

УНІВЕРСАЛЬНИЙ З'ЄДНУВАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ПРИВОДІВ

Спруогіс Б., доктор технічних наук, Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса, Вільнюс, Литва

Прентковський О., доктор технологічних наук, Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса, Вільнюс, Литва

Клименко І.С., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна

Белятинський А.О., доктор технічних наук, Національний авіаційний університет, Київ, Україна

UNIVERSAL CONNECTING FOR TRANSMISSION

Spruogis B., Vilnius Gediminas Technical University, Vilnius, Lithuania

Prentkovskis O., Vilnius Gediminas Technical University, Vilnius, Lithuania

Klimenko I.S., National Transport University, Kyiv, Ukraine

Beljatsinskij A., National Aviation University, Kyiv Ukraine

УНИВЕРСАЛЬНОЕ СОЕДИНИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПРИВОДОВ

Спруогіс Б., доктор технических наук, Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса, Вильнюс, Литва

Прентковский О., доктор технологических наук, Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса, Вильнюс, Литва

Клименко Ирина Станиславовна, кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Белятинский Андрей Александрович, доктор технических наук, Национальный авиационный университет, Киев, Украина

Постановка проблеми.

Зростання переданих потужностей і швидкостей обладнання супроводжується інтенсифікацією коливальних явищ в системах, різко підвищують їх динамічну навантаженість [1]. Прогресивність створюваного обладнання полягає в їх простоті, надійності і універсальності застосування. Проблеми, пов'язані із стабілізацією обертального руху елементів механічних передач і їм супутні, вивчалися і вивчаються упродовж багатьох десятиріч. Дослідники різних країн виконують схожі і в той же час своєрідні дослідження в даній області. Не виключенням є і литовські вчені – Антанас-Пятрас Каволеліс, Казімієрас Рагульскіс, Минвидас Рагульскіс, Бронісловас Спруогіс, Марійонас Богдявичюс, Еугеніюс Юрконіс, Витаутас Турла, Витаутас-Казімієрас Аугустайтіс та ін. Данною проблематикою займалися Лебедєв С.О., Пеньков О.І., Леонов М.Я та інші. У даній роботі пропонується універсальний з'єднувальний пристрій для приводів у вигляді ексцентричної кільцевої пружно-відцентрової муфти (ЕКПВМ) [2], яка має універсальні можливості: стабілізує обертальний рух, оберігає привід від перевантаження, компенсує неспіввідповідності з'єднувальних валів, при певному підборі параметрів, вона може виконувати роль джерела збуджувальника вібрацій з певним рівнем частоти і амплітуди коливань.

Метою роботи є дослідження кільцевої пружно-відцентрової муфти.

Ведуча напівмуфта ЕКПВМ (рис. 1) являє собою урівноважений відносно вісі обертання ексцентрик 1, жорстко насаджений на ведучий вал і маточину, яка може провертатися на своєрідному шарикопідшипнику 5 відносно ексцентрика. Жорстке кільце (маточина) 4 має два діаметрально протилежно-спрямованих хвостовика 6 і 7 різної довжини, до кінців яких жорстко прикріплене пружне кільце 3.

Відома напівмуфта представлена у вигляді стрижня 2, вісь якої перпендикулярна вісі веденого валу і одночасно (при нульовій деформації муфти) перпендикулярна загальної вісі хвостовиків 6 і 7 ведучої напівмуфти. Стержень закінчується двома хвостовиками, до яких жорстко прикріплено пружне кільце 3.

При обертанні без навантаження або в статичному положенні вісь хвостовиків відомої напівмуфти становить прямий кут із загальною віссю хвостовиків 6 і 7 ведучої напівмуфти.

При обертанні ведучої частини з певними оборотами (за напрямом стрілки) під дією крутного навантаження ексцентрик повертається на певний кут щодо маточини. Геометричний центр S ексцентрика 1 відходить наліво вниз від горизонтальної площини, що проходить через вісь з'єднувальних валів. Як показали експерименти, вісь хвостовиків 6 і 7 ведучої напівмуфти при деформації муфти зміщується приблизно паралельно первісному положенню.

Осьова лінія пружного кільця при обертанні під впливом відцентрових сил прагне прийняти форму ідеальної окружності. Якщо кільце має пружність і в статичному положенні, то потенційні сили також прагнуть повернути кільце до ідеальної окружності, тим самим зменшити кут скручування муфти. При певній кутовій швидкості встановлюється відповідне динамічна рівновага муфти, що характеризується певним кутом скручування і певної деформації пружного кільця.

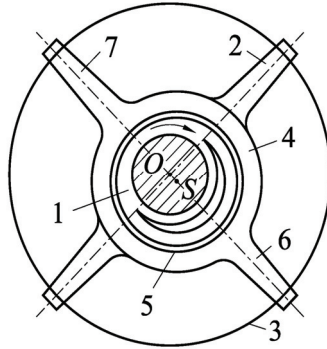


Рисунок 1 – Ексцентрична кільцева пружно-відцентрова муфта (ЕКПВМ)

Дана муфта при дотриманні умов повертання може виконувати функцію запобіжної муфти. Умова повертання має вигляд:

$$c = \frac{-(2R - \delta) + \sqrt{R^2(\pi - 4) + 3\delta^2 + 4\delta R(1 - \pi\delta)}}{4}, \quad (1)$$

де c – ексцентриситет муфти (відстань OS на рис.1.); R – радіус пружного кільця; δ – довжина затискування кільця.

Характеристика муфти представлена залежністю переданого крутного моменту від кута деформації $\alpha_1 - \alpha_2$, яка представлена на рис. 2.

Залежність переданого муфтою крутного моменту від конструктивних і експлуатаційних параметрів представлена на рис. 3, де $E \cdot I$ – жорсткість кільця; γ – погонна маса кільця.

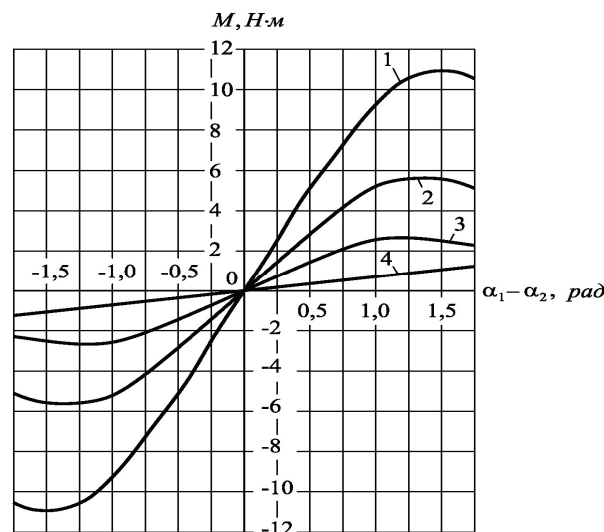


Рисунок 2 – Характеристика муфты при $R = 80 \text{ мм}$, $e = 10 \text{ мм}$, $\omega = 150 \text{ с}^{-1}$, $\gamma = 0,16 \text{ кг/м}$:
 $1 - t_k = 1,0 \text{ мм}$; $2 - t_k = 0,8 \text{ мм}$; $3 - t_k = 0,6 \text{ мм}$; $4 - t_k = 0,4 \text{ мм}$ (t_k – товщина кільця)

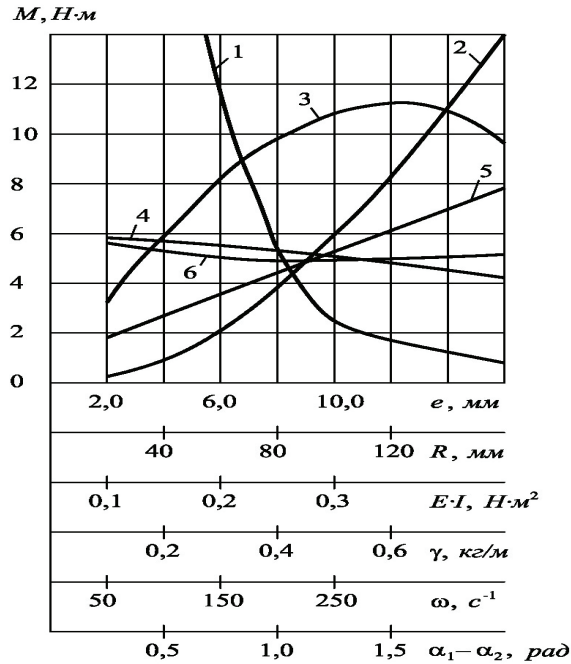


Рисунок 3 – Залежність переданого муфтою крутного моменту від конструктивних і експлуатаційних параметрів при $R = 80 \text{ мм}$, $e = 10 \text{ мм}$, $\omega = 150 \text{ с}^{-1}$, $\gamma = 0,16 \text{ кг/м}$, $E \cdot I = 0,66 \text{ Нм}^2$, $\alpha_1 - \alpha_2 = 0,5236 \text{ рад}$: 1 – $M = f(R)$; 2 – $M = f(e)$; 3 – $M = f(\alpha_1 - \alpha_2)$; 4 – $M = f(\omega)$; 5 – $M = f(EI)$; 6 – $M = f(\gamma)$

Аналіз стійкості передачі крутного моменту

У зв'язку з тим, що ЕКПВМ може працювати як стабілізуючий пристрій обертального руху, дана муфта при певних параметрах переданого крутного моменту і ексцентриситету може стати збудником вібрацій з певними значеннями амплітуд. При роботі муфти в режимі стабілізуючого пристрою приводу необхідно визначити зону стійкої роботи при передачі крутного моменту [4].

Згідно [5] отримуємо наступну умову передачі крутного моменту:

$$\left(c \frac{EI}{R^3} - 2c_0c_2\gamma\omega^2 R \right) \cos(\alpha_1 - \alpha_2) - 2c_0(c_1 - c_2)\gamma\omega^2 R \cos 2(\alpha_1 - \alpha_2) + mee_0\omega^2 \cos(\alpha_1 - \alpha_2) > 0, \quad (2)$$

де коефіцієнти c_i відповідають значенням, представленим у роботах [1,5].

Для аналізу нерівності (2) введемо позначення:

$$c \frac{EI}{R^3} - 2c_0c_2\gamma\omega^2 R + mee_0\omega^2 = f \quad (3)$$

$$2c_0(c_1 - c_2)\gamma\omega^2 R = h \quad (4)$$

Розклавши вираз (2) на множники, знайдемо:

$$\left(\sqrt{\left(\frac{f}{4h}\right)^2 + \frac{1}{2} - \frac{f}{4h} - \cos(\alpha_1 - \alpha_2)} \right) \left(\sqrt{\left(\frac{f}{4h}\right)^2 + \frac{1}{2} - \frac{f}{4h} + \cos(\alpha_1 - \alpha_2)} \right) > 0. \quad (5)$$

Для задоволення останньої нерівності необхідно, щоб обидва множники були більше нуля, так як в реальних умовах вони не можуть бути негативними одночасно. Виявляється, що при невеликій

величині відношення f/d перший множник нерівності (5) може бути негативним при малій крутильній деформації муфти. Перший множник буде позитивним при:

$$\frac{f}{d} > 1. \quad (6)$$

Характеристика муфти $M = f(\alpha_1 - \alpha_2)$ з цього випадку ілюструється кривою 1 на рис. 4. Так як негативність першого множника вводить на початку характеристики муфти увігнуту петлю нестійкості (крива 2 на рис. 4), практично відношення f/d має задовольняти умові (6). На рис. 4 (крива 2) відрізок ОВ відповідає довжині зони деформації муфти при негативному моменті. Точка А – початок стійкості роботи муфти, точка В – початок позитивного моменту.

Практично стійка деформація муфти (починаючи від нульового кута закручування) можлива лише при задоволенні умови:

$$c > 2c_0c_1\gamma \frac{R^4}{EI} \omega^2 \quad (7)$$

З нерівності (7) можна визначити критичну кутову швидкість обертання муфти:

$$\omega < \frac{1}{R^2} \sqrt{\frac{cEI}{2c_0c_1\gamma}} \quad (8)$$

Залежність критичної кутової швидкості обертання муфти від радіуса кільця представлена на рис. 5, де заштриховані площі показують зони стійкої роботи муфти при різних жорсткості кільця. Умова позитивності другого множника нерівності (5) визначає вищу граничну точку стійкої деформації муфти (рис. 4) у зоні:

$$0 < (\alpha_1 - \alpha_2) < \frac{\pi}{2} + \Delta(\alpha_1 - \alpha_2), \quad (9)$$

де $\Delta(\alpha_1 - \alpha_2)$ визначається з умови:

$$\Delta(\alpha_1 - \alpha_2) = \arcsin \left(\frac{1}{2c_0(c_1 - c_2)\gamma\omega^2 R} \sqrt{\left(c \frac{EI}{R^3} - 2c_0c_2\gamma\omega^2 R \right)^2 + 2(c_0(c_1 - c_2)\gamma\omega^2 R)^2} - \frac{c \frac{EI}{R^3} - 2c_0c_2\gamma\omega^2 R}{8c_0(c_1 - c_2)\gamma\omega^2 R} \right). \quad (10)$$

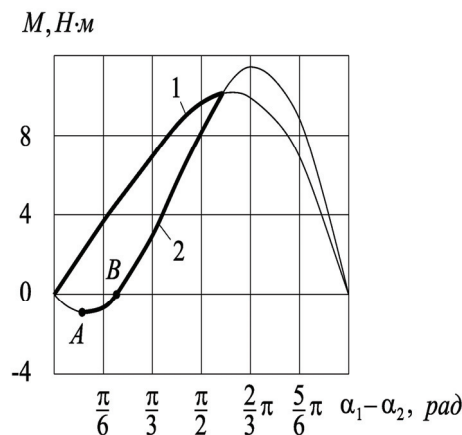


Рисунок 4 – Характеристика муфти: 1 – $f > d$, $e = 10$ мм, $\gamma = 0,16$ кг/м, $\omega = 150$ с⁻¹, пружне кільце $R = 80$ мм, $E \cdot I = 0,1$ Нм²; 2 – $f > d$, пружне кільце $R = 200$ мм, $E \cdot I = 1,75$ Нм²

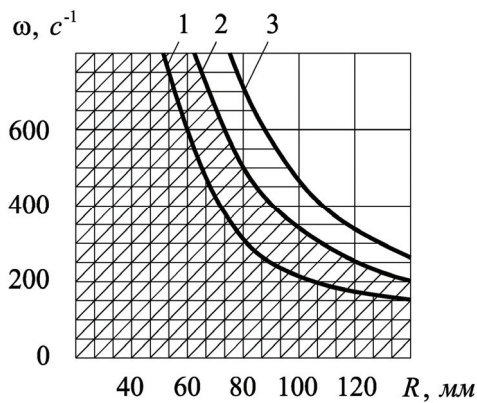


Рисунок 5 – Залежність критичної кутової швидкості обертання муфти від радіуса пружного кільця при його різних жорсткостях, $\gamma = 0,16 \text{ кг/м}$: 1– $E \cdot I = 0,05 \text{ Нм}^2$, 2 – $E \cdot I = 0,10 \text{ Нм}^2$, 3 – $E \cdot I = 0,20 \text{ Нм}^2$

Отже, запропонований універсальний з'єднувальний пристрій для валів приводів має наступні властивості:

- 1) може бути запобіжним при необхідному значенні ексцентриситету e , визначеним умовою (1), без руйнування сполучних зв'язків;
- 2) при відповідному підборі параметрів є стабілізатором обертального руху і компенсатором неспіввісності з'єднувальних валів;
- 3) при певному підборі параметрів воно служить збудником вібрацій – що знаходить велике застосування, наприклад при спрощенні приводів вібросит для сортування сипучих матеріалів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Спруогис Б. Устройства для передачи и стабилизации вращательного движения. Монография. Вильнюс: Техника, 1997. – 476 с.
2. А. С. 361300 СССР, F16 D 43/14. Упругоцентробежная муфта. А.-П. Каволелис, Б. П. Спруогис, 1973. – Бюл. 1.
3. Spruogis B., Turla V., Jakštas, A. Universal coupling for the shafts of actuators in mechatronic systems // Solid State Phenomena, Vol. 113. Trans. Tech. Publication Inc., 2006. P. 199–203.
4. Каволелис А.-П., Норвилас Г., Спруогис Б., Януленис Л. К вопросу об определении положений динамических равновесий инерционных механизмов с упругими элементами // Инерционно-импульсные механизмы, приводы и устройства. Труды I-ой всесоюзной научной конференции. Сборник № 134. Челябинск, 1974. С. 129–133.
5. Спруогис Б. Исследование по динамике и разработкам стабилизирующих устройств вращательного движения на основе центробежных масс. Дис. канд. техн. наук. Вильнюс: ВИСИ, 1975. – 215 с.

REFERENCES

1. Spruogis B. Devices for a transmission and stabilizing of rotatory motion. Monograph. Vilnius: Technique, 1997. - 476 p. (Rus)
2. A.S. 361300 SSSR, F16 D 43/14. Resiliently-centrifugal muff. A.P. Cavolesis, B. Spruogis, 1973, Bull. 1 (Rus)
3. Spruogis B., Turla V., Jakštas, A. Universal coupling for the shafts of actuators in mechatronic systems // Solid State Phenomena, Vol. 113. Trans. Tech. Publication Inc., 2006. P. 199–203. (Eng)
4. Cavolesis A.P., Norvilas G., Spruogis B., Janulenis L. To the question about determination of positions of dynamic ravnovesiy of inertia mechanisms with resilient elements // Inertia-impulsive mechanisms, drives and devices. Labours of the first all-union scientific conference. Collection №134. Cheljabinsk, 1974. P 129-133. (Rus)

5. Spruogis B. Research on a dynamics and developments of antihunt devices of rotatory motion on the basis of centrifugal the masses Dissertation of candidate of engineering sciences. Vilnius: VGTU, 1975.- 215 P.

РЕФЕРАТ

Спруогіс Б., Універсальний з'єднувальний пристрій для приводів / Б.Спруогіс, О. Прентковський, І.С. Клименко, А.О. Белятинський // Вісник Національного транспортного університету. – К. : НТУ, 2013. – Вип. 28.

Об'єкт дослідження- з'єднувальний пристрій для приводів.

Мета роботи- дослідити кільцеву пружно-відцентрову муфту

В статті розглянуто універсальний з'єднувальний пристрій для приводів у вигляді ексцентричної кільцевої пружно-відцентрової муфти (ЕКПВМ), яка має універсальні можливості: стабілізує обертальний рух, оберігає привід від перевантаження, компенсує неспіввісності з'єднувальних валів, при певному підборі параметрів, вона може виконувати роль джерела збуджувальника вібрацій з певним рівнем частоти і амплітуди коливань.

Зроблені висновки щодо властивостей універсального з'єднувального пристрою.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ПРИВОД, З'ЄДНУВАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ, МУФТА.

ABSTRACT

Spruogis B., Prentkovskis O, Klimenko I.S., Beljatyenskij A. Universal connecting for drive. Visnyk National Transport University. – Kyiv. National Transport University. 2013. – Vol. 28.

A research object is an universal device for drives.

In the article an universal interconnector is considered for drives as an eccentric circular resiliently-centrifugal muff (ЕКПВМ), that has universal possibilities, : stabilizes rotatory motion, guards a drive from an overload, compensates to the malalignment of connecting billows, at the certain selection of parameters, it can carry out the role of source of causative agent of vibrations with the certain level of frequency and amplitude of vibrations.

Drawn conclusion in relation to properties of universal interconnector.

KEYWORDS: TRANSMISSION, INTERCONNECTOR, MUFF.

РЕФЕРАТ

Спруогіс Б. Универсальное соединительное устройство для приводов / Б. Спруогіс, О. Прентковський, И.С. Клименко, А.А. Белятинський // Вестник Национального транспортного университета. – К. : НТУ, 2013. – Вып. 28.

Объект исследования-универсальное устройство для приводов.

В статье рассмотрено универсальное соединительное устройство для приводов в виде эксцентрической кольцевой упруго-центробежной муфты (ЕКПВМ), которая имеет универсальные возможности: стабилизирует вращательное движение, оберегает привод от перегрузки, компенсирует несоосности соединительных валов, при определенном подборе параметров, она может исполнять роль источника возбудителя вибраций с определенным уровнем частоты и амплитуде колебаний.

Сделаны выводы относительно свойств универсального соединительного устройства.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ПРИВОД, СОЕДИНИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО, МУФТА.

АВТОРИ:

Спруогіс Бронісловас, доктор технічних наук, професор, Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса професор кафедри технологічного обладнання транспорту, e-mail bronislovas.spruogis@vgtu.lt, Вільнюс, Литва, +37052744786, LT-10105 Vilnius, Plytinės g. 27, office 308

Прентковський Олег, доктор технологічних наук, факультет Транспортної інженерії, e-mail: olegas.prentkovskis@vgtu.lt, Phones: +37052744784, LT-10105 Vilnius, Plytinės g. 27, office 315

Клименко Ірина Станіславівна, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри економіки, Національний транспортний університет, e-mail kirak76@mail.ru, тел.+380972803016, Україна, 01010, м.Київ, вул.Суворова 1 к.313

Белятинський Андрій Олександрович, доктор технічних наук, професор, Національний авіаційний університет, професор кафедри реконструкції аеродромів, e-mail: beljatynskij@mail.ru, тел.+380972978028, Україна, 03680, м.Київ, пр. космонавта Комарова 1

АВТОРЫ:

Бронисловас Спруогис, доктор технических наук, профессор кафедры технологического оборудования транспорта, Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса, e-mail bronislovas.spruogis@vgtu.lt, тел. +370 5 2744786, LT-10105 Вильнюс, Литва ул. Плитинес 27, каб.308,

Прентковский Олег, доктор технологических наук, профессор кафедры технологического оборудования транспорта, Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса, e-mail: olegas.prentkovskis@vgtu.lt, тел. +37052744784, ул. Плитинес 27, 315 каб., LT-10105 Вильнюс, Литва, LT-10105 Вильнюс, Литва ул. Плитинес 27,офис 315

Клименко Ирина Станиславовна, кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, доцент кафедры экономики, Национальный транспортный университет, e-mail kirak76@mail.ru, тел.+380972803016, Украина, 01010, г.Киев, ул.Суворова 1 к.313

Белятынский Андрей Александрович, доктор технических наук, профессор кафедры реконструкции аэродромов, Национальный авиационный университет, e-mail: beljatynskij@mail.ru, тел.+380972978028 Украина, 03680, г.Киев, пр. Космонавта Комарова 1

AUTHOR

Sprogius Bronislav, professor, Faculty of Transport Engineering, professor department of transport technological equipment, Vilnius Gediminas Technical University, e-mail bronislovas.spruogis@vgtu.lt, Phones+370 5 2744786,LT-10105 Vilnius, Plytinės g. 27, office 308

Prentkovskis Olegas, professor, Faculty of Transport Engineering, professor department of transport technological equipment, Vilnius Gediminas Technical University, olegas.prentkovskis@vgtu.lt, Phones: +370 5 2744784,,LT-10105 Vilnius, Plytinės g. 27, of 315

Klymenko Iryna, associate professor, National Transport University, associate professor department of economic, e-mail kirak76@mail.ru, тел.+380972803016, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova 1.,of 313

Beljatynskij Andrij, professor, National Aviation University, professor department of reconstruction of the air fields,e-mail: beljatynskij@mail.ru, tel. +3809 72978 028, Ukraine 03680, Kyiv, p.Kosmonavta Komarova 1, of 202

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Першаков В.М., доктор технічних наук, професор, Національний авіаційний університет, професор кафедри реконструкції аеропортів та автошляхів, Київ, Україна.

Посвятенко Е.К., доктор технічних наук, професор, Національний авіаційний університет, професор кафедри виробництва, ремонту та матеріалознавства.

REVIEWER:

Pershakov V.M., Ph.D., professor, National Aviation University, professor, department of reconstruction of the air fields, Kyiv, Ukraine.

Posvjatenko E.K., Ph.D., professor, National Transport University, professor, department of production, repair and materials science, Kyiv, Ukraine.