенергії. Це не тільки втілить у життя енергоефективні технології в галузі дорожнього будівництва, а й значно підвищить безпеку дорожнього руху.

Література

1. Каждые три минуты в Украине происходит ДТП, а каждые 2,5 часа в них гибнет человек. Сегодня 2018. URL: <https://www.segodnya.ua/ukraine/ukraincy-stalichashche-popadat-v-dtp-1111181.html> (дата звернення 14.12.2018).
2. Hnatov A., Arhun S., Ponikarovska S. Energy saving technologies for urban bus transport. *Int J Automot Mech Eng.* 2017. №14, p. 4649–4664.
3. ДСТУ 3090-95. Безпека дорожнього руху. Організація робіт з експлуатації міських вулиць та доріг. Загальні положення. Київ, 1996.
4. Собакарь А.О., Холмянський Я.Д., Тараненко С.М. Основи безпеки дорожнього руху. Навчальний посібник. Київ, 2007. 312 с.
5. Budzynski M., Jamroz K., Mackun T. Pedestrian Safety in Road Traffic in Poland. *Conf. Series: Materials Science and Engineering.* (Prague, Czech Republic, 12–16 June 2017). Prague, 2017. P. 245.
6. Patlins, A., Hnatov, A., Arhun, S. Safety of Pedestrian Crossings and Additional Lighting Using Green Energy. *No: Transport Means 2018: Proceedings of 22nd International Scientific Conference.* (Lietuva, Trakai, 3-5 October, 2018). Lietuva, 2018. P. 527-531.
7. Пат. 129621 України, H02K, H02N, H01L. Пристрій для генерування електричної енергії

- та примусового зниження швидкості з мультиплікатором. Оубл. 12.11.2018.
8. Пат. 13363395 США. Electric Power Generating Speed Bump . Оубл. 2013.
 9. Пат. 121494 України, H02K 35/00. Електромеханічний пристрій перетворення кінетичної енергії в електричну з пружинним накопичувачем. Оубл. 11.12.2017.
 10. Mohamad K. Ramadan, Mahmoud Khaled, Mostafa El Kady, Hicham El Hage. Generating power from Speed-Bump. Prototype development and experimental study. *MELECON 2014-2014 17th IEEE Mediterranean Electrotechnical Conference*. (Beirut, Lebanon, 13-16 April 2014). Beirut. 2014. P. 8-11.
 11. Ji Hoon Hyun, Nan Chen, Dong Sam Ha. Energy Harvesting Circuit for Road Speed Bumps Using a Piezoelectric Cantilever. *IECON 2018-44th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*. (Washington, USA, 21-23 October, 2018) Washington, 2018. P. 4219-4223.
 12. Гнатів А. В., Аргун Ш. В. Енергогенеруюча плитка як альтернативне малопотужне джерело електричної енергії. *Автомобільний транспорт*. 2017. № 40. С. 167-172.
 13. Arhun S., Hnatov A., Dziubenko O., Ponikarovska S. A Device for Converting Kinetic Energy of Press Into Electric Power as a Means of Energy Saving. *J. Korean Soc. Precis. Eng.*, 2019. Vol. 36, №1, P. 105-110.
 14. Гнатів А. В., Аргун Ш. В., Букетов А. В., та ін. Пристрій примусового зниження швидкості автомобілів, що генерує електроенергію: *Матеріали VI Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції Автомобіль і електроніка. Сучасні технології*. (Харків, Україна, 19–20 листопада, 2018). Харків, 2018. С. 14–16.
 15. Igen itt másik magyar találmány: a hologramos közlekedési lámpák. Videk. MA. 2015. URL: <http://videk.ma/2015/10/igen-itt-masik-magyar-talalmany-a-hologramos-kozlekedesi-lampak/>. (дата звернення 14.02.2019).
 16. Autogeek. 2017. URL: https://autogeek.com.ua/blade_runner_2017_chernigiv/. (дата звернення 14.02.2019).
 17. Hnatov A. Arhun Shch., Ulyanets O. ESTET – New innovative specialty for master students. *Автомобільний транспорт*. 2018. № 42. С. 103-110.
 18. Gnatov A., Argun Shc, Rudenko N. Smart Road as a Complex System of Electric Power Generation. *2017 IEEE First Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON)* (Kyiv, Ukraine, May 29 – June 2, 2017) Kyiv. 2017. P. 457–461.
- References**
1. Kazhdyie tri minutyi v Ukraine proishodit DTP, a kazhdyie 2,5 chasa v nih gibnet chelovek [Every three minutes an accident occurs in Ukraine, and every 2.5 hours a person dies in them] *Segodnya* 2018. Retrived from: <https://www.segodnya.ua/ukraine/ukraincy-stali-chashche-popadat-v-dtp-1111181.html> (accessed: 14.12.2018).
 2. Hnatov A., Arhun S., Ponikarovska S. (2017) Energy saving technologies for urban bus transport. *Int J Automot Mech Eng* 14. 4649–4664.
 3. DSTU 3090-95. Bezpeka dorozhn`ogo ruxu. Organizaciya robit z ekspluataciyi mis`ky`x vuly`cz` ta dorig. Zagal`ni polozhennya. [Road safety. Organization of works on the operation of city streets and roads. Terms.] Effective from 01.07.1996. Kyiv. [in Ukrainian].
 4. Sobakar` A. O., Xolmyans`ky`j Ya. D., Taranenko S. M. (2007). Osnovy` bezpeky` dorozhn`ogo ruxu. Navchal`ny`j posibny`k. [The basics of road safety. Tutorial]. Kyiv. [in Ukrainian].
 5. Budzynski M., Jamroz K., Mackun T. (2017) Pedestrian Safety in Road Traffic in Poland. Conf. Series: Materials Science and Engineering. (Prague, Czech Republic, 12–16 June). Prague.
 6. Patłins, A., Hnatov, A., Arhun, S. (2018) Safety of Pedestrian Crossings and Additional Lighting Using Green Energy. No: Transport Means 2018: Proceedings of 22nd International Scientific Conference. (Lietuva, Trakai, 3-5 October). Lietuva, 527-531.
 7. Patent of Ukraine № 129621, H02K, H02N, H01L. Pry`strij dlya generuvannya elektry`chnoyi energiyi ta pry`musovogo zny`zhennya shvy`dkosti z mul`ty`plikatorom [Device for generating electrical energy and forcing the speed reduction with the multiplier]. 12.11.2018. [in Ukrainian].
 8. Patent of USA № 13363395 Electric Power Generating Speed Bump. 2013.
 9. Patent of Ukraine № 121494, H02K 35/00. Elektromexanichny`j pry`strij peretvorennya kiny`chnoyi energiyi v elektry`chnu z pruzhy`nny`m nakopy`chuvachem [Electromechanical device for converting kinetic energy into electrical with a spring drive]. 11.12.2017. [in Ukrainian].
 10. Mohamad K. Ramadan, Mahmoud Khaled, Mostafa El Kady, Hicham El Hage. (2014) Generating power from Speed-Bump. Prototype development and experimental study. *MELECON 2014-2014 17th IEEE Mediterranean Electrotechnical Conference*. (Beirut, Lebanon, 13-16 April). Beirut. 8-11.
 11. Ji Hoon Hyun, Nan Chen, Dong Sam Ha. (2018) Energy Harvesting Circuit for Road Speed Bumps Using a Piezoelectric Cantilever. *IECON 2018-44th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*. (Washington, USA, 21-23 October, 2018) Washington, 4219-4223.
 12. Hnatov A., Arhun Shch. (2017) Energogeneruyucha ply`tka yak al`ternaty`vne malopotuzhne dzherelo elektry`chnoyi energiyi. [Energy-generating tile as an alternative low-

- power source of electricity.] Avtomoby l'nij transport. 40. 167-172. [in Ukrainian].
13. Arhun S., Hnatov A., Dziubenko O., Ponikarovska S. (2019) Device for Converting Kinetic Energy of Press Into Electric Power as a Means of Energy Saving. J. Korean Soc. Prec. Eng., 36. 1. 105-110.
 14. Hnatov A. V., Arhun Shch. V., Buketov A. V., ta in. (2018). Prystrii prymusovoho znyzhennia shvydkosti avtomobiliv, shcho heneruie elektroenerhiu [Device for forcing the speed of cars that generate electricity]. *Materialy VI Mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi internet-konferentsii Avtomobil i elektronika. Suchasni tekhnologii. (Kharkiv, Ukraina, 19-20 Lystopada, 2018). Kharkiv.* 14–16. [in Ukrainian].
 15. Igen itt másik magyar találmány: a hologramos közlekedési lámpák Videk. MA. 2015. Retrived from: <http://videk.ma/2015/10/igen-itt-masik-magyar-talalmany-a-hologramos-kozlekedesi-lampak/>. (accessed: 14.12.2018).
 16. Autogeek. 2017. Retrived from: https://autogeek.com.ua/blade_runner_2017_cher_nigiv/. (accessed: 14.12.2018).
 17. Hnatov A. Arhun Shch., Ulyanets O. (2018) ESTET – New innovative specialty for master students. Avtomobil'ny`j transport. 42. 103-110.
 18. Gnatov A., Argun Shc, Rudenko N. (2017) Smart Road as a Complex System of Electric Power Generation. 2017 IEEE First Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON) (Kyiv, Ukraine, May 29 – June 2) Kyiv. 457–461.

Гнатів Андрій Вікторович¹, д.т.н., проф. каф. автомобільної електроніки, тел. 066-743-08-87, e-mail: kalifus76@gmail.com,

Аргун Щасяна Валіковна¹, к.т.н., доц. каф. автомобільної електроніки, тел. 099-378-04-51, e-mail: shasyana@gmail.com,

Гнатова Ганна Андріївна¹, студент автомобільного факультету ХНАДУ, тел. 099-067-98-09, e-mail: annagnatova22@gmail.com,

Тарасов Кирило Сергійович¹, аспірант кафедри автомобільної електроніки, тел. 093-343-50-82, e-mail: niakros@gmail.com,

Понікарівська Світлана Володимирівна¹, старший викладач каф. іноземних мов, 067-782-52-50, e-mail: ponikarovska@gmail.com,

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 61002, Україна, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.

Устройство принудительного снижения скорости с функцией генерирования электроэнергии

Аннотация. Проведен анализ технических решений устройств принудительного снижения скорости автомобилей. Разработана конструкция устройства принудительного снижения скорости автомобилей с функцией генерирования электроэнергии. Приведены его схематические

чертежи. Раскрыт принцип действия разработанного устройства. Предложен один из вариантов пешеходного перехода с дополнительным освещением и с лазерной сигнальной системой, оборудованными разработанным устройством. Проведено моделирование количества электроэнергии, которое способно сгенерировать предложенное устройство. В зависимости от интенсивности дорожного движения устройство может генерировать от 60 кВт до 400 кВт.

Ключевые слова: энергоэффективные технологии, генерация электроэнергии, альтернативные источники энергии, безопасность дорожного движения, лежащий полицейский.

Гнатів Андрій Вікторович¹, д.т.н., проф. каф. автомобільної електроніки, тел. 066-743-08-87, e-mail: kalifus76@gmail.com,

Аргун Щасяна Валіковна¹, к.т.н., доц. каф. автомобільної електроніки, тел. 099-378-04-51, e-mail: shasyana@gmail.com,

Гнатова Анна Андріївна¹, студент автомобільного факультету ХНАДУ, тел. 099-067-98-09, e-mail: annagnatova22@gmail.com,

Тарасов Кирило Сергійович¹, аспірант кафедри автомобільної електроніки, тел. 093-343-50-82, e-mail: niakros@gmail.com,

Понікарівська Світлана Володимирівна¹, старший преподаватель каф. иностранных языков, тел. 067-782-52-50, e-mail: ponikarovska@gmail.com,

¹Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, 61002, Украина, г. Харьков, ул. Ярослава Мудрого, 25.

Device for forced reduction of speed with the function of generating electricity

Abstract. Problem. The danger posed by high-speed vehicles passing through crowded areas is extremely high. An analysis of the cause of accidents involving victims in Ukraine showed that speeding was the main cause for that in the city. Therefore, one of the main means of reducing the causes of road traffic accidents involving pedestrians is artificial road irregularities, also called «speed bumps». **Goal.** Development of a device for generating electricity and forcing reduction of the speed of vehicles at pedestrian crossings and other sections of the road where there is a need to reduce the speed of vehicles. **Methodology.** The analytical methods of research on the development and application of methods and devices for transforming the energy of the sun into electricity were used. Methods of experimental researches and mathematical methods of processing and modulation of the obtained results are used. **Results.** The result is the analysis of the technical solutions for the devices of forced reduction of the car speed. The design of the device of forced reduction of the car speed with the function of electricity generation is developed, as well as its schematic drawings and the schematic diagram, which are shown. The principle of opera-

tion of the developed device of forced reduction of car speed is revealed. One of the variants of the pedestrian crossing with additional lighting and laser signaling system is offered, which is equipped with devices of forced reduction of car speed with the function of electricity generation. **Originality.** The amount of electricity that the proposed device is able to generate is modulated (depending on the traffic intensity) from 60 kW to 400 kW. **Practical value.** The implementation of the proposed development into road construction will lead to the implementation of energy-efficient technologies in this field and will significantly improve road safety. Pedestrian crossings equipped with additional lighting and a laser signaling system to alert road users when using these devices will receive power from a decentralized, renewable power source.

Key words: energy-efficient technologies, power generation, alternative power sources, road safety, speed hump.

Hnatov Andrii¹, Ph.D., Prof. Vehicle Electronics Department, tel. 066-743-08-87, e-mail: kalifus76@gmail.com,

Arhun Shchasiana¹, Ph.D., Assoc. Prof. Vehicle Electronics Department, tel. 099-378-04-51, e-mail: shasyana@gmail.com,

Hnatova Hanna¹, student of the Automobile Faculty of the KhNADU, tel. 099-067-98-09, e-mail: annagnatova22@gmail.com,

Tarasov Kyrylo¹, PhD student of the department of automotive electronics, tel. 093-343-50-82, e-mail: niakros@gmail.com,

Ponikarovska Svitlana¹, Senior Lecturer, tel. 067-782-52-50, e-mail: poni-karovska@gmail.com,

¹Kharkov National Automobile and Highway University, 25, Yaroslava Mudrogo str., Kharkiv, 61002, Ukraine.
