

УДК 330.342.3

DOI: <https://doi.org/10.32782/2415-3583/29.11>

Джабраїлов А.М.

аспірант

Харківський національний університет міського господарства
імені О.М. БекетоваORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1371-0127>

ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВАРТОСТІ БУДОВИ ТРАМВАЙНИХ КОЛІЙ ЗА РІЗНИМИ ТЕХНОЛОГІЯМИ

У статті наведена порівняльна характеристика вартості будови трамвайних колій за трьома популярними в Україні технологіями їх влаштування – класичною (баластною) та двома новітніми – безбаластною, коли рейки вмонтовуються в спеціальні бетони, та так званою технологією плит, коли рейки вмонтовуються в спеціальну двокомпонентну еластичну масу. Розглядаються періодичність поточних, середніх та капітальних ремонтів, вартість яких суттєво впливає на вартість експлуатації міського рейкового електротранспорту. В статті викреслені найбільш суттєві з точки зору затрат параметри оцінки вартості трьох типів технологій влаштування трамвайних колій та виявлена найбільш вигідна з економічної точки зору технологія влаштування трамвайних колій, а також розраховані величини амортизаційних відрахувань для обраних технологій.

Ключові слова: міський громадський транспорт, трамвайні колії, класична технологія влаштування трамвайних колій, безбаластна технологія, транспортна інфраструктура.

Постановка проблеми. Трамвайне сполучення українських міст – важлива та мабуть найдорожча частка системи міського громадського транспорту. Трамвай як різновид міського громадського транспорту з'явився самим першим не тільки в Україні, а й в усьому світі. Перші трамвайні мережі були прокладені десятки та сотні років тому. Використання трамваїв стало популярним в кінці 19-го й на початку 20-го століть, коли технологія трамвайного руху була в розквіті.

Один із основних факторів, що вплинув на трасування трамвайних маршрутів, – історична забудова міст. Інженери та проєктувальники намагалися мінімізувати вплив на архітектурні об'єкти, ретельно плануючи криві ділянки колій для обходу існуючої забудови, природних та штучних перешкод. Через це план колій більшості міст складається з ділянок кривих, що нерідко поєднуються, створюючи складну мережу з багатьма розгалуженнями та поворотами.

Попри великі витрати на будівництво, ремонт та обслуговування, через складність та розгалуженість, дорогий рухомий склад, міські трамвайні мережі залишаються важливим засобом пересування пасажирів в межах міст. Трамвайні мережі зберігають свою важливість і як символи міського життя, прикрашаючи міський пейзаж.

Однак з плином часу трамвайні колії втрачають якість через знос. Отже, регулярні ремонти трамвайних колій є критично важливими, хоча й витратними процедурами. Мета всіх експлуатаційників – зробити ремонти трамвайних колій не тільки менш затратними, але й збільшити періоди часу між ремонтами. Для цього обираються новітні технології їх влаштування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематиці зміни економічних показників функціонування трамвайних підприємств в залежності від вартості побудови/реконструкції трамвайних колій та утримання їх в належному стані присвячена недостатня кількість оприлюднених наукових досліджень. Більшість праць присвячені технічним аспектам зазначеної

проблеми. Економічному ефекту від утримання трамвайних колій в належному стані присвячені роботи [1; 10–11], де також розглядаються переваги конструкцій будови трамвайних колій за різними технологіями. Економіці транспорту присвячені роботи [2–3], де розглядаються основи техніко-економічної модернізації міського електричного транспорту та проблеми реструктуризації цієї галузі міського господарства, включаючи трамвайні підприємства. Більш загальним питанням розвитку трамвайних господарств наших міст присвячений огляд [4] м. Києва та [5] м. Харкова.

Більшість економістів-транспортників присвячують свої наукові роботи глобальним питанням виведення із кризи галузі міського громадського електричного та автомобільного транспорту. Так, О.Ю. Палант в монографії [6] розробляє питання стратегічних аспектів системної модернізації міського електричного транспорту, Е.Н. Водозов та ін. в монографії [7] досліджують проблеми реструктуризації підприємств наземного електричного транспорту, О. І. Никифорок в монографії [8] опікується модернізацією наземних транспортних систем України.

Ми бажаємо дослідити більш вузьке питання – економічні показники вартості побудови трамвайних колій в залежності від обраної технології їх побудови, що буде корисно не тільки науковцям, але й фахівцям-експлуатаційникам.

Мета статті полягає в аналізі вартості влаштування трамвайних колій за технологією, що в переважній більшості застосовується на сьогоднішній день, та порівнянні її вартості з вартістю нових технологій побудови та ремонту трамвайних колій. Надано рекомендації яку технологію варто обирати, як найвигіднішу з економічної точки зору.

Виклад основного матеріалу дослідження. Згідно з існуючими нормативними документами [9], трамвайні колії підлягають регулярним ремонтам та обслуговуванню зі встановленою періодичністю. Ремонти бувають:

– поточними (ПР) – здійснюються з метою виправлення дрібних пошкоджень та підтримки сталої та безпечної експлуатації колій;

– середніми (СР), що включають більш серйозні заходи, ніж при ПР;

– капітальними (КР), що проводять у випадках, коли колії зазнали суттєвого зношення або потребують суттєвих змін, наприклад, через новий план забудови міського кварталу.

Також за потреби проводять реконструкції (Р) трамвайних колій.

Конструкції існуючих трамвайних колій в містах України є переважно класичними, тобто це рейки різних типів (Р65, Тв65, Т62 та інші), що кріпляться на шпали (залізобетонні або дерев'яні) на подушці із баласту (зі щебеню або піску).

Середні та капітальні ремонти кривих ділянок колій з радіусами до 200 метрів, де використовуються рейки Тв65, Т62, дерев'яні шпали та баласт зі щебеню, проводять залежно від радіусу кривої та інтенсивності руху. Для середніх ремонтів періодичність становить 3–8 років, для капітальних – 2–15 років. На періодичність ремонтів впливають умови експлуатації та параметри колій. Переважна кількість трамвайних колій, виконаних за класичною технологією, при середній інтенсивності руху міського транспорту мають періодичність капітальних ремонтів 10 років.

Якщо трамвайні колії побудовані за новітньою безбаластною технологією (докладно описана в роботі [10]), то періодичність їх ремонтів не зазначена ні в одному нормативному документі. Однак, спираючись на досвід проектування та будівництва трамвайних колій за зазначеною технологією, можна стверджувати, що гарантійний строк експлуатації таких колій суттєво підвищується і може становити 20–25 років, тому що колії влаштовані за такою технологією не потребують поточного ремонту (виходячи з практики експлуатації трамвайних колій, побудованих за класичною технологією, поточний ремонт має виконуватись щорічно).

Колії з монолітною залізобетонною конструкцією, пружним скріпленням та іншими інноваційними конструкційними складовими, не схильні до просідань чи перекосів, не потребують усунення відхилень по ширині чи виправлення колії, усунення ослаблених рейкових скріплень чи їх ремонту, досипання баласту тощо. Комплекс інженерних та проектних рішень, що застосовується при будівництві трамвайних колій за безбаластною технологією, сприяє покращенню експлуатаційних характеристик ділянок таких колій. Тому в продовж мінімум двох десятиріч експлуатації трамвайних колій, влаштованих за безбаластною технологією, стає можливою економія коштів на утримання колій через відсутність частих поточних та середніх ремонтів, а капітальний, як стверджують проектувальники, потрібен буде лише через 25 років після введення їх в експлуатацію. Доречі, влаштування трамвайних колій саме за цією технологією ми рекомендуємо всім трамвайним підприємствам країни, як найбільш економічний та технологічно надійний варіант (економічний ефект від влаштування колій за безбаластною технологією був описаний нами раніше в роботі [10]).

Далі порівнюємо вартість колій, влаштованих за класичною та безбаластною (монолітною) технологіями. Так, згідно з підрахунками проектувальників, вартість влаштування трамвайної колії за класичною технологією становить 42,267 млн грн/1 км о.к. (на один кілометр одиночної колії), за безбаластною – 73,267 млн грн/1 км о.к. Різниця у вартості обумовлена кількома чинниками. По-перше, варіант влаштування безбаластної колії включає використання дорогих матеріалів, які не входять до переліку стандартних матеріалів, необхідних для традиційної (класичної) технології. Це – високоякісні бетони та спеціальні конструктивні компоненти, що забезпечують міцність і стійкість трамвайних рейок. По-друге, новітні технології влаштування трамвайних колій передбачають використання більш дорогої спеціалізованої будівельної техніки та механізмів. По-третє, підвищуються фонд оплати праці, оскільки встановлення рейок в безбаластні колії вимагає більше витрат робочого часу та залучення спеціалістів високої кваліфікації. Всі ці фактори разом визначають різницю вартості між класичною технологією та безбаластною (монолітною) технологією. Витрати на поточний та середній ремонт колій передбачаються лише для трамвайних колій, влаштованих за класичною технологією. Орієнтовно витрати лише на поточний ремонт складають 0,216 млн грн/1 км о.к. на рік. Річна амортизація сягає 2,75 млн грн для класичної та 2,89 млн грн для безбаластної технології при строках корисного використання об'єкту у 15 та 25 років відповідно.

Повернемося більш докладно до порівнянь вартості трамвайних колій, влаштованих за класичною та безбаластною (монолітною) технологіями. Коротка характеристика щодо їх влаштувань наведена в нашій попередній роботі [1].

Для наочності в порівняльній таблиці, що наведені нижче, ми включили ще одну технологію влаштування трамвайних колій, яка передбачає укладання рейок в канали збірних залізобетонних плит із заповненням прирейкового простору заливальною масою. Для простоти ми її назвали Плити. Завдяки своїй конструкції і матеріалам, які використовуються, система тривалий час може працювати в умовах динамічних навантажень, що створюються рухомим складом (трамваєм) та іншими учасниками дорожнього руху. Ця технологія є найбільш затратною через застосування еластичних матеріалів – двокомпонентних полімерів на основі поліуретанових і епоксидних смол з різними добавками, що в конструкції рейкового полотна дозволяє досягти зниження рівня шуму та вібрації, забезпечити ефективну електроізоляцію рейок, що забезпечує захист конструкції від блукаючих струмів та надійне фіксування трамвайних рейок в каналах плит (докладно переваги та недоліки міського рейкового громадського транспорту були описані в нашій попередній роботі [11]).

В табл. 1 наведені деякі найбільш суттєві з точки зору затрат параметри оцінки вартості трьох типів технологій влаштування трамвайних колій. Величини затрат подані із розрахунку на 100 м одиночної колії.

Як видно із табл. 1, найменша по трудовитратам та сумарній величині прямих витрат є класична технологія. Але, як ми з'ясували раніше, влаштовані за такою

технологією трамвайні колії потребують щорічних поточних, а подекуди середніх ремонтів, що є великим навантаженням на бюджет експлуатуючого підприємства, зупиняє на невизначений строк рух громадського транспорту (трамваїв) та перешкоджає вільному руху іншого транспорту, що рухається вздовж трамвайних колій, що ремонтуються. Коефіцієнти перевищення витрат за новітніми технологіями в порівнянні з класичною технологією становлять 1,73 – для безбаластної та 7,21 для технології плит. Але все це в достатній мірі нівелюється за рахунок відсутності поточних та середніх ремонтів.

Інший суттєвий з економічної точки зору параметр, що впливає на вартість експлуатації трамвайних колій – амортизаційні відрахування. В табл. 2 наведені величини амортизаційних відрахувань (по роках) для трьох аналізованих технологій влаштування трамвайних колій.

Дані, наведені в табл. 2, потребують деяких пояснень. По-перше, згідно з даними, наведеними в п. 138.8.3 Податкового кодексу України [12] – мінімально допустимі строки амортизації основних засобів та інших необоротних активів – для групи «споруди» встановлено строк корисного викорис-

Таблиця 1 – Параметри оцінки вартості затрат щодо влаштування трамвайних колій за різними технологіями (в цінах 2023 року) із розрахунку 100 м одиночної колії

Параметри оцінки вартості	Одиниці виміру	Класична технологія	Безбаластна (монолітна) технологія	Плити
Трудомісткість	люд.-год.	1 328,12	2 504,87	1 568,82
	грн з ПДВ	140 504,40	177 500,40	271 021,20
Будівельні машини та механізми	грн з ПДВ	61 209,60	184 351,20	216 326,40
Будівельні матеріали, вироби та конструкції	грн з ПДВ	4 024 946,40	6 964 800,00	28 524 244,80
Разом прямих витрат	грн з ПДВ	4 226 660,40	7 326 651,60	29 011 592,40
Коефіцієнт перевищення витрат у порівнянні з класичною технологією		1,00	1,73	7,21

Таблиця 2 – Величини амортизаційних відрахувань для різних технологій влаштування трамвайних колій

Разом прямих витрат на 1 км о.к., грн. з ПДВ	Класична технологія		Безбаластна (монолітна) технологія		Плити
	42 266 604,00		73 266 516,00		290 115 924,00
Амортизація					
Період амортизації, років	10 років		20-25 років		
Річна амортизація, грн.	2 750 520,53		2 890 308,80		11 564 285,12
Роки	Залишкова вартість, грн	Норма амортизації, %	Залишкова вартість, грн	Норма амортизації, %	Залишкова вартість, грн
1	39 516 083,47	6,51	70 376 207,20	3,94	278 551 638,88
2	36 765 562,95	13,02	67 485 898,41	7,89	266 987 353,77
3	34 015 042,42	19,52	64 595 589,61	11,83	255 423 068,65
4	31 264 521,89	26,03	61 705 280,81	15,78	243 858 783,53
5	28 514 001,36	32,54	58 814 972,02	19,72	232 294 498,42
6	25 763 480,84	39,05	55 924 663,22	23,67	220 730 213,30
7	23 012 960,31	45,55	53 034 354,43	27,61	209 165 928,19
8	20 262 439,78	52,06	50 144 045,63	31,56	197 601 643,07
9	17 511 919,26	58,57	47 253 736,83	35,50	186 037 357,95
10	14 761 398,73	65,08	44 363 428,04	39,45	174 473 072,84
11	12 010 878,20	71,58	41 473 119,24	43,39	162 908 787,72
12	9 260 357,67	78,09	38 582 810,44	47,34	151 344 502,60
13	6 509 837,15	84,60	35 692 501,65	51,28	139 780 217,49
14	3 759 316,62	91,11	32 802 192,85	55,23	128 215 932,37
15	1 008 796,09	97,61	29 911 884,06	59,17	116 651 647,26
16			27 021 575,26	63,12	105 087 362,14
17			24 131 266,46	67,06	93 523 077,02
18			21 240 957,67	71,01	81 958 791,91
19			18 350 648,87	74,95	70 394 506,79
20			15 460 340,07	78,90	58 830 221,67
21			12 570 031,28	82,84	47 265 936,56
22			9 679 722,48	86,79	35 701 651,44
23			6 789 413,69	90,73	24 137 366,33
24			3 899 104,89	94,68	12 573 081,21
25			1 008 796,09	98,62	1 008 796,09

тання – 15 років. За технологічною картою використання трамвайних колій, влаштованих за класичною технологією, – 10 років. Але ця величина не є точною. При проведенні всіх необхідних регламентних робіт щодо утримання в належному стані таких трамвайних колій, вони можуть слугувати й довше. Тому ми розраховували амортизаційні відрахування для цієї технології довжиною в 15 років. По-друге, трамвайні колії, влаштовані за новітніми технологіями (безбаластна та плити) мають строк служби 20-25 років. Тому ми розраховували амортизаційні відрахування, виходячи зі строків їхньої експлуатації – 25 років. Норми амортизаційних відрахувань (в %) для обох технологій однакові, тому ми не стали повторювати двічі цей стовбець.

Як видно з даних табл. 2, для всіх трьох технологій залишкову вартість після спливу амортизаційних строків встановлено 1 008 796,09 грн. При чому річна амортизація за класичною та безбаластною технологіями становить майже однакові величини – 2 750 520,53 грн та 2 890 308,80 грн відповідно. Влаштування трамвайних колій за технологією плит теж має ряд переваг, але на них ми зупинимось в наступних наших роботах.

Висновки. Враховуючи первісну вартість колії, амортизаційні відрахування та витрати на регулярний поточний ремонт, середні ремонти та зупинки руху трамваїв під час виконання робіт та створені незручності для інших учасників дорожнього руху, можна стверджувати, що колії влаштовані за безбаластними технологіями є максимально економічно вигідними.

Список використаних джерел:

1. Палант О.Ю., Джабраїлов А.М. Економічні переваги конструкцій будови трамвайних колій. *Економічний простір*. 2021. № 171. С. 42–46.
2. Адаменко М.І., Палант О.Ю. Економіко-технічна надійність експлуатації міського електричного транспорту. Харків : Золоті сторінки, 2014. 144 с.
3. Адменко М.І., Палант О.Ю. Основи техніко-економічної модернізації підприємств міськелектротранспорту. Харків : Золоті сторінки, 2015. 128 с.
4. Сценарії розвитку рейкового транспорту м. Києва. URL: <https://www.slideshare.net/Aplussukraine/ss-62390579>
5. Каталог проектів міста. Розвиток та інвестиції. URL: https://inkharkiv.com/catalog/catalog_projects_uk.pdf
6. Палант О.Ю. Стратегія системної модернізації міського електричного транспорту : монографія. Харків : Золоті сторінки, 2016. 360 с.
7. Водовозов Є.Н., Димченко О.В., Палант О.Ю., Тараруєв Ю.О. Проблеми реструктуризації підприємств наземного електричного транспорту : монографія. Харків : Золоті сторінки, 2018. 208 с.
8. Никифорук О.І. Модернізація наземних транспортних систем України : монографія. Київ : НАН України, ДУ «Інститут економіки та прогнозування НАН України», 2014. 440 с.
9. ГСТУ 204.04.05.005-2004. Колії трамвайні. Система технічного обслуговування та ремонту. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79637
10. Палант О.Ю., Джабраїлов А.М. Система безбаластної будови трамвайних колій: підприємницький аспект. World science: problems, prospects and innovations. Proceedings of the 11th International scientific and practical conference. Perfect Publishing. Toronto, Canada. 2021. P. 308–313. URL: <https://sci-conf.com.ua/xi-mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferentsiya-world-science-problems-prospects-and-innovations-14-16-iyulya-2021-goda-toronto-kanada-arhiv/>
11. Палант О.Ю., Джабраїлов А.М. Теорія і методологія розвитку трамвайних колійних господарств України. *Держава та регіони*. Сер. Економіка та підприємництво. 2021. № 4 (121). С. 56–63.
12. Податковий кодекс України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17>

References:

1. Palant O., Dzhabrailov A. (2021) Ekonomichni perevahy konstruktivnykh budovy tramvaynykh kolyi [Economic advantages of the construction structure of tram lines]. *Economic space*, no 171, pp. 42–46. (in Ukrainian)
2. Adamenko, M.I. and Palant, O.Y. (2014) *Ekonomiko-tekhnichna nadiinist ekspluatatsii miskoho elektrychnoho transportu* [Economic and technical reliability of operation of public electric transport]. Kharkiv : Golden Pages. (in Ukrainian)
3. Adamenko, M.I. and Palant, O.Y. (2015), *Osnovy tekhniko-ekonomichnoyi modernizatsiyi pidpryyemstv mis'kelektrotransportu* [Fundamentals of technical and economic modernization of urban electric transport enterprises]. Kharkiv : Golden Pages. (in Ukrainian)
4. Scenarios for the development of rail transport in Kyiv. Available at: <https://www.slideshare.net/Aplussukraine/ss-62390579>
5. Catalog of city projects. Development and investment. Available at: https://inkharkiv.com/catalog/catalog_projects_uk.pdf
6. Palant O.Y. (2016) *Stratehiya systemnoyi modernizatsiyi mis'koho elektrychnoho transportu* [Strategy of system modernization of urban electric transport]. Kharkiv: Golden Pages. (in Ukrainian)
7. Vodovozov Yu.N. and other (2018) *Problemy restrukturyzatsiyi pidpryyemstv nazemnoho elektrychnoho transportu* [Problems of restructuring enterprises of land electric transport]. Kharkiv : Golden Pages. (in Ukrainian)
8. Nykyforuk O.I. (2014) *Modernizatsiya nazemnykh transportnykh system Ukrainy* [Modernization of Ukraine's land transport systems]. Kyiv: IEP NANU. (in Ukrainian)
9. GSTU 204.04.05.005-2004. Tram tracks. Maintenance and repair system. Available at: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79637
10. Palant O., Dzhabrailov A. (2021) *Systema bezbalastnoyi budovy tramvaynykh kolyi: pidpryyemnyts'ky aspekt* [System of ballastless construction of tram tracks: entrepreneurial aspect.] World science: problems, prospects and innovations. Proceedings of the 11th International scientific and practical conference. Perfect Publishing. Toronto, Canada, pp. 308–313. Available at: <https://sci-conf.com.ua/xi-mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferentsiya-world-science-problems-prospects-and-innovations-14-16-iyulya-2021-goda-toronto-kanada-arhiv/>
11. Palant O., Dzhabrailov A. (2021) *Teoriya i metodolohiya rozvytku tramvaynykh kolyinykh hospodarstv Ukrainy* [Theory and methodology of tramroad enterprises development in Ukraine]. *Derzhava ta regiony*, no. 4 (121), pp. 56–63.
12. Tax Code of Ukraine. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17>

Dzhabrailov Arsen*O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv*

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF TRAMWAY CONSTRUCTION COSTS USING DIFFERENT TECHNOLOGIES

Over time, the quality of tramway track deteriorates due to wear and tear and requires regular repairs, which are important but costly operations. The goal of all tram companies is not only to reduce the cost of tram repairs, but also to increase the time between repairs. For this purpose, the latest technologies are chosen for their construction, which to a greater extent do not require intermediate repairs. The article provides a comparative characteristic of the cost of tramway construction according to three popular technologies of their construction in Ukraine – classical (ballasted), when rails are mounted on wooden or reinforced concrete sleepers, located on a bed of crushed stone and sand, and two newer ones – ballastless (monolithic), when rails are embedded in special concrete, and the so-called slab technology, when rails are embedded in a special two-component elastic mass. The article considers the frequency of current, medium and major repairs, the frequency and cost of which have a significant impact on the operating costs of the tram, which is already the most expensive link in the urban transport complex. The parameters that have a greater or lesser influence on the frequency of repairs are identified. The article identifies the most significant parameters from the cost point of view for estimating the costs of three types of tram technologies, reveals the most economically advantageous technology for tram construction, and calculates the amount of depreciation for the selected technologies. The article also calculates the coefficients of excess costs for the newest technologies in comparison with the classical technology and provides an analysis of the results obtained. It is concluded that, taking into account the initial cost of the track, the depreciation costs and the costs of regular current repairs, the average repairs and the losses incurred by the companies due to the stoppage of tram traffic during the works and the inconvenience caused to other road users, it can be argued that the tracks laid using the latest ballastless technologies are the most cost-effective.

Key words: *urban public transport, tramways, classical tramway technology, ballastless technology, transport infrastructure.*

JEL classification: L91, R41, R49, O32
