

УДК 629.083 (075.8)

**ЕКСПЛУАТАЦІЙНА НАДІЙНІСТЬ АВТОБУСІВ МІСЬКОГО ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ****Є. Ю. Формальчик, М. А. Виджак**

Національний університет «Львівська політехніка»

вул. С. Бандери, 12, м. Львів, 79013, Україна. E-mail: yevgen.fornaltchuk@gmail.com

Проаналізовано стан питання з визначенням та забезпеченням експлуатаційної надійності транспортних засобів. На прикладі автобусів громадського транспорту, які обслуговують міські маршрути, виявлено значні терміни їх служби, велика частка яких перевищує 6 років (є й такі, що експлуатуються більше ніж 20 років). Встановлено також і причини виходу з ладу на лінії конструктивних елементів автобусів. Визначено числові характеристики розподілів термінів служби, щоденних та щомісячних відмов, інтервалів між ними, які зумовлюють з'їзди автобусів з лінії з технічних причин. Нерівномірність їх характеризується високими значеннями коефіцієнтів варіації. З метою підвищення надійності автобусів наведено приклад варіанту організаційно-технологічних заходів щодо перспектив реалізації технологічних процесів передрейсової діагностики технічного стану їх. Для адекватного контролю і реалізації цих заходів запропоновано парки автобусів розглядати у чотирьох вікових групах й виконувати переліки операцій діагностики з відповідною періодичністю для кожної з них.

**Ключові слова:** надійність, автобус, діагностика, відмови, нерівномірність, дисперсія.

**ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ АВТОБУСОВ ГОРОДСКОГО ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА****Е. Ю. Формальчик, М. А. Виджак**

Национальный университет «Львовская политехника»

ул. С. Бандери, 12, г. Львов, 79013, Украина. E-mail: yevgen.fornaltchuk@gmail.com

Проанализировано состояние вопроса по определению и обеспечению эксплуатационной надежности транспортных средств. На примере автобусов общественного транспорта, обслуживающих городские маршруты, выявлены значительные сроки их службы, большая часть которых превышает 6 лет (есть и такие, которые эксплуатируются более 20 лет). Установлены также и причины выхода из строя на линии конструктивных элементов автобусов. Определены числовые характеристики распределений сроков службы, ежедневных и ежемесячных отказов, интервалов между ними, которые обуславливают съезды автобусов с линии по техническим причинам. Неравномерность их характеризуется высокими значениями коэффициента вариации. С целью повышения надежности автобусов приведен пример варианта организационно-технологических мероприятий относительно реализации технологических процессов предрейсовой диагностики технического состояния их. Для адекватного контроля и реализации этих мероприятий предложено парки автобусов рассматривать в четырех возрастных группах и выполнять перечни операций диагностики с соответствующей периодичностью для каждой из них.

**Ключевые слова:** надежность, автобус, диагностика, отказы, неравномерность, дисперсия.

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** Щорічний приріст населення міст України, у т.ч. м. Львова, і транспортних засобів (ТЗ) у них, ВДМ яких залишаються майже незмінними упродовж багатьох років, зумовлюють нагромадження транспортних проблем. Актуальні проблеми послідовно і частково розв'язуються, зокрема щодо впорядкування і розширення мережі маршрутів громадського транспорту, вдосконалення планувань транспортних вузлів та регулювань проїзду їх і таке інше. Це стосується також і вдосконалення системи маршрутів міського громадського транспорту, передовсім автобусного (усіх у Львові 56 автобусних маршрутів), на яких експлуатується понад 600 одиниць різних типів і моделей як вітчизняних, так і закордонних конструкцій автобусів. Для усіх маршрутів обґрунтовано відповідні кількості їх та пасажиромісткості. Однак, залишилась поза увагою вікова характеристика автобусного парку [1, 2], яка безпосереднім чином впливає на експлуатаційну надійність кожного зокрема автобуса і парку в цілому [3–5]. Вікова характеристика може відображатися термінами служби (у роках), або кумулятивними пробігами автобусів (у тис. км). Серед показників, якими оцінюють їх експлуатаційну надійність, доці-

льно використовувати імовірність безвідмовної роботи та інтенсивність відмов [3]. З метою підтримання працездатного стану, безвідмовності і довговічності ТЗ існують відповідні виробничо-технічні бази (ВТБ), нормативна документація і виробничники, якими повинні забезпечуватися нормативні рівні цих показників [6, 7].

Мета роботи – виявити та дослідити характерні причини виходу з ладу агрегатів і механізмів автобусів, числові характеристики оцінки нерівномірності втрати працездатності їх й окреслити заходи щодо підвищення експлуатаційної надійності.

**МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ.** Серед усієї чисельності автобусів, які обслуговують міські маршрути, розподіл їх за термінами служби такий (на прикладі одного з автобусних АТП м. Львова): до 2-х років – 12 %; 3-5 років – 20 %; 6-9 років – 39 %; більше 9-ти – 29 %. Серед останньої групи є такі, у яких термін служби перевищує 20 років (17 од.). Нерівномірність розподілу термінів служби характеризує коефіцієнт варіації ( $v = 85\%$ ) з середнім значенням  $\bar{T}_c = 9,2$  років (рис. 1).

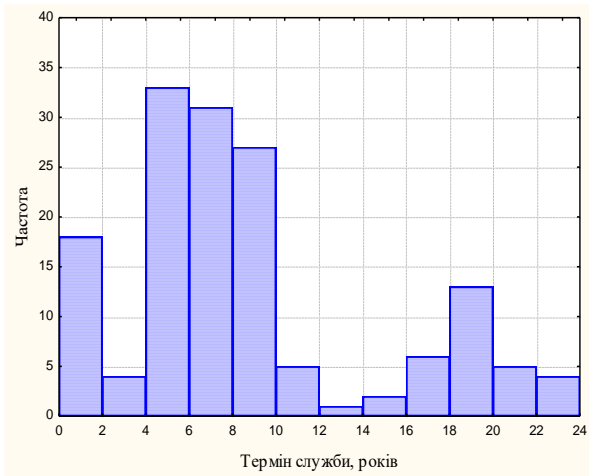


Рисунок 1 – Розподіл термінів служби парку автобусів АТП

Для підтримання і забезпечення працездатності і справності їх на маршрутах у кожному пасажирському АТП є ВТБ, на яких виконуються передрейсовий контроль технічного стану, чергові ТО та відповідні ремонти. Однак, не усі з них (автобусів) охоплені цими видами робіт, оскільки 10-12 % усієї чисельності автобусного парку – це приватні автобуси, за технічний стан яких відповідають їх власники.

Виконаними дослідженнями експлуатаційної надійності автобусів, на прикладі цього ж АТП, встановлено, що з причин незадовільного технічного стану їх, вони відмовлялися на лінії і з'їжджали з маршрутів (використовуються на 12 маршрутах). Використання таких автобусів на маршрутах зумовлює, крім цього, проблеми з рухом транспортних потоків, зокрема через перехрестя, оскільки вони володіють пониженими розгінними швидкостями [2]. Це, зрештою, відображається на затримках на маршрутах.

Серед основних причин відмов – вихід з ладу гальмівної системи, дверних механізмів, двигунів, зовнішніх освітлювальних приладів та деталей підвіски і коліс. Щомісячний розподіл відмов коливався у межах від 152 до 228 і не мав вираженої сезонності (рис. 2).

Опрацюванням статистичних даних про з'їзди автобусів з лінії з технічних причин встановлена закономірність імовірності щоденного розподілу їх (відмов) [1] (рис. 3). Математичне сподівання щоденних з'їздів становило 6,189 авт./дн., тобто кожного дня по більше, ніж 6 автобусів відмовлялися. При цьому дисперсія нерівномірності становила 11,645 авт./дн.

Щоденні розподіли відмов автобусів на маршрутах характеризуються також широким діапазоном – від 0 до 16 без явної тенденції щодо початку, середини чи кінця місяця (рис. 4). Упродовж року лише у 16 днів не зафіксовано жодного з'їзду з лінії.

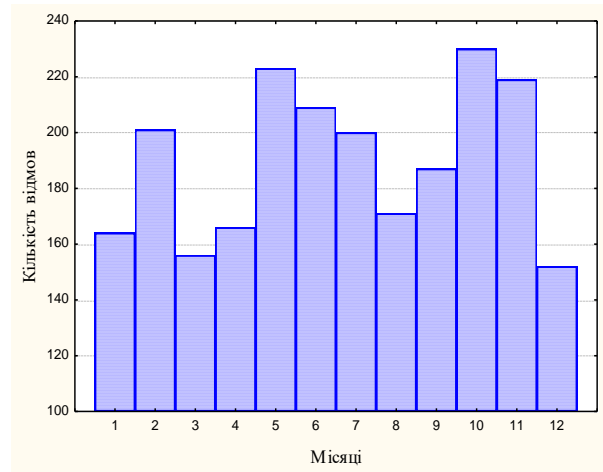


Рисунок 2 – Щомісячний розподіл відмов автобусів на лінії з технічних причин (загальна кількість автобусів 171 од., які обслуговують 12 міських маршрутів)

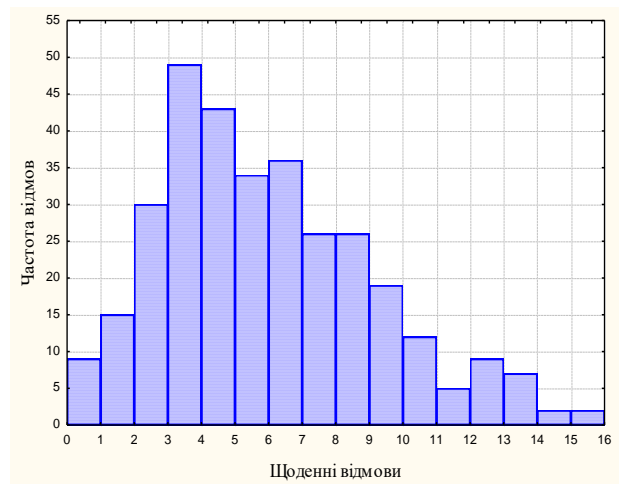


Рисунок 3 – Полігон розподілу щоденних відмов міських автобусів на лінії з технічних причин

Розподіл інтервалів між відмовами автобусів з математичним сподіванням 2,687 дн. і дисперсією 4,124 дн. підпорядковувався експоненційному закону з коефіцієнтом детермінації 0,7399 (рис. 5). Отримані результати нерівномірності розподілів щоденних відмов та часових інтервалів між ними засвідчують відповідні значення коефіцієнтів варіації 55 % першого та 76 % другого.

Отримані результати вказують на те, що існуючий стан з розвитком ВТБ, наповненістю їх ремонтно-технологічним і діагностичним обладнанням та прогресивними технологіями виконання, у т.ч. передрейсових контролів технічного стану автобусів вимагають невідкладних оновлень.

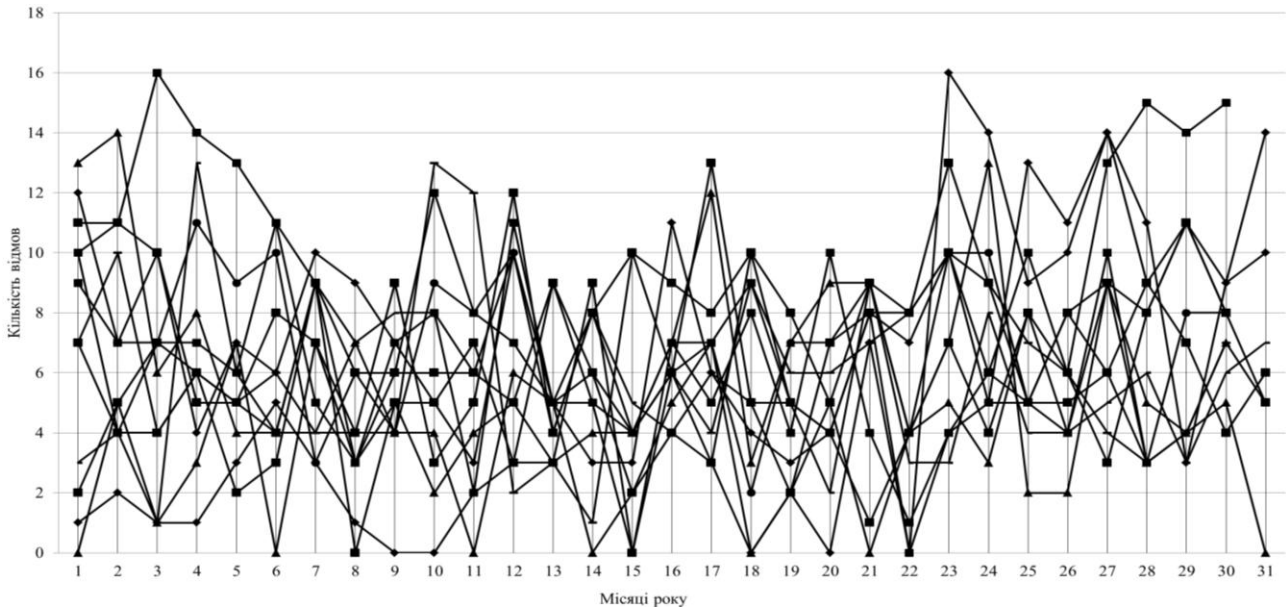


Рисунок 4 – Щоденний (за місяцями року) розподіл відмов міських автобусів на лінії з технічних причин

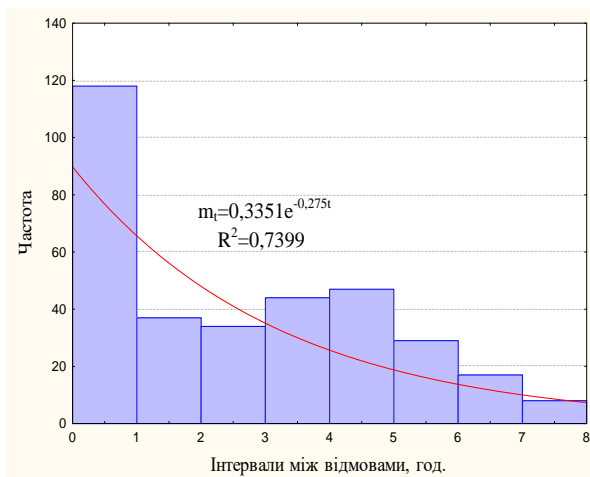


Рисунок 5 – Полігон та теоретична залежність розподілу інтервалів між відмовами міських автобусів з технічних причин

Про актуальність підвищення показників експлуатаційної надійності транспортних засобів та їх агрегатів ідеться у багатьох вітчизняних наукових публікаціях. Зокрема, наприклад, у недавній, щодо прогнозування довговічності, технічного обслуговування та ремонту дизелів [8]. Теоретичними дослідженнями отримано залежності термінів проведення технічних обслуговувань дизелів за критерієм підвищення імовірності їх безвідмовної роботи та зниження питомої витрати палива. Вказано, що, фіксуючи витрату палива дизелями під час їх експлуатації і порівнюючи її з граничним значенням, можна визначити календарний час виконання ТО чи ремонту. Однак реалізувати такий теоретично розроблений підхід без відповідних спрощень у вигляді номограм на практиці доволі важко. Аналогічні результати отримані й іншими дослідниками [9, 10].

З розвитком комп'ютерних технологій і відповідних засобів навігації як в конструкціях транспортних засобів, так і у галузі автомобільного транспорту, з'явилися закордонні та вітчизняні публікації, з використанням яких можна постійно контролювати зміну технічного стану і визначати потребу в ТО і ремонті. Зокрема, щодо використання комп'ютеризованих засобів технічної діагностики як для старих конструкцій автомобілів, так і сучасних та перспективних з вмонтованими технічними пристроями самодіагностики технічного стану [11–14]. З цих позицій, на наш погляд, система передрейсової діагностики автобусів повинна бути структурованою і охоплювати як вмонтовані, так і незалежні компоненти (рис. 6).

**ВИСНОВКИ.** Отримані результати показують, що нестабільна вікова характеристика автобусних парків та на недостатньому рівні передрейсовий контроль технічного стану автобусів зумовлюють зниження показників експлуатаційної надійності їх і призводять як до фінансових збитків в АТП, так і до погіршення обслуговування пасажирів, а також підвищують ризики скоєння ДТП.

З метою покращання рівня технічної експлуатації міського парку автобусів потрібно, по-перше, сформувані їх в окремі вікові групи (у запропоновані вище чотири) для обґрунтування для кожної з них відповідних періодичностей виконання ТО та ремонтів; по-друге, оновити сучасними і перспективними ремонтно-технологічним та діагностичним обладнанням і відповідними технологіями ВТБ АТП; по-третє, підвищити відповідальність за якісне виконання усього переліку контрольно-діагностичних операцій, пов'язаних з випуском справних автобусів на лінію.

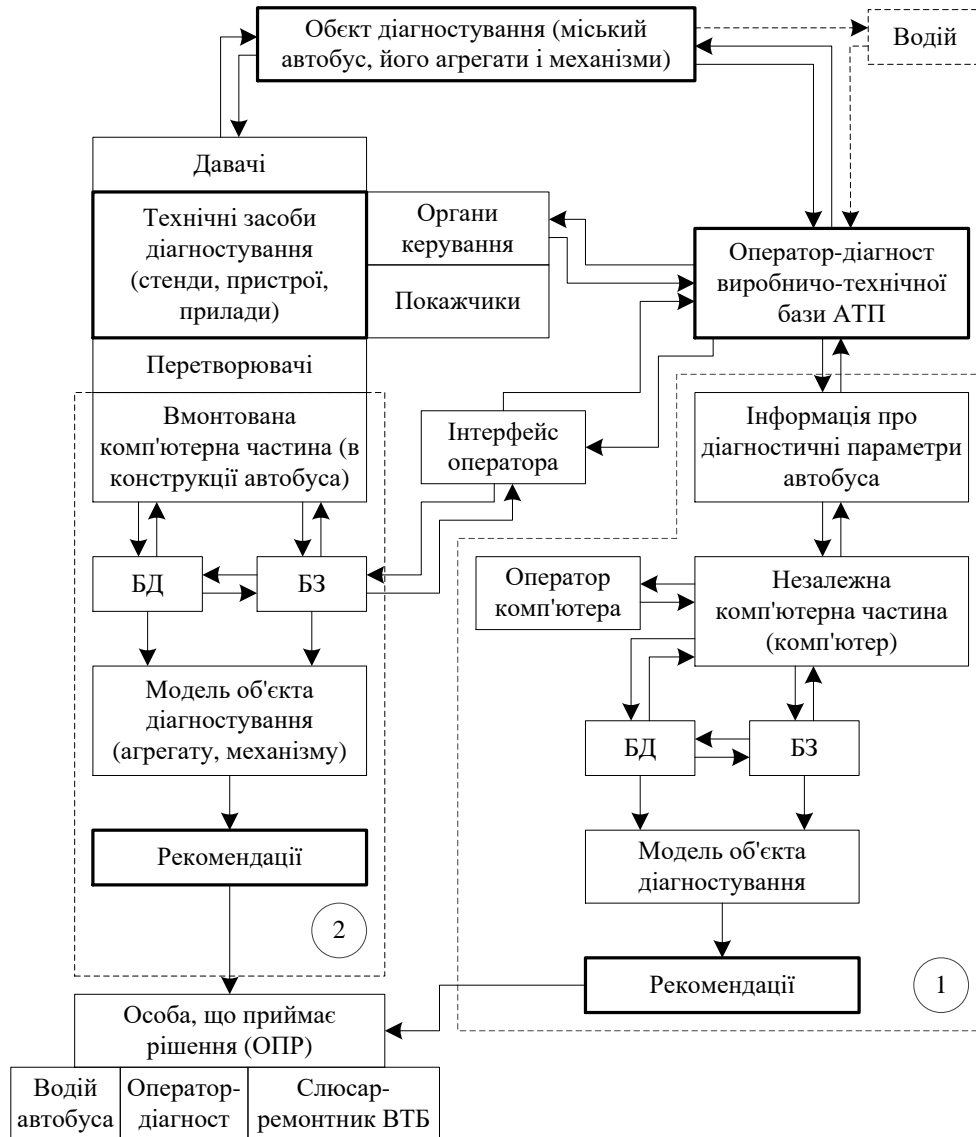


Рисунок 6 – Приклад структурно-функціональної схеми реалізації технологічного процесу діагностики технічного стану автобусів

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Головин С.Ф. Технический сервис транспортных машин и оборудования. – М.: Альфа-М: ИНФРА-М, 2008. – 288 с.
2. Форнальчик Є.Ю., Гілевич В.В. Взаємозв'язок між технічним станом автобусів та їх розгінними швидкостями під час проїзду перехрест'я // Автошляховик України. – 2013. – № 6 (236). – С. 5–7.
3. Кузнецов Е.С. Управление технической эксплуатацией автомобилей. – М.: Транспорт, 1990. – 272 с.
4. Поляков А.П., Чепак О.Г. Методика планування технічного обслуговування // Труды Академії Сухопутних військ ім. П.Сагайдачного. – Львів, 2004. – № 53. – С. 252–259.
5. Модель системи контролю технічним станом рухомого складу на підставі оцінки зносу протектора шин / О.П. Кравченко, О.П. Сакно, О.В. Лукичов // Вісн. СевНТУ. Серія «Машиноприладобудування та транспорт». – Севастополь, 2011. – Вип. 121. – С. 42–45.
6. Рудзінський В., Науменко В. Деякі аспекти створення системи управління якістю у ДержавотрансНДІпроект // Стандартизація, сертифікація, якість.- 2003. – №1. – С. 52–57.
7. Андрусенко С.І., Бугайчук О.С. Застосування збалансованої системи показників для управління підприємством автосервісу // Вісник Національного транспортного університету. – 2005. – № 10. – С. 175–181.
8. Барановський Д.М. Прогнозування довговічності, технічного обслуговування та ремонту дизелів за експлуатаційними характеристиками // Вісник КДУ імені Михайла Остроградського. – Вип. 2/2010 (61), ч. 1.– Кременчук, 2010. – С. 83–86.
9. Бабич А.П., Пічугін І.М. Шляхи підвищення якості технічного обслуговування і ремонту автобусів на підприємствах автомобільного транспорту України // 36. наук. пр. Харківського ун-ту Повітряних Сил. – Харків, 2015. – Вип.1 (42). – С. 86–90.

10. Зубрицкас И.И. Прогнозирование параметров технического состояния тормозных систем автобусов ЛИАЗ // Сборник трудов участников 11-й междунар. науч.-практ. конф. «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах». – С-ПбГАСУ, 2014. – С. 531–539.

11. Інформаційні основи формування та оцінки сучасних виробництв технічного обслуговування і ремонту автомобілів / В.П. Матейчик, В.П. Волков, П.Б. Комов та ін. // Вісник НТУ. – К.: НТУ, 2013. – Вип.27. – С. 63–70.

12. Організація технічної експлуатації автомобілів в умовах формування інтелектуальних транспортних систем / В.П. Волков, В.П. Матейчик,

П.Б. Комов, О.Б. Комов, І.В. Грицук // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х. : НТУ «ХПІ». – 2013. – № 29 (1002). – С. 138–144.

13. Зубрицкас И.И. Методология совершенствования системы управления техническим состоянием автомобилей на основе информационных технологий // Монография. НовГУ им. Ярослава Мудрого. – Великий Новгород, 2011. – 256 с.

14. Hansen P., Wolfe B. Remote Diagnostics - the Next OEM Frontier// The Hansen Report on Automotive Electronics. Dec. 2003/Jan. 2004. Vol. 16, № 10. P. 1–3.

## OPERATIONAL RELIABILITY OF BUSES OF CITY PUBLIC TRANSPORT

**E. Fornalchik, M. Vidzhak**

National University «Lviv Polytechnic»

vul. S. Bandera, 12, Lviv, 79013, Ukraine. E-mail: yevgen.fornaltchik@gmail.com

**Purpose.** To reveal and investigate the characteristic reasons of failure of aggregates and mechanisms of buses, numerical characteristics of an assessment of unevenness of loss of their working capacity and to define measures for increasing of operational reliability. **Methodology.** The indicators of operational reliability of buses, including distribution of service life of buses, daily refusals, intervals between refusals of buses through technical reasons, and also the corresponding numerical characteristics of these distributions were investigated by means of methods of probability theory and mathematical statistics. **Results.** Among all buses, which serve city routes, the distribution of them on service life is such: till 2 years - 12%; 3-5 years - 20%; 6-9 years - 39%; more than 9 years - 29%. The unevenness of distribution of service life characterizes the variation coefficient ( $\nu = 85\%$ ) with average value of years  $\bar{T}_c = 9,2$ . Daily refusal of buses on routes through technical reasons are characterized by wide range - from 0 to 16 without obvious tendency in relation to the beginning, the middle or the end of month. The mathematical hope of daily descents was 6,189 cars / day, that is every day more than 6 buses refused. Thus, the dispersion of unevenness was 11,645 cars / day. The distribution of intervals between refusals of buses with mathematical hope 2,687 day and dispersion 4,124 day was submitted to the exponential law with determination coefficient 0,7399. The received results of unevenness of distributions of daily refusals and time intervals between them testify the corresponding values of variation coefficient 55% of the first and 76% of the second. **Originality.** The increasing of level of operational reliability of city park of buses can be reached through creation them in separate age groups for justification for each of them corresponding periodicities of performance technical servicing and repairs, through updating by modern and perspective repair-technological and diagnostic equipment and by appropriate technologies of production technical warehouse of car transport enterprise, and also through increasing the responsibility for high-quality implementation of all list of the control-diagnostic operations connected with releasing of in good repair buses to the line. **Practical value.** The received results specify that the existing situation with development of PTS, their fullness by repair-technological and diagnostic equipment and progressive technologies of performance, including pre-trip controls of technical condition of buses demand urgent updatings, in particular, as to the using of computerized means of technical diagnostics as for old designs of buses, and also for modern and perspective with the built-in technical devices of self-diagnostics of technical condition. The system of pre-trip diagnostics has to be structured and include both the built-in and independent components.

**Key words:** reliability, bus, diagnostics, refusal, unevenness, dispersion.

### REFERENCES

1. Holovyn, S.F. (2008), *Tekhnicheskyyi servis transportnykh mashyn i oborudovaniya* [The technical service of transport machines and equipment], Alfa, Moscow, Russia.

2. Fornalchik, Ye.Yu., Hilevych, V.V. (2013), "The relationship between the technical condition of vehicles and their overlocking speeds during the moving of the intersections", *Avtoshlyakhovyk Ukrainy*, no. 6 (236), pp. 5–7.

3. Kuznetsov, E.S. (1990), *Upravlenye tekhnicheskoy ekspluatatsiyey avtomobyley* [The management of technical exploitation of cars], Transport, Moscow, Russia.

4. Polyakov, A.P., Chepak, O.H. (2004), "The method of planning of technical service", *Trudy Akademiyi Sukhoputnykh viysk im. P. Sahaydachnoho*, no. 53, pp. 252–259.

5. Kravchenko, O.P., Sakno, O.P., Lukichov, O.V. (2011), "The model of control of the technical condition of the rolling stock on the evaluation of the wearing of the tires tread", *Visnyk SevNTU, seriya "Mashynopryladobuduvannya ta transport"*, iss. 121, pp. 42–45.

6. Rudzinskyi, V., Naumenko, V. (2003), "Some aspects of forming of the management system with quality in Stateavtotrans NDiproekt", *Standartyzatsiia, sertyfikatsiia, yakist*, no. 1, pp. 52–57.

7. Andrusenko, S.I., Buhachuk, O.S. (2005), "The use of the balanced scorecard for enterprise management of auto service", *Visnyk Natsionalnoho transportnoho universytetu*, no. 10, pp. 175–181.
8. Baranovs'kyi, D.M. (2010), "The forecasting of durability, technical service and repair of diesel engines for exploitation characteristics", *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University*, vol. 2, no. 61, pp. 83–86.
9. Babych, A.P., Pichuhin, I.M. (2015), "The ways of improving the technical service and repair of buses on the vehicular transport enterprises of Ukraine", *Zbirnyk Naukovykh Prats Kharkivskoho Universytetu Povitryanykh Syl*, iss. 1 (42), pp. 86–90.
10. Zubrytskas, Y.Y. (2014), "The forecasting of the parameters of technical condition of brake systems in LYAZ", *Sbornyk trudov uchastnykov 11 mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Orhanyzatsyya i bezopasnost' dorozhnoho dyzhenyya v krupnykh horodakh"*, pp. 531–539.
11. Mateychyk, V.P., Volkov, V.P., Komov, P.B. (2013), "The information basis of the formation and evaluation of advanced production of the technical service and of the repair of vehicles", *Visnyk Natsionalnoho transportnoho universytetu*, no. 27, pp. 63–70.
12. Volkov, V.P., Mateychyk, V.P., Komov, P.B., Komov, O.B., Hrytsuk, I.V. (2013), "The organization of the technical operation of vehicles in the formation of intelligent transport systems", *Visnyk Natsionalnoho Tekhnichnoho Universytetu «KhPI», seriya "Avtomobile- ta traktorobuduvannia"*, iss. 29 (1002), pp. 138–144.
13. Zubrytskas, Y.Y. (2011), *Metodolohyya sovershenstvovanyya systemy upravlenyya tekhnicheskym sostoyanyem avtomobyley na osnovy ynfformatsyonnykh tekhnolohyy* [The methodology of the improving of management system of technical condition of vehicles on the basis of information technologies], NovHU im. Yaroslava Mudroho, Velykyi Novhorod, Russia.
14. Hansen, P., Wolfe, B. (Dec. 2003/Jan. 2004), "Remote Diagnostics – the Next OEM Frontier", *The Hansen Report on Automotive Electronics*, vol. 16, no. 10, pp. 1–3.

Стаття надійшла 27.01.2016.