

Канд. техн. наук ПАТЛАСОВ О.М., аспіранти ФІЛІП'ЄВ О.О.,  
ВОРОНЦОВ Я.С.



## Щодо параметрів залізничної колії, що забезпечують плавність і безпеку руху в межах залізничних переїздів

*Анотація.* Зі збільшенням ширини колії (особливо у кривих ділянках) до максимально допустимих значень з'являється небезпека удару гребеня колеса об відвід контррейки, яка конструктивно забезпечує необхідний жолоб у настилі залізничного переїзду. Для забезпечення комфортабельності та безпеки руху необхідно за встановлених швидкостей обмежити максимально допустиму ширину колії або змінити мінімальний розмір жолоба в залізничному переїзді, або зменшити максимальну швидкість руху. Ці висновки актуальні для залізниць ширини колії 1520 і 1435 мм.

**Ключові слова:** залізничний переїзд, настил, контррейка, жолоб, безпека руху, комфортабельність.

### Вступ.

В Україні розвинена мережа автомобільних доріг і залізниць. Не зважаючи на те, що на ділянках швидкісного та інтенсивного руху поїздів існує тенденція влаштування шляхопроводів, ще багато ділянок залізниць, де автомобільні дороги перетинають залізничні колії в одному рівні. Для забезпечення пересічення залізниць автомобільними дорогами в одному рівні необхідно влаштовувати залізничні переїзди [1-3]. Залізничні переїзди – це зона підвищеної небезпеки для залізничного та автомобільного транспорту. Постійні прагнення залізничників до підвищення швидкості руху поїздів потребують більшої уваги щодо влаштування та утримання інфраструктури і рухомого складу залізниць.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій.

До останнього часу досліджували нерівності колії в межах залізничних переїздів [4] і визначали вплив нерівностей колії на залізничних переїздах на умови взаємодії колії й рухомого складу [5]. Дослідники зазначали, що в зоні переїзду виникають вертикальні і горизонтальні нерівності колії, локальні зміни жорсткості колії, які впливають на умови взаємодії колії та рухомого складу, плавність руху і комфортабельність їзди, а за збільшенням швидкості руху з одночасним зростанням нерівностей колії в профілі і плані в зоні переїздів виникає загроза безпеці руху поїздів.

© ПАТЛАСОВ О.М., ФІЛІП'ЄВ О.О., ВОРОНЦОВ Я.С. 2024

При цьому дослідники з питань параметрів ширини колії та жолобів у межах переїздів практично не торкалися.

### Визначення мети та завдання дослідження.

Метою цього дослідження є удосконалення параметрів влаштування та умов утримання колії в межах

залізничних переїздів шляхом використанням розрахунково-аналітичного методу, що ґрунтується на аналізі нормативної документації та на проведенні розрахунків, які забезпечують вимоги інтероперабельності інфраструктури і рухомого складу.

### Основна частина дослідження.

Технічний стан залізничної колії має безпосередній вплив на безпеку та комфорт руху. При цьому за високих швидкостей руху навіть невеликі відхилення від норм утримання залізничної колії мають вплив на комфортабельність і безпеку руху. Особливо це відчувається у кривих ділянках колії, де конструкцією передбачені зміни в улаштуванні та утриманні колії. Але навіть за існуючих параметрів колії та рухомого складу, встановлених на сьогодні, у певних випадках не виключена можливість зростання динамічних сил взаємодії колії та рухомого складу.

Одним із таких випадків є конструкція та параметри залізничних переїздів.

Так, внаслідок збільшення ширини колії до гранично допустимих значень з'являється небезпека удару неробочої частини гребеня колеса об відвід контррейки, вкладеної в настилі переїзду для утворення жолобу, що призведе до порушення комфортабельності та безпеки руху.

Відповідно до Правил технічної експлуатації залізниць України, затверджених наказом МТУ від 20.12.1996 р. № 411, зареєстрованих в МЮУ 25.02.1997 р. за № 50/1854 зі змінами і доповненнями (ПТЕ) [1] та Інструкції з улаштування та утримання колії залізниць України [3] у прямих ділянках колії передбачена ширина між головками рейок 1520 мм. Але у кривих ділянках колії для вільного вписування в них коліс рухомого складу передбачено збільшувати ширину колії залежно від радіуса кривої до 1535 мм (на залізобетонних шпалах) і до 1540 мм (на дерев'яних шпалах). При цьому ще є допуски в утриманні колії залежно від швидкості руху рухомого складу. Отже, найбільша допустима ширина колії може досягати 1548 мм (за норми ширини колії 1435 мм максимально допустима ширина колії може досягати 1470 мм [6]).

Відповідно до ПТЕ [1] та Інструкції з улаштування та експлуатації залізничних переїздів [2] для пересічення залізниць з автодорогами в одному рівні влаштовують залізничні переїзди. Для забезпечення безперешкодного проходження гребенів (реборд) коліс рухомого складу залізничного транспорту в межах настилу залізничного переїзду вкладають контррейки, спеціальні бруси, інші пристосування, при цьому відповідно до чинних нормативних документів [2, 6] ширину жолоба влаштовують від 75 до 110 мм.

Утримуючи ширину колії в межах максимально допустимих розмірів (1548 або 1470 мм), мінімального розміру жолоба залізничного переїзду (75 мм) та експлуатації

колісних пар рухомого складу з мінімально допустимими розмірами насадки коліс на вісь (1437 мм [1], 1357 мм [7]) і товщиною гребеня колеса (25 мм [1], 22 мм [7]) є вірогідність за настання певних умов, що гребінь колеса може ударити об відвід контррейки жолоба залізничного переїзду (рис. 1). Цей висновок про удар гребеня колеса об відвід контррейки жолоба залізничного переїзду можна зробити виходячи з деяких положень. Максимальна відстань  $L_{к\ max}$  між робочою гранню рейки з одного боку до робочої грані контррейки з іншого боку колії становить

$$L_{к\ max} = S_{к\ max} - l_{ж\ min},$$

де  $l_{ж\ min}$  – мінімальний розмір ширини жолоба;  
 $S_{к\ max}$  – максимально допустимий розмір ширини колії.

Тобто

$$L_{к\ max} = 1548 - 75 = 1473 \text{ мм (для ширини колії 1520 мм),}$$

$$L_{к\ max} = 1470 - 75 = 1395 \text{ мм (для ширини колії 1435 мм).}$$

При цьому мінімальна відстань  $L_{кп\ min}$  від робочої грані гребеня колісної пари з одного боку до неробочої грані гребеня колісної пари з іншого боку становитиме

$$L_{кп\ min} = l_{кп\ min} + h_{гр\ min},$$

де  $l_{кп\ min}$  – мінімальна відстань між внутрішніми гранями гребенів коліс;

$h_{гр\ min}$  – мінімальний розмір товщини гребеня.

Тобто

$$L_{кп\ min} = 1437 + 25 = 1462 \text{ мм (для ширини колії 1520 мм),}$$

$$L_{кп\ min} = 1357 + 22 = 1379 \text{ мм (для ширини колії 1435 мм).}$$

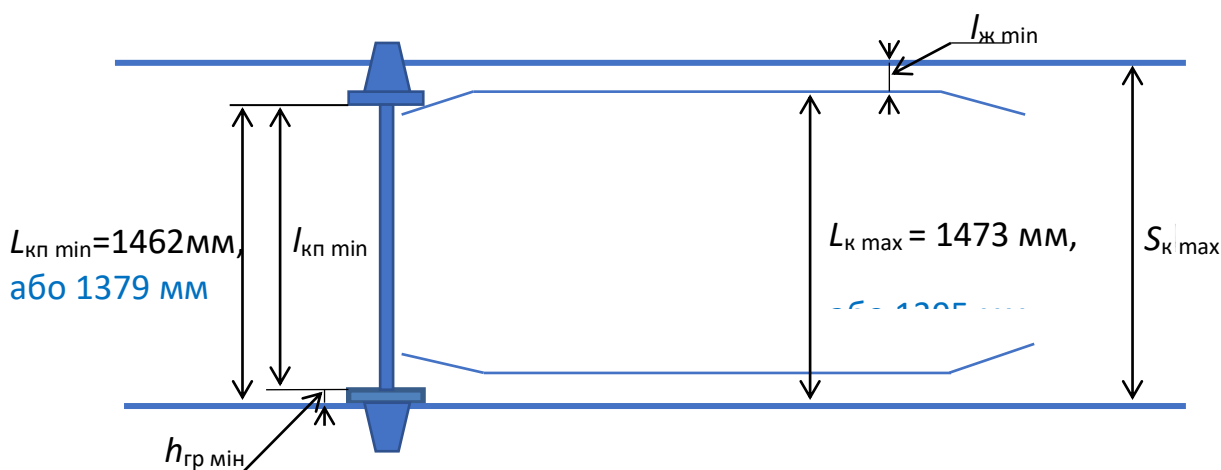


Рис. 1. Конструктивна схема переїзду

За найбільш несприятливих умов (розміри, допустимі чинними нормативними документами) відстань між робочою гранню гребеня колісної пари з одного боку до неробочої грані гребеня колісної пари з іншого боку на 11 мм (за норми ширини колії 1520 мм) або 16 мм (за норми ширини колії 1435 мм) менше, ніж відстань між робочою гранню рейки з одного боку до робочої грані контррейки з іншого боку колії. Тобто якщо гребінь одного колеса колісної пари щільно притискається до робочої рейки (що зазвичай відбувається з вписуванням у криві ділянки колії), то з іншого боку гребінь колісної пари може неробочою гранню ударити об відвід контррейки з подальшим динамічним направленням колісної пари в жолоб настилу переїзду або вкочуванням гребеня колеса на контррейку, що призведе до погіршень плавності та безпеки руху. Зі збільшенням швидкості руху сила такого удару, безумовно, підвищуватиметься, а комфортність погіршуватиметься.

Розрахунок наведено для визначених нормативними документами граничних розмірів (з урахуванням допусків) ширини колії та колісної пари. У реальній експлуатації різниця може бути ще більше за рахунок пружної деформації колії (розширення) і колісної пари (зменшення відповідної відстані за рахунок вигину осі колісної пари).

З метою недопущення ударів гребеня колеса об відвід контррейки необхідно створити такі умови, щоб максимальна ширина колії була менше суми мінімально допустимих розмірів насадки коліс на вісь, товщини гребеня колеса і жолоба залізничного переїзду.

$$S_{k \max} < l_{kp \min} + h_{gr \min} + l_{j \min}.$$

Для зазначених мінімальних розмірів колісної пари та жолоба переїзду максимальна ширина колії в межах переїзного настилу має бути

менше 1537 мм (за норми ширини колії 1520 мм) і 1454 мм (за норми ширини колії 1435 мм).

Якщо не обмежувати максимально допустиму ширину колії 1548 (1470) мм у межах залізничного переїзду, то для виключення ударів гребеня колеса об відвід контррейки необхідно змінити один із мінімальних параметрів колісної пари чи жолоба переїзду. Наприклад, мінімальний жолоб переїзду має бути більше різниці максимальної ширини колії і мінімально допустимих розмірів насадки коліс на вісь і товщини гребеня колеса.

$$l_{j \min} > S_{k \max} - l_{kp \min} - h_{gr \min}.$$

Для зазначених максимальної ширини колії і мінімальних розмірів колісної пари мінімальний розмір жолоба має бути більше 86 мм (за норми ширини колії 1520 мм) або 91 мм (за норми ширини колії 1435 мм).

Для випадку, коли відбувається взаємодія неробочої грані гребеня колеса з відводом контррейки, необхідно враховувати динаміко-кінематичний критерій. Фізичне значення цього критерію – недопущення різких зсувів колісних пар. Кількісне вираження цього критерію є параметром, пов'язаним із втратою кінетичної енергії з набіганням колеса на контррейку (рис. 2). Критерій обмежує кути відгину відведеної частини контррейки залежно від конструкційної швидкості руху.

Конструктивно контррейки складаються з основної частини  $l_{ko}$ , яка дорівнює ширині переїзду та двох відводів  $l_k$ , що направляють колісні пари в жолоб контррейки. Контррейка утворює жолоб із робочою рейкою розміром  $h_{ko}$  у межах настилу переїзду. Для направлення гребеня колісної пари в жолоб робиться відвід на кінці контррейки довжиною  $l_k$  із кутом  $\alpha$  на відстань  $h_k$  від робочої грані рейки колії.

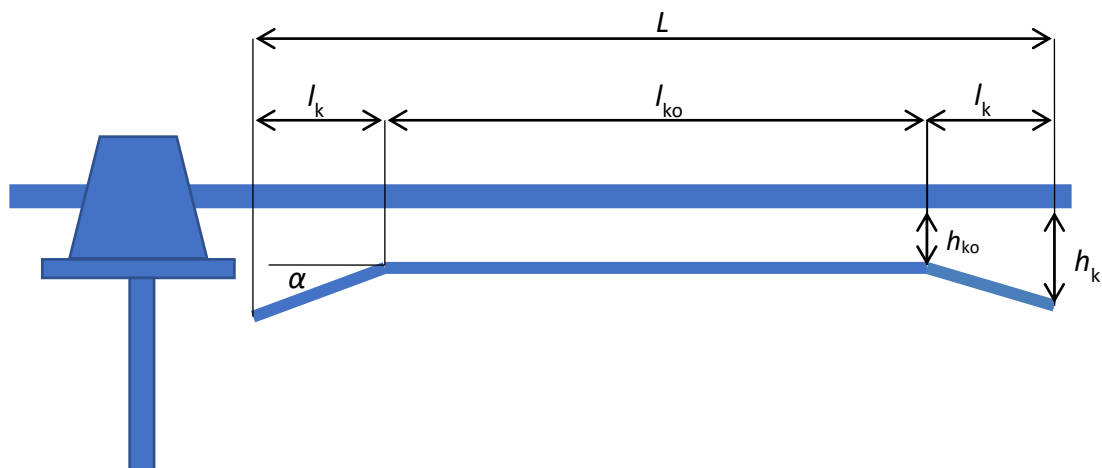


Рис. 2. Конструктивна схема контррейки переїзду

Кут відводу контррейки не має перевищувати допустимий кут удару об відведену частину контррейки, що визначають як допустиму величину втрат кінетичної енергії («ефекту удару») за формулою [9]

$$\sin \alpha = \frac{W}{V},$$

де  $W$  – допустима величина втрат кінетичної енергії для контррейок;

$V$  – розрахункова (встановлена) швидкість руху в межах переїзду.

Допустиму величину втрат кінетичної енергії для контррейок у жолобах переїздів можна прийняти такою, що відповідає сучасній конструкції контррейок на стрілочних переводах [8] (рис. 3).

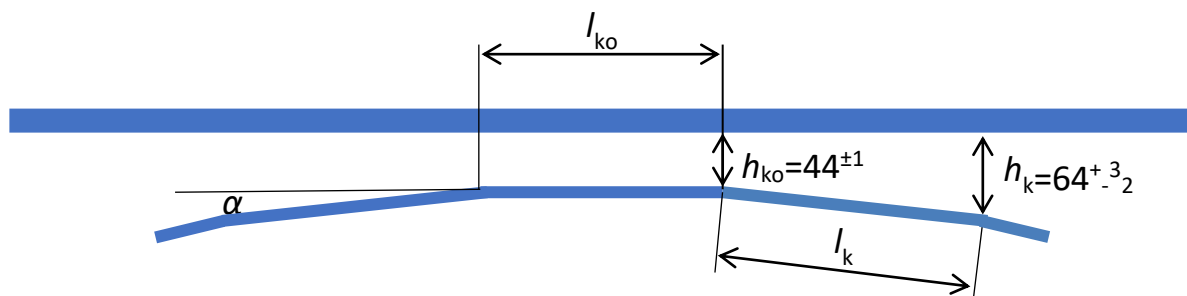


Рис. 3. Конструктивна схема контррейки на стрілочному переводі

Максимальна різниця між відстанями прямої та відігнутої частини може досягати 24 мм [8]. Допустиму величину втрат кінетичної енергії визначають за формулою

$$W = V \sin \alpha.$$

Для контррейки стрілочного переводу марки 1/11 і рейок Р65 довжина відігнутої частини

складає 1476 мм. За встановленої максимальної швидкості руху 140 км/год допустима величина втрат кінетичної енергії дорівнюватиме 0,6 м/с.

З останньої формули можна зробити висновок, що з набіганням коліс на відведену частину контррейки параметр  $W$ , що характеризує передавання енергії від коліс на контррейку стрілочного перевалу чи переїзду, зростає пропорційно синусу кута, під яким відвід контррейки відхиляється від лінії, паралельній робочій рейці колії.

На залізничних переїздах з існуючими (більшими) кутами відводів контррейок для неперевищення допустимої величини втрат кінетичної енергії залежно від кута відгину контррейки визначають максимальну допустиму швидкість руху в межах настилу залізничного переїзду як

$$V_{max} = \frac{W}{\sin \alpha}$$

Також треба врахувати і оцінити різні конструкції переїзних настилів. З вкладанням переїзних плит із залізобетону чи гумокордового покриття контррейки не вкладають, а жолоб роблять за рахунок спеціальних брусів чи гумокорду. Відповідно і відсутні відводи для направлення колісних пар, що, безумовно, для комфортабельності їзди потребує обмеження швидкості чи максимальної ширини колії через можливість удару гребеня колеса об елементи переїзного настилу.

### Висновки.

Для забезпечення комфортабельності їзди пасажирів і безпеки руху зі встановленими швидкостями необхідно обмежити максимально допустиму ширину колії в межах залізничних переїздів або змінити мінімальний розмір жолоба в залізничному переїзді. Якщо не змінювати зазначені параметри, то пропонується обмежувати швидкість руху поїздів за параметром втрат кінетичної енергії. Ці висновки актуальні для залізниць із нормами ширини колії 1520 і 1435 мм. Відповідні зміни необхідно додати до чинних нормативних документів, що регламентують параметри влаштування та умови експлуатації залізничних переїздів.

### Список використаних джерел

1. Правила технічної експлуатації залізниць України : затв. наказом МТУ від 20.12.1996 р. № 411, зареєстр. в МЮУ 25.02.1997 р. за № 50/1854 зі змінами і доповненнями.

Офіційний портал Верховної Ради України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0050-97#Text> (дата звернення 05.11.2024).

2. Інструкція з улаштування та експлуатації залізничних переїздів ЦП-0174 : затв. наказом МТЗУ від 26.01.2007 р. № 54, зареєстр. в МЮУ 22.02.2007 р. за № 162/13429 зі змінами і доповненнями. Офіційний портал Верховної Ради України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0162-07#Text> (дата звернення 05.11.2024).

3. Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України. Київ : ТОВ «НВП Поліграфсервіс», 2012. 456 с.

4. Курган М. Б., Курган Д. М., Лужицький О. Ф. Дослідження нерівностей колії в межах залізничних переїздів. *Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна*. 2015. № 5. С. 84-96. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/vdnuzt\\_2015\\_5\\_10](http://nbuv.gov.ua/UJRN/vdnuzt_2015_5_10) (дата звернення 05.11.2024).

5. Курган Д. М., Лужицький О. Ф., Гаврилов М. О., Панченко П. В. Вплив нерівностей колії на залізничних переїздах на умови взаємодії колії й рухомого складу. *Матеріали 80 Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту»*. Дніпро, 2020. С. 155-156. URL: [https://reposit.nupp.edu.ua/bitstream/PoltNTU/8655/1/80\\_international\\_SP\\_conference\\_PPRTD.pdf#page=156](https://reposit.nupp.edu.ua/bitstream/PoltNTU/8655/1/80_international_SP_conference_PPRTD.pdf#page=156) (дата звернення 05.11.2024).

6. СТП 02.01-002:2023. Залізничні колії / Улаштування й утримання колії шириною 1435 мм та суміщеної залізничної колії (1520 і 1435 мм). Київ : АТ «УКРЗАЛІЗНИЦЯ», 2023. 49 с.

7. Договір о пользованіи грузовыми вагонами в международном сообщении / Договір о ПГВ. Офіц. изд. Варшава : Комитет ОСЖД, 2022. 162 с.

8. ГОСТ 28370-89. Межгосударственный стандарт / Крестовины сборные марок 1/11 и 1/9. Основные размеры. Введ. 01.07.90. Москва: Издательство стандартов, 1990. 6 с.

9. Даніленко Е. І. Залізнична колія / Улаштування, проектування і розрахунки, взаємодія з рухомим складом. Київ : Інпрес, 2010. Т. 1. 528 с.

### O. Patlasov, O. Filipiev, Ya. Voroncov CONCERNING THE PARAMETERS OF THE RAILWAY TRACK THAT ENSURE THE SMOOTHNESS AND SAFETY OF TRAFFIC WITHIN RAILWAY CROSSINGS

*Abstract.* The technical condition of the railway track has a direct impact on the safety and

comfort of movement. At the same time, at high speeds, even small deviations from the standards of railway track maintenance have an impact on the comfort and safety of traffic. This is especially felt in the curved sections of the track, where the design foresees changes in the arrangement and maintenance of the track. But even with the existing parameters of the track and rolling stock, which are currently established, in certain cases, the possibility of an increase in the dynamic forces of interaction between the track and rolling stock is not excluded.

One of these cases is the construction and parameters of railway crossings. Thus, as a result of increasing the width of the track to the maximum allowable values, there is a danger of the non-working part of the wheel crest hitting the lead of the counter rail, which is inserted into the gutter of the crossing floor, which will lead to a violation of the comfort and safety of movement.

Under the most unfavorable conditions (dimensions allowed by current regulatory documents), the distance between the working face of the wheel pair crest on one side and the non-working face of the wheel pair crest on the other side is 11 mm (at the standard track width of 1520 mm) or 16 mm (at the standard track width 1435 mm) less than the distance between the working face of the rail on one side to the working face of the counter rail on the other side of the track. That is, if the crest of one wheel of a wheel pair is tightly pressed against the rail (which constantly happens when fitting into the curves of the track), then on the other hand, the crest of the wheel pair can hit the counter rail with its idle face, with further dynamic direction of the wheel pair into the trough of the crossing floor or rolling the ridge of the wheel on the counterrail, which will lead to deterioration of the smoothness and safety of movement. When the speed of movement increases, the force of such an impact will definitely increase, and the comfort level will deteriorate.

For the case when there is an interaction of the non-working face of the wheel ridge with the counterrail branch, the dynamic and kinematic criterion must be taken into account. The meaning of this criterion is the prevention of sharp shifts of wheel pairs. The quantitative expression of this criterion is a parameter related to the loss of kinetic energy when the wheel hits the counterrail. The criterion limits the bending angles of the deflected part of the counterrail depending on the design speed of movement.

It is also necessary to take into account and evaluate different designs of crossing floors. When laying crossing slabs made of reinforced concrete or rubber cord covering, counter rails are not inserted, and the gutter is made at the expense of special bars or rubber cord. Accordingly, there are no taps for directing wheel pairs, which definitely requires a speed limit for the comfort of driving due to the

possibility of the wheel crest hitting the elements of the road surface.

Thus, in order to ensure the comfort of passengers and the safety of traffic at the set speeds, it is necessary to limit the maximum permissible width of the track within railway crossings or to change the minimum size of the gutter at a railway crossing. If the specified parameters are not changed, then it is proposed to limit the speed of trains according to the parameter of kinetic energy loss. These conclusions are relevant for railways both with the norm of track width of 1520 mm and with the norm of 1435 mm.

**Keywords:** railway crossing, flooring, counter rail, gutter, traffic safety, comfort.

Патласов Олександр Михайлович, кандидат технічних наук, директор навчально-наукового центру розвитку професійної освіти кафедри транспортної інфраструктури, Український державний університет науки і технологій. ORCID iD: 0000-0003-2081-5648. Тел.: +38 (050) 575-89-21. E-mail: o.m.patlasov@ust.edu.ua.

Філіп'єв Олексій Олексійович, аспірант кафедри транспортної інфраструктури, Український державний університет науки і технологій, помічник директора з безпеки руху регіональної філії «Придніпровська залізниця» АТ «Укрзалізниця». ORCID iD: 0009-0001-0278-5353. Тел.: +38 (095) 363-42-48. E-mail: [afil@ukr.net](mailto:afil@ukr.net).

Воронцов Ярослав Сергійович, аспірант, спеціальність 275 «Транспортні технології», Державний університет інфраструктури та технологій, вул Кирилівська, 9, м. Київ, Україна. E-mail: 04071voroncov.yaroslav@gmail.com. Тел.: +38-093-253-55-33. ORCID <https://orcid.org/0009-0000-8178-5468>.

Patlasov Oleksandr, PhD (Tech), director of the educational and scientific center for the development of professional education of the department of transport infrastructure, Ukrainian State University of Science and Technologies. ORCID iD: 0000-0003-2081-5648.

Tel.: +38 (050) 575-89-21. E-mail: o.m.patlasov@ust.edu.ua.

Filipiev Oleksii, postgraduate student, department of transport infrastructure, Ukrainian State University of Science and Technologies. ORCID iD: 0009-0001-0278-5353. Tel.: +38 (095) 363-42-48 E-mail: [afil@ukr.net](mailto:afil@ukr.net).

Vorontsov Yaroslav S., PhD student, specialty 275 «Transportation Technologies», State University of Infrastructure and Technology, 9 Kyrylivska St., Kyiv, Ukraine, 04071. Tel.: +38-093-253-55-33. ORCID <https://orcid.org/0009-0000-8178-5468>. E-mail: voroncov.yaroslav@gmail.com.