

Сакно О.П.

Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, м. Луганськ

ВИЗНАЧЕННЯ РЕСУРСУ ШИН ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ ЗА КОЕФІЦІЄНТАМИ ВПЛИВУ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ФАКТОРІВ ТА ЇХ ОЦІНКА ЕКСПЕРТНИМ АНАЛІЗОМ

Розроблена методика визначає ресурс пневматичних шин на підставі удосконалення системи призначення коефіцієнтів, що коригують ресурс, та враховує особливості експлуатації та конструкції вантажних автомобілів. Проаналізовано аналітичні та статистичні методи визначення ресурсу шин та запропоновано шляхи підвищення їх точності. Експертним аналізом проведено оцінку коефіцієнтів, що пропонуються, та встановлено достатня узгодженість оцінки експертів.

Постановка проблеми

Забезпечення безпеки руху, за необхідністю виконувати виробничі завдання для вантажних автомобілів з інтенсивною експлуатацією (добові пробіги до 1200 км), робить дуже актуальним питання підвищення точності визначення ресурсу шин та можливості прогнозування та планування терміну виходу їх з експлуатації й проведення необхідних робіт з технічної експлуатації. З одного боку завищення призначеного нормативного ресурсу над фактичним призводить до вимушених простоїв під час непланових робіт або експлуатації автомобілів з підвищеним зносом протектора, що загрожує безпеці руху. З другого боку заниження нормативного ресурсу збільшує запаси шин на складах, витрати на їх утримання, втрату частини їх ресурсу під час зберігання. Тому основна задача, що потребує вирішення – це пошук нових і адаптація існуючих методик щодо визначення ресурсу шин вантажних автомобілів з урахуванням реальних умов експлуатації. Вирішення даної задачі дозволить підвищити ефективність роботи технічної служби автотранспортних підприємств (АТП), точність обліку та розподілу їх обігових фондів, забезпечити безпеку руху та експлуатацію вантажних автомобілів.

Мета роботи – удосконалення методики визначення ресурсу шин вантажних автомобілів за допомогою коефіцієнтів, що коригують, з урахуванням результатів експериментальних досліджень зносу шин та ресурсу в реальних умовах експлуатації; підвищення точності прогнозу за рахунок більш точного урахування факторів, що впливають на експлуатацію шин вантажних автомобілів конкретного підприємства, та оцінка цих факторів експертним аналізом.

Основна частина

Для визначення ресурсу шин вантажних автомобілів виділилися два основні підходи, які значно розрізняються. Ці підходи базуються на аналітичних та статистичних методах розрахунку.

Аналітичні методи базуються на основі рішення контактної задачі тертя й чисельних лабораторних випробувань. За основу приймаються принципи опору матеріалів, аналіз фізико-хімічних параметрів шин та опорних поверхонь, що створює якісно інший підхід з використанням математичного моделювання. Вирішення подібних завдань зводиться, як правило, до обчислення інтенсивності зносу або ж обчислення циклів навантаження до досягнення критичної величини зносу й потребує повної характеристики пари тертя й великої кількості додаткової інформації.

Статистичні методи, що ґрунтуються на використанні поправочних коефіцієнтів, по-

лягають в помноженні базового середнього пробігу шин певної моделі на сукупність поправочних коефіцієнтів, які враховують різні чинники, що впливають на роботу шини.

На сьогодні підприємствами для призначення ресурсу шин використовується наказ № 488 [1], основою якого є норма середнього ресурсу пневматичної шини – середньостатистична величина середнього ресурсу пневматичної шини для визначених умов безпечної експлуатації відповідно до граничної висоти рисунка протектора, що встановлена законодавством України. Коригується ця норма на підставі усередненої оцінки умов експлуатації, що оцінюються кількома коефіцієнтами. Це загальна методика, аналіз якої показав, що вона найбільш відповідає вимогам експлуатації легкових автомобілів, й приводить до значних помилок при визначенні ресурсу вантажних автомобілів [2]. Це викликано тим, що не враховуються особливості конструкції вантажівки та пов'язані з цим експлуатаційні фактори, спосіб встановлення шин, розподіл навантаження, швидкісний режим, підвищення впливу особливих умов експлуатації та інше.

Тому запропоновано декілька удосконалених методик визначення ресурсу шин для різних АТП з урахуванням реальних умов експлуатації:

- розрахункова методика визначення ресурсу шин з використанням уточнених поправочних коефіцієнтів;
- методика призначення ресурсу за статистичними даними підприємства з заданою вірогідністю відмови [2, 3];
- методика прогнозування ресурсу за фактичною інтенсивністю зносу на підставі контролю залишкової висоти рисунка протектора шин [4, 5, 6].

Проведено експериментальне дослідження ресурсів шин та контролю процесу зносу шин на декількох підприємствах Донецького регіону: ТОВ «ДИСК-Сервіс» (м. Донецьк), ТОВ «ДИСК-Бетон» (м. Донецьк), СП «Автобаза» ДП «Орджонікідзевугілля» (м. Єнакієве) та ін. Досліджувались шини вантажних автомобілів: Michelin XDY3, Michelin XZY2, Michelin XZY3, Continental HC1, Continental HDC1, Goodyear RHD, Belshina ІД-304 У-4, Rosava 12,00R20, ДШЗ 12,00R20 та ін. [3]. Аналіз досліджень дозволив запропонувати удосконалену методику призначення ресурсу, що ґрунтується на методі поправочних коефіцієнтів, які відображають реальні умови експлуатації вантажних автомобілів.

$$N = N_{ny} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \cdot k_7 \quad (1)$$

де N – визначений ресурс шин, *тис. км*;

N_{ny} – базовий ресурс шин, *тис. км*;

k_1 – коефіцієнт коригування від особливих умов експлуатації;

k_2 – коефіцієнт коригування за сукупністю дорожньо-кліматичних умов;

k_3 – коефіцієнт коригування від позиції шини на вантажному автомобілі;

k_4 – коефіцієнт коригування від швидкісного перевантаження шин;

k_5 – коефіцієнт коригування від відхилення внутрішнього тиску від нормативних значень;

k_6 – коефіцієнт коригування від відношення пробігу в містах і населених пунктах до загального пробігу дорожньою мережею загального користування;

k_7 – коефіцієнт коригування від коефіцієнта використання вантажності k_B відносно оптимальної вантажності вантажних автомобілів.

Коефіцієнт k_1 враховує пробіг вантажних автомобілів в особливих умовах, під якими розуміються будівельні майданчики та кар'єрні розробки. Значення коефіцієнту нараховується у відповідності з часткою пробігу вантажного автомобіля по шляхах в особливих умовах від загальної пройденої здоланої відстані (таблиця 1).

Таблиця 1 – Коефіцієнт коригування k_1 особливих умов експлуатації

Умови експлуатації		Співвідношення пробігів в особливих і загальних умовах						
		<0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	>0,6
Будівництво		0,95	0,9	0,85	0,8	0,7	0,6	0,5
Кар'єрні розробки	Пісок	0,9	0,87	0,84	0,81	0,77	0,74	0,7
	Щебінь	0,9	0,86	0,82	0,78	0,74	0,69	0,65
	Легкі скельні породи	0,85	0,8	0,76	0,72	0,68	0,64	0,6
	Важкі скельні породи	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6	0,55	0,5

Значення коефіцієнту k_2 запозичено з державної методики [1] та залишено незмінними (таблиця 2).

Таблиця 2 – Коефіцієнт коригування k_2 за сукупністю дорожньо-кліматичних умов

Кліматична зона	Коефіцієнт коригування залежно від типу дорожнього покриття в задовільному (незадовільному) технічному стані (k_{21})			Коефіцієнт коригування залежно від поздовжнього похилу дороги (k_{22})			Коефіцієнт коригування залежно від ступеня хімічного забруднення (k_{23})		
	Асфальто-бетон	цементобетон	бруцатка, колотий камінь	не більше 40 %	від 40 до 60 %	понад 60 %	I	II	III, IV
Північна	1,0 (0,96)	0,88 (0,80)	0,84 (0,76)	1,0	0,98	0,96	1,0	0,98	0,96
Центральна	1,0 (0,96)	0,88 (0,80)	0,84 (0,76)	1,0	0,98	0,96	1,0	0,98	0,96
Південна	0,95 (0,90)	0,79 (0,76)	0,76 (0,73)	1,0	0,98	0,96	1,0	0,97	0,95
Гірська	0,97 (0,93)	0,82 (0,78)	0,80 (0,76)	1,0	0,98	0,96	1,0	1,0	1,0

Практикою доведено, що шини підвищеного ресурсу проявляють диференціацію інтенсивності зношування в залежності від позиції на вантажних автомобілях, та конструкції вантажного автомобіля [4]. Відтак, шини, що встановлені на керовані вісі самоскидів, показали вищу інтенсивність зношування, ніж шини ведучих коліс при однаковій заявленій виробником базовій інтенсивності зношування, а поодинокі шини зношуються інтенсивніше ніж подвоєні (таблиця 3).

Таблиця 3 – Коефіцієнт коригування k_3 позиції шини на вантажному автомобілі

Позиція шини, спосіб встановлення	Кількість осей		
	2	3	4
Керовані	1	1	0,9
Не керовані	1	1	1
Провідні поодинокі	0,95	0,97	-
Провідні подвоєні	0,98	1	1,15

Відомо, що швидкісний індекс є основним параметром, поряд з індексом вантажності, що обумовлює використання шини на конкретних автотранспортних засобах, що не обладнані обмежниками швидкості (таблиця 4).

Таблиця 4 – Коефіцієнт коригування k_4 швидкісного перевантаження шин

Швидкісне перевантаження, %	Ділянки маршруту			
	Прямолінійна	Поворот $r > 200 \text{ м}$	Поворот $r = 100 \dots 200 \text{ м}$	Поворот $r \leq 50 \text{ м}$
<5	1	0,98	0,96	0,95
10	0,97	0,97	0,94	0,93
15	0,96	0,95	0,93	0,92
20	0,95	0,93	0,92	0,9

Важливим експлуатаційним параметром є внутрішній тиск в шині. Коефіцієнт k_5 враховує можливість зниження внутрішнього тиску в шині під дією природних витоків, або його підвищення у разі перегріву шин, підвищення середньодобової температури. На значущості даного параметра наголошує та рекомендує враховувати фірма Michelin [5] (таблиця 5).

Таблиця 5 – Коефіцієнт коригування k_5 відхилення внутрішнього тиску від нормативних значень

Відхилення від нормального внутрішнього тиску						
-30 %	-20 %	-10 %	0 %	+10 %	+20 %	+30 %
0,5	0,75	0,9	1	0,9	0,85	0,75

До розрахункового методу залучений коефіцієнт коригування k_6 у залежності від співвідношення пробігу у межах міста до загального, що дозволить врахувати інтенсифікацію зношування за рахунок прискорень та гальмувань. Він запозичений з державної методики [1] та залишений незмінним (таблиця 6).

Таблиця 6 – Коефіцієнт коригування k_6 відношення пробігу в містах і населених пунктах до загального пробігу дорожньою мережею загального користування

Відношення пробігу вулично-дорожньою мережею загального користування у місті до загального пробігу, %	0	20	40	60	80	100
Значення коефіцієнта k_6	1,04	1,02	1,00	0,99	0,98	0,97

В характеристиках автотранспортних засобів підприємства в оригінальній специфікації від виробника вказується два значення вантажності – оптимальне, за якого економічні показники експлуатації знаходяться у найвигіднішому балансі з динамікою вичерпання ресурсу вузлів і агрегатів, та максимальне, за якого природний знос вузлів та агрегатів переходить до фази відмов із втратою працездатності. Окрім того, шасі та підвіска вантажного автомобіля мають за розрахунковий параметр саме оптимальну вантажність, а за максимальної – працює на межі вичерпання запасу міцності. Цей факт можна врахувати коефіцієнтом k_7 (таблиця 7). При цьому коефіцієнт використання вантажності може бути різним для шин, що встановлені на різні вісі одного й того ж вантажного автомобіля (під кабіною, під кузовом, під напівпричепом).

Таблиця 7 – Коефіцієнт коригування k_7 коефіцієнта використання вантажності k_B відносно оптимальної вантажності вантажних автомобілів

Колісні транспортні засоби	Значення коефіцієнта використання вантажності k_B								
	до 0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95	1,0
	Значення коефіцієнта k_7								
Автомобілі вантажні бортові, причеми, сідельні тягачі, напівпричеми	1,03	1,03	1,0	1,0	1,0	0,98	0,98	0,97	0,97
Автомобілі-самоскиди	1,04	1,04	1,03	1,03	1,0	1,0	1,0	1,0	0,98
Автомобілі-бетонозмішувачі	1,03	1,03	1,02	1,02	1,0	1,0	1,0	0,98	0,96
Колісні транспортні засоби	Значення коефіцієнта використання вантажності k_B								
	1,05	1,1	1,15	1,2	1,25	1,3	1,35	1,4	1,45
	Значення коефіцієнта k_7								
Автомобілі вантажні бортові, причеми, сідельні тягачі, напівпричеми	0,96	0,94	0,93	0,92	0,9	0,89	0,87	0,86	0,85
Автомобілі-самоскиди	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91	0,9	0,89	0,88
Автомобілі-бетонозмішувачі	0,95	0,93	0,92	0,9	0,88	-	-	-	-

Результати розрахунків ресурсу декілька шин вантажних автомобілів різними методами, а саме: державний норматив [1], нормативний пробіг [5], запропонована розрахункова методика (формула 1) та фактичний середній пробіг до списання шин на підприємстві наведені на рисунку 1.

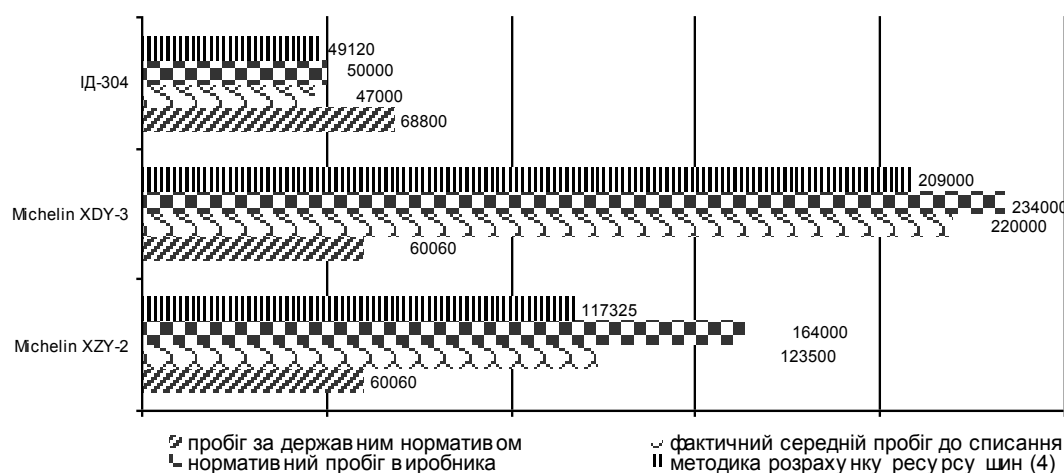


Рисунок 1 – Порівняння результатів розрахунку ресурсу шин з фактичним пробігом, км

Аналізуючи фактори, які розглянуті в запропонованій методиці, встановлено, що на ресурс автомобільних шин впливає велика кількість чинників [4, 6]. Міра їх впливу на знос шин неоднакова. Ці фактори враховують розроблені оціночні поправочні коефіцієнти, що наведені в таблицях 1-6. Але необхідно додатково оцінити ці коефіцієнти, враховуючи досвід експлуатації шин вантажних автомобілів на АТП. Виділення найбільш значимих чинників із загальної кількості факторів може бути отримане за допомогою математико-статистичного методу експертних оцінок (апріорного ранжування) [7]. Такий підхід передбачає визначення рангу чинників по очікуваній мірі їх впливу на ресурс шин – кількісну характеристику мети експериментального дослідження. Загальна послідовність роботи містила наступні етапи: відбір чинників, анкетування експертів, обробку результатів ранжирування, складання висновків.

У ході експериментальних досліджень на підприємствах було визначено найбільш вагомі фактори, що впливають на ресурс шин вантажних автомобілів, які позначені: X1 – умови експлуатації автомобілів; X2 – дорожньо-кліматичні умови експлуатації автомобілів; X3 – позиція розташування шини на автомобілі; X4 – швидкісне перевантаження шин на автомобілі; X5 – відхилення внутрішнього тиску шин автомобіля від нормативних значень тиску; X6 – використання вантажності автомобілів; X7 – експлуатація автомобіля в містах і населених пунктах. Ці фактори в основному співпали з факторами, що враховують призначені поправочні коефіцієнти.

В якості експертів було вибрано найбільш досвідчених інженерно-технічних працівників досліджуваних АТП (близько 30 чоловіків), які оцінили вагомість впливу кожного фактору на ресурс шин вантажних автомобілів за семибальною системою, так як розглядалося 7 факторів.

На основі аналізу експертів розставлені ранги чинників.

Далі розраховані сума рангів по ознаках, відхилення d суми рангів від середньоарифметичної, квадрати відхилень d^2 , показники різних рангів.

Міра узгодженості думок авторів оцінюється за коефіцієнтом конкордації [8]:

$$W = \frac{12}{m^2 \cdot (n^3 - n)} \cdot \sum_{i=1}^n \left[\sum_{j=1}^m r_{ji} - \frac{m \cdot n + 1}{2} \right]^2, \quad (2)$$

де m – число експертів;

n – число порівнюваних факторів;

r – ранги;

$r - \frac{m \cdot n + 1}{2}$ – відхилення d суми рангів від середньоарифметичної.

Результати рангового аналізу зведені в таблиці 8.

Вважається, що думки досить погоджені, якщо W перевищує 0,5 (згідно формули 2 $W = 0,64$).

На рисунку 2 представлено діаграму рангів. Пунктирною лінією показано середню суму рангів. Найбільш значимими вважаються ті чинники, сума рангів яких не перевищує середню суму (згідно таблиці 8 – сума рангів складає 107).

Таким чином, найбільш значимими чинниками є:

- умови експлуатації;
- дорожньо-кліматичні умови;
- використання вантажності автомобілів.

Але й інші фактори, що перевищують середню суму, необхідно враховувати, бо це перевищення складає менше 30 %, тож вплив факторів досить значущий.

Таблиця 8 – Результати рангового аналізу

Найменування чинника	Позначення	Сума рангів r	d	Розподіл по рівню значущості	Середня оцінка експертів	Стандартне відхилення
Умови експлуатації	X_1	34	-86	1	1,13	0,35
Дорожньо-кліматичні умови	X_2	53	-67	2	1,77	0,43
Позиція розташування шини на вантажному автомобілі	X_3	159	39	6	5,3	0,99
Швидкісне перевантаження шин	X_4	138	18	5	4,6	0,72
Відхилення внутрішнього тиску від нормативних значень тиску	X_5	159	39	6	5,3	0,75
Використання вантажності автомобілів	X_6	89	-31	3	2,97	0,32
Експлуатація автомобілів в містах і населених пунктах	X_7	117	-3	4	3,9	1,45
Середня сума рангів		107				

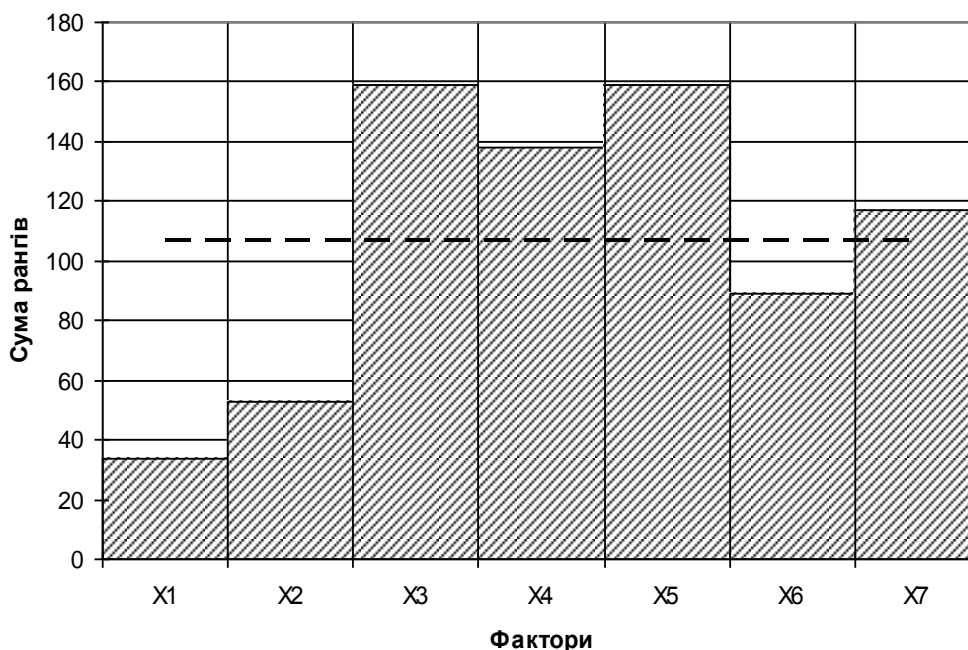


Рисунок 2 – Діаграма рангів при виборі основних чинників

Для оцінки значущості коефіцієнта конкордації використовується критерій Пірсона [8]:

$$\chi^2 = \frac{12}{m \cdot n \cdot (n+1)} \cdot \sum_{i=1}^n \left[\sum_{j=1}^m r_{ji} - \frac{m \cdot n + 1}{2} \right]^2. \quad (3)$$

Розрахункове значення критерію Пірсона $\chi_{розр}^2 = 115,86$. Прийнятність отриманих експертних оцінок визначається шляхом порівняння критерію значущості $\chi_{розр}^2$ з табличним значенням $\chi_{табл}^2$. При вибраному рівні значущості $\alpha = 0,05$ і числі мір свободи $n-1$ ($\chi_{табл}^2 = 12,599$) підтвердилась наявність згоди між експертами (оскільки) $\chi_{розр}^2 \gg \chi_{табл}^2$

Висновки

Пропонується методика розрахунку ресурсу шин вантажних автомобілів, що більш повно й точно враховує реальні умови їх експлуатації. Більш точне встановлення ресурсу шин дозволить якісно керувати технологічним процесом обслуговування шин, їх заміною, списанням, що суттєво впливає на безпеку руху й на економічні показники роботи АТП. Методика може розвиватися в напрямку уточнення загальних діючих факторів впливу та встановлення факторів, що властиві тільки конкретному підприємству. Експертний аналіз показав, що можна з вірогідністю 95 % стверджувати про узгодження думок експертів по оцінці впливу експлуатаційних чинників.

Список літератури

1. Норми витрат палива для автомобілів, норми ресурсу шин та акумуляторів / [уклад. В. Кузнецов]. – Х.: Фактор, 2009. – 528 с.
2. Ткаченко В.П. Порівняльне дослідження законів розподілу фактичного ресурсу пневматичних шин різних видів автотранспорту / В.П. Ткаченко, О.П. Сакно // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. – Донецьк: ПП «Молнія», 2010. – № 4. – С.84–94.
3. Захаров С.В. До аналізу надійності автомобільних шин в умовах експлуатації / С.В. Захаров, О.П. Кравченко, О.П. Сакно // Вісник ЖДТУ. Технічні науки. – 2010. – № 2 (53). – С. 52–57.
4. Кравченко О.П. Аналіз чинників, що визначають інтенсивність і характер зносу протектора шин та його зв'язок з технічним станом елементів автомобіля / О.П. Кравченко, О.П. Сакно, О.В. Лукічов, М.І. Гнатюк // Наукові нотатки. Луцьк. – 2011. – Вип. 31. – С.170–176.
5. Michelin truck tire service manual.– 2009. – Aug. 150.– p.
6. Кравченко О.П. Аналіз моделей розрахунку показників довговічності, зносу і ресурсу пневматичних шин вантажних автомобілів / О.П. Кравченко, О.П. Сакно, О.В. Лукічов, В.Д. Винокуров // Збірник наукових праць / Донецький інститут залізничного транспорту.– Донецьк.– 2011.– Вип. 25. – С.92–95.
7. Кравченко А. П. Научные основы управления эффективностью эксплуатации автомобильных поездов: дис... д-ра техн. наук: 05.22.20 / А. П. Кравченко // Национальный ун-т им. Владимира Даля. – Х.: ХНАДУ, 2006. – 480 с.
8. Минько А.А. Статистика в бизнесе. Руководство менеджера и финансиста / А.А. Минько. – М.: Эксмо, 2008. – 504 с.
9. Шпаков П.С. Статистическая обработка экспериментальных данных: учебное пособие / П.С. Шпаков, В.Н. Попов. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2003. – 268 с.

Рецензент: к.т.н., доц. Н.А. Мастепан, АДІ ДВНЗ «ДонНТУ».

Стаття надійшла до редакції 14.11.11

© Сакно О.П., 2011