

ТЕХНИКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕПЛИХ АСФАЛЬТОБЕТОННИХ СУМІШЕЙ ДЛЯ УЛАШТУВАННЯ ШАРІВ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ

Савенко В.Я., доктор технічних наук професор, Національний транспортний університет, Київ, Україна, svi1310@ukr.net, orcid.org/0000-0001-8174-7728

Мудриченко А.Я., ДП «ДерждорНДІ», Київ, Україна, mudrychenko@gmail.com, orcid.org/0000-0001-9787-2523

Стасюк Т.О., ДП «ДерждорНДІ», Київ, Україна, tanechka02051990@gmail.com, orcid.org/0000-0001-5921-4503

FEASIBILITY STUDY OF THE EXPEDIENCY OF WARM ASPHALT MIXTURES APPLICATION FOR THE ARRANGEMENT OF PAVEMENT LAYERS

Savenko V.Y., Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, Kyiv, Ukraine, svi1310@ukr.net, orcid.org/0000-0001-8174-7728

Mudrychenko A.Y., «DerzhdorNDI» SE, Kyiv, Ukraine, mudrychenko@gmail.com, orcid.org/0000-0001-9787-2523

Stasiuk T.O., «DerzhdorNDI» SE, Kyiv, Ukraine, tanechka02051990@gmail.com, orcid.org/0000-0001-5921-4503

Постановка проблеми. З урахуванням тенденцій сучасного світу постає питання щодо раціонального використання енергетичних ресурсів. В умовах збільшення обсягів дорожніх робіт одним із актуальних питань, яке виникає при приготуванні асфальтобетонної суміші, є зниження енерговитрат на її виготовлення.

Аналіз основних досліджень і публікацій.

Про важливість дослідження та доцільність впровадження використання у дорожньому будівництві Warm Mix Asphalt (WMA) – теплих асфальтобетонних сумішей неодноразово зазначали у своїх публікаціях Радовський Б. [6], Кіщинський С., Жданюк В. [7], Perkins S. [8], D'Angelo J. [10], Drüschner L. [11] та ін..

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Тепла асфальтобетонна суміш – це технологія, яка дозволяє значно знизити температуру виробництва та укладання звичайної гарячої асфальтобетонної суміші. Завдяки зменшенню в'язкості бітуму та/або підвищенню обволіканню суміші, деякі технології застосування теплих АБС дозволяють знизити температуру приготування до 100° С і навіть нижче без шкоди для експлуатаційних характеристик асфальтобетону. Це обіцяє різні переваги порівняно з гарячими АБС, наприклад, зменшення викидів парникових газів, зниження споживання енергії, покращення умов праці, кращу обволікання та ущільнення тощо.

Незважаючи на багатообіцяючі показники порівняно з гарячими АБС, ця технологія ще не набула визнання в асфальтобетонній промисловості в Україні. Для того, щоб досягти широкого впровадження необхідно довести, що тепла АБС має такі ж або кращі характеристики і довгострокові показники, як і гаряча АБС.

Постановка завдання. Мета роботи полягала у дослідженні доцільності використання асфальтобетонних сумішей, що виготовлені за знижених технологічних температур на основі бітуму з додаванням енергозберігаючих добавок та RAP.

Виклад основного матеріалу. Технології теплих АБС обіцяють ряд переваг при використанні. Конкретні переваги та ступінь переваг залежать від того, яка саме технологія використовується. Однак, згідно з оглядом дослідницької літератури, переваги можна розділити на чотири групи:

- екологічні;
- під час виробництва;
- під час укладання;

– економічні.

Різні технології виробництва теплих АБС дають змогу економити енергію для виробництва – це в основному залежить від того, наскільки була знижена температура виробництва і яке паливо було використано. Економічну вигоду від економії енергії слід розглядати разом з вартістю та типом енергії, оскільки вищі ціни на енергію обіцяють більшу економію. І знову ж таки, економія залежить від технології виробництва, оскільки деякі технології теплих АБС вимагають лише початкових інвестицій для модифікації заводу, деякі вимагають постійних додаткових витрат на добавки, а деякі вимагають обох форм додаткових витрат.

Економічні вигоди слід оцінювати разом з екологічними вигодами. Якщо впроваджуються суворіші стандарти викидів, то економічний потенціал для Warm Mix Asphalt (WMA) може бути вищим. У цьому випадку потенційні вигоди можуть не повністю піддаватися економічній оцінці і повинні оцінюватися разом з екологічними нормами.

Існують певні застереження щодо впровадження технології виробництва теплих АБС через її вартість. Необхідно довести ефективність теплих АБС порівняно з гарячими АБС, щоб використання цієї технології набуло широкого розповсюдження. Доцільно встановити на скільки відсотків скорочення споживання енергії зменшить загальні витрати на виробництво теплих АБС. Якщо не буде доведено зниження виробничих витрат, може статися так, що підрядники не оберуть цю технологію лише через її інші переваги, і якщо не буде запроваджено жорсткіших норм щодо викидів, технологія теплих АБС не зможе набути широкого розповсюдження. Це може призвести до збільшення витрат на:

- інвестиції та модифікації заводу;
- витрати на добавки;
- можливі витрати на ліцензування технології.

Приготування асфальтобетонної суміші передбачає наступні технологічні операції: переміщення матеріалів бульдозером; завантаження матеріалів в установку; розігрів бітуму в бітумосховищі; випарювання води з бітуму; підігрівання зневодненого бітуму до робочої температури; перекачування бітуму; очищення бітумних котлів; приготування суміші; обслуговування газодувної установки та контролювання температури просушування матеріалів; контролювання роботи конвеєрів і дозаторів; видача готової суміші в транспортні засоби [4].

При виконанні досліджень були розраховані вартості приготування асфальтобетонних сумішей гарячих та так званих теплих асфальтобетонних сумішей з додаванням енергозберігаючих добавок та RAP.

Вартість прямих витрат визначалась на підставі ресурсних кошторисних норм ДСТУ Б Д.2.2-27:2016 «Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Автомобільні дороги (Збірник 27)», ДСТУ Б Д.2.7-1:2012 «Ресурсні кошторисні норми експлуатації будівельних машин та механізмів», СОУ 42.1-37641918-034:2018 «Дорожні машини та механізми. Ресурсні кошторисні норми експлуатації будівельних машин і механізмів», СОУ 42.1-37641918-035:2018 «Автомобільні дороги. Ресурсні елементні кошторисні норми на ремонтно-будівельні роботи». На роботи з приготування теплих асфальтобетонних сумішей з додаванням RAP відсутні ресурсні елементні кошторисні норми. Ураховуючи зазначене, на відповідні роботи були розроблені індивідуальні кошторисні норми з урахуванням вимог ДСТУ-Н Б Д.1.1-6:2013 «Настанова щодо розроблення ресурсних елементних кошторисних норм на будівельні роботи».

Для нормування потреби трудових та технічних ресурсів при розробленні індивідуальних кошторисних норм використаний розрахунково-дослідний метод [8]. Він базується на використанні даних, одержаних в результаті проведення спеціальних нормативних досліджень (вимірів, фотохронометражу).

Визначення величини норм витрат труда ($H_{втр}$) робітників-будівельників розраховано за формулою [8]:

$$H_{втр} = \frac{P_{ем}}{(100 - (P_{нзр} + P_{г} + P_{мо})) * 60} \quad (2)$$

де $P_{ем}$ – сума проєктованих витрат на вимірник процесу, люд.хв;

$P_{нзр}$ – проектовані витрати на підготовчо-заключну роботу, %;
 $P_{г}$ – проектовані витрати на відпочинок і особисті потреби, %;
 $P_{то}$ – проектовані витрати на технічне обслуговування машин та механізмів.

Час використання машин і механізмів ($H_{чвм}$, маш.год) і витрати труда ланок, що обслуговують машини й механізми ($H_{втм}$, люд.год), визначені на підставі поточного нормативного часу роботи робітників-будівельників і кількісного складу виконавців:

$$H_{чвм} = H_{втр} : N_p \quad (3)$$

$$H_{втм} = H_{чвм} \cdot N_o \quad (4)$$

де N_p – кількісний склад ланки робітників-будівельників, чол.;
 N_o – кількісний склад ланки, що обслуговує машини й механізми, чол.

При виконанні досліджень були розраховані вартості приготування асфальтобетонних сумішей об'ємом 100 т на асфальтобетонному заводі продуктивністю 130 тон за годину таких асфальтобетонних сумішей:

Гаряча асфальтобетонна суміш – температура вихідного бітуму при перемішуванні становила (140-155) °С, мінерального матеріалу (170-180)°С. дрібнозернистого щільного асфальтобетону непереривчастої гранулометрії, марки I, типу А на вихідному бітумі БНД 70/100, з вмістом бітуму 5,0 %;

Теплі асфальтобетонні суміші – температура бітуму при приготуванні теплих асфальтобетонних сумішей становила (130-145) °С, температура нагрівання мінерального матеріалу (140-160)°С:

– дрібнозернистого щільного асфальтобетону непереривчастої гранулометрії, марки I, типу А на вихідному бітумі БНД 70/100 з додаванням енергозберігаючої добавки, з вмістом бітуму 4,5%;

– дрібнозернистого щільного асфальтобетону непереривчастої гранулометрії, марки I, типу А (+RAP у кількості 15 %) на вихідному бітумі БНД 70/100 з додаванням енергозберігаючої добавки, з вмістом бітуму 4,5%;

– дрібнозернистого щільного асфальтобетону непереривчастої гранулометрії, марки I, типу А (+RAP у кількості 20 %) на вихідному бітумі БНД 70/100 з додаванням енергозберігаючої добавки, з вмістом бітуму 4,5%;

– дрібнозернистого щільного асфальтобетону непереривчастої гранулометрії, марки I, типу А (+RAP у кількості 25 %) на вихідному бітумі БНД 70/100 з додаванням енергозберігаючої добавки, з вмістом бітуму 4,5%.

Таким чином використання енергозберігаючих добавок дозволяє знизити температуру нагрівання в'язучого і мінерального матеріалу на (10 – 15) °С [3].

Загальні витрати на приготування асфальтобетонних сумішей об'ємом 100 т з різними фізико-механічними характеристиками наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Витрати на приготування 100 т асфальтобетонної суміші
 Table 1 – Costs of preparation of 100 tons of asphalt mixtures

Ч.ч.	Асфальтобетонна суміш	Витрати, тис. грн	
		Вартість матеріалів	Загальна вартість
1	АБС.Др.Щ.А.НП.І.БНД 70/100 (5%)	156,247	230,074
2	АБС.Др.Щ.А.НП.І.БНД 70/100 (4,5 %+ЕД)	147,486	219,536
3	АБС.Др.Щ.А.НП.І.БНД 70/100 (4,5 %+ЕД+15% RAP)	143,242	215,275
4	АБС.Др.Щ.А.НП.І.БНД 70/100 (4,5 %+ЕД+20% RAP)	138,151	208,309
5	АБС.Др.Щ.А.НП.І.БНД 70/100 (4,5 %+ЕД+25% RAP)	133,009	202,124

На основі даних табл. 1 побудоване графічне зображення витрат на приготування 100 т асфальтобетонної суміші, в залежності від типу асфальтобетону (рис. 1).

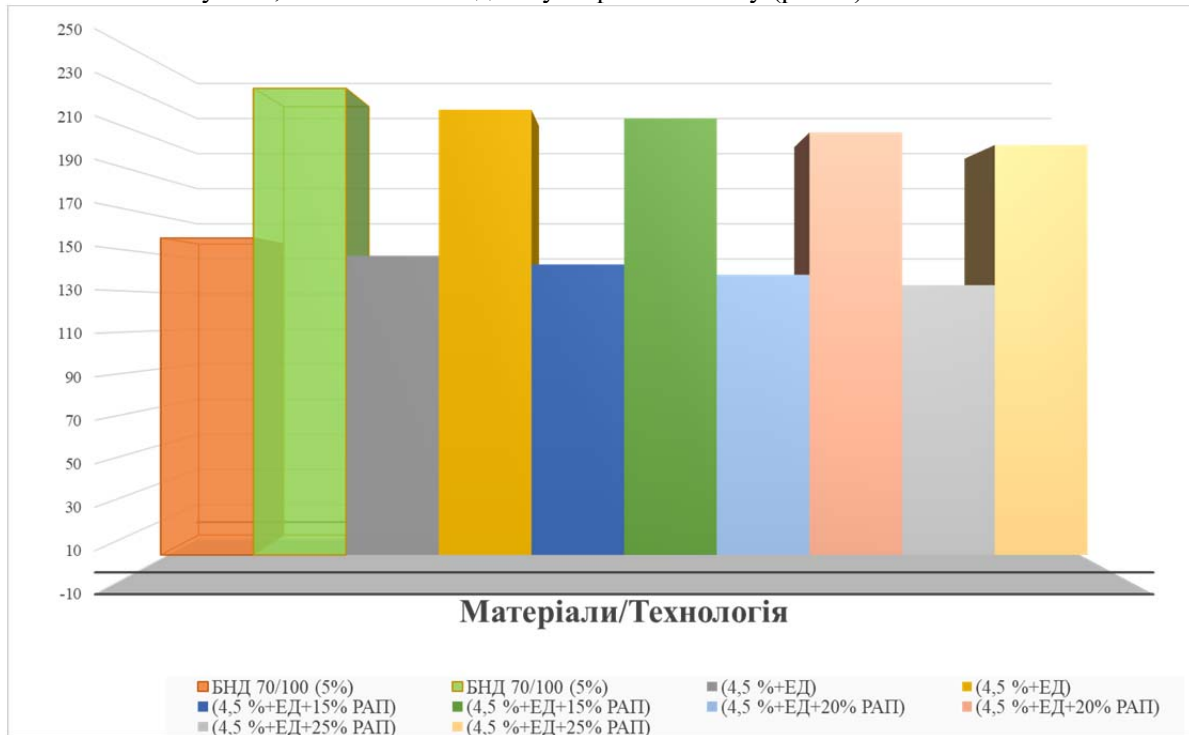


Рисунок 1 – Вартість приготування 100 т суміші АБС.Др.Щ.А.НП.І.БНД 70/100
 Figure 1 – Cost of preparation of 100 tons of asphalt mixture

Результати досліджень показують, що приготування теплих асфальтобетонних сумішей є економічно вигіднішими, оскільки за рахунок зменшення кількості бітумного в'язучого та складових, замінивши їх на RAP, можна досягти економії у вартості матеріалів на 14,8 %, а вартості технології приготування на 12 %.

Висновки. Вартість приготування за будь-якою технологією є надто залежною від вартості будівельних матеріалів та частки використання місцевих матеріалів.

Використання енергозберігаючих добавок дозволяє знизити температуру нагрівання в'язучого і мінерального матеріалу на (10 – 15) °С, а це, в свою чергу, призводить до зменшення вартості асфальтобетонної суміші на 12 %, а вартості матеріалів для приготування АБС майже на 15%.

Проведені дослідження використання технології приготування асфальтобетонних сумішей на основі бітумів з додаванням енергозберігаючих добавок та RAP дають змогу зробити такі висновки.

Укладання теплих АБ призводить до зменшення забруднення атмосфери. Нижчі температури змішування та модифікація бітуму призводять до іншої в'язко-пружної поведінки в'язучого в дорожньому покритті, виготовленому за технологією теплового АБ. Менше старіння під час виробництва та укладання, як правило, покращує гнучкість покриття, що зменшує втомлюваність та температурне розтріскування. Вважається, що це призводить до покращення довговічності (життєвого циклу) дорожнього одягу, що ще більше зменшує потенційні витрати на відновлення асфальтобетонного покриття. Зниження в'язкості бітуму в процесі виробництва дозволяє використовувати більший відсоток регенованого асфальтобетону (RAP) [3].

Оскільки технології теплих асфальтобетонів застосовуються лише протягом 20 років, все ще існують застереження щодо довгострокових характеристик покриттів, улаштованих із таких матеріалів. Якщо буде доведено, що теплі АБ має таку ж або кращу довговічність, ніж гарячі, то економічні витрати протягом життєвого циклу теплих АБ можуть значно збільшити переваги цієї технології.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ДСТУ Б В.2.7-119:2011 Суміші асфальтобетонні та асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови.
2. ДСТУ-Н Б В.2.7-315:2016 Настанова щодо виробництва та застосування асфальтобетонних сумішей за знижених технологічних температур із використанням енергозберігаючих добавок.
3. Савенко В. Я., Ілляш С. І., Мудриченко А. Я. Аналіз фізико-механічних характеристик теплих асфальтобетонних сумішей на основі бітуму з додаванням енергозберігаючих добавок та спіненого бітуму. Збірник «Дороги і мости. Київ, 2022. Вип. 25.
4. ДСТУ Б Д.2.2-27:2016 Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Автомобільні дороги (Збірник 27);
5. МР В.2.3.2-218-03449261-468:2005 «Методичні рекомендації з проектування і перевірки розрахунково-аналітичним та розрахунково-дослідницьким методом технічно обґрунтованих норм часу на механізовані будівельні і ремонтно-будівельні роботи в дорожньому господарстві».
6. Радовський Б.С. Прогрес технологій виробництва теплих асфальтобетонних сумішей в США// Автомобільні Дороги. – 2011. – №8. – С29-39.
7. С. Кіщинський, Л. Кириченко, Н. Бондар, Е. Гнатюк, Н. Любченко, Л. Гончар, В. Жданюк, М. Бевзюк Звіт про науково-дослідну роботу «Розробити технологію приготування полімерасфальтобетону з використанням спінених модифікованих бітумів». Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М.П.Шульгіна, Київ 2007.
8. Perkins, Steven. Synthesis of warm mix asphalt paving strategies for use in Montana highway construction. Montana : the state of Montana, department of transportation, November 2009. final report.
9. Low Emission Asphalt. product home page http://www.mcconnaughay.com/lowemissionasphalt_intro.php.
10. D'Angelo, John, et al. Warm-Mix Asphalt: European Practise. American Trade Initiatives. Washington, DC : U.S. Department of Transportation, February 2008.
11. Drüschner, Lotar. Experience with Warm Mix Asphalt in Germany. Sønderborg: NVF-rapporter, 2009. guest report in conference.

REFERENCES

1. DSTU B V.2.7-119: 2011 Asphalt mixtures and asphalt concrete for road and airfield. Technical specifications.
2. DSTU-N B V.2.7-315: 2016 Guidelines for the production and use of asphalt mixtures at low process temperatures using energy-saving additives.
3. Analysis of physical and mechanical characteristics of warm asphalt mixtures based on bitumen with the addition of energy-saving additives and foamed bitumen. Collection «Roads and bridges. Kyiv, 2022. Issue 25.
4. DSTU B D.2.2-27: 2016 Resource elemental estimate norms for construction works. Highways (Collection 27);
5. MR V.2.3.2-218-03449261-468: 2005 «Methodical recommendations for designing and verification of technically sound time standards for mechanized construction and repair and construction works in the road sector by calculation-analytical and calculation-research method».
6. Radovsky B.S. Progress of technologies for the production of warm asphalt mixtures in the USA // Avtomobilni Dorogi. – 2011. – №8. – С29-39.
9. S. Kishchynskiy, L. Kyrychenko, N. Bondar, E. Hnatiuk, N. Liubchenko, L. Gonchar, V. Zhdaniuk, M. Bevziuk Report on research work «Development of technology for the preparation of polymer asphalt concrete using foamed modified bitumen». M.P. Shulgin State Road Research Institute, Kyiv, 2007.
10. Perkins, Steven. Synthesis of warm mix asphalt paving strategies for use in Montana highway construction. Montana : the state of Montana, Department of Transportation, November 2009. Final Report.
11. Low Emission Asphalt. product home page http://www.mcconnaughay.com/lowemissionasphalt_intro.php.
12. D'Angelo, John, et al. Warm-Mix Asphalt: European Practise. American Trade Initiatives. Washington, DC : U.S. Department of Transportation, February 2008.

13. Drüschner, Lotar. Experience with Warm Mix Asphalt in Germany. Sønderborg: NVF-rapporter, 2009. guest report in conference.

РЕФЕРАТ

Савенко В.Я. Техніко-економічне обґрунтування доцільності застосування теплих асфальтобетонних сумішей для улаштування шарів дорожнього одягу / В.Я. Савенко, А.Я. Мудриченко, Т.О. Стасюк // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науковий журнал. – К.: НТУ, 2023. – Вип. 1 (55).

В статті досліджуються асфальтобетонні суміші, виготовлені за стандартною технологією та так звані теплі асфальтобетонні суміші, що виготовлені за знижених технологічних температур на основі бітуму з додаванням енергозберігаючих добавок та RAP (регенерована асфальтобетонна суміш).

Мета роботи – дослідження доцільності використання асфальтобетонних сумішей, що виготовлені за знижених технологічних температур на основі бітуму з додаванням енергозберігаючих добавок та RAP. З урахуванням тенденцій сучасного світу постає питання щодо раціонального використання енергетичних ресурсів. В умовах збільшення обсягів дорожніх робіт одним із актуальних питань, яке виникає при приготуванні асфальтобетонної суміші, є зниження енерговитрат на її виготовлення.

Метод дослідження. Проведено експериментальні порівняльні дослідження вартості приготування традиційних гарячих асфальтобетонних сумішей та асфальтобетонних сумішей, що виготовлені за знижених технологічних температур на основі бітуму з додаванням енергозберігаючих добавок та RAP.

Результати. Проведено техніко-економічне порівняння вартості приготування гарячих і теплих асфальтобетонних сумішей та отримані результати вартісної оцінки приготування АБС за різними технологіями.

На основі аналізу отриманих результатів встановлено, що при порівнянні технологій гарячих асфальтобетонних сумішей та технологій теплих асфальтобетонних сумішей перевагу слід надавати технологіям так званих теплих асфальтобетонних сумішей, оскільки маємо зниження енерговитрат та доданих складників і як результат зниження собівартості приготування асфальтобетонних сумішей без погіршення фізико-механічних властивостей.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АВТОМОБІЛЬНА ДОРОГА, АСФАЛЬТОБЕТОННІ СУМІШІ, В'ЯЖУЧЕ, ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧА ДОБАВКА, ТЕМПЕРАТУРА, ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБґРУНТУВАННЯ, ТЕПЛІ АСФАЛЬТОБЕТОННІ СУМІШІ, ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ.

ABSTRACT

Savenko V.Y., Mudrychenko A.Y., Stasiuk T.O. Feasibility study of the expediency of warm asphalt mixtures application for the arrangement of pavement layers. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific journal. – Kyiv: National Transport University, 2023. – Issue 1 (55).

The article investigates asphalt mixtures made according to standard technology and the so-called warm asphalt mixtures made at reduced process temperatures based on bitumen with the addition of energy-saving additives and RAP (reclaimed asphalt mixture).

The purpose of the study is to investigate the feasibility of using asphalt mixtures made at low process temperatures on the basis of bitumen with the addition of energy-saving additives and RAP. Taking into account the trends of the modern world, the issue of rational use of energy resources arises. In the context of an increase in road works scopes, one of the pressing issues that arise in the preparation of asphalt mixtures is the reduction of energy costs for its production.

Research method. Experimental comparative studies of the cost of preparing traditional hot asphalt mixtures and asphalt mixtures made at reduced process temperatures based on bitumen with the addition of energy-saving additives and RAP were carried out.

Results. A technical and economic comparison of the cost of preparing hot and warm asphalt mixtures was carried out and the results of the cost estimation of the preparation of asphalt mixtures using different technologies were obtained.

Based on the analysis of the results obtained, it was found that when comparing the technologies of hot asphalt mixtures and technologies of warm asphalt mixtures preparation, preference should be given to the technologies of the so-called warm asphalt mixtures, since we have a decrease in energy consumption and added components and, as a result, a decrease in the cost of preparing asphalt mixtures without deterioration of physical and mechanical properties.

KEYWORDS: HIGHWAY, ASPHALT MIXTURES, BINDER, ENERGY-SAVING ADDITIVE, TEMPERATURE, FEASIBILITY STUDY, WARM ASPHALT MIXTURES, ECONOMIC EFFICIENCY.

АВТОРИ:

Савенко В'ячеслав Якович, доктор технічних наук професор, завідувач кафедри транспортного будівництва та управління майном, Національний транспортний університет, e-mail: svi1310@ukr.net, тел. +38 (067) 443-87-65, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка, 1, orcid.org/0000-0001-8174-7728,

Мудриченко Анатолій Ярославович., заступник завідувача відділу технологій дорожніх робіт ДП «ДерждорНДІ», e-mail: mudrychenko@gmail.com, +38 (097) 134-57-55, Україна, 03113, м. Київ, просп. Берестейський (Перемоги), буд. 57, orcid.org/0000-0001-9787-2523

Стасюк Тетяна Олександрівна, молодший науковий співробітник відділу технологій дорожніх робіт ДП «ДерждорНДІ», e-mail: tanechka02051990@gmail.com, +38 (099) 602-49-18, Україна, 03113, м. Київ, просп. Берестейський (Перемоги), буд. 57, orcid.org/0000-0001-5921-4503

AUTHORS:

Savenko Viacheslav, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Transport Construction and Property Management, National Transport University, e-mail: svi1310@ukr.net, tel. +38 (067) 443-87-65, Ukraine, 01010, Kyiv, 1 Omelyanovycha-Pavlenka str, orcid.org/0000-0001-8174-7728,

Anatolii Mudrychenko, Deputy Head of the Road Works Technology Department «DerzhdorNDI» SE, e-mail: mudrychenko@gmail.com, +38 (097) 134-57-55, Ukraine, 03113, Kyiv, 57 Beresteyskyi (Peremohy) ave.

Tetiana Stasiuk, Junior Researcher, Road Works Technologies Department, «DerzhdorNDI» SE, e-mail: tanechka02051990@gmail.com, +38 (099) 602-49-18, Ukraine, 03113, м. Kyiv, 57 Beresteyskyi (Peremohy) ave.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Копинець І.В., кандидат технічних наук, завідувач відділу бітумних в'язучих та асфальтобетонів ДП «ДерждорНДІ», Київ, Україна.

Рутковська І.А., професор кафедри аеропортів, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, Київ, Україна.

REVIEWER:

Kopynets I.V., Candidate of Technical Sciences, Head of Bituminous Binders and Asphalt Concrete Department, «DerzhdorNDI» SE, Kyiv, Ukraine.

Rutkovska I.A., Professor of Airport Department, PhD in Engineering, Associate Professor, National Transport University, Kyiv, Ukraine.