

УДК 621.318.4

## ПРИРІСТ ЕНЕРГІЇ ШЛЯХОМ РЕЗОНАНСУ У ТРАНСФОРМАТОРІ ТЕСЛА

Ю.В. Батигін, проф., д.т.н., Є.О. Чаплигін, доц., к.т.н.,  
С.О. Шиндерук, ст. викл., к.т.н., О.С. Сабокар, асп.,  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

*Анотація.* Дано аналітичний огляд публікацій з проблеми отримання «вільної» енергії з ефіру в навколишньому просторі, вперше сформульованої Ніколою Тесла. Відзначено, що основною невирішеною задачею є вилучення «вільної» енергії (енергії «резонансу») і подача її в навантагу.

*Ключові слова:* «вільна» енергія, резонанс, трансформатор Тесла, коефіцієнт перетворення енергії, ефір.

## ПРИРАЩЕНИЕ ЭНЕРГИИ ПУТЕМ РЕЗОНАНСА В ТРАНСФОРМАТОРЕ ТЕСЛА

Ю.В. Батыгин, проф., д.т.н., Е.А. Чаплыгин, доц., к.т.н.,  
С.А. Шиндерук, ст. преп., к.т.н., О.С. Сабокар, асп.,  
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

*Аннотация.* Дан аналитический обзор публикаций по проблеме получения «свободной» энергии из эфира в окружающем пространстве, впервые сформулированной Николой Тесла. Отмечено, что основной нерешенной задачей является извлечение «свободной» энергии (энергии «резонанса») и подача ее в нагрузку.

*Ключевые слова:* «свободная» энергия, резонанс, трансформатор Тесла, коэффициент преобразования энергии, эфир.

## ENERGY GAIN BY MEANS OF RESONANCE IN THE TESLA COIL

Yu. Batygin, Prof., D. Sc. (Eng.), Ye. Ghaplyhin, Assoc. Prof., Ph. D. (Eng.);  
S. Shynderuk, Asst. Prof., Ph. D. (Eng.),  
O. Sabokar, P. G., Kharkov National Automobile and Highway University

*Abstract.* An analytical review of publications on the problem, first formulated by Nikola Tesla, generating «free» energy from the air in the surrounding space has been presented. The hypothesis of the resonance phenomenon as a «key» to the air energy has been advanced. The main unsolved problem is the extraction of «free» energy (proposed to call it «resonance») and its supply to the electrical load have been noted. It is expected that the quality factor of the secondary circuit must be large enough.

*Key words:* «free» energy, resonances, Tesla coil, energy transformation coefficient, air, primary coil, crease of voltage.

### Вступ

Апарат для виробництва електричних струмів високої частоти і потенціалу був запатентований 22 вересня 1896 р., а 18 квітня 1905 р. Нікола Тесла отримав патент на «Спосіб пе-

редачі електричної енергії через природне середовище». Пропозиції автора були реалізовані за допомогою пристрою, що отримав назву «трансформатор Тесла». Принцип його дії був досить простим. Попередньо заряджений конденсатор розряджається в лан-

цюзі первинної обмотки, яка містить кілька витків дроту великого перерізу. Вторинна обмотка, у свою чергу, містить значно більшу кількість витків із дроту меншого діаметра, причому лише мала частина вторинної обмотки індуктивно пов'язана з первинною, в той час як інша частина вторинної обмотки виступає в ролі незалежної індуктивності.

Відмінною особливістю трансформатора Тесла є надзвичайно високий коефіцієнт перетворення енергії,  $k > 1000$ . Відповідно до твердження великого вченого, цей факт пояснюється вилученням додаткової енергії (крім енергії індукції) із зовнішньої субстанції, що пронизує весь навколишній простір і названої ефіром. Н.Тесла вважав, що ми «купаємося в морі енергії ефіру», потоки якої – це, зокрема, і потоки електрики [1].

У зв'язку з цим трансформатор Тесла може розглядатися як один з варіантів ефективного джерела енергії, за допомогою якого є можливим її отримання безпосередньо з навколишнього простору без будь-яких перетворювачів [2].

### Аналіз публікацій

Серед незначної кількості публікацій, присвячених цій темі, що з'явилися з кінця минулого століття, в першу чергу слід виділити розробки, спрямовані на створення теоретичної бази для описання енергетики навколишнього світу за допомогою нових фізичних уявлень [1].

Цікавим і перспективним є введення поняття «вільної» або «радіантної» енергії, джерелом якої є ефір.

Так, доктор Пітер Ліндеманн (США) [3] описує так звану «холодну електрику», отриману з навколишнього простору американським інженером Едвіном Гресем. Визначення електрики як «холодної» пояснюється тим, що протікання його струму в провідниках не викликало виділення Ленц-Джоулевого тепла.

Далі, на думку авторів енергодинаміки (В. Еткін, Ізраїль), яка описує зв'язок речовини з ефіром, останній слід розуміти як суцільну форму матерії, що заповнює весь простір усередині й поза речовиною. Це відповідає поділу матеріального середовища на дискретну і континуальну форми (речовина й ефір) [4, 5].

Інша точка зору (наприклад, В. Ацюківський, Росія) вказує, що ефір являє собою сукупність вкрай малих елементарних частинок – амерів (з розмірами по відношенню до електрона такими ж, як електрон співвідноситься із сонячною системою), як хаотично рухаються із надсвітловими швидкостями [6, 7].

У цілому ж ефір – це деяка субстанція, що пронизує все навколишнє середовище і володіє досить високою матеріальною щільністю й енергоємністю (за оцінками,  $\sim 10^{36}$  Дж/м<sup>3</sup>; для порівняння  $\sim 10^5$  Дж – річне споживання енергії людством).

Усі поля, відомі людству, – це прояви ефіру в тій чи іншій формі; наприклад, гравітація, електромагнетизм, хвильові процеси різної природи, біополя, біоенергетика і багато ін. [6, 7].

Відповідно до точки зору А. Кондрашова (Росія), всі тіла нашого світу – це згустки матерії із вкрай низькою щільністю речовини. Вони існують завдяки тиску ззовні з боку набагато більш щільного ефіру. І насправді, сили планетарного тяжіння фізично обумовлені не власне планетами як зосередженням великих мас, а саме силовою дією ефіру в оточенні «розріджених» згустків матерії [8].

При прискоренні зовнішніми силами ефір споживає енергію, але при умовному «гальмуванні» або «при охолодженні – термін Н.Тесла [1]» він віддає її. Тобто ефір, що пронизує весь навколишній простір, може служити потужним джерелом енергії. І це не суперечить законам збереження, тому що енергія як неодмінна субстанція матеріального світу (а можливо, і нематеріального), ніде і ніколи не зникає і не з'являється. Вона просто переходить (трансформується) з одного виду в інший [7, 8].

Розробки теорії ефіру дозволили осмислити процеси у трансформаторі Тесла і запропонувати різні схеми практичної реалізації процесів вилучення вільної енергії з його допомогою [7–10].

Не повторюючи принципу дії, слід підкреслити, що основною конкретною технічною проблемою у здійсненні проектів подібного роду є створення пристроїв знімання енергії, вилученої з ефіру.

### Мета і постановка завдання

Маємо на меті – виділити ключові феноменологічні рекомендації Н. Тесла, що визначають ефективну дієвість джерела вільної енергії «холодної електрики», а також фізико-технічні аспекти отримання енергії з навколишнього простору за допомогою трансформатора Тесла.

### Аналіз сучасного стану проблеми

У чому полягає проблема і чому Н. Тесла її проігнорував? Тут відзначимо дуже важливу обставину. Першочерговою метою проекту великого винахідника було створення глобальної системи генерування і бездротової передачі електричної енергії в будь-яку точку планети Земля. Як видається нині, саме досягненням цієї мети зумовлена «розімкнута» конструкція вторинної обмотки (подібно до відомого випромінювача Герца [11]) і відсутність вказівок автора проекту щодо створення ефективних механізмів знімання енергії, вилученої з ефіру. Якщо говорити про генератор, прийнятний для локальної практичної експлуатації, «розімкнення» вторинної обмотки трансформатора Тесла не дозволяє однозначно зафіксувати її ємність. Остання буде залежати від розташування об'єктів у навколишньому просторі. Зміна їх конфігурації буде приводити до відновлення робочої частоти до необхідного значення і, відповідно, до різкого падіння ефективності трансформатора в цілому.

У відомих пропозиціях сучасних послідовників Ніколи Тесла можна виділити два основних способи знімання енергії, що генерується.

1. Індуктивне підключення навантаження [7–9]. У цьому випадку маємо додаткову котушку. Остання замикається або безпосередньо на навантаження, або на ємність, вже з якої знімається генерований сигнал.

2. Пряме підключення навантаження до виходу вторинного контуру [8, 11].

Тут один провід від навантаження приєднується до високовольного виводу вторинного контуру, другий – повинен бути вільним, тобто незамкнутим ні на будь-який додатковий об'єкт. Очевидно, протікання струму через навантаження забезпечує ємнісний зв'язок вільного виведення із зовнішнім оточенням.

Як впливає з відкритих джерел, найбільш цікавими видаються такі два способи індуктивного підключення навантаження:

– додаткова котушка з малим числом витків, аналогічна до первинного контуру, розміщується поверх вторинного контуру [7, 8];

– додаткова багатовиткова котушка, ідентична соленоїду вторинного контуру, розміщується поруч із ним [9].

Підбиваючи підсумок проведеному аналізу, особливо слід відзначити, що у відкритих наукових публікаціях відсутні будь-які гіпотези про умови доступу до енергії ефіру. Остання обставина є дуже важливою, оскільки розуміння цих умов дозволить отримувати вільну енергію не тільки для вирішення проблем прикладної електродинаміки, але і для створення високоефективних пристроїв у всіх сферах людської діяльності.

І, нарешті, резонанс. Маємо відповісти на питання: що це і, найголовніше, звідки при резонансі з'являється додаткова енергія. Має місце добре відоме, при виконанні резонансних умов, руйнування мостових конструкцій [11]. Ймовірно, саме резонанс є «ключем», який відкриває доступ до енергії ефіру. Вперше це зрозумів, використовував і в цьому полягає секрет винаходів великого Ніколи Тесла.

Наявність «ключа», що відкриває доступ до енергії будь-якого виду, можна углядіти і в добре відомих аналогах. Так, «ключ» до теплової енергії палива – вогонь; «ключ» до електричної енергії хімічних сполук у гальванічних елементах – окиснювально-відновні реакції; «ключ» до перетворення механічної енергії в електричну – явище електромагнітної індукції та ін.

У спеціальній літературі енергію з ефіру називають «вільною» або «холодною» електричною енергією. Останнє визначення пояснюється непідтвердженими даними про експерименти окремих авторів, де протікання струму, що генерується, через навантаження не приводило до відомого Ленц-Джоулевого тепловиділення [3].

З нашої точки зору найбільш адекватною є назва за ознакою причинності. Тому енергія будь-яких фізичних систем (електричних, механічних та ін.) у резонансних режимах, які відкривають доступ до зовнішнього середовища або ефіру, може називатися «резо-

нансною» енергією. У нашому випадку це «резонансна» електрична енергія.

### Висновки

Добротність вторинного контуру повинна бути досить великою.

Максимум ефективності генератора вільної енергії, як припускав Н.Тесла, вимагає набагато більшої величини енергії у вторинному контурі по відношенню до енергії первинного збуджувального контуру.

Досягнення максимальної ефективності генератора вимагає мінімально можливої добротності первинного контуру.

Величина енергії, «що знімається в навантагу», повинна бути набагато меншою за енергією, що генерується вторинним контуром (на думку Н. Тесла  $\leq 1\%$ ).

### Література

1. Тесла Никола Лекции и статьи / Тесла Никола. – М. : Tesla Print, 2003. – 386 с.
2. Яворский В. Энергия из ниоткуда / В. Яворский // Наука и жизнь. – 1998. – №10. – С. 78–79.
3. Lindemann Piter. The Free Energy Secrets of Cold Electricity / Lindemann Piter. – Publishing House: Clear Tech Inc, 2000. – 132 с.
4. Эткин В.А. Энергодинамика (синтез теорий переноса и преобразования энергии) / В.А. Эткин. – С.Пб.: Наука, 2008. – 408 с.
5. Эткин В.А. О потенциале и движущей силе лучистого энергообмена / В.А. Эткин // Вестник Дома Учёных Хайфы. – 2010. – Т. 2. – С. 2–6.
6. Ацюковский В.А. Физические основы электромагнетизма и электромагнитных явлений. Эфиродинамическая интерпретация / В.А. Ацюковский. – М.: Эдиториал УРСС. – 2001. – 144 с.
7. Ацюковский В.А. Трансформатор Тесла: энергия из эфира / В.А. Ацюковский. – Жуковский: ООО «Петит», 2004. – 24 с.
8. А.А. Кондрашов о трансформаторе Тесла. – 2010. – Режим доступа: <http://truba.com/video/199866/>.
9. Катаргин Р.К. Наследие Теслы // [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа: <http://forum.lah.ru/fr/21/Tesla-Kap.pdf>.
10. Дудышев В.Д. Трансформатор Тесла в качестве источника дармовой электро-

нергии: SciTecLibrary.ru. – 2009. – Режим доступа: <http://www.energy21.ru>.

11. Яворский Б.М. Справочник по физике / Б.М. Яворский, А.А. Детлаф. – М.: Наука, 1968. – 940 с.

### References

1. Tesla Nikola. *Lektsii y stat'i* [Lectures and articles], Moscow, Tesla Print Publ., 2003, 386 p.
2. Yavorskiyy V. *Enerhija iz niotkuda* [Energy from nowhere]. *Nauka y zhyzn'*, 1998, Vol. 10, pp. 78–79.
3. Lindemann Piter. *The Free Energy Secrets of Cold Electricity*. Publishing House: Clear Tech Inc, 2000. 132 p.
4. Etkyn V.A. *Enerhodinyamika (syntez teoryy perenosa y preobrazovaniya enerhiy)* [Electrodynamics (transport theory and power conversion)]. S. Pb., Nauka Publ., 2008. 408 p.
5. Etkyn V.A. *O potentsyale y dvyzhushchey syle luchystoho enerhoobmena* [Potential and motive forces of radiant energy exchange about]. *Vestnyk Doma Uchjonykh Khayfy*, 2010. Vol. 2, pp. 2–6.
6. Atsyukovskyy V.A. *Fizicheskie osnovy elektromagnetizma y elektromagnitnykh yavlenii. Efirodinamicheskaya ynterpretatsiia* [Physical fundamentals of electromagnetism and electromagnetic phenomena. Eirdynamic interpretation], Moscow, Edytoryal URSS Publ., 2001. 144 p.
7. Atsyukovskyy V.A. *Transformator Tesla: enerhiya iz efira* [Tesla coil: energy from air]. Zhukovskyy, Petyt Publ., 2004. 24 p.
8. A.A. Kondrashov o transformatore Tesla [A.A. Kondrashov Tesla coil about]. Available at: <http://truba.com/video/199866/> (accessed 2010).
9. Katarhyn R.K. *Nasledie Tesly* [Heritage of Tesla]. Available at: <http://forum.lah.ru/fr/21/Tesla-Kap.pdf> (accessed 2011).
10. Dudyshev V.D. *Transformator Tesla v kachestve ystochnika darmovoy elektroenerhii* [Tesla coil as the free energy source]. Available at: <http://www.energy21.ru>. (accessed 2009).
11. Yavorskiyy B.M., Detlaf A.A. *Spravochnyk po fizike* [Physics Handbook], Moscow, Nauka Publ., 1968, 940 p.

Рецензент: В.П. Волков, професор, д.т.н., ХНАДУ.

УДК 629+656.1:656.2

## ASSESSMENT OF VEHICLE EFFECTIVE MODERNIZATION TAKING INTO ACCOUNT THE LIFE CYCLE COST, TECHNICAL AND ENVIRONMENTAL PARAMETERS

**M. Volodarets, Assoc. Prof., Ph. D. (Eng.),  
Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkov**

**Abstract.** *The article deals with the features for determination of the efficiency of vehicle modernization compared to the base one. They propose the model for determining the efficiency of vehicle modernization compared with the base one. The model takes into account technical, economic and environmental parameters of the vehicle.*

**Key words:** *vehicle efficiency, life cycle, life cycle cost, technical level coefficient, environmental parameters.*

## ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ МОДЕРНІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ З УРАХУВАННЯМ ВАРТОСТІ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ, ТЕХНІЧНИХ І ЕКОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ

**М.В. Володарець, к.т.н.,  
Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків**

**Анотація.** *Приведено модель з відповідними обмеженнями для визначення ефективності від модернізації транспортного засобу порівняно з базовим. Запропоновано відповідний коефіцієнт ефективності від модернізації транспортного засобу, який враховує його технічні, економічні й екологічні показники.*

**Ключові слова:** *транспортний засіб, ефективність, життєвий цикл, вартість життєвого циклу, коефіцієнт технічного рівня, екологічні показники.*

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МОДЕРНИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА С УЧЕТОМ СТОИМОСТИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА, ТЕХНИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

**Н.В. Володарец, к.т.н., Украинский государственный университет  
железнодорожного транспорта, г. Харьков**

**Аннотация.** *Приведена модель с соответствующими ограничениями для определения эффективности от модернизации транспортного средства по сравнению с базовым. Предложен соответствующий коэффициент эффективности от модернизации транспортного средства, который учитывает его технические, экономические и экологические показатели.*

**Ключевые слова:** *транспортное средство, эффективность, жизненный цикл, стоимость жизненного цикла, коэффициент технического уровня, экологические показатели.*

### Introduction

Modernization is technical improvement of capital assets in order to eliminate moral depreciation and enhance the technical and economic parameters to the level of advanced equipment

[1]. Usually, determination of efficiency of modernization of the vehicle is viewed from an economic point of view. But this process will improve the technical, economic and environmental parameters of the vehicle.

**Analysis of publications**

Usually, various methods are used to determination of efficiency of the modernization of the vehicle [1–8]. But they have drawbacks. So [1, 4–7] takes into account only the economic performance of the vehicle. In [2, 3] are only technical and economic indicators. In [8] are considered the economic and environmental performance.

**Purpose and problem statement**

The aim of the article is in the calculation of efficiency of modernization of vehicle taking into account life cycle, technical and environmental parameters.

There is necessary to use the figure that would take into account all these parameters together in order to assess how much modernization is effective.

**Estimation of modernization efficiency**

It is proposed to measure the coefficient of efficiency from the modernization of the vehicle according to the procedure which is shown in Fig. 1.

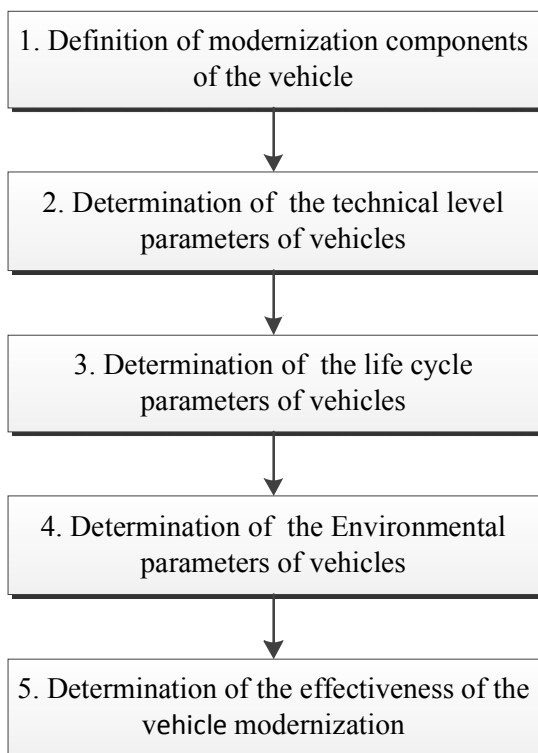


Fig. 1. The procedure for efficiency estimation of vehicle modernization

It is proposed to use the coefficient of efficiency from the modernization of the vehicle  $K_e$  as an indicator by the following formula

$$K_e = \frac{\sum_{k=3}^{k=3} K_k \varphi(k)}{\sum_{k=1}^{k=3} \varphi(k)}, \tag{1}$$

where  $K_1$  is the technical level coefficient of the modernized vehicle;  $K_2$  is the life cycle coefficient of the modernized vehicle;  $K_3$  is the environmental parameters coefficient of the modernized vehicle;  $\varphi(k)$  is the function which normalize parameters weight in the ranked sequence;  $k$  is the parameter number in the ranked sequence.

Calculate the coefficient  $K_1$  as a criterion the technical level using the method of weight coefficients. It describes the new design and engineering development on existing technical objects of the same production purposes. It is calculated using the following formula shown in [2, 3]

$$K_e = \frac{\sum_{i=1}^{i=s} k_n \varphi(i)}{\sum_{i=1}^{i=s} \varphi(i)}, \tag{2}$$

where  $k_n$  is the parameter, which is the ratio of the numerical parameters of the new development to the parameters of existing facilities for rational categories (growth of parameter corresponds to the technical progress) and irrational categories (growth of parameter doesn't correspond to the technical progress);  $\varphi(i)$  is the function which normalize the parameters weight in a ranked order,  $i = 1..s$ .

Best of comparable vehicle fits the greater value of coefficient  $K_1$ .

It was on improved method for determining the technical level of the vehicle by the next. Function  $\varphi(i)$  was introduced in part of determining the parameters weight in a ranged sequence instead of using the expert method. According to it, this figure determined by the following formula

$$\varphi(i) = \frac{i}{2^{i-1}}, i \geq 2, \tag{3}$$

where  $i$  is a number of technical parameter in a ranged sequence (and, by definition  $\varphi(1) = 2$  is a singular point).

The coefficient  $K_2$  is determined as the ratio of the life cycle cost of the basic vehicle  $LLC_{vb}$  and the modernized one  $LLC_{vm}$  using the following formula

$$K_2 = \frac{LLC_{vb}}{LLC_{vm}}. \quad (4)$$

Determining the value of the vehicle life cycle is forecasting costs on stages of its life cycle. The life cycle cost concept (Product Life Cycle Cost – LCC) is widely used abroad to assess the efficacy of investment projects [4, 5].

Today LCC analysis is widely used as a tool in the decision making process when considering plans for the implementation of new investment projects, tendering for rendering the services, manufacture and delivery of technical objects mainly with the high initial cost and the long time of lifestyle. The use of LCC analysis is fixed legislatively in some countries. [6]

The life cycle cost of vehicle  $LCC_V$ , which is purchased or upgraded again, is the sum of all costs (non-recurring and current) at all stages and is determined taking into account the discount factor  $\alpha_t$  using the following formula [4]

$$LCC_V = \sum_{t_a}^{t_{in}+T} (K_t \cdot \alpha_t + I_t \cdot \alpha_t - L_t \cdot \alpha_t), \quad (5)$$

where  $K_t$  is capital investments in the year  $t$  of the life cycle, UAH;  $I_t$  is current expenses in the year  $t$  of the life cycle, UAH;  $L_t$  is the residual value of fixed assets, which drop out in the year  $t$  of the life cycle, UAH;  $T$  is the duration of the life cycle of a vehicle, years;  $t_{in}$  is the initial year of the vehicle life cycle;  $t_a$  is the year of acquisition of the vehicle;  $\alpha_t$  is a discount factor.

Discount factor  $\alpha_t$  is calculated using the following formula

$$\alpha_t = (1+r)^{t_c-t}, \quad (6)$$

where  $r$  is the discount rate;  $t_c$  is calculated year of the life cycle;  $t$  is the life cycle year, which costs are reduction to calculated year.

If it is impossible to predict the dynamics of prices (inflation) for the entire life cycle, defining of the life cycle cost should be carried in constant (unchanging, basic) prices. Thus, inflation accounting can be achieved either by index-

ing the price, or by adjusting the discount rate. In this case, instead of the value of  $r$  (in the formula (6)) is used the modified discount rate  $d$  [7], which is calculated using the following formula

$$d = \frac{1+r}{1+\frac{p}{100}} - 1, \quad (7)$$

where  $p$  is the projected annual inflation rate, %.

Coefficient  $K_3$  is calculated as the ratio estimates of damage from environmental pollution in year  $t$  during the operation accordingly of the base vehicle to the modernized one.

$$K_3 = \frac{Yb_t}{Ym_t}, \quad (8)$$

where  $Yb_t$  is an assessment damage from the environmental pollution in year  $t$  during operation the base vehicle, UAH [8];  $Ym_t$  is an assessment damage from the environmental pollution in year  $t$  during operation the modernized vehicle, UAH.

The value  $Yb_t$  determined by the formula, UAH,

$$Yb_t = \gamma' \delta f \sum_{z=1}^n A'_z m_{bz}, \quad (9)$$

where  $\gamma'$  is the unit costs standard, UAH / e.c.;  $\delta$  is an indicator of the relative danger of air pollution on the different types territories;  $f$  is a coefficient that takes into account the nature of the scattering of impurities in the atmosphere;  $A'_z$  is an indicator of the relative activity of  $z$ -type impurities;  $m_{bz}$  is average annual mass of  $z$ -type pollutant that enter into the atmosphere in year  $t$  during operation the base vehicle, kg/h.

Value  $Ym_t$  determined by the formula, UAH

$$Ym_t = \gamma' \delta f \sum_{z=1}^n A'_z m_{mz}, \quad (10)$$

where  $m_{mz}$  is average annual mass of  $z$ -type pollutant that enter into the atmosphere in year  $t$  during operation the modernized vehicle, kg / h.

Given the formulas (9) and (10) we have

$$K_3 = \frac{\sum_{z=1}^n A'_z m_{bz}}{\sum_{z=1}^n A'_z m_{mz}}. \quad (11)$$

**The model of determine the effectiveness of the modernized vehicle**

If we assume that parameters  $K_k$  affect the coefficient of efficiency  $K_e$  equally and take into account mentioned above dependence, then the model of determine the effectiveness of the modernized vehicle compared to the base one will be in general form as follows

$$K_e = \frac{\sum_{i=1}^{i=s} k_n \varphi(i)}{\sum_{i=1}^{i=s} \varphi(i)} + \frac{LLC_{Tb}}{LLC_{Tm}} + \frac{\sum_{z=1}^n A'_z m_{bz}}{\sum_{z=1}^n A'_z m_{mz}} \quad (12)$$

The model limitations form can be represented in general as the following system

$$\begin{cases} 0 < k_n < 3,5, \\ 0,02 < \varphi(i) < 2, \\ LLC_{vb} / LLC_{vm} > 0, \\ A_z > 0, m_{bz} > 0, m_{mz} > 0, \\ s = 1 \dots 3, \\ i = 1 \dots s, \\ z = 1 \dots n. \end{cases} \quad (13)$$

The foregoing dependence can be used when designing new vehicles and modernization of existing ones. There were calculated parameters modernization of Lanos car with a hybrid transmission by applying the methodology that was described above.  $K_e$  ratio was equal to 1,4, which fully confirms the efficiency of such modernization.

**Conclusions**

The analysis of existing methods of estimation of vehicle efficiency was performed.

It was developed dependences which allow to determine the effectiveness of the modernization of the vehicle.

It was shown general appearance of the model of determining the effectiveness of the modernized vehicle compared with the base one.

**References**

1. Сергеев И.В. Экономика организации (предприятия): учеб. пособие для бака-

лавров / И.В. Сергеев, И.И. Веретенникова; под ред. И.В. Сергеева. – 5-е изд., испр. и доп. – М.: Юрайт, 2013. – 671 с.

2. Фалендыш А.П. Оценка технического уровня маневровых тепловозов для железных дорог Украины: дис... канд. техн. наук: спец. 05.22.07 / А.П. Фалендыш. – Х., 1997. – 186 с.

3. Фалендыш А.П. Использование гибридных передач на маневровых тепловозах / А.П. Фалендыш, Н.В. Володарец // Локомотив-информ. – 2010. – Декабрь. – С. 4–7.

4. Тартаковский, Э.Д. Методы оценки жизненного цикла тягового подвижного состава железных дорог: монография / Э.Д. Тартаковский, С.Г. Грищенко, Ю.Е. Калабухин, А.П. Фалендыш. – Луганск: Ноулидж, 2011. – 174 с.

5. Павлов Л.Н. Использование и оптимизация показателя стоимости жизненного цикла изделия / Л.Н. Павлов // Железнодорожный транспорт. – 2007. – № 7. – С. 74–77.

6. Бабел М. Анализ стоимости жизненного цикла (ЛСС) при оценке эффективности подвижного состава / М. Бабел, М. Шкода, Е.Е. Коссов // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2013. – № 6. – С. 55–60.

7. Власова, В. М. Основы предпринимательской деятельности: Маркетинг: учебное пособие для вузов / В.М. Власова, Д.Л. Волков, С.Н. Кулаков и др.; под ред. В.М. Власовой. – М.: Финансы и статистика, 1999. – 240 с.

8. Методические рекомендации по определению экономической эффективности мероприятий научно-технического прогресса на железнодорожном транспорте/ ВНИИЖТ МПС. – М.: Транспорт, 1991. – 240 с.

**References**

1. Sergeev I.V., Veretennikova I.I. *Ekonomika organizatsii (predpriyatiya)* [Economics of Organization (enterprises)]. Moscow, Yurait Publ., 2013. 671 p.

2. Falendysh A.P. *Otsenka tekhnicheskogo urovnya manevrovyykh teplovozov dlya zheleznykh dorog Ukrainy. Dys. kand. tekhn. nauk: spets. 05.22.07* [Evaluation of the technical level of shunting locomotives for the Ukraine railways]. Kharkov, 1997. 186 p.



3. Falendysh A.P., Volodarets N.V. *Ispol'zovanie gibridnykh peredach na manevrovyykh teplovozhakh* [Using the hybrid transmission to shunting locomotives]. *Lokomotiv-inform*, 2010, December, pp. 4–7.
4. Tartakovskii E.D., Grishchenko S.G., Kalabukhin Yu. E., Falendysh A. P. *Metody otsenki zhiznennogo tsikla tyagovogo podvizhnogo sostava zheleznykh dorog* [Methods for evaluation of traction rolling stock of the life cycle], Lugansk, Noulidzh Publ., 2011. 174 p.
5. Pavlov L.N. *Ispol'zovanie i optimizatsiya pokazatelya stoimosti zhiznennogo tsikla izdeliya* [The use and optimization of the indicator of the life cycle cost products]. *Zheleznodorozhnyi transport* [Railway Transport], 2007, no. 7, pp. 74–77.
6. Babel M., Shkoda M., Kossov E.E. *Analiz stoimosti zhiznennogo tsikla (LCC) pri otsenke effektivnosti podvizhnogo sostava* [Analysis of the life cycle cost (LCC) in the evaluation of the efficiency of rolling stock]. *Vestnik Nauchno-issledovatel'skogo instituta zheleznodorozhnogo transporta*, 2013, no. 6, pp. 55–60.
7. Vlasova V.M., Volkov D.L., Kulakov S.N. *Osnovy predprinimatel'skoi deyatel'nosti: Marketing* [Basics of entrepreneurial activity: Marketing]. Moscow, Finansy i statistika Publ., 1999. 240 p.
8. *Metodicheskie rekomendatsii po opredeleniyu ekonomicheskoy effektivnosti meropriyatiy nauchno-tekhnicheskogo progressa na zheleznodorozhnom transporte* [Methodical recommendations to determine the economic efficiency of the activities of scientific and technical progress on railway transport]. Moscow, Transport Publ., 1991. 240 p. (In Russian)

Рецензент: М.А. Подригало, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

---

УДК 629.114

## ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ

Т.О. Бажинова, асп.,

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

*Анотація.* Розглянуто і визначено комплексну оцінку якості автомобілів, основу якої складають за інтегральними показниками комфорту, надійності, безпеки, технічних рішень і екологічності. Визначено сукупність показників, які визначають рівень якості використовуваних автомобілів у країні. Наведено математичні залежності показників якості та інтегрального показника.

*Ключові слова:* автомобілі, якість, надійність, комфорт, безпека, ранговий підхід.

## ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Т.А. Бажинова, асп.,

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

*Аннотация.* Рассмотрена и определена комплексная оценка качества автомобилей, основу которого составляют по интегральным показателям комфорта, надежности, безопасности, технических решений и экологичности. Определена совокупность показателей, которые определяют уровень качества используемых автомобилей в стране. Представлены математические зависимости показателей качества и интегрального показателя.

*Ключевые слова:* автомобили, качество, надежность, комфорт, безопасность, ранговый подход.

## THEORETICAL BASIS OF MOTOR CAR QUALITY EVALUTION

T. Bazhinova, P. G.,

Kharkov National Automobile and Highway University

*Abstract.* Comprehensive assessment of the quality of cars, which is based on the integral parameters of comfort, reliability, safety, environmental and technical solutions are considered and defined. The amount of parameters that define the quality level of the car use throughout the country is defined. Mathematical formulas and quality indicators of the integral index are developed. The integral quality index of vehicles allows comparing the vehicles of different classes based on external operating conditions. The numerical values of the integral index determines the quality of the car.

*Key words:* vehicles, quality, dependability, comfort, safety, ranking approach.

### Вступ

Усі споживчі, техніко-економічні та експлуатаційні властивості автомобіля створюються його конструкцією, тими чи іншими вузлами й агрегатами. Практично кожен конструктивний елемент бере участь у формуванні декількох властивостей автомобіля, хоча проєктувався він для якогось певного призначення.

Це означає, що, крім основного призначення, будь-який вузол або агрегат бере участь у формуванні й інших, часто небажаних, властивостей.

### Аналіз публікацій

Для оцінки автомобіля необхідно привести всі його властивості та особливості констру-

кції до деякої схеми або певного порядку. Найбільш доцільно використовувати для цього системний підхід, що і зроблено в деяких роботах [1–3]. Безперечні переваги має розкладання єдиної якості на сукупність її складових. Оцінка за окремим критерієм є не настільки складною і має більш чіткий смисловий зміст [4, 5].

У слабоструктурованих проблемах виникають питання зі змінними (наприклад, престиж фірми), для яких не існує точних способів кількісного виміру. Для багатьох змінних немає еталонів. Суб'єктивні відмінності експертів можуть бути великими. У цьому випадку слід користуватися тільки порядковими шкалами зі словесними визначеннями градацій якості, або використовувати кількісні шкали (наприклад, бальні). Отже, за неможливості надійного кількісного виміру суб'єктивні моделі з якісними оцінками є найбільш поширеними у прийнятті рішень [6–7].

Існують різні підходи до вибору показників властивостей. В одних роботах більше уваги приділяється «технічним» або техніко-експлуатаційним властивостям, які легше і простіше виділити й описати, а споживчі – розглядаються як другорядні. В інших, більш пізніх роботах, – навпаки, відзначається переважний вплив споживчих властивостей. Автомобілі, які було обрано для аналізу, та їх техніко-експлуатаційні властивості будуть показані далі.

При якісній оцінці для кількісного подання результатів можна використовувати рангові методи (зазвичай не більше 10–12). Потреба в ранговому підході з'являється, коли наявні в розпорядженні дослідника характеристики є вкрай неточними, орієнтовними, або коли не відомий спосіб побудови задовільних чисельних оцінок [9].

#### **Мета і постановка завдання**

Метою роботи є підвищення ефективності вибору легкового автомобіля на основі системного відбору.

У процесі експлуатації важливо знати, як вплине те чи інше конструктивне рішення на якість обраного автомобіля. Тому вкрай необхідно знайти спосіб зв'язку між прийнятим конструктивним (і технологічним) рішенням і його наслідками на етапі використання автомобіля в заданих умовах експлуатації.

#### **Результати дослідження оцінки якості легкових автомобілів**

Розділимо всю сукупність властивостей на такі складові: ефективність, комфорт, безпека, надійність (працездатність) та екологічність.

Властивість «комфорт» можна розділити на такі складові показники:

- клас автомобіля;
- тип кузова.

За кордоном застосовується розподіл автомобілів на класи (А, В, С, D, Е, S). Належність автомобіля до того чи іншого класу визначається розмірами автомобіля (колісна база і габаритні розміри).

При цьому найбільші розміри відповідають класу S, а найменші – до класу А. Найбільш престижні представницькі автомобілі звичайно мають вельми великі розміри.

Автозаводи збирають легкові моделі з різними кузовами. Основні з них: «лімузин», «подовжений», «кабріолет», «купе», «седан», «хетчбек». «Лімузин» – трьохоб'ємний пасажирський кузов із чотирма/шістьма бічними дверима, двома/трьома рядами сидінь і заклопоноженою перегородкою, що відокремлює пасажирський салон від місця водія. «Подовжений» тип кузова являє собою серійний автомобіль класу Е (іноді D) зі збільшеною на 10–40 см колісною базою. «Кабріолет» – пасажирський кузов зі складним верхом і опускаючими бічними стеклами. «Купе» – трьохоб'ємний або двохоб'ємний пасажирський кузов із двома бічними дверима і двома рядами сидінь. Перераховані типи кузовів можна оцінити в 10 балів.

«Надійність» характеризує безвідмовну роботу автомобіля та його вузлів і визначається спеціальними показниками, які споживачеві найчастіше всього недоступні й невідомі, особливо щодо іноземних автомобілів. Проте кожен власник автомобіля і більшість потенційних споживачів мають свою оцінку надійності різних автомобілів. Ця оцінка побудована на порівнянні за принципом «краще-гірше». Базується ця оцінка на досвіді експлуатації попередніх власників і часто пов'язана з авторитетом фірми, яка визначає різні технології конструкції вузлів. Тому при оцінці працездатності необхідно виходити з різних конструктивних особливостей одного

і того ж вузла або системи і порівнювати їх між собою.

Надійність автомобіля закладається при проектуванні, забезпечується під час виробництва, проявляється і підтримується в експлуатації, утворюючи так звану тріаду надійності. Вимірювачі надійності можуть бути комплексними й одиничними. Комплексні вимірювачі характеризують надійність у цілому (коефіцієнт технічного використання, коефіцієнт готовності та інші), однині – одну з властивостей автомобіля (безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність, збереженість). Одиничні показники можуть бути детермінованими (точними) і статистичними (оцінними, приблизними).

Як вимірники безвідмовності в автомобільній техніці взято:

- ймовірність безвідмовної роботи;
- середній наробіток до відмови;
- інтенсивність відмов;
- середнє число відмов;
- середнє напрацювання на відмову (відношення сумарного наробітку відновлюваних об'єктів до математичного очікування числа їх відмов протягом цього наробітку);
- параметр потоку відмов.

Перші три вимірювачі служать для оцінки безвідмовності невідновлюваних виробів, перший і три останні – відновлюваних. Довговічність автомобіля (вузла, агрегата) оцінюють за ресурсом – наробіток від початку експлуатації або її відновлення після певного виду ремонту до переходу у граничний стан і терміну служби – календарної тривалості експлуатації. Вимірювачами довговічності автомобіля служать:

- середній ресурс (термін служби, математичне очікування ресурсу);
- гамма-відсотковий ресурс (наробіток, протягом якого об'єкт не досягне граничного стану із заданою ймовірністю, вираженою у відсотках).

У конструкторських документах вказують, як правило, 90 % -й ресурс, а для систем, вузлів і деталей, що впливають на безпеку руху, – 95 % -й. У деяких країнах роботу за оцінкою «споживчої» надійності продукції проводять товариства споживачів та інші недержавні організації; в нашій країні, – наприклад, журнал «За кермом», в Німеччині – Служба

технічного нагляду. За матеріалами цих та інших організацій проведено бальну оцінку надійності вузлів автомобілів і якості збірки вузлів. В окремих випадках, за відсутності таких оцінок для порівняння різних автомобілів та їх вузлів за надійністю можуть використовуватися непрямі ознаки, такі, як фірма, тип конструкції вузлів та ін. На підставі цих даних можна інтерполювати існуючі оцінки на автомобілі, за якими даних немає.

Для підтримки надійності автомобіля його власник має витратити певні кошти на його обслуговування і ремонт. За розрахунками «Спільного німецького автомобільного клубу» (ADAK), вартість експлуатації та обслуговування складається з декількох складових:

- податок із власників транспортних засобів;
- експлуатаційні витрати (паливо, масла, ремонт і ТО);
- амортизація як втрата вартості автомобіля з плином часу за певного пробігу.

Отже, оцінка якості автомобіля за критерієм працездатності (надійності) повинна базуватися на витратах на експлуатацію та ремонт автомобіля, а також враховувати періодичність проведення технічних впливів. Оцінка якості автомобіля має визначатися також за активною і пасивною безпекою.

Пасивна безпека передбачає захист водія і пасажирів від важких травм при ДТП. Пасивна безпека оцінюється можливістю захисту водія і пасажирів від загибелі та важких травм при ДТП на швидкості зіткнення до 50 км/год. Передбачаються певні вимоги до конструкції транспортних засобів, а також рекомендації щодо поліпшення цих властивостей. Так, свого часу з'явилися ремені безпеки і стали обов'язковими для застосування; їх конструкція стала більш досконалою, з'являються і впроваджуються надувні захисні подушки, встановлюється каркас кузова і дверей легкового автомобіля, а бампери й оперення виконуються «енергоємними».

Переміщення елементів об'єктів зіткнення з порушенням життєвого простору спостерігається в 15 % досліджених ДТП. Вірогідність травмування людини в автомобілі залежить, в тому числі, від її місця розташування в салоні.

Основними причинами травмування людини в легковому та вантажному автомобілях є

перевантаження, що виникають внаслідок фронтального зіткнення з елементами салону. Ймовірність травмування з інших причин в 8–12 разів нижче. При фронтальних зіткненнях найбільш травмонебезпечними uszkodженнями є переміщення рульової колонки в глиб салону і руйнування сидінь.

Переміщення рульової колонки в глиб салону (уздовж поздовжньої осі) у легкового автомобіля при зіткненні на швидкості 60–70 км/год досягає 300 мм. При бічних ударах в пасажирський салон є характерними деформації дверей, центральних стійок і боковини. Хоча деформації при бічних зіткненнях зі швидкістю до 50 км/год не перевищують 300 мм, внутрішня пасивна безпека легкових автомобілів приблизно в 2 рази нижче, ніж при фронтальних.

При перекиданні характерними деформаціями є травмонебезпечні деформації верхньої частини і боковин кузова. Найбільш частою причиною травмування зі смертельними наслідками в легкових автомобілях є зіткнення із травмонебезпечними елементами салону з порушенням життєвого простору, удар головою об виступаючі елементи салону і викидання людей із салону.

Геометричні параметри салону автомобіля впливають на збереження життєвого простору в процесі перекидання. Захист полягає в утриманні людей на сидіннях ременями безпеки і виключення ударів об кермо, панель приладів та вітрове скло надувними подушками, що встановлюються в рульовому колесі, панелі приладів, у дверях і даху.

Впровадження заходів з підвищення безпеки конструкцій проводиться з метою зниження ймовірності отримання травм при ДТП. При цьому геометричні параметри і форма об'єктів можливого зіткнення не повинні сприяти порушенню життєвого простору автомобілів. Існує проблема забезпечення безпеки людини в автомобілях меншої маси при фронтальних зіткненнях за великої різниці

мас автомобілів, що вдаряються. Встановлено, що перевантаження автомобіля більшої маси в 1,5–5,8 разів менше, ніж у автомобіля меншої маси. Зі збільшенням швидкості зіткнення ця різниця зростає.

Тому для підвищення безпеки пасажирів на легкових автомобілях менших класів є необхідним застосування більш досконалих ременів і подушок безпеки. Для забезпечення більшої безпеки пасажирів у маленькому автомобілі також рекомендовано зниження зовнішньої пасивної безпеки автомобіля більшої маси і розміру шляхом зниження жорсткості та збільшення довжини деформованої передньої частини.

Активна безпека розглядається як можливість уникнути зіткнення або ДТП за рахунок маневрування і забезпечується такими властивостями автомобіля, як керованість, стійкість і гальмівні властивості. Сюди можна віднести і плавність ходу, оскільки за відносно невеликих коливань автомобіля можна забезпечити його керованість, стійкість і надійне гальмування.

Для оцінки цих властивостей існують спеціальні методики випробувань і перелік показників, наведених у державних і галузевих стандартах, Правилах ЄЕК ООН. Однак у даному випадку, для порівняльної оцінки різних автомобілів необхідно орієнтуватися на гальмівний шлях різних автомобілів, який є узагальнюючим параметром активної безпеки.

Проблему перетворення багатокритеріальної задачі оцінки якості в однокритеріальну можна вирішити способом формування інтегрального показника. Інтегральний показник якості автомобілів відображає такі показники, як комфорт, надійність, безпека, якість технічних рішень і екологічність. Цей інтегральний показник дозволяє порівнювати автомобілі різних класів за рахунок зовнішніх умов експлуатації (табл. 1) [10].

Таблиця 1 Математичні залежності визначення показників якості

Показник якості	Математичний вираз	Умовне позначення
Комфорт	$K_{\phi} = \frac{V_{\phi} \cdot L_{\phi}}{2,1V_c}$	$V_{\phi}$ – об'єм багажника, м <sup>3</sup> $V_c$ – об'єм салону, м <sup>3</sup> $L_{\phi}$ – база автомобіля, м

Закінчення табл. 1

Показник якості	Математичний вираз	Умовне позначення
Надійність	$K_n = \frac{Z_{\text{тор}}}{L_{\text{ТО}} \cdot H_l \cdot C_T}$	$Z_{\text{тор}}$ – витрати на ТО и ремонт за міжсервісний пробіг, грн; $L_{\text{ТО}}$ – періодичність ТО; $H_l$ – витрата палива, л/100 км; $C_T$ – вартість літра палива, грн
Безпека	$K_b = \frac{S_T}{S_{TH} (n_{п.б} + L_a / L_b)}$	$n_{п.б}$ – кількість подушок безпеки
Технічне рішення	$K_T = \frac{0,36 \cdot H_{л.мін} \cdot V_{\text{max}} \cdot t_p \cdot \rho_T}{G_a}$	$H_{л.мін}$ – мінімальна витрата палива, л/100 км; $V_{\text{max}}$ – максимальна швидкість автомобіля, км/год; $t_p$ – час розгону до 100 км/год; $\rho_T$ – густина палива кг/м <sup>3</sup> ; $G_a$ – маса автомобіля, кг
Екологічність	$K_{\text{ек}} = \frac{G_a \cdot \mathcal{E}_T}{H_l}$	$\mathcal{E}_T$ – еталонна енергія витрат на 100 км пробігу

Знаючи параметри оцінюваного автомобіля і значення показників якості, можна обчислити інтегральний показник

$$K_{\text{ин}} = K_p + K_n + K_b + K_T + K_{\text{ек}} \quad (1)$$

З рівняння випливає, що чим менше інтегральний показник, тим вище якість легкового автомобіля.

### Висновки

Викладено принципи та методику інтегральної оцінки якості автомобілів за показниками комфорту, надійності, безпеки, технічних рішень і екологічності. Сукупність показників визначає рівень якості використовуваних автомобілів у країні.

### Література

1. Бажинова Т.О. Оценка качества технических решений в конструкции легковых автомобилей / Т.О. Бажинова // Вестник ХНАДУ: сб. науч. тр. – 2012. – Вып. 55. – С. 49–51.
2. Мишин В.И. Управление качеством: учебное пособие для вузов / В.И. Мишин. – М.: Юнити – Дана, 2006 – 303 с.
3. Иванов А.М. Оценка эффективности и качества автомобилей при рыночной экономике / А.М. Иванов // Сборник

- научных трудов МАДИ (ГТУ), 2002. – С. 4–11.
4. Окрепилов В.В. Управление качеством: учебное пособие для вузов / В.В. Окрепилов. – 2-е изд. доп. и перераб. – М.: ОАО «Издательство Экономика», 2008. – 640 с.
5. Фейгенбаум А. Контроль качества продукции / А. Фейгенбаум. – М.: Просвещение, 2006. – 344 с.
6. Бажинова Т.А. Выбор критериев оценки качества легковых автомобилей / Т.А. Бажинова // Безопасность жизнедеятельности на транспорте и производстве – освіта, наука, практика: матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції, 17–18 вересня, 2015 р., м. Херсон. – С. 255–256.
7. Бажинова Т.А. Оценка качества легковых автомобилей, эксплуатируемых в Украине / Т.А. Бажинова // Шляхи забезпечення якості підготовки фахівців транспортної галузі: матеріали МНТК, 14–15 вересня, 2015 р., м. Харків, 2015. – С. 54–57.

### References

1. Bazhinova T.O. *Ocenka kachestva tekhnicheskikh reshenij v konstrukcii legkovykh avtomobilej* [Quality assessment of technical solutions in the construction of

- vehicles]. Kharkiv, *Vestnik HNADU*, 2012, Vol. 55, pp. 49–51.
2. Mishin V.I. *Upravlenie kachestvom* [Quality control. Textbook for universities]. Moscow, Juniti-Dana Publ., 2006, 303 p.
  3. Ivanov A.M. *Ocenka ehffektivnosti i kachestva avtomobilej pri rynochnoj ehkonomike* [Assessment of the effectiveness and quality of vehicles in a market economy]. MADI (GTU) collection of scientific works Publ., 2002, pp. 4–11.
  4. Okrepilov V.V. *Upravlenie kachestvom. Uchebnoe posobie dlya vuzov* [Quality control. Textbook for universities]. Moscow, Ekonomika Publ., 2008, 639 p.
  5. Fejgenbaum A. *Kontrol' kachestva produkcii* [Production quality control], Moscow, Prosveshchenie Publ., 2006, 344 p.
  6. Bazhinova T.O. *Vybor kriteriev ocenki kachestva legkovyh avtomobilej*. [Selection criteria for assessing the quality of the vehicles]. [Safety in transport and industry – education, science, practice]. *Materiali II mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferenci* [2nd International Scientific and Practical Conference], 2015, Herson. pp. 255–256.
  7. Bazhinova T.O. *Ocenka kachestva legkovyh avtomobilej, ehkspluatiruemih v Ukraine*. [Evaluation of the quality of vehicles operating in Ukraine]. [Ways to ensure quality training of transport industry]. *Materiali II mizhnarodnoi naukovo-tehnichnoi konferencii* [2nd International Scientific and Technical Conference], Kharkiv, 2015, pp. 255–256.
- Рецензент: М.А. Подригало, профессор, д.т.н, ХНАДУ.
-

УДК 629.017

## EVALUATION OF RESULTS OF ROAD RESEARCH OF LANOS CAR, EQUIPPED WITH AN ADVANCED HYDRAULIC BRAKE DRIVE

I. Nazarov, P.G.,  
Kharkov National Automobile and Highway University

**Abstract.** The results of studies of road emergency braking of the car, the brake system equipped with an improved hydraulic brake actuator according to the patent number 76189 Ukraine are analyzed. This drive provides more efficient emergency braking of cars under operating conditions by of installing in each of the contours of the rear brakes one brake-power, each of which provides distribution of braking forces between the wheels of the corresponding side.

**Key words:** passenger car, hydraulic brake actuator, on-board braking force, emergency braking, brake force, airborne brake force distribution, traffic studies.

## ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ДОРОЖНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ LANOS, ОБОРУДОВАННОГО УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫМ ГИДРАВЛИЧЕСКИМ ТОРМОЗНЫМ ПРИВОДОМ

И.А. Назаров, асп.,  
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

**Аннотация.** Анализируются результаты дорожных исследований экстренных торможений легкового автомобиля, тормозная система которого оборудована усовершенствованным гидравлическим тормозным приводом по патенту № 76189 Украины.

**Ключевые слова:** легковой автомобиль, гидравлический тормозной привод, бортовая тормозная сила, экстренное торможение, дорожные исследования.

## ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОРОЖНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБІЛЯ LANOS, ОБЛАДНАНОГО ВДОСКОНАЛЕНИМ ГІДРАВЛІЧНИМ ГАЛЬМІВНИМ ПРИВОДОМ

І.О. Назаров, асп.,  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

**Анотація.** Аналізуються результати дорожніх досліджень екстрених гальмувань легкового автомобіля, гальмівна система якого обладнана вдосконаленим гідравлічним гальмівним приводом за патентом № 76189 України.

**Ключові слова:** легковий автомобіль, гідравлічний гальмівний привод, бортова гальмівна сила, екстрене гальмування, дорожні дослідження.

### Introduction

The estimated figures of brake efficiency of operated motor cars is the value of steady maximum deceleration and the value of the minimum stopping distance, traveled by the car from the beginning of braking with the required speed up to its full stop.

Both evaluation indexes are linked. Therefore, in US only one of them is normalized – the minimum stopping distance.

It is considered that the steady deceleration is independent of the initial braking speed, which creates certain advantages when used; however, the braking distance characterizes the traffic safety.



There are established different standards for assessing the performance of brake systems of passenger cars, which are regulated by a number of both international and national standards [1–3].

### Analysis of publication

Road tests of motor cars, carried out according to the known standards, are to determine their inhibitory properties, i.e. the value of the steady deceleration and braking distance under certain road conditions [1–3].

The requirements of different standards establish the value of implemented deceleration of the car in running order at least  $7 \text{ m/c}^2$  and the limit braking distance at a certain initial braking speed on level ground with a dry asphalt surface.

Thus, at the initial braking speed of 40 km/h the braking distance of the car in the running order shall not exceed 17,4 m and at 80 km/h, the stopping distance should not exceed 43,2 m. These values are listed in the present Highway Code of Ukraine. In this case, the action of the aerodynamic resistance of the vehicle movement is neglected, stipulating the wind speed to be 0,3–0,5 m/s, at which the tests are conducted [1, 3].

For the same reason in the classical literature [4, 5] there are given the dependencies to determine the limiting deceleration values and the braking distance of the vehicle, ignoring the force of air resistance.

However, as shown by theoretical studies [6–9] the longitudinal component of the aerodynamic drag force acting on the vehicle during braking has an impact on the redistribution of normal axial reactions.

With that, in case of vehicle braking on level roads they are homogeneously distributed between the wheels of similar axes.

A completely different situation occurs during braking of vehicles in the event of total aerodynamic force components action not only on a flat road, but on a level road with a transverse slope, with a fixed radius of curvature and on the roads with a longitudinal slope, i.e. under operating conditions [10–13].

Such a law [14] of axial normal reactions distribution, and thus the braking forces between the

axles must be satisfied by the vehicle braking drive action.

However, the modern methods of braking force distribution between the axles of passenger cars [15] and the design of brake actuators, providing it, fail to effectively implement the change of normal reactions in operating conditions not only between the axles, but also between the wheels of various vehicles.

One of the options for improving the braking drive of cars is the designed brake actuator [16], which implements the method [17] of brake force distribution between the wheels of its various sides.

### Purpose and problem statement

The purpose of road tests lies in establishment of the minimum amount of change in the steady deceleration and braking way of the Lanos motor car standard configuration, equipped with an improved hydraulic brake actuator, on a level road.

The object of road tests is to estimate the effect of the aerodynamic factor on the inhibitory properties of the Lanos motor car.

Subject of research – the process of emergency braking of Lanos motor car.

### The methodology of carrying out road tests

Lanos car tests of basic configuration were held in a state of partial (1220 kg) and full load (1595 kg). At this, there was allowed the presence of instrumentation and the load balancer, evenly placed in the passenger compartment and the trunk of the car in accordance with the requirements [1–3].

A series of emergency braking of the car in a different weight state was produced in calm weather on a road site with dry asphalt concrete pavement (without longitudinal and transverse slope) of Zaporozhe Auto Plant.

Initial braking speed varied from 40 to 150 km/h. The wind speed at the indication of the anemometer was 0,3–0,5 m/s.

Before carrying out the road test the braking system of the Lanos motor car, equipped with an improved hydraulic brake actuator [16], one of

the circuits of which is shown in Fig. 1, was tested for compliance with requirements [1–3].

To register the value of deceleration and the stopping distance of the Lanos motor car there was used the equipment of the design and operational department of Zaporozhe Automobile Building Plant ZAZ: a decelerometer with an integrated Maha VZM 300 printer, a cup anemometer MS-13 GOST 6376–74.

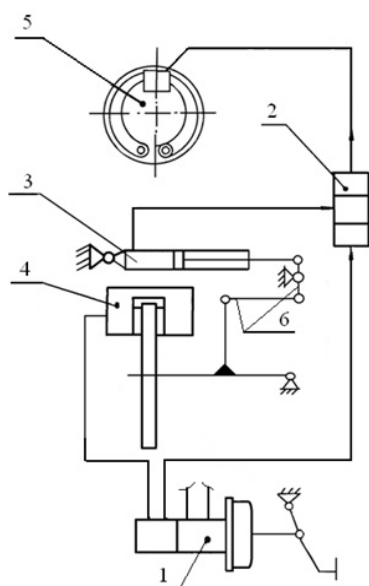


Fig. 1. Equipment of the car with an advanced brake actuator [16]: 1 – master brake cylinder assembly; 2 – controlled brake force governor; 3 – pilot cylinder assembly; 4 – front axle brake actuator; 5 – rear axle brake actuator; 6 – articulation-linkage assembly

In the process of testing, the motor car accelerated to the speed exceeding the initial braking speed of 3–5 km/h. Then the clutch was disengaged and, when the magnitude of the initial braking speed was reached, the brakes were engaged and the vehicle stopped.

After the braking process was over, there were registered the displayed measured values of both deceleration and the braking distance.

The average value of 2 measurements in the forward and backward direction was considered to be the result of measurements conducted.

As part of the above road research program five experiments were conducted.

### Analysis of road test results

Comparative evaluation of the results of road tests of the Lanos motor car was performed, using the results of theoretical research and the results of road tests of the Lanos motor car equipped with a modern brake actuator (according to the manufacturer's testing protocol №058.BSI 2010).

Since at the initial deceleration speed of less than 80 km/h the values of fixed parameters of Lanos vehicles, equipped with an existing and advanced brake actuator, revealed the least difference (up to 6 %), then the latter in Table 1 and Table 2 are conditionally not shown.

Table 1 Results of road studies of the Lanos car equipped with an advanced brake actuator (Record №044.BSI 2016)

Experiment	Kerb weight				Complete load			
	Initial braking speed, km/h							
	80	100	130	150	80	100	130	150
№1	7,18	7,35	7,56	7,64	7,03	7,22	7,44	7,62
	31,80	42,90	73,48	100,6	37,58	45,90	76,27	101,8
№2	7,17	7,33	7,55	7,62	7,02	7,20	7,42	7,61
	31,92	43,04	73,72	100,92	37,70	46,05	76,51	102,1
№3	7,15	7,32	7,53	7,61	7,01	7,19	7,41	7,59
	31,93	43,08	73,66	100,85	37,73	46,09	76,58	102,2
№4	7,19	7,37	7,58	7,66	7,05	7,24	7,46	7,64
	31,75	42,83	73,36	100,43	37,52	45,82	76,14	101,6
№5	7,21	7,38	7,59	7,67	7,06	7,25	7,47	7,65
	31,64	42,69	73,12	100,11	37,39	45,68	75,90	101,3

Note. In the top line there is indicated the deceleration  $m/s^2$ , in the bottom line – the braking distance, m.

Table 2 The theoretical values of braking parameters of Lanos cars

Vehicle weight	Values of deceleration parameters of Lanos car							
	According to classic dependencies (1) and (2)				According to obtained dependencies (3) and (4)			
	At the initial braking speed, km/h							
	80	100	130	150	80	100	130	150
1220 кг	7,85				8,19	8,38	8,88	9,02
	31,46	49,16	83,08	110,6	30,91	47,57	78,55	97,5
1595 кг	6,85				8,06	8,18	8,49	9,13
	35,46	56,18	94,75	116,6	36,14	48,11	80,10	99,5

Note. In the top line there is indicated deceleration,  $m/s^2$ , in the bottom line – the braking distance, m.

Analysis of outcomes of road (Table. 1) and theoretical (Table. 2) investigations show that with the growth of the initial braking speed for Lanos cars equipped with an advanced hydraulic brake actuator [16] there are implemented large deceleration and the corresponding lower values of braking distances for both weighting states.

The results of road tests were determined according to [18].

Thus, the value of the average steady deceleration for Lanos passenger cars, braking on dry asphalt concrete at the initial speed that varies from 80 km/h to 150 km/h constitutes (Table 1):

- curb weight 7,18–7,64  $m/s^2$ ;
- with full load 7,03–7,62  $m/s^2$ .

Whereby, with an increase of the initial velocity of deceleration the value of the average Lanos vehicle braking path is:

- Curb weight 31,81–100,58 m;
- Complete load 37,58–101,8 m.

As a result of theoretical studies (Table 2) there were determined the values of deceleration and braking distances obtained for the Lanos car:

- by classical dependencies [4, 5] (with an existing brake actuator)

$$j_T = \frac{P_{T1} + P_{T2}}{m_a} \leq \varphi \cdot g, \quad (1)$$

$$s_T = \frac{g_0^2}{2 \cdot [j]}, \quad (2)$$

where  $\varphi$  – coefficient of adhesion;  $P_{T1}$ ,  $P_{T2}$  – the braking force applied to the front and rear

axle, respectively;  $m_a$  – weight of the vehicle;  $g_0$  – the initial vehicle deceleration speed;

- According to the obtained dependencies [19] (with an improved brake actuator)

$$j_T = z \cdot g + (K_0 \cdot F_w \cdot g_0^2) / m_a \cdot (1 - \lambda_z \varphi); \quad (3)$$

$$s_T = \frac{m_a + \sum \frac{J_i}{r_k^2}}{2K_0 \cdot F_w} \cdot \ln \left( 1 + \frac{K_0 \cdot F_w \cdot g_0^2}{m_a \cdot g \cdot \varphi} \right), \quad (4)$$

where  $z$  – drag coefficient;  $K_0 = 0,35 \text{ kg/m}^3$  – streamlining factor of the Lanos car body;  $F_w$  – frontal drag area of the vehicle;  $\lambda_z = 0,1$  – share of the lifting component in the drag force;  $J_i$  – moment of inertia of rotating masses;  $r_k$  – rolling radius of the wheel.

As the analysis of calculated values of braking parameters of the Lanos vehicle equipped with an improved hydraulic brake actuator shows (Table. 2) when the initial braking velocity changes within 80–150 km/hour, the theoretical value of steady deceleration is:

- curb weight 8,19–9,02  $m/s^2$ ;
- complete load 8,06–9,13  $m/s^2$ .

At the same time the estimated value of the braking distance of the Lanos car is:

- curb weight 30,91–97,5 m;
- complete load 36,14–99,5 m.

Comparative analysis of both the theoretical (Table 2) and experimental (Table 1) values of the emergency braking parameters of the Lanos car shows that their relative difference is:

- when assessing the magnitude of deceleration:
  - a) curb weight 12,3–15,3%;
  - б) complete load 12,7–16,5%.
- when assessing the value of the braking distance:
  - a) curb weight 2,8–3,1%;
  - б) complete load 2,3–3,8%.

Relatively lesser values of deceleration magnitudes at emergency braking of the Lanos car, obtained during experimental studies, take place in connection with a decrease in the coefficient of wheels friction with the road surface [10], which is caused by an increase in the initial braking speed and the normal load on the wheels of the rear axle.

However, this issue requires further research.

Comparative analysis of theoretical braking parameters (Table. 2) of the Lanos car, equipped with an improved and existing hydraulic brake actuator, shows that under emergency braking on a dry asphalt road covered with an increase of the initial braking speed of 80–150 km/h:

- at curb weight the steady deceleration is increased by 15 %, while the braking distance is reduced by 12 %;

- at the complete weight the steady deceleration increases by 24 %, thus the limiting stopping distance is reduced by 16 %.

Consequently, despite the change in the coefficient of friction during emergency braking, consideration of the effect of aerodynamic resistance of the vehicle leads to improved braking characteristics.

Based on the results of road tests of Lanos cars equipped with an existing hydraulic brake actuator (Table. 3), it can be stated that vehicles with a basic configuration (without ABS) at partial loading on a dry asphalt road surface at the initial speed of 100 km/h, according to the factory test data, have a braking distance of 48,2 m with a steady deceleration of 6,2 m/s<sup>2</sup>

At the same time according to the road test conducted (Table 3) for the same vehicle, equipped with an improved hydraulic brake actuator, the maximum braking distance is 42,9 meters, which is 11% less than for Lanos cars with a basic configuration at steady deceleration of 7,35 m/s<sup>2</sup>.

Table 3 The values of braking parameters obtained during road tests of Lanos car

Vehicle weight	Values of braking parameters of Lanos car							
	with an existing brake actuator (report №058.BSI-2010)				with an improved brake actuator (report №044.BSI-2012)			
	при начальной скорости торможения, км/ч							
	40	60	80	100	80	100	130	150
curb weight	4,7	5,8	6,8	6,2	7,18	7,35	7,56	7,64
	13,1	24,3	39,6	48,2	31,8	42,9	73,48	100,6

Note. In the top line there is indicated deceleration in m/s<sup>2</sup>, in the bottom line – the braking distance, m.

As a result, the above-said theoretically and practically confirms the opportunity to improve the efficiency of potential passenger cars with any degree of loading and under any operating conditions equipped with an improved hydraulic brake actuator [16], which allows implementing the specific vehicle braking force more fully.

### Conclusions

Based on comparative analysis of road studies and theoretical data, it was revealed that at initial braking speed up to 80 km/h the values of limit braking distance of Lanos cars differ insignificantly (up 6 %). This is due to the fact that in

case of emergency braking of passenger cars with the streamlining car body factor of  $K_o = 0,35 \text{ kg/m}^3$ , at braking speed below 80 km/h the strength of the aerodynamic air flow resistance does not have a noticeable effect.

Comparative analysis of theoretical parameters of emergency braking shows that the considered passenger vehicles equipped with an advanced hydraulic brake actuator, when performing emergency braking on dry asphalt concrete with an initial speed varying from 80 to 150 km/h:

- a) at partial loading steady deceleration increases by 15 %, thus the limiting stopping distance is reduced by 12 %;

b) at complete load steady deceleration increases to 24 % and the limiting stopping distance is reduced by 16 %.

According to the road research the limiting stopping distance for the Lanos car, equipped with an improved hydraulic brake actuator, with partial load at the initial braking speed of 100 km/h is 42,9 m, which is 11% less than for the Lanos car of basic version.

At the same time the implemented minimum deceleration speed is  $7,35 \text{ m/s}^2$ , which meets the requirements of the national standard regulating the value of implemented deceleration no less than  $7 \text{ m/s}^2$ .

The results of theoretical and experimental studies confirm the potential opportunity for increasing the efficiency of cars with any degree of loading by advanced hydraulic brake actuator equipment [16], which allows implementing the specific vehicle braking force in all operating conditions more fully.

### References

1. Тормозные свойства автотранспортных средств. Методы испытаний: ОСТ 37.001.067-86. – Офиц. изд. – [Введен 1988-01-01]. – М.: Минавтопром СССР, 1988. – 64 с.
2. Тормозные свойства автотранспортных средств. Нормативы эффективности. Технические требования: ГОСТ 22895-77. – Офиц. изд. – [Введен с 1981-01-01]. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 19 с.
3. Колісні транспортні засоби. Вимоги щодо безпечності технічного стану та методи контролювання (БЗ №11-12-2010/436): ДСТУ 3649: 2010. – Офіц. вид. – [Чинний від 28.11.2010]. – К.: Держспоживстандарт України, 2011. – 26 с. – (Національний стандарт України).
4. Булгаков Н.А. Исследование динамики торможения автомобиля. Научное сообщение №18 / Н.А. Булгаков, А.Б. Гредескул, С.И. Ломака. – Харьков: Изд-во госуниверситета им. А.М. Горького, 1962. – 36 с.
5. Ломака С.И. Автоматизация процесса торможения автомобиля: учеб. пособ. для студ. высш. учеб. завед. / С.И. Ломака, Н.Н. Алекса, Е.М. Гецович. – К.: УМК ВО, 1988. – 88 с.
6. Гухо В.Г. Аэродинамика автомобиля / В.Г. Гухо. – М.: Машиностроение, 1987. – 403 с.
7. Исследование потенциальных возможностей автомобиля при действии боковой силы в процессе торможения / А.С. Федосов, М.А. Подригало // Автомобильный транспорт. – 1980. – Вып. 17. – С. 73–78.
8. Стабильность эксплуатационных свойств колесных машин / Подригало М.А., Волков В.П., Карпенко В.А. и др.; под ред. М.А. Подригало. – Х.: ХНАДУ, 2003. – 614 с.
9. Реализация интеллектуальных функций в электронно-пневматическом управлении транспортных средств: монография / А.Н. Туренко, В.И. Клименко, Л.А. Рыжих и др. – Х.: ХНАДУ, 2015. – 450 с.
10. Назаров В.И. Перераспределение вертикальных нагрузок при экстренном торможении легкового автомобиля, движущегося в воздушном потоке на горизонтальном участке дороги / В.И. Назаров // Вісник НТУ «ХПІ». – 2014. – №1. – С. 102–110.
11. Исследование потенциальных возможностей автомобиля при действии боковой силы в процессе торможения / А.С. Федосов, М.А. Подригало // Автомобильный транспорт. – 1980. – Вып.17. – С. 73–78.
12. Русановский А.Е. Влияние эксплуатационных факторов на тормозную динамику автомобиля, оборудованного регуляторами тормозных сил: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук: спец. 05.22.20 «Эксплуатация и ремонт средств транспорта» / А.Е. Русановский. – Волгоград, 1982. – 18 с.
13. Подригало М.А. Анализ неравномерности вертикальных реакций на колесах и ее влияние на эксплуатационные свойства автомобиля / М.А. Подригало // Автомобильный транспорт: проблемы и перспективы: материалы IV Междунар. научно-техн. конф., 11–15 апр. 2000 г. – Севастополь: СевГТУ, 2000. – С. 76–79.
14. Гредескул А.Б. Законы регулирования тормозных сил автомобиля при действии боковой силы в процессе торможения / А.Б. Гредескул, М.А. Подригало, Н.Ю. Фаворов. – Х.: ХАДИ, 1980. – 24 с.
15. Маневренность и тормозные свойства колесных машин / М.А. Подригало,

- В.П. Волков, В.И. Кирчатый, А.А. Бобшко; под ред. М.А. Подригало. – Х.: ХНАДУ, 2003. – 403 с.
16. Пат. №76189 Україна, МПК 2006.01, B60T 8/24. Пристрій для підвищення ефективності гальмування легкових автомобілів / [Подригало М.А., Назаров В.І., Назаров О.І., Назаров І.О.]; заявник і патентовласник Харківський національний автомобільно-дорожній університет. – №u201207284; заявл. 15.06.2012; опубл. 25.12.2012, Бюл. №24.
  17. Пат. №75406 Україна, МПК 2012.01, B60T 11/00. Спосіб регулювання гальмівних сил між осями легкового автомобіля / Подригало М.А., Назаров В.І., Назаров О.І., Назаров І.О.; заявник і патентовласник Харківський національний автомобільно-дорожній університет. – №u201207282; заявл. 15.06.2012; опубл. 26.11.2012, Бюл. №22.
  18. Романов В.Н. Теория измерений. Анализ и обработка экспериментальных данных: учебное пособие / В.Н. Романов, В.В. Комаров. – С.Пб.: СЗТУ, 2002. – 127 с.
  19. Назаров И.А. Повышение тормозных свойств легковых автомобилей, оборудованных гидравлическим тормозным приводом, обеспечивающим бортовое распределение тормозной силы / И.А. Назаров, В.И. Назаров, А.И. Назаров // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: сб. науч. тр. – 2016. – Вып. 1(4), Т.3. – С. 342–347.
  - 3649: 2010. Wheeled transport vehicles. Requirements in relation to the unconcern of the technical state and methods of controlling]. Kyiv, Derzhspozhyvstandart Ukrainy Publ., 2011. 26 p. (In UA)
  4. Bulgakov N.A., Gredeskul A.B., Lomaka S.I. *Issledovanie dinamiki tormozheniya avtomobilya. Nauchnoe soobschenie no. 18* [Research of dynamics of braking of car. Scientific report №18]. Kharkov, Izd-vo gosuniversiteta im. A.M. Gorkogo Publ., 1962. 36 p.
  5. Lomaka S.I., Aleksa N.N., Getsovich E.M. *Avtomatizatsiya protsesa tormozheniya avtomobilya: ucheb. posob. dlya stud. vyssh. ucheb. zaved* [Automation of process of braking of car]. Kiev, UMK VO Publ., 1988. 88 p.
  6. Guho V.G. *Aerodinamika avtomobilya* [Aerodynamics of car]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1987. 403 p.
  7. Fedosov A.S., Podrigalo M.A. *Issledovanie potentsialnykh vozmozhnostey avtomobilya pri deystvii bokovoy silyi v protsesse tormozheniya* [Research of potential possibilities of car at the action of lateral force in the process of braking]. *Avtomobilnyi transport*. 1980, no. 17, pp. 73–78.
  8. Podrigalo M.A., Volkov V.P., Karpenko V.A. *Stabilnost ekspluatatsionnykh svoystv koleznykh mashin* [Stability of operating properties of the wheeled machines]. Kharkov, HNADU Publ., 2003. 614 p.
  9. Turenko A.N., Klimenko V.I., Ryizhik L.A. *Realizatsiya intellektualnykh funktsiy v elektronno-pnevmaticheskom upravlenii transportnykh sredstv: monografiya* [Realization of intellectual functions in the pneumatic management of transport vehicles]. Kharkov, HNADU Publ., 2015. 450 p.
  10. Nazarov V.I. *Pereraspredelenie vertikalnykh nagruzok pri ekstrennom tormozhenii legkovogo avtomobilya, dvizhushegosya v vozdushnom potoke na gorizontalnou chastke dorogi* [Redistribution of the vertical loading at the urgent braking of passenger car locomotive in the current of air on the horizontal area of road]. *Vesnik NTU «KhPI»*, 2014, no.1, pp. 102-110.
  11. Fedosov A.S., Podrigalo M.A. *Issledovanie potentsialnykh vozmozhnostey avtomobilya pri deystvii bokovoy silyi v protsesse tormozheniya* [The research potential of the

### References

1. OST 37.001.067-86. *Tormoznyie svoystva avtotransportnykh sredstv. Metody ispytaniy* [Industry Standard 37.001.067-86. Brake properties of vehicles. Methods of tests]. Moscow, Minavtoprom SSSR Publ., 1988. 64 p.
2. GOST 22895-77. *Tormoznyie svoystva avtotransportnykh sredstv. Normativyi effektivnosti. Tehnicheskie trebovaniya* [State Standard 22895-77. Brake properties of vehicles. Norms of efficiency. Technical requirements]. Moscow, Standartinform Publ., 1981. 18 p.
3. DSTU 3649: 2010. *Kolisni transportni zasoby. Vymohy shchodo bezpechnosti tekhnichnoho stanu ta metody kontrolyuvannya* [Current Standard of Ukraine

- car capacity under the influence of side force during braking]. *Avtomobilniy transport*. 1980, Vol. 17, pp. 73–78.
12. Rusanovskiy A.E. *Vliyanie ekspluatatsionnykh faktorov na tormoznyuyu dinamiku avtomobilya, oborudovannogo regulyatorami tormoznykh sil*. Avtoref. diss. na zdobuttya nauk. stupenya kand. tekhn. nauk: spets. 05.22.20 «Ekspluatatsiya i remont sredstv transporta» [Influence of operational factors on the braking performance of the car equipped with brake-power]. Volgograd, 1982. 18 p.
  13. Podrigalo M.A. *Analiz neravnomernosti vertikal'nykh reaktsiy na kolesah i ee vliyanie na jekspluatatsionnye svoystva avtomobilja* [Analysis of uneven vertical reactions on the wheels, and its influence on the performance characteristics of the car]. *Avtomobilniy transport: problemy i perspektivy Trudy IV mezhdunarod. nauchno-tehn. konf.* [Proceedings of the IV-th International Scientific and Technical Conference]. Sevastopol, 2000. pp. 76–79 (In UA).
  14. Gredeskul A.B., Podrigalo M.A., Favorov N.Yu. *Zakony regulirovaniya tormoznykh sil avtomobilya pri deystvii bokovoy sily v protsesse tormozheniya* [Laws regulating braking forces of the car under the influence of side force during braking]. Kharkov, KhADI Publ., 1980. 24 p.
  15. Podrigalo M.A., Volkov V.P., Kirchatyiy V.I., Boboshko A.A. *Manevrennost i tormoznyie svoystva kolesnykh mashin* [Maneuverability and braking characteristics of wheeled machines]. Kharkov, KhNADU Publ., 2003. 403 p.
  16. Podrigalo M.A., Nazarov V.I., Nazarov O.I., Nazarov I.O. *Pristriy dlya pidvischennya effektivnosti galmuvannya legkovykh avtomobiliv* [Device for improving braking performance cars]. Patent UA, no. u76189, 2012.
  17. Podrigalo M.A., Nazarov V.I., Nazarov O.I., Nazarov I.O. *Sposib regulyuvannya galmivnykh sil mizh osyami legkovogo avtomobilya* [The method of adjusting braking forces between the axles of the car]. Patent UA, no. u75406, 2012.
  18. Romanov V.N., Komarov V.V. *Teoriya izmereniy. Analiz i obrabotka eksperimentalnykh dannykh: ucheb. posob* [Measurement Theory. Analysis and processing of experimental data]. S-Peterburg, SZTU Publ., 2002. 127 p.
  19. Nazarov I.A., Nazarov V.I., Nazarov A.I. *Povyishenie tormoznykh svoystv legkovykh avtomobiley, oborudovannykh gidravlicheskimi tormoznyimi privodom, obespechivayuschim bortovoe raspredelenie tormoznoy sily*. [Increase of brake properties of passenger vehicles equipped with a hydraulic brake actuator, providing on-board brake force distribution]. *Alternativnyie istochniki energii v transportno-tehnologicheskoy komplekse*, 2016, Vol. 3, no. 1(4), pp. 342–347. (In Russian)

Рецензент: В.И. Клименко, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

---

УДК 629.113

## INTELLECTUALIZATION OF MONITORING VEHICLES BASED ON THE USE OF PRECEDENTS

V. Pavlenko, Assoc. Prof., Ph. D. (Eng.),  
Kharkov National Automobile and Highway University

*Abstract.* The article deals with the intellectualization process of vehicle monitoring through the use of decision support systems for diagnostics of technical condition of vehicles on the basis of precedents. A generalized architecture of a tool program complex to seek solutions on the basis of precedents is proposed. A tool design precedents library is used in intelligent decision support system prototype solutions to meet the challenges of expert diagnosis and operative management of complex objects.

*Key words:* vehicle, operator, system of decision support, diagnosis, expert, precedent, library of precedents, intelligent systems, CBR-cycle.

## ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ МОНІТОРИНГУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ ПРЕЦЕДЕНТІВ

В.М. Павленко, доц., к.т.н.,  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

*Анотація.* Розглянуто питання інтелектуалізації процесів моніторингу транспорту за допомогою застосування системи підтримки прийняття рішень для діагностики технічного стану автомобілів на основі прецедентів. Запропоновано узагальнену архітектуру інструментального програмного комплексу пошуку рішення на основі прецедентів.

*Ключові слова:* транспортний засіб, система підтримки прийняття рішень, діагностика, прецедент, бібліотека прецедентів.

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ МОНИТОРИНГА ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРЕЦЕДЕНТОВ

В.М. Павленко, доц., к.т.н.,  
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

*Аннотация.* Рассмотрены вопросы интеллектуализации процессов мониторинга транспорта с помощью применения системы поддержки принятия решений для диагностики технического состояния автомобилей на основе прецедентов. Предложена обобщенная архитектура инструментального программного комплекса поиска решения на основе прецедентов.

*Ключевые слова:* транспортное средство, система поддержки принятия решений, диагностика, прецедент, библиотека прецедентов.

### Introduction

Over the past decade in the automotive industry there is a breakthrough in the development of electronic control systems that allow the introduction new technology, are knitted with the management and control of the vehicle and its

systems work. Modern diagnostic systems actually generate information in the form of numerical values of diagnostic parameters without specifying the problems that are identified through the analysis of these parameters, an expert who conducts diagnosis that requires appropriate training of specialists, and is associat-



ed with relatively high labor content and the economic value of the diagnostic work.

### Analysis of publications

Evaluation of technical condition of vehicles is a priority that requires use of specialized decision support systems (DSS). Existing methods of diagnosis do not cover the whole range of external influences which vehicles are exposed during operation. The complexity of solving this problem is caused by a weak formalization of information about the failure, which are describing the nature, the lack of systematic information about the nature and changes in external factors, a large number of monitored parameters and relationships between them, and the lack of statistical data on the operation of the vehicle.

In this regard, only professionals with extensive experience in the diagnosis of specific vehicles, can made a decision on a particular failure is usually finding a solution «by analogy» with pre-failure or malfunction, adapting previously decided in current situation.

So promising is the solution to the problem of diagnostics of vehicles by creating DSS that simulates human reasoning based on the efficient use of existing experience, presented in the form of use cases [1]. This system allows you to summarize information, to adapt to its changes, to communicate with the user in a natural language, decision-making under conditions of incomplete, unreliable and contradictory information.

Availability reasoning mechanism based on precedents in expert diagnosis system allows timely and better quality to carry out diagnostics of vehicles and makes it possible to take appropriate and cost-effective solutions in order to normalize the problem situation [2].

With the emergence of intelligent systems (IS) for different purposes, and the transfer of the center of gravity on the model and knowledge representation and processing methods significantly changing the apparatus of formal considerations, combining a means of reliable and plausible conclusions [3]. Mechanisms of plausible reasoning in IS decision support systems (ISDSS) for monitoring and control of complex objects and processes of different nature, allows for rapid diagnosis of the problem situation and helps decision-makers to choose a suitable alter-

native of the possible alternatives when making critical decisions.

### Purpose and problem statement

Purpose of work – solution to the problem of intellectualization of transport monitoring processes through the use of decision support systems for the diagnostics of technical condition of vehicles on the basis of precedents.

### Using a precedent for monitoring vehicles

In most encyclopedic sources precedent (from the Latin «praecedentis» - provisional) is defined as a case that occurred before and that exemplifies or justification for future cases of this kind [2]. The conclusion on the basis of precedents (CBR – Case-Based Reasoning) is an approach that can solve new, unknown problem using or adapting solutions are already known problem that is already using the experience to solve such problems.

An approach based on precedents arising in the development of research in the development of expert systems (knowledge-based). Expert systems were first generation systems based on rules (type of production), which involved a rather well-formalized problems. To solve such problems or methods used reliably concluded that based on the initial data in accordance with the existing set of rules in the system formed opinion on current issues or methods of plausible inference in cases of uncertainty probabilistic nature (bayesovskyy method, based on subjective probabilities, etc. p.).

Unfortunately, most practical tasks aimed at open and dynamic subject areas are poorly formalized, and uncertainty can have probabilistic nature. When seeking a solution of such problems is necessary to use methods of plausible inference that allow us to find some decision (which may not be optimal) solution. One approach is based on the fact that a person (expert, the person who makes the decision (PMD)) typical of the first stage of finding a solution to new (unknown) problem, try the decisions taken earlier in these cases, and if necessary adapt them to the problem (the current problematic situation). This approach using experience formed the basis of considerations modeling techniques based on precedents.

The basis for the development of this approach and corresponding CBR-systems was the work of R. Schank and R. Abelson [4], which involves problems of memory and knowledge representation. In this paper the present knowledge of problematic situations in the form of so-called stereotypical scripts or scripting events to implement search solutions, forecasting and training. In the early 80 s R. Schank and his research group at Yale University continue research related to the dynamic memory model and models for reasoning based on precedents, which was realized in the first J. Kolodner CBR-system CYRUS [5, 6]. Further, these ideas have given rise to the creation of other CBR-systems such as MEDIATOR, CHEF, etc.

Currently, interest in technology and CBR-systems has increased significantly, regularly hosts international conferences and seminars (ICCBR, ECCBR, UKCBR) [7]. Appeared a number of software products, including commercial reasons realizing mechanisms based on precedents - CBR Express, Case Point and ART Enterprise (Inference Corp.), Eclipse – The Easy Reasoner (Haley Enterprises), ReMind (Cognitive Systems Inc.), Apriori (Answer Systems), DP Umbrella (VYCOR Corp.), KATE (Acknosoft), ReCall (ISoft) and others [8]. Methods for reasons based on precedents have been actively used in areas such as medical diagnostics, law, monitoring and diagnostics of technical systems, search for solutions to problem situations, etc. This approach is the basis of machine learning and provides opportunities for the formation of corporate memory.

Typically, the process of withdrawal based on precedents includes four main stages that form the so-called cycle considerations based on case law or CBR-cycle [1], the structure of which is shown in Fig. 1. The relevant literature CBR-cycle is also called the cycle of training on precedents (examples). The main stages of CBR-cycle are:

- extract the most adequate (like) precedent (or precedent) for the situation with the library precedents (LP);
  - re-use remote precedent for attempts to solve the current problems;
  - review and adapt, if necessary, of the solution according to the current problem;
  - preserving (storing) the decision again as part of a new precedent.
- the method of extraction of precedents on the basis of knowledge (as opposed to the previous method allows to take into account the knowledge of experts (PMD) for a particular domain (coefficients of importance parameters, identifying dependencies, etc.) for withdrawal of cases. The method implements an approach based on indexing precedents special way (semantic indexing) When determining the precedents taken into account the importance of precedents option is the expert or decision-makers, and other information that allows you to take into account the knowledge of the particular subject area).

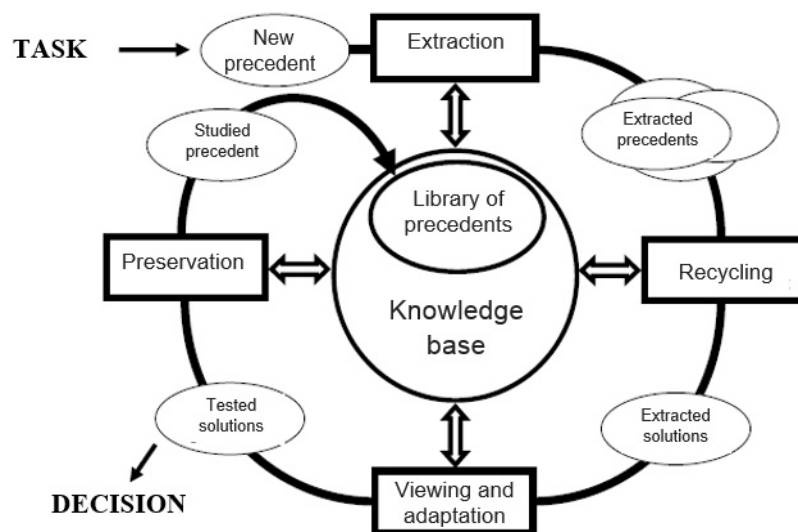


Fig. 1. CBR-cycle

The benefits of reasons based on precedents include:

- the ability to directly use the experience of the system without intensive involvement of an expert in a particular subject area;
- the possibility of reducing the search time decisions through the use of existing solutions to this problem;
- the possibility of excluding re getting erroneous decision;
- no need for in-depth study and use all available domain knowledge, as can be limited to considering only the essential features of the subject area;
- may use heuristics that increase the efficiency of finding a solution.

The main purpose of using precedents within the vehicle is ready to issue decisions operator (PMD) for the current situation on the basis of precedents that have occurred in the past in the data management or similar object (system).

#### **Methods of extracting and presenting precedents**

In the first stage CBR-cycle – extraction of precedents - is performed to determine the degree of similarity of the current situation with the precedents of LP and their subsequent withdrawal in order to solve this new problem situation. For successful implementation of the arguments based on the case law is necessary to ensure the correct removal of precedents with LP.

The choice of method of receipt precedents directly related to the process of presentation of precedents and thus LP organization. LP may be included in the base system of intellectual knowledge, but can also act as a separate component of the system. Structure LP significantly affects various system operation parameters, and in particular, search and retrieval time precedents. There are different ways of presenting and storing precedents - from simple (linear) to complex hierarchical. Precedent in general can include the following components [1]:

- description of the problem (the problem);
- the solution of problem (diagnosis of the problem situation and recommendations PMD)
- result (or forecast) application solutions.

The result can include a list of actions taken, additional comments and links to other precedents. The precedent may have both positive and

negative results of application solutions, in some cases, can be driven justify the selection of the proposed solutions and alternatives. The main ways of presenting precedents can be divided into the following groups:

- parametric;
- object-oriented;
- special (as trees, graphs, logical formulas, etc.).

In most cases, to represent precedents rather simple parametric representation, that is the representation of a precedent in the form of a set of parameters to specific values and the decision (diagnosis and recommendations PMD)

$$CASE = (x_1, \dots, x_n, R), \quad (1)$$

where  $x_1, \dots, x_n$  – the parameters of the situation, describing the precedent;  $x_1 \in X_1, \dots, x_n \in X_n$ ,  $n$  – number of parameters precedent;  $X_1, \dots, X_n$  – the tolerance values of the corresponding parameters;  $R$  – diagnosis and recommendations of the decision maker.

There are the following methods for the extraction of precedents and their modifications:

- the method of the nearest neighbor (NN – Nearest Neighbor). (The most used method of comparison and extraction precedents It allows easy enough to calculate the degree of similarity of the current problematic situation and precedents with LP to determine the degree of similarity on the set of parameters used to describe the use case and the current situation, introduced a metric. Further, in accordance with the selected metric is determined by the distance from the target point corresponding to the current problematic situation, to the point representing precedents with LP, and the closest point to the selected destination);
- the method of extraction of precedents on the basis of decision trees (based on finding the necessary precedent by addressing the tree tops solutions. Each node of the tree indicates which of its branches should be carried further search solutions. The choice of branches is based on information about the current problematic situation. It is necessary to reach the final the top of which corresponds to one or more of the precedent);
- the method of extraction of precedent with regard to their applicability (in most systems, using reasoning mechanisms based on precedents, it is assumed that the most similar to the current problematic situation precedents and the

most applicable in this situation. However, this is not always the case. At the core, based on extraction methods the applicability of precedent is the fact that the extraction of precedents based not only on their similarity to the current problematic situation, but also on how well the desired results for the model they represent).

Of the four methods discussed, the most common method is nearest neighbor. The method is based on a specific method for measuring the degree of similarity (closeness) and the precedent of the current problematic situation. Of course, the effectiveness of the method of the nearest neighbor is largely dependent on the choice of the metric.

Selecting appropriate metrics creative and very time-consuming task, the successful solution of which depends the effectiveness of the search and retrieval of cases. In each case, the choice is

performed in different ways, depending on the user's objectives (PMD), and the physical nature of the statistical information used in the management of complex objects and other constraints and factors influencing the process of finding solutions. In some methods, the selection of appropriate metrics is achieved by using special algorithms convert attributes of the original space, in others – expert (PMD) itself defines a metric based on their own knowledge of the subject area or the experimental data.

### Implementation mechanisms of reasoning based on precedents

Let's consider a software implementation of mechanisms to find a solution on the basis of precedents in ISDSS. The generalized architecture software tool (the system) to find a solution based on precedents – Constructor LP (CLP) is shown in Fig. 2.

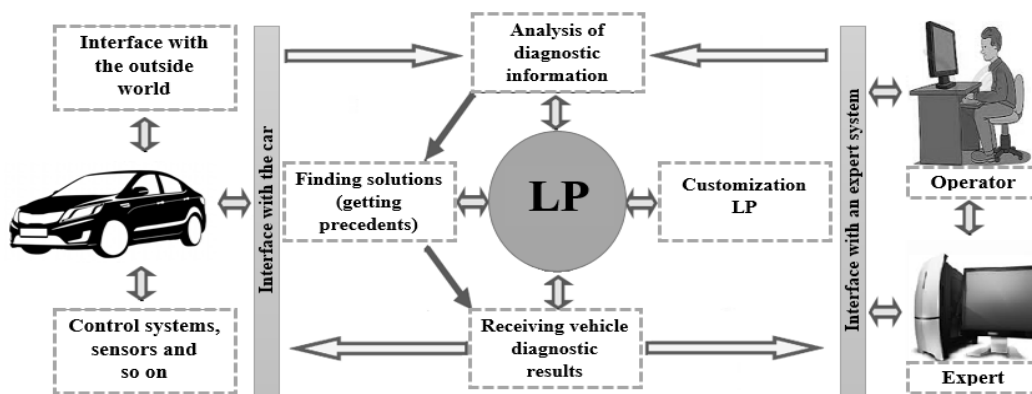


Fig. 2. Software architecture complex KBP

The main components of the CLP, reflecting its functional capabilities are:

- current situation analysis unit on the vehicle, for the pretreatment of object state information (sensor data management system controllers, operative LP, PMD, etc.);
- LP tuner, provides the opportunity to work for LP expert (formation of LP structure, load LP, saving LP, etc.);
- the block to find a solution that implements the mechanisms of plausible reasoning based on precedents (precedents for implementing the withdrawal of the problem situation);
- block delivery of results, outputs results (diagnoses and recommendations) to the user (PMD) to the problem situation based on existing case law indicating the degree of similarity of these precedents to the current situation;
- LP with precedents that have already taken place in the management of the object and its

- sub-systems, or to ask experts on the basis of his own experience;
- interface with users (experts and PMD), the vehicle and the environment.

The tool CLP is used in the prototype ISDSS to meet the challenges of expert diagnosis and surgical management of complex objects. Under a complex object, it refers to an object that has a complex architecture with a variety of relationships with a large number of controlled and managed parameters and small time of the adoption of the control actions. A typical example of such an object is the vehicle (car). As a rule, complex objects decomposition on technological subsystem (in a car it is a technological subsystems of his system: fuel system, ignition system, cooling system, brake system, etc.) and can be operated in different modes.

To describe a complex object and its subsystems using a plurality of parameters of analog, digital, and digital. Condition of object is characterized by a set of values of parameters. In the operational mode parameters read from the sensors to control the entire object is made by the system controller to time interval through which you need to give the PMD (operator) for a specific diagnosis of the situation and make a recommendation about the necessity of a control action or sequence of actions. Diagnosing and identifying the control actions carried out on the basis of expertise, production schedules and operating instructions [9]. As a general rule, to solve this problem solver used, functioning on the basis of the rules of production type. In the event of abnormal (freelance) situations at the facility there is the need for methods of plausible reasoning, in particular, methods of search solutions based on precedent.

CLP is used to create a LP [10], since the formation of precedents structures, their savings, checking for new precedents for the presence of contradictions (counter examples), further testing LP using the methods of searching for a solution based on precedents (the selection coefficient values the importance of object parameters, determining the source (initial) values of the degree of similarity is adequate metrics for the domain precedent extraction, etc.) and finishing LP retaining it for further use in the operational mode ISDSS functioning.

### Conclusions

In the course of the study it was found that on the basis of precedents diagnostics allows us to solve not fully formalized vehicle diagnostic tasks, simplify the acquisition of knowledge from experts to reduce the search time solutions and implement self. The proposed architecture software system CLP diagnosis of vehicle. The main components, which reflect its functionality, there are precedents base unit settings, and obtain precedents. Application ISDSS reduces the traffic load on PMD in decision-making, reducing the influence of the subjective factors in the analysis of the current situation, reducing the time needed for a decision.

### References

1. Aamodt A. Case-based reasoning: Foundational issues, methodological variations, and system approaches / A. Aamodt,

- E. Plaza // AI Communications. – 1994. – Vol. 7, Issue 1. – P. 39–59.
2. Варшавский П.Р. Моделирование рассуждений на основе прецедентов в интеллектуальных системах поддержки принятия решений / П.Р. Варшавский, А.П. Еремеев // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2009. – № 1. – С. 45–57.
3. Вагин В.Н. Достоверный и правдоподобный вывод в интеллектуальных системах / В.Н. Вагин, Е.Ю. Головина, А.А. Загорянская, М.В. Фомина. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 704 с.
4. Schank R.C. Scripts, Plans, Goals and Understanding / R.C. Schank, R.P. Abelson. – US: Erlbaum, Hillsdale, New Jersey, 1977. – 248 p.
5. Kolodner J.L. Maintaining Organization in a Dynamic Long-Term Memory / J.L. Kolodner // Cognitive Science. – 1983. – Vol. 7(IV). – P. 243–80.
6. Kolodner J.L. Reconstructive Memory: A Computer Model. / J.L. Kolodner // Cognitive Science. – 1983. – Vol. 7(IV). – P. 281–28.
7. CBR–cycle [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.iccbr.org/>.
8. Watson I. Case-based reasoning: A review. / I. Watson, F. Marir // The Knowledge Engineering Review. – 1994. – Vol. 9, no. 4. – P. 355–381.
9. Геловани В.А. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений в нестандартных ситуациях с использованием информации о состоянии природной среды / В.А. Геловани, А.А. Башлыков, В.Б. Бритков, Е.Д. Вязилов. – М.: Эдитореал УРСС, 2001. – 304 с.
10. Варшавский П.Р. Методы правдоподобных рассуждений на основе аналогий и прецедентов для интеллектуальных систем поддержки принятия решений / П.Р. Варшавский, А.П. Еремеев // Новости искусственного интеллекта. – 2006. – № 3. – С. 39–62.

### References

1. Aamodt A., Plaza E. Case-based reasoning: Foundational issues, methodological variations, and system approaches AI Communications. 1994. Vol. 7. Issue 1. pp. 39–59.
2. Varshavskiy P.R., Eremeev A.P. *Modelirovanie rassuzhdeniy na osnove pretsedentov v intellektualnyih sistemah podderzhki*

- prinyatiya resheniy* [Modelling of reasoning based on precedents in intelligent decision support systems] *Artificial intelligence and decision-making*. 2009. no. 1. pp. 45–57.
3. Vahyn V.N., Holovyna E.Iu., Zahorianskaia A.A., Fomya M.V. *Dostoverniy i pravdopodobnyiy vyivod v intellektualnyih sistemah* [Reliable and credible conclusion in intelligent systems]. Moscow, FYZMATLYT Publ., 2008. 704 p.
  4. Schank R.C., Abelson R.P. *Scripts, Plans, Goals and Understanding*. US: Erlbaum, Hillsdale, New Jersey, 1977. 248 p.
  5. Kolodner J.L. Maintaining Organization in a Dynamic Long-Term Memory. *Cognitive Science*. 1983, no. 7(IV). pp. 243–80.
  6. Kolodner J.L. Reconstructive Memory: A Computer Model. *Cognitive Science*. 1983, no. 7(IV). pp. 281–28.
  7. CBR-cycle: Available at: <http://www.iccbr.org/>.
  8. Watson I., Marir F. Case-based reasoning: A review. *The Knowledge Engineering Review*. 1994. Vol. 9, no. 4. pp. 355–381.
  9. Helovany V.A., Bashlyikov A.A., Britkov V.B., Vyazilov E.D. *Intellektualnyie sistemyi podderzhki prinyatiya resheniy v neshatnyih situatsiyah s ispolzovaniem informatsii o sostoyanii prirodnoy sredy* [Intelligent decision support system in emergency situations with the use of information about the state of the environment], Moscow, Editoreal URSS Publ., 2001. 304 p.
  10. Varshavskiy P.R., Ereemeev A.P. *Metodyi pravdopodobnyih rassuzhdeniy na osnove analogiy i pretsedentov dlya intellektualnyih sistem podderzhki prinyatiya resheniy* [Methods plausible arguments based on analogies and precedents for intelligent decision support systems] *News of artificial intelligence*. 2006, no. 3. pp. 39–62.

Рецензент: О.Я. Никонов, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

---