

Кожушко А.П.¹, Таран І.О.²
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»¹
Державний ВНЗ «Національний гірничий університет»²

ОБҐРУНТУВАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ БЕЗСТУПІНЧАСТОЇ ТРАНСМІСІЇ НА АВТОМОБІЛЯХ ДЛЯ РЕМОНТУ НАФТОГАЗОВИХ СВЕРДЛОВИН

В даній роботі описано процес визначення значення динамічного фактора в ході дослідження автомобіля для ремонту нафтогазових свердловин, який оснащеного механічною та гідрооб'ємно-механічною трансмісією. У роботі обґрунтовано підхід для визначення передавального відношення в замкнутому контурі безступінчастої гідрооб'ємно-механічної трансмісії. Наведено результати порівняльного аналізу значень динамічного фактора при використанні на автомобілях для ремонту нафтогазових свердловин безступінчастої гідрооб'ємно-механічної та механічної трансмісії.

Ключові слова: автомобіль, розгін, гідрооб'ємно-механічна трансмісія, динамічний фактор, коефіцієнт корисної дії.

Вступ. В світовій галузі машинобудування розвиток конструкцій автомобілів та тракторів, як правило, направлено на підвищення технічного рівня, а також на покращення умов праці водія, як в транспортному, так і в робочому режимах.

Впровадження нових технічних рішень в машинобудуванні призведе до виникнення нових конструкцій, які, в першу чергу, покликані на альтернативну механічній передачу потужності від силової установки до рушіїв. В галузі автомобілебудування розглядаються такі типи трансмісій як: електромеханічна, з варіатором, тощо. Аналізуючи трансмісії сучасних тракторів [1], необхідно відзначити гідрооб'ємно-механічні трансмісії (ГОМТ), які набувають більшої популярності в порівнянні зі ступінчастими механічними трансмісіями. Пов'язують це з забезпеченням плавності руху, автоматизацією управління, підвищенням ергономічних властивостей під час виконання технологічних операцій.

Застосування ГОМТ на автомобілях надає наступні переваги в порівнянні з механічною трансмісією: в результаті безперервного потоку потужності та плавної зміни моменту підвищується прохідність; при змінних режимах роботи знижуються динамічні навантаження в трансмісії; за рахунок кращого використання потужності двигуна внутрішнього згоряння можливе підвищення середніх швидкостей руху по бездоріжжю. Окрім того, незалежне розташування агрегатів трансмісії, дозволяє найдодільніше розмістити їх на машині, що гарантує високі захисні властивості трансмісії, тобто надійне оберігання від перевантажень двигуна і системи приводу робочих органів завдяки установці запобіжних і переливних клапанів;

Стан питання. Існує ряд публікацій [1 – 3] присвячених розгляду питань пов'язаних з аналізом ГОМТ. Зокрема, в роботі [1] проведено аналіз західноєвропейського ринку, який показав що трактори оснащуються трансмісіями з синхронізованими коробками перемикання передач та коробками з шестернями постійного зчеплення, трансмісіями діапазонного типу з перемиканням передач під навантаженням в діапазоні, трансмісіями з перемиканням всіх передач під навантаженням, а також безступінчастими двопотоковими трансмісіями. Дослідженню використання на автомобілях для ремонту нафтогазових свердловин ГОМТ присвячені праці [4 – 6], в яких автори роблять акцент на аналіз роботи трансмісії під час спуско-підйомних операцій. Проте в повній мірі не з'ясовано вплив використання ГОМТ замість механічної трансмісії в процесі виконання транспортних робіт. В роботі [6] наводяться аргументації доцільності використання безступінчастих ГОМТ у автомобілях для ремонту нафтогазових свердловин в процесі підйому та спуску колон труб. Проте використання ГОМТ в автомобілях потребує їх обґрунтування з точки зору тягово-швидкісної характеристики, а саме зіставлення показників динамічного фактору отриманого для автомобіля з механічною трансмісією та безступінчастою ГОМТ.

Мета роботи. Використання на автомобілях ГОМТ, перш за все, пов'язано з вирішенням спеціальних задач, тобто з виконанням робочих операцій. Зважаючи на це, метою даної роботи є дослідження впровадження ГОМТ на спеціальні автомобілі (наприклад, на автомобілі для ремонту нафтогазових свердловин), а також дослідження зміни показників роботи трансмісії та в цілому автомобіля при виконання транспортних операцій.

$$P_w = k \cdot F \cdot V^2; \quad (3)$$

$$D_{meh} = \frac{P_k - P_w}{G}, \quad (4)$$

де V – швидкість руху автомобіля; ω – кутова швидкість колінчастого валу; r_k – радіус кочення колеса; i_k – передавальне число відповідної передачі; i_0 – передавальне число головної передачі; i_{rk} – передавальне число в роздавальній коробці передач; P_k – тягова сила на колесах; M – крутний момент двигуна; η_{tr} – ККД трансмісії; P_w – сила опору повітря; k – коефіцієнт опору повітря; F – площа поперечного перетину (лобового опору); G – вага автомобіля.

При формуванні передавального числа ГОМТ скористаємося зворотною величиною, а саме передавальним відношенням, визначення якого, безпосередньо для ГОМТ наводиться в роботах [7 – 10]. На основі цих робіт відомо, що при розподілу потужності в двопотоковій ГОМТ можливо три режиму роботи, що відповідно змінює визначення передавального відношення в замкнутому контурі.

Автор в роботах [9] пропонує універсальні рівняння, які надають змогу визначення передавального відношення i при передачі потужності паралельними потоками, як з перевантаженням механічної, так і з перевантаженням гідравлічної гілок трансмісії:

$$\frac{N_A}{N_C} = \frac{\eta_{HSD}^{+1}}{\eta_{HSD}^{+1} - i}, \quad \frac{N_B}{N_C} = \frac{\eta_{HSD}^{+1} \cdot i}{i - \eta_{HSD}^{+1}} \quad (5)$$

де N_A – потужність, яка протікає по механічній гілці ГОМТ; N_C – потужність двигуна внутрішнього згоряння; N_B – потужність, яка протікає по гідравлічній гілці ГОМТ; η_{HSD} – ККД ГОП.

Ототожнюючи наведені рівняння (5) необхідно відмітити, що при паралельному розподілу потужності ступінь ККД ГОП повинна дорівнювати +1, що призведе до $i < 0$. В випадку перевантаження механічної гілки ступінь ККД ГОП повинна дорівнювати -1, що призведе до $i > 0$. При перевантаженні гідравлічної гілки ступінь ККД ГОП повинна дорівнювати +1, що, на відміну від випадку при паралельному розподілу потужності, призведе до $i > 0$.

З рівнянь (5) не відомим залишається значення показника ККД ГОП η_{HSD} . Для знаходження цього показника необхідно відокремити загальне значення ККД ГОП на дві складові: ККД об'ємний η_V та ККД механічний η_M , які формуються в прямому та зворотному потоці.

$$\eta_{HSD} = \eta_V \cdot \eta_M. \quad (6)$$

Згідно з роботи [9] ККД об'ємний η_V та ККД механічний η_M визначаються з наступних рівнянь

$$\eta_V = \begin{cases} \frac{\omega_m}{\omega_p \cdot e_1(t)}, & \text{if } \omega_p > 0; \\ \frac{\omega_p \cdot e_1(t)}{\omega_m}; \end{cases} \quad \eta_M = \begin{cases} \frac{-M_m}{M_p \cdot e_1(t)}, & \text{if } M_p > 0; \\ \left| \frac{M_p \cdot e_1(t)}{M_m} \right|, \end{cases} \quad (7)$$

де ω_p , ω_m – кутові швидкості на ланках гідронасоса та гідромотора; M_p , M_m – крутний момент на ланках гідронасоса та гідромотора.

На рис. 2 наведена зміна показників ККД ГОМТ та ККД ГОП на різних діапазонах руху по асфальто-бетонній поверхні.

Зіставляючи математичні залежності, обчислимо динамічний фактор автомобіля для ремонту нафтогазових свердловин з механічною трансмісією та безступінчастою ГОМТ. На рис. 3 наведено зміну динамічного фактора автомобіля для ремонту нафтогазових свердловин з механічною трансмісією та безступінчастою ГОМТ.

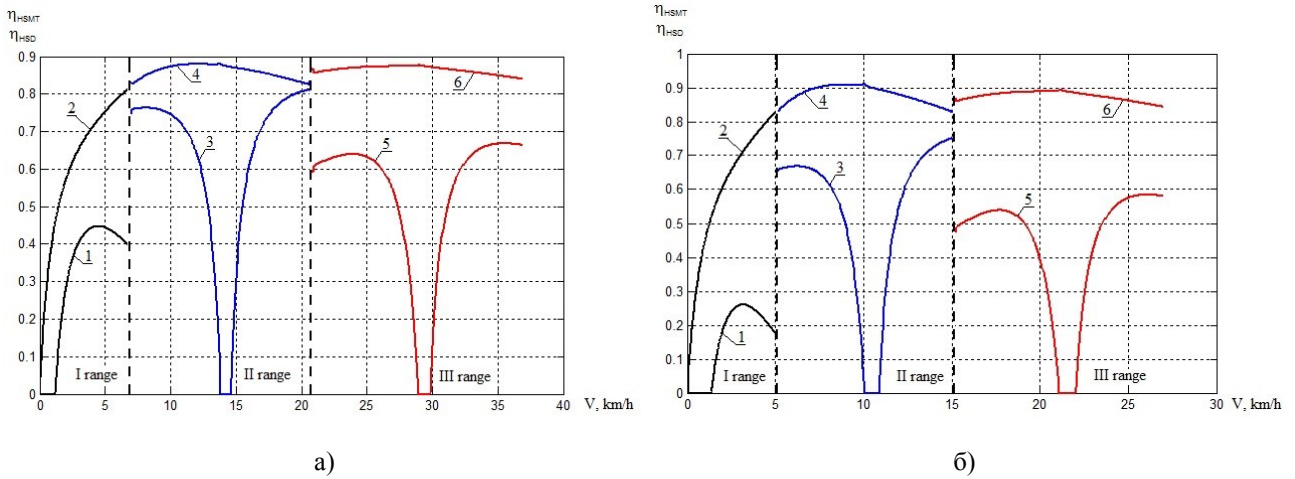


Рис. 2. Зміна показників автомобіля для ремонту нафтогазових свердловин:
 а – при $i_{rk}=0,95$; б – при $i_{rk}=1,31$; 1, 3, 5 – ККД ГОП відповідно на I, II, та III діапазонах;
 2, 4, 6 – ККД ГОМТ відповідно на I, II, та III діапазонах

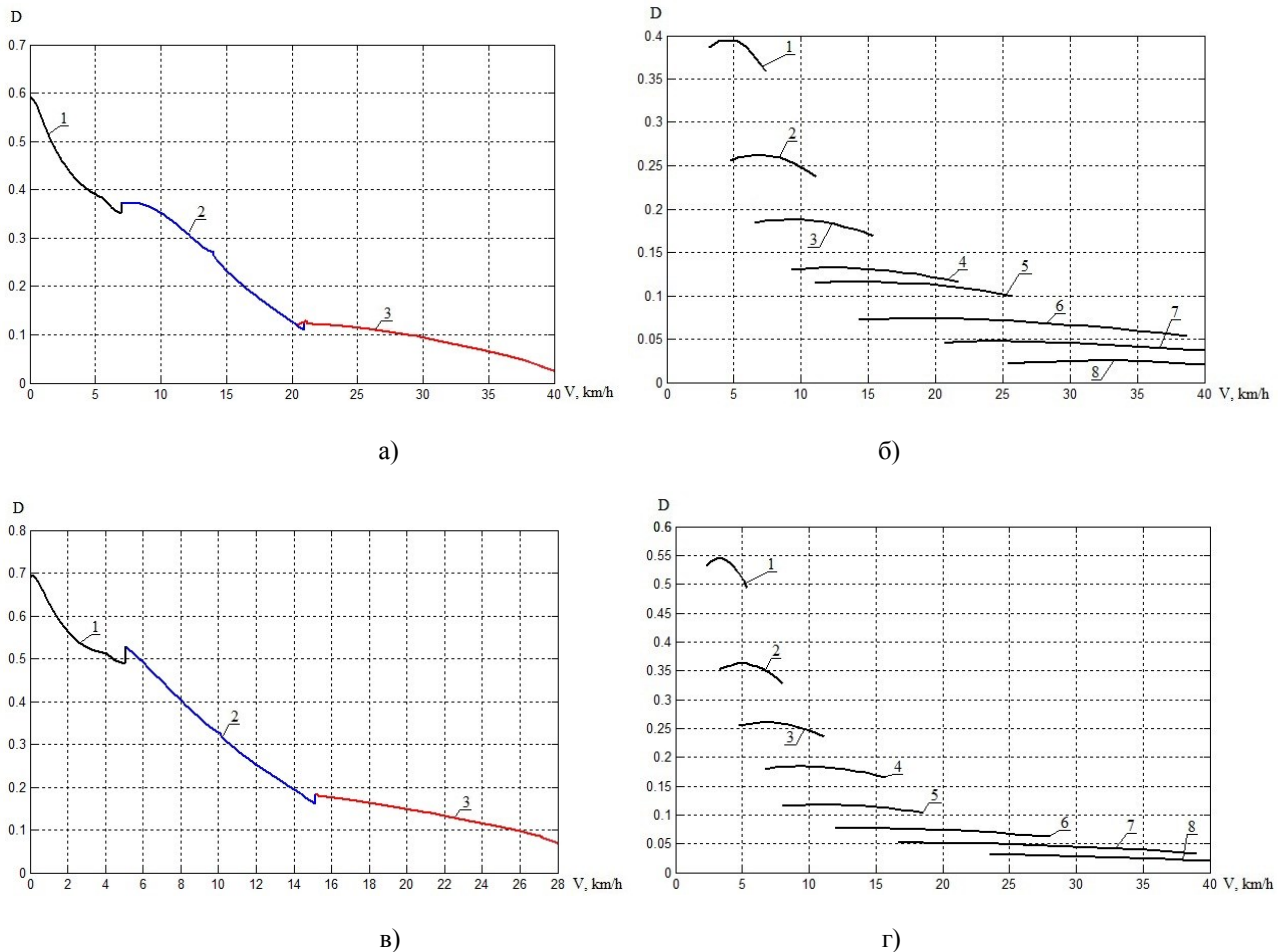


Рис. 3. Зміна динамічного фактора автомобіля для ремонту нафтогазових свердловин:
 а – з безступінчастою ГОМТ при $i_{rk}=0,95$; б – з механічною трансмісією при $i_{rk}=0,95$; в – з безступінчастою ГОМТ при $i_{rk}=1,31$; г – з механічною трансмісією при $i_{rk}=1,31$; 1 – перша передача (діапазон); 2 – друга передача (діапазон); 3 – третя передача (діапазон); 4 – четверта передача; 5 – п'ята передача; 6 – шоста передача; 7 – сьома передача; 8 – восьма передача

Аналізуючи рис. 3 необхідно відмітити, що значення динамічного фактора автомобіля для ремонту нафтогазових свердловин оснащеного безступінчастою ГОМТ вище ніж у автомобіля з механічною.

Висновки. При дослідженні транспортного режиму руху обґрунтовано застосування на автомобілях для ремонту нафтогазових свердловин безступінчастих ГОМТ. Встановлено, що при впровадженні в автомобіль для ремонту нафтогазових свердловин ГОМТ підвищується прохідність та маневреність.

Визначено, що при порівнянні показників роботи автомобіля для ремонту нафтогазових свердловин оснащеного безступінчастою ГОМТ замість механічної трансмісії максимальне значення динамічного фактора (на початку руху) вище на 21,4% при $i_{rk}=1,31$ та на 33,9% при $i_{rk}=0,95$. При зіставленні на всьому діапазоні зміни швидкості значення динамічного фактора на 8,1% при $i_{rk}=1,31$ та на 11,5% при $i_{rk}=0,95$, використовуючи безступінчасту ГОМТ замість механічної трансмісії.

1. Самородов В.Б. Перспективи трансмісії колісних тракторів / В.Б. Самородов, А.І. Бондаренко, А.П. Кожушко, Є.С. Пелипенко, М.О. Мітцель // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – 2014. – № 10 (1053). – С. 3 – 10.
2. Самородов В.Б. Формирование рационального изменения управления бесступенчатой трансмиссии на этапах разгона и торможения трактора / В.Б. Самородов, А.П. Кожушко, Є.С. Пелипенко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2016. – № 4/7 (82). – С. 37 – 44.
3. Taran I.O., Kozhushko, A.P. (2016) Substantiating of Rational Law of Hydrostatic Drive Control Parameters While Accelerating of Wheeled Tractors with Hydrostatic and Mechanical Transmission // Mechanics, Materials Science and Engineering. – 2016. – Vol. 6. – P. 70 – 76.
4. Самородов В.Б. Разработка и анализ бесступенчатой двухпоточной гидрообъемно-механической трансмиссии по критерию наибольшего КПД, автомобиля для ремонта нефтегазовых скважин / В.Б. Самородов, А.О. Островерх, А.П. Кожушко // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – 2012. – №60 (966). – С. 105 – 111.
5. Самородов В.Б. Анализ технологического режима работы бесступенчатой гидрообъемно-механической трансмиссии с использованием отечественных гидроагрегатов автомобиля для ремонта нефтегазовых скважин / В.Б. Самородов, А.О. Островерх, А.П. Кожушко // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – 2013. – №30 (1003). – С. 23 – 31.
6. Самородов В.Б. Повышение эффективности работы подъемных автомобильных установок с использованием бесступенчатых гидрообъемно-механических трансмиссий / В.Б. Самородов, А.О. Островерх // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2016. – № 6/7 (72). – С. 37 – 44.
7. Таран І.А. Закономерности передачи мощности по ветвям двухпоточных гидрообъемно-механических трансмиссий / І.А. Таран // Науковий вісник НГУ. – 2012. – №2 (128). – С. 69 – 75.
8. Таран І.А. Информационные технологии сравнительного анализа трансмиссий транспортных средств на базе интегральных стохастических критериев / І.А. Таран // Вісник Херсонської державної морської академії. – 2013. – № 2 (9). – С. 277-283.
9. Таран І.А. Трансмісії шахтних дизелевозів / І.А. Таран – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет. – 2012. – 256 с.
10. Таран І.А. Автоматизированный анализ распределения потоков мощности в трансмиссии дизелевоза / І.А. Таран // Уголь Украины. – 2013. – № 12. – С.34-38.

REFERENCES

1. Samorodov, V.B., Bondarenko, A.I., Kozhushko, A.P., Pelipenko, E.S., Mittsel, M.O. (2014). Perspective transmission wheeled tractors [Perspektyvni transmissiyi kolisnykh traktoriv]. The bulletin of the National Technical University "KhPI". Vol. № 10. P. 3 – 10.
2. Samorodov V.B., Kozhushko A.P., Pelipenko E.S. (2016). Formation of a rational change in controlling continuously variable transmission at the stages of a tractor's acceleration and braking [Formirovanie ratsionalnogo izmeneniya upravleniya besstupenchatoy transmissii na etapah razgona i tormozheniya traktora]. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2016. Vol. № 4/7 (82). P. 37 - 44. DOI: 10.15587/1729-4061.2016.75402
3. Taran I.O., Kozhushko, A.P. (2016). Substantiating of Rational Law of Hydrostatic Drive Control Parameters While Accelerating of Wheeled Tractors with Hydrostatic and Mechanical Transmission. Mechanics, Materials Science and Engineering, September 2016. ISSN 2412. 5954. Vol. 6, Part II: Mechanical Engineering and Physics. P. 70 – 76. DOI: 10.13140/RG.2.1.3590.9362
4. Samorodov V.B., Ostroverch O.O., Kozhushko A.P. (2012). Development and analysis of a continuously variable double-split hydrostatic mechanical transmission by the criterion of the highest efficiency, the vehicle for repair of oil and gas wells [Razrabotka i analiz besstupenchatoy dvuhpotочноy gidroob'emno-mehanicheskoy transmissii po kriteriyu naibolshego KPD, avtomobilya dlya remonta neftegazovyih skvazhin]. The bulletin of the National Technical University "KhPI". Vol. 60 (966). P. 105 – 111.
5. Samorodov V.B., Ostroverch O.O., Kozhushko A.P. (2013). Analysis of the technological mode of a continuously variable hydrostatic-mechanical transmission with the use of native car repair hydraulic units for oil and gas wells [Analiz tehnologicheskogo rezhima raboty besstupenchatoy gidroob'emno-mehanicheskoy transmissii s ispolzovaniem otechestvennyih gidroagregatov avtomobilya dlya remonta neftegazovyih skvazhin]. The bulletin of the National Technical University "KhPI". Vol. 30 (1003). P. 23 – 31.
6. Samorodov V.B., Ostroverch O.O. (2014). Increased efficiency of truck pulling units using stepless hydrostatic mechanical transmission [Povyshenie effektivnosti raboty pod'emnyih avtomobilnyih ustanovok s ispolzovaniem besstupenchatyih gidroob'emno-mehanicheskih transmissiy]. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Vol. 6/7 (72). P. 37 – 44. DOI: 10.15587/1729-4061.2014.30867
7. Taran I.O. (2012). Laws of power transmission on branches of double-split hydrostatic mechanical transmissions [Zakonomernosti peredachi moschnosti po vetvyam dvuhpotочnyih gidroob'emno-mehanicheskih transmissiy]. Naukoviy vistnik NGU. Dnepropetrovsk: SHEI «NMU». Vol. 2. P. 69 – 75.
8. Taran I.O. (2013). Information technology comparative analysis of vehicles transmissions on the basis of stochastic integral criteria

[Informatsionnyie tehnologii sravnitel'nogo analiza transmissiy transportnykh sredstv na baze integralnykh stohasticheskikh kriteriev]. Naukoviy vistnik Cherson's'koi derzhavnoi morskoi akademii. Kherson: Kherson state maritime academy. Vol. 2 (9). P. 277 – 283.

9. Taran I.O. (2012). Transmission of mine locomotive: Monograph. [Transmissiyi shakhtnykh dyzelevoziv]. Dnepropetrovsk: published by SHEI «NMU». 256 p.

10. Taran I.O. (2013). Automated analysis of the distribution of power flow transmission locomotive [Avtomatizirovannyi analiz raspredeleniya potokov moschnosti v transmissii dizelevoza]. Ugol' Ukraine. Vol. 12. P. 34 – 38

А.П. Кожушко, И.А. Таран. Обоснование внедрения бесступенчатой трансмиссии на автомобилях для ремонта нефтегазовых скважин. В данной работе описан процесс определения значения динамического фактора в процессе исследования автомобиля для ремонта нефтегазовых скважин, который оборудован механической и гидрообъемно-механической трансмиссией. В работе обоснован выбор подхода для определения передаточного отношения в замкнутом контуре бесступенчатой гидрообъемно-механической трансмиссии. Приведены результаты сравнительного анализа значений динамического фактора при использовании на автомобилях для ремонта нефтегазовых скважин бесступенчатой гидрообъемно-механической и механической трансмиссий.

Ключевые слова: автомобиль, разгон, гидрообъемно-механическая трансмиссия, динамический фактор, коэффициент полезного действия.

A. Kozhushko, I. Taran. Substantiation the introduction of a stepless transmission in cars for repair of oil and gas wells. In this paper the process of determining the value of the dynamic factor in the process of researching a car for repair of oil and gas wells, which is equipped by mechanical and hydrostatic mechanical transmission, is described. The choice of the approach for the determination of the gear ratio in the closed loop of a stepless hydrostatic mechanical transmission is substantiated. The results of a comparative analysis of the dynamic characteristics using the stepless hydrostatic mechanical and mechanical transmissions on automobiles for repair of oil and gas wells are presented.

Key-words: car, overclocking, hydrostatic mechanical transmission, dynamic factor, coefficient of efficiency.

АВТОРИ:

КОЖУШКО Андрій Павлович, кандидат технічних наук, старший викладач кафедри «Автомобіле- і тракторобудування», Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», e-mail: andreykozhushko7@gmail.com.

ТАРАН Ігор Олександрович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Управління на транспорті», Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», e-mail: taran_70@mail.ru.

AUTHORS:

Andriy KOZHUSHKO, Candidate of Science in Technology, Senior Lecturer of Car and Tractor Industry Department, National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”, e-mail: andreykozhushko7@gmail.com

Igor TARAN, Doctor of Science in Technology, Professor, Head of Transport Management Department, National Mining University, e-mail: taran_70@mail.ru;

Стаття надійшла в редакцію 3.05.2017 р.