

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ  
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

М.Ю. Карпенко,  
О.М. Штельма,  
О.В. Клименко

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
**ДО ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ**  
**З ДИСЦИПЛІНИ**  
**«ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ»**

*(для студентів 2 курсу денної форми навчання освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр, напрямку підготовки 6.030504 - «Економіка підприємства»)*

Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Економіко-математичне моделювання» (для студентів 2 курсу денної форми навчання освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр, напряму підготовки 6.030504 - «Економіка підприємства») / Укл.: Карпенко М.Ю., Штельма О.М., Клименко О.В. – Харків: ХНАМГ, 2009. – 47 с.

Укладачі: М.Ю. Карпенко  
О.М. Штельма  
О.В. Клименко

Методичні вказівки побудовані за вимогами кредитно-модульної системи організації навчального процесу та узгоджена з орієнтовною структурою змісту навчальної дисципліни, рекомендованою Європейською Кредитно-Трансферною Системою (ECTS).

Рекомендовано для студентів економічних спеціальностей.

Рецензент: зав. кафедри прикладної математики та інформаційних технологій Харківської національної академії міського господарства, доцент фізико-математичних наук Костенко О.Б.

Затверджено на засіданні кафедри прикладної математики та інформаційних технологій, протокол №5 від 26.12.2008 р.

© Карпенко М.Ю., Штельма О.М., Клименко О.В. ХНАМГ, 2009

## Мета роботи

Мета виконання розрахунково-графічної роботи(частина 1) — вивчення методів та інструментів дослідження інвестиційних ризиків з використанням засобів імітаційного моделювання.

## Етапи виконання роботи

Робота складається з таких етапів:

- ▶ ознайомлення з теоретичним матеріалом;
- ▶ вивчення моделі аналізу інвестиційних ризиків;
- ▶ опанування інструментом реалізації моделі аналізу інвестиційних ризиків;
- ▶ одержання індивідуальних даних у викладача та реалізація моделі аналізу інвестиційних ризиків;
- ▶ аналіз моделі та написання звіту.

## Вступ

Ризик за умов ринкової економіки є невід’ємним супутником кожного управлінського рішення. Він діє незалежно від форми власності підприємства, від сфери його діяльності, масштабів виробництва тощо.

Урахування ризику, оцінка його впливу на ключові показники бізнес-процесів потребують пильної уваги. Особливо, коли йдеться про етап **інвестиційних** рішень. Адже наслідки таких рішень мають стратегічний, довготривалий характер. Вони впливають практично на всі аспекти діяльності суб’єкта господарювання. Вони можуть докорінно змінити всю низку його показників. Одне хибне інвестиційне рішення в змозі перетворити лідера ринку на його аутсайдера, зробити з надійного партнера остаточного банкрута. Саме тому будь-яка організація у своїй роботі має постійно аналізувати інвестиційний ризик, вчасно впроваджувати заходи щодо його зменшення чи навіть повного нівелювання. Вирі-

шити таке завдання можна за однієї умови: чітко визначити, **що** представляє собою інвестиційний ризик і **як його оцінювати**.

Здебільшого термін «інвестиційний ризик» асоціюють з ймовірністю відхилення **фактичного** інвестиційного доходу від його **очікуваного** значення. Проаналізувати та оцінити цей показник можна багатьма способами. Але всі вони діляться на два різновиди, – **якісний й кількісний**.

Якісний аналіз має на меті ідентифікувати фактори ризику. Тобто – знайти ті етапи бізнес-процесів, де цей ризик виникає.

Завдання кількісного аналізу полягає в оцінюванні ступеню ризику. Причому, як за окремими складовими, так і в цілому. Така оцінка здебільшого носить формальний, математичний характер. Вона може бути представлена у числовому вимірі.

Методика якісної оцінки ризиків зовні дуже проста. Принаймі, такою вона виглядає... До подібного висновку спонукає описовий характер якісних оцінок, їх нечітке формулювання. Але ж то так не є! Етап якісної оцінки ризиків проекту дуже важливий та відповідальний. Саме на його підґрунті мають з'явитись кількісні показники можливих та діючих ризиків, їх вартісна оцінка, розмір «стабілізаційних» заходів, що треба задіяти для компенсації негативних наслідків.

Щодо кількісних оцінок, тут є декілька підходів. Основні з них – це статистичний метод, метод експертних оцінок та комбінований метод. Кожен з методів має свої переваги, певні недоліки й навіть вади.

Статистичний метод потребує досить великого масиву спостережень за основними факторами ризику. Цей масив згодом обробляють спеціальними математичними методами, які автоматично генерують низку кількісних оцінок.

Експертний метод не потребує масиву статистичних спостережень. Його побудовано на обробці думок досвідчених експертів чи групи фахівців. Перевага експертного методу полягає у тому, що він працює за умов відсутності обґрунто-

ваних статистичних даних. Коли з об'єктивних причин зібрати інформацію щодо виявлення суб'єктивних ймовірностей процесів неможливо.

Комбінований метод представляє собою гібрид статистичного й експертного методів визначення ризику. На практиці така схема досліджень є досить популярна.

Кількісна оцінка ступенів ризику не робиться сама по собі. Така оцінка не є кінцевою метою на етапі прийняття інвестиційних рішень. **Кількісне вимірювання ризиків є тільки етап, підґрунтя, на базі якого робиться аналіз фінансового стану та ефективності проекту** (з урахуванням оцінених ризиків).

Для цього є декілька методів, а саме:

- метод коригування норми дисконту;
- метод достовірних еквівалентів;
- метод чутливості показників проекту (здебільшого за показники беруть критерії ефективності);
- метод сценаріїв;
- аналіз ймовірнісних розподілів потоків платежів;
- «дерево рішень»;
- метод Монте-Карло (імітаційне моделювання).

Всі вказані методи зводяться до двох моментів:

1) коригування чистих грошових потоків з поправкою на ризик; 2) урахування ризиків при визначенні коефіцієнту дисконтування.

Головною перевагою **методу коригування** норми дисконту є простота розрахунків. Але ж цей метод має й численні недоліки, наприклад:

- він не дає жодної інформації щодо ступеню ризику, про ймовірнісні розподіли майбутніх грошових потоків; не дозволяє отримати їх оцінку;

- метод суттєво обмежує можливості моделювання різних варіантів поведінки, оскільки в ньому все зводиться до аналізу залежності між показниками проекту та змінами норми дисконтування.

Виходячи з цього, інвестиційні аналітики мусять обережно використовувати коефіцієнт дисконтування при вирішенні завдань обліку ризиків проекту.

Суттєвим кроком вперед стосовно оцінювання інвестиційних проектів багато дослідників й практикуючих спеціалістів вважають метод **аналізу чутливості реагування**. До переваг цього методу слід віднести:

- можливість виділити змінні з найбільшим впливом на результат проекту;
- здатність метода виділити групу проектів з високим ступенем ризику.

Проте цей метод теж має певні недоліки, а саме:

- він передбачає зміну тільки одного показника, у той час як інші чинники вважають за постійні величини;
- метод не дає імовірнісних оцінок можливих відхилень між початковим та результуючим показником. У цьому відношенні слід віддати перевагу методу **аналізу сценаріїв**. Адже він передбачає розробку й подальше вивчення ситуацій розвитку інвестиційного проекту. Причому, – як за базових умов, так і в найбільш ризикованих варіантах для його учасників.

Подолати більшість вказаних недоліків дозволяє метод імітаційного моделювання. Він базується на т.з. методі Монте-Карло. Перевага цього методу полягає у тому, що він дозволяє знайти інтервальні значення проектних ризиків, у межах яких можна досягти успішної реалізації інвестиційного проекту.

Імітаційне моделювання (simulation) є одним із потужних методів аналізу економічних систем. Під імітацією розуміють процес проведення на ЕОМ експериментів з математичними моделями реальних систем. Цілі проведення імітаційних експериментів можуть бути різними — від виявлення властивостей та закономірностей досліджуваної системи до вирішення конкретних практичних завдань. З розвитком засобів обчислювальної техніки та програмного забезпе-

чення спектр застосування імітації у сфері економіки істотно розширився. Імітаційне моделювання з успіхом використовують як для розв'язання завдань внутрішньофірмового управління, так і для моделювання процесів управління на макроекономічному рівні. Розглянемо основні переваги застосування імітаційного моделювання у процесі вирішення завдань фінансового аналізу.

Оскільки імітація — це комп'ютерний експеримент, її головна відмінність полягає в роботі з *моделлю* системи, а не з самою системою. Тому імітаційне моделювання доцільно в тих випадках, коли робота з реальною системою ускладнена або взагалі неможлива. Наприклад, проведення реальних експериментів з економічними системами, як правило, вимагає значних витрат і навряд чи може бути здійснено на практиці. У такому випадку імітація виглядає єдиним способом дослідження систем без проведення реальних експериментів.

При дослідженні параметрів та поведінки економічних систем часто постає проблема збору необхідної інформації. Іноді цю проблему практично неможливо розв'язати, оскільки це потребує значних фінансових витрат. Наприклад, при оцінюванні ризику інвестиційних проектів, як правило, використовують прогнозні дані щодо обсягів продажу, витрат, цін і т.і. Щоб адекватно оцінити ризик, потрібно мати велику кількість інформації для формулювання правдоподібних гіпотез про ймовірнісні розподіли ключових параметрів. Зібрати потрібний обсяг інформації здебільшого проблематично. Використання імітаційного моделювання дозволяє замінити відсутні фактичні дані величинами, що отримані в процесі імітаційного експерименту.

Однією з найефективніших галузей використання імітаційного моделювання є аналіз процесів, що містять ймовірнісні величини (тобто величини, на поведінку яких не впливають особи, що приймають рішення). Такі моделі називають **стохастичними**. Стохастичні моделі часто виникають при вирішенні завдань фінансового аналізу. Застосування імітації дозволяє зробити висновки щодо можливих результатів, базуючись на ймовірнісних розподілах випадкових величин. Стохастичну імітацію часто **називають методом Монте-Карло**.

Існує багато інших переваг імітації. Докладний виклад основ імітаційного моделювання і його застосування в різних сферах можна знайти у відповідній літературі. Ми ж розглянемо технологію застосування імітаційного моделювання для аналізу ризиків інвестиційних проектів з використанням програми MS Excel.

## **Розробка моделі для аналізу ризиків інвестиційних проектів**

### **Загальний вигляд моделі**

Імітаційне моделювання — це серія експериментів, що мають на меті одержати емпіричні оцінки ступеня впливу вхідних величин (факторів) на залежні від них результати (показники). Проведення імітаційного експерименту можна розбити на етапи, а саме;

- ▶ встановити модель, що пов'язує вхідні й вихідні показники у вигляді математичного рівняння або нерівності;
- ▶ завдання законів розподілу ймовірностей для ключових параметрів моделі;
- ▶ проведення комп'ютерної імітації значень ключових параметрів моделі;
- ▶ розрахунок основних характеристик розподілу вхідних і вихідних показників;
- ▶ аналіз отриманих результатів і прийняття відповідних рішень.

Результати імітаційного експерименту, доповнені статистичним аналізом, можуть використовуватись при формуванні прогнозних моделей та сценаріїв. Здійснимо імітаційне моделювання аналізу ризиків інвестиційного проекту на такому прикладі.

Фірма розглядає інвестиційний проект з виробництва продукту "А". Експериментально були виявлені три ключових параметри проекту й визначені можливі межі їх змін (табл. 1). Інші параметри проекту вважаються сталими (табл. 2)



Таблиця 1. Ключові параметри проекту

Показники	Сценарій		
	Найгірший	Найкращий	Ймовірний
Обсяг випуску $Q$	150	300	200
Ціна за штуку $P$	40	55	50
Змінні витрати $V$	35	25	30

Таблиця 2. Сталі параметри проекту

Показники	Найбільш ймовірне значення
Постійні витрати - $F$	500
Амортизація - $A$	100
Податок на прибуток - $T$	60%
Норма дисконту - $r$	10%
Термін проекту - $n$	5
Початкові інвестиції - $I_0$	2000

Першим етапом аналізу є визначення залежності результуючого показника від вихідних. При цьому як результуючий показник звичайно виступає один із критеріїв ефективності:  $NPV$ ,  $IRR$ ,  $PI$ . Припустимо, що використовуваним критерієм є чиста теперішня вартість проекту  $NPV$ :

$$NPV = \sum_{i=1}^n \frac{NCF_i}{(1+r)^i}, \quad (1)$$

де:  $NCF_t$  – значення чистого потоку платежів у періоді  $t$ .

За умовами прикладу значення норми дисконтування  $r$  і початковий обсяг інвестицій  $I_0$  відомі і вважаються сталими протягом строку реалізації проекту (табл. 2). Будемо вважати, що потік платежів, який генерується проектом, має вид анuitету. Тоді величина потоку платежів  $NCF$  для будь-якого періоду  $t$  однакова і може бути визначена із співвідношення:

$$NCF = [Q(P - V) - F A](1 - T) + A. \quad (2)$$

Наступним етапом проведення аналізу є вибір законів розподілу ймовірностей змінних факторів. У нашому прикладі до таких факторів належать: змінні витрати  $V$ , обсяг випуску  $Q$  і ціна  $P$ . Діапазони можливих змін показників наведено у табл. 1. Ми будемо виходити з припущення, що всі ключові змінні фактори **мають рівномірний розподіл** ймовірностей. Реалізація третього етапу може бути здійснена тільки із застосуванням комп'ютерної техніки з відповідним програмним забезпеченням. Тому перш ніж приступити до третього етапу — імітаційного експерименту, познайомимося з відповідними засобами Excel, що автоматизують його проведення.

### **Технологія імітаційного моделювання засобами MS Excel**

Проведення імітаційних експериментів в Excel можна здійснити двома способами: за допомогою вбудованих функцій і використанням інструменту "Генератор случайных чисел"<sup>1</sup>. Для порівняння нижче розглядаються обидва способи. При цьому основна увага приділена технології проведення імітаційних експериментів і наступного аналізу результатів з використанням інструмента "Генератор случайных чисел".

### **Імітаційне моделювання із застосуванням функцій Excel**

Слід зазначити, що застосування вбудованих функцій доцільно лише в тому випадку, коли ймовірності реалізації всіх значень випадкової величини вважаються однаковими. Тоді для імітації значень необхідної змінної можна скористатися математичними функціями *СЛЧИС()* або *СЛУЧМЕЖДУ()*<sup>2</sup>. Формати функцій наведені у табл. 3.

---

<sup>1</sup> Цей інструмент є складовою надбудови з доповнення "Анализ данных" (Analysis ToolPack) програми MS Excel.

<sup>2</sup> Функція СЛУЧМЕЖДУ() входить не до всіх реалізацій MS Excel. Якщо функція відсутня, її роботу легко зімітувати за допомогою СЛЧИС()

Таблиця 3. Математичні функції для генерації випадкових чисел

Найменування функції		Формат функції
Оригінальна версія	Локалізована версія	
RAND	СЛЧИС	СЛЧИС() - не має аргументів
RANDBETWEEN	СЛУЧМЕЖДУ	СЛУЧМЕЖДУ (нижня_границя;вер_гр)

Функція СЛЧИС() повертає рівномірно розподілене випадкове число  $E$ , яке більше або дорівнює 0 і менше 1, тобто:  $0 \leq E < 1$ . Разом з тим, шляхом нескладних перетворень з її допомогою можна одержати будь-яке випадкове речовинне число. Наприклад, щоб одержати випадкове число між  $a$  та  $b$ , досить задати в будь-якому осередку наступну формулу:  $=СЛЧИС()*(b-a)+a$ . Ця функція не має аргументів. Якщо в Excel встановлений режим автоматичного виконання обчислень, то результат функції буде змінюватися щоразу, коли відбувається введення або коригування даних. У режимі ручного обчислення перерахування таблиці здійснюється тільки після натискання клавіші [F9]. Змінити режим виконання обчислень можна через меню Сервіс ► Параметри ► Вычисления.

В цілому застосування даної функції при вирішенні завдань фінансового аналізу обмежено рядом специфічних додатків. Однак її зручно використати в деяких випадках для генерації значень ймовірності подій.

Функція СЛУЧМЕЖДУ(нижн\_граница; верхн\_граница)<sup>3</sup>

Як випливає з назви цієї функції, вона дозволяє одержати випадкове число із заданого інтервалу. При цьому тип числа, що повертається, залежить від типу заданих аргументів.

Наприклад, згенеруємо випадкове значення для змінної  $Q$  (обсяг випуску продукту). Згідно з табл. 1,  $Q$  приймає значення з діапазону 150 - 300. Формула матиме вигляд:  $=СЛУЧМЕЖДУ(150; 300)$ .

Якщо задати аналогічні формули для змінних  $P$  та  $V$ , а також формулу для обчислення NPV і скопіювати їх необхідну кількість разів, можна одержати генеральну сукупність, що містить різні значення вихідних показників. Після чого,

<sup>3</sup> Функція СЛУЧМЕЖДУ() не у всіх версіях MS Excel.

розрахуємо відповідні параметри розподілу та можна провести ймовірнісний аналіз.

Продемонструємо викладений підхід на конкретному прикладі. Перед тим, як приступити до розробки шаблону, доцільно встановити в таблиці режим ручних обчислень. Для цього необхідно виконати наступні дії.

- ▶ Вибрати Сервіс ▶ Параметри ▶ Вычисления
- ▶ Установити параметр "Вручную" і натиснути "ОК".

Приступаємо до розробки шаблону. З метою спрощення та підвищення наочності аналізу виділимо для його проведення в робочій книзі Excel два аркуші.

Перший аркуш - "Имитация" призначений для побудови генеральної сукупності (рис. 1). Визначені в даному аркуші формули та власні імена осередків наведені у табл. 4, 5.

Перша частина аркуша (блок осередків A1:E7) призначена для введення діапазонів змін ключових параметрів, значення яких будуть генеруватися в процесі проведення експерименту. В комірці B7 задається загальне число імітацій (експериментів). Формула, в E7 обчислює номер останнього рядка вихідного блоку, до якого будуть записані отримані значення. Зміст цієї формули буде розкритий пізніше.

	A	B	C	D	E
1	<b>Исходные условия эксперимента</b>				
2		Минимум	Максимум		
3	Перем. расходы				
4	Количество				
5	Цена				
6					
7	Экспериментов =			Номер стр. =	8
8					
9	Переменные расходы (V)	Количество (Q)	Цена (P)	Поступления (NCFt)	ЧСС (NPVt)
10	0	0	0	0,00	0,00
11	0	0	0	0,00	0,00
12					

Рис. 1 — Аркуш «Имитация»

Таблиця 4. Формули аркуша "Имитация"

Осередок	Формула
E7	=B7+10-2
A10	=СЛУЧМЕЖДУ(\$B\$3;\$C\$3)
A11	=СЛУЧМЕЖДУ(\$B\$3;\$C\$3)
B10	=СЛУЧМЕЖДУ(\$B\$4;\$C\$4)
B11	=СЛУЧМЕЖДУ(\$B\$4;\$C\$4)
C10	=СЛУЧМЕЖДУ(\$B\$5;\$C\$5)
C11	=СЛУЧМЕЖДУ(\$B\$5;\$C\$5)
D10	=(B10*(C10-A10)-Пост_расх-Аморт)*(1-Налог+Аморт
D11	=(B11*(C11-A11)-Пост_расх-Аморт)*(1-Налог)+Аморт
E10	=ПЗ(Норма;Срок;-D10)-Нач_инвест
E11	=ПЗ(Норма;Срок;-D11)-Нач_инвест

Таблиця 5. Імена осередків аркуша «Имитация»

Адреса осеред- ку	Ім'я	Коментарі
Блок A10:A11	Перем_расх	Змінні витрати
Блок B10:B11	Количество	Обсяг випуску
Блок C10:C11	Цена	Ціна
Блок D10:D11	Поступления	Надходження від проекту <i>NCF<sub>t</sub></i>
Блок E10:E11	ЧСС	Чиста нинішня вартість <i>NPV</i>

Друга частина аркуша (блок осередків A9:E11) призначена для проведення імітації. Формули в осередках A10:311 генерують значення для відповідних змінних з обліком заданих в осередках B3:35 діапазонів їхніх змін. Зверніть увагу на те, що нижню та верхню межі змін вказувати треба з *абсолютною адресацією*.

Формули в осередках D10:E11 обчислюють величину потоку платежів і його чисту сучасну вартість відповідно. При цьому значення постійних змінних беруться з наступного аркуша шаблону - "Результаты анализа".

Аркуш "Результаты анализа", крім значень постійних змінних, містить також функції, що обчислюють параметри розподілу змінюваних ( $Q$ ,  $V$ ,  $P$ ) і результатних ( $NCF$ ,  $NPV$ ) змінних та ймовірності різних подій. Визначені для даного аркуша формули та власні імена осередків наведені у табл. 6,7. Загальний вид аркуша показаний на рис. 2.

Таблиця 6. Формули аркуша «Результаты анализа»

Осередок	Формула
B8	=СРЗНАЧ(Перем_расх)
B9	=СТАНДОТКЛОНП(Перем_расх)
B10	=B9/B8
B11	=МИН(Перем_расх)
B12	=МАКС(Перем_расх)
C8	=СРЗНАЧ(Количество)
C9	=СТАНДОТКЛОНП(Количество)
C10	=C9/C8
C11	=МИН(Количество)
C12	=МАКС(Количество)
D8	=СРЗНАЧ(Цена)
D9	=СТАНДОТКЛОНП(Цена)
D10	=D9/D8
D11	=МИН(Цена)
D12	=МАКС(Цена)
E8	=СРЗНАЧ(Поступления)
E9	=СТАНДОТКЛОНП(Поступления)
E10	=E9/E8
E11	=МИН(Поступления)

Осередок	Формула
E12	=МАКС(Поступления)
F8	=СРЗНАЧ(ЧСС)
F9	=СТАНДОТКЛОНП(ЧСС)
F10	=F9/F8
F11	=МИН(ЧСС)
F12	=МАКС(ЧСС)
F13	=СЧЁТЕСЛИ(ЧСС;"<0")
F14	=СУММЕСЛИ(ЧСС;"<0")
F15	=СУММЕСЛИ(ЧСС;">0")
E18	=НОРМАЛИЗАЦИЯ(D18;\$F\$8;\$F\$9)
F18	=НОРМСТРАСП(E18)

**Таблиця 7. Імена осередків аркуша «Результаты анализа»**

Осередок	Ім'я	Коментар
B2	Нач_инвест	Початкові інвестиції
B3	Пост_расх	Постійні витрати
B4	Аморт	Амортизація
D2	Норма	Норма дисконту
D3	Налог	Ставка податку на прибуток
D4	Срок	Строк реалізації пуття

	A	B	C	D	E	F
	<b>Имитационный анализ (Метод Монте-Карло)</b>					
1	<b>R распределение с равными вероятностями</b>					
2	Начальные инвест. (I)		Норма r			
3	Пост. расходы (F)		Налог (T)			
4	Амортизация (A)		Срок (n)			
5						
6	Показатели	Переменные (M)	Количество (Q)	Цена (P)	Поступления (NCFt)	NPV
7						
8	Среднее значение	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	Стандарт. отклонение	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	Козф. вариации	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!
11	Минимум	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12	Максимум	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13	Число случаев NPV < 0					0,00
14	Сумма убытков					0,00
15	Сумма доходов					0,00
16						
17	Вероятность p(NPV<=X)			Величина (X)	Нормал. (X)	p(NPV<=X)
18				0,00	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!
19						

Рис. 2 — Аркуш «Результаты анализа»

Оскільки формули аркуша містять ряд нових функцій, наведемо необхідні пояснення.

Функції МИН() і МАКС() обчислюють мінімальне та максимальне значення для масиву даних із блоку осередків, зазначеного як їхній аргумент. Імена та діапазони цих блоків наведені у табл. 7.

Функція СЧЕТЕСЛИ(блок; "умова") знаходить кількість елементів у вказаному блоці, значення яких задовольняють вказаній умові.

Функція в F13 підраховує кількість негативних значень NPV в блоці осередків ЧСС (табл. 7).

Дія функції СУММЕСЛИ(блок;"умова") схожа на функцію СЧЕТЕСЛИ(). Відмінність полягає в тому, що СУММЕСЛИ() підсумовує значення елементів в блоці, якщо вони задовольняють заданій умові. Функції в блоці F14:F15 знаходять суми негативних (F14) і позитивних (F14) значень NPV блоку ЧСС. Зміст цих розрахунків розглянемо пізніше.



Дві останні формули (комірки E18 та F18) виконують ймовірнісний аналіз розподілу *NPV*. Цей момент вимагає незначного теоретичного пояснення.

У прикладі ми виходимо з припущення про незалежність і рівномірний розподіл ключових змінних *Q*, *V*, *P*. Визначити, який розподіл при цьому буде мати показник *NPV*, заздалегідь неможливо. Одне з можливих вирішень цієї проблеми — спробувати апроксимувати невідомий розподіл одним із відомих. Зазвичай для апроксимації використовують функцію нормального розподілу<sup>4</sup>.

У прикладному аналізі для цілей апроксимації широко застосовується окремий випадок нормального розподілу — *стандартний нормальний розподіл*. Математичне очікування стандартно розподіленої випадкової величини *E* дорівнює 0:  $M(E) = 0$ . Графік цього розподілу симетричний відносно осі ординат. Розподіл характеризується одним параметром — стандартним відхиленням  $\sigma$ , яке дорівнює 1.

Приведення випадкової змінної *E* до стандартно розподіленої величини *Z* здійснюється за допомогою нормалізації, яка полягає у вирахуванні середньої та наступного ділення її на стандартне відхилення:

$$Z = \frac{E - M(E)}{\delta(E)} \quad (3)$$

Виходячи з (3), величина *Z* виражається в кількості стандартних відхилень. Для обчислення ймовірностей за значенням нормалізованої величини *Z* використовуються спеціальні статистичні таблиці.

В Excel для подібних обчислень використовують статистичні функції НОРМАЛИЗАЦИЯ () і НОРМСТРАСП().

Функція НОРМАЛИЗАЦИЯ(*x*; середнее; станд\_откл) повертає нормалізоване значення *Z* величини *x*, на підставі якого потім обчислюється ймовірність  $p(E \leq x)$ . Вона реалізує співвідношення (3). Функція має три аргументи:

---

<sup>4</sup> Згідно з центральною граничною теоремою, за певних умов сума великої кількості випадкових величин має розподіл, що приблизно відповідає нормальному.

$x$  — значення, що нормалізується;  
среднее — математичне очікування випадкової величини  $E$ ;  
станд\_откл — стандартне відхилення.

Отримане значення  $Z$  є аргументом для наступної функції НОРМСТРАСП().

Функція НОРМСТРАСП( $Z$ ) повертає стандартний нормальний розподіл, тобто ймовірність того, що випадкова нормалізована величина  $E$  буде менше або дорівнюватиме  $x$ . Вона має всього один аргумент —  $Z$ , що обчислюється функцією НОРМАЛИЗАЦИЯ().

Вказані функції слід використовувати в тандемі. При цьому доцільно використовувати функцію НОРМАЛИЗАЦИЯ() як аргумент функції НОРМСТРАСП(), тобто:

**=НОРМСТРАСП(НОРМАЛИЗАЦИЯ (x; среднее; станд\_откл)).**

Для підвищення наочності у проєктованому шаблоні функції задані роздільно (осередки E18 та F18).

Сформуйте даний шаблон і збережіть його на магнітному диску з іменем SIMUL\_1.XLT. Приступаємо до імітаційного експерименту. Для його проведення треба виконати такі кроки.

- 1) Ввести значення постійних змінних (табл. 2) в осередки B2:B4 та D2:D4 аркушу "Результаты анализа", діапазони змін ключових змінних (табл. 1) в осередки B3:35 аркушу "Имитация".
- 2) Задати в осередку B7 необхідне число експериментів.
- 3) Встановити курсор в осередок A11 і вставити необхідне число рядків у шаблон (номер останнього рядка буде обчислений в E7).
- 4) Скопіювати формули блоку A10:E10 необхідну кількість разів.
- 5) Перейти до аркуша "Результаты анализа" і проаналізувати отримані результати.

Розглянемо реалізацію вказаних кроків докладіше. Виконання перших трьох пунктів не повинне викликати особливих утруднень. Введіть значення постійних змінних в осередки B2:B4 аркуша "Результаты анализа". Введіть значення

діапазонів змін ключових змінних в осередки В3:35 аркуша "Имитация". Вкажіть в осередку В7 число проведених експериментів, наприклад - 500. Зробіть активним комірку А11.

Тепер до шаблону потрібно вставити 498 рядків (перший та останній рядок

блоку вже визначені, число

рядків, що вставляють, до-

рівнює:  $500-2=498$ ). Однак

виділення такої кількості

рядків за допомогою миші

незручно. На щастя, Excel

надає більш ефективні за-

соби для виконання подіб-

них дій. Зокрема, можна

скористатися операцією пе-

реходу, що допомагає швид-

ко виділити великий діапазон комірок.

Натисніть функціональну клавішу [F5].

На екрані з'явиться вікно діалогу «Переход» (рис. 3). Для переходу до потрібної

ділянки електронної таблиці досить вказати у полі «Ссылка» адресу або ім'я ві-

дповідної комірки (блоку). У нашому випадку це буде будь-яка адреса комірки

в останньому рядку. Її номер (508) міститься у комірці Е7. Наприклад, за адресу

переходу ми можемо вказати **A508**.

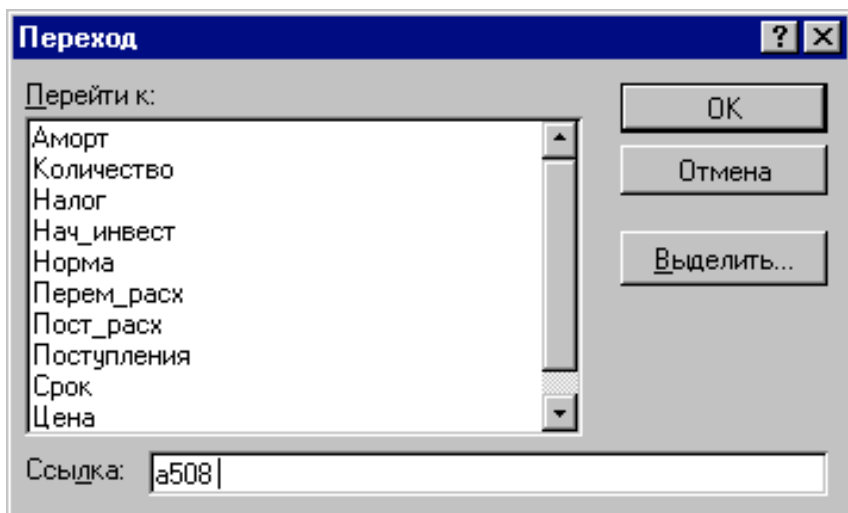
Введіть у поле "Ссылка" адресу A508 і натисніть комбінацію клавіш [SHIFT] +

[ENTER]. Результатом виконання цих дій буде виділення блоку А11:А508. Далі

вставте рядки будь-яким із відомих вам способів.

Заповніть вставлені рядки формулами блоку А10:Е10, а саме:

- 1) Скопіюйте до буфера обміну блок А10:Е10.
- 2) Натисніть комбінацію клавіш [CTRL] + [SHIFT] + [↓].
- 3) Натисніть клавішу [ENTER].



**Рис. 3 — Вікно діалогу «Переход»**

4) Якщо встановлено режим ручного перерахування таблиці, натисніть [F9]

	A	B	C	D	E
1	<b>Исходные условия эксперимента</b>				
2		Минимум	Максимум		
3	Перем. расходы	25	35		
4	Количество	150	300		
5	Цена	40	55		
6					
7	Экспериментов =	500		Номер стр. =	508
8					
9	Переменные расходы (M)	Количество (Q)	Цена (P)	Поступления (NCFt)	ЧСС (NPVt)
10	29	288	52	2509,60	7513,36
11	31	202	51	1476,00	3595,20
12	28	200	46	1300,00	2928,02
13	35	297	54	2117,20	6025,85
14	32	260	40	692,00	623,22
15	31	229	42	867,60	1288,89
16	25	243	53	2581,60	7786,30
17	25	213	40	1138,00	2313,92
18	32	225	41	670,00	539,83
19	27	279	47	2092,00	5930,33
20	26	297	47	2354,80	6926,54

Рис. 4 — Результаты імітації

	A	B	C	D	E	F
1	<b>Имитационный анализ (Метод Монте-Карло)</b>					
2	<b>Распределение с равными вероятностями</b>					
3	Начальные инвест. (I)	2000,00	Норма г	0,10		
4	Пост. расходы (F)	500,00	Налог (T)	0,60		
5	Амортизация (A)	100,00	Срок (n)	5,00		
6	Показатели	Переменные (M)	Количество (Q)	Цена (P)	Поступления (NCFt)	NPV
7						
8	Среднее значение	29,93	223,72	47,32	1414,47	3361,96
9	Стандарт. отклонение	3,14	45,53	4,66	599,17	2271,31
10	Козф. вариации	0,10	0,20	0,10	0,42	0,68
11	Минимум	25,00	150,00	40,00	196,00	-1257,01
12	Максимум	35,00	300,00	55,00	3224,00	10221,50
13	Число случаев NPV < 0					20,00
14	Сумма убытков					-11691,92
15	Сумма доходов					1692669,76
16						
17	Вероятность p(NPV<=X)			Величина (X)	Нормал. (X)	p(NPV<=X)
18					-1,48	0,07

Рис. 5 — Результаты аналізу

У результаті цих дій Excel заповнить блок A10:E509 випадковими значеннями ключових змінних V, Q, P і результатами обчислень NCF та NPV. Приклад імітації наведено на рис. 4, відповідні результати аналізу наведені на рис.5<sup>5</sup>

*Прокоментуємо результати ймовірнісного аналізу. Вони показують, що шанс одержати негативну величину NPV не перевищує 7%. Ще більший оптимізм вселяють результати аналізу розподілу чистих надходжень від проекту NCF. Величина стандартного відхилення тут становить усього 42% від середнього значення. У такий спосіб із ймовірністю більше 90% можна стверджувати, що надходження від проекту будуть позитивними величинами.*

Сума всіх негативних значень NPV в отриманій генеральній сукупності (комірка F14) може бути інтерпретована як чиста вартість невизначеності для інвестора у випадку прийняття проекту. Аналогічно сума всіх позитивних значень NPV (комірка F15) може трактуватися як чиста вартість невизначеності для інвестора у випадку відхилення проекту.

Незважаючи на певну умовність цих показників, у цілому вони виступають індикаторами доцільності проведення подальшого аналізу. У цьому випадку вони наочно демонструють несумірність суми можливих збитків стосовно загальної суми доходів (-11691,92 та 1692669,76 відповідно).

Важливим етапом аналізу результатів імітаційного експерименту є дослідження залежностей між ключовими параметрами. Кількісна оцінка варіації прямо залежить від ступеня кореляції між випадковими величинами. На даному етапі обмежимося візуальним (графічним) дослідженням. На рис. 6 наведено графік розподілу значень ключових параметрів V, P та Q, побудований на підставі 75 імітацій. Неважко помітити, що в цілому варіація значень всіх трьох параметрів носить випадковий характер, що підтверджує прийняту раніше гіпотезу про їх

---

<sup>5</sup> Внаслідок ймовірнісної природи експерименту, отримані вами результати будуть відрізнятися від наведених.

незалежність. Для порівняння нижче наведено графік розподілів потоку платежів  $NCF$  і величини  $NPV$  (рис. 7).

Як і слід було сподіватися, напрямки коливань тут у точності збігаються та між цими величинами існує сильний кореляційний зв'язок, близький до функціонального. Подальші розрахунки показали, що величина коефіцієнта кореляції між отриманими розподілами  $NCF$  та  $NPV$  дорівнює 1.

Ми розглянули одну з технологій проведення імітаційних експериментів у середовищі Excel. Вона має дві вади:

- 1) вимагає значних зусиль та потребує забирає часу на її проведення;
- 2) обмежується випадком рівномірного розподілу досліджуваних змінних.

Більш ефективним способом вирішення таких завдань є використання спеціального інструменту Excel — «Генератор случайных чисел».

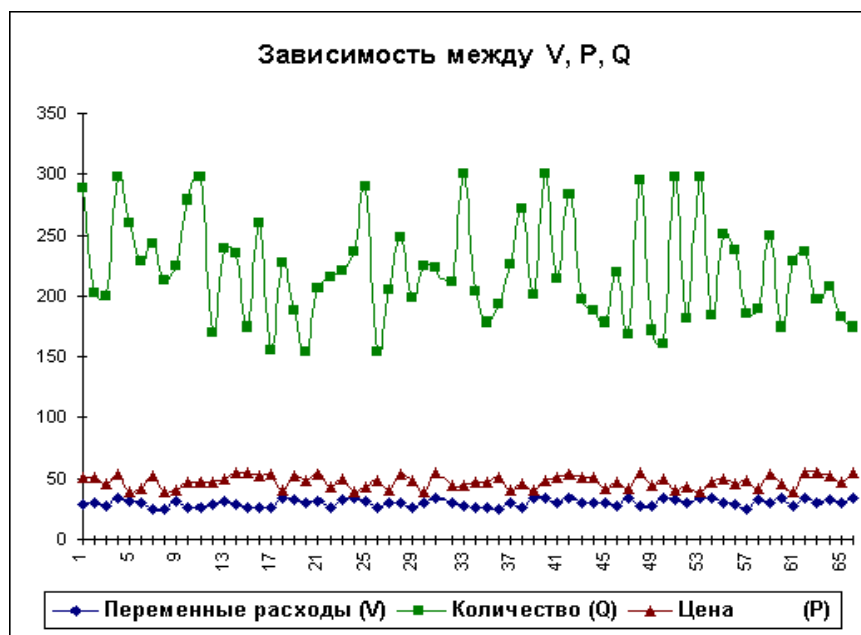


Рис. 6 — Розподіл значень параметрів  $V$ ,  $P$  та  $Q$

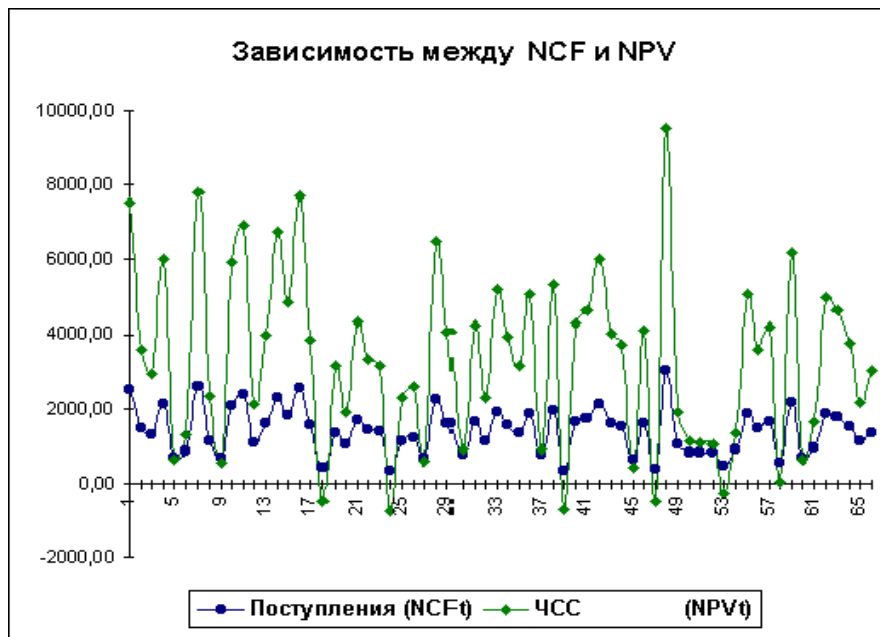


Рис. 7 — Залежність між *NCF* та *NPV*

### Використання інструменту «Генератор случайных чисел»

Цей інструмент призначений для автоматичної генерації множини даних (генеральної сукупності) заданого обсягу, елементи якої характеризуються певним розподілом ймовірностей. Можна використовувати сім типів розподілу: рівномірне, нормальне, Бернуллі, Пуассона, біноміальне, модельне та дискретне. Застосування інструменту «Генератор случайных чисел» вимагає встановлення спеціального доповнення «Пакет анализа».

Змінимо умови прикладу, визначивши ймовірності для кожного сценарію розвитку подій, як вказано у табл. 8. Будемо вважати, що ключові змінні мають **нормальний розподіл**. Кількість імітацій залишимо без змін: 500.

Таблиця 8. Ймовірнісні сценарії реалізації проекту

Показники	Сценарій		
	Найгірший P = 0.25	Найкращий P = 0.25	Ймовірний P = 0.5
Обсяг випуску - $Q$	150	300	200
Ціна за штуку - $P$	40	55	50
Змінні витрати - $V$	35	25	30

Приступимо до формування шаблону. Виділимо в робочій книзі два аркуші: «Имитация» и «Результаты анализа». Формування шаблону доцільно почати з аркуша «Результаты анализа» (рис. 8.).

Як впливає з рис. 8, цей аркуш практично відповідає раніше розробленому для рішення попереднього завдання (рис. 2). Відмінність становлять лише формули для розрахунку ймовірностей, які наведені в табл. 9. Власні імена осередків також узяті з аналогічного аркуша попереднього шаблону (табл. 7). Щоб швидко сформувавши новий аркуш "Результаты анализа" виконайте такі дії:

- 1) завантажте шаблон SIMUL\_1.XLT і збережіть його під іншим іменем, наприклад - SIMUL\_2.XLT;
- 2) видаліть аркуш "Имитация", для цього встановите курсор миші на ярлик цього аркуша, натисніть праву кнопку; з'явиться контекстне меню, виберіть операцію "Удалить";
- 3) перейдіть на аркуш "Результаты анализа", видаліть рядки 17-18, відкоригуйте заголовок таблиці;
- 4) додайте формули з табл. 9, записавши їх до комірок блоку В17:В20, скопіюйте формули до блоку С17:С20, ведіть відповідні коментарі;
- 5) порівняйте отриману таблицю з рис. 8.

Перейдіть до наступного аркуша, надайте йому ім'я - "Имитация". Приступаємо до його формування (рис. 9).

	A	B	C	D	E	F
1	<b>Имитационный анализ (Метод Монте-Карло)</b>					
2	<b>Нормальное распределение</b>					
3	Начальные инвест. (I)		Норма г			
4	Пост. расходы (F)		Налог (Т)			
5	Амортизация (А)		Срок (n)			
6	Показатели	Переменные (M)	Количество (Q)	Цена (P)	Поступления (NCFi)	ЧСС (NPV)
7						
8	Среднее значение	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!	0,00	0,00
9	Стандарт. отклонение	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!	0,00	0,00
10	Козф. вариации	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!
11	Минимум	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12	Максимум	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13	Число случаев NPV < 0					0,00
14	Сумма убытков					0,00
15	Сумма доходов					0,00
16						
17	P(E <= 0)	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!
18	P(E <= МИН(E))	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!
19	P(M(E) + σ <= E <= max)	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!
20	P(M(E) - σ <= E <= M(E))	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!

Рис. 8 — Аркуш «Результаты анализа»



Таблица 9. Формулы аркуша "Результаты анализа"

Осередок	Формула
B17	=НОРМРАСП(0;B8;B9;1)
B18	=НОРМРАСП(B11;B8;B9;1)
B19	=НОРМРАСП(B12;B8;B9;1) - НОРМРАСП(B8+B9;B8;B9;1)
B20	=НОРМРАСП(B8;B8;B9;1) -НОРМРАСП(B8- B9;B8;B9;1)
317	=НОРМРАСП(0;C8;C9;1)
318	=НОРМРАСП(C11;C8;C9;1)
319	=НОРМРАСП(C12;C8;C9;1) - НОРМРАСП(C8+C9;C8;C9;1)
320	=НОРМРАСП(C8;C8;C9;1) -НОРМРАСП(C8- C9;C8;C9;1)
D17	=НОРМРАСП(0;D8;D9;1)
D18	=НОРМРАСП(D11;D8;D9;1)
D19	=НОРМРАСП(D12;D8;D9;1) - НОРМРАСП(D8+D9;D8;D9;1)
D20	=НОРМРАСП(D8;D8;D9;1) -НОРМРАСП(D8- D9;D8;D9;1)
E17	=НОРМРАСП(0;E8;E9;1)
E18	=НОРМРАСП(E11;E8;E9;1)
E19	=НОРМРАСП(E12;E8;E9;1) - НОРМРАСП(E8+E9;E8;E9;1)
E20	=НОРМРАСП(E8;E8;E9;1) -НОРМРАСП(E8- E9;E8;E9;1)
F17	=НОРМРАСП(0;F8;F9;1)
F18	=НОРМРАСП(F11;F8;F9;1)
F19	=НОРМРАСП(F12;F8;F9;1) - НОРМРАСП(F8+F9;F8;F9;1)
F20	=НОРМРАСП(F8;F8;F9;1) -НОРМРАСП(F8-F9;F8;F9;1)

	A	B	C	D	E
1	<b>Исходные условия эксперимента</b>				
2		Перем.расх.	Количество	Цена	Вероятность
3	Минимум				
4	Вероятное				
5	Максимум				
6					
7	Среднее	#ССЫЛКА!	#ССЫЛКА!	#ССЫЛКА!	
8	Отклонение	#ССЫЛКА!	#ССЫЛКА!	#ССЫЛКА!	
9					
10	Экспериментов =	500		Номер строки =	512
11					
12	Переменные расходы	Количество	Цена	Поступления	ЧСС
13				0,00	0,00
14					
15					

**Рис. 9 — Аркуш "Имитация"**

Перша частина цього аркуша (блок A1:E10) призначена для введення вихідних даних і розрахунку параметрів їх розподілу. Нагадаємо, що нормальний розподіл випадкової величини характеризується двома параметрами — математичним очікуванням (середнім) і стандартним відхиленням. Формули розрахунку вказаних параметрів для ключових змінних моделі задані в блоках B7:D7 та B8:D8 (див. табл. 11). Для зручності визначення формул задайте блоку E3:E5 ім'я "Ймовірності" (табл. 10).

Таблиця 10. Імена осередків аркуша "Имитация" (шаблон II)

Адреса осередку	Ім'я	Коментарі
Блок E3:E5	Вероятности	Ймовірність значення параметра
Блок A13:A512	Перем_расх	Змінні витрати
Блок B13:B512	Количество	Обсяг випуску
Блок C13:C512	Цена	Ціна виробу
Блок D13:D512	Поступления	Надходження від проекту NCF
Блок E13:E512	ЧСС	Чиста сучасна вартість NPV

Таблиця 11. Формули аркуша "Імітація" (шаблон ІІ)

Осередок	Формула
B7	=СУММПРОИЗВ(B3:B5; Вероятности)
B8	{=КОРЕНЬ(СУММПРОИЗВ((B3:B5 - B7)^2; Вероятности))}
C7	=СУММПРОИЗВ(C3:C5; Вероятности)
C8	{=КОРЕНЬ(СУММПРОИЗВ((C3:C5 - C7)^2; Вероятности))}
D7	=СУММПРОИЗВ(D3:D5; Вероятности)
D8	{=КОРЕНЬ(СУММПРОИЗВ((D3:D5 - D7)^2; Вероятности))}
E10	=B10+13 -1
D13	=СУММПРОИЗВ(B3:B5; Вероятности)
E13	{=КОРЕНЬ(СУММПРОИЗВ((B3:B5 - B7)^2; Вероятности))}

Зверніть увагу, що для розрахунку стандартних відхилень використовуються **формули–масиви**. Для формування блоку формул треба визначити їх для блоку B7:B8 і скопіювати в блок C7:D8.

Формула в E10 за заданим числом імітацій (комірка B10) знаходить номер останнього рядка для блоків, де будуть зберігатися згенеровані значення ключових змінних. Комірки D13:E13 містять уже знайомі нам формули для розрахунку величини потоку платежів *NCF* і його чистої сучасної вартості *NPV*.

Сформуйте елементи оформлення аркуша "Імітація", визначте необхідні імена для блоків (див. табл. 10) і задайте необхідні формули (табл. 11). Звірте отриману таблицю з рис. 9. Збережіть отриманий шаблон під ім'ям SIMUL\_2.XLT.

Введіть вихідні значення постійних змінних (табл. 2) в комірки B2:B4 та D2:D4 аркушу "Результати аналізу". Перейдіть до аркушу "Імітація". Введіть значення ключових змінних та відповідні ймовірності (табл. 8). В результаті ви маєте отримати таблицю, що показана на рис. 10.

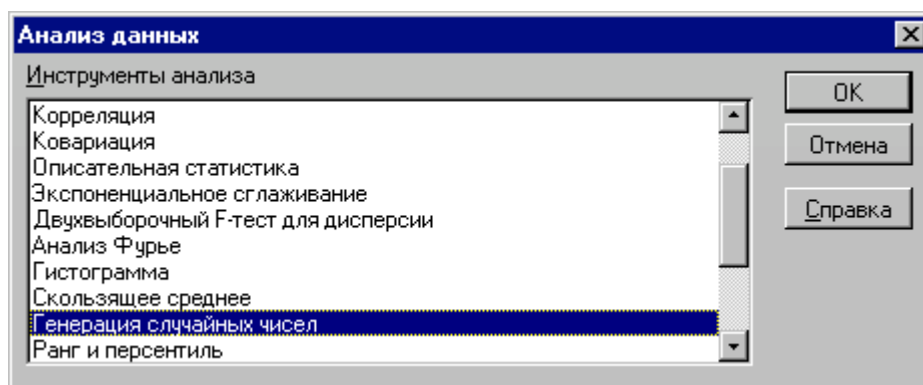
	A	B	C	D	E
1	<b>Исходные условия эксперимента</b>				
2		Перем.расх.	Количество	Цена	Вероятность
3	Минимум	25	150	40	0,25
4	Вероятное	30	200	50	0,5
5	Максимум	35	300	55	0,25
6					
7	Среднее	30	212,5	48,75	
8	Отклонение	3,54	54,49	5,45	
9					
10	Экспериментов =	500		Номер строки =	512
11					
12	Переменные расходы	Количество	Цена	Поступления	ЧСС
13				-140,00	-2530,71
14					
15					
16					

Рис. 10 — Аркуш "Имитация" після введення даних

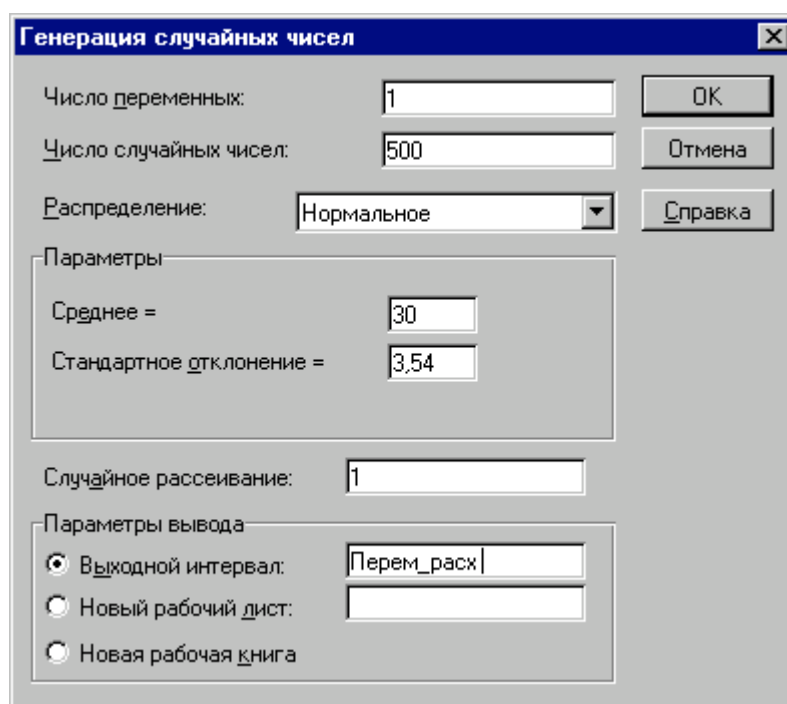
Встановіть курсор на комірку A13. Приступимо до проведення імітаційного експерименту.

- 1) Виберіть з меню "Сервис\Анализ данных". З'явиться діалогове вікно "Анализ данных", що містить список інструментів аналізу.
- 2) Виберіть зі списку пункт "Генерация случайных чисел" і натисніть "ОК" (рис. 11).

З'явиться діалогове вікно "Генерация случайных чисел". Вкажіть у списку "Распределения" тип "Нормальное". Заповніть інші поля у вікні згідно рис. 12 і натисніть кнопку "ОК". Комірки блоку A13:A512 будуть заповнені випадковими значеннями.



**Рис. 11 — Вибір інструмента "Генерация случайных чисел"**



**Рис. 12 — Заповнення полів вікна "Генерация случайных чисел"**

Наведемо необхідні пояснення. Першим аргументом діалогового вікна "Генерація случайных чисел" є поле "Число переменных". Воно задає кількість стовпчиків таблиці, в яких будуть розміщуватися згенеровані ймовірнісні випадкові величини. У нашому прикладі аргумент "Число переменных" дорівнює 1, адже ми відвели під значення змінної  $V$  (змінні витрати) один стовпчик – "А". Якщо вказати параметр більше за 1, випадкові величини будуть розміщені у відповідній кількості сусідніх стовпчиків, починаючи з активного осередку. Якщо параметр не вказувати, будуть заповнені всі стовпчики у вихідному діапазоні.

Наступним обов'язковим аргументом є "Число случайных чисел" (кількість імітацій). За умовами прикладу воно має дорівнювати 500 (рис. 12). Excel автома-

тично підраховує необхідну кількість осередків для зберігання генеральної сукупності.

Вид розподілу треба вибрати зі списку "Распределения". Тут можна отримати 7 найпоширеніших типів розподілу. Кожний з них характеризується власними параметрами. Обраний тип розподілу визначає зовнішній вигляд діалогового вікна. У нашому прикладі вибираємо тип розподілу "Нормальное". Вводимо його параметри "Среднее" та "Стандартное отклонение". Ці параметри для досліджуваної змінної  $V$  ми визначили раніше в осередках B7 та B8 аркушу "Имитация". На жаль, ці аргументи можуть бути задані тільки у вигляді констант. Вказувати адреси осередків і власних імен не допускається!

Зазначення аргументу "Случайное рассеивание" дозволяє при декількох запусках генератора одержувати однакові послідовності випадкових величин. Таким чином можна одержати однакову генеральну сукупність випадкових чисел декілька разів. Це значно підвищує ефективність аналізу (зрівняйте з попереднім шаблоном!). Якщо цей аргумент не заданий або дорівнює 0, кожний наступний запуск генератора дасть нову генеральну сукупність. У нашому прикладі вказуємо 1. Це дозволить оперувати з однією і тією ж генеральною сукупністю та уникнути постійних перерахунків таблиці.

Останній аргумент діалогового вікна "Генерация случайных чисел" - "Параметры вывода" визначає місце розташування результатів (задається шляхом відповідним прапорцем). Excel пропонує три варіанти:

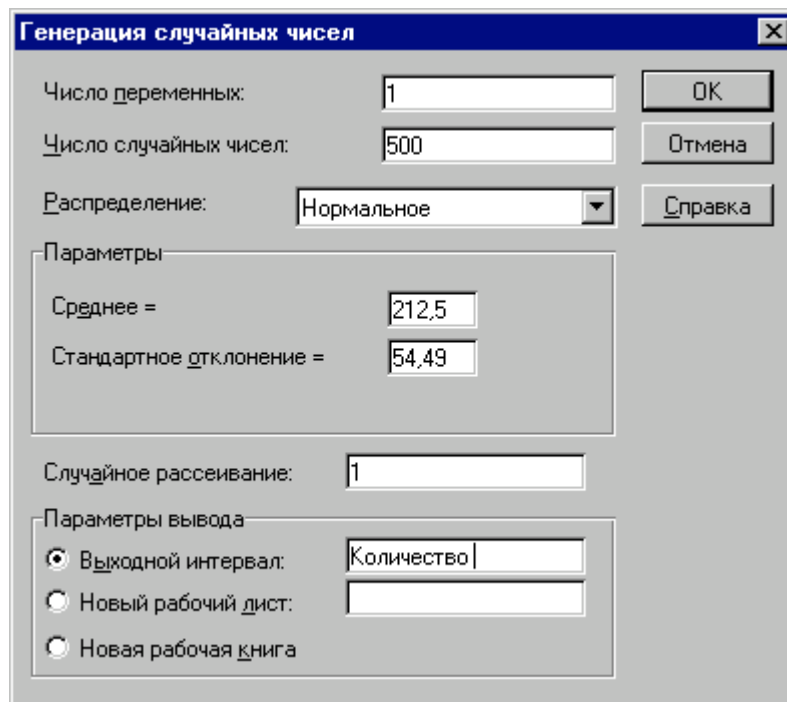
- ▶ вихідний блок осередків на поточному аркуші — потрібно вказати адресу лівого верхнього осередку вихідного блоку; розмір блоку буде визначено автоматично;
- ▶ новий робочий аркуш — у робочій книзі буде відкрито новий аркуш, що містить результати генерації випадкових величин, починаючи з осередку A1;
- ▶ нова робоча книга — буде відкрита нова книга з результатами імітації на першому аркуші.

У нашому прикладі для проведення подальшого аналізу необхідно, щоб випадкові величини розміщувалися в спеціально відведених для них блоках (табл. 10). Так, для зберігання 500 значень першої змінної раніше було відведено блок A13:A512. Цей блок має власне ім'я — "Перем\_расх", тому воно вказано як вихідний діапазон. Зазначимо, що при збільшенні або зменшенні кількості імітацій необхідно перевизначити вихідні блоки, в яких зберігаються результати.

Генерація значень змінних Q і P здійснюється аналогічно. Приклад заповнення вікна "Генерация случайных чисел" для змінної Q (кількість) наведений на рис. 13.

Для одержання генеральної сукупності значень потоку платежів та їх чистої теперішньої вартості треба скопіювати формули базового рядка (комірки D13:E13) 499 разів. Щоб полегшити процес копіювання великого діапазону значень, виконайте такі дії.

- ▶ Скопіюйте до буферу комірку D13.
- ▶ Натисніть клавішу [F5]. На екрані з'явиться діалогове вікно "Переход".
- ▶ Вкажіть у полі "Ссылка" ім'я блоку "Поступления" і натисніть кнопку "ОК". Блок буде виділено.
- ▶ Натисніть клавішу ENTER.
- ▶ Якщо було встановлено режим ручних обчислень, натисніть клавішу F9 для перерахування таблиці.



**Рис — 13. Заповнення полів вікна для змінної  $Q$**

Аналогічно скопіюйте формули з E13. При цьому в полі "Ссылка" діалогового вікна "Переход" вкажіть ім'я блоку — "ЧСС". Ви також можете вибрати необхідне ім'я зі списку "Перейти к".

Результати рішення для нашого прикладу наведені на рис. 14 , 15.

*За результатами проведеного імітаційного експерименту видно, що величина очікуваної NPV дорівнює 3412,14 при стандартному відхиленні 2556,83. Коефіцієнт варіації 0,75 менше за 1, тобто ризик проекту в цілому незначний і знаходиться у допустимих межах середнього ризику інвестиційного портфелю фірми. Результати ймовірнісного аналізу показують, що шанс одержати негативне значення NPV не перевищує 9%. Загальне число негативних значень NPV у вибірці становить 32 з 500. Тобто з ймовірністю близько 91% можна стверджувати, що чиста реальна вартість проекту буде позитивною 0. При цьому ймовірність того, що величина NPV виявиться більше за  $M(NPV) + \sigma$ , дорівнює 16% (осередок F19). Ймовірність влучення значення NPV в інтервал  $[M(NPV) - \sigma; M(NPV)]$  дорівнює 34%.*



	A	B	C	D	E
1	<b>Исходные условия эксперимента</b>				
2		Перем.расх.	Количество	Цена	Вероятность
3	Минимум	25	150	40	0,25
4	Вероятное	30	200	50	0,5
5	Максимум	35	300	55	0,25
6					
7	Среднее	30	212,5	48,75	
8	Отклонение	3,54	54,49	5,45	
9					
10	Экспериментов =	500		Номер строки =	512
11					
12	Переменные расходы	Количество	Цена	Поступления	ЧСС
13	30,21364535	137,0895119	48,5327706	864,54	1277,30
14	23,32368534	169,8921946	49,95088328	1669,50	4328,72
15	29,1287571	226,4801054	41,47096875	978,11	1707,79
16	25,05789674	77,59419759	46,65623326	530,36	10,49
17	25,66879383	211,3587947	51,96375592	2083,07	5896,47
18	25,78804018	234,7611226	55,57110226	2656,76	8071,22
19	33,60148933	291,8060235	48,11563563	1554,13	3891,36
20	36,92651065	209,1375887	51,50616151	1079,66	2092,77
21	32,65799031	142,0688888	53,40036965	1038,74	1937,64

Рис. 14 — Результати імітаційного експерименту (шаблон II)

### Статистичний аналіз результатів імітації

В аналізі стохастичних процесів важливе значення мають статистичні взаємозв'язки між випадковими величинами. За кількісну характеристику подібних взаємозв'язків у статистиці використовують два показники: **коваріацію** та **кореляцію**.

#### Коваріація та кореляція

Коваріація виражає ступінь статистичної залежності між двома безлічами даних і визначається з наступного співвідношення:

$$Cov(X, Y) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (X_i - M(X))(Y_i - M(Y)), \quad (4)$$

де:  $X, Y$  — множини значень випадкових величин розмірності  $m$ ;

$M(X)$  — математичне очікування випадкової величини  $X$ ;

$M(Y)$  — математичне очікування випадкової величини  $Y$ .

Як впливає з (4), позитивна коваріація спостерігається у випадку, коли більшим значенням випадкової величини  $X$  відповідають більші значення випадкової величини  $Y$ , тобто між ними існує прямий взаємозв'язок.

	A	B	C	D	E	F
1	<b>Имитационный анализ (Метод Монте-Карло)</b>					
	<b>Нормальное распределение</b>					
2	Начальные инвест. (I)	2000,00	Норма $\gamma$	0,10		
3	Пост. расходы (F)	500,00	Налог (T)	0,60		
4	Амортизация (A)	100,00	Срок (n)	5,00		
5						
6	Показатели	Переменные (M)	Количество (Q)	Цена (P)	Поступления (NCFt)	ЧСС (NPV)
7						
8	Среднее значение	30,09	214,21	48,44	1427,71	3412,14
9	Стандарт. отклонение	3,61	52,18	5,39	674,48	2556,83
10	Козф. вариации	0,12	0,24	0,11	0,47	0,75
11	Минимум	19,92	60,91	35,40	89,10	-1662,23
12	Максимум	41,87	387,74	65,62	3638,98	11794,60
13	Число случаев NPV < 0					32,00
14	Сумма убытков					-15590,05
15	Сумма доходов					1721662,32
16						
17	P(E <= 0)	0,00	0,00	0,00	0,02	0,09
18	P(E <= МИН(E))	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02
19	P(M(E) + $\sigma$ <= E <= max)	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
20	P(M(E) - $\sigma$ <= E <= M(E))	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34

Рис. 15 — Результати аналізу (шаблон II)

Відповідно негативна коваріація буде мати місце при відповідності малим значенням випадкової величини  $X$  більших значень випадкової величини  $Y$ . При слабо вираженій залежності значення коваріації близько до 0. Коваріація залежить від одиниць виміру досліджуваних величин, що обмежує її застосування на практиці. Більш зручним для використання в аналізі є похідний від неї показник - коефіцієнт кореляції  $R$ , що обчислюється за формулою:

$$R = \frac{Cov(X, Y)}{\delta_x \delta_y} \quad (5)$$

Коефіцієнт кореляції має ті ж властивості, що й коваріація, однак є безрозмірною величиною та приймає значення від -1 (характеризує лінійний зворотний взаємозв'язок) до +1 (характеризує лінійний прямий взаємозв'язок). Для незалежних випадкових величин значення коефіцієнта кореляції близько до 0. Визначення кількісних характеристик для оцінки тісноти взаємозв'язку між випадковими величинами в Excel може бути здійснено двома способами:

- за допомогою статистичних функцій **КОВАР()** і **КОРРЕЛ()**;
- за допомогою спеціальних інструментів статистичного аналізу.

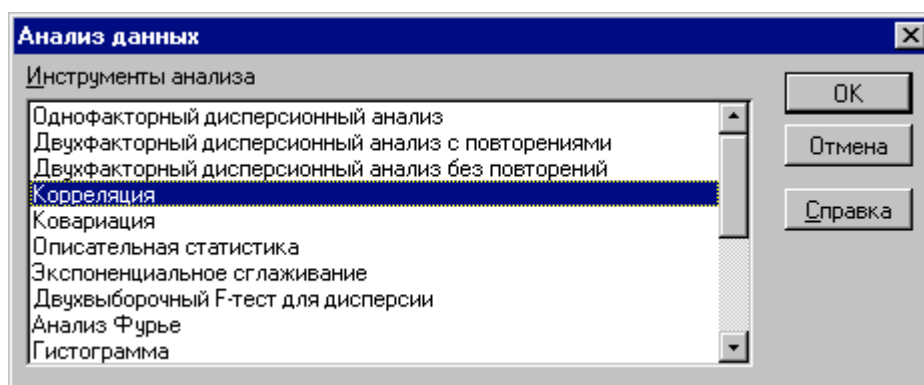
Якщо число досліджуваних змінних більше 2, більш зручним є використання інструментів аналізу.

### ***Інструмент аналізу даних «Корреляція»***

Визначимо ступінь тісноти взаємозв'язків між змінними  $V$ ,  $Q$ ,  $P$ ,  $NCF$  та  $NPV$ . При цьому як міру будемо використовувати показник кореляції  $R$ .

- 1) Виберіть в головному меню тему "Сервис" пункт "Анализ данных". Результатом виконання цих дій буде поява діалогового вікна "Анализ данных", що містить список інструментів аналізу.
- 2) Виберіть зі списку "Инструменты анализа" пункт "Корреляция" і натисніть кнопку "ОК" (рис. 16). Результатом буде поява вікна діалогу інструмента "Корреляция".
- 3) Заповніть поля діалогового вікна, як показано на рис. 17 і натисніть кнопку "ОК".

Вид таблиці після виконання елементарних операцій форматування наведений на рис. 18.



**Рис. 16 — Список інструментів аналізу**

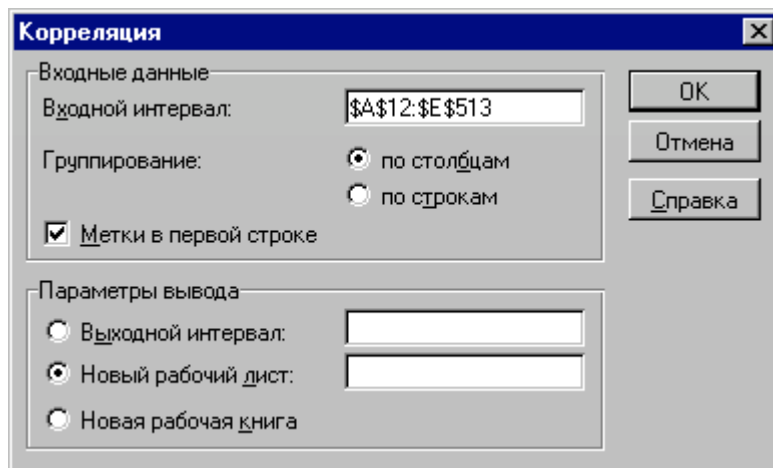


Рис. 17 — Заповнення вікна діалогу інструмента "Корреляция"

	A	B	C	D	E	F
1		<i>Перем. расходы</i>	<i>Количество</i>	<i>Цена</i>	<i>Поступления</i>	<i>ЧСС</i>
2	Перем. расходы	1				
3	Количество	0,052105285	1			
4	Цена	0,052040191	-0,006181737	1		
5	Поступления	-0,393631445	0,548335858	0,672387	1	
6	ЧСС	-0,393631445	0,548335858	0,672387	1	1
7						

Рис.18 — Результати кореляційного аналізу

Результати кореляційного аналізу представлені у вигляді квадратної матриці, заповненої тільки наполовину, оскільки значення коефіцієнта кореляції між двома випадковими величинами не залежить від порядку їхньої обробки. Незважно помітити, що ця матриця симетрична щодо головної діагоналі, елементи якої дорівнюють 1, тому що кожна змінна корелює сама із собою.

*Як впливає з результатів кореляційного аналізу, висунута в процесі рішення попереднього прикладу гіпотеза про незалежність розподілів ключових змінних  $V$ ,  $Q$ ,  $P$  у цілому підтвердилася. Значення коефіцієнтів кореляції між змінними витратами  $V$ , кількістю  $Q$  і ціною  $P$  (осередку B3:B4, C4) досить близькі до 0.*

*У свою чергу величина показника NPV прямо залежить від величини потоку платежів ( $R = 1$ ). Крім того, існує кореляційна залежність середнього ступеня між  $Q$  та NPV ( $R = 0,548$ ),  $P$  та NPV ( $R = 0,67$ ). Як і слід було сподіватися, між величинами  $V$  та NPV існує помірною зворотна кореляційна залежність ( $R = -0,39$ ).*

Корисність проведення наступного статистичного аналізу результатів імітаційного експерименту полягає також у тім, що в багатьох випадках він дозволяє виявити некоректності у вихідних даних, або навіть помилки в постановці завдання. Зокрема, у розглянутому прикладі, відсутність взаємозв'язку між змінними витратами  $V$  та обсягами випуску продукту  $Q$  потребує додаткових пояснень, тому що зі збільшенням останнього, величина  $V$  також повинна зростати (*змінні витрати також часто називають пропорційними, маючи на увазі, що зі збільшенням обсягів випуску продукту вони зростають лінійно*). Таким чином, встановлений діапазон змін змінних витрат  $V$  має потребу в додатковій перевірці й, можливо, коригуванні.

Слід відзначити, що близькі до нульового значення коефіцієнта кореляції  $R$  вказують **на відсутність лінійного зв'язку** між досліджуваними змінними, але **не виключають можливості нелінійної залежності**. Крім того, висока кореляція не обов'язково завжди означає наявність причинного зв'язку, тому що дві досліджувані змінні можуть залежати від значень третьої.

При проведенні імітаційного експерименту та наступного ймовірнісного аналізу отриманих результатів ми виходили із припущення про нормальний розподіл вхідних і вихідних показників. Разом з тим, справедливність зроблених допущень, принаймні для вихідного показника  $NPV$ , має потребу в перевірці.

Для перевірки гіпотези про нормальний розподіл випадкової величини застосовуються спеціальні статистичні критерії: Колмогорова-Смирнова,  $\chi^2$ ,  $F$ . У цілому Excel дозволяє швидко та ефективно здійснити розрахунок необхідного критерію та провести статистичну оцінку гіпотез.

Однак у найпростішому випадку для цих цілей можна використати такі характеристики розподілу, як асиметрія (скіс) і ексцес. Нагадаємо, що для нормального розподілу ці характеристики мають дорівнювати 0. На практиці близькими до нульових значеннями можна зневажити. Для обчислення коефіцієнта асиметрії та ексцесу в Excel реалізовані спеціальні статистичні функції — **СКОС()** і **ЭКСЦЕСС()**.

Ми ж використаємо виниклу проблему як привід для знайомства з ще одним корисним інструментом аналізу даних Excel - «Описова статистика».

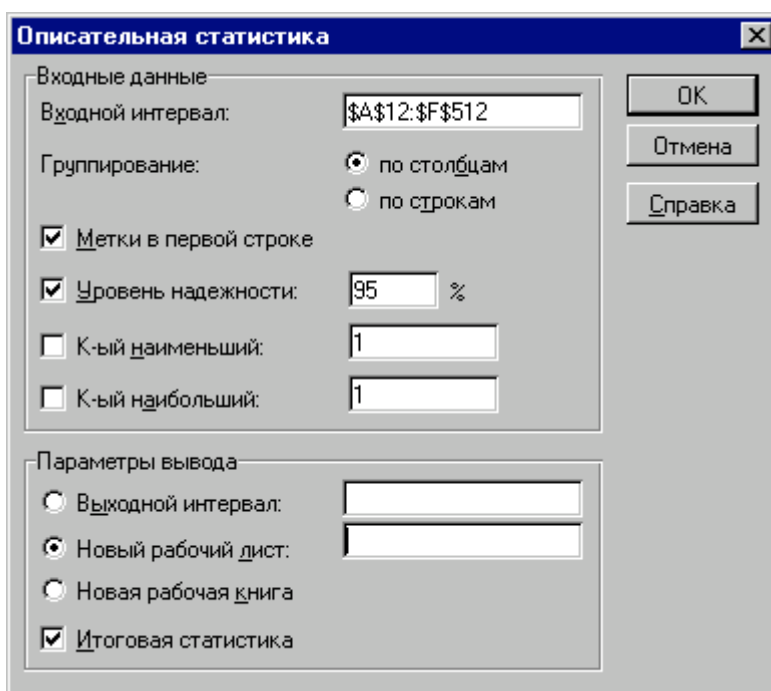
## *Інструмент аналізу даних «Описательная статистика»*

Чим більше характеристик розподілу випадкової величини нам відомо, тим точніше ми можемо судити про описувані нею процеси. Інструмент «Описательная статистика» автоматично обчислює найбільш широко використовувані в практичному аналізі характеристики розподілів. При цьому значення можуть бути визначені одразу для декількох досліджуваних змінних.

Визначимо параметри описової статистики для змінних  $V$ ,  $Q$ ,  $P$ ,  $NCF$ ,  $NPV$ . Для цього необхідно виконати наступні кроки.

- ▶ Виберіть в меню "Сервис" пункт "Анализ данных". З'явиться діалогове вікно "Анализ данных" із списком інструментів аналізу.
- ▶ Виберіть пункт "Инструменты анализа\Описательная статистика" і натисніть "ОК".
- ▶ Заповніть поля діалогового вікна "Описательная статистика", як показано на рис. 19, натисніть кнопку "ОК".

Результатом виконання зазначених дій буде формування окремого аркуша, що містить обчислені характеристики описової статистики для досліджуваних змінних. Виконавши операції форматування, можна привести отриману таблицю до більш наочного вигляду (рис. 20).



**Рис. 19** — Заповнення полів діалогового вікна "Описательная статистика"

	A	B	C	D	E	F
1		Переменные расходы	Количество	Цена	Поступления	ЧСС
2						
3	Среднее	30,086	214,213	48,436	1427,710	3412,145
4	Стандартная ошибка	0,162	2,336	0,241	30,194	114,459
5	Медиана	30,242	212,701	48,235	1303,491	2941,257
6	Мода	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D
7	Стандартное отклонение	3,612	52,235	5,393	675,160	2559,387
8	Дисперсия выборки	13,045	2728,451	29,085	455840,932	6550463,516
9	Эксцесс	-0,272	0,336	-0,113	0,381	0,381
10	Асимметричность	-0,096	-0,002	0,217	0,763	0,763
11	Интервал	21,955	326,831	30,220	3549,879	13456,834
12	Минимум	19,919	60,907	35,397	89,102	-1662,235
13	Максимум	41,874	387,738	65,616	3638,980	11794,599
14	Сумма	15043,079	107106,730	24218,095	713855,048	1706072,269
15	Счет	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000
16	Уровень надежности(95,0%)	0,317	4,590	0,474	59,323	224,881

**Рис. 20 — Описова статистика для досліджуваних змінних**

Більшість характеристик, що наведені у таблиці, вам добре знайомі, а їх значення вже визначені за допомогою відповідних функцій на аркуші "Результаты анализа". Тому розглянемо лише ті з них, що не згадувалися раніше.

Другий рядок таблиці містить значення **стандартних помилок**  $\varepsilon$  для середніх величин розподілів. Іншими словами, середнє або очікуване значення випадкової величини  $M(E)$  визначено з погрешністю  $\pm \varepsilon$ .

**Медіана** - це значення випадкової величини, що ділить площу, обмежену кривою розподілу, навпіл (тобто середина чисельного ряду або інтервалу). Як і математичне очікування, медіана є однією з характеристик центру розподілу випадкової величини. У симетричних розподілах значення медіани повинне бути рівним або досить близьким до математичного очікування.

*Отримані результати свідчать, що дана умова дотримується для вихідних змінних  $V, Q, P$  (значення медіан лежать у діапазоні  $M(E) \pm \varepsilon$ , тобто, практично збігаються із середніми). Однак для результатних змінних  $NCF, NPV$  значення медіан лежать нижче середніх, що наводить на думку про правобічну асиметричність їх розподілів.*

**Мода** - найбільш ймовірне значення випадкової величини (значення, що найбільш часто зустрічається в інтервалі даних). Для симетричних розподілів мода

дорівнює математичному очікуванню. Іноді мода може бути відсутня. У цьому випадку Excel повертає повідомлення про помилку. Таким чином, обчислення моди не є можливим.

**Ексцес** характеризує **гострість** (позитивне значення) або **положистість** (негативне значення) розподілу в порівнянні з нормальною кривою. Теоретично, ексцес нормального розподілу повинен дорівнювати 0. Однак на практиці для генеральних сукупностей більших обсягів його малими значеннями можна зневажити.

*У розглянутому прикладі приблизно однаковий позитивний ексцес спостерігається у розподілі змінних  $Q$ ,  $NCF$ ,  $NPV$ . У такий спосіб графіки цих розподілів будуть ледве гостріші у порівнянні з нормальною кривою. Відповідно графіки розподілів для змінних  $V$  і  $P$  будуть більш пологими від нормального.*

**Асиметричність** (коефіцієнт асиметрії або скосу -  $s$ ) характеризує зсув розподілу щодо математичного очікування. При позитивному значенні коефіцієнта розподіл скошений праворуч (його довша частина лежить праворуч від центру математичного очікування). Для нормального розподілу коефіцієнт асиметрії дорівнює 0. На практиці його малими значеннями можна зневажити.

*Зокрема асиметрію розподілів змінних  $V$ ,  $Q$ ,  $P$  у цьому випадку можна вважати несуттєвою, чого не можна, однак, сказати про розподіл  $NPV$ .*

Здійснимо оцінку значимості коефіцієнта асиметрії для розподілу  $NPV$ . Найбільш простим способом одержання такої оцінки є визначення стандартної (середньої квадратичної) помилки асиметрії, що розраховується за формулою:

$$\delta_{0,5} = \sqrt{\frac{6(n-1)}{(n+1)(n+3)}} \quad (6)$$

де  $n$  - число значень випадкової величини (у цьому випадку - 500).

Якщо відношення коефіцієнта асиметрії  $s$  до величини помилки  $\delta_{0,5}$  менше трьох (тобто:  $s / \delta_{0,5} < 3$ ), то асиметрія вважається несуттєвою, а її наявність поясню-



ється впливом випадкових факторів. У протилежному випадку асиметрія статистично значима та факт її наявності вимагає додаткової інтерпретації. Здійснимо оцінку значимості коефіцієнта асиметрії для розглянутого прикладу. Введіть до будь-якої комірки формулу:  $=0,763 / \text{КОРЕНЬ}(6*499 / 501*503)$  (Результат: 7,06).

Оскільки відношення  $s / \sigma_s > 3$ , асиметрію варто вважати істотною. У такий спосіб наше первісне припущення про правобічну скошеність розподілу NPV підтвердилося.

Для розглянутого прикладу наявність правобічної асиметрії може вважатися позитивним моментом, тому що це означає, що більша частина розподілу лежить вище математичного очікування, тобто більші значення NPV є більш ймовірними.

Аналогічно можна перевірити значущість величини ексцесу —  $e$ . Формула для розрахунку стандартної помилки ексцесу має вигляд:

$$\delta_{0,5} = \sqrt{\frac{24n(n-2)(n-3)}{(n-1)^2(n+3)(n+5)}} \quad (7)$$

де:  $n$  - число значень випадкової величини.

Якщо відношення  $e / \delta_e < 3$ , ексцес вважається незначним і його величиною можна зневажити.

Ви можете включити перевірку значимості показників асиметрії та ексцесу в розроблений шаблон, задавши відповідні формули в аркуші "Результати аналізу". Для зручності попередньо варто визначити власне ім'я для осередку B10 аркуша "Імітація", наприклад - "Кол\_знач". Тоді формула перевірки значимості коефіцієнта асиметрії для розподілу NPV може бути задана в такий спосіб:

$$=\text{СКОС}(\text{ЧСС})/\text{КОРЕНЬ}(6*(\text{Кол\_знач}-1))/((\text{Кол\_знач}+1)*(\text{Кол\_знач}+3)).$$

Для обчислення коефіцієнта асиметрії в цій формулі використана статистична функція СКОС(). Формула для перевірки значимості показника ексцесу зада-

ється аналогічно. Чисельником цієї формули буде функція  $\text{ЭКЦЕСС}()$ , а знаменником співвідношення (7), реалізоване засобами Excel.

Показники описової статистики, що залишилися (рис. 20), становлять менший інтерес. Величина "**Интервал**" визначається як різниця між максимальним і мінімальним значенням випадкової величини (чисельного ряду). Параметри "**Счет**" та "**Сумма**" являють собою число значень у заданому інтервалі і їхній сумі відповідно.

Остання характеристика "**Уровень надежности**" показує величину довірчого інтервалу для математичного очікування відповідно до заданого рівня надійності або довіри. За замовчуванням рівень надійності прийнятий рівним 95%.

*Для розглянутого прикладу це означає, що з ймовірністю 0,95 (95%) величина математичного очікування NPV потрапить в інтервал  $3412,14 \pm 224,88$ .*

Ви можете вказати інший рівень надійності, наприклад - 98%, шляхом введення відповідного значення в поле "**Уровень надежности**" діалогового вікна "**Описательная статистика**". Слід зазначити, що **чим вище прийнятий рівень надійності, тим більшою буде величина довірчого інтервалу для середнього**.

Розрахунок довірчого інтервалу для середнього значення можна також здійснити за допомогою спеціальної статистичної функції **ДОВЕРИТ()**.

Надбудова "Анализ данных" містить цілий ряд інших корисних інструментів, що дозволяють швидко й ефективно виконати статистичну обробку даних. Водночас, більшість з них вимагає осмисленого застосування та відповідної підготовки користувача в галузі математичної статистики.

Зазначимо, що імітаційне моделювання дозволяє врахувати максимально можливе число факторів зовнішнього середовища для підтримки прийняття управлінських рішень та є найбільш потужним засобом аналізу інвестиційних ризиків. Необхідність його застосування у вітчизняній фінансовій практиці обумовлена особливостями вітчизняного ринку, що характеризується суб'єктивізмом, залежністю від позаекономічних факторів і високим ступенем невизначеності.

Результати імітації можуть бути доповнені ймовірнісним і статистичним аналізом та в цілому забезпечують фахівця найбільш повною інформацією про ступінь впливу ключових факторів на очікувані результати та можливі сценарії розвитку подій.

### **Зміст і структура звіту**

У звіті щодо виконаної роботи потрібно описати **кожнен** пункт розрахунків, проілюструвавши їх відповідними копіями екранів, написати висновки щодо отриманих результатів. Рекомендується така структура звіту:

- 1) Вступ, опис підприємства.
- 2) Постановка завдання, опис методів та засобів моделювання.
- 3) Вибір інструменту для вирішення завдання.
- 4) Опис всіх етапів процесу моделювання.
- 5) Висновки.

## Список літератури

1. Афифи А., Эйзен С. Статистический анализ. Подход с использованием ЭВМ. — М.: Мир, 1982.
2. Экономическая информатика / Под ред. П. В. Конюховского, Д.Н. Колесова. — СПб.: Питер, 2001.
3. Гужва В. М. Інформаційні системи і технології на підприємствах. — К.: Вид-во КНЕУ, 2001.
4. Вовчак І. С. Інформаційні системи та технології в менеджменті. — Тернопіль: Карт-бланш, 2001.
5. Карпенко С. Г., Иванов Є. О. Основи інформаційних систем та технологій. — К.: МАУП, 2002.
6. Додж М., Стинсон К. Эффективная работа с Microsoft Excel2000. — СПб.: Питер, 2000.

### Додаткові джерела

7. Колесников А. Excel для пользователя. Анализ данных. Деловая графика. Работа в сети. Торгово-издательское бюро ВНУ, — К.:, 1997, 525 с.
8. Никольский А.Н., Назаров В.Ю. Введение в MS Windows — М.: Финансы и статистика, 1991.

### Методичне забезпечення

9. Методичні вказівки до практичних занять по курсу «Фінансовий менеджмент», Карпенко М.Ю., Лойко А.Ф., — Харків: ХНАМГ, 1998. — 24 с.
10. Методичні вказівки до виконання економічних розрахунків засобами Microsoft Excel з курсу «Прикладні задачі менеджменту на ПК» (розділ «Фінансові функції та оптимізація»), Карпенко М.Ю., — Харків: ХНАМГ, 2000. — 16 с.

## ЗМІСТ

Мета роботи .....	3
Етапи виконання роботи .....	3
Вступ .....	3
Розробка моделі для аналізу ризиків інвестиційних проектів .....	8
Загальний вигляд моделі .....	8
Технологія імітаційного моделювання засобами MS Excel.....	10
Імітаційне моделювання із застосуванням функцій Excel .....	10
Використання інструменту «Генератор случайных чисел» .....	23
Статистичний аналіз результатів імітації.....	33
Коваріація та кореляція.....	33
Інструмент аналізу даних «Корреляция».....	35
Інструмент аналізу даних «Описательная статистика».....	38
Зміст і структура звіту.....	43
Список літератури .....	43

## НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Економіко-математичне моделювання» (для студентів 2 курсу денної форми навчання освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр, напряму підготовки 6.030504 - «Економіка підприємства»).

Укладачі: Микола Юрійович Карпенко,  
Ольга Миколаївна Штельма  
Олександр Васильович Клименко

Редактор: М.З. Аляб'єв  
Коректор: З. І. Зайцева

Верстка: І.В.Волосожарова

План 2009, поз. 534М

---

Підп. до друку <u>19/05/06</u>	Формат 60x84 1/16	Папір офісний
Друк на ризографі.	Умовн.—друк. арк. 2,0	Обл.— вид. арк. 2,3
Замовл. №	Тираж 30 прим.	

---

61002, Харків, ХНАМГ, вул. Революції, 12

---

Сектор оперативної поліграфії ЦНІТ ХНАМГ,  
61002, Харків, ХНАМГ, вул. Революції, 12