

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ “ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА”

ВІСНИК

НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
“ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА”

Збірник наукових праць

*Голова Редакційно-видавничої ради –
д-р екон. наук, професор Н. І. Чухрай*

Засновано 1964 р.

№ 866

СЕРІЯ:
**ДИНАМІКА, МІЦНІСТЬ
ТА ПРОЕКТУВАННЯ МАШИН
І ПРИЛАДІВ**

Львів
Видавництво Львівської політехніки
2017

Опубліковані результати науково-дослідних робіт професорсько-викладацького складу інституту інженерної механіки та транспорту Національного університету “Львівська політехніка” та інших авторів. Розглянуті питання динаміки та міцності елементів машин, приладів і транспортних засобів, а також створення й розрахунку перспективного технологічного устаткування.

Для наукових та інженерно-технічних працівників відповідних галузей промисловості.

***Рекомендувала Вчена рада Національного університету “Львівська політехніка”
(протокол № 32 засідання від 28.03.2017 р.)***

***Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації
Серія КВ № 13038-1922Р від 20.07.2007 р.)***

Редакційно-видавнича рада Національного університету “Львівська політехніка”:

проф., д-р екон. наук Н. І. Чухрай (голова);
Л. О. Башко (відповідальний секретар)

Редакційна колегія:

проф., д-р техн. наук І. В. Кузьо (відп. редактор);
проф., д-р техн. наук В. О. Малащенко (заст. відп. редактора);
доц., канд.техн. наук В. М. Гелетій (відп. секретар);
проф., д-р техн. наук І. А. Вікович;
проф., д-р техн. наук Б. І. Кіндрацький;
проф., д-р техн. наук Л. В. Крайник;
доц., д-р техн. наук О. С. Ланець ;
проф., канд. техн. наук В. М. Палаш;
проф., д-р техн. наук В. Р. Пасіка;
проф., д-р техн. наук З. А. Стоцько;
проф., д-р техн. наук Є. Ю. Формальчик;
проф., д-р техн. наук Є. В. Харченко;
проф., д-р наук, Я. Зьобро (Технічний інститут вищої школи в м. Санок, Польща);
проф., д-р наук, Х. Катіца (Університет м. Ніш, Сербія);
проф., д-р наук, С. Клиш (Технічний інститут військової авіації, Варшава, Польща);
проф., д-р наук, К.-Х. Нойман (Західносаксонська вища школа в м. Цвікау, Німеччина);
проф., д-р техн. наук С. Ярошевич (Політехніка Білостоцька, Польща)

Входить до переліку наукових фахових видань, затвердженого МОН України

Адреса редколегії:

*Національний університет “Львівська політехніка”
вул. С. Бандери, 12, 79013, Львів-13
e-mail vislp.dynamika@gmail.com*

*За можливі технічні збіги з іншими науковими працями
автори несуть персональну відповідальність*

ФОРМАЛІЗАЦІЯ СТРУКТУР АВТОМОБІЛЬНИХ ТРАНСМІСІЙ У СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ

О Гащук П. М., Нікіпчук С. В., 2017

Запропоновано відобразити механічну частину трансмісії автомобіля як систему багатоланкових диференціалів з формалізованим аналітичним відображенням процесів її функціонування. Високий рівень формалізму і загальності властивий описові дії механізму у формі рівнянь Лагранжа другого роду. Проте на початковій стадії моделювання доцільніше вважати всі змінні, що визначають динамічний та кінематичний стан механізму, незалежними. Наведення зв'язків – це власне і буде початковою стадією конструювання. Та ці зв'язки доцільно наводити вмотивовано – у процесі узагальненої оптимізації. В такому разі параметрична оптимізація буде водночас і структурним синтезом трансмісії. За критерій оптимальності може правити будь-який вимірник досконалості.

Ключові слова: трансмісія автомобіля, узагальнений диференціал, структурна формалізація, параметрична оптимізація, структурний синтез.

P. Hashchuk, S. Nikipchuk

FORMALIZATION TRANSMISSIONS AUTOMOBILE STRUCTURE IN COMPUTER-AIDED DESIGN

It has offered to display of mechanical transmission of the car as system of many differentials with sectional analytical reflection of formalized processes of its functioning. The high level of formalism and generality are inherent for describe action of mechanism in the form of Lagrange equations of the second kind. However, at the initial stage of design is more appropriate to consider all the variables, that determine the dynamic and kinematic state of mechanism, independent. Putting relations – it actually is the initial stage of construction. And these connections advisable to give motivated – in the generalized optimization. In this case, parametrical optimization will both structural synthesis of transmission. As optimality criterion can be any measure of excellence.

Keywords: transmission car, generalized differential, structural formalization, parametrical optimization, structural synthesis

Мотивація. Ідеологія пошуку найкращого передбачає спочатку ідентифікацію різноманіття можливостей у всій логікою осяжній його повноті, а вже потім – оперування на цьому полі різноманіття (що окреслює усі потенційні можливості) критеріями-ідентифікаторами раціонального, оптимального, досконалого. Щоправда, намагаються вибудувувати системне (!) багатоманіття з якнайбіднішого елементного (!) різноманіття. На цей принцип спирається, приміром, філософія уніфікації і стандартизації технічних новотворів і дериватів-варіатів [1–3]. До слова, й Природа не нехтує саме таким трактуванням власної сутності: зі 110 розпізнаваних Людиною хімічних елементів вона дібрала лише 12, щоби з них витворити понад півмільйона відомих сьогодні речовин-систем і наповнити цими елементами понад 99 % земної кори й атмосфери; а ще астрофізики переконані, що доступні спостереженню у Всесвіті галактики на 98 % складаються

лише з двох найпростіших (і, звісно, найлегших) представників періодичної системи хімічних елементів – водню й гелію.

Розширення меж можливостей – це дія, спрямована на те, аби, часом, не оминати щось корисне серед оригінального, незнаного досі. Ця дія дещо подібна до винахідництва. Та культ новизни у винахідництві часто породжує примарні нововведення, коли – не стільки досконаліше-корисніше, як – просто по-іншому. А от наукова активність обов'язково спрямована на оптимізацію технічних рішень, коли сама оригінальність не відіграє визначальної ролі, не зводиться до самоцілі. Наука підкорила собі технологію формалізму та комп'ютерну логіку і в цьому сенсі стала дуже продуктивною, хоча й дещо рутинною.

У середовищі автоматизованого проектування автомобільних (і не тільки) трансмісій пошукове поле різноманітностей вибудовується засобами цілком формалізованої узагальненої ідентифікації їх структур (а разом з тим, параметрів й характеристик). Саме цілком формалізоване структурування трансмісій автомобіля дає змогу вдатись до якнайзагальнішого алгоритму варіювання їх властивостей [4...5] з метою оптимального залучення трансмісії в автомобіль конкретного призначення. Формалізоване структурування дає можливість проводити узагальнену оптимізацію властивостей трансмісії, коли йдеться про синтез одночасно і структурно, і параметрично окресленої трансмісії з якнайкращими властивостями. Загальна структурно-параметрична оптимізація є, звісно, надзвичайно “сильним” засобом удосконалення трансмісій і автомобілів [6–8].

Було б чудово, якби оригінальне виявилось оптимальним. У такому разі прагнення до розширення можливостей було б безпосередньо винагородженим.

Про формалізацію структури автомобільної трансмісії. Як зазначено, приміром, у [9], кожна механічна система – це система радше з нескінченною кількістю ступенів вільності. Але насправді (вимушено чи/та вмотивовано) її моделюють як систему зі скінченною кількістю ступенів вільності, вдаючись при цьому частіше до формалізму рівнянь Лагранжа другого роду чи загальних рівнянь-законів механіки-фізики відповідно до принципу Д'Аламбера.

Оскільки механічну трансмісію розчленувати на складові можна багатьма способами, то задачі ідентифікації її структури, взагалі кажучи, можна надати найрізноманітніших тлумачень. Цим значною мірою пояснюється багатоманітність структурних побудов у теорії механічних передач [10–16].

Часто у процесі узагальненої оптимізації неважливо, має передача замкнуті контури чи вона є безконтурною, складається з механізмів з нерухомими осями валів чи з планетарних диференціалів, керована фрикціонами чи гальмами, або ж муфтами вільного ходу чи муфтами із синхронізаторами (без синхронізаторів) тощо. В таких випадках бажано обумовити лише те, що передача – механічна і дискретно-керована (керування в даному випадку суть перемикання передач, ступенів) і те, що в ній не передбачено ні спеціальних засобів акумулювання кінетичної енергії, ані режимів імпульсної трансформації. Залучення ж додаткових ознак, за якими вирізняють і класифікують структури, тільки зменшить загальність отримуваних результатів та, звісно, їхню цінність.

Один з найзагальніших методів відображення структур запропоновано в роботі [16]. У межах цього методу механічну трансмісію замінюють на умовну (уявну) систему валів, зв'язок між якими здійснюється через уявні фрикціони. Наприклад, система трьох уявних валів 0 (вхідного), П (проміжного), ∞ (вихідного) і чотирьох уявних фрикціонів Φ' (рис. 1) умовно заступає як передачу з нерухомими осями валів, так і планетарну передачу з реальними валами 0 (вхідним), П (проміжним), ∞ (вихідним) і реальними фрикціонами Φ . Взагалі кажучи, зчпники Z, гальма Г – це механізми фрикційної дії, і їх можна позначати так само, як і фрикціони – через Φ .

Оскільки відповідні рівняння зв'язків та рівняння руху для реальної й уявної передач відрізняються лише сталими множниками, то для цілісного відображення структури крім рівнянь зв'язків та рівнянь руху необхідно вказати ще тільки систему сталих величин, які кількісно характеризуватимуть фактичне розташування керувальних елементів (фрикціонів та гальм) відносно валів.

Такий підхід виявився ефективним у процесі комп'ютерного аналізу механічних передач, які за розімкнутих елементів керування мають два ступені вільності. А от у разі збільшення кількості ступенів вільності одному і тому самому керувальному елементу доведеться ставити у відповідність одночасно декілька сталих величин. Це ускладнює процес аналізу властивостей передач, не кажучи вже про труднощі, що виникають у разі побудови алгоритму синтезу оптимальних передач, коли сталі величини самі по собі виконують роль засобів оптимізації. Очевидно, для ефективного відображення структури передач необхідно відшукати інший спосіб поділу їх на елементи.

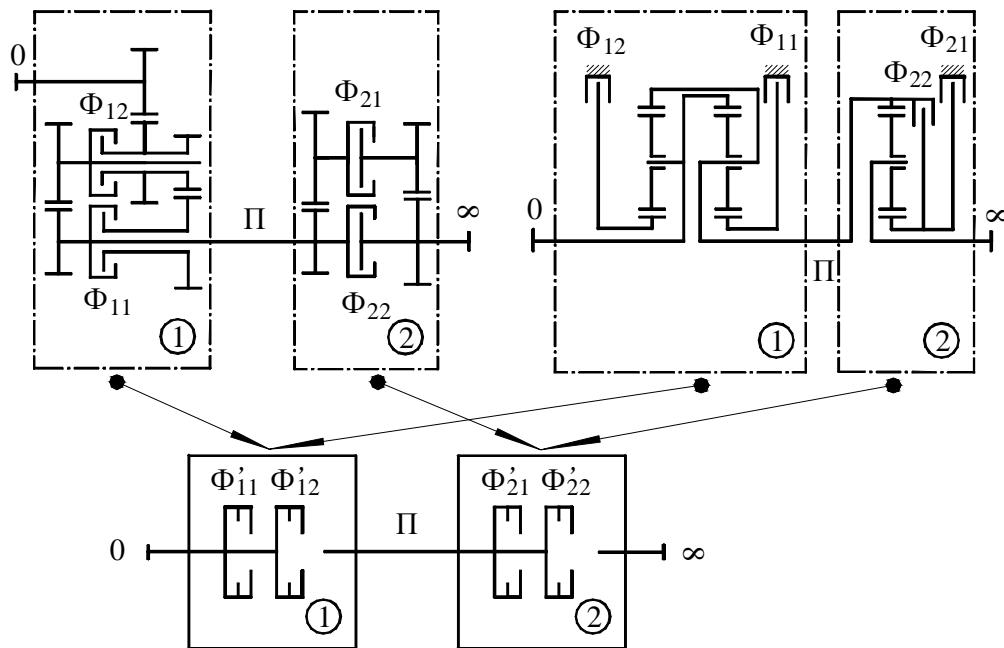


Рис. 1. Узагальнене відображення конкретних механічних передач:
 O , Π , ∞ – вхідний, проміжний, вихідний вали; 1, 2 – узагальнені елементи передач;
 Φ – фрикціони та гальма

Механічний диференціал найзагальнішої структури. У кожній передачі завжди можна вирізнити вузли, деталі яких перебувають у постійній кінематичній взаємодії, незалежно від того, в якому стані перебуває той чи інший елемент керування. Наприклад, схематично зображені на рис. 2 передачі складаються з вузлів $k=1, 2, \mathbf{K}$, на рис. 3 зображено передачі, до складу яких входять також ланки елементів (механізмів) керування Φ_1, Φ_2, \dots . Самі елементи керування цілісно яксті елементи передачі не виділяють; зате в планетарних передачах (рис. 3, б–в) як складову елементу слід передбачити так званий реактор R .

Передачу формують приєднанням ланок Φ_1, Φ_2, \dots кожного з елементів $k=1, 2, \mathbf{K}$ до відповідних ланок Φ_1, Φ_2, \dots інших такого самого штибу елементів чи до ланок реактора. До джерела чи споживача енергії її приєднують вхідними та вихідними валами (або безпосередньо, або через фрикціон).

У загальному випадку кількість джерел енергії та її споживачів довільна. Причому споживачі не обов'язково повинні входити до складу якого-небудь одного елемента; можливо, вони виявляться ланками декількох або навіть кожного з елементів. Тому окремі елементи, що виділяються в передачі, є сенс зобразити одноманітно – схемою, зображеною на рис. 4, а. Якщо ще й “розосередити” реактор R , передбачаючи замість нього гальма $\Gamma_1, \Gamma_2, \dots$, то будь-яку передачу можна відобразити як систему однотипних елементів, схеми яких наведено на рис. 4, б, в.

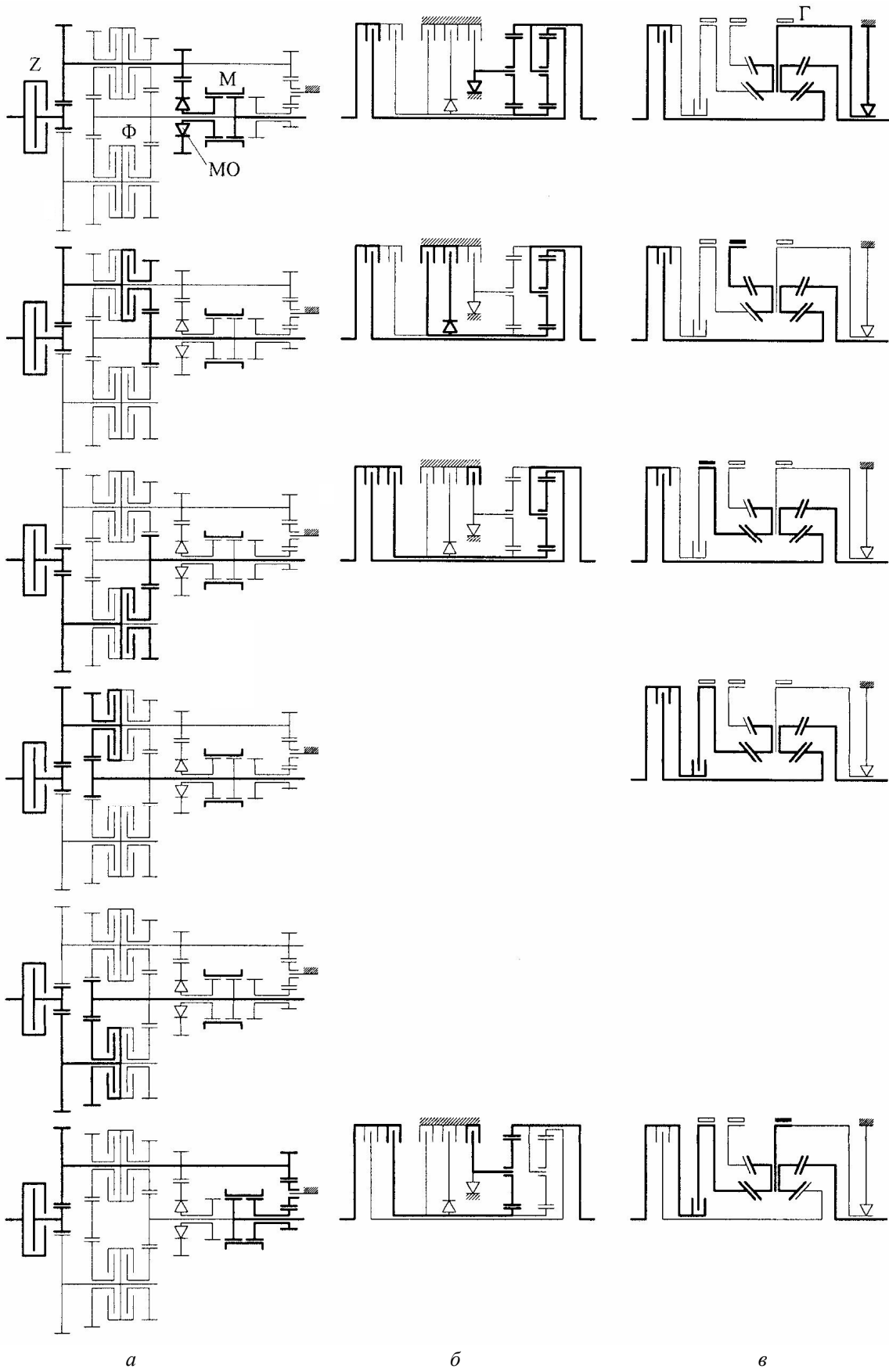


Рис. 2. Схеми скриньок передач з нерухомими осями валів (а) та планетарними механізмами – плоскими (б) й просторовими (в):
 Z – зчіпник; Φ – фрикціон; Г – гальмо; М – муфта; МО – обгінна муфта (муфта вільного ходу)

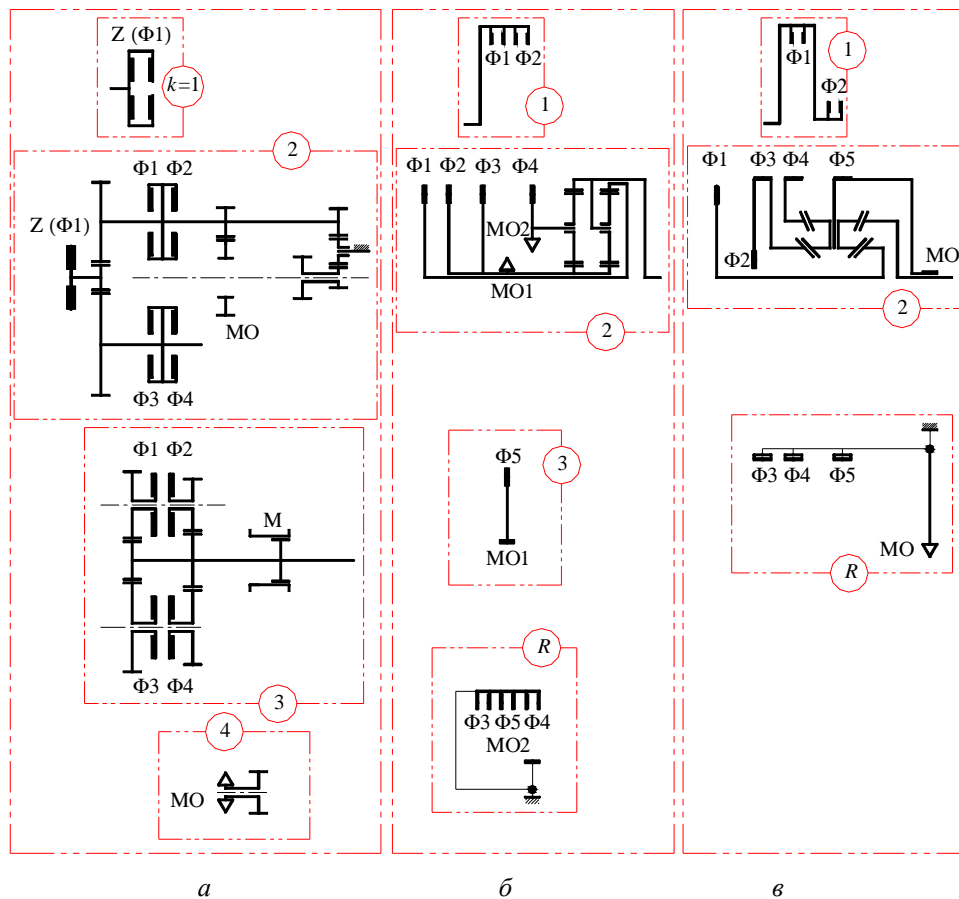


Рис. 3. Структурні елементи скриньок передач з нерухомими осями валів (а) та планетарними механізмами плоскими (б) й просторовими (в)

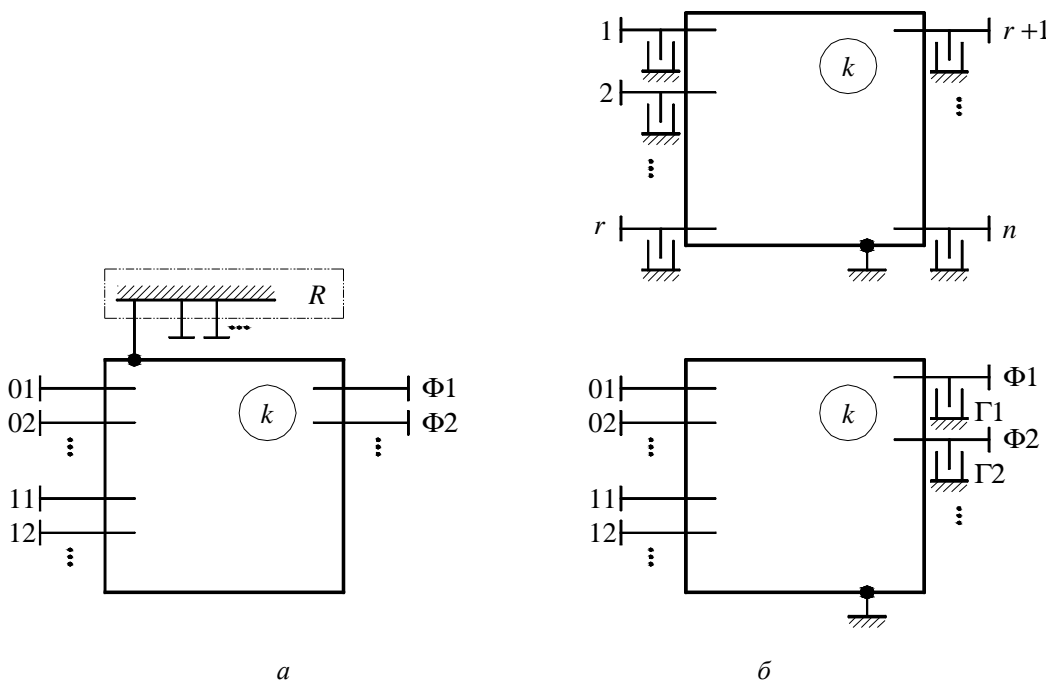


Рис. 4. Узагальнене відображення k -го елемента механічної передачі: 01, 02, ... – вхідні вали; 11, 12, ... – вихідні вали; 1, 2, ..., n – вали, функції яких не окреслено

Зауважмо, тип елементів керування та їх конструкція тут не завжди особливо відрізняються; формально серед елементів керування виділяють гальма і фрикціони. Річ у тім, що роботу будь-якого елемента керування можна вважати результатом конкретного конструктивного втілення певного режиму перемикання фрикціона. Наприклад, робота муфти вільного ходу суть ідеальне перемикання фрикціона, коли можлива тільки однібочна передача потужності від ланки до ланки; гальмо – це фрикціон, одна ланка якого нерухома тощо.

Розглянуті елементи передачі з однаковою підставою можна назвати або диференціалом, або суматором, враховуючи, що кінематичний зв'язок між ланками останнього описується одним або декількома рівняннями типу

$$f_k = \sum_{l=1}^{L_k} a_{olk} \omega_{olk} + \sum_{n=1}^{N_k} a_{lnk} \omega_{lnk} + \sum_{q=1}^{Q_k} a_{qk} \omega_{qk} = 0,$$

де L_k , N_k , Q_k – кількість відповідно вхідних валів, валів вихідних та ланок фрикціонів, що належать k -му елементу передачі; $a = \text{const}$ – кінематичні параметри; ω – кутові швидкості валів та ланок фрикціонів. Надалі перевагу надають назві “диференціал”, хоча необхідно мати на увазі, що елемент в конкретній передачі може виконувати функції суматора (інтегратора) або навіть одночасно, залежно від режиму роботи передачі, як функції диференціала, так функції суматора.

Узагальнене відображення механічної передачі системою багатоланкових диференціалів може принести корисний ефект, звісно, тільки в тому разі, якщо однаковою мірою загальними і цілком формальними будуть застосовувані методи математичного відображення процесів її функціонування.

Математичним описам динаміки диференціальних механізмів можна надати найрізноманітніших форм [15, 17]. Традиційним є опис у формі рівнянь Лагранжа другого роду. Для нього характерний високий рівень формалізму і загальності. Проте на початковій стадії моделювання доцільніше вважати всі змінні, що визначають динамічний та кінематичний стан механізму, незалежними, а не беззастережно оперувати прийнятими в аналітичній механіці поняттями узагальнених координат, в термінах яких, власне, і складаються рівняння Лагранжа.

Рівняння дії багатоланкового механізму. Хай рух деякого механізму описується рівняннями Лагранжа другого роду

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} - \frac{\partial T}{\partial q_i} = Q_i, \quad i = \overline{1, n}, \quad (1)$$

у яких T – кінетична енергія, що накопичується в механізмі до миті часу t ; q_i – узагальнена координата; Q_i – узагальнена зовнішня сила; n – кількість ступенів вільності. На основі цього механізму сконструюємо новий, обмеживши його рух m ідеальними в'язями

$$\sum_{i=1}^n f_{ji}(q_1, \dots, q_n, t) \dot{q}_i + f_j(q_1, \dots, q_n, t) = 0, \quad j = \overline{1, d};$$

$$g_j(q_1, \dots, q_n, t) = 0, \quad j = \overline{d+1, m}. \quad (2)$$

Отже, новий механічний передачі відповідає рівняння (1), у правих частинах яких, окрім сил Q_i , мають фігурувати ще й сили Q'_i , зумовлені реакціями в'язей:

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} - \frac{\partial T}{\partial q_i} = Q_i + Q'_i, \quad i = \overline{1, n}. \quad (3)$$

Робота сил реакцій в ідеальних в'язях на віртуальних переміщеннях – нульова, тобто

$$\sum_{i=1}^n Q'_i \delta q_i = 0, \quad (4)$$

де δq_i – мала віртуальна зміна узагальненої координати q_i .

З рівнянь в'язей (2) випливає, що

$$\sum_{i=1}^n f_{ji} \delta q_i = 0, \quad j = \overline{1, d}, \quad \sum_{i=1}^n \frac{\partial g_j}{\partial q_i} \delta q_i = 0, \quad j = \overline{d+1, m}.$$

Помножмо кожна з цих рівностей на множник v_j , додамо отримані вирази, а результат віднімемо від виразу (4):

$$\sum_{i=1}^n \delta q_i \left(Q'_i - \sum_{j=1}^n v_j f_{ji} \right) = 0. \quad (5)$$

Тут позначено

$$\frac{\partial g_i}{\partial q_i} = f_{ji} \quad (j = \overline{d+1, m}).$$

Вважатимемо, що координати q_1, q_2, \dots, q_{n-m} є незалежними змінними. Підбираючи значення величин v_1, v_2, \dots, v_m так, щоби множники при варіаціях $\delta q_{n-m+1}, \dots, \delta q_n$ у виразах (5) дорівнювали нулю, та враховуючи незалежність перших $n-m$ варіацій, дійдемо висновку, що рівність (4) справджуватиметься лише тоді, коли

$$Q'_i = \sum_{j=1}^m v_j f_{ji}, \quad i = \overline{1, n}.$$

А в такому разі вираз (3) набуде вигляду

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} - \frac{\partial T}{\partial q_i} = Q_i + \sum_{j=1}^m v_j f_{ji} = Q_i + \sum_{j=1}^d v_j f_{ji} + \sum_{j=d+1}^m v_j \frac{\partial g_j}{\partial q_i}. \quad (6)$$

Описаний алгоритм пересічно використовується за необхідності врахувати додаткові в'язі (голономні та неголономні), котрі раніш у рівняннях руху не брались до уваги [18]. Але в цьому випадку висувається задача спрощення процедури складання рівнянь руху механічної передачі. Основна мета, як підкреслювалось, – відмовитись від поділу змінних, що відображають рух складних механізмів, на залежні та незалежні.

Приклад. Розгляньмо для прикладу механічну трансмісію, яка містить планетарну передачу (рис. 5). Передача, що має при розімкнутих гальмах $\Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3$ два ступені вільності, уявним руйнуванням в'язей між певними зубчатыми колесами (наприклад, умовним усуненням зачеплень $a-a$) перетворюється на механізм з п'ятьма ступенями вільності. Рух такого механізму описується рівняннями штибу (1). Якщо ж тепер, навпаки, відновити зачеплення, відображаючи математично в формі (2) зв'язки, виникають, то для опису динаміки відновленого механізму необхідно звернутись до рівнянь (6), що утворені з рівнянь (1) формальним додаванням членів з множниками v . Принцип руйнування-відновлення в'язей дає змогу суттєво формалізувати процес побудови математичних моделей складних за структурою і конструкцією трансмісій (зокрема – за рахунок спрощення процедури визначення узагальнених сил Q_i).

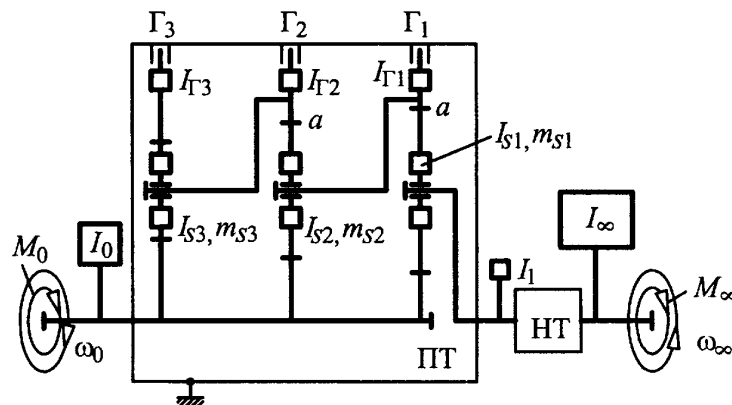


Рис. 5. Схема планетарної передачі: ПТ і НТ – частини трансформатора, що перемикаються і не перемикаються, m і I – маси і моменти інерції деталей передачі; M – обертовий момент

Висновки. Тож будь-яку механічну передачу (або взагалі всю механічну частину трансмісії будь-якої машини) можна ототожнити із системою узагальнених диференціалів за умови, що не передбачено плавного регулювання передатних відношень на робочих режимах функціонування машини. Структурні особливості диференціала, виявляється, можна відобразити у масивах кінематичних параметрів та інерційних параметрів.

Наведені теоретичні міркування підтверджують наявність засобів ефективного відображення структур механічних частин трансмісії автомобілів з найвищим рівнем математичної формалізації. Узагальнене відображення структур трансмісій розкриває можливість при оптимізації конструкцій автомобілів будувати довільні варіації структур трансмісій, а не обмежуватись варіюванням параметрів трансмісії в межах певної структури з подальшим аналізом можливих структур.

Вихідними ланками узагальненого диференціала можна вважати навіть рушійні колеса транспортної чи підйомально-транспортної машини, які, до речі, мають гальма так само, як і вихідні ланки керованих диференціалів трансмісії. Тому, спираючись на таку структурну модель, можна розв'язувати будь-які задачі дослідження розгінних або гальмівних режимів руху машини, аналізу показників роботи машини на усталених режимах або взагалі в робочих циклах, оптимізації параметрів двигуна чи трансмісії або ж гальмової системи автомобіля. Тому узагальненість і універсальність справді є взаємозумовленими.

Для складання рівнянь динаміки нема потреби аналізувати силову взаємодію окремих деталей реальної передачі. Фіктивні змінні спрощують структуру рівнянь динаміки, їх можна вилучити з математичних виразів на будь-якій стадії розв'язування тієї чи іншої задачі, раціонально пристосовуючи модель об'єкта до алгоритму пошуку розв'язку. Лаконізм і простота математичного опису визначають малу трудомісткість процесу синтезу математичної моделі та процесу формалізації оптимізаційних задач.

1. Гащук П. М., Войтків С. В. Способи створення уніфікованих автобусів різного призначення // Вісник Львів. держ. ун-ту безпеки життєдіяльності, 2014. – № 9. – С. 41 – 52. 2. Гащук П. М., Войтків С. В., Курач Б. В. Ідентифікація поколінь автобусів за уніфікаційним критерієм // Вісник Львів. держ. ун-ту безпеки життєдіяльності. – 2014. – № 10. – С. 32 – 55. 3. Гащук П. М., Войтків С. В., Курач Б. В. Використання поняття інтегрального модуля для формування типажних проектів автобусної техніки // Вісник Львів. держ. ун-ту безпеки життєдіяльності, 2014. – № 10. – С. 56 – 75. 4. Гащук П. Н. Формалізація відображення структур трансмісій автомобілів // Тематичний збірник: Питання динаміки та синтезу ГМП. Вип. 2. Львів. політехн. ін-т. Львів, 1985, – 34 с. – Деп. в УкрНДІНТІ, № 2801/85. 5. Гащук П. Н. Синтез обобщенной трансмиссии транспортной машины // Вестн. Львов. политехн. ин-та: Технология машиностроения и динамическая прочность машин. – Львов: Вища шк., 1983. – № 170. – С. 22-24. 6. Гащук П. Н. Энергетическая эффективность автомобиля. – Львов: Світ, 1992. – 208 с. 7. Mitschke M., Wallentowitz H. *Dynamik der Kraftfahrzeuge*. – Springer, 2010. – 709 s. 8. Jazar R. N. *Vehicle Dynamics: Theory and Application*. – New York: Springer Science+Business Media, LLC, 2008. – 1015 p. 9. Гащук П. М., Зорій І. Л. Динамічний аналіз лінійних моделей пружно-жорстких механічних систем. – Львів: Українські технології, 2005. – 320 с. 10. Дружинский И. А. *Механические цепи*. – Л.: Машиностроение, 1977. – 240 с. 11. Шац Я. Ю., Слоневский Р. В., Шох Е. С. *Проектирование оптимальных соосных передач на ЕЦВМ*. – М.: Машиностроение, 1965. – 248 с. 12. Иванченко П. Н., Сушков Ю. А., Ващец А. Д. *Автоматизация выбора схем планетарных коробок передач. Справочное пособие*. – Л.: Машиностроение, 1974. – 234 с. 13. Кирдяшев Ю. Н. *Многопоточные передачи дифференциального типа*. – Л.: Машиностроение, 1981. – 223 с. 14. *Планетарные передачи. Справочник / под ред. В. Н. Кудрявцева и Ю. Н. Кирдяшева*. – Л.: Машиностроение, 1977. – 535 с. 15. Волков Д. П., Крайнев А. Ф. *Трансмиссии строительных и дорожных машин. Справочное пособие*. – М.: Машиностроение, 1974. – 424 с. 16. Ott A., Wigggenhauser P. *Simulation der Schaltung von Gruppengetrieben mit Hilfe elektronischer Rechenanlagen*. – ATZ 74 (1972), Nr 9, S. 343 – 348; Nr11, S. 453 – 455. 17. Имедашвили К. А. *О динамике зубчатого дифференциала в комбинированных системах* // Машиностроение, 1965, № 6. – С. 28 – 33. 18. Парс Л. А. *Аналитическая динамика / пер. с англ.* – М.: Наука, 1971. – 636 с.

ЗМІСТ

ДИНАМІКА ТА МІЦНІСТЬ МАШИН

<i>Гаврильченко О. В., Корендій В. М., Захаров В. М.</i> Формування математичних моделей три- і чотиримасових коливних систем вібровикінчувальних верстатів	3
<i>Гелетій В. М., Новіцький Я. М., Кий А. В.</i> Комп'ютерне моделювання динаміки канатних транспортувальних систем	12
<i>Горбай О. З., Зінко Р. В., Керницький І. С.</i> Просторові секційні модулі колісних транспортних засобів.....	18
<i>Гурський В. М., Кузьо І. В.</i> Забезпечення працездатності механічної системи з трьома ступенями вільності за результатами її імітаційного моделювання	26
<i>Дивеев Б. М.</i> Динаміка колони обсадних труб з врахуванням жорсткості муфт	32
<i>Кіндрацький Б. І., Осмак О. А.</i> Вплив вторинного підресорювання на вібро-навантаженість об'єкта транспортування спеціалізованим автомобілем	40
<i>Корендій В. М., Кузьо І. В.</i> Синтез геометричних параметрів та аналіз кінематики пантографного механізму крокування мобільної роботомеханічної системи	46
<i>Литвиняк Я. М.</i> Моделювання процесу безперервного формоутворення дисковими фрезами зубців з модифікованим профілем у прямозубих зубчастих колесах.....	54
<i>Малащенко В. О., Стрілець О. Р., Стрілець В. М.</i> ККД диференціальних передач із внутрішнім і зовнішнім зачепленнями зубців у пристроях для керування змінами швидкості через епіцикл	62
<i>Палаш В. М., Дзюбик А. Р., Хомич І. Б.</i> Особливості будови зварного з'єднання зі сталі типу 35 ХМ, з аустенітним швом	69
<i>Пасіка В. Р.</i> Порівняльний аналіз динамічного зрівноваження вихідного й удосконаленого корбо-поковзневого механізму	74
<i>Сокіл Б. І., Сокіл М. Б.</i> Вимушені коливання гнучких трубчастих тіл, вздовж яких рухається суцільний потік середовища.....	80
<i>Сологуб Б. В., Данило Я. Я., Предко Р. Я.</i> Особливості розрахунку приводів пасажирських канатних доріг.....	86
<i>Топільницький В. Г., Сокіл М. Б., Ребот Д. П., Кусий Я. М.</i> Математичне моделювання динамічних процесів завантаження вібраційних технологічних машин	92
<i>Білоус Б. Д., Білоус А. Б.</i> Концептуальні засади методики розрахунку поздовжньо стиснутих стрижневих пружних елементів клапанних запірних пристроїв.....	99
<i>Ланець О. В., Гелетій В. М.</i> Дослідження тримасової резонансної вібраційної машини з аероінерційним приводом.....	106

ПРОЕКТУВАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ

<i>Афонін М. О., Постранський Т. М.</i> Вплив дорожніх умов на показники функціонального стану водія	112
<i>Бойків М. В., Марій Р. А.</i> Безпечна дистанція руху автомобілів у транспортних потоках з урахуванням функціонального стану водія.....	116
<i>Воронков О. А., Роговський І. Л.</i> Оцінка ефективності транспортно-технологічних систем у галузі рослинництва	121
<i>Гащук П. М., Нікіпчук С. В.</i> Формалізація структур автомобільних трансмісій у системах автоматизованого проектування.....	126

<i>Гілевич В. В., Могила І. А., Міхоцький О. С.</i> Врахування інтенсивності пішохідного потоку у розрахунках режиму роботи світлофорного об'єкта.....	134
<i>Ланець О. С., Грицинь О. М.</i> Зміна швидкості руху пішохідних потоків зоні регульованих перехресть	139
<i>Житенко О. В., Приходько В. Е.</i> Оцінювання комфортності умов руху пішоходів	143
<i>Жук М. М., Ковалишин В. В., Цір Р. М.</i> Поведінка водія за кермом на регульованих перехрестях	148
<i>Кічкін О. В., Кічкіна О. І.</i> Удосконалення інформаційного забезпечення управління діяльністю транспортного підприємства.....	152
<i>Клюєв С. О.</i> Зниження зносу в системі “колесо-рейка” удосконаленням автоматизації процесу лубрикації гребеня колеса.....	157
<i>Крайник Л. В., Рубан Д. П., Рубан Г. Я.</i> Витрати у взаємозв'язку з термінами експлуатації міських автобусів	162
<i>Кристончук М. Є.</i> Вплив місць розташування об'єктів транспортної інфраструктури на просторовий розвиток міста	166
<i>Крупа В. І., Вельган В. І., Житенко О. В.</i> Аналіз якості обслуговування пасажирів громадського транспорту м. Львова	171
<i>Куш Є. І.</i> Комплексний підхід до оцінювання ефективності міських логістичних систем	176
<i>Миськів Т. Г.</i> Динаміка автомобіля з дискретно-змінною і неперервно-змінною трансмісією.....	181
<i>Нємий С. В.</i> Техніко-економічний аспект уніфікації архітектурних форм кузовів автобусів.....	188
<i>Нємий С. В., Бритковський В. М.</i> Експлуатаційна ефективність системи електроживлення автомобілів	195
<i>Овчар П. А.</i> Імплементация державою європейських вимог у галузі пасажирських перевезень в Україні.....	202
<i>Оліскевич М. С.</i> Алгоритм оптимізації транспортних циклів міжміських вантажних перевезень.....	206
<i>Пельо Р. А.</i> Взаємозумовленість критеріїв оцінювання якості керування системою “двигун-трансмісія” за надлишкового перекриття передач.....	211
<i>Понкратов Д. П., Доля К. В.</i> Система обмежень на параметри перевезень пасажирів громадським транспортом	216
<i>Постранський Т. М., Сотнікова А. О.</i> Вплив монотонності роботи водія на функціональний стан його організму.....	221
<i>Ройко Ю. Я., Бура Р. Р.</i> Аналіз впливу трамваїв на безпеку руху.....	225
<i>Савченко Л. А.</i> Методика розрахунку тарифів на послуги пасажирського автомобільного транспорту.....	230
<i>Тхорук Є. І., Кучер О. О., Голотюк М. В.</i> Оцінка показників надійності транспортних систем.....	234
<i>Форнальчик Є. Ю., Виджак М. А.</i> Про оптимізацію періодичності технічного обслуговування автобусів	239

CONTENTS

DYNAMICS AND STRENGTH OF MACHINES

<i>Havrylchenko O., Korendiy V., Zakharov V.</i> Formation mathematical model three- and four mass oscillatory systems of vibrating finishing machines	3
<i>Heletiy V., Novitskyy Ya., Kyi A.</i> Computer modeling of the dynamics of rope transport systems	12
<i>Horbay O., Zinko R., Kernytskyy I.</i> A sectional 3D modulus of wheeled vehicles	18
<i>Gursky V., Kuzio I.</i> Ensure of efficiency of the 3-dof mechanical system by simulation	26
<i>Diveiev B.</i> Dynamics of columns of pipes with given the stiffness of the couplers.....	32
<i>Kindratskiy B., Osmak O.</i> Influence of secondary suspension on oscillations of transportation object by specialized car.....	40
<i>Korendiy V., Kuzio I.</i> Synthesis of geometric parameters and analysis of the kinematic of the pantograph mechanism of walking mobile robotic system	46
<i>Lytvynyak Ya.</i> Continuous shaping process simulation by disk milling cutters of modified profile indents in spur gear-wheels	54
<i>Malashchenko V., Strilets O., Strilets V.</i> Efficiency differential transmission with internal and external gearing in devices for speed control with epicyclical gears	62
<i>Palasch V., Dzubyk A., Khomych I.</i> Structural features of the weld with steel 35HM type with austenite sea.....	69
<i>Pasika V.</i> Comparative analysis of dynamical balancing of output and improved slider- crank mechanisms.....	74
<i>Sokil B., Sokil M.</i> Forced oscillations of the tubular body along which moves a continuous flow homogenous environment.....	80
<i>Solohub B., Danylo Ya. Predko R.</i> Features of calculation of suspension cable installations	86
<i>Topilnytskyy V., Sokil M., Rebot D., Kusyy Ya.</i> Modeling of dynamical loading processes in technological vibratory machines	92
<i>Bilous B., Bilous A.</i> Conceptual principles of design procedure longitudinal – compression rod elastic elements of the transmission mechanism stop valves devices.....	99
<i>Lanets' O., Heletiy V.</i> Research of three-mass resonance equipment with aero-inertial drive.....	106

DESIGN AND OPERATION OF AUTOMOBILE TRANSPORT SYSTEMS

<i>Afonin M., Postrans'kyy T.</i> The impact of road conditions on indicators of the functional state of the driver	112
<i>Boykiv M., Mariy R.</i> Safe distance of vehicles in traffic flows considering the functional state of the driver	116
<i>Voronkov O., Rohovs'kyy I.</i> Analytical schematization of effectiveness transport and technological systems of crop production	121
<i>Hashchuk P., Nikipchuk S.</i> Formalization transmissions automobile structure in computer-aided design.....	126
<i>Hilevykh V., Mohyla I., Mikhots'kyy O.</i> Considering the intensity of pedestrian flow regime in the calculation of traffic light object.....	134
<i>Lanets O., Hrytsun O.</i> Change of speed of the pedestrian flows in the area of regulated intersections	139
<i>Zhytenko O., Prykhod'ko V.</i> Study of comfort pedestrian traffic conditions	143
<i>Zhuk M., Kovalyshyn V., Tsir R.</i> Driver behavior behind the wheel on a regulated intersections	148

<i>Kichkin O., Kichkina O.</i> Improvement of information support management of transport company	152
<i>Klyuyev S.</i> Wear reduction in the “wheel-rail” by improving automation lubrication wheels flange process	157
<i>Kraynyk L., Ruban D., Ruban H.</i> Expenses in interrelation with lifetime city bus	162
<i>Krystopchuk M.</i> Placement objects of transport infrastructure and spatial development of cities.....	166
<i>Krupa V., Velhan V., Zhytenko O.</i> Researching of service quality in public transport in Lviv city	171
<i>Kush Y.</i> Effectiveness of city logistics systems	176
<i>Myaskiv T.</i> Vehicle dynamics with discrete-variable and continuously-variable transmission.....	181
<i>Niemyi S.</i> Technical and economic aspect of the unification of architectural forms of bus body	188
<i>Niemyj S., Brytkovskyi V.</i> The operational efficiency of the power supply system of vehicles.....	195
<i>Ovchar P.</i> The implementation of the government european requirements in the field of passenger transport in Ukraine.....	202
<i>Oliskevych M.</i> The optimizing algorithm of long-distance freight transportation cycles	206
<i>Pelio R.</i> The evaluation criteria of interdependence of quality management of system “engine-transmission” at excess overlapping at superfluous overlapping of transfer	211
<i>Ponkratov D., Dolya K.</i> Formation of system restrictions on the parameters transport of passengers by public transport	216
<i>Postrans'kyy T., Sotnikova A.</i> The impact of monotony work of the driver on the functional state of his organism	221
<i>Royko Y., Bura R.</i> Impakt of tram on accidente and capacity of road network.....	225
<i>Savchenko L.</i> Implementation of innovative approaches in calculating tariffs for road passenger transport services.....	230
<i>Tkhoruk Y., Kucher O., Holotyuk M.</i> Evaluation of indicators of reliability of transport systems	234
<i>Fornalchyk Y., Vydzhak M.</i> On the optimization of periodicity technical service of buses	239

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

ВІСНИК

Національного університету
“Львівська політехніка”

Збірник наукових праць

Засновано 1964 р.

№ 866

СЕРІЯ:

ДИНАМІКА, МІЦНІСТЬ ТА ПРОЕКТУВАННЯ МАШИН І ПРИЛАДІВ

Редактор *Ольга Дорошенко*
Комп'ютерне верстання *Наталії Максимюк*
Художник-дизайнер *Анна Христонько*

Здано у видавництво 05.07.2017. Підписано до друку 21.11.2017.

Формат 60×84¹/₈. Папір офсетний. Друк на різнографі.

Умовн. друк. арк. 28,8. Обл.-вид. арк. 22,6.

Наклад 100 прим. Зам. 171146.

Видавець і виготівник: Видавництво Львівської політехніки
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4459 від 27.12.2012 р.

вул. Ф. Колесси, 4, Львів, 79013

тел. +380 32 2582146, факс +380 32 2582136

vlp.com.ua, ел. пошта: vnr@vlp.com.ua