

УДК 330.322.54



***І. Г. РОМАНОВСЬКИЙ***

*кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри економіки та підприємництва,  
Національна металургійна академія України*

## **ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ МОНТЕ-КАРЛО ДЛЯ МОДУЛЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНИХ РИЗИКІВ АГРОПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА**

У статті розглядаються методологічні аспекти застосування методу Монте-Карло для прогнозування та врахування економічних ризиків агропромислового підприємства. Обґрунтовано можливість та доцільність використання фактору рандомності для прогнозування витрат агропромислового підприємства. Розкрита необхідність врахування волатильності цін на сировину при визначенні витрат підприємства. Застосування статистичного апарату демонструє правомірність підходу, який застосовується для врахування фактору економічних ризиків. На прикладі продемонстровано механізм впровадження методики моделювання економічних ризиків для агропромислового підприємства.

**Ключові слова:** економічний ризик, інвестиції, ціна, волатильність, рандомність, економічна ефективність, математичне моделювання.

**Постановка проблеми.** Робота підприємства в умовах української економіки вимагає врахування великої кількості ризиків внаслідок дії зовнішніх і внутрішніх факторів. До зовнішніх факторів слід віднести військову агресію боку Російської Федерації, політичні та економічні кризи, до внутрішніх – знецінення української гривні, стрімке зростання вартості енергоносіїв, сировини, вплив корупційних процесів, високого рівню олігархізації та монополізації української економіки тощо. Кожний з таких факторів обумовлює ймовірність виникнення подій, реалізація яких призводить к певним економічним втратам. Загалом, ймовірність виникнення таких несприятливих подій прийнято визначати як економічний ризик. [1]

Сільськогосподарська галузь є одною з найбільш перспективних та прибуткових галузей народного господарства України. Втім, саме ця галузь є з галузю, найбільш щільно пов'язаною з економічними ризиками, оскільки для

сільськогосподарських підприємств значна частини ризиків пов'язана з погодними та кліматичними умовами. Це призводить або недоотримання врожаю (результат – втрачений дохід), або, навпаки, до надмірних надлишків (результат - низькі ціни на результат продукцію внаслідок великої пропозиції) [21,22.23].

Тому, правильне, науково обґрунтоване врахування економічних ризиків є однією з найбільш пріоритетних вимог при оцінці ефективності роботи підприємств, які працюють в сільському господарстві.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** В науковій літературі існує велика кількість методів. Які використовуються для визначення економічних ризиків. Кожний з цих методів має свою область використання і свої переваги і недоліки.

Так, застосування статистичних методів дозволяє отримати обґрунтовану з математичної точки зору характеристику рівня економічного ризику, але вимагають залучення великих масивів первинних даних для визначення функцій щільності вірогідності, що обмежує сферу їх використання [2].

Для визначення рівня ризику окремих операцій підприємства використовуються аналогові методи, які обмежуються необхідністю забезпечення порівнянності об'єктів, що аналізуються [2].

До недоліків експертних методів, які дозволяють отримувати кількісну оцінку економічних ризиків, слід віднести високий рівень суб'єктивізму внаслідок залучення певної кількості фахівців.

Для оцінки впливу окремих факторів на результат інвестиційного проекту залучають аналіз чутливості, який дозволяє враховувати вплив кожного окремого фактору на кінцевий результат. Але, застосування цього методу обмежується складністю врахування ймовірнісного розподілу ключових факторів з урахуванням ступеню відповідності економічному ризику [3].

Для умов прогнозування економічних ризиків в умовах стабільного фондового ринку використовується модель оцінки капітальних активів (метод бета-коефіцієнта). При цьому економічний ризик кожного окремого об'єкту бізнес – діяльності визначається у порівнянні із систематичним ризиком, який характеризує середній рівень ризику для окремого ринку. Фактором, який обмежує застосування цього методу, є потреба в великій базі попередніх даних, на підставі аналізу якої визначається рівень систематичного ризику [3,4].

Для врахування ступеню впливу рандомних факторів використовується метод Монте-Карло, який дозволяє визначати результуючий показник на підставі імітації можливих сценаріїв ринкової ситуації за допомогою генерації рандомних величин. Цей метод отримав свою назву від міста Монте-Карло (Монако), відомого гральними закладами, діяльність яких пов'язана з

випадковими процесами. Загалом, Метод Монте-Карло— це загальна назва групи числових методів, основаних на одержанні великої кількості сценаріїв реалізацій рандомного (випадкового) процесу, який формується у такий спосіб, щоб його ймовірнісні характеристики збігалися з аналогічними величинами задачі, що розв'язується [4,5].

Застосування комп'ютерної техніки дозволяє здійснювати моделювання на підставі великої кількості можливих сценаріїв, враховувати та прогнозувати кореляційні залежності між окремими параметрами, які аналізуються. Основним недоліком цього методу є складність визначення функції щільності ймовірності змінних параметрів, яку доцільно будувати на підставі аналізу існуючих трендів.

**Формулювання цілей статті.** Метою статті є формулювання та відпрацювання методики оцінки економічних ризиків для підприємств з урахуванням рандомності (випадковості) факторів, які впливають на кінцевий результат труда.

**Виклад основного матеріалу.** Економічний ризик – це ймовірність відбуття події, внаслідок якої будуть отримані певні економічні втрати. Тобто, це випадкова характеристика, яка пов'язана з частотою виникнення несприятливих в економічному сенсі умов, що призводять до втратам, збиткам або недоотриманню доходів прибутку тощо [1,2].

У сільськогосподарських підприємствах значна частини ризиків пов'язана з погодними або кліматичними умовами, які, незважаючи на певні кліматичні тенденції, працюють за умов рандомності факторів, які впливають на результат їх роботи. Наприклад, різке похолодання в кінці квітня 2017 року в Дніпропетровській області, незважаючи на багаторічні результати метеорологічного спостереження (середня місячна температура, кількість осадків тощо), призвело до непередбачуваних втрат урожаю і збиткам агропромислових підприємств.

Тому, при оцінці ефективності роботи агропромислових підприємств слід обов'язково враховувати фактори економічних ризиків [4]

В нашому випадку розглядаємо агропромислове підприємство, яке виробляє комбікорми. В якості фактору, на прикладі якого оцінюємо вплив економічних ризиків, обираємо ціну на основний вид сировини для комбікормів – суміш, яка виготовлюється з різних видів злаків (далі – основний вид сировини). Фактично, такий підхід можливий для необмеженої кількості параметрів, які впливають на собівартість готової продукції, а взаємозв'язок між окремими параметрами здійснюється за допомогою багатфакторного кореляційного аналізу з урахуванням ступеню впливу кожного з параметрів.

Ціна основного виду сировини залежить від попиту і пропозиції, тобто, в значній мірі, від погодних умов, які є невизначеними, і непередбачена зміна яких може призвести до економічних втрат.

Для визначення ціни на основну сировину пропонуємо застосовувати підхід Блек-Шоулса [6,7], в основу якого закладено принцип волатильності (мінливості). Цей метод полягає в наступному. Волатильність (мінливість) — статистичний показник, що характеризує тенденцію ринкової ціни або доходу змінюватися з часом. Цей показник дозволяє встановлювати та враховувати міру ризику використання фінансового інструмента за заданий проміжок часу. Найчастіше враховується середня волатильність.

Волатильність прийнято вимірювати в абсолютному (наприклад, 6253.24±6.253 грн.) або відносному (6253.24±1%) вигляді. Існує два види волатильності (мінливості): історична та очікувана.

Під історичною волатильністю прийнято розуміти стандартне відхилення вартості фінансового інструмента за окремий проміжок часу; цей показник розраховується на підставі історичних даних про вартість фінансового інструменту.

Другий вид волатильності - очікувана, її визначають на основі поточної вартості фінансового інструмента із припущенням, що його ринкова вартість відбиває очікуваний рівень економічного ризику.

При визначенні історичної волатильності необхідно визначити середньорічну волатильність  $V_G$ , яка пропорційна стандартному відхиленню вартості фінансового інструменту  $\sigma_{SD}$  і обернено пропорційна квадратному кореню періоду часу (T):

$$V_G = \frac{\sigma_{SD}}{\sqrt{T}} \quad (1)$$

За допомогою принципу волатильності (мінливості) ми можемо визначити «історичну» тенденцію зміни ціни на фінансовий інструмент або товар (у нашому випадку – основний вид сировини). За допомогою стандартного відхилення враховуємо ступінь коливання параметру, що вивчається, у відношенні до його середнього значення протягом окремого періоду часу.

Вплив економічних ризиків на параметр, який оцінюється, здійснюємо за допомогою варіації параметру сумісно з значенням відхилення параметру, що відповідає рандомній ймовірності  $P_i$ .

В нашому випадку за допомогою рандомності (випадковості) ми оцінюємо вплив непередбачуваних зовнішніх факторів (наприклад, погодних умов) на ціну сировини.

Таким чином, застосовуємо експотенційну залежність, яка, на погляд авторів [28,29] найбільш підходить для оцінювання зміни цін фінансових

інструментів за умов безперервності функції ціни протягом окремого періоду часу.

При аналізі безперервної зміни цін протягом окремого періоду часу використовуємо логарифмічну функцію  $\sum_0^t \text{Ln}(\frac{P_t}{P_{t-1}})$ , яка здійснює експотенційне згладжування відхилень параметра, що розглядається (ціни сировини).

Інформація щодо ціни злакової суміші для виготовлення комбікормів наведена в табл. 1.

Таблиця 1

**Ціни злакової суміші для виготовлення комбікормів**

| Період часу | Ціна 1 т злакової суміші | Складова експотенційного згладжування |
|-------------|--------------------------|---------------------------------------|
| 1           | 4562.33                  |                                       |
| 2           | 4921.32                  | $\text{Ln}(4921.32/4562.33)= 0.0757$  |
| 3           | 5042.29                  | $\text{Ln}(5042.29/4921.32)=0.0243$   |
| 4           | 5139.84                  | $\text{Ln}(5139.84/5042.29)= 0.0192$  |
| 5           | 5290.72                  | $\text{Ln}(5290.72/5139.84)=0.0289$   |
| 6           | 5522.24                  | $\text{Ln}(5522.24/5290.72)=0.0428$   |
| 7           | 5791.49                  | $\text{Ln}(5791.49/5522.24)=0.0476$   |
| 8           | 5561.26                  | $\text{Ln}(5561.26/5791.49)=-0.0406$  |
| 9           | 5756.37                  | $\text{Ln}(5756.37/5561.26)=0.0345$   |
| 10          | 6383.31                  | $\text{Ln}(6383.31/5756.37)=0.1034$   |
| 11          | 6479.56                  | $\text{Ln}(6479.56/6383.31)=0.0150$   |
| 12          | 6294.86                  | $\text{Ln}(6294.86/6479.56)=-0.0289$  |
| 13          | 6253.24                  | $\text{Ln}(6253.24/6294.86)=-0.0066$  |
|             | С у м а                  | 0.03152                               |

Розрахуємо волатильність ціни протягом періоду, що аналізується. Середнє значення цього показнику дорівнює

$$\bar{V} = \sum_0^t \text{Ln}(\frac{P_t}{P_{t-1}}) / t = 0.03152 / 12 = 0.02627$$

Далі визначаємо значення стандартного відхилення та варіації, результати розрахунків наведено в табл. 2.

Згідно з підходом Блек-Шоулса майбутня ціна визначається як добуток сьогоденної ціни на число Ейлера (основу натурального алгоритму  $e=2.718182$ ) у ступеню  $r$ , який враховує тенденцію зміни ціни внаслідок «ринкової» історії і вплив фактору ризику[7]:

$$FV = PV \times e^r \tag{2}$$

де  $FV = PV \times e^r$ ,

FV – майбутня ціна,

PV – поточна ціна,

## Результати визначення стандартного відхилення та варіації ціни злакової суміші протягом періоду, що аналізується

| Період часу | Ціна 1 т злакової суміші | $\ln \frac{C_t}{C_{t-1}}$ | $(\bar{V} - \ln \frac{C_t}{C_{t-1}})^2$ |
|-------------|--------------------------|---------------------------|---|
| 1           | 4562.33                  |                           |   |
| 2           | 4921.32                  | 0.0757                    | 0.00245                                 |
| 3           | 5042.29                  | 0.0243                    | 0.00000                                 |
| 4           | 5139.84                  | 0.0192                    | 0.00005                                 |
| 5           | 5290.72                  | 0.0289                    | 0.00001                                 |
| 6           | 5522.24                  | 0.0428                    | 0.00027                                 |
| 7           | 5791.49                  | 0.0476                    | 0.00046                                 |
| 8           | 5561.26                  | -0.0406                   | 0.00447                                 |
| 9           | 5756.37                  | 0.0345                    | 0.00007                                 |
| 10          | 6383.31                  | 0.1034                    | 0.00595                                 |
| 11          | 6479.56                  | 0.0150                    | 0.00013                                 |
| 12          | 6294.86                  | -0.0289                   | 0.00305                                 |
| 13          | 6253.24                  | -0.0066                   | 0.00108                                 |
|             | Загалом                  |                           | 9.017975                                |

$r$  – показник, який враховує тенденцію зміни ціни внаслідок «ринкової» історії і впливу фактору ризику.

Показник  $r$  визначаємо наступним чином:

$$r = \sum_0^t \ln\left(\frac{C_t}{C_{t-1}}\right) - \frac{\sigma}{2} + D \times F_{\text{ЗВОР}}^{\text{НОРМ.РОСП}}(P_{\text{РАНД}}), \quad (3)$$

де  $C_t$  та  $C_{t-1}$  – співвідношення ціни на товар в наступний та попередній часу,

$\sigma$  – стандартне відхилення коефіцієнтів волатильності;

$D$  – дисперсія коефіцієнтів волатильності;

$F_{\text{ЗВОР}}^{\text{НОРМ.РОСП}}$  – зворотне значення функції нормального розподілу, яке забезпечує відбуття випадкової вірогідності  $P_{\text{РАНД}}$ .

Стандартне відхилення та варіацію визначаємо як

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_0^t (\bar{V} - \ln \frac{C_t}{C_{t-1}})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0.01797}{12-1}} = 0.04042 \quad (4)$$

$$D = \sigma^2 = 0.04042^2 = 0.001634 \quad (5)$$

Для визначення зворотних значень функції нормального розподілу, які забезпечують відбуття випадкових вірогідностей, зворотне значення функції нормального розподілу, яке забезпечує відбуття випадкових ймовірностей  $P_{\text{РАНД}}^1, P_{\text{РАНД}}^2, P_{\text{РАНД}}^3, \dots, P_{\text{РАНД}}^{n1}$  пропонуємо використовувати метод Монте-Карло, оскільки він дозволяє здійснювати імітацію для приблизного відтворення реальних явищ. Підставою для використання цього методу у нашому випадку є

і те, що він об'єднує аналізи чутливості та розподілу ймовірностей вхідних змінних.

Розподіл ймовірностей вхідних змінних визначаємо за допомогою формули

$$FV = PV \times \text{EXP} \left( \sum_0^t \text{Ln} \left( \frac{\Pi_t}{\Pi_{t-1}} \right) - \frac{\sigma}{2} + D \times F_{\text{ЗВОР}}^{\text{НОРМ.ПОСП}} (P_{\text{РАНД}}^{\text{МОНТЕ КАРЛО}}) \right) \quad (6)$$

На відміну від формули 3, в формулу 6 входить складова  $F_{\text{ЗВОР}}^{\text{НОРМ.ПОСП}} (P_{\text{РАНД}}^{\text{МОНТЕ КАРЛО}})$ , яка дозволяє визначати необмежений масив зворотних значень функції нормального розподілу за умов забезпечення відбуття масиву випадкових ймовірностей  $P_{\text{РАНД}}$ . Ці ймовірності моделюються за допомогою функції генератора випадкових значень в програмі MicroSoft Excel, яка використовувалась при здійсненні розрахунків.

Розраховані за допомогою формули 6 значення майбутньої ціни основного виду сировини для виготовлення продукції агропромислового підприємства з урахуванням економічних ризиків (врахування умови рандомності) наведені у ранжованому вигляді (у порядку збільшення) в табл. 3. Для наочності розглядалось і наведено 200 варіантів випадкових цін.

Таблиця 3

**Значення майбутньої ціни основного виду сировини з урахуванням економічних ризиків, промодельовані за методом Монте Карло**

|      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 5830 | 6129 | 6217 | 6276 | 6335 | 6408 | 6479 | 6547 | 6629 | 6780 |
| 5893 | 6144 | 6219 | 6284 | 6342 | 6410 | 6490 | 6552 | 6641 | 6787 |
| 5916 | 6146 | 6220 | 6286 | 6345 | 6412 | 6491 | 6565 | 6645 | 6807 |
| 5927 | 6159 | 6226 | 6290 | 6350 | 6418 | 6495 | 6567 | 6645 | 6812 |
| 5930 | 6161 | 6226 | 6291 | 6351 | 6420 | 6496 | 6567 | 6646 | 6813 |
| 5935 | 6162 | 6231 | 6291 | 6354 | 6421 | 6499 | 6570 | 6651 | 6816 |
| 5975 | 6163 | 6238 | 6299 | 6354 | 6426 | 6504 | 6577 | 6652 | 6829 |
| 6010 | 6163 | 6239 | 6299 | 6359 | 6428 | 6504 | 6577 | 6657 | 6847 |
| 6021 | 6164 | 6240 | 6301 | 6366 | 6430 | 6506 | 6577 | 6667 | 6847 |
| 6028 | 6171 | 6252 | 6302 | 6368 | 6434 | 6508 | 6578 | 6675 | 6851 |
| 6034 | 6173 | 6254 | 6303 | 6371 | 6435 | 6511 | 6599 | 6696 | 6878 |
| 6040 | 6185 | 6258 | 6308 | 6384 | 6441 | 6512 | 6607 | 6701 | 6891 |
| 6041 | 6185 | 6260 | 6308 | 6387 | 6444 | 6531 | 6609 | 6701 | 6898 |
| 6060 | 6190 | 6264 | 6315 | 6389 | 6446 | 6534 | 6612 | 6703 | 6909 |
| 6062 | 6190 | 6265 | 6317 | 6389 | 6453 | 6538 | 6613 | 6707 | 6928 |
| 6075 | 6191 | 6265 | 6321 | 6394 | 6455 | 6538 | 6618 | 6709 | 6930 |
| 6077 | 6196 | 6266 | 6321 | 6398 | 6462 | 6539 | 6622 | 6710 | 6948 |
| 6082 | 6197 | 6267 | 6324 | 6402 | 6462 | 6541 | 6623 | 6714 | 6949 |
| 6083 | 6209 | 6269 | 6325 | 6403 | 6467 | 6541 | 6626 | 6744 | 7039 |
| 6125 | 6210 | 6273 | 6325 | 6405 | 6470 | 6543 | 6627 | 6773 | 7145 |

Для того, щоб зробити висновок щодо математичного очікування майбутньої ціни основного виду сировини, проаналізуємо закон розподілу цього параметру на підставі інформації, наведеної в табл. 3.

Для визначення кількості інтервалів, на які доцільно розподілити масив інформації з 200 параметрів, залучаємо відому формулу Стерджеса, яка має наступний вигляд

$$n = 1 + 3.322 \lg N, \quad (2.7)$$

де  $n$  - кількість інтервалів, на яку доцільно розподілити масив даних,  
 $N$  - кількість параметрів, що входять в первинний масив даних.

У нашому випадку, оскільки  $8.414 = 1 + 3.322 \times \lg 200$ , обираємо дев'ять інтервалів, межі інтервалів та частоти яких наведено в табл. 4.

Таблиця 4

**Межі інтервалів та їх частоти**

| Верхня межа цінового інтервалу основного виду сировини | Частота |
|--|---------|
| 5986.289   | 7       |
| 6142.577   | 14      |
| 6298.866   | 45      |
| 6455.155   | 50      |
| 6611.443   | 37      |
| 6767.732   | 26      |
| 6924.021   | 15      |
| 7080.309   | 5       |
| 7236.598   | 1       |
| Загалом  | 200     |

Для того, щоб зробити висновок щодо характеру розподілу параметрів цін з урахуванням економічних ризиків за методом Монте Карло, побудуємо діаграму розподілу частот на підставі даних табл. 4. Така діаграма наведена на рис. 1.

Як видно з рис. 1, розподіл частот носить чіткий нормальний розподіл. Це свідчить про те, що припущення, які використовувались при побудові математичній моделі врахування впливу економічних ризиків, є коректними і доцільними, вони відбивають зміст процесу впливу економічних ризиків на ціну основного виду сировини з урахуванням волатильності цін.

В якості підтвердження результатів візуального оцінювання кривої на рис. 1 за допомогою Microsoft Excel була розрахована аналітична функція розподілу частот в залежності від розрахованої за умов волатильності і рандомності ціни, яка враховує вплив економічних ризиків ціни на основний вид сировини. Ця залежність має такий вигляд



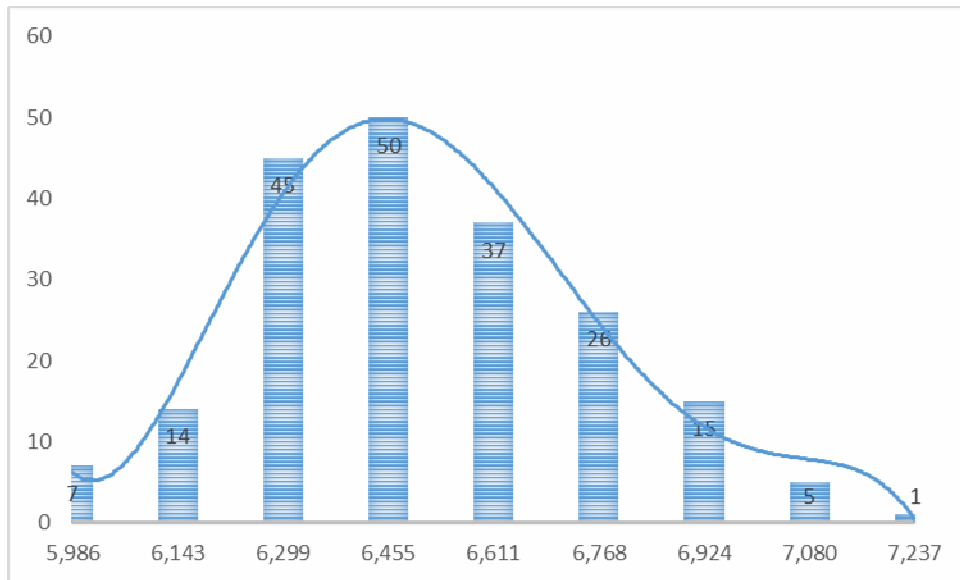


Рис. 1. Діаграма розподілу частот цін на основний вид сировини з урахуванням економічних ризиків

$$Ч_1 = -0.0837Ц_1^5 + 2.2088 Ц_1^4 - 21.05 Ц_1^3 + 84.74 Ц_1^2 - 126.33 Ц_1 + 66.75 \quad (8),$$

де  $Ч_1$  – частота ймовірності попадання ціни на основний вид сировини в  $i$ -тий ціновий інтервал;

$Ц_1$  – верхня межа цінового інтервалу.

На підставі аналізу рівняння 8 також можна зробити висновок про нормальний закон розповсюдження функції частот ймовірностей.

Було визначено максимальне значення фактичної кривої розподілу частот на рисунку 1, воно дорівнює 6421.8 грн./т, стандартне відхилення складає 249.31 грн./т.

На підставі розрахунку коефіцієнта варіації, який дорівнює

$$COEF_V = \frac{249.31}{6421.8} \times 100\% = 3.88\%$$

можна зробити висновок про збіжність показників, що є підставою для застосування математичної моделі, яку нами було запропоновано.

Далі розглянемо рекомендації щодо застосування викладених вище посилок. Використання ціни на основний вид сировини, яка визначається з урахуванням фактору рандомності, дозволяє враховувати економічні ризики для оцінки ефективності інвестиційного проекту.

Для оцінки надійності результатів інвестиційного проекту в умовах виникнення непередбачуваних економічних ризиків здійснюємо аналіз чутливості проекту до зміни двох факторів: ціни основного виду сировини та ціни готової продукції агропромислового підприємства безпосередньо. Для визначення меж зміни кожного фактору доцільно використовувати багатфакторний кореляційний аналіз, який дозволяє не тільки враховувати

ступінь впливу певної кількості зовнішніх і внутрішніх факторів як на ціну основного виду сировини, так і на ціну готової продукції підприємства, але й моделювали ці показники.

Середня очікувана ціна 1 т. основного виду сировини складає 6421.8 грн. З метою врахування економічних ризиків, проаналізуємо, яким чином вплине зміна цін основного виду сировини та готової продукції аграрного підприємства на ефективність інвестиційного проекту. Зміну кожного із зазначених вище параметрів виражаємо у відсотках від їх базових значень у звітному періоді.

Параметри, за якими оцінюється ефективність інвестиційного проекту – це чиста теперішня вартість, внутрішня ставка прибутковості, дисконтований період окупності та індекс прибутковості інвестицій. Для наочності продемонструємо зміну індексу прибутковості інвестицій в залежності від зміни ціни основного виду сировини та готової продукції агропромислового підприємства.

Розрахуємо зміну цього показника при одночасному підвищенні ціна на основний вид сировини в межах [1%;10%] та зміні ціни готової продукції агропромислового підприємства в межах [-2.5%;10%].

При базових значеннях цін на основний вид сировини та готової продукції величина індексу прибутковості інвестиції внаслідок реалізації комплексу проектних заходів склала 1.675 грн./грн. Оскільки значення цього показника перевищує одиницю, то це свідчить про ефективність проектних заходів. Для розрахунку чутливості інвестиційного проекту за допомогою програмного забезпечення EXCEL, процедура аналізу «What if (Якщо..)», було розраховано значення індексів прибутковості з урахуванням ймовірних змін цін основного виду сировини та готової продукції. Результати наведено в табл. 5.

Як бачимо з табл. 5, інвестиційний проект буде неефективним у тих випадках, коли індекс ефективності буде меншим за одиницю. Це відбувається при одночасному підвищенню вартості основного виду сировини та зменшенню ціни готової продукції підприємства. Врахування економічних ризиків дозволяє визначити такі відхилення від середньоочікуваної вартості основного виду сировини, які, при одночасному зменшенню ринкової ціни на готову продукцію агропромислового підприємства, зроблять інвестиційний проект неефективним.

**Індекс прибутковості інвестиційного проекту за умов зміни вартості  
основного виду сировини і ціни готової продукції, грн./грн.**

|                                       |        | Відносна зміна вартості основного виду сировини |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------------------------|--------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                       |        | 1%  | 2%   | 3%   | 4%   | 5%   | 6%   | 7%   | 8%   | 9%   | 10%  |
| Відносна зміна ціни готової продукції | -2.50% | 0.83  | 0.76 | 0.70 | 0.63 | 0.56 | 0.49 | 0.42 | 0.36 | 0.29 | 0.22 |
|                                       | -2.25% | 0.91  | 0.84 | 0.77 | 0.71 | 0.64 | 0.57 | 0.50 | 0.43 | 0.37 | 0.30 |
|                                       | -2.00% | 0.99  | 0.92 | 0.85 | 0.78 | 0.72 | 0.65 | 0.58 | 0.51 | 0.44 | 0.38 |
|                                       | -1.75% | 1.06  | 1.00 | 0.93 | 0.86 | 0.79 | 0.73 | 0.66 | 0.59 | 0.52 | 0.45 |
|                                       | -1.50% | 1.14  | 1.07 | 1.01 | 0.94 | 0.87 | 0.80 | 0.74 | 0.67 | 0.60 | 0.53 |
|                                       | -1.25% | 1.22  | 1.15 | 1.08 | 1.02 | 0.95 | 0.88 | 0.81 | 0.74 | 0.68 | 0.61 |
|                                       | -1.00% | 1.30  | 1.23 | 1.16 | 1.09 | 1.03 | 0.96 | 0.89 | 0.82 | 0.75 | 0.69 |
|                                       | -0.75% | 1.37  | 1.31 | 1.24 | 1.17 | 1.10 | 1.04 | 0.97 | 0.90 | 0.83 | 0.76 |
|                                       | -0.50% | 1.45  | 1.38 | 1.32 | 1.25 | 1.18 | 1.11 | 1.05 | 0.98 | 0.91 | 0.84 |
|                                       | -0.25% | 1.53  | 1.46 | 1.39 | 1.33 | 1.26 | 1.19 | 1.12 | 1.06 | 0.99 | 0.92 |
|                                       | 0.00%  | 1.61  | 1.54 | 1.47 | 1.40 | 1.34 | 1.27 | 1.20 | 1.13 | 1.07 | 1.00 |
|                                       | 0.25%  | 1.68  | 1.62 | 1.55 | 1.48 | 1.41 | 1.35 | 1.28 | 1.21 | 1.14 | 1.07 |
|                                       | 0.50%  | 1.76  | 1.69 | 1.63 | 1.56 | 1.49 | 1.42 | 1.36 | 1.29 | 1.22 | 1.15 |
|                                       | 0.75%  | 1.84  | 1.77 | 1.70 | 1.64 | 1.57 | 1.50 | 1.43 | 1.37 | 1.30 | 1.23 |
|                                       | 1.00%  | 1.92  | 1.85 | 1.78 | 1.71 | 1.65 | 1.58 | 1.51 | 1.44 | 1.38 | 1.31 |
|                                       | 1.25%  | 2.00  | 1.93 | 1.86 | 1.79 | 1.72 | 1.66 | 1.59 | 1.52 | 1.45 | 1.39 |
|                                       | 1.50%  | 2.07  | 2.00 | 1.94 | 1.87 | 1.80 | 1.73 | 1.67 | 1.60 | 1.53 | 1.46 |
|                                       | 1.75%  | 2.15  | 2.08 | 2.01 | 1.95 | 1.88 | 1.81 | 1.74 | 1.68 | 1.61 | 1.54 |
|                                       | 2.00%  | 2.23  | 2.16 | 2.09 | 2.02 | 1.96 | 1.89 | 1.82 | 1.75 | 1.69 | 1.62 |
|                                       | 2.25%  | 2.31  | 2.24 | 2.17 | 2.10 | 2.03 | 1.97 | 1.90 | 1.83 | 1.76 | 1.70 |
| 2.50%                                 | 2.38   | 2.32  | 2.25 | 2.18 | 2.11 | 2.04 | 1.98 | 1.91 | 1.84 | 1.77 |      |
| 3.00%                                 | 2.54   | 2.47  | 2.40 | 2.34 | 2.27 | 2.20 | 2.13 | 2.06 | 2.00 | 1.93 |      |
| 4.00%                                 | 2.85   | 2.78  | 2.71 | 2.65 | 2.58 | 2.51 | 2.44 | 2.37 | 2.31 | 2.24 |      |
| 5.00%                                 | 3.16   | 3.09  | 3.02 | 2.96 | 2.89 | 2.82 | 2.75 | 2.68 | 2.62 | 2.55 |      |
| 7.50%                                 | 3.93   | 3.87  | 3.80 | 3.73 | 3.66 | 3.60 | 3.53 | 3.46 | 3.39 | 3.33 |      |
| 10.00%                                | 4.71   | 4.64  | 4.58 | 4.51 | 4.44 | 4.37 | 4.30 | 4.24 | 4.17 | 4.10 |      |

**Висновки і перспективи подальших розвідок.** Слід зазначити, що застосування методики, яка пропонується, дозволяє, за умов залучення «What if...» аналізу, прогнозувати не тільки індекс прибутковості інвестицій, але і значення інших показників ефективності інвестиційного проекту (чиста теперішня вартість, дисконтований строк окупності інвестицій), внаслідок чого оцінка ефективності інвестиційного проекту буде повною.

При оцінці ступеню впливу економічних ризиків розглядався сумісний вплив двох факторів – ціни основного виду сировини та вартості готової продукції. В реальних умовах для більш точного і надійного прогнозування

необхідно враховувати не лише вплив більшої кількості факторів, які впливають на економічні показники роботи підприємства, але і щільність і характер взаємозв'язку між такими параметрами. Слід передбачити, що деякі з таких параметрів можуть мати не тільки чисельні значення, але й виражатись за допомогою атрибутивних параметрів, для оцінки яких використовується інша система вимірювань (двійкова або інші системи числення). У цьому випадку виникає необхідність залучення логістичної регресії та метода найбільшої вірогідності для визначення функцій щільності імовірностей.

Крім того, на погляд автора, внаслідок невизначеності багатьох економічних процесів, які відбуваються в економіці України (відсутність чіткого державного регулювання, вплив інших внутрішніх та зовнішніх факторів), залучення методу Монте-Карло має подальші широкі перспективи, оскільки саме цей метод може бути залученим для оцінки ступеню впливу інших факторів на ефективність інвестування з урахуванням економічних ризиків.

#### **Список використаної літератури**

1. Brigham E. Financial Management. Theory and practice/ E. Brigham. - USA, Thomson Learning, 2008. – 1071 p.
2. Kozenkov D.E. Risks in investment activities of industrial enterprises./ D.E. Kozenkov, V.M. Teneta. – Dnipropetrovsk: Accent PP, 2013. –160 p.
3. Capul J.Y. A economia e as ciencias sociais de A a Z / J. Y. Capul. – Lisboa: Platano editorial, 2005. – 267 p.
4. Hirschley M., Fundamentals of Managerial Economics / M. Hirschley, J. L. Pappas. – Orlando, Fl: The Driden Press, 1992. – 713 p.
5. Hazlitt H. Economics in One Lesson / H. Hazlitt. – Baltimore: LaissezFaire Books, 1996. – 205 p.
6. Options Pricing: Black-Scholes Model [Electronic resource] – Mode of access: <http://www.investopedia.com/university/options-pricing/black-scholes-model.asp>
7. Myron S. Scholes Black-Scholes Model [Electronic resource] – Mode of access:<http://www.investopedia.com/video/play/blackscholes-model/>
8. Artill P. Accounting and finance for Non-Specialist/ P. Artill, E. McLaney. – Harlow, England, Prentice Hall, 2006. – 536 p.
9. Araújo A. Manual de Análise de Projectos de Investimento/ A.J.M. Araújo. – Lisboa: Rei dos Livros, 2003. – 286 p.

## References

1. Brigham, E. (2008), *Financial Management. Theory and practice*, Thomson Learning, USA.
2. Kozenkov, D.E., Teneta, V.M. (2013), *Risks in investment activities of industrial enterprises*, Accent PP, Dnipropetrovsk, Ukraine.
3. Capul, J.Y. (2005), *A economia e as ciencias sociais de A a Z* [Economy and social sciences from A to Z], Platano editorial, Lisboa, Portugal.
4. Hirschley, M., Pappas, J. (1992), *Fundamentals of Managerial Economics*, The Driden Press, Orlando, USA.
5. Hazlitt, H. (1996), *Economics in One Lesson*, LaissezFaire Books, Baltimore, USA.
6. Options Pricing: Black-Scholes Model, available at: <http://www.investopedia.com/university/options-pricing/black-scholes-model.asp> (Accessed 24 May 2017)
7. Myron, S. Scholes Black-Scholes Model, available at: <http://www.investopedia.com/video/play/blackscholes-model/> (Accessed 24 May 2017)
8. Artill, P., McLaney, E. (2006), *Accounting and finance for Non-Specialist*, Prentice Hall, Harlow, England.
9. Araújo, A. (2003), *Manual de Análise de Projectos de Investimento* [Manual of Analysis of Investment Projects], Rei dos Livros, Lisboa, Portugal.

**Romanovskyi I., Candidate of Technical Science, Associate Professor, National Metallurgical Academy of Ukraine**

**Application of the Monte Carlo method to simulate the economic risks of agro-industrial enterprise**

The article deals with theoretical and practical aspects of applying the Monte Carlo method to simulate economic risks of an agro-industrial enterprise. The author set forth a new technique that allows to evaluate a degree of influence of economic risks in investment projecting. Taking into account the randomness of significant factors being studied, the principle of volatility is applied to predict and determine the value of economical risks, influence. As shown in the article, its testing yield reliable results.

**Key words:** Economical risk, randomness, volatility, investment project.

**Романовский И.Г., к.т.н., доцент, Национальная металлургическая академия Украины**

**Применение метода Монте-Карло для моделирования экономических рисков агропромышленного предприятия**

В статье рассматриваются теоретические и практические аспекты использования метода Монте-Карло для моделирования экономических рисков. На основании принципа волатильности с учетом randomness (случайности) анализируемых факторов предложена и апробирована методика, позволяющая оценить степень влияния экономических рисков при инвестиционном проектировании.

**Ключевые слова:** экономический риск, randomness, волатильность, инвестиционный проект.