

АНАЛИЗ НА ВЪЗДЕЙСТВИЕТО ВЪРХУ ОКОЛНАТА СРЕДА ПРЕДИЗВИКАНО ОТ ГРАДСКИ ТОВАРЕН ТРАНСПОРТ И ЛОГИСТИКА

Теодор Беров, Андрей Борисов, Петя Стоянова
tberov@vtu.bg, androbor@abv.bg, pstoyanova@vtu.bg

**Висше транспортно училище „Тодор Каблешков”
гр. София, ул. „Гео Милев“ № 158
РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ**

Ключови думи: транспорт, товарен градски, околна среда, замърсители

Резюме: В последните години проблемите свързани с екологичното замърсяване в големите градове излизат на преден план. Товарният транспорт и разнасянето на стоки в градовете са основни фактори за разход на енергия и екологично замърсяване. Предмет на настоящият доклад е анализ на въздействието върху околната среда, предизвикано от градски товарен транспорт и логистика. За отчитане ефективността от прилагани мероприятия е необходимо определяне на количеството вредни емисии свързани с движението на товарните превозни средства. С оглед на това е разгледана методологията за изчисляване на вредните въздействия от движение на превозните средства, като са анализирани, обобщени и систематизирани видове модели за симулиране на емисии на превозни средства и емисионни фактори, прилагани в Европа. Систематизирани са прилаганите основни подходи за изчисляване количеството на отделяните вредни емисии, предизвикано от движение на автомобил. За анализиране на данните, получени от разположени в градската зона сензори за трафик и емисии, е представен подход за определяне на вредните емисии от движение на товарни автомобили, отнесено към общият снет автомобилен трафик. Набелязани и систематизирани са мероприятия и подходи за намаляване на вредните емисии, приложими за логистичната и транспортна дейност в градска зона.

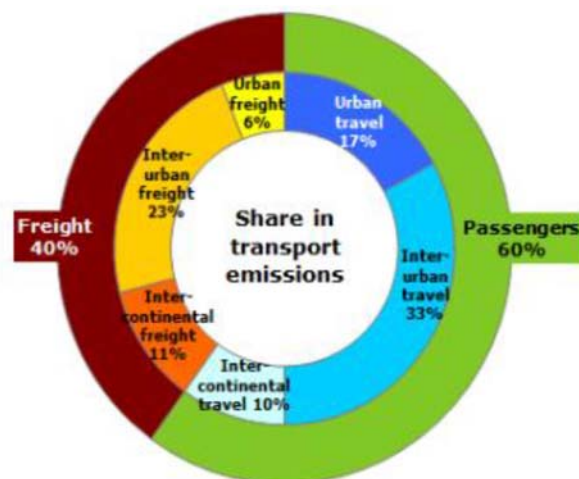
ВЪВЕДЕНИЕ

Съществена част от екологичното замърсяване в градската зона е причинено от движението на превозни средства за товарни превози. Те могат да бъдат обобщени - всички видове и размери на товарни превозни средства и други моторни превозни средства, използвани за събиране и доставяне на стоки (основно) за и между обектите в градската област; събиране и доставки на парични средства, събиране на отпадъци и доставки до домовете от градските обекти до крайните потребители; пътувания на превозни средства свързани с услуги и пътувания на други превозни средства за търговски цели, които са от съществено значение за функционирането на градските обекти.

Видовете вредни емисии [1], оказващи съществено влияние за замърсяването на околната среда, включително и от реализацията на транспортните процеси, са:

NOx-азотни оксиди – (еквивалент на NO₂), VOC-летливи органични съединения, CH₄-метан, CO-въглероден оксид, CO₂-въглероден диоксид, N₂O-двуазотен оксид, PM-частици (сажди), SO₂-серен диоксид, NH₃-амоняк, Cd-кадмий, Pb-олово, PAH*-полицикл, ароматни въглеводороди, DIOX-диоксини и фурани, PCBs-полихлорирани бифенили.

Тъй като въглеродният диоксид е основният парников газ с най-голям дял в общите емисии, количествата вредни емисии на другите газове се приравняват към него. На фигура 1 е показано разпределение на емисиите въглероден диоксид по данни за 2014г.



Фиг.1. CO₂ емисии от транспорт
/ETP ALICE – Urban Freight Research Roadmap, p.14/

Моделите на инвентаризацията (по отношение на вредните емисии) са инструменти, използвани за наблюдение на напредъка към целите за емисиите, (напр. цели, определени в международни споразумения като Конвенцията за трансгранично замърсяване на въздуха на далечни разстояния (CLRTAP) и Парижкото споразумение на ООН относно изменението на климата). Освен това моделите на инвентаризация, съчетани с икономически модели, оценяват въздействието на бъдещите политики и мероприятия, и разработка на анализи от типа разходи/ ползи.

Емисионните фактори са в основата на всеки модел на транспортна инвентаризация. Следователно точните емисионни фактори са незаменими за изграждането на надеждни инвентаризации на емисиите от транспорта. Емисионните фактори се определят чрез осредняване на голям набор от измервания, извършени във всяка категория превозни средства. След това те се използват в симулационни модели на превозни средства за разширяване на информацията, съдържаща се в измерванията.

Градските логистични превозни средства представляват само до 15% от трафика, но те допринасят за около 25% от всички емисии на CO₂, свързани с градския транспорт, и между 30 и 50% от праховите частици (PM) и азотните оксиди (NOx) в градския въздух.

ПОДХОДИ ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ВРЕДНИТЕ ЕМИСИИ ПРИ ДВИЖЕНИЕ НА АВТОМОБИЛ

В Европа са разработени различни модели [2,3] за симулиране на емисии на превозни средства и емисионни фактори, а някои от тях са адаптирани за Австралия и Азия.

Таблица 1. Характеристики на различни емисионни модели

Инструмент/ проект	Организация/ държава	особености	характеристика
COPERT4 (COPERT Street Level)	European Environment Agency (EMEA/EEA)	-Емисии на CO ₂ и основните замърсители на въздуха -Всички категории превозни средства -Всички горива, както и електричество - Различни показатели	Модел на база средна скорост, financed by EEA
ARTEMIS	Проект ARTEMIS - European Commission, DG TREN с 40 европейски изследователски лаборатории	- класически инвентаризации на емисиите (в регионален или национален мащаб, на месец или година), -изчисление на сценарий за оценка на въздействието на алтернативни мерки (времеви серии през годините), - входни данни за модели за качество на въздуха за оценка на местни и времеви въздействия върху околната среда.	
VERSIT+ (& VERSIT+micro)	Нидерландия	База данни за емисии и трафик В сравнение с COPERT IV, алгоритмите за средна скорост VERSIT+ осигуряват повишена точност по отношение на прогнозирането на емисиите в специфични ситуации на трафика.	Модел на база средна скорост
TREMOT/TREMOT-MM	Германия	База данни за трафик-картографира моторизираното движение в Германия по отношение на нейния трафик и пробег, потребление на енергия и свързаните с климата газове и емисии на замърсители на въздуха за периода от 1960 до 2018 г. и в сценарий на тенденция до 2050 г.	Моделът за изчисляване на емисиите "TREMOT" (Transport Emission Model)
PHEM (& PHEM light) / (Passenger Car and Heavy Duty Emission Model), произлиза от проекта Artemis /	TU Graz	Определя разхода на гориво и емисиите за различни условия на шофиране; динамиката на цикъла на шофиране и е базиран на моментните мощност на двигателя и скоростта на ПС.	Модел, базиран на моментна скорост
HBEFA (4.1)	Austria, Germany, Switzerland, Sweden		База данни емисионни фактори

От проучване на специализираната литература е видно, че за отчитане на екологичната ефективност от автомобилен транспорт [4,5], съществуват основно три подхода – опростен, детайлен и комплексен. Прилагането на тези подходи в практиката, в достатъчна степен отразяват степента на влияние на вредните емисии отделяни от двигателите на превозните средства, тоест при движение на автомобила на собствен ход. Така например, опростеният подход се базира на използване на емисионни параметри, определени на базата на изразходваното гориво (вредни емисии, отделени при изгаряне на единица количество гориво). Режим на работа на двигателя – топъл и условие на пътуване – извън населено място / автомагистрала, населено място.

$$(1) \quad E_{AT,i}^{cx} = L_{AT} \cdot EF_i, \quad [g]$$

където:

E_i – масата на съответната емисия;

L_{AT} - изминат път [km] ;
 E_{Fi} – емисионен параметър за съответната емисия i [g/km].

Детайлният подход се основава също на емисионни параметри, определени на базата на използваното гориво. Използват се трите основни условия на пътуване; населено място, извън населено място и по автомагистрала. Емисията за всяко едно от тях се получава от сумиране на емисиите при два режима на работа на двигателите - топъл и студен (само за условие - населено място). Могат да се въведат показатели за отчитане наклоните по маршрута и възраст на превозното средство.

$$(2) \quad E_i^{общо,j} = E_i^{студен,j} + E_i^{топъл,j}, [g]$$

където:

E_i – масата на съответната емисия;

j – отчита съответния режим на движение - населено място, извън населено място и по автомагистрала.

Комплексният подход се прилага при програмни продукти (*Mobile6, Модул "Емисии" на компютърен пакет TRAFFIC ORACLE*), симулиращи превозния процес. Базира се на: техническите характеристики на превозните средства – година на производство (съответния екологичен стандарт), възраст, технически въведения за намаляване на замърсяването и др.; бруто и нето тегло; реален маршрут на движение и съответните режими на работа на двигателя; стандарт на използваното гориво; външна температура и др.

Базирайки се на разгледаните подходи, методи и програмни продукти (модели, калкулатори и др.), прилагани за определяне нивото на отделяните вредни емисии при движения на автомобили [5] могат да се направят следните основни заключения:

- разглеждат се основно три режима в работа на двигателя - на *празен ход, студен и топъл*;
- условия на пътуване - населено място, извън градско и по автомагистрала;
- технически средства – автомобил, двигател, катализатор и др.
- експлоатационни показатели – бруто тегло, скорости, наклони и др

Модел за определяне на емисиите от товарен трафик в зоната на сензори за трафик и емисии(CO₂) [6]

Сензорите за трафик осигуряват във всеки времеви интервал различни измервания по отношение на автомобилния трафик, като например:

- **Поток от превозни средства:** брой превозни средства, пресичащи контролираното място за даден период от време (който обикновено се отнася в часове, т.е. #автомобили/ч);

- **Средна скорост на превозното средство:** средна скорост на превозните средства, пресичащи контролираното място (измерена в km/h);

- **Плътност на превозните средства:** брой превозни средства по отношение на заетостта на пътя (измерен в #автомобила/км).

- **Време за пътуване:** средното време, необходимо на превозните средства за преминаване през контролираната зона (отчетено в s).

Количеството измервания на CO₂ от сензор за качество на въздуха е свързано с пространството/обема около местоположението на самия сензор. Следователно измереният CO₂ ще зависи от количествено от потока ПС, преминаващ в обема на пътния сегмент на сензора за качество на въздуха.

След нормализиране на получените данни от трафик сензора (отчитане броя ленти, посочените характеристики и др) получаваме за даден сегмент поток $P_{\text{общ}}$ *пс/час* и съответстващите на тях емисии $E_{\text{общ}}^{CO_2}$.

Обобщено, дела на емисии от товарния градски трафик за час, отнесен към общият трафик в зоната на сензорите:

$$(3) \quad E_{\text{ТА}}^{CO_2} = E_{\text{общ}}^{CO_2} \cdot \left(\frac{P_{\text{тов}}}{P_{\text{общ}}} \right), \text{ [g/час]}$$

МЕРОПРИЯТИЯ И ПОДХОДИ ЗА НАМАЛЯВАНЕ НА ВРЕДНИТЕ ЕМИСИИ ОТ ТРАНСПОРТНА ДЕЙНОСТ В ГРАДСКА ЗОНА

Много европейски градове прилагат по-прости, по-безопасни, по-здравословни и не на последно място по-евтини транспортни решения [7], като например съвместно ползване на електрически автомобили и автобуси, велосипеди и електрически велосипеди, екологични автобуси, тролеи и др.

Таблица 2. Мероприятия и подходи за намаляване на вредните емисии от транспортна дейност в градска зона

Вид	Мероприятие/подход	С отношение на	
		Търговски дружества	Местни власти
Конструктивни (Технологично развитие на ПС)	намаление емисиите на конвенционални ПС алтернативно задвижване	✓ ✓	
Технологични и организационни (свързани с дистрибуционната дейност)	оптимизиране на логистичните процеси оптимизиране на маршрутите оптимизиране на пакетирането повишаване коеф. на натоварване на ПС интелигентни транспортни системи (ИТС) за товарни градски превози	✓ ✓ ✓ ✓ ✓	✓
Алтернативни методи за дистрибуция	„карго“ велосипеди, шкафчета за колети, алтернативни (дронове, дистанционно управлявани роботи за доставка, и др.) линии на трамваен транспорт	✓ ✓ ✓ ✓	✓ ✓
Свързани с регулация на дейността	зони с ниски или нулеви емисии ограничения за размера на превозното средство доставки извън пиковите часове интеграция на градските логистични процеси в рамките на цялостното управление на градската мобилност пътни системи за таксуване	✓	✓ ✓ ✓ ✓
Свързани с използване на пространството	управление на „ограниченото пространство“ Микрохъбове/градски разпределителни центрове	✓	✓ ✓

Една ‘Зона с намалени вредни емисии (ЗНВЕ) или екологична зона са места разрешени само за превозни средства, отговарящи на стандартите за изпускането на вредни емисии. Базират се на: Географската област, Периодът от време, Стандарти за вредни емисии от превозни средства, Видът на превозното средство.

На пръв поглед електрическите возила могат да елиминират местните източници на въздушни замърсители, включително азотните оксиди (NO_x) и серните оксиди (SO_x). От по-задълбочен поглед върху данните обаче става ясно, че въпросните превозни средства няма да премахнат по-голямата част от източниците на фини прахови частици (PM₁₀).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящият доклад е разгледано въздействието върху околната среда, предизвикано от градски товарен транспорт и логистика. Обърнато е внимание на методологията за изчисляване на вредните въздействия от движение на превозните средства, като са анализирани, обобщени и систематизирани видове модели за симулиране на емисии на превозни средства и емисионни фактори, прилагани в Европа.

Систематизирани са прилаганите основни подходи за изчисляване количеството на отделяните вредни емисии, предизвикано от движение на автомобил. За анализирани на данните, получени от разположени в градската зона сензори за трафик и емисии, е представен подход за определяне на вредните емисии от движение на товарни автомобили, отнесено към общият снет автомобилен трафик. Набелязани и систематизирани са мероприятия и подходи за намаляване на вредните емисии, приложими за логистичната и транспортна дейност в градска зона.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] <https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/greenhouse-gas-emissions-18-2019/bg/index.html>
- [2] Michel André, Mario Keller, Åke Sjödin, Marie Gadrat, Ian Mc Crae, The ARTEMIS European Tools for estimating the Pollutant Emissions from Road Transport and their Application in Sweden and France, 2008, 17th International Conference 'Transport and Air Pollution' 2008, Graz, <https://www.researchgate.net/publication/228850155>
- [3] Update of the models TREMOD/TREMOD-MM for emission reporting 2020 (reporting period 1990-2018), <https://www.ifeu.de/en/project/uba-tremod-2019>
- [4] EPA, <https://www.epa.gov/chief>
- [5] Актуализирана “Методика за изчисляване по балансови методи на емисиите на вредни вещества (замърсители), изпускани в атмосферния въздух (съгласно ЕМЕП/CORINAIR 1997 и 2000г., 3-то издание от м. септември 2004г.)”
- [6] Bilotta, S.; Nesi, P. Estimating CO₂ Emissions from IoT Traffic Flow Sensors and Reconstruction. *Sensors* 2022, 22, 3382. <https://doi.org/10.3390/s22093382>
- [7] Identifying the Challenges to Sustainable Urban Last-Mile Deliveries: Perspectives from Public and Private Stakeholders - <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/8/4701/htm>

THE IMPACT ON THE ENVIRONMENT CAUSED BY URBAN FREIGHT TRANSPORT AND LOGISTICS

T.Berov, A. Borisov, P. Stoyanova

tberov@vtu.bg, androbor@abv.bg, pstoyanova@vtu.bg

*Todor Kableshkov University of Transport,
1574 Sofia, 158 Geo Milev Str.
THE REPUBLIC OF BULGARIA*

Key words: *transport, urban freight, environment, pollutants*

Abstract: *In recent years, the problems related to environmental pollution in big cities have come to the fore. Freight transport and its part for the distribution of goods in cities are major factors in energy consumption and environmental pollution. The subject of this report is an analysis of the environmental impact caused by urban freight transport and logistics. In order to measure the effectiveness of the introduced measures, it is necessary to determine the amount of harmful emissions associated with the movement of freight vehicles. With this in mind, the methodology for calculating the harmful effects of vehicle traffic is examined, analysing, summarizing and systematizing the types of models for simulating vehicle emissions and emission factors applied in Europe. The main approaches used for calculating the amount of emitted harmful emissions caused by the movement of a car are systematized. In order to analyse the data obtained from traffic and emission sensors located in the urban area, an approach is presented to determine the harmful emissions from the movement of goods vehicles, referred to the total recorded car traffic. Measures and approaches to reduce harmful emissions, applicable to logistics and transport activities in an urban area, have been identified and systematized.*