

DOI <https://doi.org/10.32782/2521-6643-2022.1-63.5>
УДК 656.13

Фірсов О. Д., кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри комп'ютерних наук
та інженерії програмного забезпечення
Університету митної справи та фінансів
ORCID: 0000-0002-9071-8336

Разгонов С. А., кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри транспортних технологій
та міжнародної логістики
Університету митної справи та фінансів
ORCID: 0000-0002-1244-2047

Жир С. І., кандидат фізико-математичних наук, доцент,
доцент кафедри транспортних технологій
та міжнародної логістики
Університету митної справи та фінансів
ORCID: 0000-0002-1493-9401

Ченакал А. І., магістрант
Національного технічного університету «Дніпровська політехніка»

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ МІСЬКОГО ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ У МІСТІ ДНІПРО З ВИКОРИСТАННЯМ ТРОЛЕЙБУСІВ З АВТОНОМНИМ ХОДОМ

У статті наголошено про розробку транспортно-логістичної схеми перевезення пасажирів у місті Дніпро троллейбусними маршрутами з використанням троллейбусів з автономним ходом. У роботі проводиться аналіз троллейбусів з автономним ходом, оцінка їхніх властивостей, особливості використання та порівняння з іншими видами троллейбусів. Також порівнюються діючі троллейбусні маршрути з можливими маршрутами, де використовуються троллейбуси з автономним ходом. Розраховуються техніко-експлуатаційні та техніко-економічні показники роботи транспорту, визначаються витрати на організацію перевезення пасажирів. У результаті виконання проводиться розрахунок виручки від перевезення пасажирів троллейбусами з автономним ходом по маршрутах міста Дніпро.

Ключові слова: троллейбус, автономний хід, перевезення пасажирів, собівартість перевезення пасажирів, техніко-експлуатаційні показники.

Firsov O. D., Razghonov S. A., Zhir S. I., Chenakal A. I. Increasing the efficiency of urban electric transport in Dnipro city by using autonomously driven trolleybuses

The article emphasizes the development of a transport and logistics scheme for the transportation of passengers in Dnipro city by trolleybus routes using autonomous trolleybuses. The paper analyzes autonomous trolleybuses, evaluates their properties, features of use, and compares them with other types of trolleybuses. It also compares existing trolleybus routes with possible routes using autonomous trolleybuses. The technical-operational and technical-economic indicators of the transport are calculated, and the expenses for the organization of passenger transportation are determined. As a result of the implementation, the revenue from the transportation of passengers by trolleybuses with autonomous operation along the routes of the city of Dnipro is calculated.

Key words: trolleybus, autonomous movement, passenger transportation, technical and operational performance.

Огляд проблеми. Ефективність пасажирського транспорту не використовується на максимально можливу потужність у наш час. За допомогою підвищення цієї самої ефективності населення великих міст зможе вирішити купу проблем, з якими люди стикаються щодня під час переміщення по місту. Прикладом можуть бути: постійні затори, брак паркувальних місць, відсутність місць для переміщення велосипедистів та пішоходів, збільшення порушення ПДР тощо [1; 2].

Мета статті. Робота присвячена питанню підвищення ефективності пасажирського виду транспорту, а саме троллейбусного, з використанням троллейбусів з автономним ходом на маршрутах міста Дніпро. Крім того, в роботі розглянуто особливості використання троллейбусів, які підходять найкраще для перевезення пасажирів, та підвищення ефективності самих маршрутів у місті Дніпро, розрахування

© О. Д. Фірсов, С. А. Разгонов, С. І. Жир, А. І. Ченакал, 2022

техніко-експлуатаційних і техніко-економічних показників роботи тролейбусного транспортного засобу за маршрутами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У 1970 році тролейбусним транспортом в Україні перевезено 1536 млн пасажирів [6].

Натепер, незважаючи на значні економічні труднощі, у багатьох колишніх соціалістичних країнах продовжують експлуатуватися більшість тролейбусних систем.

Наприкінці ХХ – початку ХХІ століття екологічні, економічні та інші проблеми, викликані масовою автомобілізацією, відродили інтерес до міського електротранспорту і в Західній Європі. Одночасно багато європейських країн зробило вибір на користь трамвая, який споживав менше енергії [7].

Тролейбусний рух у світі залишається і надалі пріоритетним напрямом розвитку міського пасажирського транспорту. Міста активно оновлюють рухомий склад, наприклад Афіни (Греція), Лозанна (Швейцарія), Неаполь (Італія), Бостон, Дейтон, (США), Золінген (Німеччина), Гренобль (Франція) та ін. [8].

Вклад основного матеріалу. Тролейбус, як і автобус, рухається по автомобільній дорозі з твердим покриттям, що дозволяє використовувати наявну дорожню мережу без переобладнання. Але потребує більш якісних доріг. В Україні тролейбус повинен експлуатуватися на дорогах категорій Т або П з покриттям капітального типу, відповідних ДСТУ.

Зберігання, ремонт і технічне обслуговування рухомого складу здійснюється в тролейбусних депо (парках). На території тролейбусних депо розміщуються також цехи з обслуговування та ремонту тролейбусів, гаражі для спеціальної техніки, склади для зберігання.

Кінцеві пункти тролейбусів мають оборотні кільця. Зазвичай є розгалуження контактної мережі для можливості відстою тролейбусів, обгону різних маршрутів. Іноді облаштовуються пункти контролю технічного стану, диспетчерські пункти.

Рух тролейбусів регламентується графіком. Основні вихідні дані для складання графіка – час обороту по маршруту і кількість машин на маршруті. Визначають його дослідним шляхом. Відстежують виконання графіка і регулярність руху диспетчери.

Темою статті є визначення ефективності тролейбусних маршрутів з використанням тролейбусів з автономним ходом у місті Дніпро, а також розрахунок техніко-експлуатаційних та техніко-економічних показників роботи тролейбусного транспортного засобу за наявними та розробленими маршрутами. Для вибору автотранспортного засобу для перевезення пасажирів було проаналізовано певний ряд тролейбусів.

На поточний момент часу на тролейбусних маршрутах міста Дніпро в основному використовуються такі види тролейбусів (01.03.2021 р.):



Рис. 1. Дніпро Т103



Рис. 2. Дніпро Т203



Рис. 3. БКМ-321



Рис. 4. ЮМЗ-Т1



Рис. 5. ЮМЗ-Т2



Рис. 6. ЗіУ-682Г

Серед цих транспортних засобів тролейбус «Дніпро Т203» буде розглядатися як основний вид тролейбусного транспортного засобу з автономним ходом у місті Дніпро. Також він буде розглядатися для порівняння ефективності сьогоденної системи тролейбусних маршрутів з можливою наявною та для порівняння їх економічної вигідності у результаті.

Тролейбусний рух у місті Дніпро здійснюється до 23:55 у будні дні, у святкові та вихідні дні деякі маршрути працюють за скороченим графіком. Кількість маршрутів – 21, довжина мережі – 187,8 км, кількість тролейбусів – 194 (4 службових), кількість тролейбусних парків – 2.

Діючий рухомий склад. 20 січня 2018 року до міста Дніпро надійшов перший тролейбус БКМ 321 з 13 замовлених у ході тендера, який відбувся у серпні 2017.

Головна їхня особливість – наявність системи автономного ходу від акумуляторів на дальність до 15–20 кілометрів.

Для розрахунку техніко-експлуатаційних та техніко-економічних показників роботи тролейбусного транспорту між наявною системою тролейбусних маршрутів з використанням наявного складу депо (рис. 7) та можливою системою маршрутів з використанням тролейбусного парку лише з тролейбусів з автономним ходом («Дніпро Т203») будемо користуватися наявним розкладом та планом маршрутів тролейбусного транспортного засобу міста Дніпра (див. рис. 8), а також використовувати схему перспективного розвитку тролейбусних маршрутів з офіційного міського сайту [16] та створену власноруч.

Таблиця 1

Рухомий склад тролейбусного депо м. Дніпро станом на 1 березня 2021 р.

№ п/п	Пасажирські тролейбуси		
	Модель	Кількість, шт.	з них працюють
1	Дніпро Т203	47	45
2	ЮМЗ Т2	41	38
3	БКМ 321	38	36
4	ЮМЗ Т1Р (Т2П)	36	26
5	Дніпро Т103	11	11
6	ЗіУ-682Г	8	6
7	ЮМЗ Т1	6	2
8	ЮМЗ Т2М	1	1
9	ЮМЗ Е186	1	0
10	ЗіУ 683Б (Б00)	1	1
	Всього	190	167
	Службові тролейбуси		
11	КГТ-1	4	4
	Всього	4	4

Можливі маршрути:

Маршрут 22 – Пл. Старомостова – Лівобережний 3.

Маршрут 23 – Калиновський – Парус-2.

Маршрут В (кільцевий) – початкова/кінцева зупинка ЮМЗ (Титова).

Маршрут Г (кільцевий) – початкова/кінцева зупинка Універсам (Перемога).

Технологічний процес перевезення пасажирів складається з таких складників:

- визначення маршрутів (відстань, час тощо);
- вибір рухомого складу;
- формування маршрутів перевезення пасажирів з найефективнішим результатом;
- процес перевезення пасажирів до пунктів призначення та складання розкладу і графіків руху транспортних засобів і водіїв.

Позначення:

- наявні маршрути;
- частина нового маршруту з використанням контактної мережі;
- частина маршруту без використання контактної мережі, використовується система автономного ходу.

Ефективність перевезення та транспортні витрати залежать від продуктивності організацій роботи на маршруті та структури всього процесу.

Відомо, що у разі використання автомобільного транспортного засобу під час перевезення пасажирів враховують такі техніко-експлуатаційні показники використання транспортних засобів (надалі – ТЗ): загальний пробіг; технічна швидкість руху; експлуатаційна швидкість руху; час у наряді; виконана транспортна робота.

Розглянемо розрахунки визначення показників використання ТЗ, які приведемо на прикладі маршруту № 1, усі інші визначені показники знаходяться у таблиці 2.

Експлуатаційна швидкість – це умовна середня швидкість автомобіля за час знаходження його на лінії або за одну годину робочого часу, враховуючи простої:

$$V_T^M = \frac{L_M}{t_{\text{дв}}} \text{ км/год} \quad (3)$$

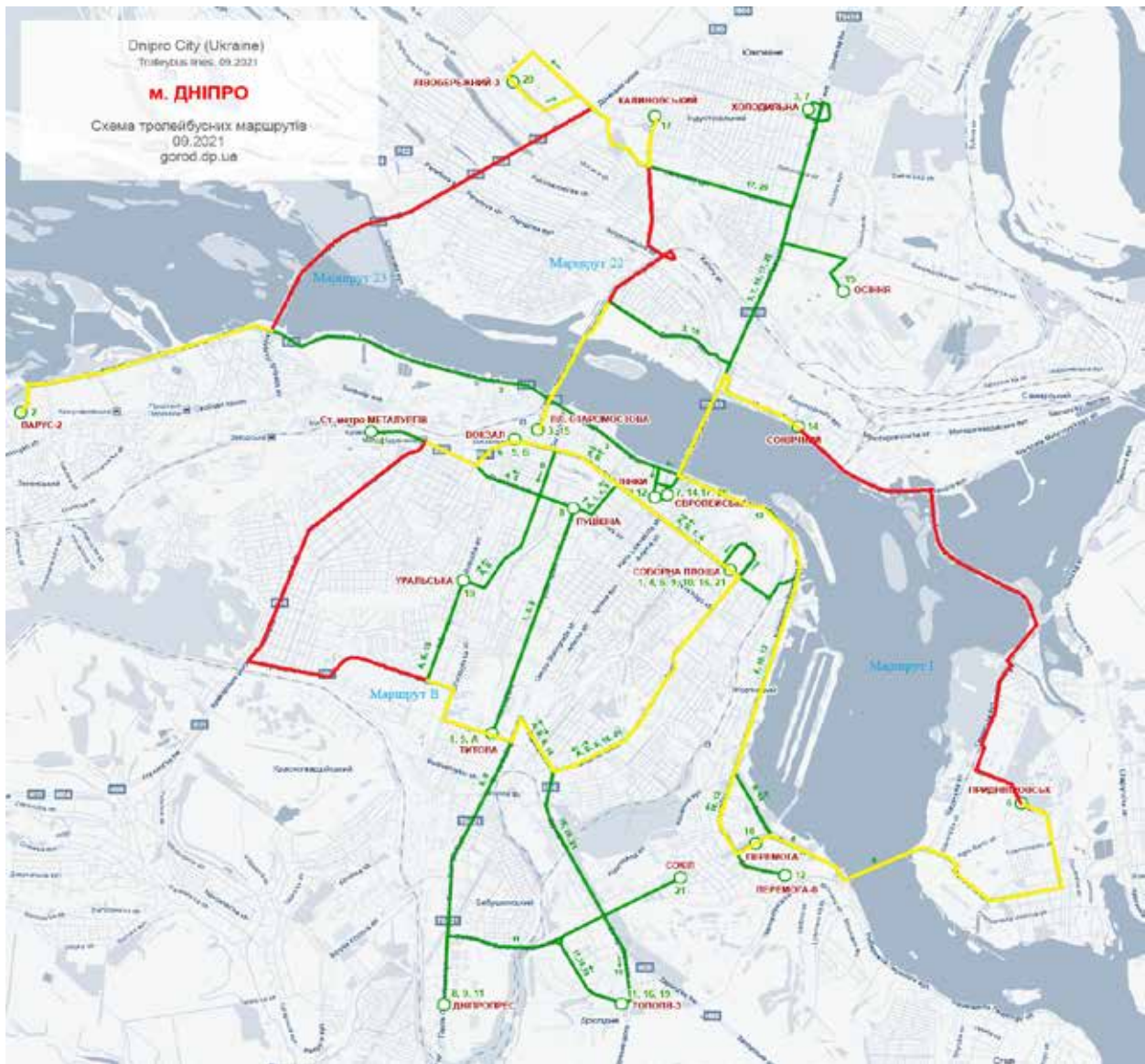


Рис. 8. Схема перспективного розвитку тролейбусних маршрутів м. Дніпро

- наявні маршрути;
- частина нового маршруту з використанням контактної мережі;
- частина маршруту без використання контактної мережі, використовується система автономного ходу.

Тривалість перебування в наряді враховується за фактичним часом знаходження тролейбуса на лінії (маршруті) з моменту виїзду до моменту повернення в гараж.

$$T_H = T_M + t_H \quad (4)$$

T_M – час роботи на маршруті, год.;

t_H – час на виконання нульового пробігу, год.

$T_H = 14$ Виконана транспортна робота визначається за формулою:

$$P = Q \times L_M \quad (5)$$

де Q – обсяг перевезень пасажирів на маршруті, пас.

Таблиця 2

Результати розрахунків техніко-експлуатаційних показників роботи транспорту

Позначення	$L_{обц}$ за рейс (км)	$L_{обц}$ за день (км)	V_m^m за min/ max (км/год)	V_m^m за день (км/год)	V_m^m за min/ max (км/год)	V_m^m за день (км/год)	T_n	P рейс/ за день
1	11,73	683,49	34,99/ 16,46	48,19	29,33/ 16,76	48,26	14:16	1073/ 5717751
2	28,5	1068	50,63	65	38,86	65	14:16	1552/ 9454380
3	10,88	620,16	40,8/ 31,09	44,46	40,8/ 31,09	44,46	13:57	1251/ 4065149
4	35,79	82,74	25,61/ 18,78	22,54	29,83/ 26,84	24,82	3:20	1080/ 26996
5	10,07	677,36	32,87/ 18,41	47,26	27,46/ 18,31	47,42	14:17	882/ 6830595
6	58,05	748,2	60,19/ 26,03	57,11	65/52,61	58,15	12:52	1846/ 3573372
7	8,48	169,6	16,41/ 8,34	13,06	16,41/ 8,34	13,06	12:59	975/ 390080
8	20,1	376,5	22/9,14	30,7	26,8/14,53	30,78	12:14	1139/ 1558607
9	23,61	264,99	20,12	22,45	28,91	22,75	11:39	1542/ 556716
10	37,61	470,09	27,03/ 25,74	34,85	36,4/35,82	35,17	13:22	1036/ 2487796
11	16,18	83,14	25,75/ 13,95	12,95	24,89/ 24,27	13,78	6:02	642/ 108447
12	41,64	783,92	52,58/ 28,92	57,18	42,35/ 36,74	56,19	13:57	1109/ 6744722
14	19,33	240,16	19,98/ 10,83	16,46	28,29/22,3	16,97	14:09	498/ 1346457
15	29,31	95,88	9,84/9,2	9,2	19,54/ 18,71	10,9	08:48	1094/ 69994
16	22,19	763,95	34,77	56,01	40,35	55,03	13:53	1333/ 5631291
17	15,64	393,24	23,6/ 16,18	29,28	27,6/20,85	29,38	13:23	1086/ 1824894
19	21,69	465,29	22,18/ 16,64	35,71	23,24/ 19,72	35,34	13:10	1275/ 2143863
20	23,31	1064,77	60,55/ 51,9	65	36,81/ 34,97	65	13:26	1393/ 10540968
21	24,92	712,88	27,3	53,35	42,72	52,42	13:36	1256/ 5143757
А	16,76	723,92	37,35/ 17,07	53,12	33,52/ 20,52	52,71	13:44	1145/ 5937754
Б	18,66	279,58	26,36/ 13,18	20,54	27,31/ 16,46	20,68	13:31	1364/ 721503

Тепер розрахуємо техніко-експлуатаційні показники роботи транспорту з автономним ходом на базі можливої системи маршрутів (рис. 8), результати занесемо в таблицю 3.

Таблиця 3

Результати розрахунків техніко-експлуатаційних показників роботи транспорту для можливої системи маршрутів

Позначення	$L_{обц}$ за рейс (км)	$L_{обц}$ за день (км)	V_m^m при min/ max (км/год)	V_m^m за день (км/год)	V_m^m при min/ max (км/год)	V_m^m за день (км/год)	T_n	P рейс/ за день
22	27,1	750,3	32,99	51,13	34,6	50,7	14:48	1209/ 5108448
23	21,8	649,6	39,82	44,3	34,42	43,99	14:46	1562/ 3024419
В	28,5	875,8	62,5	62,16	45	61,39	14:16	2450/ 3538233
Г	44,8	1274,8	60	60	48	59,22	14:26	3210/ 2516640

Розрахунки економічних витрат на роботу та організацію транспорту мають велике значення для підвищення ефективності його роботи. За допомогою цих розрахунків визначаються планові та фактичні витрати на увесь процес роботи транспорту.

Відомо, що у розрахунку собівартості перевезень пасажирів враховуються витрати за різними статтями: заробітна плата персоналу з організації та здійснення перевозок (зарплата водіїв, керівників, фахівців і службовців); відрахування на бюджетні та позабюджетні фонди від коштів оплати праці; загальногосподарські або накладні витрати (на утримання і ремонт будівель, інвентарю, канцелярські та інші витрати); амортизація основних засобів і нематеріальних активів (у разі нарахування лінійним способом); технічне обслуговування і поточний ремонт рухомого складу (включаючи заробітну плату ремонтних і допоміжних робітників); паливо; мастильні та інші експлуатаційні матеріали; відновлення зносу і ремонт автомобільних шин. У собівартість перевезень також включаються податки і платежі відповідно до чинного податкового та бюджетного законодавства.

Розрахунки витрат на перевезення пасажирів наведемо на прикладі маршруту № 1, усі інші визначені показники знаходяться у таблиці 2.

Розрахунок витрат на перевезення пасажирів:

Заробітна плата водіїв визначається за формулою:

$$ЗП_a = \frac{T \times k_m \times k_{zn}}{M\phi} \times N_{вод} \quad (6)$$

де T – тарифна ставка першого розряду, яка діє в організації, в розрахунках прийняти рівною 2893 грн;

k_T – тарифний коефіцієнт водія залежно від габаритної довжини тролейбуса;

k_{zn} – коефіцієнт, що враховує премії за виробничі результати роботи і спеціальні види премій, доплати і надбавки до заробітної плати водія, на оплату чергових відпусток та інші, що відносяться в установленому порядку на собівартість перевезень, у розрахунках прийняти рівним 2,3;

$N_{вод}$ – кількість водіїв, які працюють на маршруті;

$M\phi$ – розрахункова середньомісячна норма робочого часу, встановлена постановою Міністерства економіки України на поточний календарний рік для організацій з відповідним режимом робочого часу, в розрахунках прийняти рівним 177,14 години.

Заробітну плату керівників, фахівців і службовців визначають за формулою:

$$ЗП_c = ЗП_a \times k_c \quad (7)$$

де k_c – коефіцієнт заробітної плати керівників, фахівців і службовців, що припадає на 1 грн заробітної плати водіїв, у розрахунках приймається рівним 0,7.

Заробітна плата персоналу з організації та здійснення перевозок за категоріями, що відносяться на 1 годину роботи, визначають за формулою:

$$ЗП = ЗП_a + ЗП_c \quad (8)$$

Податки і відрахування від коштів на оплату праці виробляються в розмірах, встановлених законодавством, і визначають за формулою:

$$O_{cc} = ЗП \times X \quad (9)$$

де X – сума нормативів податків і відрахувань від коштів на оплату праці; відповідно до встановленого податковим законодавством включає відрахування до фонду соціального захисту населення (35%) і страхові внески з обов'язкового страхування від нещасних випадків на виробництві (0,68%) і становитиме $X = 35,68$.

Загальногосподарські (накладні) витрати без урахування податків, що включаються у собівартість, і фонду заробітної плати адміністративно-управлінського персоналу, включеного до загального фонду оплати праці, визначають у відсотках від заробітної плати водіїв за формулою:

$$S_n = ЗП_a \times k_{op} \quad (10)$$

де k_{op} – коефіцієнт, що враховує загальногосподарські витрати, що припадають на 1 гривню заробітної плати водіїв, у розрахунках прийняти рівним 0,8.

Амортизаційні відрахування на повне відновлення рухомого складу визначаються лінійним способом за формулою:

$$S_a = \frac{B_a \times n_{ам}}{D_p \times 100} \text{ ка грн.} \quad (11)$$

де B_a – амортизуюча вартість тролейбуса, грн;

$n_{ам}$ – норма амортизаційних відрахувань, у розрахунках прийняти 6,8%;

D_p – кількість робочих днів у році, в розрахунках приймається 365;

k_a – коефіцієнт коригування норм амортизації рухомого складу залежно від умов експлуатації, $k_a = 1$.

Собівартість 1 години роботи тролейбуса на маршруті становитиме:

$$C_q = ЗП + O_{cc} + S_n + \frac{S_a}{T_n} \quad (12)$$

Сумарні постійні витрати становитимуть:

$$S_{пост} = C_q \times AЧ_p, \text{ грн.} \quad (13)$$

Витрати на електроенергію становитимуть:

$$S_T = W * T_m \quad (14)$$

Витрати на мастильні та інші експлуатаційні матеріали визначаються за такою формулою:

$$S_{см} = S_{тпсм} / 100, \text{ грн.} \quad (15)$$

де $псм$ – норма витрат мастильних та інших експлуатаційних матеріалів на 1 грн витрат на електроенергію, %.

Заробітна плата ремонтних і допоміжних робітників визначається за формулою:

$$ЗП_p = \frac{N_{zn} \times T \times k_n \times L}{M_\phi \times 1000} \quad (16)$$

де N_{zp} – норма витрат на заробітну плату ремонтних і допоміжних робітників на 1000 км пробігу;
 k_n – коригувальний коефіцієнт до норм залежно від типу рухомого складу, для тролейбусів $k_n = 1$.

Матеріальні витрати на ремонт і технічне обслуговування рухомого складу визначаються за формулою:

$$S_p = n_p \times \frac{L}{1000} \times \frac{I_u}{100} \times k_n \quad (17)$$

де n_p – норма витрат на запасні частини, вузли, агрегати та матеріали для технічного обслуговування і ремонту рухомого складу;

I_u – індекс цін виробників промислової продукції технічного призначення розрахований наростаючим підсумком до грудня 2001 року, в розрахунках прийняти $I_u = 281\%$.

Витрати на ремонт і відновлення автомобільних шин визначаються за формулою:

$$S_u = \frac{C_{ш} \times n_{ш} \times N_{ш}}{100 \times 1000} \times L \quad (18)$$

де $C_{ш}$ – вартість автомобільної шини, що прийнята відповідно до облікової політики організації без урахування податку на додану вартість, у розрахунках прийняти $C_{ш} = 8000$ грн;

$n_{ш}$ – кількість шин, встановлених на тролейбусі;

$N_{ш}$ – норма зносу автомобільних шин, %.

Норма зносу шин визначається за формулою:

$$N_{ш} = \frac{1000}{L_3 \times k_{ш}} \times 100\% \quad (19)$$

де L_3 – експлуатаційна норма пробігу однієї шини до списання;

$k_{ш}$ – коефіцієнт, що враховує умови експлуатації рухомого складу, для першої категорії умов експлуатації $k_{ш} = 1$.

Змінні витрати за оборот становитимуть:

$$S_{пер} = S_m + S_{см} + 3P_p + O_{сс} + S_p + S_u \quad (20)$$

Собівартість 1 кілометра пробігу тролейбуса становитиме:

$$C_{км} = S_{пер} / L \quad (21)$$

Сумарні витрати, що включаються у собівартість, становитимуть:

$$S_{заг} = S_{пост} + S_{пер} \quad (22)$$

Таблиця 4

Результат розрахунків витрат на організацію роботи транспорту

Маршрут №	1	2	3	4	5	6	7
Позначення							
$3P_g$	131,1						
$3P_c$	91,77						
$3P$	222,87						
$O_{сс}$	79,52						
S_n	104,88						
S_a	13,89						
$C_{ч}$	408,25	408,25	408,29	411,61	408,25	408,37	408,37
$S_{пост}$	5748,16	5503,21	5540,49	946,70	5752,24	4994,36	5141,37
S_T	4021,25	3849,88	3875,59	656,88	4024,10	3492,88	3595,70
$S_{см}$	190,21	182,09	183,31	31,07	190,33	165,21	170,07
$3P_p$	8,16	12,62	7,12	0,13	8,09	7,48	1,80
S_p	258,63	399,86	235,49	17,82	256,30	268,17	64,40
S_u	3114,49	4815,15	2835,86	214,69	3086,45	3229,31	775,54
$N_{ш}$	14,29						
$S_{пер}$	7672,26	9339,12	7216,89	1000,11	7644,79	7242,57	4687,03
$C_{км}$	11,26	8,86	11,63	21,30	11,32	10,25	27,63
$S_{заг}$	13420,42	14842,33	12757,38	1946,81	13397,03	12236,93	9828,4

Маршрут №	8	9	10	11	12	14	15
Позначення							
$ЗП_v$	131,1						
$ЗП_c$	91,77						
$ЗП$	222,87						
O_{cc}	79,52						
S_n	104,88						
Sa	13,89						
C_c	408,41	408,48	408,32	409,57	408,29	408,25	408,90
$S_{пост}$	4721,21	4579,06	5063,16	4595,37	5344,51	5474,63	3336,62
S_T	3301,53	3201,57	3541,44	3204,43	3738,50	3829,89	2330,49
S_{cm}	156,16	151,43	167,51	151,56	176,83	181,15	110,23
ЗПр	3,76	2,45	4,94	0,37	8,64	2,68	0,54
Sp	139,09	96,75	167,65	27,54	285,53	85,50	28,89
$S_{ш}$	1675,01	1165,10	2018,84	331,71	3438,37	1029,61	347,89
$N_{ш}$	14,29						
$S_{пер}$	5355,07	4696,82	5979,90	3795,13	7727,39	5208,35	2897,56
$C_{км}$	14,61	18,43	13,54	52,31	10,27	23,13	38,08
$S_{заг}$	10076,28	9275,88	11043,06	8390,5	13071,9	10682,98	6234,18
Маршрут №	16	17	19	20	21	А	Б
Позначення							
$ЗП_v$	131,1						
$ЗП_c$	91,77						
$ЗП$	222,87						
O_{cc}	79,52						
S_n	104,88						
Sa	13,89						
C_c	408,29	408,31	408,33	408,31	408,30	408,30	408,31
$S_{пост}$	5418	5361,11	5079,62	5308,03	5332,39	5430,39	5377,44
S_T	3789,91	3749,92	3552,86	3712,80	3729,93	3798,48	3761,35
S_{cm}	179,26	177,37	168,05	175,61	176,42	179,66	177,91
ЗПр	8,63	4,33	5,04	11,82	7,90	8,16	3,07
Sp	286,07	146,97	172,66	400,08	265,39	272,31	103,58
$S_{ш}$	3444,91	1769,85	2079,20	4817,76	3195,83	3279,24	1247,36
$N_{ш}$	14,29						
$S_{пер}$	7788,30	5927,96	6057,33	9179,59	7454,99	7617,37	5399,79
$C_{км}$	10,33	15,31	13,32	8,71	10,66	10,62	19,79
$S_{заг}$	13206,3	11289,07	11136,95	14487,62	12787,38	13047,76	10777,23

Тепер розрахуємо витрати на організацію роботи транспорту з автономним ходом на базі можливої системи маршрутів (рисунок 10), результати занесемо в таблицю.

Податки і відрахування від коштів на оплату праці виробляються в розмірах, встановлених законодавством.

Загальногосподарські витрати без урахування податків, що включаються у собівартість, і фонду заробітної плати адміністративно-управлінського персоналу, включеного до загального фонду оплати праці.

Таблиця 5

Результат розрахунків витрат на організацію роботи транспорту для можливої системи маршрутів

Маршрут №	1	2	3	4	5	6	7
Позначення							
$ЗП_в$	133,3						
$ЗП_с$	93,31						
$ЗП$	226,61						
O_{cc}	80,85						
S_n	106,64						
S_a	14,56						
$C_ч$	415,12	415,12	415,17	418,65	415,12	415,26	415,25
$S_{пост}$	5844,88	5595,81	5633,85	962,89	5849,04	5078,62	5227,99
S_T	4257,7	4076,35	4103,56	695,52	4260,81	3698,35	3807,21
S_{CM}	201,38	192,81	194,09	32,89	201,53	174,93	180,08
$ЗПр$	8,16	12,62	7,12	0,13	8,09	7,48	1,80
S_p	258,63	399,86	235,49	17,82	256,30	268,17	64,40
$S_{ш}$	3114,49	4815,15	2835,86	214,69	3086,45	3229,31	775,54
$N_{ш}$	14,29						
$S_{пер}$	7921,21	9577,64	7456,97	1041,9	7894,03	7459,09	4909,88
$C_{км}$	11,63	9,09	12,02	22,19	11,69	10,56	28,94
$S_{заг}$	13766,09	15173,45	13090,82	2004,79	13743,07	12537,71	10137,87
Маршрут №	8	9	10	11	12	14	15
Позначення							
$ЗП_в$	133,3						
$ЗП_с$	93,31						
$ЗП$	226,61						
O_{cc}	80,85						
S_n	106,64						
S_a	14,56						
$C_ч$	415,29	415,37	415,20	416,51	415,17	415,13	415,81
$S_{пост}$	4800,75	4656,29	5148,48	4673,24	5434,57	5566,89	3393
S_T	3495,74	3389,90	3749,76	3392,92	3958,41	4055,18	2467,58
S_{CM}	165,74	160,34	177,36	160,48	187,23	191,81	116,71
$ЗПр$	3,76	2,45	4,94	0,37	8,64	2,68	0,54
S_p	139,09	96,75	167,65	27,54	285,53	85,50	28,89
$S_{ш}$	1675,01	1165,10	2018,84	331,71	3438,37	1029,61	347,89
$N_{ш}$	14,29						
$S_{пер}$	5560,19	4895,39	6199,4	3993,87	7959,03	5445,63	3042,46
$C_{км}$	15,17	19,21	14,04	55,05	10,58	24,18	39,99
$S_{заг}$	10360,94	9551,68	11347,88	8667,11	13393,6	11012,52	6435,46

Маршрут №	16	17	19	20	21	А	Б
Позначення							
$ЗП_{\theta}$	133,3						
$ЗП_{\epsilon}$	93,31						
$ЗП$	226,61						
O_{cc}	80,85						
S_n	106,64						
Sa	14,56						
C_{η}	415,17	415,20	415,21	415,19	415,18	415,18	415,19
$S_{пост}$	5509,30	5451,57	5165,21	5397,47	5422,25	5521,89	5468,05
S_T	4012,84	3970,51	3761,85	3931,2	3949,34	4021,92	3982,60
S_{CM}	189,80	187,80	177,93	185,94	186,80	190,23	188,37
ЗПр	8,63	4,33	5,04	11,82	7,90	8,16	3,07
Sp	286,07	146,97	172,66	400,08	265,39	272,31	103,58
$S_{ш}$	3444,91	1769,85	2079,20	4817,76	3195,83	3279,24	1247,36
$N_{ш}$	14,29						
$S_{пер}$	8023,1	6160,31	6277,53	9427,65	7686,11	7852,71	5605,83
$C_{км}$	10,64	15,91	13,80	8,94	10,99	10,95	20,55
$S_{заг}$	13532,4	11611,88	11442,74	14825,12	13108,36	13374,6	11073,88
Маршрут №	22		23		В		Г
Позначення							
$ЗП_{\theta}$	133,3						
$ЗП_{\epsilon}$	93,31						
$ЗП$	226,61						
O_{cc}	80,85						
S_n	106,64						
Sa	14,56						
C_{η}	415,10		415,10		415,12		415,12
$S_{пост}$	5902,72		5935,93		5811,68		5811,68
S_T	4300,12		4324,32		4233,6		4233,6
S_{CM}	203,39		204,54		200,24		200,24
ЗПр	9,00		7,86		10,43		10,14
Sp	278,91		243,94		330,44		318,98
$S_{ш}$	3358,72		2937,56		3979,25		3841,15
$N_{ш}$	14,29						
$S_{пер}$	8230,99		7799,07		8834,81		8684,96
$C_{км}$	11,20		12,14		10,15		10,33
$S_{заг}$	14133,71		13735		14646,49		14496,64

Плата за перевезення пасажирів автомобільним транспортним засобом (виручка перевізника) визначається прийнятими тарифами, відстанню перевезення і тривалістю періоду роботи.

Розрахунки виручки від роботи тролейбусів наведено на прикладі маршруту № 1, усі інші визначені показники знаходяться у таблиці 4.

Плановий прибуток у разі заданого рівня рентабельності визначається за формулою:

$$\Pi = S_{\text{заз}} \cdot x \cdot \frac{R}{100} \quad (23)$$

де R – рентабельність перевезень, у розрахунках прийняти рівною 15%.

Податки і збори, що сплачуються з виручки, обчислюються у відповідності до чинного законодавства:

– платежі, вироблені за загальним нормативом Нп1 у розмірі 2,5%;

– єдиний платіж до бюджету Нп2 у розмірі 2%.

Вартість перевезення визначається як сума собівартості, прибутку і податків за формулою:

$$Д = S_{\text{заз}} + \Pi + N_n \quad (24)$$

Вартість перевезення з урахуванням податку на додану вартість визначається за формулою:

$$Д_{\text{ндс}} = Дх \left(\frac{100 + \varepsilon_{\text{ндс}}}{100} \right) \quad (25)$$

де $\varepsilon_{\text{ндс}}$ – ставка податку на додану вартість 18%.

Тариф за 1 кілометр пробігу та за 1 годину роботи визначається за формулами:

$$T_{\text{км}} = \frac{Д_{\text{ндс}}}{L_{\text{обш}}} \quad (26)$$

Тарифи на послуги з перевезення пасажирів на міських тролейбусних маршрутах загального користування, які здійснюються у звичайному режимі руху, розраховуються за формулою:

$$T_m = \frac{(B_{\text{п}} + \Pi_{\text{п}})}{Q_{\text{п}}} \quad (27)$$

де T_m – тарифи на послуги з перевезення пасажирів на міських тролейбусних маршрутах загального користування, які здійснюються у звичайному режимі руху;

$B_{\text{п}}$ – загальні річні витрати на здійснення перевезень, грн;

$\Pi_{\text{п}}$ – плановий річний прибуток від надання послуг, розраховується як відсоток від загальних річних витрат на здійснення перевезення, приймаємо рівним 10% від річних витрат, грн;

$Q_{\text{п}}$ – запланований річний обсяг перевезень пасажирів, обґрунтовується перевізником на підставі фактичних показників роботи або встановлюється за результатами обстеження пасажиропотоків, пас.

Таблиця 6

**Результат розрахунків розміру виручки від роботи тролейбусного транспортного засобу
або перевезення пасажирів**

Маршрут №	1	2	3	4	5	6	7
Позначення							
П	20,13	22,26	19,13	2,92	20,09	18,35	14,74
N_{n1}	344,63	381,14	327,60	49,99	344,02	314,23	252,38
N_{n2}	281,33	311,13	267,43	40,81	280,83	256,52	206,03
N_n	625,96	692,27	595,03	90,80	624,85	570,75	458,41
Д	14066,51	15556,86	13371,54	2040,53	14041,97	12826,03	10301,55
$Д_{\text{ндс}}$	14091,83	15584,86	13395,60	2044,20	14067,24	12849,11	10320,09
$T_{\text{км}}$	20,61	14,59	21,60	24,70	20,76	17,17	60,84
$T_{\text{ч}}$	1000,84	1156,14	987,14	888,78	998,38	1050,62	819,70
T_m	1,75	1,82	2,14	3,72	1,45	2,66	4,70
Маршрут №							
Позначення	8	9	10	11	12	14	15
П	15,11	13,91	16,56	12,58	19,60	16,02	9,35
N_{n1}	258,75	238,19	283,58	215,46	335,67	274,30	160,09
N_{n2}	211,22	194,44	231,49	175,88	274,02	223,94	130,68
N_n	469,97	432,63	515,07	391,34	609,69	498,24	290,77
Д	10561,36	9722,42	11574,69	8794,42	13701,19	11197,24	6534,3
$Д_{\text{ндс}}$	10580,37	9739,92	11595,52	8810,24	13725,85	11217,39	6546,06

$T_{км}$	28,10	36,75	24,66	105,96	17,50	46,70	68,27
$T_{ч}$	915,25	868,85	935,12	785,22	1048,57	836,49	802,21
$T_{м}$	2,60	4,66	2,15	6,17	1,60	1,96	7,45
Маршрут №	16	17	19	20	21	А	Б
Позначення							
П	19,80	16,93	16,70	21,73	19,18	19,57	16,16
$N_{п1}$	339,13	289,89	285,99	372,03	328,37	335,05	276,75
$N_{п2}$	276,84	236,65	233,46	303,70	268,05	273,51	225,92
$N_{п}$	615,97	526,54	519,45	675,73	596,42	608,56	502,67
Д	13842,07	11832,54	11673,1	15185,08	13402,48	13675,89	11296,06
$L_{ндс}$	13866,98	11853,83	11694,1	15212,41	13426,6	13700,50	11316,39
$T_{км}$	18,15	30,14	25,13	14,28	18,83	18,92	40,47
Маршрут №	16	17	19	20	21	А	Б
Позначення							
$T_{ч}$	1044,98	902,80	940,04	1170,18	1028,07	1030,11	859,25
$T_{м}$	1,94	2,63	2,59	1,59	1,91	1,73	4,48

Тепер розрахуємо розмір виручки від роботи тролейбусного транспортного засобу з автономним ходом у разі перевезення пасажирів для можливої системи маршрутів (рис. 8).

Таблиця 7

Результат розрахунків розміру виручки від роботи тролейбусного транспортного засобу або перевезення пасажирів для можливої системи маршрутів

Маршрут №	1	2	3	4	5	6	7
Позначення							
П	20,64	22,76	19,63	3	20,61	18,80	15,20
$N_{п1}$	353,50	389,64	336,16	51,48	352,91	321,96	260,33
$N_{п2}$	288,57	318,07	274,42	42,02	288,09	262,82	212,51
$N_{п}$	642,07	707,71	610,58	93,5	641	584,78	472,84
Д	14428,8	15903,92	13721,03	2101,29	14404,68	13141,29	10625,91
$L_{ндс}$	14454,77	15932,54	13745,72	2105,07	14430,60	13164,94	10645,03
$T_{км}$	21,14	14,91	22,16	25,44	21,30	17,59	62,76
$T_{ч}$	1026,61	1181,93	1012,94	915,24	1024,17	1076,44	845,51
$T_{м}$	1,93	1,99	2,36	4,12	1,60	2,92	5,21
Маршрут №	8	9	10	11	12	14	15
Позначення							
П	15,54	14,32	17,02	13	20,09	16,51	9,65
$N_{п1}$	266,06	245,28	291,40	222,56	343,94	282,79	165,25
$N_{п2}$	217,19	200,23	237,88	181,68	280,76	230,85	134,90
$N_{п}$	483,25	445,51	529,28	404,24	624,7	513,64	300,15
Д	10859,73	10011,51	11894,18	9084,35	14038,39	11542,67	6745,26
$L_{ндс}$	10879,27	10029,53	11915,58	9100,70	14063,65	11563,44	6757,40
$T_{км}$	28,89	37,84	25,34	109,46	17,94	48,14	70,47
$T_{ч}$	941,11	894,69	960,93	811,11	1074,38	862,29	828,11
$T_{м}$	2,87	5,16	2,38	6,85	1,76	2,17	8,26

Маршрут №	16	17	19	20	21	А	Б
Позначення							
П	20,29	17,41	17,16	22,23	19,66	20,06	16,61
N_{n1}	347,50	298,18	293,84	380,70	336,61	343,45	284,37
N_{n2}	283,67	243,41	239,87	310,77	274,78	280,36	232,14
N_n	631,17	541,59	533,71	691,47	611,39	623,81	516,51
Д	14183,86	12170,88	11993,61	15538,82	13739,41	14018,47	11607
$D_{ндс}$	14209,39	12192,78	12015,19	15566,78	13764,14	14043,70	11627,89
$T_{км}$	18,59	31	25,82	14,61	19,30	19,39	41,59
Маршрут №	16	17	19	20	21	А	Б
Позначення							
$T_ч$	1070,79	928,61	965,85	1197,44	1053,91	1055,91	882,90
$T_м$	2,14	2,91	2,86	1,75	2,10	1,90	4,94
Маршрут №	22		23		В		Г
Позначення							
П	21,20		20,60		21,96		21,74
N_{n1}	362,94		352,70		376,11		372,26
N_{n2}	296,28		287,92		307,03		303,89
N_n	659,22		640,62		683,14		676,16
Д	14814,13		14396,22		15351,59		15194,54
$D_{ндс}$	14840,79		14422,13		15379,22		15221,89
$T_{км}$	19,77		22,20		17,56		17,80
$T_ч$	1043,65		1008,54		1098,51		1087,27
$T_м$	2,23		3,20		3,96		5,32

Висновки з цього дослідження і перспективи подальших розвідок у такому напрямі. У результаті аналізу роботи електротранспорту (тролейбуса) міста Дніпро та порівнянні наявної системи маршрутів та рухомого складу з можливою системою маршрутів з використанням системи автономного ходу були отримані висновки, що система маршрутів не розвинена на максимальну потужність та не використовує увесь свій потенціал. Для вирішення таких проблем потрібно створити нову систему маршрутів або створити додаткові маршрути для наявної системи, а також замінити більшу частину наявного рухомого складу на троллейбуси із системою автономного ходу для підвищення ефективності роботи системи. Крім того, використання троллейбусів із системою автономного ходу має важливі переваги для покращення системи маршрутів, а саме:

- не потребує створення контактної мережі протягом усього маршруту;
- має можливість долати значні відстані на автономному русі;
- використання троллейбусів з підзарядкою в русі не створює додаткового навантаження на міську мережу;
- може працювати під час надзвичайної ситуації (зникнення електроживлення).

Список використаних джерел:

1. Вукан Р. Вучик. Транспорт в містах, зручних для життя. 2013. С. 413.
2. Трофіменко Ю.В., Якімов М.Р. Транспортне планування: формування ефективних транспортних систем великих міст. 2013. С. 448.
3. British Trolleybus 1909-85 (англійською). Архів оригіналу за 21 серпня 2011. Процитовано 14 листопада 2009. URL: <http://www.trolleybus.co.uk/history1.htm>.
4. Веклич В.П. Поїзд із троллейбусів МТБ-82 з керуванням за системою «багатьох одиниць». Міське господарство України. 1967. № 2. С. 37–38.

-
5. Крат В.І. Володимир Пилипович Веклич. Комунальне господарство міст. Київ : Техніка. 1998. № 17. С. 3–9.
 6. Енциклопедія народного господарства Української РСР. 1972. С. 334.
 7. Максимов А.Н. Міський електротранспорт. Тролейбус. Початкова професійна освіта. Академія, 2006.
 8. Тролейбус. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%B9%D0%B1%D1%83%D1%81#cite_note-btb-2.
 9. «Про затвердження Правил експлуатації трамвая і тролейбуса» : наказ від 03.02.2020 № 36 Міністерства інфраструктури України. Зареєстрований у Міністерстві юстиції України 17 квітня 2020 р. за № 353/34636.
 10. Иванов М.Д. Механічне обладнання електрорухомого складу міського транспорту. Москва : Транспорт, 1980.
 11. Єфремов І.С., Кобозев В.М. Механічне обладнання тролейбусів. Москва : Транспорт, 1978.
 12. Веклич В.П. Діагностування технічного стану тролейбусів. Москва : Транспорт, 1990. 295 с.
 13. Ребров С.А. Влаштування та технічна експлуатація тролейбусу. Київ : Будівельник, 1966. 303 с.
 14. Дніпровський електротранспорт. URL: <https://det-dnipro.dp.ua/>.
 15. Депо № 1–2. URL: <http://www.det.dp.ua/>.
 16. Міський сайт Дніпра. URL: <https://gorod.dp.ua/>.

References:

1. Vukan R. Vuchyk. (2013). Transport v mistakh, zruchnykh dlia zhyttia. С. 413.
2. Trofimenko, Yu.V., Yakimov, M.R. (2013). Transportne planuvannia: Formuvannia efektyvnykh transportnykh system velykykh mist. 2013. С. 448.
3. British Trolleybus 1909-85 (anhliiskoiu). Arkhiv oryhinalu za 21 serpnia 2011. Protsytovano 14 lystopada 2009. Retrieved from: <http://www.trolleybus.co.uk/history1.htm>.
4. Veklych, V.P. (1967). Poizd iz troleibusiv MTB-82 z keruvanniam za systemoiu «bahatokh odynyts». Miske gospodarstvo Ukrainy. 1967. № 2. S. 37–38.
5. Krat, V.I. (1998). Volodymyr Pylypovych Veklych. Komunalne gospodarstvo mist. Kyiv: Tekhnika. 1998. № 17. S. 3–9.
6. Entsyklopediia narodnoho gospodarstva Ukrainskoi RSR. 1972. S. 334.
7. Maksymov, A.N. (2006). Miskyi elektrotransport. Troleibus. Pochatkova profesiina osvita. Akademiia, 2006.
8. Troleibus. Retrieved from: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%B9%D0%B1%D1%83%D1%81#cite_note-btb-2.
9. “Pro zatverdzhennia Pravyl ekspluatatsii tramvaia i troleibusu”: nakaz vid 03.02.2020 № 36 Ministerstva infrastruktury Ukrainy. Zareiestrovanyi v Ministerstvi yustytysii Ukrainy 17 kvitnia 2020 r. za № 353/34636.
10. Ivanov, M.D. (1980). Mekhanichne obladnannia elektrorukhomoho skladu miskoho transportu. Moskva: Transport, 1980.
11. Yefremov, I.S., Koboziev, V.M. (1978). Mekhanichne obladnannia troleibusiv. Moskva: Transport.
12. Veklich, V.P. (1990). Diahnostuvannia tekhnichnoho stanu troleibusiv. Moskva: Transport. 295 s.
13. Rebrov, S.A. (1966). Vlashtuvannia ta tekhnichna ekspluatatsiia troleibusu. Kyiv: Budivelnyk. 303 s.
14. Dniprovskiyi elektrotransport. Retrieved from: <https://det-dnipro.dp.ua/>.
15. Depo № 1–2. Retrieved from: <http://www.det.dp.ua/>.
16. Miskyi sait Dnipra. Retrieved from: <https://gorod.dp.ua/>.