

Міністерство освіти і науки України
Чорноморський національний університет
імені Петра Могили

НАУКОВІ ПРАЦІ

Видається з грудня 2001 року
Періодичність – двічі на рік

Науковий журнал



Т. 307. Вип. 295
Серія «Комп'ютерні технології»

Миколаїв
Вид-во ЧНУ імені Петра Могили
2017

ЗМІСТ

Бойко А. П., Бондаренко О. В. Створення параметричної моделі корпусу судна з малою площею ватерлінії	6
Васюхін М. І., Долинний В. В., Чурилович І. С., Євстаф'єв В. О., Шелестовський В. Г. Методика планово-висотної прив'язки об'єктів – базова складова процесу створення ряду великомасштабних карт	9
Горбань Г. В. Типи асоціативних залежностей між багатомірними даними та методи їх пошуку	16
Димитров Ю. Ю. Параметричне представлення характеристик елемента Пельтьє	24
Додонов В. О. Щодо організації системи моніторингу ситуацій на основі мобільних колісних роботів	30
Донченко М. В., Казарєзов А. Я. Підвищення безпеки суден на базі геоінформаційних систем	36
Журавська І. М., Савінов В. Ю., Корецька О. О., Буренко В. О. Розподілення навантаження між багатоядерними обчислювачами для задач енергонезалежних інформаційно-вимірвальних мереж	42
Коваленко І. І., Павленко А. Ю. Зниження числа критеріїв в багатокритеріальних задачах прийняття рішень методом попарного порівняння	47
Коваленко І. І., Швед А. В., Антіпова К. О. Моделі невизначеностей у групових експертних судженнях	54
Кубов В. І., Беліков О. Є., Фабрикова В. С. Автономний лічильник кількості води	60
Кутковецький В. Я. Одновимірна аналітична геометрія багатовимірного простору	66
Мешков О. Ю. Запис та обробка первинного акустичного матеріалу для задачі аналізу голосового сигналу людини та виділення його основних характеристик	76
Нікольський В. В., Оженко Є. М., Лисенко В. Є., Нікольський М. В., Бережной К. Ю. Використання пьезопривіду у судновій енергетиці	82
Пузирьов С. В., Борисовський Д. М., Малий О. М. Система моніторингу маршрутних таксі	92
Ситніков В. С., Ніконенко О. В., Дослідження методів запобігання розкриття IP-адреси при активному VPN-з'єднанні	96
Ситніков В. С., Ступень П. В., Франчук А. Є. Дослідження комплексного методу автоматичного управління швидкісним режимом немоторизованих мобільних платформ	101
Сіделєв М. І., Гроза А. Д. Р-поляризовані нелінійні поверхневі поляритони в шарі речовини, діелектрична проникність котрої залежить від інтенсивності	106
Старченко В. В. Система автоматизованого контролю знань студентів при проведенні занять з теоретичних дисциплін	111
Стрельцов О. В., Ільяшенко О. А. Дослідження методів підвищення ефективності розпізнавання образів в системах збору та сортування пластикової тари	116
Хомченко А. Н., Сіденко Є. В. Моделі біквадратичної інтерполяції	120
Клименко Л. П., Дихта Л. М., Андрєєв В. І. Комп'ютерне дослідження основних задач внутрішньої балістики артилерійських стволів	124

Ситніков В. С.,
д-р техн. наук, професор кафедри «Комп'ютерні системи»,
e-mail: sitnvs@gmail.com

Ступень П. В.,
канд. техн. наук, доцент кафедри «Комп'ютерні системи»,
e-mail: stek2000@gmail.com

Франчук А. Є.,
бакалавр кафедри «Комп'ютерні системи»,
e-mail: lwpssftr@gmail.com

Одеський національний політехнічний університет, м. Одеса, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПЛЕКСНОГО МЕТОДУ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ШВИДКІСНИМ РЕЖИМОМ НЕМОТОРИЗОВАНИХ МОБІЛЬНИХ ПЛАТФОРМ

З погіршенням транспортної ситуації та екології у містах поширюється використання немоторизованих транспортних засобів у повсякденному житті у різних сферах застосування – щоденне перевезення людей (персональні міські велосипеди та велопрокат, велотаксі-рікші), перевезення вантажу (велосипедні вантажні перевезення, велокур'єри). Через це стають очевидними навантаження на людину та встають невідомі проблеми у цьому секторі транспортних засобів, наприклад – недосконалість людського фактору у процесі керування швидкісним режимом.

У статті пропонується комплексний метод автоматичного управління швидкісним режимом мобільної платформи, що приводиться в рух м'язовою силою людини, за рахунок урахування крутного моменту на педалях.

Ключові слова: міський велосипед; фізичні обмеження людського моторесурсу; автоматичне управління; моделювання динаміки руху; автоматична коробка перемикачів передач (АКПП).

Усі існуючі наземні мобільні платформи можна розділити на механічні (які приводяться у рух двигуном) та немеханічні (які приводяться в рух м'язовою силою людини) [1].

У наш час спостерігається значний зріст щоденного використання немеханічних мобільних платформ (велосипедів) у якості щоденного транспортного засобу – рікші, велокур'єри та ін. Згідно зі статистичними дослідженнями у 2016 році в Об'єднаному Королівстві більше ніж 2 млн людей не менше ніж раз на тиждень їздять велосипедом. Окрім безперечного корисного впливу на здоров'я суспільства, екологію та транспортний стан у великих містах можна відзначити позитивний вплив тенденції на економіку. Так у 2014 році кількість проданих велосипедів, що були зроблені у Великій Британії, зросла на 69 % [2]. Також використання велосипеду у логістиці великих міст показало ефективність та надійність у сферах, зв'язаних зі швидким перевезенням невеликих вантажів [3]. Ці факти дозволяють прогнозувати подальше зростання використання велосипедів у повсякденному людському житті.

Тим не менш, вдала конструкція таких мобільних платформ, яка була перевірена часом, не передбачає

автоматичного управління швидкісним режимом, а натомість потребує людського фактору в цьому процесі, а це не завжди виправдано.

Збільшення кількості велосипедистів серед населення виявляє набір проблем, зв'язаних з цим явищем. Головною проблемою можна назвати якість та безпеку руху на дорозі. Для вирішення цих проблем було створено різноманітні моделі коробок перемикачів передач, які забезпечують необхідну динаміку руху та розширюють швидкісно-навантажувальний режим транспортного засобу. Втім людський фактор у керуванні коробкою перемикачів передач не завжди дозволяє якісно використовувати її можливості, а в деяких випадках навпаки погіршувати якість руху.

Для виключення людини з процесу керування передачами робилися спроби автоматизувати процес перемикачів передач.

В ході проведення дослідження розглянуто три рішення, які пов'язані зі застосуванням автоматичного регулювання швидкісного режиму на транспортному засобі, що приводиться у рух мускульною силою людини.

У 2007 році компанія Shimano розробила систему «Coasting», споживачами якої виступали люди, що

використовують велосипед для відпочинку, а не для спорту. В основі системи лежить велокомп'ютер, який знімає показання змінного струму з динамовтулки у передньому колесі, з яких отримує значення кутової швидкості колеса, за якою робить висновок щодо перемикання передач на меншу чи більшу [4].

Друге існуюче рішення також являє собою автоматичну коробку перемикання передач для велосипеда. Система приймає на вхід дані про швидкість руху велосипеда та дані каденсу для керування передавальним числом КПП. Тестування розробки, яка була встановлена на велосипед з КПП у форм-факторі планетарної втулки, показало, що алгоритм, застосований для керування КПП, дозволив початківцю ефективніше рухатися у порівнянні з ручним перемиканням передач [5].

Третім рішенням є продукт «Harmony» компанії NuVinci. Система являє собою контролер, який підтримує наперед задане значення кутової швидкості педалей через керування безступінчастою коробкою перемикання передач – варіатором [6].

Усі описані рішення взагалі побудовані на одному принципі та відрізняються лише в деталях апаратно-програмної реалізації. Узагальнено приведені вище методи являють собою системи автоматичного управління, які приймають на вхід один параметр – кутову швидкість оберту педалей, або зв'язану з нею лінійну швидкість руху. Слід також зазначити, що продукт компанії NuVinci призначений для використання з безступінчастою коробкою перемикання передач, в той час як ця робота розглядає лише ступінчасті коробки перемикання передач в якості об'єкта управління, тому підходить в двох випадках у корені відрізняються.

Узагальнюючи розглянуті аналоги можна виділити їхню спільну рису – керування швидкісним режимом виконується виключно за одним параметром – кутовою швидкістю педалей чи зв'язаною з нею кутовою швидкістю коліс чи лінійною швидкістю руху і не враховує зв'язок між силою тиску на педаль і крутним моментом та кутовою швидкістю педалей.

Тому у статті пропонується комплексний метод автоматичного керування коробкою передач. Використання його у порівнянні з описаними існуючим рішеннями дозволяє урахувати зв'язок між силою тиску на педаль і крутним моментом та кутовою швидкістю педалей через додання другого вхідного параметру управління – крутного моменту на педалях.

Правила управління, згідно з пріоритетом, такі:

Кутову швидкість обертання педалей в межах керування необхідно підтримувати в діапазоні, обмеженому зверху швидкістю ω_{CH} , при перевищенні якої велосипедист втрачає стійкість прямолінійного руху; а знизу – швидкістю ω_{CL} , нижче якої втрачається динаміка прискорення руху, а також можливе падіння велосипедиста.

Момент сили тиску на педаль не повинен перевищувати верхню граничну величину M_0 , вище якої швидко настає фізична втома та відбувається прискорене зношення колінних суглобів.

В діапазоні кутової швидкості обертання педалей можна виділити область між ω_{CL} та ω_{OH} , у якій велосипедист найбільш ефективно витрачає силові ресурси та має запас для динамічного прискорення. За умов дотримання двох вище зазначених правил необхідно витримувати кутову швидкість обертання педалей у зазначеній області діапазону.

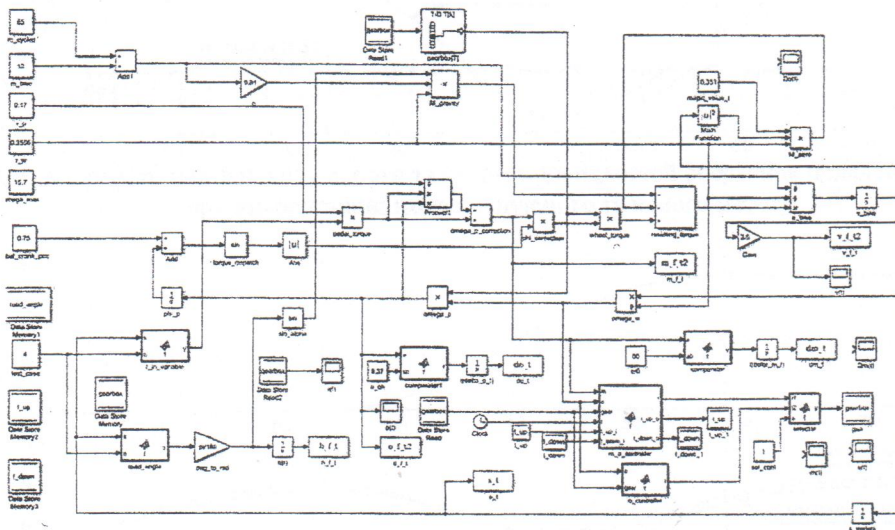


Рис. 1. Модель велосипедиста, велосипеда та контролера коробки перемикання передач

Запропонований метод не залежить від типу мобільної платформи, оскільки управління ведеться з урахуванням потужнісних характеристик водія, які не залежать від фізичних характеристик транспортного засобу, та може бути використаний на будь-якому транспортному засобі, що приводиться у рух м'язовою силою людини через педаль, та має ступінчасту коробку перемикання передач.

Метод дозволяє налаштовувати специфічні параметри, значення яких залежать від конкретної людини та мобільної платформи, на якій метод застосовується: нижнє, оптимальне та верхнє значення кутової швидкості обертання педалей, максимальний крутний момент на педалях та значення передатних чисел коробки перемикання передач.

Згідно з означеними правилами розроблена модель велосипедиста та модель контролера коробки перемикачів передач [7] (рис. 1). У якості об'єкта моделювання взято широко застосований міський велосипед (utility bike [8]) із семиступінчастою коробкою перемикачів передач.

Для якісної оцінки отриманої моделі додатково промодельовано аналог існуючого рішення та визначено такі критерії оцінки ефективності методу:

1. Критерій ефективності використання силового ресурсу:

За однакових умов тестування середня швидкість руху V повинна бути якнайбільша.

2. Критерій збереження ресурсу водія:

За однакових умов тестування інтеграл перевищення навантаження на педалях

$\Delta M = M - M_0$ по всьому часу тестування повинен бути якнайменшим.

3. Критерій динамічності руху:

За однакових умов тестування інтеграл від перевищення кутової швидкості обертання педалей величини $\Delta\omega = \omega - \omega_{OH}$ за весь час тестування повинен бути якнайменшим.

Тестування проведено за таких умов – велосипедист рухається прямою дорогою, яка переходить у підйом і знову стає рівною; вхідна сила тиску на педалі постійна, рис. 2.

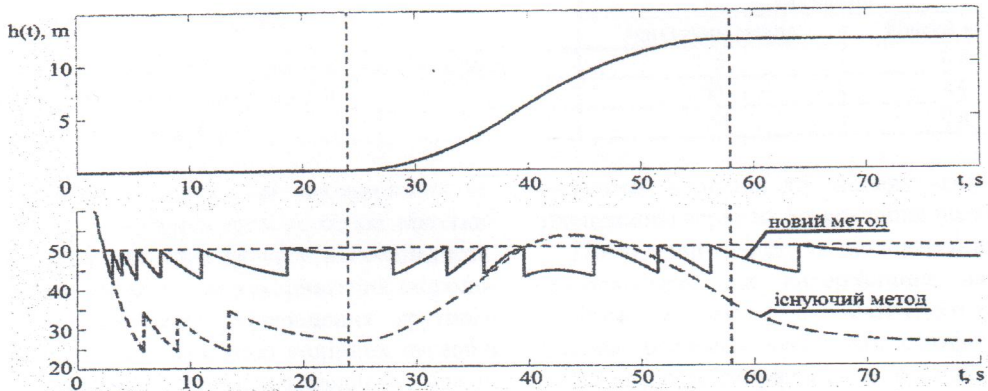


Рис. 2. Графіки зміни нахилу дороги та моментів сили тиску на педалі від часу при використанні моделі існуючого та нового методу

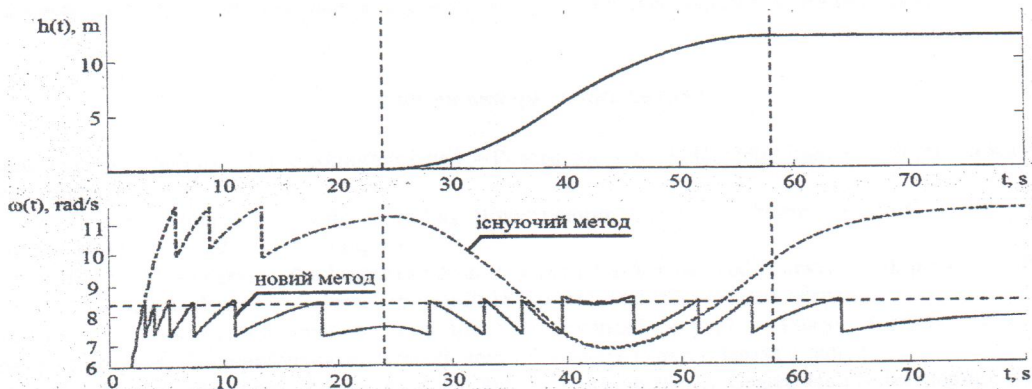


Рис. 3. Графіки зміни нахилу дороги та кутових швидкостей обертання педалей від часу при використанні моделі існуючого та нового методу

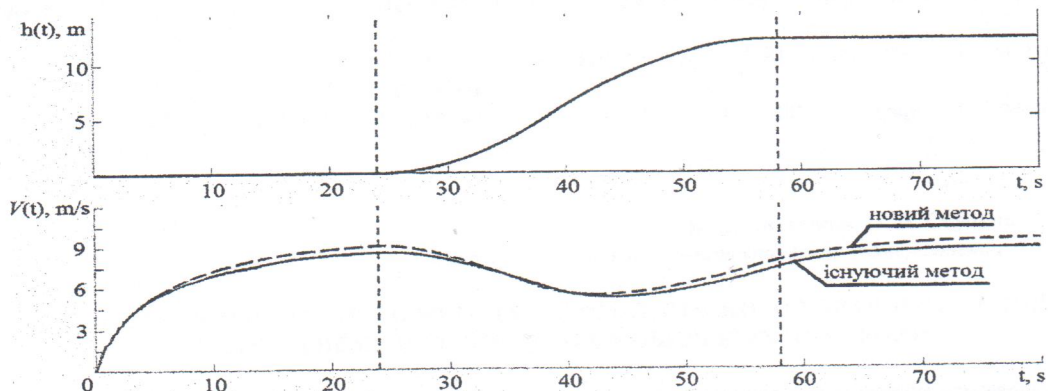


Рис. 4. Графіки зміни нахилу дороги та швидкостей руху від часу при використанні моделі існуючого та нового методу

У запропонованому методі крутний момент на педалях більшу частину часу залишається у встановлених межах, у той час як крутний момент при використанні існуючого методу перевищив максимально допустиме значення (рис. 2). Це призводить до зростання навантаження на суглоби велосипедиста, що прискорює виникнення професійного захворювання. Також можна побачити, що кутова швидкість обертання педалей при застосуванні існуючого методу більше, ніж аналогічна

величина при застосуванні запропонованого методу, та постійно перетинає оптимальну величину, при чому неконтрольовано (рис. 3). Не зважаючи на те, що кутова швидкість обертання педалей більша при використанні існуючого методу, середня швидкість руху виявляється в середньому більшою при застосуванні запропонованого методу (рис. 4).

Оцінка якості двох моделей згідно з визначеними вище критеріями наведена у табл. 1.

Таблиця 1

Числові характеристики якості моделей методів

Критерій	Значення	
	Існуючий метод	Новий метод
Критерій ефективності використання силового ресурсу	6.5	6.8
Критерій збереження ресурсу водія	60	44
Критерій динамічності руху	134	0.4

Перший критерій показує, що використання запропонованого методу призводить до більш ефективного використання силового ресурсу велосипедиста. Другий критерій свідчить, що використання запропонованого методу обмежує перевищення крутного моменту, що запобігає зношенню колінних суглобів та зберігає силовий ресурс велосипедиста. Третій критерій дозволяє зробити висновок, що використання запропонованого методу обмежує перевищення швидкості обертання педалей тим самим підвищуючи

коефіцієнт корисної дії силових затрат, запобігаючи підвищенню втрат на розкручення педалей.

Проведений аналіз та моделювання дають змогу стверджувати, що використання запропонованого комплексного методу автоматичного керування швидкісним режимом мобільних платформ, що приводяться в рух м'язовою силою людини водія, дозволяє оптимізувати швидкісний режим за трьома показниками одночасно та звільняє увагу водія від керування коробкою перемикачів передач.

Список використаних джерел

1. Конвенція про дорожній рух [Електронний ресурс]. – Режим доступу : URL : http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/995_041. – Назва з екрану.
2. Pedal power – the unstoppable growth of cycling [Електронний ресурс]. – Режим доступу : URL : <http://www.bbc.com/news/business-35101252>. – Назва з екрану.
3. The Use of Bicycle Messengers in the Logistics Chain, Concepts Further Revised [Електронний ресурс]. – Режим доступу : URL : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187704281200585X>. – Назва з екрану.
4. Bike makers take automatic transmission for a spin [Електронний ресурс]. – Режим доступу : URL : <https://www.cnet.com/roadshow/news/bike-makers-take-automatic-transmission-for-a-spin>. – Назва з екрану.
5. The Development of the Automatic Transmission for Bicycle Using Internally Geared Hub [Електронний ресурс]. – Режим доступу : URL : http://www.koreascience.or.kr/article/ArticleFullRecord.jsp?cn=DHGGCI_2014_v38n4_393. – Назва з екрану.
6. Harmony™ / Harmony™ H|Sync™ [Електронний ресурс]. – Режим доступу : URL : <http://www.fallbrooktech.com/cycling/harmony>. – Назва з екрану.
7. Nexus INTER-3 Rear Hub [Електронний ресурс]. – Режим доступу : URL : <http://bike.shimano.com/content/sb-bike/en/home/e-bike/shifting/hubs/sg-3d55.html>. – Назва з екрану.
8. The Classification Of Bicycles [Електронний ресурс]. – Режим доступу : URL : <https://hubpages.com/health/classification-bikes>. – Назва з екрану.

В. С. Ситников, П. В. Ступень, А. Е. Франчук,

Одесский национальный политехнический университет, г. Одесса, Украина

ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОГО МЕТОДА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ СКОРОСТНЫМ РЕЖИМОМ НЕМОТОРИЗОВАННЫХ МОБИЛЬНЫХ ПЛАТФОРМ

С ухудшением транспортной ситуации и экологии в городах распространяется использование немоторизованных транспортных средств в повседневной жизни в различных сферах применения – ежедневные перевозки людей (персональные городские велосипеды и велопрокат, велотакси-рикши), перевозки груза (велосипедные грузовые перевозки, велокурьеры). Из-за этого становятся очевидными нагрузки на человека и встают нерешённые проблемы в этом секторе транспорта – например – несовершенство человеческого фактора в процессе управления скоростным режимом. В статье предлагается комплексный метод автоматического управления скоростным режимом мобильной платформы, приводящий к движению мышечной силой человека, за счёт учёта крутящего момента на педалях.

Ключевые слова: городской велосипед; физические ограничения человеческого моторесурса; автоматическое управление; моделирование динамики движения; автоматическая коробка переключения передач (АКПП).

V. S. Sytnikov, P. V. Stupen, A. E. Franchuk,
Odessa National Polytechnic University, Odessa, Ukraine

**THE RESEARCH OF THE SPEED MODE AUTOMATIC CONTROL
COMPLEX METHOD OF NON-MOTORIZED MOBILE PLATFORMS**

With the degradation of the transport situation and ecology in cities, the use of non-motorized vehicles spreads in everyday life in various fields of application - daily transportation of people (personal city bicycles and bicycle rental, bicycle taxi rickshaws), cargo transportation (bicycle freight, bike couriers). Because of this, the loads on person become obvious and unresolved problems arise in this sector of vehicles, for example - imperfection of the human factor in the process of controlling the speed mode. The article proposes the speed mode automatic control complex method of a mobile platform, driven by the human muscular force, by taking into account the torque on the pedals. The proposed method does not depend on the type of mobile platform, since the control is based on the driver's power characteristics that do not depend on the physical characteristics of the vehicle, and can be used on any vehicle driven by human muscular force through pedals, and having a discrete gearbox.

Key words: city bicycle; physical limitations of human motor resource; automatic control; modelling of driving dynamics; automatic gearbox.

Рецензенти: Мусієнко М. П., д-р техн. наук, професор;
Крайник Я. М., канд. техн. наук.

© Ситніков В. С., Ступень П. В., Франчук А. Є., 2017

Дата надходження статті до редколегії 30.05.2017