

УДК 656:13:502.5

## **ОБ ИНТЕГРАЛЬНОМ ПОКАЗАТЕЛЕ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЯ**

**Г.С. Ерицян, Р.Г. Хлопузян**

*Национальный политехнический университет Армении*

Транспорт – неотделимый спутник цивилизации и выступает как отдельная отрасль экономики. Он обеспечивает перемещение людей и материальных потоков. Транспорт является основой географического деления труда и активно влияет на распределение продукции, одновременно обеспечивая комфортабельные условия жизнедеятельности.

В дорожном движении первостепенная роль принадлежит автомобильному транспорту, так как почти 80% от всего объема перевозок осуществляются автотранспортом. Наряду с этим и автомобильный, и другие виды транспорта оказывают негативное влияние на окружающую среду и отдельные экосистемы.

Решение задач, обеспечивающих дальнейшее развитие экономики и повышение качества жизни, требует в ближайшем будущем значительного повышения эффективности эксплуатации транспортного комплекса. Но, говоря о повышении эффективности эксплуатации, необходимо иметь в виду не только важность повышения показателей, характеризующих объем и качество транспортных услуг и работ, но и важность снижения потерь общества (дорожно-транспортные происшествия (ДТП), загрязнение окружающей среды, воздействие на климат, транспортные задержки и т.п.).

Отрицательная сторона функционирования автомобильного транспорта в основном выражается потреблением природных ресурсов, вредными выбросами во время работы, последствиями ДТП, некомфортабельностью конструкции и другими факторами. Очевидно, что указанные явления характеризуются отличающимся друг от друга рядом критериев, чем обусловлено наличие многочисленных исследований, направленных на оценку экологической безопасности автомобиля.

В работе представлен краткий анализ этих исследований, выбраны некоторые разнородные критерии, влияющие на экологическую безопасность автомобиля. Учитывая результаты экспертного опроса, выполненного с целью оценки важности этих критериев, разработан интегральный (обобщающий) показатель для оценки экологической безопасности автомобиля.

Разработанный интегральный показатель учитывает как общепринятые критерии (например, расход топлива), так и предлагаемые новые критерии (например, коэффициент использования массы транспортного средства, оценивающий материалоемкость).

**Ключевые слова:** энергоемкость, материалоемкость, ресурс, тип подвески, экологический класс двигателя.

**Введение.** В настоящее время сформировано новое научное направление – транспортная экология, изучающая различные аспекты влияния транспорта (комплекса в целом и его отдельного объекта, например, автомобильного парка) на окружающую среду. Классифицированы источники отрицательного влияния транспортных объектов на окружающую среду, установлены причинно–следственные связи для управления уровнем экологической безопасности транспортного комплекса. Существуют различные методы оценки удельных выбросов одиночных транспортных средств и выбросов транспортных потоков на единицу длины пути.

Чаще оценка экологической безопасности осуществляется на основе количества выбрасываемых транспортным средством вредных и токсичных веществ. В литературных источниках [1-4] для определения выбросов рассчитанные концентрации загрязняющих веществ сравниваются с их предельно допустимыми концентрациями. Иногда оценка не дает возможность конкретизировать место и площадь района, наиболее подвергшегося влиянию загрязнения [5]. С другой стороны, отмеченные методы не учитывают условия и особенности эксплуатации автотранспортных средств, а оценка осуществляется частными показателями. Здесь, как исключение, можно указать на работу [5], где экологическая безопасность оценена системным способом.

Таким образом, можно констатировать, что в подавляющем большинстве исследований оценка экологической безопасности автомобиля осуществляется частными показателями. До сих пор не разработаны такие интегральные показатели, которые с учетом важных критериев, влияющих на экологическую безопасность транспортного средства, более достоверно оценивали бы экологичность отдельного автомобиля/автопоезда.

При оценке эффективности работы транспортной системы обычно учитываются следующие критерии: безопасность движения, эффективность транспортного обслуживания (процесса) и экологическая безопасность (эффективность). Хотя важность каждого критерия неоспорима, однако на первый план выдвигается экологический критерий. Кроме того, проблема снижения вредного воздействия автомобильного транспорта на окружающую среду является частью экологической безопасности страны, и значимость этой проблемы возрастает с каждым годом.

**Постановка задачи.** Целью работы является разработка интегрального показателя для оценки экологической безопасности автомобиля. Исходя из поставленной цели, важной теоретической и практической задачей является оценка отдельных критериев, характеризующих интегральный показатель.

**Методы исследования.** Конструктивные критерии, формирующие экологическую безопасность автотранспортного средства, разнообразны и

поэтому оцениваются разными показателями. Основные из этих критериев можно разделить на несколько групп. Например, критерии, характеризующие группу "потребление природных ресурсов при изготовлении транспортного средства и выполнении перевозок", или критерии, входящие в группу "выбросы вредных и токсичных веществ", и др. Коротко остановимся на некоторых основных критериях.

1. *Энергоемкость* при изготовлении и эксплуатации автомобиля включает количество различных видов энергии, потребляемых в процессе изготовления, технического обслуживания и ремонта транспортного средства, а также при выполнении перевозок. Общая энергоемкость (энергозатраты) для легкового автомобиля составляет в среднем 8,06 ГДж, а для грузового автомобиля массой 18 т – 523 ГДж [6].

Установление достоверных норм энергозатрат при выполнении перевозок или при техническом обслуживании и ремонте – трудная задача, требующая немалого времени и постоянного наблюдения за расходом энергии. Поэтому для грузовых автомобилей и автобусов принимаем, что энергоемкость зависит от массы: при изготовлении транспортного средства расходуемая энергия на каждую тонну массы составляет примерно  $523/18 \approx 29$  ГДж/т, т.е. если масса автомобиля составляет  $m$  Т, то энергозатраты будут  $E = 29 m$ , ГДж.

2. В качестве *расхода топлива* можно принять ту часть топлива, которая необходима для выполнения данной работы в заданных условиях эксплуатации, т.е. эксплуатационный расход, оцениваемый в л/100 км ( $m^3/100$  км).

3. Под *материалоемкостью* нами принято только количество материалов, расходуемое при изготовлении автотранспортного средства. Для определения общей материалоемкости необходим тщательный расчет расхода запчастей и других материалов, что занимает много времени и требует проведения мониторинга.

Для оценки материалоемкости предлагаем пользоваться коэффициентом использования массы транспортного средства (отношение  $m$  собственной массы к грузоподъемности).

Здесь следует отметить, что изделие влияет на массу отходов, а объем последних определяется технологией производства. Для упрощения расчетов массу отходов можно игнорировать.

4. *Ресурс транспортного средства* оказывает влияние на материалоемкость, однако его можно учитывать как отдельный критерий, измеряемый в тыс. км.

Перечисленные выше критерии формируют первую группу - *потребление природных ресурсов при изготовлении, техническом обслуживании и ремонте и при осуществлении перевозочного процесса.*

5. Вторая группа - это *выбросы вредных и токсичных веществ*, в которую в качестве основных входят следующие критерии: внешний и внутренний шум (в качестве параметрического выброса), концентрации: сажи, CO, NO<sub>x</sub>, C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>. Совокупность этих веществ можно оценить критерием – *“экологический класс двигателя”*.

6. *Комфортабельность транспортного средства* зависит от вибрации, климата в салоне и колебаний. Пренебрегая климатом в салоне, будем иметь плавность хода, которая зависит от *типа подвески* (механическая, пневматическая).

Таким образом, имеем 6 критериев: энергоемкость, *ГДж*; расход топлива, *л/100 км (м<sup>3</sup>/100 км)*; материалоемкость, *T/T*; ресурс, *тыс. км*; экологический класс двигателя; тип подвески.

В результате сравнения указанных 6-ти критериев можно вывести один обобщающий (интегральный) показатель, который даст возможность сделать вывод о предпочтительности того или иного автотранспортного средства, имеющего более высокую экологическую безопасность.

В табл. 1 приведены некоторые исходные данные условных автотранспортных средств (A<sub>1</sub>; A<sub>2</sub>; ...; A<sub>n</sub>). Как видно, рассматриваемые критерии имеют несопоставимые по абсолютному значению единицы измерения. Поэтому целесообразно абсолютные значения представить в относительном виде. С этой целью для каждого критерия выбираем оптимальное (наилучшее) из всех вариантов значение, которое примем за единицу.

Таблица 1

Исходные данные автотранспортных средств

№	Критерии	Автомобили*				
		A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	...	A <sub>n</sub>
1	Собственная масса транспортного средства, <i>T</i>	a <sub>11</sub>	a <sub>12</sub>	a <sub>13</sub>	...	a <sub>1n</sub>
2	Расход топлива, <i>л/100 км (м<sup>3</sup>/100 км)</i>	a <sub>21</sub>	a <sub>22</sub>	a <sub>23</sub>	...	a <sub>2n</sub>
3	Грузоподъемность, <i>T</i> (пассажировместимость, человек)	a <sub>31</sub>	a <sub>32</sub>	a <sub>33</sub>	...	a <sub>3n</sub>
4	Ресурс, <i>тыс. км</i>	a <sub>41</sub>	a <sub>42</sub>	a <sub>43</sub>	...	a <sub>4n</sub>
5	Экологический класс двигателя	a <sub>51</sub>	a <sub>52</sub>	a <sub>53</sub>	...	a <sub>5n</sub>
6	Цена, <i>тыс. руб.</i>	a <sub>61</sub>	a <sub>62</sub>	a <sub>63</sub>	...	a <sub>6n</sub>
⋮		⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
m	Тип подвески: механический (пневматический)	a <sub>m1</sub>	a <sub>m2</sub>	a <sub>m3</sub>	...	a <sub>mn</sub>

\*Для получения более достоверного результата необходимо, чтобы автомобили имели одинаковую категорию.

Что касается остальных значений, то представим их относительными величинами. Таким образом, получим степень ухудшения значения данного показателя по сравнению с оптимальным.

Используя данные табл. 1, построим табл. 2.

Таблица 2

Исходные данные для оценки экологической безопасности автотранспортных средств

№	Критерии	Автомобили				
		A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	...	A <sub>n</sub>
1	Энергоемкость, ГДж	b <sub>11</sub>	b <sub>12</sub>	b <sub>13</sub>	...	b <sub>1n</sub>
2	Расход топлива, л/100 км (м <sup>3</sup> /100км)	a <sub>21</sub>	a <sub>22</sub>	a <sub>23</sub>	...	a <sub>2n</sub>
3	Материалоемкость	c <sub>31</sub>	c <sub>32</sub>	c <sub>33</sub>	...	c <sub>3n</sub>
4	Ресурс, тыс. км	a <sub>41</sub>	a <sub>42</sub>	a <sub>43</sub>	...	a <sub>4n</sub>
5	Экологический класс двигателя	a <sub>51</sub>	a <sub>52</sub>	a <sub>53</sub>	...	a <sub>5n</sub>
6	Тип подвески	a <sub>61</sub>	a <sub>62</sub>	a <sub>63</sub>	...	a <sub>6n</sub>

Как видно из табл. 2, для оценки экологической безопасности, помимо чисто экологических критериев, учитываются и различные технические требования и ограничения.

В табл. 2 значения  $b_{ij}$  получены умножением собственной массы автомобиля на упомянутую выше цифру 29, а значения  $c_{ij}$  - делением собственной массы на грузоподъемность (пассажировместимость).

Построим табл. 3 с относительными величинами. Обозначим оптимальные величины для каждой строки через: b<sub>12</sub> (1-я строка); a<sub>23</sub> (2-я строка); c<sub>33</sub> (3-я строка); a<sub>41</sub> (4-я строка); a<sub>52</sub> (5-я строка); a<sub>62</sub>= a<sub>6n</sub> (6-я строка).

Таблица 3

Расчетные данные

№	Критерии	Автомобили					Ранг R
		A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	...	A <sub>n</sub>	
1	Энергоемкость	b <sub>11</sub> /b <sub>12</sub>	1	b <sub>13</sub> /b <sub>12</sub>	...	b <sub>1n</sub> /b <sub>12</sub>	R <sub>1</sub>
2	Расход топлива	a <sub>21</sub> /a <sub>23</sub>	a <sub>22</sub> /a <sub>23</sub>	1	...	a <sub>2n</sub> /a <sub>23</sub>	R <sub>2</sub>
3	Материалоемкость	c <sub>31</sub> /c <sub>33</sub>	c <sub>32</sub> /c <sub>33</sub>	1	...	c <sub>3n</sub> /c <sub>33</sub>	R <sub>3</sub>
4	Ресурс	1	a <sub>42</sub> /a <sub>41</sub>	a <sub>43</sub> /a <sub>41</sub>	...	a <sub>4n</sub> /a <sub>41</sub>	R <sub>4</sub>
5	Экологический класс двигателя	a <sub>51</sub> /a <sub>52</sub>	1	a <sub>53</sub> /a <sub>52</sub>	...	a <sub>5n</sub> /a <sub>52</sub>	R <sub>5</sub>
6	Тип подвески	a <sub>61</sub> /a <sub>62</sub>	1	a <sub>63</sub> /a <sub>62</sub>	...	1	R <sub>6</sub>
7	Суммарный коэффициент	k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>	k <sub>3</sub>	...	k <sub>n</sub>	-

Так как критерии, приведенные в табл. 3, могут иметь различное влияние (вес) при определении (формировании) обобщенного показателя, то учесть степень их влияния можно методом ранжирования. Для этого табл. 3 дополняем столбцом "Ранг" и строкой "Суммарный коэффициент". Значения рангов можно определить методом экспертного опроса. При этом значимость механической подвески меньше значимости пневмоподвески.

Имея из табл. 3 значения рангов, определяем суммарные коэффициенты по столбцам. Для этого относительные значения критериев разделим на ее ранг, и полученные данные сложим по столбцам. Полученное суммарное значение  $k_j$  даст суммарный коэффициент. Наименьшее значение суммарного коэффициента ( $K_{jmin}$ ) будет соответствовать интегральному показателю.

**Выводы.** Интегральный показатель более широко охватывает разнообразные требования, предъявляемые к автотранспортному средству, и, тем самым, более достоверно оценивает степень экологической безопасности автомобиля.

#### Литература

1. Экологическая безопасность транспортных потоков / **А.Б. Дьяков и др.** - М.: МАДИ, 1989.- 255с.
2. Экологическая безопасность автомобиля / **А.И. Рябчинский, Ю.В. Трофименко, С.В. Шелмаков.** - М.: МАДИ, 2000.- 95 с.
3. Методика определения массы выбросов загрязняющих веществ автотранспортными средствами в атмосферный воздух / ГосНИИ автомоб.- транс. (НИИАТ). – М.,1993.– 22 с.
4. Методика и результаты оценки воздействия автомобильного транспорта на загрязнение окружающей среды региона крупного города (на примере г. Москвы).- М.: МАДИ, 1997.- 140 с.
5. Системная оценка экологической безопасности автомобиля / **А.В. Тадевосян, Р.Г. Хлопузян** // Вестник Инж. акад. Армении.- 2012.- Том 9, № 1.– С. 181-184.
6. Промышленно–транспортная экология / **В.Н. Луканин, Ю.В. Трофименко.** –М.: Высш. шк., 2003.- 273 с.

*Поступила в редакцию 11.10.2017.  
Принята к опубликованию 18.12.2017.*

**ԱՎՏՈՄՈՐԻԼԻ ԷԿՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ԱՆՎՏԱՆԳՈՒԹՅԱՆ ԳՆԱՀԱՏՄԱՆ ԻՆՏԵԳՐԱԼ ՑՈՒՑԱՆԻՇԻ ՄԱՍԻՆ**

**Գ.Ա. Երիցյան, Ռ.Հ. Խլոպուզյան**

Տրանսպորտը քաղաքակրթության անբաժանելի ուղեկիցն է և հանդես է գալիս որպես տնտեսության առանձին ճյուղ, որն ապահովում է ուղևորների և նյութական հոսքերի տեղափոխությունը: Տրանսպորտը աշխատանքի աշխարհագրական բաժանման հիմքն է և ակտիվորեն ազդում է արտադրանքի բաշխման վրա՝ միաժամանակ ապահովելով մարդկանց կենսագործունեության հարմարավետ պայմաններ:

Ճանապարհային երթևեկության մեջ առաջնային դերը պատկանում է ավտոմոբիլային տրանսպորտին, քանի որ փոխադրումների ամբողջ ծավալի գրեթե 80%-ն իրացվում է հենց ավտոտրանսպորտով: Դրա հետ մեկտեղ, ինչպես ավտոմոբիլային տրանսպորտը, այնպես էլ տրանսպորտի մյուս տեսակները, շրջակա միջավայրի ու առանձին էկոհամակարգերի վրա թողնում են նաև բացասական ազդեցություն:

Տնտեսության հետագա զարգացումը և կյանքի որակի բարձրացումն ապահովող խնդիրների լուծումը պահանջում են մոտ ապագայում զգալիորեն բարձրացնել տրանսպորտային համալիրի շահագործման արդյունավետությունը: Բացի շահագործման արդյունավետությունից, անհրաժեշտ է նկատի ունենալ ոչ միայն տրանսպորտային աշխատանքի ու ծառայությունների ծավալն ու որակը բնութագրող ցուցանիշների բարձրացման կարևորությունը, այլև հասարակության կորուստների (ճանապարհատրանսպորտային պատահարներ (ՃՏՊ), շրջակա միջավայրի աղտոտում, կլիմայի վրա ներգործություն, տրանսպորտային ուղացումներ և այլն) իջեցման կարևորությունը:

Ավտոտրանսպորտի գործունեության բացասական կողմը հիմնականում արտահայտվում է ավտոտրանսպորտային միջոցի պատրաստման ու շահագործման ընթացքում բնական պաշարների օգտագործմամբ (պահպանմամբ), աշխատանքի ժամանակ կատարվող վնասակար արտանետումներով, ճանապարհատրանսպորտային պատահարների հետևանքներով, ավտոմոբիլի կառուցվածքի հարմարավետությամբ և այլ երևույթներով: Ակնհայտ է, որ նշված երևույթները բնութագրվում են մի շարք միմյանցից տարբերվող ցուցանիշներով: Դրանով է, թերևս, պայմանավորված ավտոմոբիլի էկոլոգիական անվտանգության գնահատման ուղղությամբ կատարված բազմաթիվ հետազոտությունների առկայությունը:

Աշխատանքում հակիրճ ներկայացված է այդ հետազոտությունների վերլուծությունը, ընտրված են էկոլոգիական անվտանգության վրա ազդող բազմաբնույթ չափանիշներ: Հաշվի առնելով չափանիշների կարևորությունը, գնահատող տարակարգման (ոանգավորման) փորձագիտական հարցման արդյունքները՝ մշակվել է ավտոմոբիլի էկոլոգիական անվտանգության գնահատման ինտեգրալ ցուցանիշ:

Մշակված ինտեգրալ ցուցանիշը հաշվի է առնում ինչպես ընդունված չափանիշները (օրինակ, վառելիքի ծախսը), այնպես էլ առաջարկվող նոր չափանիշներ (օրինակ, տրանսպորտային միջոցի զանգվածի օգտագործման գործակիցը):

**Առանցքային բառեր.** էներգատարություն, նյութատարություն, ռեսուրս, կախոցքի տեսակ, շարժիչի էկոլոգիական դաս:

## ON THE INTEGRAL INDEX OF THE EVALUATION OF THE ECOLOGICAL SAFETY OF AUTOMOBILE

G.S. Yeritsyan, R.H. Khlopuzyan

Transport is an inseparable part of the policy and is an independent branch of economy providing the transportation of people and material flows. Transport is the base of geographical division of work and actively effects the distribution of production simultaneously providing comfortable conditions for people's life activity.

The most important role in the road traffic belongs to the automobile transport as almost 80% of transportation is carried out by this means. Alongside with the above mentioned, the automobile transport as well as other means of transportation has a negative impact on the environment and other separate ecosystems.

The further development of economy and solutions to the problems improving life quality demand an increase in the effectiveness of operation of transportation complex in the near future. Though, when speaking about the effectiveness of operation it is necessary to take into consideration not only the importance of increase in the indices characteristic to the volume and quality of the work and services of transportation but also the importance of decrease in the social losses (road traffic accidents (RTA), environmental pollution, impact on the climate, transport delays, etc.).

The negative side of the transportation by automobile is mainly expressed by the usage (preservation) of natural resources during fabrication and operation of an automobile, dangerous emissions during the work, the result of road traffic accidents, the comfortability of the structure and other phenomena. It is obvious that the mentioned phenomena are characterized by a number of different indices. Perhaps due to it there are various researches done for the evaluation of the ecological safety of automobile.

The summary of the analysis of researches is presented in the Work. A number of standards are chosen which impact the ecological safety. Taking into consideration the results of the expert survey on the classification evaluating the importance of the standards, an integral index of the evaluation of the ecological safety of automobile has been developed.

The developed integral index takes into consideration the accepted standards (eg. fuel consumption) as well as the new proposed ones (eg. the index of usage of the mass of transportation means).

**Keywords:** energy intensity, materials consumption, resource, suspension type, Emission Class.