

МЕТОД ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТУ В УМОВАХ ТЕМПЕРАТУРНИХ ЗМІН НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Волков Д.В.

Приазовський державний технічний університет
вул. Університетська, 7, 87555 м. Маріуполь, Донецька область
fullmetalchemist2016@gmail.com

У даній роботі розглянуто метод оцінки екологічної ефективності транспорту в умовах температурних змін навколишнього середовища на прикладі середніх декадних температур у м. Маріуполі в зимовий період 2014–2018 рр. Знайдено тісний зв'язок між процесом згоряння палива в двигунах транспортних засобів і температурною інверсією. Дані дослідження демонструють тенденцію до зростання температури, викликану також накопиченням в атмосфері шкідливих парникових газів, що в свою чергу призводить до таких незворотних наслідків, як кліматичні зміни і глобальне потепління. Визначено параметри екологічної ефективності транспортної системи. Для визначення ефективності транспорту використаний метод екологічної оцінки. Встановлені показники методу: цінності транспорту і негативного впливу на навколишнє середовище. Цінність транспорту обумовлена показниками перевізної і вантажно-розвантажувальної роботи. Негативний вплив на навколишнє середовище визначений викидами в атмосферу, в поверхневі і підземні води, ґрунт забруднюючих речовин від пересувних та стаціонарних джерел, розміщенням відходів. Наведена графічна діаграма методу оцінки екологічної ефективності транспорту. Показані закономірності негативного впливу на навколишнє середовище з урахуванням вуглецевого сліду від експлуатації транспортних засобів. Досліджено спосіб досягнення вартісної оцінки екологічного ефекту. Запропоновано шляхи зменшення негативного впливу на навколишнє середовище без ціннісного збитку ефективності роботи транспортної системи: удосконалення двигунів, застосування альтернативних видів палив, використання гібридних енергетичних установ, виконання природоохоронних заходів та інше. Для оцінювання екологічної ефективності транспорту встановлені методи діючого управління, які забезпечують результати. Ступінь досягнення екологічної ефективності визначена виконанням природоохоронних заходів. *Ключові слова:* метод оцінки, екологічна ефективність транспорту, температурні зміни, інверсія, вуглецевий слід.

A method for assessing the environmental efficiency of transport in the environment of temperature changes. Volkov D.

In this paper, we consider a method for assessing the environmental efficiency of transport under conditions of temperature changes in the environment using the example of average ten-day temperatures in Mariupol during the winter period 2014–2018. A close relationship was found between the process of fuel combustion in vehicle engines and temperature inversion. These studies show a rising trend in temperature, also caused by the accumulation of harmful greenhouse gases in the atmosphere, which in turn leads to irreversible effects such as climate change and global warming. The parameters of the environmental efficiency of the transport system are determined. To assess the environmental efficiency of transport, the environmental assessment method was used. The indicators of the method are established: an indicator of the value of transport and an indicator of negative impact on the environment. The value of transport is determined by the indicators of transportation and handling. The negative impact on the environment is determined by emissions into the atmosphere, into surface and underground waters, the soil of pollutants from mobile and stationary sources, and waste disposal. A graphical diagram of the method for assessing the environmental efficiency of transport is given. The patterns of negative environmental impact are shown taking into account the carbon footprint from the operation of vehicles. The method of achieving a cost estimate of the environmental effect is determined. Ways are proposed to reduce the negative impact on the environment, without value damage to the efficiency of the transport system. To assess the environmental efficiency of transport, effective management methods have been established that provide assessment results. The degree of environmental efficiency is determined by the implementation of environmental measures. *Key words:* assessment method, environmental transport efficiency, temperature changes, inversion, carbon footprint.

Постановка проблеми. Останнім часом спостерігаються температурні зміни навколишнього середовища в бік потепління, що є результатом дії парникового ефекту: концентрації газів в атмосфері через зниження інтенсивності їх поглинання. Мірою обсягу парникових газів виступає вуглецевий слід, який пов'язаний з будь-яким видом діяльності людини, транспорту в системі: виробник – перевізник – споживач. Крім парникових газів, основну небезпеку становлять токсичні і канцерогенні речовини, які потрапляють в атмосферу, поверхневі і підземні води, ґрунт в період експлуатації і ремонту

транспортних засобів. Коливання температур, особливо взимку, значно посилюють забруднюючий ефект, наприклад під час розгону, гальмування автомобіля, при роботі двигуна на холостому ходу, при їзді по дорожнім ямам та іншому.

Актуальність дослідження. У цих умовах на перший план висувається необхідність оцінки екологічної ефективності транспорту – вимірюваних результатів роботи транспорту, пов'язаних з екологічними аспектами, заснованими на цільових показниках.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У процесі дослідницького пошуку були вивчені

теоретичні праці вітчизняних і зарубіжних вчених. На опрацювання оцінки екологічної ефективності функціонування міського пасажирського транспорту спрямована робота українських вчених В.С. Лень, К.В. Гнедіної [1]. Питаннями еколого-економічного аналізу ефективності газоподібних енергоносіїв на автомобільному транспорті займався П.М. Каніло [2]. Вивченню еколого-економічної ефективності природоохоронних заходів при експлуатації автотранспорту присвячені дослідження Л.Л. Абржіної [3], Оцінці ефективності заходів підвищення екологічної безпеки автомобільних двигунів приділяла увагу Т. В. Корчагіна [4]. Метод оцінки екологічної ефективності функціонування транспорту рідин, що твердіють, докладно описаний в роботі А.М. Берестового [5].

Тим часом питання екологічної ефективності транспорту при температурних змінах навколишнього середовища залишається досі недостатньо дослідженим.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Метою цієї роботи є дослідження методу оцінки екологічної ефективності транспорту в умовах температурних змін навколишнього середовища на прикладі середніх декадних температур у м. Маріуполі в зимовий період 2014–2018 рр.

Новизна. Вперше досліджено метод оцінки екологічної ефективності транспорту в умовах температурних змін навколишнього середовища.

Методологічне або загальнонаукове значення. Для визначення ефективності транспорту використаний метод екологічної оцінки. Встановлені показники методу цінності транспорту і негативного впливу на навколишнє середовище, а також ефективного управління, які забезпечують результати оцінки. Запропонований метод уможливує процес оптимізації екологічної оцінки ціннісного збитку ефективності роботи транспортної системи.

Виклад основного матеріалу. Робота транспортної системи України в умовах зміни температур характеризується значним обсягом забруднення навколишнього середовища, який проявляється у нечистоті і споживанні атмосферного повітря, водних і земельних ресурсів, утворенні виробничих відходів, формуванні високих рівнів шуму і вібрації, виділенні тепла в навколишнє середовище, активізації несприятливих природних процесів та іншому.

За останні роки температура України зазнає інверсію. Температурна інверсія – це підвищення температури повітря з висотою в деякому шарі тропосфери, в приземному шарі, а також у вільній атмосфері і в нижніх 2 км [6]. Інтенсивність турбулентного перенесення при цьому слабшає, що призводить до скупчення забруднюючих речовин, які випускаються транспортними пересувними засобами, об'єктами логістичного ланцюга (рис. 1).

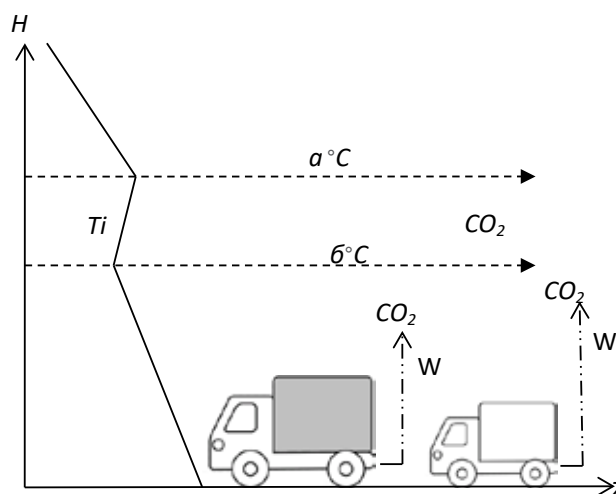


Рис. 1. Інверсія температури навколишнього середовища:

$a\text{ }^{\circ}\text{C}$ – верхня межа інверсійного шару; $b\text{ }^{\circ}\text{C}$ – нижня межа інверсійного шару; H – висота, км; Z – поверхневий шар землі; T_i – температурна інверсія; W – канцерогенні речовини.

На рис. 1 показана температурна інверсія, яка характеризується збільшенням градусів між верхньою і нижньою межею шару. Процес згоряння палива в двигунах транспортних засобів призводить до різкого збільшення вмісту CO_2 . Вуглекислий газ, що знаходиться в повітрі, інтенсивно поглинає інфрачервоні промені, затримуючи тим самим теплову енергію в атмосфері, створюючи так званий парниковий ефект, в результаті якого підвищується температура.

Підвищення температури повітря можна простежити на прикладі середніх декадних температур у м. Маріуполі в зимовий період 2014–2018 рр. за даними Українського гідрометеорологічного центру [7] (рис. 2).

Зимова декадна температура повітря протягом аналізованих років безперервно змінювалася. У січні 2014 р. середня мінімальна температура становила $-10,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, а в січні 2018 р. підвищилася до $-3,3\text{ }^{\circ}\text{C}$, отже $\Delta t = -7,1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Такі дослідження демонструють тенденцію до зростання температури.

Збільшення температури повітря викликане також накопиченням в атмосфері шкідливих парникових газів – метану, озону, оксидів азоту, фреонів та інших, – що в свою чергу призводить до таких незворотних наслідків, як кліматичні зміни й глобальне потепління.

Температурні зміни навколишнього середовища впливають на екологічну ефективність транспорту.

Під екологічною ефективністю транспорту слід розуміти факт досягнення цілей транспорту за певний час з мінімальними витратами.

Екологічна ефективність транспортної системи Східно-Українського регіону при коливаннях температур характеризується параметрами, відображеними на рис. 3.

Для визначення ефективності транспорту можна використовувати метод екологічної оцінки [8].

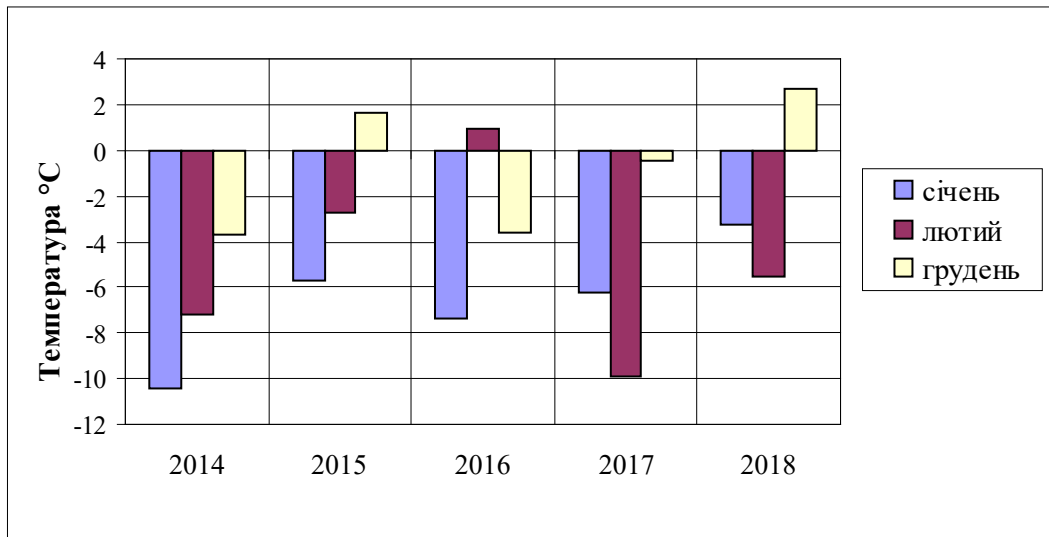


Рис. 2. Середня декадна температура у м. Маріуполі в зимовий період 2014–2018 рр.

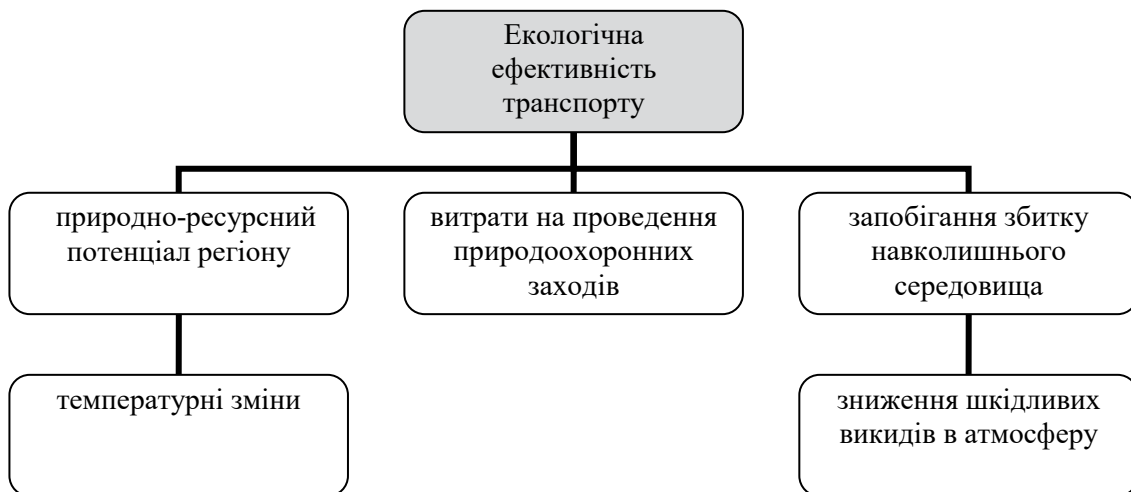


Рис. 3. Параметри екологічної ефективності транспорту

Мірою екологічної оцінки виступає показник ефективності для кожного виду транспорту з урахуванням впливу температурних змін (формула 1):

$$Ef = Ti(Pu/Ne), \quad (1)$$

де Ti – температурні зміни; Pu – показник цінності транспорту; Ne – негативний вплив на навколишнє середовище.

Показник цінності транспорту (Pu) характеризується ознаками перевізної і вантажно-розвантажувальної роботи. Оцінка роботи транспорту обчислюється з вантажних і пасажирських перевезень як наведений вантажообіг (формула 2):

$$Pu = \sum(G \cdot Sg) + knp \cdot \sum(Pa \cdot Sp), \quad (2)$$

де: G – вага вантажу, т; Sg – дальність перевезення вантажу, т/км; Pa – кількість пасажирів, пас; Sp – дальність перевезення пасажирів, пас/км; knp – коефіцієнт перекладу пасажирообігу в вантажообіг. На залізничному, водному і автомобіль-

ному транспорті $knp = 1$, на повітряному транспорті $knp = 0,09$ [9].

Негативний вплив на навколишнє середовище (Ne) розраховується за формулою 3:

$$Ne = Kp(Ba + Cv + Zn + Po + Iv), \quad (3)$$

де: Ba – викид в атмосферу забруднюючих речовин від пересувних та стаціонарних джерел; Cv – скидання забруднюючих речовин у поверхневі і підземні води, т; Zn – забруднення ґрунту; Po – розміщення відходів; Iv – інші види негативного впливу на навколишнє середовище; Kp – коефіцієнт екологічної ситуації в регіоні.

Негативний вплив на навколишнє середовище з урахуванням вуглецевого сліду від експлуатації транспортних засобів визначається за питомою величиною маси викидів парникових газів, що утворюються на кожному етапі перевезення, наведеної до маси викидів діоксиду вуглецю за формулою 4:

$$N_6 = Pg/Py, \tag{4}$$

де: Pg – питома величина маси викидів парникових газів екв./ГДж, Py – маса викидів діоксиду вуглецю екв./ГДж.

Викиди CO_2 для всіх типів автомобільних двигунів обчислюються за формулою 5:

$$A_{CO_2} = \sum_1^n T_n * k_m * k_{CO_2} * \Phi_o, \tag{5}$$

де: T_n – споживання палива, т; k_m – перекладний множник, з тис. в ТДж (для бензину – 43,97 ТДж, дизельного палива – 42,50 ТДж, відпрацьованих масел – 40,19 ТДж, зріджених пропану і бутану – 47,31 ТДж[9]; k_{CO_2} – питомий коефіцієнт викидів CO_2 для автомобілів, що працюють на бензині – 69,3 т/ТДж, на дизельному паливі – 74,1 т/ТДж, на газі – 56,1 т/ТДж [9]; Φ_o – фракція окислення, приймається $\Phi_o=1$ [9]; n – число автомобілів.

При температурних коливаннях, особливо в холодний період, викиди парникових газів збільшуються через прогрів двигуна приблизно на 3% [9].

Графічно метод оцінки екологічної ефективності транспорту показаний на рис 4.

Зі збільшенням потужностей транспортної системи шляхом підвищення її ефективності, з позиції збільшення кількості вантажу, що перевозиться, або пасажирів відповідно значно збільшується рівень викидів забруднюючих речовин в навколишнє середовище. Негативний вплив, що є наслідком від експлуатації транспортних засобів, комплексно

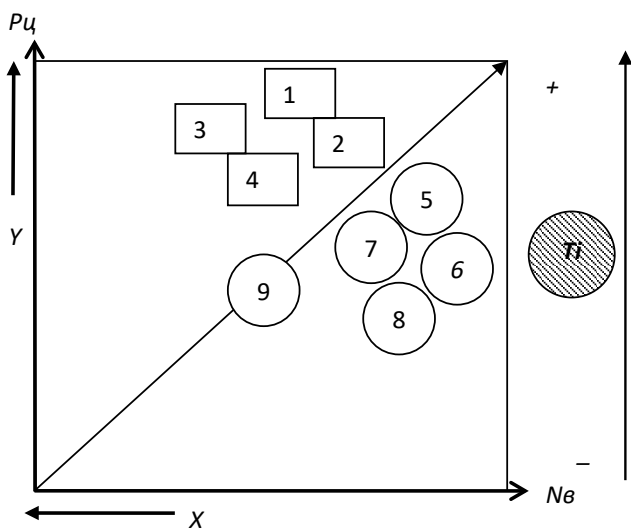


Рис. 4. Метод оцінки екологічної ефективності:

P_c – цінність транспортної системи; N_v – негативний вплив на навколишнє середовище; 1 – вага вантажу; 2 – дальність перевезення вантажу; 3 – кількість пасажирів; 4 – дальність перевезення пасажирів; 5 – викид в атмосферу забруднюючих речовин; 6 – забруднення води; 7 – забруднення ґрунту; 8 – розміщення відходів; 9 – вуглецевий слід; T_i – температурні зміни; X – зменшення негативного впливу на навколишнє середовище; Y – вдосконалення експлуатаційних характеристик транспорту

впливає на екологічну ситуацію в цілому. В тому числі це виражається в забрудненні повітря, води, ґрунту, а також зростанні відходів. Окремою проблемою виступає вуглецевий слід – концентрація CO_2 в атмосфері, підвищення якого при температурних змінах істотно впливає на зміну клімату, що в свою чергу веде до глобального потепління.

Саме тому для досягнення зменшення негативного впливу на навколишнє середовище без ціннісного збитку ефективності роботи транспортної системи необхідним є покращення експлуатаційних характеристик транспорту: вдосконалення двигунів, застосування альтернативних видів палив, використання гібридних енергетичних установ тощо.

Метод оцінки екологічної ефективності вимагає вартісної оцінки екологічного ефекту, який визначається за формулою 6:

$$E_c = C/Q, \tag{6}$$

де: E_c – екологічна ефективність транспорту в вартісному еквіваленті (грн); C – вартісна оцінка річного природоохоронного ефекту, грн/рік; Q – обсяг капітальних вкладень, грн/рік.

Для оцінювання екологічної ефективності транспорту використовуються методи ефективного управління: адміністративний і економічний, які забезпечують результати показників.

Адміністративний метод за допомогою наказів і розпоряджень виконує функцію регулювання і контролю. З цією метою визначається порядок несення відповідальності за екологічні наслідки управлінських рішень, створюється ефективна система програмно-цільового планування природоохоронних заходів. Проводиться екологічний моніторинг з використанням мережі стаціонарних і пересувних постів спостереження [10].

Економічний метод стимулює, створює умови матеріальної зацікавленості.

Ступінь досягнення екологічної ефективності визначається виконанням природоохоронних заходів:

- дотримання припустимих норм забруднення навколишнього середовища;
- вдосконалення маршрутної мережі транспорту, схем руху;
- витрачання на проведення природоохоронних заходів;
- запобігання шкоди навколишньому середовищу, зниження брудних викидів в атмосферу, водний басейн, зниження шуму тощо.

На завершення можна відзначити, що оцінка екологічної ефективності транспорту – безперервний процес збору і обробки даних та інформації, який вимагає постійного аналізу на предмет виявлення можливостей оптимізації.

Головні висновки. Досліджено метод оцінки екологічної ефективності транспорту в умовах температурних змін навколишнього середовища

на прикладі середніх декадних температур у м. Маріуполі в зимовий період 2014–2018 рр. Встановлено тісний зв'язок між процесом згоряння палива в двигунах транспортних засобів і температурною інверсією. Дані дослідження демонструють тенденцію до зростання температури, що в свою чергу впливає на кліматичні зміни. Визначено параметри екологічної ефективності транспортної системи. Для визначення ефективності транспорту використаний метод екологічної оцінки, встановлені показники методу. Сформовані закономірності негативного впливу на навколишнє середовище з урахуванням вуглецевого сліду від експлуатації транспортних засобів. Визначено

спосіб досягнення вартісної оцінки екологічного ефекту. Запропоновано шляхи зменшення негативного впливу на навколишнє середовище без ціннісного збитку ефективності роботи транспортної системи: удосконалення двигунів, застосування альтернативних видів палив, використання гібридних енергетичних установ, виконання природоохоронних заходів тощо.

Перспективи використання результатів дослідження. Отримані результати є певним внеском у дослідження як теоретичних, так і практичних аспектів екологічної ефективності роботи транспорту. У подальшому це сприятиме використанню розробленого методу на практиці.

Література

1. Лень В.С., Гнедіна К.В. Оцінка соціальної та екологічної ефективності функціонування міського пасажирського транспорту. *Економічний простір*. 2014. № 82. С. 94–103.
2. Эколого-экономический анализ эффективности использования газообразных энергоносителей в автомобильном транспорте. *Автомобильный транспорт* : сборник научных трудов / П.М. Канило, К.В. Костенко, М.В. Сарапина, М.А. Костыркин. Харьков : Харьк. нац. автомоб.-дор. ун-т, 2007. Вып. 21. С. 98–107.
3. Абржина Л.Л. Оценка эколого-экономической эффективности природоохранных мероприятий при эксплуатации автотранспорта: автореф. дис. ... канд. эконом. наук : 08.00.05. Екатеринбург, 2009. 23 с.
4. Корчагина Т.В. Оценка эффективности мероприятий повышения экологической безопасности автомобильных двигателей : автореф. дис. ... канд. эконом. наук : 08.00.05 ; Липецкий гос. технич. ун-т. Москва, 2000. 20 с.
5. Берестовой А.М. Синтез процессов и объектов в материальных потоках транспорта затвердевающих жидкостей : дис. ... докт. техн. наук. Мариуполь : ПГТУ, 2002. 528 с.
6. Павлова Е.И. Экология транспорта : учебник и практикум / Е.И. Павлова, В.К. Новиков. 5-е изд., перераб. и доп. Москва : Издательство Юрайт, 2017. 479 с.
7. Український гідрометеорологічний центр. *Інформаційний сервер погоди*. URL: <https://meteo.gov.ua/ua/34712> (дата звернення: 12.01.2020).
8. Горев А.Э. Теория транспортных процессов и систем : учебник. 2-е изд., испр. и доп. Москва : Издательство Юрайт, 2017. 217 с.
9. Руководство по инвентаризации выбросов ЕМЕП/ЕАОС 2009 (ред. 2013 г.). *Европейское агентство по окружающей среде*. URL: <https://www.eea.europa.eu/ru/publications/rukovodstvo-emep-eaos-po-inventarizacii/chast-b-glavy-posvyaschennye-tehnicheskim-aspektam/1-energetika/1-a-szhiganie/1-a-3-d-mezhdunarodnoe> (дата звернення: 14.01.2020).
10. Масленникова И.С. Экологический менеджмент и аудит : учебник и практикум / И.С. Масленникова, Л.М. Кузнецов. Москва : Издательство Юрайт, 2016. 328 с.