

ОЦЕНКА НА ВЪЗДЕЙСТВИЕТО ОТ ВНЕДРЯВАНЕ НА ЕЛЕКТРОБУСИ ВЪРХУ КОЛИЧЕСТВОТО НА ЕМИТИРАНИТЕ ВРЕДНИ ЕМИСИИ В ГР. СОФИЯ

Илия Гътовски¹
e-mail: gatovski@unwe.bg

Резюме

Транспортният сектор играе ключова роля в развитието на съвременните градове, но същевременно е един от основните източници на замърсяване на въздуха. В градове като София, където замърсяването на въздуха е сериозен проблем, модернизацията на градския транспорт е наложителна. В тази статия се анализира влиянието на внедряването на електробуси върху количеството на емитираните вредни емисии в София, като се разглеждат както настоящите данни до 2024 г., така и прогнозите за следващите 3-7 години. За оценка на въздействието се използва сравнителен анализ на данни за вредните емисии преди и след внедряването на електробусите. Използваните данни са на база експлоатационни показатели от „Столичен автотранспорт“ ЕАД и други източници като „Център за градска мобилност“ ЕАД и Столична община. Анализирани са количествата на емисиите на фини прахови частици (ФПЧ10), въглероден оксид (СО), въгледороди (СхНх) и азотни окиси (NOx). Също така са направени прогнозни сценарий до 2030 г., базирани на текущите тенденции и планирани инициативи.

Ключови думи: обществен градски транспорт, електробуси, вредни емисии

JEL: R40, R41

Увод

Изследванията и иновациите в областта на транспорта са от решаващо значение за осигуряването на бърз, безопасен и чист транспорт за гражданите и бизнеса в големите градове. Транспортният сектор се нуждае от иновативни решения повече от всякога, тъй като разходите за превоз на пътници ще се увеличат като стойност и време, особено с нарастващите световни цени на горивата. Намалването на нивото на вредни емисии от градския транспорт ще доведе до екологична устойчивост, което е цел и приоритет на всички страни от ЕС. Ето защо търсенето на иновативни подходи в областта на транспорта е изключително важно (Gatovski, Velikova, 2022).

¹ Главен асистент, доктор, катедра „Икономика на транспорта и енергетиката“, факултет „Икономика на инфраструктурата“, УНСС

Устойчивото развитие на градския пътнически транспорт има важна роля за социално-икономическото развитие на големите градове. Чрез него се подобряват връзките между отделните райони, безпроблемното придвижване на пътниците за производствени и лични нужди и става база за подобряване условията на живот и жизнен стандарт на гражданите. Както пише доц. Арнаудов, „социалното измерение на градския пътнически транспорт е свързано с установяване на справедливи социални условия за всички участници в движението и повишаване на качеството им на живот“ (Арнаудов, 2018).

Изложение

На територията на София действат три общински транспортни оператора – „Столичен Метрополитен“ ЕАД, „Столичен Електротранспорт“ ЕАД и „Столичен Автотранспорт“ ЕАД, които осъществяват обществен превоз на пътници. Операторите обслужват линиите на обществения транспорт въз основа на годишна транспортна задача за пробег при заплащане за изминатото разстояние, които се одобряват от общината ежегодно въз основа на обосновани разходи за дейността и маршрутни разписания. Компаниите извършват поддръжка и експлоатация на притежаваните превозни средства и изградената транспортна и енергийна инфраструктура.

Автобусният транспорт се изгражда сравнително най-лесно и не изисква големи капитални вложения, защото не се построява сложна специализирана инфраструктура. Най-важните предимства на автобусния транспорт са голямата маневреност и широкият диапазон на пътниковместимостта на подвижния състав. Голямо предимство на автобусния транспорт е и възможността той да се използва в съчетание с релсовите превозни средства, което не е възможно при другите видове масов градски пътнически транспорт (Гътовски, 2021).

Въпреки, че основен замърсител на вредни емисии в гр. София е автомобилният транспорт, те се генерират главно от личните превозни средства и едва 10% от автобусния транспорт. Като всеки голям град с увеличаващо се население и София се изправи пред големия проблем с интензификацията на автомобилния трафик и значителното влошаване на качествата на околната среда. Автомобилите са един от основните замърсители в града, отделяйки над 200 вредни вещества в резултат от изгарянето на течни горива, имащи нефтен произход. Задръстванията, които насищат все повече градската среда, не само в т. нар. пикови часове, значително допринасят за усложняването на този проблем. Допълнително те са причината за увеличаване на шума, възникване на повече пътно-транспортни произшествия и загуба на време в удълженото придвижване от една точка до друга (Гътовски, 2012). Всичко това изисква необходимостта от обновяване и модернизиране

на подвижния състав на различни видове транспорт в столицата. Според „Доклад относно бъдещи действия за устойчива мобилност“, намаляването на вредното влияние върху околната среда от автобусите в градска среда е важно, защото именно те извършват над 50% от транспортната задача в гр. София.

Според Гътовски: „Повишаване качеството на транспорта е от решаващо значение за осигуряване на бърз, безопасен и чист транспорт за гражданите и бизнеса в големите градове. Транспортният сектор повече от всякога се нуждае от иновативни решения, тъй като разходите за превоз на пътници ще нарастват в стойностно и времево изражение. Съществува риск от трайно увеличаване на цената на превозната услуга, поради поскъпване на енергийните ресурси и по-високи разходи за поддържане на инфраструктурата.“ (Гътовски, 2018)

Таблица 1 представя данни за извършената работа в километри от основните транспортни оператори в София за 2024 г.

Таблица 1: Извършена работа в км от основни превозвачи в гр. София за 2024 г.

Транспортни оператори	Пробег (хил. км)	% от общо извършената работа
„Столичен автотранспорт“ ЕАД	34,000	59,3%
„Столичен електротранспорт“ ЕАД	14,500	25.3%
„Метрополитен“ ЕАД	4,500	7,8%
Други оператори	4,300	7,6%
Общо:	57,300	100%

Източник: ЦГМ София

Тези данни показват, че „Столичен автотранспорт“ ЕАД е основният оператор с най-голям дял от общото пробег. Това подчертава значението на модернизацията на този флот за намаляване на вредните емисии.

Текущото състояние на градския транспорт в София показва значителна зависимост от автобусите с дизелови двигатели, които са основните източници на вредни емисии (таблица 2).

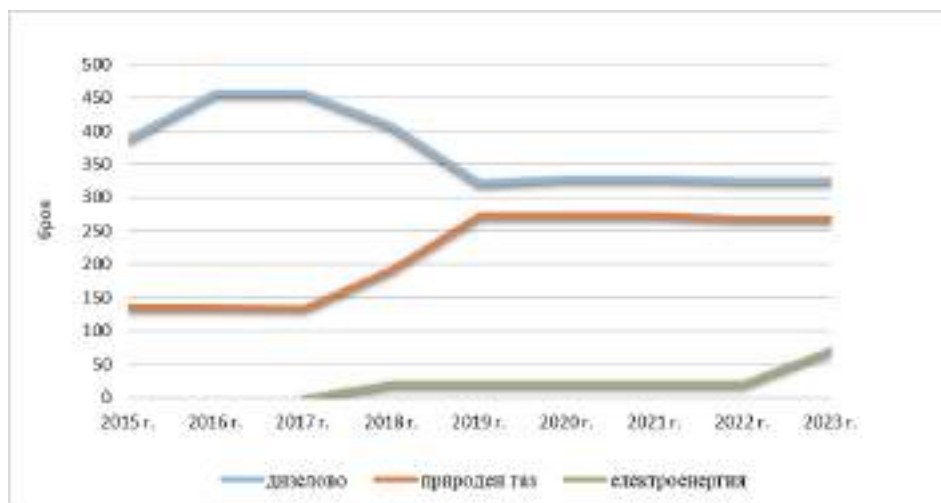
Таблица 2: Структура на автобусния парк по използвано гориво (бр.) за 2024 г.

Брой автобуси (бр.)	Вид гориво	дял (%)
320	Дизел	48,5%
268	CNG	40,6%
72	Електричество	10,9%
Общо: 660		Общо: 100%

Източник: Столичен Автотранспорт ЕАД

За обслужване на обществения превоз на пътници в гр. София в края на 2023 г. дружеството разполага с 396 бр. 12-метрови и 264 бр. 18-метрови автобуси. През разглеждания период са доставени 30 бр. 8-метрови електрически автобуси HIGER KLQ6832GEV и 22 бр. също електрически 6-метрови автобуси KARSAN e-JEST. От 2018 г. са в експлоатация и 20 бр. електрически автобуси с марката Yutong ZK6128BEVC.

Средната възраст на 18-метровите автобуси на „Столичен Автотранспорт“ ЕАД след извършеното обновление и отчисляване на стари автобуси е 11,3 години, а на 12-метровите е 8 години. Структурата на автобусния парк по вид на използвано гориво, е представено в следващата фигура.



Източник: Столичен Автотранспорт ЕАД

Фигура 1: Структурата на автобусния парк по вид на използвано гориво (бр.) 2015 – 2023 г.

Внедряване на нови електрически автобуси

През 2023 г. „Столичен автотранспорт“ ЕАД в град София започна внедряването на 52 нови електробуса като част от усилията за подобряване на качеството на въздуха. Тази инициатива е финансирана от Оперативна програма „Околна среда“ 2014 – 2020 г., която цели намаляване на вредните емисии от транспортния сектор. Електробусите, при своята експлоатация, не отделят азотни окиси (NOx), въглероден оксид (CO) и фини прахови частици (ФПЧ10), които са основни замърсители на въздуха в градските райони. Намаляването на тези емисии води до по-чист въздух и по-малко здравни проблеми сред населението.

За нуждите на анализа в разработката са разгледани четири основни категории вредни емисии: CO – Въглероден оксид; CxHx – Въглеводороди; Nox – Азотни окиси и Фини прахови частици. За оценка на въздействието се използва сравнителен анализ на данни за вредните емисии преди и след внедряването на електробусите. Използваните данни са събрани от „Столичен автотранспорт“ ЕАД след реални измервания на вредните емисии на автобусите, използващи различно гориво и отчитане на пропътуваното разстояние. Пробега на електрическите автобуси е сравнен със същия, ако той е изминат с по-старите дизелови такива. Отчетени са и са сравнени нормите на замърсяване при алтернативно използване на автобуси на дизелово гориво и нови електрически автобуси.

В долната таблица са изчислени нормите на замърсяване от дизелови автобуси при средногодишен пробег и разход на гориво.

Таблица 3: Вредни емисии в тона (годишно) при автобуси, които използват дизелово гориво

Вид автобус	CO – Въглероден оксид (т/год)	CxHx – Въглеводороди (т/год)	NOx - Азотни окиси (т/ год)	Прахови частици – PM (т/год)
12-м дизел	113	110	923	2061
18-м дизел	194	144	1302	3271
Дизелови, (общо)	307	254	2225	5332

Източник: Столичен автотранспорт и изчисления на автора

Таблица 4: Изчисление на ФПЧ10 от доставката на 52 броя електрически автобуси – директен и индиректен принос

Показател	Стойност (т/г)
Базова стойност (общо) 2017 г.	1534
Целева стойност (общо) 2023 г.	1231
Директен принос	0.15
Индиректен принос	4.06
Отчетна стойност (2023 г.)	1112

Източник: Столичен автотранспорт и изчисления на автора

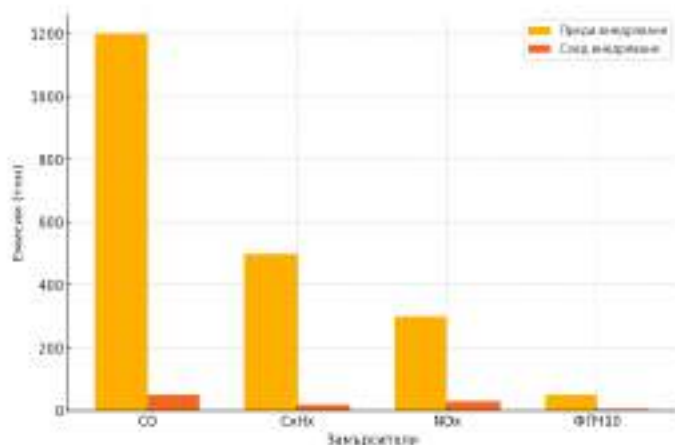
Таблица 5: Данни за количество ФПЧ10, изминато разстояние, консумирана електроенергия и от електробусите през 2023 г.

Категория и марка превозно средство	Брой	ФПЧ10	Общо изминато разстояние (км)	Изминато разстояние на годишна база (км)	Среден разход (kWh/km)	Консумирана електроенергия на годишна база (kWh)
Електро-буси 8 м	22	-	599,565	719,478	0.55	395,713
Електро-буси 6 м	30	-	199,452	572,520	0.31	177,481

Източник: Столичен автотранспорт и изчисления на автора

Вредните емисии най-много намаляват при електрическите автобусите. Те не отделят азотни окиси (NOx), въглероден оксид (CO) и фини прахови частици (ФПЧ10), които са основни замърсители на въздуха в градските райони. Намаляването на тези емисии води до по-чист въздух и по-малко здравни проблеми сред населението.

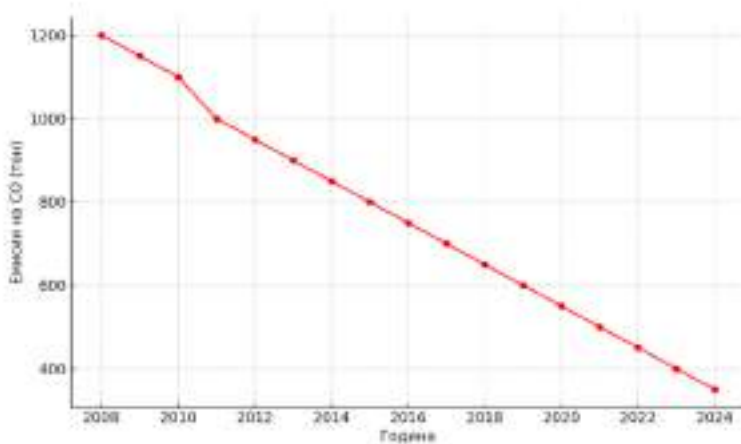
Електробусите не отделят и въглероден диоксид (CO₂) при експлоатацията си, което значително намалява въглеродния отпечатък на градския транспорт. Според „Интегрирана транспортна стратегия в периода до 2030 г.“ в контекста на глобалните усилия за борба с климатичните промени, намаляване на парниковите газове е критичен аспект.



Източник: Столичен автотранспорт и изчисления на автора

Фигура 2: Сравнение на вредните емисии преди и след внедряване на електробуси в град София

Данни за емисиите показват значителното намаляване на тези вредни вещества при преминаване към електробуси.



Източник: Столичен автотранспорт и изчисления на автора

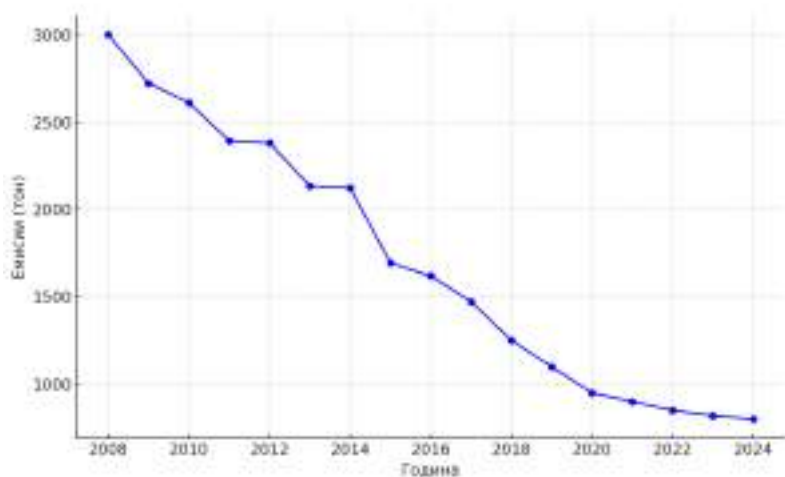
Фигура 3: Намаление на емисиите CO (т.) 2008 – 2024 г.

Внедряването на електробусите ще намали директните емисии на ФПЧ10 с около 0.15 т/г, а индиректният принос ще бъде 4.06 т/г. Това показва зна-

чителното въздействие при експлоатацията на електрически автобуси върху намаляването на вредните емисии.

Разбира се намаляване на вредните емисии има и при дизеловите автобуси, което се дължи на по-високия екологичен стандарт – Евро 6.

Общо за всяка година от близо 3 млн. кг/г. (3000 т.) през 2008 г. вредните емисии ежегодно намаляват с нарастващ темп и достигат до 1140 т. през 2023 г. (фигура 4)



Източник: Столичен автотранспорт и изчисления на автора

Фигура 4: Намаляване на вредните емисии по години 2008 – 2023 (тона/годишно)

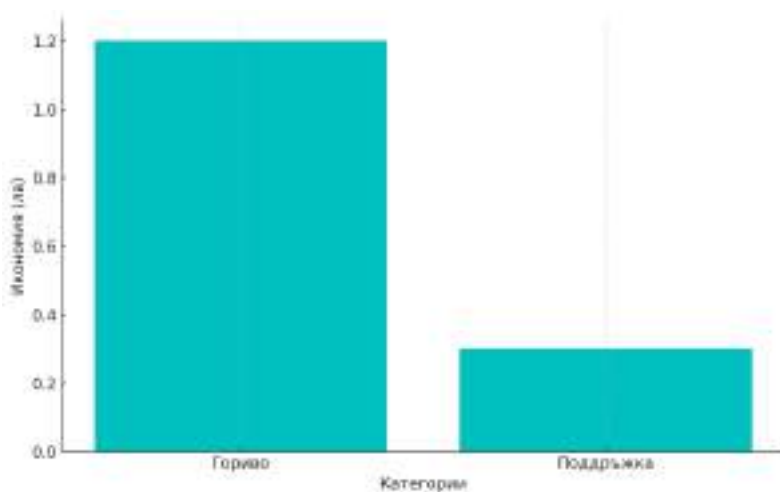
Икономически ползи

1. Намаляване на експлоатационните разходи:

- Намаляване на разходите за енергия (гориво): електробусите използват електрическа енергия, която е значително по-евтина от дизеловото гориво. Това води до директни икономии за операторите на градския транспорт.
- Намаляване на разходите за техническа поддръжка: електробусите имат по-малко подвижни части в сравнение с дизеловите автобуси, което намалява нуждата от честа поддръжка и ремонт. Това включва по-малко износване на спирачни системи и отсъствие на необходимост от смяна на масло и филтри.

Електробусите имат по-дълъг експлоатационен живот в сравнение с традиционните автобуси, което води до по-голяма възвръщаемост на инвес-

тициите. Широкото приложение на интелигентните транспортни системи в Европа е обвързано с постигането на голяма част от целите, свързани с устойчивото развитие на транспорта. Очакваните ефекти са свързани с намаляване на общите разходи (Николова, 2015). Също, според проф. Николова и Клисурова, „интелигентните транспортни системи са важен компонент от концепцията интелигентен град. ИТС улеснява живота на своите граждани във всеки аспект. Приложението им е широко прието в много страни днес, като използването на ИТС не се ограничава само до контрол на задръстванията и информация, но и до пътна безопасност и ефективно използване на инфраструктурата. ИТС все по-усилено навлизат и у нас, като София е сред лидерите в България в това отношение.“ (Николова, Клисурова, 2015). В своята разработка доц. Арнаудов разглежда развитието на градската инфраструктура и внедряването на интелигентни транспортни системи като основни фактори, които подобряват сигурността и безопасността. Той казва: „През последното десетилетие значително се подобри безопасността на всички участници в пътното движение. Това се дължи на иновациите, които бяха внедрени в новите автомобили, на изграждането на интелигентна инфраструктура щадяща уязвимите участници в движението. Намаляването на автомобилите за лично ползване, респективно делът на автомобилния трафик в градската транспортна мрежа, ще доведе до намаляване на произшествията с уязвимите участници. (Арнаудов, 2021)



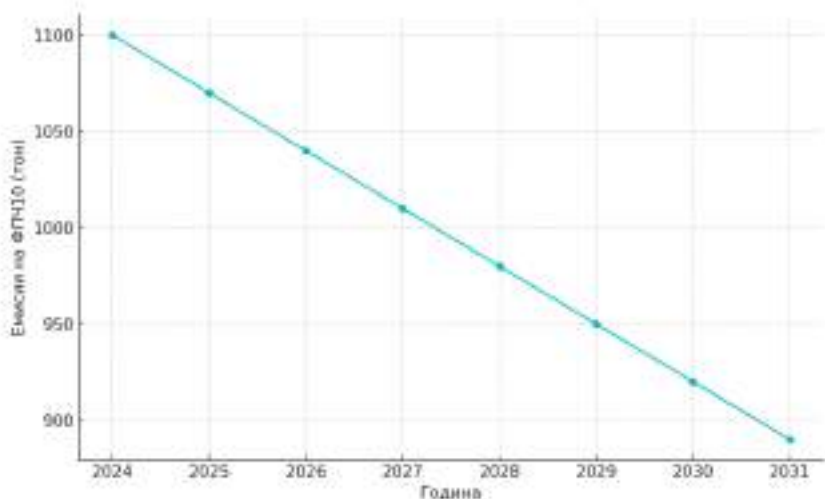
Източник: Столичен Автотранспорт ЕАД и изчисления на автора

Фигура 5: Икономически ползи от намаляване на разходите за гориво и поддръжка (лв/км) за 1 км пробег

Повишаване на енергийната екологична ефективност

- Електробусите преобразуват около 85-90% от енергията от батериите в движение, докато дизеловите двигатели имат ефективност около 20-30%. Това означава по-добра използваемост на енергията и намаляване на енергийните разходи.
- Намаляване на шума – електробусите работят много по-тихо в сравнение с дизеловите автобуси, което допринася за намаляване на шумовото замърсяване в градската среда. Това има положителен ефект върху качеството на живот, особено в жилищните райони.
- Финансовите стимули и субсидии могат да се изразят в това, че националните и европейски фондове да предоставят финансиране за закупуване на електробуси и изграждане на инфраструктура за зареждане, което намалява началните инвестиционни разходи.
- Инвестициите в електробуси и екологични технологии подобряват имиджа на града като екологично устойчив и модерен, което може да привлече повече туристи и инвеститори.

На база планираната експлоатационна работа на Столичен автотранспорт ЕАД, може да прогнозира обема на спестените ФПЧ10 до 2031 г.



Източник: Столичен Автотранспорт ЕАД и изчисления на автора

Фигура 6: Прогноза за намаляване на ФПЧ10 до 2031 г. (г./год.)

Заклучение

Внедряването на електрически автобуси в обществения градския транспорт на София представлява значителен напредък към постигането на устойчива и екологична градска среда. Икономическите ползи от намаляването на разходите за гориво и поддръжка, в съчетание с екологичните ползи от намаляването на вредните емисии и подобряването на качеството на въздуха, правят електробусите изключително ефективен избор за бъдещето на градския транспорт. София може да служи като пример за други градове, които искат да направят своите транспортни системи по-екологични и икономически ефективни. С правилната инвестиционна програма, преходът към електрически транспорт може да доведе до дълготрайни положителни промени както за околната среда, така и за икономиката. Според доклада за изпълнението на бялата книга за транспорта от 2011 г, европейската политика за устойчива мобилност трябва да се основава на широка гама от инструменти на политиките за преминаване към най-малко замърсяващи и възможно най-ефективни по отношение на енергията видове транспорт. Промяната на баланса между видовете транспорт не е самоцел, а е необходимост, за да се прекъсне връзката между мобилността и отрицателните въздействия на съществуващата транспортна система, като например задръстванията, замърсяването на въздуха, шума, злополуките и изменението на климата. (Европейски парламент, 2015) Бъдещето развитие на автобусния транспорт в град София би следвало да се развива в следните посоки:

- Увеличаване на електробусите: увеличаването на броя на електробуси, в общата структура на подвижния състав, ще допринесе за още по-голямо намаляване на вредните емисии.
- Подобряване на инфраструктурата: инвестиции в инфраструктурата за зареждане на електробусите, включително изграждане на повече зарядни станции. Също според Спасов: важна роля за бъдещето на общия европейски енергиен пазар има приетият през 2022 г. 10-годишен план за развитие на европейската електроенергийна инфраструктура (TYNDP) (Спасов, 2023).
- Обучение на персонала: обучение на шофьори и технически персонал за работа с електробуси, за да се гарантира тяхната ефективна експлоатация и поддръжка.
- Повишаване на качеството на превозите чрез информационни кампании за популяризиране на ползите от използването на електробуси и насърчаване на гражданите да използват обществен транспорт.
- Внедряване на новите технологии, които са насочени в нов подвижен състав – Електрически автобуси, ще гарантира, че отделената кинез

тична енергия ще се конвертира и ще се използва отново. Това от своя страна води до икономии и намаляване на разходите.

Използвана литература

- Арнаудов, Б. (2018). Велосипеден транспорт – възможности, перспективи и интегрираност, Научна конференция: Устойчиво развитие на градския пътнически транспорт, с. 44-62. (Arnaudov, B., 2018, Velosipeden transport – vazmozhnosti, perspektivi i integriranost, Nauchna konferentsia: Ustoychivo razvitie na gradskia patnicheski transport, s. 44-62).
- Арнаудов, Б. (2021). Пътната безопасност при уязвимите участници – състояние и насоки за нейното подобряване, Научни трудове на УНСС (3), ИК – УНСС, (Arnaudov, B., 2021, Patnata bezopasnost pri uyazvimite uchastnitsi – sastoyanie i nasoki za neynoto podobryavane, Nauchni trudove na UNSS (3), ИК – UNSS), available at: http://unwe-researchpapers.org/uploads/ResearchPapers/RP_vol3_2021_No09_B%20Arnaudov_Rcd.pdf (accessed 2023/03/28)
- Гътовски, И. (2012). Повишаване конкурентоспособността на автомобилния транспорт чрез развитието на националната пътно-шосейна инфраструктура, УИ-УНСС. (Gatovski, I., 2012, Povishavane konkurentosposobnostta na avtomobilnia transport chrez razvitieto na natsionalnata patno-shoseyna infrastruktura, UI-UNSS).
- Гътовски, И. (2018). Насоки за повишаване качеството на транспортните услуги при превоза на пътници в градска среда, Научно списание: Механика, Транспорт, Комуникации, том 16, брой 3/1, статия № 1610. (Gatovski, I., 2018, Nasoki za povishavane kachestvoto na transportnite uslugi pri prevoza na patnitsi v gradska sreda, Nauchno spisanie: Mehanika, Transport, Komunikatsii, tom 16, broy 3/1, statia № 1610).
- Гътовски, И. (2021). Търсене и предлагане на обществен превоз на пътници в градска среда. Научни трудове на УНСС, (3), с. 265-279. (Gatovski, I., 2021, Tarsene i predlagane na obshtestven prevoz na patnitsi v gradska sreda. Nauchni trudove na UNSS, (3), 265-279. <http://unwe-research-papers.org/bg/journalissues/article/10412>. ISSN print: 0861-9344, ISSN online: 2534-8957. <https://www.ceeol.com/search/article-detail?id=972792>).
- Европейски парламент. (2015). Доклад изпълнението на бялата книга за транспорта от 2011 г.: равностетка и бъдещи действия за устойчива мобилност, а8-0246/2015, Доклад относно бъдещи действия за устойчива мобилност (2015/2005(INI)). (Evropeyski parlament, 2015, Doklad izpalnenieto na byalata kniga za transporta ot 2011 g.: ravnosmetka i badeshti deystvia za ustoychiva mobilnost, a8-0246/2015, Doklad otnosno badeshti deystvia za ustoychiva mobilnost (2015/2005(INI)).

- Министерство на транспорта и съобщенията. (2017). Интегрирана транспортна стратегия в периода до 2030 г., Портал за обществени консултации (strategy.bg). (Ministerstvo na transporta i saobshteniyata, 2017, Integrirana transportna strategia v perioda do 2030 g., Portal za obshtestveni konsultatsii (strategy.bg)).
- Николова, Хр. (2015). Оценка на разходите и ползите от прилагането на интелигентни транспортни системи в България, МТС-aj.com – Научно списание, Научен доклад ID 1167: 2015/3). (Nikolova, Hr., 2015, Otsenka na razhodite i polzite ot prilaganeto na inteligentni transportni sistemi v Bulgaria, MTS-aj.com – Nauchno spisanie, Nauchen doklad ID 1167: 2015/3).
- Николова, Хр., Клисурова, М. (2015). Интелигентни транспортни системи в градска среда, София: Издателски комплекс - УНСС. (Nikolova, Hr., Klisurova, M., 2015, Inteligentni transportni sistemi v gradska sreda, Sofia: Izdatelski kompleks – UNSS).
- Спасов, Св. (2023). Енергийната сигурност или икономическа несигурност на ЕС след Руската инвазия в Украйна на фона на възстановяването на съюза след Пандемията COVID – 19, сборник Тенденции и стратегии за възстановяване на икономическата и обществената система след Пандемията от COVID – 19. (Spasov, Sv., 2023, Energiynata sigurnost ili ikonomicheska nesigurnost na ES sled Ruskata invazia v Ukrainyа na fona na vazstanovyavaneto na sayuza sled Pandemiyata COVID – 19, sbornik Tendentsii i strategii za vazstanovyavane na ikonomicheskata i obshtestvenata sistema sled Pandemiyata ot COVID – 19).
- Velikova, E., & Gatovski I. (2022). Innovative Approaches to Reduce the Level of Environmental Pollution from Bus Transport in Sofia, Bulgaria, Environmental Science and Engineering, pp. 299-308. DOI: 10.1007/978-3-031-07500-1_26, available at: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85142717374&origin=resultslis>

**ASSESSMENT OF THE IMPACT OF THE IMPLEMENTATION
OF ELECTRIC BUSES ON THE AMOUNT OF EMITTED
HARMFUL EMISSIONS IN THE CITY OF SOFIA**

Assist. Prof. Iliya Gatovski, PhD
Department of Economics of Transport and Energy
Faculty of Economics of Infrastructure
University of National and World Economy
e-mail: gatovski@unwe.bg

Abstract

The transport sector plays a key role in the development of modern cities, but at the same time it is one of the main sources of air pollution. In cities like Sofia, where air pollution is a serious problem, the modernization of public transport is imperative. This article analyzes the impact of the implementation of electric buses on the amount of emitted harmful emissions in Sofia, considering both the current data until 2024 and the forecasts for the next 3 – 7 years. A comparative analysis of data on harmful emissions before and after the introduction of electric buses is used to assess the impact. The data used are based on operating indicators from “Stolichne Autotrans” EAD and other sources such as “Center for Urban Mobility” EAD and the Metropolitan Municipality. The amounts of emissions of fine dust particles (PM10), carbon monoxide (CO), hydrocarbons (CxHx) and nitrogen oxides (NOx) were analyzed. A forecast scenario until 2030 is also made, based on current trends and planned initiatives.

Keywords: public transport, electric buses, harmful emission

JEL: R40, R41