

# ТРАНСПОРТ

---

---

УДК 629.113 – 7 + 658.562

**С. В. Немий, канд. техн. наук, доц.**

**Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів**

## **МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ ВИРОБІВ**

*Розглянуто проблему формування заданого рівня експлуатаційної ефективності технічних виробів на основі показників їх якості. Відмічено, що вказані показники формуються, насамперед, сукупністю потенційних властивостей складових функціональних систем і агрегатів машин та їх взаємодією із зовнішніми експлуатаційними чинниками. Запропоновано методику комплексного оцінювання якості складних технічних виробів, зокрема, на прикладі двигунів автомобільних транспортних засобів, виходячи із сукупності значень усіх параметрів, що характеризують окремі показники їх якості.*

### ***Постановка проблеми***

Створення якісних технічних систем, експлуатаційні властивості яких відповідають сучасним ринковим вимогам, не можливе без застосування в їх конструкціях складових агрегатів і комплектуючих із високими показниками експлуатаційної ефективності. Сучасні ринкові пропозиції, наприклад, щодо агрегатів і систем автомобільних транспортних засобів (АТЗ) формуються багатьма відомими фірмами, зокрема, в автомобілебудуванні – MAN, DEUTZ, MERCEDES, RENAULT, IVECO, DAF, CUMMINS, SCANIA, ZF, WEBASTO, KNORR-BREMSE, BOSCH, ЯМЗ, КамАЗ та багатьма іншими. Однак однойменні вироби кожного з виробників характеризується низкою показників і характеристик, значення яких відрізняються між собою, що ускладнює їх порівняльну оцінку з метою застосування в більш складних технічних системах – АТЗ з оптимальним рівнем якості.

### ***Аналіз відомих досліджень та публікацій***

У роботі [1] розглянуто якість АТЗ у загальному розумінні, за інтегральною оцінкою ефективності – відношенням приведених витрат на одиницю пробігу. У роботах [2, 3, 4] висвітлюються проблеми інтегральної оцінки АТЗ як узагальненої оцінки його якості, яка б об'єднувала в одне ціле всі групи властивостей АТЗ. У роботі [5] розглядається проблема забезпечення технічного рівня АТЗ на стадії проектування в аспекті досягнення його максимальної продуктивності й економічності при мінімізації собівартості виготовлення й експлуатаційних витрат. Робота [6] спрямована на вирішення проблеми проектування ефективних АТЗ в аспекті мінімізації споживання пального при одночасному збільшенні швидкості руху із урахуванням вибору складових АТЗ із оптимальними енергетичними характеристиками.

Підвищення якості АТЗ шляхом покращення ефективності його окремих складових, в основному двигунів, розглядаються в роботах [7, 8, 9].

У роботі [10] наголошено, що для отримання АТЗ із заданими значеннями конструктивних параметрів необхідно ще на стадії його проектування задавати нормовані показники якості. Відмічено, що вказані показники АТЗ формуються насамперед сукупністю потенційних властивостей складових функціональних систем і агрегатів АТЗ та їх взаємодією із зовнішніми експлуатаційними чинниками. Під потенційними властивостями тут розуміють власне експлуатаційну ефективність агрегатів і систем, яка визначається їх характеристиками.

Однак у всіх наведених дослідженнях, що стосуються проблеми створення АТЗ із високими показниками якості, відсутня методика оцінювання якості їх складових агрегатів і систем із врахуванням сукупності їх власних характеристик.

### ***Мета й постановка задачі***

Метою роботи є розроблення методики комплексного оцінювання якості складних технічних виробів, зокрема агрегатів АТЗ, виходячи із сукупності значень усіх параметрів, що відображають окремі характеристики їх якості – ступінь відповідності експлуатаційним вимогам.

### ***Розв'язання задачі***

Згідно з нормативним визначенням [11], якість – це ступінь, до якого сукупність власних характеристик продукції (послуг) задовольняє вимоги (сформульовані потреби або очікування, загальнозрозумілі або обов'язкові). Характеристика продукції чи послуг (далі за текстом – продукції) може бути кількісною або якісною. Існують наступні класи характеристик [11]:

- фізичні (геометричні, механічні, електричні, хімічні, біологічні тощо);
- органолептичні, наприклад, пов'язані з органами відчуття людини – зором (дизайн продукції, якість стану й пофарбування поверхні), слухом (шум при роботі) тощо;
- часові (надійність, ресурс, доступність);
- ергономічні, наприклад, характеристики фізіологічні або пов'язані з безпекою людини (мікроклімат у салоні автомобіля, оглядовість робочої зони, плавність ходу автомобіля, рівень вібрацій і утворення шкідливих речовин при роботі тощо);
- функціональні (наприклад, максимальна швидкість автомобіля, потужність і крутний момент двигуна, продуктивність обладнання тощо).

Шухарт В. у свій час сказав, що якість має два аспекти: об'єктивні фізичні характеристики; суб'єктивну сторону – наскільки річ «гарна» [2].

Таким чином, якість – це властивість, що дозволяє на даний час практично вичерпно оцінити технічну досконалість, експлуатаційну ефективність та конкурентоспроможність продукції.

У подальшому будемо розглядати технічні об'єкти з їх основними (фізичними й функціональними) характеристиками. Із наведених нормативних визначень випливає, що якість будь-якої продукції визначається її характеристиками, тобто ознаками якості – певними параметрами, що відображають її конструктивні й функціональні особливості: масогабаритні параметри, показники роботи та функціональні характеристики.

Стосовно технічних об'єктів, показники роботи – це основні параметричні дані, що характеризують потенційну ефективність функціонування виробу. Наприклад, показниками роботи АТЗ можна назвати його вантажність (пасажиромісткість), максимальну швидкість руху, максимальний підйом дороги, який він здатний подолати, час розгону до заданої швидкості, масогабаритні параметри тощо. Показники роботи автомобільного двигуна – потужність, крутний момент, питома й годинна витрата пального, частота обертання його вала, масогабаритні параметри тощо.

Функціональною характеристикою називають залежність певного показника роботи виробу від іншого показника або фактора, що впливає на його функціонування. Наприклад, залежність потужності, крутного моменту, годинної та питомої витрати пального двигуном від частоти обертання його вала та подачі пального.

Окремі деталі, складальні одиниці та вузли характеризуються геометричними розмірами, вагою, посадками кінематичних і нерухомих з'єднань, моментами затягування кріпильних елементів, видом і товщиною антикорозійного чи декоративного покриття тощо. Ці, найбільш прості, однозначні параметри (ознаки якості) задаються конструкторською (КД) і технологічною (ТД) документацією на стадії проектування та технологічної підготовки виробництва продукції й систематично перевіряються в процесі її виготовлення згідно з регламентом технічного контролю. Крім цього, для порівняння якості простих однойменних

виробів їх можна характеризувати ще й іншими показниками, наприклад, матеріаломісткістю, трудомісткістю та енергоємністю виготовлення, надійністю тощо.

Більш неоднозначною є оцінка якості складних технічних об'єктів, які виробляються для застосування в більш складних технічних об'єктах, наприклад, агрегатів і вузлів для виготовлення АТЗ: двигунів, осей, ведучих мостів, коробок передач, кермових механізмів, гальмівних апаратів тощо. Ці об'єкти характеризуються багатьма важливими показниками, які для однойменних виробів мають різні значення, що ускладнює об'єктивне оцінювання їх якості. Це має велике значення на стадії проектування АТЗ при виборі для них, із типорозмірних рядів, агрегатів із найвищими показниками якості. Крім цього, це важливо при виборі конкретної моделі АТЗ для експлуатаційних потреб, що укомплектована найбільш оптимальними, в аспекті відповідності до експлуатаційних вимог, агрегатами. У цьому випадку якість технічного об'єкта пропонується оцінити комплексно, із урахуванням значень усіх параметрів, що характеризують окремі показники (ознаки) його якості.

При виборі ознак якості об'єкта важливо вибрати мінімальну кількість параметрів (показників) і характеристик, що в сукупності найбільш вичерпно характеризують його якість.

Якість будь-якого об'єкта, взагалі, можна комплексно охарактеризувати множиною параметрів, які відображують його характерні ознаки, що виражається функціоналом

$$P_{я} = f(x_1, x_2, \dots, x_m, \dots, x_n), \quad (1)$$

де  $x_1, x_2, \dots, x_n$  – значення параметрів оцінювання, що відображують характерні ознаки якості об'єкта;

$m = 1, 2, \dots$ ;

$n$  – кількість параметрів оцінювання.

Виходячи з функціонала (1), для групи однойменних об'єктів однакового розмірного діапазону (наприклад, двигунів, ведучих мостів, коробок передач, генераторів тощо для АТЗ однакової вантажності чи пасажиромісткості) можна записати:

$$P_{я1} = f(x_{11}, x_{21}, \dots, x_{m1}, \dots, x_{n1});$$

.....

$$P_{яi} = f(x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{mi}, \dots, x_{ni}); \quad (2)$$

.....

$$P_{яj} = f(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj}, \dots, x_{nj}),$$

де  $i = 1, 2, \dots$ ;

$j$  – кількість вибраних однойменних об'єктів, які розглядаються при оцінюванні якості будь-якого з них.

Під розмірним діапазоном тут розуміється мінімальний діапазон (близькість значень), в якому знаходяться параметри об'єкта, наприклад, потужність (двигуни), крутний момент (агрегати трансмісії), вантажність (ведучі мости, передні осі) тощо.

Маючи систему функціоналів (2), якість об'єкта можна оцінити комплексно, порівнюючи відповідні параметри характерних ознак  $x_{mi}$  зі значеннями, що вибрані як еталонні. За еталонні необхідно приймати найкращі значення відповідних параметрів оцінювання зі всієї розглядуваної сукупності однойменних об'єктів. Крім цього, при оцінюванні якості конкретного об'єкта, з метою розробки заходів для її покращання, еталонні значення можна задати виходячи з відповідних показників кращих зразків аналогів або потенційно можливих значень параметрів, що визначені за результатами досліджень чи розрахунків. Еталонними значеннями можуть бути як мінімальні, так і максимальні значення однойменних параметрів, наприклад, вага, енергоспоживання – мінімальне значення, продуктивність – максимальне значення. Тоді порівняльний рівень якості за кожним параметром  $x_{mi}$  можна оцінити за співвідношеннями:

$$P_{mi} = x_{mi}/x_{me} \text{ при цільовому значенні } x_{mi} \rightarrow \max;$$

(3)

$$P_{mi} = x_{me}/x_{mi} \text{ при цільовому значенні } x_{mi} \rightarrow \min,$$

де  $x_{me}$  – еталонне значення параметра.

Виходячи зі співвідношення (3) бачимо, що порівняльний рівень якості за кожним параметром знаходиться в межах  $0 < P_{mi} \leq 1,0$ .

При  $n$  параметрах характерних ознак комплексне оцінювання якості розглядуваного об'єкта пропонується визначати показником, що розраховується за формулою:

$$P_{ki} = \frac{1}{n} (P_{m1}k_1 + P_{m2}k_2 + \dots + P_{mn}k_n) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_{mi}k_i), \quad (4)$$

де  $k_i$  – коефіцієнт, що відображає вагомість даного параметра (коефіцієнт вагомості).

Для визначення значення коефіцієнтів вагомості  $k_i$  кожного параметра необхідно провести відповідні дослідження ступеня їх впливу на якість конкретних технічних об'єктів.

Для прикладу оцінимо порівняльну якість групи двигунів для АТЗ певної вантажності. До основних показників двигуна відносяться [12]: ефективна потужність  $N_{e\max}$  при максимальній частоті обертання колінчатого вала  $n_N$ ; крутний момент  $T_N$  при  $n_N$ ; максимальний крутний момент  $T_M$  при частоті обертання колінчатого вала  $n_m$ ; мінімальна питома витрата пального  $g_e$ ; маса двигуна  $m_d$ ; робочий об'єм двигуна  $V_d$ . Указані показники формують низку характеристик, які відображають рівень якості двигуна, зокрема: питома маса  $m_n = m_d/N_{e\max}$ ; літрова (питома) потужність  $N_l = N_{e\max} / V_d$ ; літрова маса  $m_l = m_d/V_d$ ; коефіцієнт пристосованості за моментом  $k_{NM} = T_M / T_N = 0,033\pi n_N T_M / N_{e\max}$ , де  $n_N$  – у  $\text{хв}^{-1}$ , а  $N_{e\max}$  – у Вт; діапазон стійких частот обертання  $\Delta n = n_N / n_m$ .

Параметри сімейства двигунів, які потенційно можуть бути застосовані на АТЗ певної вантажності за умови, наприклад,  $169 \leq N_{e\max} \leq 191$  кВт, наведено в таблиці 1.

Таблиці 1 – Параметри двигунів

Модель двигуна	Потужність $N_{e\max}$ , кВт (при $n_N$ , $\text{хв}^{-1}$ )	Максимальний крутний момент $T_M$ , Нм (при $n_m$ , $\text{хв}^{-1}$ )	Мінімальна питома витрата пального $g_e$ , г/кВт·год	Маса двигуна $m_d$ , кг	Робочий об'єм двигуна $V_d$ , л
ЯМЗ-236 HE	169 (2100)	882 (1300)	206	900	11,15
КамАЗ-740.11-240	176 (2200)	833 (1300)	207	760	10,85
CUMMINS C245-20	180 (2200)	1025 (1400)	200	665	8,3
DEUTZ BF6M 1013EC	174 (2300)	854 (1400)	196*	587	7,146
MAN D-0826	191 (2300)	1000 (1500)	202	625	6,87
RENAULT MIDR 06.20.45	186 (2100)	1000 (1300)	202	950	9,83
YC6A240-20 (Китай)	177 (2300)	860 (1500)	210	650	7,255
Значення еталонного показника*	–	–	196* → min	–	–

Слід відзначити, що розглядуване сімейство двигунів повинно відповідати ряду нормативних вимог однакового рівня, наприклад, чинним екологічним нормам ЄЕК ООН – так званим нормам Євро. У протилежному випадку об'єкт вважається невідповідним, тобто не придатним до використання для АТЗ даної групи.

Результати розрахунків за наведеними вище характеристиками двигунів зводимо до таблиці 2.

Таблиця 2 – Комплексне оцінювання якості двигунів

Модель двигуна	Питома маса $m_n$ , кг/кВт	Літрова потужність $N_l$ , кВт/л	Літрова маса $m_l$ , кг/л	Коефіцієнт пристосованості за моментом $K_{лм}$	Діапазон стійких частот обертання $\Delta n$	Показник якості $P_{ki}$	Рейтинг у даній групі двигунів
ЯМЗ-236 HE	5,33	15,16	80,72	1,15	1,62	0,802	7
КамАЗ-740.11-240	4,32	16,22	70,05*	1,09	1,69*	0,853	5
CUMMINS C245-20	3,69	21,69	80,12	1,31*	1,57	0,908	3
DEUTZ BF6M-1013EC	3,37	24,35	82,14	1,18	1,64	0,928	2
MAN D-0826	3,27*	27,8*	90,97	1,26	1,53	0,934	1
RENAULT MIDR 06.20.45	5,11	18,92	96,64	1,18	1,61	0,811	6
YC6A240-20 (Китай)	3,67	24,40	89,60	1,17	1,53	0,880	4
Еталонне значення характеристики*	3,27*→ min	27,8*→ max	70,05*→ min	1,31*→ max	1,69*→ max	1,0	–

Виявивши еталонні показники й характеристики\* (таблиці 1 і 2) за формулою (4) (при  $n = 6$ , прийнявши для спрощення викладу  $k_i = 1,0$ ) для даної групи двигунів можна записати:

$$P_{ki} = \frac{1}{6} \left( \frac{196}{g_e} + \frac{3,27}{m_n} + \frac{N_l}{27,8} + \frac{70,05}{m_l} + \frac{K_{лм}}{1,31} + \frac{\Delta n_i}{1,69} \right). \quad (5)$$

Результати розрахунків за формулою (5) наведено в таблиці 2, з якої випливає, що найвищий рівень якості, серед розглядуваної групи двигунів, має двигун моделі MAND-0826. Безумовно, що наведені показники й характеристики двигунів не є вичерпними, і розрахований за ними рейтинг якості двигунів не є остаточним. При необхідності вони можуть бути доповнені іншими показниками й характеристиками, наприклад, показниками вартості, надійності, експлуатаційними витратами на одиницю пробігу тощо. Це може змінити рейтинг двигунів із близькими значеннями комплексного показника якості. Наприклад, розраховані показники якості двигунів DEUTZBF6M-1013EC і MAND-0826 (таблиця 2) є практично однакові. Крім цього, при порівнянні експлуатаційних показників АТЗ, що оснащені двигунами даної групи, може застосовуватися низка додаткових показників, що характеризують експлуатаційні властивості АТЗ: вантажність, максимальна швидкість руху, інтенсивність розгону, доланий максимальний підйом і опір коченню тощо.

### Висновки

1. Запропоновано методику комплексного оцінювання якості складних технічних виробів, зокрема агрегатів АТЗ, виходячи із сукупності значень усіх параметрів, що характеризують окремі показники їх якості – ступінь відповідності експлуатаційним вимогам.
2. При виборі ознак якості об'єкта важливо вибрати мінімальну кількість параметрів і характеристик, що в своїй сукупності практично вичерпно характеризують його якість.
3. При оцінюванні якості технічних об'єктів важливе значення мають коефіцієнти вагомості  $k_i$  кожного параметра. Для визначення значень кожного з них необхідно додатково провести відповідні дослідження ступеня їх впливу на якість конкретних технічних об'єктів.

## *Список літератури*

1. Дажин В. Г. Российский автобус: цена и качество // Автомобильная промышленность. – М.: Машиностроение, 2004. – № 6. – С. 1–3.  
Dazhin V. G. Rossiyskiy avtobus: tsena i kachestvo (Russian Bus: Price and Quality) / V. G. Dazhin // Avtomobilnaya promyshlennost. – М.: Mashinostroyeniye, 2004. – № 6. – С. 1–3.
2. Токрев А. А. Интегральная оценка качества АТС / А. А. Токрев // Автомобильная промышленность. – М.: Машиностроение, 2003. – № 12. – С. 3–5.  
Tokrev A. A. Integralnaya otsenka kachestva ATS (Motor Vehicle Integral Performance Index) / A. A. Tokrev // Avtomobilnaya promyshlennost. – М.: Mashinostroyeniye, 2003. – № 12. – С. 3–5.
3. Фасхиев Х. А. Интегральная оценка конкурентоспособности грузового автомобиля / Х. А. Фасхиев // Автомобильная промышленность. – М.: Машиностроение, 1998. – № 2. – С. 1–3.  
Faskhiyev Kh. A. Integralnaya otsenka konkurentosposobnosti gruzovogo avtomobilya (Integral Evaluation of Truck Competitiveness) / Kh. A. Faskhiyev // Avtomobilnaya promyshlennost. – М.: Mashinostroyeniye, 1998. – № 2. – С. 1–3.
4. Фасхиев Х. А. Оптимизация технико-экономических показателей АТС по интегральному критерию / Х. А. Фасхиев, Т. А. Шименцева, И. Ф. Шайхутдинов // Автомобильная промышленность. – М.: Машиностроение, 2005. – № 5. – С. 6–9.  
Faskhiyev Kh. A. Optimizatsiya tekhniko-ekonomicheskikh pokazateley ATS po integralnomu kriteriyu (Technical and Economic Indexes Optimization of Motor Vehicles According to Integral Criterion) / Kh. A. Faskhiyev, T. A. Shimentseva, I. F. Shayhutdinov // Avtomobilnaya promyshlennost. – М.: Mashinostroyeniye, 2005. – № 5. – С. 6–9.
5. Фасхиев Х. А. Определение себестоимости грузового автомобиля на этапе проектирования / Х. А. Фасхиев, А. В. Крахмалева // Автомобильная промышленность. – М.: Машиностроение, 2006. – № 4. – С. 1–5.  
Faskhiyev Kh. A. Opredeleniye sebestoimosti gruzovogo avtomobilya na etape proektirovaniya (Price Cost Determination of a Truck at the Stage of Engineering) / Kh. A. Faskhiyev, A. V. Krakhmaleva // Avtomobilnaya promyshlennost. – М.: Mashinostroyeniye, 2006. – № 4. – С. 1–5.
6. Карабцев В. С. Повышение эффективности автотранспортных средств на стадии разработки / В. С. Карабцев, Д. Х. Валеев // Журнал ААИ. – М., 2003. – С. 8–13.  
Karabtsev V. S. Povysheniye effektivnosti avtotransportnykh sredstv na stadii razrabotki (Motor Vehicles Efficiency Improvement under Development) / V. S. Karabtsev, D. Kh. Valeev // Zhurnal AAI. – М., 2003. – С. 8–13.
7. Совершенствование методики выбора мощности двигателя легкового автомобиля / М. А. Подригало, М. В. Байцур, Д. М. Клец, В. Л. Файст // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. – 2010. – № 3. – С. 78–86.  
Sovershenstvovaniye metodiki vybora moshchnosti dvigatelya legkovogo avtomobilya (The Selection Procedure Improvement of Automobile Engine Power) / M. A. Podrigalo, M. V. Baytsur, D. M. Klets, V. L. Fayst // Visnyk Donetskoi akademii avtomobilnogo transportu. – 2010. – № 3. – С. 78–86.
8. Азарова Ю. В. Мощность двигателя и расход топлива как средства повышения конкурентоспособности легковых автомобилей / Ю. В. Азарова, В. Ф. Кутенев, А. Г. Шмидт // Автомобильная промышленность. – М.: Машиностроение, 1995. – № 9. – С. 3–5.  
Azarova Yu. V. Moshchnost dvigatelya i raskhod topliva kak sredstva povysheniya konkurentosposobnosti legkovykh avtomobiley (Engine Power and Fuel Consumption as the Means of Motor Cars Competitiveness Improvement) / Yu. V. Azarova, V. F. Kutenev, A. G. Shmidt // Avtomobilnaya promyshlennost. – М.: Mashinostroyeniye, 1995. – № 9. – С. 3–5.
9. Тарасик В. П. Транспортная эффективность автомобиля и характеристики управления ГМП / В. П. Тарасик, О. В. Пузанова // Автомобильная промышленность. – М.: Машиностроение, 2004. – № 6. – С. 24–28.  
Tarasik V. P. Transportnaya effektivnost avtomobilya i kharakteristiki upravleniya GMP (Automobile Transport Efficiency and Hydromechanical Transmission Control Characteristics) / V. P. Tarasik, O. V. Puzanova // Avtomobilnaya promyshlennost. – М.: Mashinostroyeniye, 2004. – № 6. – С. 24–28.
10. Островцев А. Н. Потенциальные свойства функциональных систем и их влияние на эксплуатационные качества автомобиля / А. Н. Островцев // Автомобильная промышленность. – М.: Машиностроение, 1975. – № 10. – С. 12–13.  
Ostrovtssev A. N. Potentsialnyye svoystva funktsionalnykh sistem i ikh vliyaniye na ekspluatatsionnyye kachestva avtomobilya (Potential Characteristics of Functional Systems and Their Effect on Automobile Operating Characteristics) / A. N. Ostrovtssev // Avtomobilnaya promyshlennost. – М.: Mashinostroyeniye, 1975. – № 10. – С. 12–13.
11. Системи управління якістю. Основні положення та словник (ISO 9000:2000, IDT): ДСТУ ISO 9000:2001. – К.: Держспоживстандарт України, 2001.  
Systemy upravlinnia yakistiu. Osnovni polozhennia ta slovnyk (ISO 9000:2000, IDT): DSTU ISO 9000:2001 (Quality Control System. Basics and Vocabulary (ISO 9000:2000, IDT): DSTU ISO 9000:2001). – К.: Derzhspozhyvstandard Ukrainy, 2001.
12. Белов П. М. Двигатели армейских машин. Ч. 2. Конструкция и расчет / П. М. Белов, В. Р. Бурячко, Н. К. Константинов. – М.: Воениздат, 1972. – 568 с.

Belov P. M. Dvigateli armeyskikh mashin. Ch. 2. Konstruktsiya i raschet (Military Vehicles Engines. Part 2. Design and Calculation) / P. M. Belov, V. R. Buryachko, N. K. Konstantinov. – M.: Voenizdat, 1972. – 568 s.

13. Шуляр Р. В. Управління якістю: навч. посібник / Р. В. Шуляр, Н. В. Шуляр. – Львів: вид-во НУ «Львівська політехніка», 2009. – 160 с.

Shuliar R. V. Upravlinnia yakistiu: navch. posibnyk (Quality Control: Textbook) / R. V. Shuliar, N. V. Shuliar. – Lviv: vyd-vo NU "Lvivska politikhnika", 2009. – 160 s.

Рецензент: канд. техн. наук, доц. М. А. Мастепан, АДІ ДонНТУ  
Стаття надійшла до редакції: 15.03.2013