

УДК 336.311.21:[330.322.54:661.66-022.532]:519.245

**Ф. В. Моцний,**

доктор фізико-математичних наук, професор,  
завідувач кафедри прикладної математики,  
E-mail: motsnyiv@gmail.com;

**М. Є. Сіницький**

кандидат фізико-математичних наук, доцент,  
доцент кафедри інформаційних систем і технологій,  
E-mail: rapathryl@gmail.com;  
Національна академія статистики, обліку та аудиту

## Фінансово-статистичний аналіз інвестиційних проектів високотехнологічних наукових розробок на основі вуглецевих наноматеріалів

У роботі вперше поставлено питання про вибір інвестиційних проектів сучасних високотехнологічних наукових розробок на основі вуглецевих наноматеріалів (нанотрубки, нанобатареї, суперконденсатори, накопичувачі) з використанням методу Монте-Карло. Окреслено підходи до врахування ризиків інвестиційних проектів в умовах неформального фондового ринку України. Обґрунтовано використання методу Монте-Карло як найбільш поширеного підходу до оцінки впливу ризиків на прийняття рішень в умовах невизначеності. За вихідну базу даних дослідження використано поточні ринкові ціни на відповідні вироби. Визначені чиста приведена вартість (*NPV*) та ймовірність її від'ємних значень. Знайдена точка надійності проекту, в якій ймовірність від'ємних значень *NPV* близька до нуля. Показано, що ця точка може використовуватись як репер, оскільки відносна відстань до неї є критерієм для вибору найбільш прийняттого варіанта реалізації проекту. Відібрані проекти, ризики виконання яких передбачаються мінімальними.

**Ключові слова:** високотехнологічні наукові розробки, вуглецеві наноматеріали, інвестиційний проект, метод дисконтованих грошових потоків, метод Монте-Карло, чиста приведена вартість, ризики.

Вуглецеві наноматеріали (графен [1], нанотрубки [2–4], фулерен [5] та сімейство похідних  $C_n$ ) належать до диво-матеріалів XXI століття, що можуть у найближчі роки перевернути технології. Уже зараз на їхній основі створені унікальні суперконденсатори ємністю 10 тисяч Фарад [6] і фантастичні електроаккумулятори [7], використовуючи які електромобіль може пройти без перезарядки 1000 км. Зрозуміло, що впровадження у виробництво сучасних досягнень високотехнологічних наукових розробок на основі вуглецевих

наноматеріалів сприятиме зростанню економіки України, становленню інноваційного суспільства і поживленню ринку. Тому усі питання, що мають відношення до наноіндустрії, належать до надзвичайно важливих і безперечно актуальних.

Для відбору інвестиційних проектів як інструмент методу дисконтування грошових потоків (discounted cash flow, *DCF*) широко використовується критерій чистої приведеної вартості (net present value, *NPV*) [8], значення якої визначається за формулою [9]:

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{[Q(P - VC) + LV - FC] \cdot (1 - IT) + Am - I_t}{(1 + r)^t} - C_0, \quad (1)$$

де  $T$  – термін інвестиційного проекту в періодах;  $r$  – номінальна ставка дисконтування;  $IT$  – ставка оподаткування прибутку;  $Q$  – обсяг збуту продукції у натуральних одиницях;  $P$  – ціна одиниці продукції;  $VC$  – умовно-змінні витрати на одиницю продукції;  $LV$  – залишкова вартість об'єкта інвестиції;  $FC$  – умовно-постійні витрати на випуск продукції;  $Am$  – амортизаційні відрахування;  $I_t$  – реінвестування в основні засоби у періоді  $t$ ;  $C_0$  – початкова інвестиція ( $t = 0$ ). Усі

ці параметри мають певну невизначеність, за міру якої у фінансовому менеджменті приймається ризик – чисельна оцінка можливих втрат.

Сьогодні, в умовах неформального фондового ринку України, ризики інвестиційних проектів можна врахувати:

1. Методом кумулятивної побудови (build-up approach), що передбачає додавання “премії за ризик” до безризикової ставки дисконтування, характеризується нормою доходу на інвестований капітал і зіставляється за необхідності зі ставками доходів альтернативних інвестицій (наприклад,

банківськими депозитними ставками, дохідністю державних цінних паперів тощо).

2. Оцінюванням стабільності проекту, що визначається відносною відстанню досягнутого значення  $NPV$  від точки беззбитковості ( $NPV=0$ ).

3. Аналізом чутливості фінансового показника проекту (наприклад,  $NPV$ ) залежно від змін його параметрів, що описується коефіцієнтом чутливості  $K_I$  [10]:

$$K_I = \frac{|\Delta I|}{I}, \quad (2)$$

де  $\Delta I$  – повний диференціал показника  $I(X_1, X_2, \dots, X_n)$ ,

$$\Delta I = \sum_{k=1}^n \frac{\partial I}{\partial X_k} \cdot \Delta X_k; \quad (3)$$

$\frac{\partial I}{\partial X_k}$  – частинна похідна показника  $I$  за параметром  $X_k$

$X_k$  у точці  $X_k^{(0)}$ ;  $\Delta X_k$  – абсолютний приріст параметра  $X_k$ ;  $\Delta X_k = X_k - X_k^{(0)}$ , де  $X_k^{(0)}$  – номінальне значення параметра  $X_k$ .

Чим менший цей коефіцієнт, тим менші ризики виконання проекту

4. Формалізованим представленням невизначеності стохастичним моделюванням (наприклад, за методом Монте-Карло [11]) або нечіткою логікою [12].

Мета дослідження – дослідити методами дисконтування грошових потоків і Монте-Карло варіанти та критерії економічної ефективності інвестиційних проектів вуглецевих нанотрубок одностінних очищених, *LiPo* графенових батарей, графенових суперконденсаторів і графен-полі-

мерних акумуляторів, використовуючи програмні засоби *MS Excel* і *Google Spreadsheet* [13]. Метод Монте-Карло вибрано як найобгрунтованіший і широко використовуваний підхід до оцінки впливу ризиків на прийняття рішень в умовах невизначеності [14–18].

За вихідну базу даних використано відомі ринкові ціни на відповідні вироби [19–24]. Параметри витрат встановлено з огляду на особистий досвід. За безризикову ставку дисконтування обрано середній в Україні рівень ставки банківського депозиту у доларах США: 4,58% для діапазону від 1,0% до 8,25% [25]. Інфляційну складову враховано за рекомендацією Світового банку від 30.07.2015 року [26] як:

$$(1+r_f) = (1+r) \cdot (1+i), \quad (4)$$

де  $r_f$  – фактична ставка дисконтування, %;  $r$  – безризикова (номінальна) ставка дисконтування, %;  $i$  – темп інфляції, %.

За даними [26], середній темп інфляції гривні за 2000–2017 рр. становив 12,47% на рік у діапазоні від -0,57% до +43,31%, а долара США – 2,09% на рік у діапазоні від 0,09% до 4,08%. Складовими “премії за ризик” слугували такі:

а) ризик країни  $r_{rc}$  для України він становить 10–16% [26];

б) ризик ненадійності учасників проекту  $r_{ar}$  змінюється в діапазоні 0–5%;

в) ризик неотримання передбачених проектом доходів для виробництва й просування на ринок нового продукту  $r_{nr}$  дорівнює 13–15% [27].

Характеристики інвестиційних проектів на основі одностінних очищених вуглецевих нанотрубок, *LiPo* графенових батарей, графенових суперконденсаторів і графен-полімерних акумуляторів представлені в табл. 1.

Таблиця 1

Характеристики інвестиційних проектів на основі вуглецевих наноматеріалів

Проект \ Характеристики	$T$ , роки	$I_0$ , тис. дол. США	$Q$ , г (шт.)	$P$ , дол. США / г (дол. США / шт.)	$VC$ , дол. США / г (дол. США / шт.)
1. Нанотрубки вуглецеві одностінні очищені	3	200	14389	15	3
2. <i>LiPo</i> графенові батареї	3	200	(8633)	(25)	(5)
3. Графенові суперконденсатори	3	200	(1570)	(130)	(20)
4. Графен-полімерні акумулятори	3	200	(182)	(1250)	(300)
Проект \ Характеристики	$FC$ , дол. США	$r_f$ , %	$IT$ , %	$NPV$ , дол. США	$K_{NPV}$
1. Нанотрубки вуглецеві одностінні очищені	28972	34,9	18	13,78	1091
2. <i>LiPo</i> графенові батареї	28972	34,9	18	2,64	5689
3. Графенові суперконденсатори	28972	34,9	18	58,32	252
4. Графен-полімерні акумулятори	28972	34,9	18	336,7	46

Для спрощення порівняння вважаємо, що проекти мають однакові терміни виконання  $T$ , розміри інвестицій  $I_0$ , умовно-постійні витрати  $FC$ , ефективні ставки дисконтування  $r_f$  і податки на прибутки  $IT$ , тобто їх реалізація начебто здійснювалася одним колективом. При розрахунках коефіцієнта еластичності за показником  $NPV$  у формулі (2) враховували абсолютний приріст кожного параметра у заданих межах його варіації. Окрім того, обсяг продажу  $Q$  вибирали у такий спосіб, щоб  $NPV$  кожного проекту була як можна ближчою до нуля (відповідала точці беззбитковості). Для оцінки можливих наслідків від збурення параметрів формули (1) використано стохастичне моделювання за методом Монте-Карло у варіанті моделювання множинного розподілу величини  $NPV$  [16].

Межі варіації параметрів моделі (1) обрано в розмірі  $\pm 1,5\%$  за винятком ефективної ставки дисконтування, що розраховувалася за такою формулою:

$$r_f = (r + r_{rc} + r_{al} + r_{nr} - i) / (1 + i). \quad (5)$$

Ураховуючи наведені вище оцінки варіації складових формули (5), рівномірний розподіл параметра  $r_f$  було змодельовано для меж від 30,61% до 44,89%. Далі для кожного проекту підбирали необхідний обсяг продажів  $Q$ , проаналізувавши такі можливі варіанти: 1)  $NPV \approx 0$  за методом  $DCF$ ; 2)  $NPV \approx 0$  за методом Монте-Карло; 3)  $NPV < 0$  з ризиками, що не перевищували 4%; 4)  $NPV \approx 100\,000$  дол. США. Отримані результати зведені в табл. 2.

Результати розрахунків точок беззбитковості усіх проектів як за методом  $DCF$ , так і за методом Монте-Карло (варіанти а і б) близькі за величиною, тоді як рівень ризику для проектів з від'ємним  $NPV$  у точці беззбитковості є досить значним і дорівнює приблизно 50%. Якщо порівняти коефіцієнти чутливості  $K_{NPV}$  проектів за методом  $DCF$  у цій точці, то виявиться, що ризики попарного виконання проектів № 1 / № 3 та № 2 / № 4 однакові.

Таблиця 2

Результати аналізу інвестиційних проектів

Характеристики Проект	Варіанти	Q, г (шт.)	DCF		Монте-Карло		
			NPV, дол. США	$K_{NPV}$	$\overline{NPV}$ , дол. США	$\overline{K_{NPV}}$	$p(NPV < 0)$
1. Нанотрубки вуглецеві одностінні очищені	а	14389	13,78	3273,8	527,22	0,3106	0,51
	б	14364	-420,50	107,24	532,80	0,3224	0,50
	в	16040	27590,56	1,6851	28023,22	0,1516	0,04
	г	20371	99931,58	0,5013	100942,56	0,0053	0,00
2. LiPo графенові батареї	а	8633	2,64	17068,2	365,21	0,2248	0,51
	б	8621	-331,42	136,08	50,50	0,1652	0,52
	в	9610	27200,82	1,6821	28062,81	0,0627	0,03
	г	12225	99998,40	0,4750	101061,33	0,0047	0,00
3. Графенові суперконденсатори	а	1570	58,32	756,60	28972	0,3711	0,50
	б	1567	-401,02	110,01	17,13	1,0946	0,52
	в	1780	32211,74	1,3896	33009,06	0,0618	0,04
	г	2223	100040,15	0,4609	100587,40	0,0046	0,00
4. Графен-полімерні акумулятори	а	182	336,70	136,83	57,14	0,0875	0,51
	б	182	336,70	136,83	57,14	0,0875	0,51
	в	225	57196,76	0,8553	56559,95	0,0506	0,03
	г	258	100833,55	0,5068	100992,58	0,0054	0,00

Таблиця 3

Відносна відстань проектів за параметром збуту Q

Характеристики Проект	Відносна відстань від $NPV=0$	
	до $NPV=100000$ дол. США	до $p(NPV < 0) < 0,04$
1. Нанотрубки вуглецеві одностінні очищені	41,57%	11,67%
2. LiPo графенові батареї	41,61%	11,32%
3. Графенові суперконденсатори	41,59%	13,38%
4. Графен-полімерні акумулятори	41,76%	23,62%

Якщо ж зіставити між собою проекти за середнім значенням  $K_{NPV}$ , розрахованим за методом Монте-Карло, то проект № 1 матимемо перевагу над проектом № 3, а проект № 4 – над проектом № 2.

Результати розрахунків відносної відстані за параметром  $Q$  від точки беззбитковості  $NPV=0$  до точки  $NPV=100000$  дол. США та точки  $NPV < 0$ , в якій ризику не перевищують 4%, наведені у табл. 3.

Дані таблиці свідчать, що перший показник майже однаковий для усіх проектів, тоді як другий відрізняється за варіантами. Оскільки точка надійності проектів № 2 (*LiPo* графенові батареї) і № 1 (нанотрубки вуглецеві одностінні очищені) досягається з найменшими нарощуваннями обсягів продажу, то ці проекти стабільніші за інші, мають найменші ризики і їх можна рекомендувати до виконання в умовах України.

Отже, в роботі обчислені з використанням методу Монте-Карло чиста приведена вартість і

ймовірність її від'ємних значень для чотирьох високотехнологічних проектів виготовлення експериментальної партії виробів на основі вуглецевих наноматеріалів. Встановлено, що метод Монте-Карло надає можливість визначити точку надійності проекту (числове значення певного параметра, зокрема обсягу реалізації продукції), коли ймовірність отримання від'ємного значення  $NPV$  є малою (близька до нуля). Показано, що точка надійності є репером, відносна відстань до якого може слугувати критерієм прийняття рішень щодо доцільності реалізації проекту.

Подальші наукові розвідки будуть пов'язані з використанням методу Монте-Карло для статистичного аналізу інвестиційних проектів у сфері дослідження новітніх джерел енергії на основі вуглецевих наноматеріалів.

#### Список використаних джерел

1. The Nobel Prize in Physics 2010. URL: [https://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/2010/](https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2010/)
2. Углеродные нанотрубки: синтез, физические исследования, применение / Терранова М. Л. и др. // Наносистемы, Наноматериалы, Нанотехнологии. 2005. Т. 3. Вып. 2. С. 301–306.
3. Magnetic resonance of Ni nanoparticles in single-walled carbon nanotubes / Konchits A. A. et al. // Journal of Applied Physics. 2006. Vol. 100. P. 124315-1–124315-7. See also Virtual Journal of Nanoscale Science & Technology. 2007. January 15.
4. Electron-Spin Resonance Study of Poly (Ortho-Anisidine) Single Walled Carbon Nanotube Composite Films: Spin Dynamics and Effects of Physisorption Processes / Konchits A. A. et al. // NANO: Brief Reports and Reviews. 2008. Vol. 3. N 3. P. 187–194.
5. The Nobel Prize in Chemistry 1996. URL: [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/chemistry/laureates/1996/](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1996/)
6. Графеновый суперконденсатор емкостью 10 тысяч (!) Фарад. URL: [scorcher.ru/journal/art/art2359.php](http://scorcher.ru/journal/art/art2359.php)
7. Revolutionary graphene polymer batteries charging 10 minutes to run 1000km. URL: [cleanbayarea.com/.../revolutionary-graphene-polymer-batteries-charging-10-minutes-to-run-1000-km/](http://cleanbayarea.com/.../revolutionary-graphene-polymer-batteries-charging-10-minutes-to-run-1000-km/)
8. Fisher I. The Theory of Interest. New York: The MacMillan Company, 1930. 428 p.
9. Моцний Ф. В. Фінансова математика: навч.-метод. комплекс. Київ: ДП “Інформ.-аналіт. агентство”, 2016. 98 с.
10. Василенко І. П., Василенко З. М. Фінансова математика: навч. посібник. Київ: Кондор, 2007. 184 с.
11. Metropolis N., Ulam, S. The Monte Carlo Method // Journal of American Statistical Association. 1949. Vol. 44. N 247. P. 335–341.
12. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде Matlab и Fuzzy Tech. СПб. БХВ-ПИТЕР, 2005. 724 с.
13. Сіницький М. Є. Хмарні технології у фінансово-статистичних розрахунках: навч. посібник. Київ: ДП “Інформ.-аналіт. агентство”, 2016. 516 с.
14. Оценка точности характеристик, полученных методом Монте-Карло. Необходимое число реализаций. URL: [http://stu.sernam.ru/book\\_rop.php?id=91](http://stu.sernam.ru/book_rop.php?id=91)
15. Лукашов А. В. Метод Монте-Карло для финансовых аналитиков: краткий путеводитель. URL: [http://ecsocman.hse.ru/data/819/759/1219/Monte\\_Karlo\\_dlya\\_analitikov.pdf](http://ecsocman.hse.ru/data/819/759/1219/Monte_Karlo_dlya_analitikov.pdf)
16. Constantinescu V. P.A. Monte Carlo Method in Risk Analysis for Investment Projects // Procedia Economics and Finance. 2014. Vol. 15. PP. 393–400.
17. Сазонова А. А., Сазонова М. В. Применение метода Монте-Карло для моделирования экономических рисков в проектах // Наука и современность, 2016. С. 228–232.
18. Сіницький М. Є., Моцний Ф. В. Вибір інвестиційних проектів методом Монте-Карло за наявності ризику // Науковий вісник НАСОНА. 2017. № 1-2. С. 100–112.



19. Carbon nanotubes: View 38 companies. URL: <https://i3connect.com/tag/carbon-nanotubes>
20. Buy Carbon Nanotube. Real time chemicals inventory & price. URL: [www.molbase.com/Carbon+Nanotube](http://www.molbase.com/Carbon+Nanotube)
21. Buy the Best Quality Materials – Graphene, CNT, Nano / Micro Powder. URL: [www.nanografi.com](http://www.nanografi.com)
22. Maxwell Technologies Supercapacitors / Ultracapacitors: Maxwell Technologies. URL: <http://eu.mouser.com/Maxwell-Technologies/Passive-Components/Capacitor/>
23. Supercapacitors / Ultracapacitors 2.7V 10 F: Maxwell Technologies. URL: <https://www.amazon.com/Maxwell-Technologies-Supercapacitors-Ultracapacitors-2-7V/dp/B005T7KASQ>
24. BU-209: How does a Supercapacitor Work? / Battery University. URL: [http://batteryuniversity.com/index.php/learn/article/whats\\_the\\_role\\_of\\_the\\_supercapacitor](http://batteryuniversity.com/index.php/learn/article/whats_the_role_of_the_supercapacitor)
25. Все депозиты украинских банков в долларах. URL: <http://banker.ua/deposits/usd/>
26. Инфляция в Украине. URL: [http://fin-plus.ru/ru/info/inflation\\_index/](http://fin-plus.ru/ru/info/inflation_index/)
27. Гук О. В., Грищенко А. О. Вітчизняний та зарубіжний досвід удосконалення методик визначення ставки дисконтування // Економічний простір. 2012. № 68. С. 173–179.

### References

1. The Nobel Prize in Physics 2010. *nobelprize.org*. Retrieved from [https://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/2010/](https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2010/) (in English).
2. Terranova, M. L., Motsnyi, F. V., Konchits, A. A., Kovalyuk, Z. D., Kolesnik, S. P., Lytvyn, P. M. et al. (2005). Uglernodnye nanotrubki: sintez, fizicheskie issledovaniia, primeneniie [Carbon nanotubes: synthesis, physical studies and application]. *Nanosistemy, Nanomaterialy, Nanotekhnologii – Nanosystems, Nanomaterials and Nanotechnology*, 3, 2, 301–306 [in Russian].
3. Konchits, A. A., Motsnyi, F. V., Petrov, Yu. N., Kolesnik, S. P., Yefanov, V. S., Terranova, M. L. et al. (2006). Magnetic resonance of Ni nanoparticles in single-walled carbon nanotubes. *Journal of Applied Physics*, 100, 124315-1 – 124315-7. See also (2007). *Virtual Journal of Nanoscale Science & Technology*, January 15 (in English).
4. Konchits, A. A., Motsnyi, F. V., Kolesnik, S. P., Yefanov, V. S., Tamburri, E., Orlanducci, S. et al. (2008). Electron-Spin Resonance Study of Poly (Ortho-Anisidine) Single Walled Carbon Nanotube Composite Films: Spin Dynamics and Effects of Physisorption Processes. *NANO: Brief Reports and Reviews*, 3, 3, 187–194 (in English).
5. The Nobel Prize in Chemistry 1996. *nobelprize.org*. Retrieved from [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/chemistry/laureates/1996/](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1996/) (in English).
6. Grafenovi supercondensator iemkostiu 10 tysiach (!) Farad [Graphene Supercapacitors of 10 thousand (!) Farad]. *scorcher.ru*. Retrieved from <https://scorcher.ru/journal/art/art2359.php> (in Russian).
7. Revolutionary graphene polymer batteries charging 10 minutes to run 1000km. *cleanbayarea.com*. Retrieved from <http://cleanbayarea.com/extreme/revolutionary-graphene-polymer-batteries-charging-10-minutes-to-run-1000-km/> (in English).
8. Fisher, I. (1930). *The Theory of Interest*. New York: The MacMillan Company (in English).
9. Motsnyi, F. V. (2016). *Finansova matematyka [Finance mathematics]*. Kyiv: DP “Inform.-analit. ahentstvo” (in Ukrainian).
10. Vasylenko, I. P. & Vasylenko, Z. M. (2007). *Finansova matematyka [Finance mathematics]*. Kyiv: Kondor (in Ukrainian).
11. Metropolis, N. & Ulam, S. (1949). The Monte Carlo Method. *Journal of American Statistical Association*, 44, 247, 335–341 (in English).
12. Leonenkov, A. V. (2005). *Nechetkoe modelirovanie v srede Matlab u FuzzyTech [Fuzzy Modeling in the environment Matlab and FuzzyTech]*. SPb. BKhV-PI TER (in Russian).
13. Sinytskyi, M. Ye. (2016). *Khmarni tehnologii u finansovo-statystychnykh rozrakhunkach [Humorous technologies in finance-statistical calculations]*. Kyiv: DP “Inform.-analyt. agency” (in Ukrainian).
14. Otsenka tochnosti kharakteristik, poluchennykh metodom Monte Carlo. Neobkhodimoe chislo realizacii [Accuracy evaluation of characteristics received by Monte Carlo method. Necessary number of realization]. *stu.sernam.ru*. Retrieved from [https://stu.sernam.ru/book\\_rop.php?id=91](https://stu.sernam.ru/book_rop.php?id=91) (in Russian).
15. Lukashov, A. V. Metod Monte Carlo dlia finansovykh analitikov: kratkii putevoditel [Monte Carlo simulation for the financial analysts]. *ecsocman.hse.ru*. Retrieved from [http://ecsocman.hse.ru/data/819/759/1219/Monte\\_Karlo\\_dlya\\_analitikov.pdf](http://ecsocman.hse.ru/data/819/759/1219/Monte_Karlo_dlya_analitikov.pdf) (in Russian).
16. Constantinescu, V. P. A. (2014). Monte Carlo Method in Risk Analysis for Investment Projects. *Procedia Economics and Finance*, 15, 393-400 (in English).
17. Sazonova, A. A. & Sazonova, M. V. (2016). Application of Monte Carlo method for simulation in economical risk projects. *Nauka i sovremennost – Science & Modernity*, 228–232 (in Russian).

18. Sinytskyi, M. Ye., & Motsnyi, F. V. (2017) Vybir investytsiinykh proektiv metodom Monte Carlo za naiavnosti ryzyku [Selection of Investment Projects by Monte Carlo Method in Risk's Condition]. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoi akademii statystyky, obliku ta audytu – Scientific Bulletin of the National academy of statistics, accounting and audit*, 1-2, 100-112 (in Ukrainian).
19. Carbon nanotubes: View 38 companies. *i3connect.com*. Retrieved from <https://i3connect.com/tag/carbon-nanotubes> (in English).
20. Buy Carbon Nanotube. Real time chemicals inventory & price. *molbase.com*. Retrieved from <http://www.molbase.com/Carbon+Nanotube> (in English).
21. Buy the Best Quality Materials – Graphene, CNT, Nano / Micro Powder. *nanografi.com*. Retrieved from <http://www.nanografi.com> (in English).
22. Maxwell Technologies Supercapacitors. / Ultracapacitors: Maxwell Technologies. *mouser.com*. Retrieved from <http://eu.mouser.com/Maxwell-Technologies/Passive-Components/Capacitor/> (in English).
23. Supercapacitors /Ultracapacitors 2.7V 10 F. *amazon.com*. Retrieved from <https://www.amazon.com/Maxwell-Technologies-Supercapacitors-Ultracapacitors-2-7V/dp/B005T7KASQ> (in English).
24. BU-209: How does a Supercapacitor Work? / Battery University. *batteryuniversity.com*. Retrieved from [http://batteryuniversity.com/index.php/learn/article/whats\\_the\\_role\\_of\\_the\\_supercapacitor](http://batteryuniversity.com/index.php/learn/article/whats_the_role_of_the_supercapacitor) (in English).
25. Vse depozity ukrainskikh bankov v dollarakh [All deposits of Ukrainian banks in USD]. *banker.ua*. Retrieved from <http://banker.ua/deposits/usd/> (in Russian).
26. Inflaciia v Ukraine [Inflation in Ukraine]. *fin-plus.ru*. Retrieved from [http://fin-plus.ru/ru/info/inflation\\_index/](http://fin-plus.ru/ru/info/inflation_index/) (in Russian).
27. Huk, O. V. & Hryshchenko, A. O. (2012). Vitchyzniani ta zarubizhnyi dosvid udoskonalennia metodyk vyznachennia stavky dyskontuvannia [Domestic and foreign experience of the make improvement methodologies of the discount rate determination]. *Ekonomichnyi prostir. – Economy Space*, 68, 173–179 (in Ukrainian).

**Ф. В. Мощный,**

доктор физико-математических наук, профессор,  
заведующий кафедрой прикладной математики;

**Н. Е. Синицкий,**

кандидат физико-математических наук, доцент,  
доцент кафедры информационных систем и технологий;  
Национальная академия статистики, учета и аудита

### **Финансово-статистический анализ инвестиционных проектов высокотехнологических научных разработок на основе углеродных наноматериалов**

Проанализированы инвестиционные проекты современных высоко-технологических научных разработок на основе углеродных наноматериалов (нанотрубки, нанобатареи, суперконденсаторы, наноаккумуляторы) методами дисконтирования финансовых потоков и Монте-Карло. Определены чистая приведенная стоимость (NPV) и вероятность ее отрицательных значений. Найдена точка надежности для проекта, в которой вероятность отрицательных значений NPV близка к нулю. Показано, что эта точка может использоваться в качестве репера, поскольку относительное расстояние к ней представляет собой критерий для выбора наиболее подходящей реализации проекта. Отобраны проекты, риски выполнения которых представляются минимальными.

**Ключевые слова:** высокотехнологические научные разработки, инвестиционный проект, метод дисконтированных денежных потоков, метод Монте-Карло, риски, углеродные наноматериалы, чистая приведенная стоимость.

**F. V. Motsnyi,**

*DSc in Physics & Mathematics, Professor,  
Head of Department for Applied Mathematics;*

**M. E. Sinytskyi,**

*PhD in Physics & Mathematics, Associate Professor,  
Associate Professor of Information Systems and Technology Department;  
National Academy of Statistics, Accounting and Audit*

### **Financial and Statistical Analysis of Investment Projects High-Tech Scientific Developments Based on Carbon Nanomaterials**

Carbon nanomaterials (graphene, nanotubes, fullerenes, the family of derivatives from  $C_n$ ) belong to the miraculous materials of 21 century, which can radically change technologies in the coming years. Thus, unique supercapacitors with the capacity of 10,000 F have been proposed on their basis, which is 12.5 thousand higher than the capacity of the Earth. Immense funds have been invested globally in research of carbon nanomaterials and development of devices on their basis. Utilization of scientific advancements in the domestic industry will promote economic growth, innovation society building and market recovery in Ukraine.

This article is the first to pose the question about selection of advanced developments projects on the basis of carbon nanomaterials using Monte Carlo method. Investment projects for high tech scientific developments (nanotubes, nanobatteries, supercapacitors, nanoaccumulators) are analyzed. Approaches to account for the risks of investment projects in the conditions of non-established stock market in Ukraine are shown. Use of Monte Carlo method as the most preferred approach to evaluating the impact of risks on decision-making in the conditions of uncertainty is substantiated. Current market prices on respective products are used as the input database. The Net Present Value (*NPV*) and the probability of its negative numbers are computed. The point of the project reliability at which the probability of negative *NPV* numbers approximates zero is found. It is shown that this point can be used as the benchmark, because the relative distance to it is the criterion for selection of the most acceptable version of project implementation. The projects with minimal expected risks of implementation are selected.

**Keywords:** *high-tech scientific developments, carbon nanomaterials, investment project, discounted cash flow method, Monte Carlo method, net present value, risks.*

Бібліографічний опис для цитування:

Моцний Ф. В., Сіницький М. Є. Фінансово-статистичний аналіз інвестиційних проектів високотехнологічних наукових розробок на основі вуглецевих наноматеріалів // Статистика України. 2017. № 2. С. 46–52.