Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Кафедра математических методов и моделей в экономике

А.В. Раменская, К.В. Пивоварова

# МЕТОД МОНТЕ-КАРЛО И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ

Методические указания

Рекомендовано редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 01.03.04 Прикладная математика, 38.03.05 Бизнес-информатика, 38.04.01 Экономика

Рецензент – кандидат экономических наук, доцент О.Н. Яркова

#### Раменская, А. В.

P21

Метод Монте-Карло и инструментальные средства его реализации : методические указания / А.В. Раменская, К.В. Пивоварова; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2018. – 58 с.

Методические указания содержат описание лабораторной работы по оценке риска инвестиционного проекта методом Монте-Карло с использованием различных программных пакетов. практикуму Методические указания К лабораторному И самостоятельной работе студентов предназначены для обучающихся по направлениям подготовки 01.03.04 Прикладная математика, 38.03.05 Бизнес-информатика, магистров направления 38.04.01 Экономика, а также других направлений связанных с имитационным моделированием в экономике.

> УДК 519.2 (076.5) ББК 22.171я7

© Раменская А.В. Пивоварова К.В. © ОГУ, 2018

# Содержание

| Введение   | 4  |
|--|----|
| 1 Теоретические аспекты реализации метода Монте-Карло          | 7  |
| 1.1 Описание метода Монте-Карло                                | 7  |
| 1.2 Методы генерации случайных величин                         | 9  |
| 2 Описание лабораторной работы                                 | 14 |
| 3 Постановка задачи  | 14 |
| 4 Порядок выполнения работы                                    | 15 |
| 4.1 Описание модели  | 15 |
| 4.2 Реализация метода Монте-Карло средствами MS Excel          | 19 |
| 4.3 Реализация метода Монте-Карло в ППП MathCAD                | 31 |
| 4.4 Реализация метода Монте-Карло в RStudio                    | 40 |
| 4.5 Подбор количества имитаций                                 | 46 |
| 5 Содержание письменного отчета                                | 49 |
| 6 Вопросы к защите   | 49 |
| Список использованных источников                               | 51 |
| Приложение А (обязательное) Варианты исходных данных           | 53 |
| Приложение Б (обязательное) Задание для самостоятельной работы | 57 |

#### Введение

При анализе большинства реальных процессов в экономике и бизнесе аналитик сталкивается со случайными процессами и явлениями. Результаты экономической деятельности зависят от многих разнонаправленных факторов и должны рассматриваться как случайные величины. Одним из методов обоснования управленческих решений в условиях риска и неопределённости является метод Монте-Карло. Широкое распространение получило применение метода Монте-Карло в анализе риска инвестиционных проектов.

Целью методических указаний является демонстрация реализации метода Монте-Карло в современных пакетах прикладных программ для задачи анализа риска инвестиционного проекта.

В методических указаниях представлено описание алгоритма метода Монте-Карло, особое внимание уделено методам генерации случайных чисел. Реализация метода продемонстрирована использованием с таблиц MS Excel (надстройки электронных анализа данных), профессионального математического пакета MathCAD И бесплатного программного обеспечения RStudio.

Выполнение лабораторных работ по дисциплине «Имитационное моделирование» студентами направлений подготовки бакалавров 38.03.05 -Бизнес-информатика профили «Математические и инструментальные методы анализа экономики», «Моделирование бизнес-систем» в соответствии рабочими программами дисциплин способствует формированию следующих компетенций: способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности (ОПК-1); способностью работать компьютером c как средством управления информацией, работать с информацией из различных источников, в том

4

числе в глобальных компьютерных сетях (ОПК-3); способность использовать соответствующий математический аппарат и инструментальные средства для обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования (ПК-18); умение готовить научно-технические отчеты, презентации, научные публикации по результатам выполненных исследований (ПК-19).

Выполнение лабораторных работ по дисциплине «Имитационное моделирование» и «Имитационное моделирование логистических систем» студентами направления подготовки бакалавров 01.03.04 – Прикладная математика профиль «Применение математических методов к решению инженерных и экономических задач» в соответствии рабочей программой дисциплины способствует формированию следующих компетенций: способностью современные использовать математические методы И современные прикладные программные средства и осваивать современные технологии программирования (ОПК-2); способностью использовать стандартные пакеты прикладных программ для решения практических задач электронных вычислительных машинах, отлаживать, тестировать на прикладное программное обеспечение (ПК-1); способностью и готовностью современных демонстрировать знания языков программирования, операционных систем, офисных приложений, информационнотелекоммуникационной сети "Интернет" (далее - сеть Интернет"), способов и механизмов управления данными, принципов организации, состава и схемы работы (ПК-3); операционных систем готовностью применять математический аппарат для решения поставленных задач, способностью применить соответствующую процессу математическую модель и проверить ее адекватность, провести анализ результатов моделирования, принять решение на основе полученных результатов (ПК-10).

Выполнение лабораторной работы по дисциплине «Имитационное моделирование экономических процессов (продвинутый курс)» студентами направления подготовки магистратуры 38.04.01 Экономика профиль «Математические и инструментальные методы анализа социальных и

5

экономических процессов» в соответствии рабочей программой дисциплины способствует формированию следующих компетенций: способностью готовить аналитические материалы для оценки мероприятий в области экономической политики и принятия стратегических решений на микро- и макроуровне (ПК-8); способностью составлять прогноз основных социально-экономических показателей деятельности предприятия, отрасли, региона и экономики в целом (ПК-10).

#### 1 Теоретические аспекты реализации метода Монте-Карло

#### 1.1 Описание метода Монте-Карло

Метод Монте-Карло – численный метод решения различных задач при помощи моделирования случайных событий, основанный на получении большого числа реализаций случайных величин, которые формируются таким образом, чтобы их вероятностные характеристики совпадали с аналогичными величинами решаемой задачи.

Основная идея метода состоит в использовании выборки случайных чисел для получения искомых оценок. Вместо того чтобы описывать процесс с помощью аналитического аппарата (дифференциальных или алгебраических уравнений), производится «розыгрыш» случайного явления с помощью специально организованной процедуры, включающей в себя случайность и дающий случайный результат. В сущности, методом Монте-Карло может быть решена любая вероятностная задача, но оправданным он становится только тогда, когда процедура «розыгрыша» проще, а не сложнее аналитических расчетов.

В задачах исследования операций метод Монте-Карло применяют в трех основных случаях:

- при моделировании сложных, комплексных операций, где присутствует много взаимодействующих случайных факторов,

- при проверке применимости более простых аналитических методов и выяснения условий их применимости,

- в целях выработки поправок к аналитическим формулам типа «эмпирических формул» в технике.

#### Этапы метода

1. Установить взаимосвязи между исходными и выходными показателями в виде математической модели. На этом этапе вводятся

7

параметры модели, которые будут являться случайными величинами.

2. Задать законы распределения вероятностей для ключевых параметров модели. При необходимости учесть, что некоторые параметры модели являются коррелированными. Законы распределения задаются экспертами, например, на основе имеющихся статистических данных или содержательного описания рассматриваемого процесса.

3. Провести компьютерную имитацию значений ключевых параметров модели. На этом этапе используются специальное программное обеспечение.

4. Рассчитать основные характеристики распределений исходных и выходных показателей. Проверить гипотезы о характере распределения показателей (в том числе входных, для верификации шага 3).

5. Провести анализ полученных результатов и принять решение. Строятся оценки плотности распределения и функции распределения результативного показателя. На практике наиболее часто используют следующие характеристики для выходных показателей:

1) математическое ожидание;

2) стандартное отклонение;

3) коэффициент вариации;

- 4) коэффициент асимметрии, эксцесса;
- 5) и др.

Остановимся подробнее на реализации шага 3. Расчеты по методу Монте-Карло могут быть реализованы в собственном программном средстве, специализированных системах имитационного моделирования (Stella, AnyLogic и т.п.), а также с использованием встроенных функций и библиотек стандартных пакетов прикладных программ (MS Excel, MathCAD, MathLab, RStudio и др.). Рассмотрим теоретические аспекты генерации CB в памяти компьютера.

8

#### 1.2 Методы генерации случайных величин

В имитационных моделях возникает тогда, когда вектор параметров  $\theta$ является случайным. Рассмотрим методы получения случайных значений  $\theta = \theta_1, \theta_2, ..., \theta_k$ , имеющее заданное распределение вероятности f(x).

Для начала рассмотрим как получить значение равномерно распределенной СВ на отрезке [0, 1]. В памяти ЭВМ возможна работа только с псевдослучайными числами.

Последовательности псевдослучйных чисел могут быть получены используя конгруэнтные методы.

Два целых числа A и B конгруэнтны (сравнимы) помодулю m, где m – целое число, тогда и только тогда, когда существует такое целое число k, что  $A - B = k \cdot m$ . Другими словами, числа A и B конгруэнтны, если разность A–B делится на m и если числа A и B дают одинаковые остатки при делении на абсолютную величину числа m. Это определение записывается как

$$A = B \mod m, \tag{1.1}$$

и читается «А конгруэнтно В по модулю m».

Согласно линейному конгруэнтному методу, последовательность получается по следующему правилу:

$$x_{i+1} = \{a \cdot x_i + c\} \mod m$$
 (1.2)

где а, с, т – некоторые неслучайные константы.

Такая последовательность называется линейной конгруэнтной последовательностью. Период последовательности будет равен m только при выполнении следующих условий:

- числа с и т взаимно простые;

- а-1 кратно р для каждого простого р, являющегося делителем т;

- а-1 кратно 4, если т кратно 4.

Выбор констант связан с разрядностью процессора и они позволяют получать достаточно длинные последовательности СВ, которые достаточны для решения большинства задач. Примеры задания констант представлены в таблице 1.1.

| Source   | m                  | множитель а                             | слагаемое с                             | Используе-<br>мые биты                                      |
|--|--------------------|---|---|---|
| 1  | 2                  | 3                                       | 4                                       | 5   |
| NumericalRecipes   | $2^{32}$           | 1664525                                 | 1013904223                              | _   |
| Borland C/C++  | 2 <sup>32</sup>    | 22695477                                | 1                                       | bits 3016<br>in <i>rand()</i> ,<br>300<br>in <i>lrand()</i> |
| ANSI C: Watcom, Digital<br>Mars, CodeWarrior, IBM<br>VisualAge C/C++ | 2 <sup>31</sup>    | 1103515245                              | 12345                                   | bits 3016   |
| BorlandDelphi, VirtualPasca<br>l                                     | 2 <sup>32</sup>    | 134775813                               | 134775813 1                             |   |
| Microsoft Visual/Quick<br>C/C++                                      | 2 <sup>32</sup>    | 214013 (343FD <sub>16</sub> )           | 2531011<br>(269EC3 <sub>16</sub> )      | bits 3016   |
| Microsoft Visual Basic (6<br>and earlier)                            | 2 <sup>24</sup>    | 1140671485<br>(43FD43FD <sub>16</sub> ) | 12820163<br>(C39EC3 <sub>16</sub> )     | _   |
| RtlUniformfrom Native API  | $2^{31}$ -1        | 2147483629<br>(7FFFFFED <sub>16</sub> ) | 2147483587<br>(7FFFFFC3 <sub>16</sub> ) | _   |
| Apple<br>CarbonLib, C++11's minstd<br>_rand0                         | $2^{31}$ -1        | 16807                                   | 0                                       | see MINST<br>D  |
| C++11's minstd_rand  | 2 <sup>31</sup> -1 | 48271                                   | 0                                       | see MINST<br>D  |
| MMIX by DonaldKnuth  | 2 <sup>64</sup>    | 636413622384679<br>3005                 | 1442695040888963<br>407                 |   |
| Newlib   | 2 <sup>64</sup>    | 636413622384679<br>3005                 | 1                                       | bits 6332   |
| Java   | $2^{48}$           | 25214903917                             | 11                                      | bits 4716   |

Таблица 1.1 – Константы для линейного конгруэтного метода

Основная итеративная формула мультипликативного конгруэнтногометода имеет вид:

$$\mathbf{x}_{i} = \left\{ \mathbf{c} \cdot \mathbf{x}_{i-1} \right\} \mod \mathbf{m}, \tag{1.3}$$

где с – множитель, положительное целое число.

Для m=2<sup>32</sup>подобрана величина множителя c=1220703125=5<sup>13</sup> подобрана Р. Шенноном.

После получения последовательности её элементы необходимо будет умножить на нормирующий множитель (он связана с разрядностью числа), что бы получить числа из отрезка [0, 1][3].

Перейдем к вопросу восстановления СВ распределенной по произвольному закону. Все нижеописанные методы будут основаны на использовании независимых одинаково распределенных случайных чисел, имеющих равномерное распределение на интервале [0,1].

Рассмотрим метод обратных функций. Пусть необходимо получить значение х случайной величины у, имеющей непрерывную или дискретную плотность вероятности f(x). Согласно методу обратных функций, сначала находится функция распределения:

$$F(x) = P\{\xi \le x\},$$
 (1.4)

где 0≤ F(x) ≤1 для всех значений х.

Пусть R – случайное число, полученное из равномерного на интервале [0,1] распределения, и пусть F<sup>-1</sup>– функция, обратная к функции F. Метод обратных функций требует выполнения следующих действий:

1) генерируется случайное число R из отрезка [0,1];

2) вычисляется искомое число:

$$x = F^{-1}(R).$$
 (1.5)

Метод обратных функций дает хорошие результаты для непрерывных распределений, функция распределения которых имеет аналитическое представление. Такие распределения, как нормальное, гамма-распределение и распределение Пуассона, к упомянутому классу не принадлежат. Для получения случайных значений, имеющих эти распределения, служат следующие методы.

Основная идея метода сверток состоит в том, чтобы выразить искомую случайную величину в виде суммы других случайных величин, для которых легко получить реализации случайных значений. Типичными среди таких распределений являются распределения Эрланга и Пуассона, которые можно получить из экспоненциального распределения.

Метод отбора разработан для получения значений случайных величин со сложными функциями плотностей вероятностей, к которым нельзя применять изложенные выше методы. Общая идея данного метода сводится к замене сложной плотности вероятности f(x) более удобной, с аналитической точки зрения, плотностью вероятности h(x). Затем значения, соответствующие плотности h(x), используются для получения значений, соответствующих исходной плотности f(x). Для плотности вероятности f(x) определяем мажорирующую функцию g(x), такую что:

$$\mathbf{f}(\mathbf{x}) \le \mathbf{g}(\mathbf{x}), -\infty < x < \infty. \tag{1.6}$$

Теперь определим плотность вероятности h(x) путем нормализации функции g(x) :

$$h(x) = \frac{g(x)}{\int_{-\infty}^{\infty} g(y) dy}, -\infty < x < \infty.$$
(1.7)

В методе отбора последовательно выполняются следующие действия:

1) с помощью обратных функций или метода свертки получаем случайное значение  $x = x_1$ , соответствующее плотности вероятности h(x);

2) генерируем случайное число R из интервала [0,1];

3) если  $R \le f(x_1)/g(x_1)$  следует принять  $x_1$ как искомое значение, соответствующее распределению f(x). Иначе необходимо вернуться к шагу 1, отбросив значение  $x_1$ .

Используя описанные алгоритмы, можно сгенерировать любой закон распределения, в том числе заданные эмпирически.

Нами описаны основные теоретические сведения для реализации метода статистических испытаний.

# 2 Описание лабораторной работы

Лабораторная работа включает в себя следующие этапы:

- постановку задачи;
- ознакомление с порядком выполнения работы;
- выполнение расчетов индивидуальных задач на компьютере и анализ результатов;
- подготовку письменного отчета с выводами по работе;
- защиту лабораторной работы.

## 3 Постановка задачи

Исходные данные об инвестиционном проекте приведены в таблице (см. Приложение А). Срок проекта составляет 4 года.

| Показетель            | Тип распредления | Γ       | Параметры зако |             |  |  |
|-----------------------|------------------|---------|----------------|-------------|--|--|
|                       |                  |         | распре         | аспредления |  |  |
| Объем выпуска, тыс.   | нормальное       | 5500    |                | 270         |  |  |
| ШТ.                   |                  |         |                |             |  |  |
| Цена за штуку, руб.   | треугольное      | 180     | 230            | 210         |  |  |
| Переменные затраты,   | треугольное      | 100     | 160            | 130         |  |  |
| руб./шт.              |                  |         |                |             |  |  |
| Постоянные затраты,   | равномерное      | 40000   |                | 60000       |  |  |
| руб.                  |                  |         |                |             |  |  |
| Амортизация, руб.     | постоянная       | 2000    |                |             |  |  |
| Налог на прибыль, %   | постоянная       | 40      |                |             |  |  |
| Норма дискона, %      | равномерное      | 8       |                | 16          |  |  |
| Остоточная стоимость, | экспоненциальное | 0,00005 |                |             |  |  |
| руб.                  |                  |         |                |             |  |  |
| Начальные инвестиции  | постоянная       | 400 000 | C              |             |  |  |

Таблица 3.1 – Характеристики инвестиционного проекта

Провести оценку инвестиционного проекта методом Монте-Карло, для этого:

1) предложить математическую модель проекта;

2) осуществить генерацию основных параметров, согласно заданным законам распределения, использую стандартное программное обеспечение;

3) рассчитать вектор выходных параметров;

4) провести количественный и графический анализ полученных результатов;

5) дать экономическую интерпретацию результатов и сформулировать рекомендации.

Примечание: для направления подготовки «Прикладная математика» предполагается разработка собственного программного обеспечения на языке С++ с дружественным интерфейсом и инструментами объектноориентированного программирования.

#### 4 Порядок выполнения работы

#### 4.1 Описание модели

Анализ начинают с построения математической модели для инвестиционного проекта. Выходным параметром будет являться прибыль от реализации (ежегодный платеж по инвестиционному проекту) от факторных переменных (показателей). Допущением модели является постоянство всех параметров в течение реализации проекта. Построенная модель имеет следующий вид:

$$CF_t = (1 - T) \cdot (Q \cdot P - CV \cdot Q + A - F) \quad t = 1, n - 1,$$
 (4.1)

где Т – ставка налога на прибыль;

Q – объем выпуска;

Р – цена за штуку;

CV – переменные затраты;

F – постоянные затраты;

А – амортизационные отчисления;

 $CF_t$  – ежегодная прибыль ( $t = \overline{1,3}$ ).

При этом в последнем периоде к прибыли также добавится остаточная стоимость:

$$CF_n = (1 - T) \cdot (Q \cdot P - CV \cdot Q + A - F) + S_n.$$
(4.2)

Приведем перечень основных показателей, используемых для оценки рисков инвестиционных проектов.

Чистая приведенная стоимость:

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{CF_t}{(1+i)^t} - I_0$$
(4.3)

где I<sub>0</sub> – начальные инвестиции;

CF<sub>t</sub> – потоки платежей в момент времени t;

n-срок проекта;

і– процентная ставка.

Этот показывает величину денежных средств, которую инвестор ожидает получить от проекта, после того, как денежные притоки окупят его первоначальные инвестиционные затраты и периодические денежные оттоки, связанные с осуществлением проекта. Поскольку денежные платежи оцениваются с учётом их временной стоимости, NPV можно интерпретировать как стоимость, добавляемую проектом или как общую прибыль инвестора. Норма доходности:

$$PI = \frac{\sum_{t=1}^{n} \frac{CF_{t}}{(1+i)^{t}}}{I_{0}}.$$
(4.4)

Данный показатель должен быть больше 1, тогда проект является рентабельным.

Внутренняя норма доходности, обобщенный показатель, характеризующей устойчивость проекта к изменению процентной ставки. Определяется из уравнения:

$$\sum_{t=1}^{n} \frac{CF_{t}}{(1 + IRR)^{t}} = I_{0}.$$
(4.5)

Перечисленные показатели характеризуются риск инвестиционного проекта и являются выходными для нашей модели.

Таким образом, реализован первый этап метода Монте-Карло.

Перейдем ко второму этапу. Согласно исходным данным будем считать величину налоговой ставки, амортизационные отчисления, первоначальные инвестиции постоянными величинами. Объем выпуска, цена за штуку, постоянные расходы, переменные расходы, норму дисконта и статочную стоимость отнесем к параметрам модели – риск-переменным. Для каждой риск-переменной известен диапазон изменения значений и вид закона распределения (таблица 3.1).

Этапы 4-5 будут продемонстрированы далее. Сделаем некоторые общие замечания.

На шаге 5 для анализа риска предлагается использовать ряд специфических характеристик:

1) средние ожидаемые доходы:

17

$$EG = \frac{\sum_{i=1}^{n^+} NPV_i^+}{n^+},$$
 (4.6)

где n<sup>+</sup> – количество положительных значений NPV;

2) средние ожидаемые потери:

$$EL = \frac{\left|\sum_{i=1}^{n} NPV_{i}^{-}\right|}{n^{-}},$$
(4.7)

где n<sup>-</sup> – количество отрицательных значений NPV;

3) коэффициент ожидаемых потерь:

$$ELR = \frac{|EL|}{|EL| + EG}; \qquad (4.8)$$

4) вероятность реализации неэффективного проекта:

$$P(NPV < 0) = \frac{n^{-}}{n}.$$
(4.9)

Нами составлена математическая модель задачи, рассмотрены показатели для оценки привлекательности инвестиционного проекта. Перейдем к вопросам генерации случайных параметров модели.

#### 4.2 Реализация метода Монте-Карло средствами MS Excel

Рассмотрим возможности MSExcel 2007 и 2010 для генерации случайных величин. На вкладке *Данные* нажимается кнопка *Анализ данных*. После этого появляется окно, показанное на рисунке 4.1.



Рисунок 4.1 – Меню Анализ данных

Если Анализ данных отсутствует на вкладке, его необходимо подключить. Для этого из меню *Файл* выполнить путь *Параметры– Надстройки – Перейти*, после чего в появившемся окне поставить галочку около *Пакетанализа*. После нажатия кнопки ОК на вкладке появится соответствующая кнопка.

| Надстройки   |   | ? ×            |  |  |  |  |  |  |  |
|--|---|----------------|--|--|--|--|--|--|--|
| Доступные надстройки:                                  |   |                |  |  |  |  |  |  |  |
| VBA для помощника по Интернету<br>Инструменты для евро | * | ОК             |  |  |  |  |  |  |  |
| Мастер подстановок<br>Мастер суммирования              |   | Отмена         |  |  |  |  |  |  |  |
| ✓ Пакет анализа<br>Пакет анализа - VBA                 |   | Об <u>з</u> ор |  |  |  |  |  |  |  |
| ☑ Поиск решения  |   | Автоматизация  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |   |                |  |  |  |  |  |  |  |
|  |   |                |  |  |  |  |  |  |  |
|  |   |                |  |  |  |  |  |  |  |
|  | - |                |  |  |  |  |  |  |  |
| Пакет анализа  |   |                |  |  |  |  |  |  |  |
| Содержит инструменты для анализа научных и финансовых  |   |                |  |  |  |  |  |  |  |
| A CHINA SA   |   |                |  |  |  |  |  |  |  |
|  |   |                |  |  |  |  |  |  |  |

Рисунок 4.2 – Подключение пакета анализа

В MS Excel представлен небольшой перечень датчиков, представленный на рисунке 4.3. Параметры зависят от выбранного закона распределения. В число переменных указываем количество CB, в число случайных чисел пишем количество итераций, в нашем случае 100. В Параметры выводы выбираем Выходной интервал и указываем ячейки.

| Генерация с  | случайных чисел   | ? ×             |
|--|---|-----------------|
| Число <u>п</u> еременных:<br><u>Ч</u> исло случайных чисел:  |   | ОК<br>Отмена    |
| <u>Р</u> аспределение:<br>Параметры<br>В <u>х</u> одной интервал значений и в  | Дискретное<br>Равномерное<br>Нормальное<br>Бернулли<br>Биномиальное<br>Пуассона<br>Модельное<br><u>Дискретное</u> | <u>С</u> правка |
| Случайное рассеивание:<br>Параметры вывода<br>Выходной интервал:<br>• Новый рабочий дист:<br>Новая рабочая <u>к</u> нига | <b>F</b>  |                 |

Рисунок 4.3 – Датчики СВ в MS Excel

| G   |                  | (~ = 🗐                               | <b>) (1</b>    | <b>∓</b> №   | 1етод_Монт   | е-Карло - N                         | licrosoft Ex | cel  |           | x                   |
|-----|------------------|--------------------------------------|----------------|--|--|-------------------------------------|--------------|--|-----------|---------------------|
|     | Главная          | Вставка F                            | азметка стр    | аницы Ф  | ормулы ,   | Данные F                            | ецензиров    | зание Вид  | 0 - 1     | ×                   |
| Во  | Ставить 🗸        | Calibri ▼<br>Ж Ҝ <u>Ч</u> ▼<br>Шрифт |                | = = <mark>=</mark><br>Е Ξ Ξ<br>⊈ ₽ №<br>Зыравниван | об<br>Поб<br>Поб<br>Поб<br>Поб<br>Поб<br>Поб<br>Поб<br>П | щий ▼<br>▼ % 000<br>\$00<br>Иисло Б | Стили        | на Вставить т<br>Удалить т<br>Формат т<br>Ячейки | Σ - Я<br> | үү -<br>Ма -<br>ров |
|     | B1               | - ()                                 | f <sub>x</sub> |  |  |                                     |              |  |           | *                   |
|     |                  | А                                    | В              | С  | D  | E                                   | F            | G  | Н         |                     |
| 1   | Параметрь        | I                                    |                |  |  |                                     |              |  |           |                     |
| 2   | срок проек       | та                                   | 4              |  |  |                                     |              |  |           |                     |
| 3   | ставка нало      | га                                   | 0,4            |  |  |                                     |              |  |           | =                   |
| 4   | амортизаци       | 19                                   | 2000           |  |  |                                     |              |  |           |                     |
| 5   | начальные        | инвестиции                           | 400000         |  |  |                                     |              |  |           |                     |
| 6   |                  |                                      |                |  |  |                                     |              |  |           |                     |
| 7   |                  |                                      |                |  |  |                                     |              |  |           |                     |
| 8   |                  |                                      |                |  |  |                                     |              |  |           |                     |
| 9   |                  |                                      |                |  |  |                                     |              |  |           |                     |
| 10  |                  |                                      |                |  |  |                                     |              |  |           | -                   |
| -14 | \mapsto н _ Лист | 1 / Лист2 / Л                        | 1ист3 📈 🖏      |  |  | [ 4                                 |              |  |           |                     |
| Гот | 080              |                                      |                |  |  |                                     | 1009         | 6 🕞 🔢  | Ū(        | <b>+</b> .::        |

Рисунок 4.4 – Задание постоянных параметров

Вернемся к нашему примеру. Зададим постоянные величины как показано на рисунке 4.4.

Проведем генерации случайных параметров модели. Задание параметров генерации для объема выпуска, распределенного по нормальному закону, показано на рисунке 4.5.

| Генерация случайных чисел  |                | ? ×             |
|--|----------------|-----------------|
| Число переменных:  | 1              | ОК              |
| <u>Ч</u> исло случайных чисел:   | 100            | Отмена          |
| <u>Р</u> аспределение:   | Нормальное     | <u>С</u> правка |
| Параметры  |                |                 |
| Ср <u>е</u> днее =   | 5500           |                 |
| Стандартное отклонение =   | 270            |                 |
| Случайное рассеивание:<br>Параметры вывода<br>Выходной интервал:<br>Новый рабочий дист:<br>Новая рабочая <u>к</u> нига | 5D\$2:\$D\$102 |                 |

Рисунок 4.5 – Задание параметров для генерации объема выпуска

Аналогично сгенерируем величину постоянных затрат и норму дисконта, имеющих равномерный закон распределения.

| Генерация случайных чисел 🛛 ? 🛛 🗙   | Генерация случайных чисел 📍 🗙  |
|---|--|
| Число переменных:     1     ОК       Число случайных чисел:     100     Отмена       Распределение:     Равномерное     Справка       Параметры | Число <u>п</u> еременных: 1 ОК<br>Число случайных чисел: 100 Отмена<br>Распределение: Равномерное ♥ <u>С</u> правка<br>Параметры<br><u>М</u> ежду 0,08 <u>и</u> 0,16 |
| Случайное рассеивание:<br>Параметры вывода  | Случайное рассеивание:<br>Параметры вывода   |

Рисунок 4.6 – Задание параметров для генерации постоянных затрат (слева) и нормы дисконта (справа)

Результаты генерации с использованием стандартных датчиков представлены на рисунке 4.7.

|           |  | -                    |                              | Meron   | Moure-Kanno                                | Microsoft E         | vcal  |   |                       |        | <b>x</b> |
|-----------|--|----------------------|------------------------------|---|--|---------------------|---|---|-----------------------|--------|----------|
|           |  |                      |                              |   |  |                     |   |   |                       |        |          |
| Φ         | айл Главная Вставка                                  | Разметк              | а страниц                    | цы Форму.   | лы Данные                                  | е Рецензи           | ирование Вид  | ABBYY Fine                              | Reader 12 🗠           | () — Ø | 23       |
| Вc<br>Буф | Саlibri<br>Ж К Ц ч<br>тавить V<br>ер обмена Га Шрифт | • 11 •<br>A A A<br>• | ≡ ≡<br>≣ ≣<br>∰ ∰<br>Выравни | ■ ■ О ■ ■ О ■ ■ 0 | Общий ▼<br>∰ ▼ % 000<br>5,0 5,0<br>Число ⊡ | ▲<br>Стили<br>•     | Вставить т Σ т<br>Удалить т Ј т<br>Формат т 2 т<br>Ячейки | Сортировка<br>и фильтр ч<br>Редактирова | Найти и<br>выделить т |        |          |
|           | P10 • (*   | f <sub>x</sub>       |                              |   |  |                     |   |   |                       |        | ~        |
|           | Α  | В                    | С                            | D   | E  | F                   | G   | Н                                       | I.                    | J      | E        |
|           |  |                      |                              | Q объем<br>производс  | Рцена                                      | V<br>перемен<br>ные | F постоянные  | r норма                                 | Sn<br>остаточтная     |        |          |
| 1         | Параметры  |                      |                              | тва   | продукции                                  | затраты             | затрарты  | дисконта                                | стоимость             |        |          |
| 2         | срок проекта   | 4                    |                              | 5328,4401   |  |                     | 47640,00366   | 0,1395331                               |                       |        |          |
| 3         | ставка налога  | 0,4                  |                              | 5342,3939   |  |                     | 42013,61126   | 0,1094882                               |                       |        | _        |
| 4         | амортизация  | 2000                 |                              | 6203,0583   |  |                     | 51929,68535   | 0,1153868                               |                       |        |          |
| 5         | начальные инвестиции                                 | 400000               |                              | 5640,951  |  |                     | 57982,11615   | 0,1019172                               |                       |        |          |
| 6         |  |                      |                              | 5120,5552   |  |                     | 57692,19031   | 0,1150865                               |                       |        |          |
| 7         |  |                      |                              | 5755,2375   |  |                     | 59169,28617   | 0,0810205                               |                       |        |          |
| 8         |  |                      |                              | 5368,9446   |  |                     | 40289,92584   | 0,1157506                               |                       |        |          |
| 9         |  |                      |                              | 6001,8828   |  |                     | 48148,44203   | 0,0873513                               |                       |        |          |
| 10        |  |                      |                              | 5330,6833   |  |                     | 57264,93118   | 0,124977                                |                       |        |          |
| 11        |  |                      |                              | 5353,6954   |  |                     | 42771,69103   | 0,1354021                               |                       |        |          |
| 12        |  |                      |                              | 5771,4908   |  |                     | 44900,66225   | 0,1524876                               |                       |        |          |
| 13        |  |                      |                              | 5579,918  |  |                     | 40909,45158   | 0,1014289                               |                       |        |          |
| 14        |  |                      |                              | 5543,8662   |  |                     | 40647,60277   | 0,0981793                               |                       |        |          |
| 15        |  |                      |                              | 5753,0827   |  |                     | 43282,57088   | 0,1246547                               |                       |        |          |
| 16        |  |                      |                              | 5489,515  |  |                     | 44392,22388   | 0,1126792                               |                       |        |          |
| 17        |  |                      |                              | E433 0666   |  |                     | 40341 00731   | 0 1122005                               |                       |        |          |

 4.7 – Результаты генерации объема выпуска, постоянных затрат и нормы дисконта

Для восстановления оставшихся переменных, чьих законов нет в стандартном перечне, используем метод обратных функций описанный выше.

Сгенерируем 3 СВ распределённых равномерно на отрезке [0; 1] (рисунок 4.8). Для показателя остаточной стоимости, распределенного по экспоненциальному закону, искомое значение найдем по формуле:

$$\mathbf{x}_{i} = -\frac{\ln(\mathbf{R}_{i})}{\lambda},\tag{4.10}$$

где R<sub>i</sub> – случайное число из отрезка [0; 1].

| Генераци                                   | я случайных чисел          | ? ×    |  |  |  |  |  |
|--|----------------------------|--------|--|--|--|--|--|
| Число переменных:                          | 3                          | ОК     |  |  |  |  |  |
| <u>Ч</u> исло случайных чисел:             | 100                        | Отмена |  |  |  |  |  |
| Распределение:                             | спределение: Равномерное 🗸 |        |  |  |  |  |  |
| Параметры                                  |                            |        |  |  |  |  |  |
| Между О И 1                                |                            |        |  |  |  |  |  |
|  |                            |        |  |  |  |  |  |
|  |                            |        |  |  |  |  |  |
| Случаиное рассеивание:<br>Параметры вывода |                            |        |  |  |  |  |  |
| Выходной интервал:                         | \$K\$2:\$M\$101            |        |  |  |  |  |  |
| Новый рабочий <u>л</u> ист:                |                            |        |  |  |  |  |  |
| ○ Новая рабочая книга                      |                            |        |  |  |  |  |  |

Рисунок 4.8 – Задание параметров для генерации

Таким образом, генерации CB, распределенной по экспоненциальному закону приведена на рисунке 4.9.

|    |   | * - 1              | · 4       |                      | М           | етод_Монте-         | Карло - Microsoft  | Excel                               | Survey of the local division of the local di |          |  |   | - 0                                    | x             |
|----|---|--------------------|-----------|----------------------|-------------|---------------------|--|-------------------------------------|--|----------|--|---|--|---------------|
| Φ  | айл Главная Вставка   | а Размет           | ка страни | цы Форма             | лы Данны    | ае Рецен            | зирование Ви   | а АВВҮҮ I                           | FineReader 12  |          |  |   | ۵ 🕜 🗆                                  | er 23         |
| Во | О         Я         С         З         чилов         Осцайка         граница         Ораница         Ораница         Сораниа         граница         Ораница         Ораница         Ораница         Сораниа         граница         Ораница         < |                    |           |                      |             | Б<br>Общи<br>С      | Р О<br>й т<br>% 000 (\$20 200<br>\$00 \$20 200<br>\$00 \$200<br>\$00 \$200<br>\$000<br>\$0 | 🧱 Условно<br>В Форматі<br>В Стили я | Э<br>е форматировани<br>ировать как табли<br>чеек т<br>Стили   | ie       | ■Вставить ▼<br>Чдалить ▼<br>Формат ▼<br>Ячейки | Σ - А<br>- Я<br>2 - Сорти<br>2 - и фил<br>Редак | провка Най<br>пору выдел<br>стирование | тии<br>пить • |
|    | ЕСЛИ - (  | $X \checkmark f_x$ | =-1/0,0   | 0005*LN(1-M          | 2)          |                     |  |                                     |  |          |  |   |  | ~             |
|    | Α   | В                  | С         | D                    | E           | F                   | G  | Н                                   | 1  | J        | K  | L   | М                                      | E             |
| 1  | Banauarnu   |                    |           | Q объем<br>производс | Рцена       | V<br>перемен<br>ные | F постоянные   | r норма                             | Sn<br>остаточтная  |          | F(D)   | 5(1)  | F(5p)                                  |               |
| 2  | спок проекта  | 1                  |           | 18d<br>5328 ///01    | 207 1/1892/ | 1/15 8/19           | 47640 00366  | 0 1295221                           | 1/0 00005*I N  | (1-M2)   | 0 /177828                                      | 0 888638  | 0.051424                               |               |
| 2  | ставка налога   | 0.4                |           | 5342 3939            | 207,140524  | 148 73763           | 42013 61126  | 0 1094882                           | 1/0,00003 EN   | (1-1012) | 0.943236                                       | 0,0000000                                       | 0,031424                               |               |
| 4  | амортизация   | 2000               |           | 6203 0583            | 208 237262  | 124 60417           | 51929 68535  | 0.1153868                           |  |          | 0.526383                                       | 0.336314  | 0.431074                               |               |
| 5  | начальные инвестиции  | 400000             |           | 5640.951             | 193,819726  | 149,13484           | 57982,11615  | 0.1019172                           |  |          | 0.127323                                       | 0.934416  | 0.813318                               |               |
| 6  | ina naviono i consectivita, ini   |                    |           | 5120,5552            | 216.323453  | 140,79811           | 57692,19031  | 0.1150865                           |  |          | 0.812952                                       | 0.79516   | 0.734825                               |               |
| 7  |   |                    |           | 5755,2375            | 202,949264  | 111.77505           | 59169,28617  | 0.0810205                           |  |          | 0.268258                                       | 0.077029  | 0.524369                               |               |
| 8  |   |                    |           | 5368,9446            | 214,447196  | 120,75673           | 40289,92584  | 0.1157506                           |  |          | 0.75811  | 0.239357  | 0.019349                               |               |
| 9  |   |                    |           | 6001.8828            | 201.627174  | 110,40546           | 48148.44203  | 0.0873513                           |  |          | 0.194983                                       | 0.060152  | 0.971587                               |               |
| 10 |   |                    |           | 5330,6833            | 201,141915  | 149,47643           | 57264,93118  | 0,124977                            |  |          | 0,167211                                       | 0,938475  | 0,606403                               |               |
| 11 |   |                    |           | 5353,6954            | 226,694606  | 118,34752           | 42771,69103  | 0,1354021                           |  |          | 0,989074                                       | 0,187017  | 0,539293                               |               |
| 12 |   |                    |           | 5771,4908            | 201,581497  | 151,35337           | 44900,66225  | 0,1524876                           |  |          | 0,192389                                       | 0,958464  | 0,41908                                |               |
| 13 |   |                    |           | 5579,918             | 206,665889  | 130,20441           | 40909,45158  | 0,1014289                           |  |          | 0,455519                                       | 0,50679   | 0,124668                               |               |
| 14 |   |                    |           | 5543,8662            | 212,553178  | 155,7423            | 40647,60277  | 0,0981793                           |  |          | 0,695608                                       | 0,989929  | 0,743492                               |               |
| 15 |   |                    |           | 5753,0827            | 192,249878  | 113,28536           | 43282,57088  | 0,1246547                           |  |          | 0,10004  | 0,098056  | 0,642537                               | -             |
| М  | ♦ ▶ ₩ Лист1 / Лист2 / Ј   | Лист3 🦯 🖏          |           |                      |             |                     |  |                                     |  | _        |  |   |  |               |
| Вв | од  |                    |           |                      |             |                     |  |                                     |  |          | Ⅲ□□ 10   | 0% 🕞 —  |  | -(+) .:       |

Рисунок 4.9 – Восстановления экспоненциального закона

Аналогично, восстановим переменные издержки (рисунок 4.10) и цену продукции (4.11), распределенные по треугольному закону.

| Аргументы функции   | 8 8                              | 8 ×           |  |  |  |  |
|---|----------------------------------|---------------|--|--|--|--|
| ЕСЛИ  |                                  |               |  |  |  |  |
| Лог_выражение   | L2<=(130-100)/(160-100)          | = ЛОЖЬ        |  |  |  |  |
| Значение_если_истина  | 100+КОРЕНЬ(L2*(130-100)*(160 🎼   | = 139,9943537 |  |  |  |  |
| Значение_если_ложь  | 160-КОРЕНЬ((1-L2)*(160-130)*(: 🎼 | = 145,8419043 |  |  |  |  |
| <ul> <li>= 145,8419043</li> <li>Проверяет, выполняется ли условие, и возвращает одно значение, если оно выполняется, и другое значение, если нет.</li> <li>Значение_если_ложь значение, которое возвращается, если 'лог_выражение' имеет значение ЛОЖЬ. Если не указано, возвращается значение ЛОЖЬ.</li> </ul> |                                  |               |  |  |  |  |
| Значение: 145,8419043   |                                  |               |  |  |  |  |
| <u>Справка по этой функции</u>  |                                  | ОК Отмена     |  |  |  |  |

Рисунок 4.10 – Задание параметров для восстановления значений переменных затрат через функцию *Если* 

| X   | 🚽 🍠 • (°'   | *   <del>-</del>          |            | <. A               |                             |                     | Иетод_Монте                    | -Карло - Microsoft       | Excel                                | The said in the said                                |         |                                  |   | - 0                    | x                  |
|-----|-------------|---------------------------|------------|--------------------|-----------------------------|---------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|---|---------|----------------------------------|---|------------------------|--------------------|
| 4   | айл Главн   | ная Вставка               | Размет     | гка страни         | цы Формј                    | улы Данн            | ње Реце                        | нзирование Ви            | д АВВҮҮ К                            | FineReader 12                                       |         |                                  |   | ۵ 🕜 🗆                  | er XX              |
| B   | тавить<br>• | Calibri<br>Ж. <u>К. Ч</u> | • 11       | ▼ A* A<br><u> </u> |                             | ■ ॐ*<br>■ ≇ ≇       | ⊟т Общи<br>⊡т ∰т               | ий •<br>% 000 50 500     | 🔣 Условно<br>👿 Формати<br>📑 Стили яч | е форматирование *<br>ировать как таблицу<br>чеек * | - Β<br> | ставить *<br>цалить *<br>ормат * | Σ - 3<br>Я<br>Сорти<br>2 - и фи/<br>Вазак | ровка Най<br>выру выде | ћ<br>тии<br>лить т |
| Буч | ro ro       | _ (0                      | тфиці<br>• | -500140            |                             |                     |                                | -WOID 13                 | k/220_100\\v                         | 220 1/005111 //1 1/2                                | */220.2 | 10\*/220.1                       | Редак                                     | пирование              |                    |
|     | EZ          | • (-                      | Jx         | =EC/IVI(           | KZ<=((210-18                | 50)/(230-18         | );180+KOPE                     | HD(K2 (210-180)          | (230-180));                          | 230-КОРЕНЬ((1-К2                                    | (230-2  | 10) (230-1                       | .80)))                                    |                        |                    |
| - 4 |             | A                         | В          | С                  | D                           | E                   | F                              | G                        | H                                    |   | J       | K                                | L   | М                      | -                  |
| 1   | Пара        | метры                     |            |                    | Q объем<br>производс<br>тва | Р цена<br>продукции | V<br>перемен<br>ные<br>затраты | F постоянные<br>затрарты | г норма<br>дисконта                  | Sn<br>остаточтная<br>стоимость                      |         | F(P)                             | F(V)                                      | F(Sn)                  |                    |
| 2   | срок проек  | та                        | 4          |                    | 5328,4401                   | 207,14892           | 145,8419                       | 47640,00366              | 0,1395331                            |   |         | 0,477828                         | 0,888638                                  | 0,051424               |                    |
| 3   | ставка нало | га                        | 0,4        |                    | 5342,3939                   | 222,46578           | 148,73763                      | 42013,61126              | 0,1094882                            |   |         | 0,943236                         | 0,929533                                  | 0,07886                |                    |
| 4   | амортизаци  | 19                        | 2000       |                    | 6203,0583                   | 208,23726           | 124,60417                      | 51929,68535              | 0,1153868                            |   |         | 0,526383                         | 0,336314                                  | 0,431074               |                    |
| 5   | начальные   | инвестиции                | 400000     |                    | 5640,951                    | 193,81972           | 5 149,13484                    | 57982,11615              | 0,1019172                            |   |         | 0,127323                         | 0,934416                                  | 0,813318               |                    |
| 6   |             |                           |            |                    | 5120,5552                   | 216,32345           | 140,79811                      | 57692,19031              | 0,1150865                            |   |         | 0,812952                         | 0,79516                                   | 0,734825               |                    |
| 7   |             |                           |            |                    | 5755,2375                   | 202,94926           | 111,77505                      | 59169,28617              | 0,0810205                            |   |         | 0,268258                         | 0,077029                                  | 0,524369               |                    |
| 8   |             |                           |            |                    | 5368,9446                   | 214,44719           | 5 120,75673                    | 40289,92584              | 0,1157506                            |   |         | 0,75811                          | 0,239357                                  | 0,019349               |                    |
| 9   |             |                           |            |                    | 6001,8828                   | 201,627174          | 110,40546                      | 6 48148,44203            | 0,0873513                            |   |         | 0,194983                         | 0,060152                                  | 0,971587               |                    |
| 10  |             |                           |            |                    | 5330,6833                   | 201,14191           | 5 149,47643                    | 57264,93118              | 0,124977                             |   |         | 0,167211                         | 0,938475                                  | 0,606403               |                    |
| 11  |             |                           |            |                    | 5353,6954                   | 226,69460           | 5 118,34752                    | 42771,69103              | 0,1354021                            |   |         | 0,989074                         | 0,187017                                  | 0,539293               |                    |
| 12  |             |                           |            |                    | 5771,4908                   | 201,58149           | 151,35337                      | 44900,66225              | 0,1524876                            |   |         | 0,192389                         | 0,958464                                  | 0,41908                |                    |
| 13  |             |                           |            |                    | 5579,918                    | 206,66588           | 130,20441                      | 40909,45158              | 0,1014289                            |   |         | 0,455519                         | 0,50679                                   | 0,124668               |                    |
| 14  |             |                           |            |                    | 5543,8662                   | 212,55317           | 155,7423                       | 40647,60277              | 0,0981793                            |   |         | 0,695608                         | 0,989929                                  | 0,743492               |                    |
| 15  |             |                           | _ /*       |                    | 5753,0827                   | 192,24987           | 3 113,28536                    | 43282,57088              | 0,1246547                            |   |         | 0,10004                          | 0,098056                                  | 0,642537               | -                  |
| H   | • • • Лист  | 1 / Лист2 / Л             | Iист3 🦯 🐮  | 1/                 |                             |                     |                                |                          |                                      |   |         |                                  |   |                        |                    |
| Го  | тово        |                           |            |                    |                             |                     |                                |                          |                                      |   |         | 口巴 10                            | 0% ——                                     |                        | =(+)               |

Рисунок 4.11 – Результат восстановления значений цены продукции

После задания и генерации всех входных параметров перейдем к расчету выходных показателей, формулы (4.2-4.4). Результаты представлены на рисунках 4.12-4.13.

| ()<br>1  | 1 2 3 F  |                         |                |           |               |           |                                      |           |                            |   |                |          |          |      |            |             |              |           |
|--|--|-------------------------|----------------|-----------|---------------|-----------|--------------------------------------|-----------|----------------------------|---|----------------|----------|----------|------|------------|-------------|--------------|-----------|
| Фай.<br>Ф  | Главная Вставка<br>Я С   | • Размет                | ка страни<br>З |           | лы Данны<br>Ы | ае Рецен  | зирование Ви<br>РООСТИВНИЕ<br>Текста | а АВВУУ I | FineReader 12<br>Э<br>Ющий | Ŧ | 5              |          |          | B™ B | ставить 🔻  | Σ· Α        |              |           |
| Вставить V К К Ц · В · M A · E E E E E E E E E E E E E E E E E E |  |                         |                |           |               |           |                                      |           |                            |   | ги и<br>іить * |          |          |      |            |             |              |           |
| / <del>•</del> • •   | Фер измена та         шричи         та         овравнивание         ч         Число         стили         ученки         редактирование           ЕСЛИ <ul></ul> |                         |                |           |               |           |                                      |           |                            |   |                |          |          |      |            |             |              |           |
|  | A  | В                       | С              | D         | E             | F         | G                                    | Н         | I                          | J | K              | L        | М        | N    | 0          | Р           | Q            | R         |
| Объем перемен Sn   |  |                         |                |           |               |           |                                      |           |                            |   |                |          |          |      |            |             |              |           |
|  |  |                         |                | производс | Рцена         | ные       | <b>F</b> постоянные                  | r норма   | остаточтная                |   |                |          |          |      |            |             |              |           |
| 1  | Параметры  |                         |                | тва       | продукции     | затраты   | затрарты                             | дисконта  | стоимость                  |   | F(P)           | F(V)     | F(Sn)    |      | CFt        | NPV         | PI           |           |
| 2 C  | оок проекта  | 4                       |                | 5328,4401 | 207,148924    | 145,8419  | 47640,00366                          | 0,1395331 | 1055,860758                |   | 0,477828       | 0,888638 | 0,051424 |      | =(1-\$B\$3 | )*(D2*E2-D2 | ?*F2+\$B\$4- | G2)       |
| 3 C  | гавка налога   | 0,4                     |                | 5342,3939 | 222,465783    | 148,73763 | 42013,61126                          | 0,1094882 | 1642,861188                |   | 0,943236       | 0,929533 | 0,07886  |      |            |             |              |           |
| 4 a  | мортизация   | 2000                    |                | 6203,0583 | 208,237262    | 124,60417 | 51929,68535                          | 0,1153868 | 11280,09623                |   | 0,526383       | 0,336314 | 0,431074 |      |            |             |              |           |
| 5 н  | ачальные инвестиции  | 400000                  |                | 5640,951  | 193,819726    | 149,13484 | 57982,11615                          | 0,1019172 | 33567,00262                |   | 0,127323       | 0,934416 | 0,813318 |      |            |             |              |           |
| 6  |  |                         |                | 5120,5552 | 216,323453    | 140,79811 | 57692,19031                          | 0,1150865 | 26547,28107                |   | 0,812952       | 0,79516  | 0,734825 |      |            |             |              |           |
| 7  |  |                         |                | 5755,2375 | 202,949264    | 111,77505 | 59169,28617                          | 0,0810205 | 14862,25996                |   | 0,268258       | 0,077029 | 0,524369 |      |            |             |              |           |
| 8  |  |                         |                | 5368,9446 | 214,447196    | 120,75673 | 40289,92584                          | 0,1157506 | 390,7674385                |   | 0,75811        | 0,239357 | 0,019349 |      |            |             |              |           |
| 9  | N Duct1 (Duct2)  | □uc <del>r</del> 2 /\$1 | _              | 6001 8828 | 201 627174    | 110 /05/6 | /181/18 ///202                       | 0.0873513 | 71218 35826                |   | 0 19/1983      | 0.060152 | 0 971587 |      |            |             |              | ▼<br>N II |
| Ввод   |  |                         |                |           |               |           |                                      |           |                            |   |                |          |          |      |            |             |              |           |

Рисунок 4.12 – Формула расчета для ежегодного дохода

| (                | Merog Monre-Kapno - Microsoft Excel       |   |           |                             |                        |                                      |                                  |                     |                                |                |                         |                                |                              |        |                       |           |   |                    |                                |           |
|------------------|---|---|-----------|-----------------------------|------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|---------------------|--------------------------------|----------------|-------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------|-----------------------|-----------|---|--------------------|--------------------------------|-----------|
| Файл             | Главная Встав                             | ка Размет                                     | ка страні | ицы Формј                   | улы Данны              | ые Рецен                             | зирование Ви                     | д АВВҮҮ             | FineReader 12                  |                |                         |                                |                              |        |                       |           |   |                    | ۵ 🕜                            | - 🕫 🛙     |
| Встави<br>уфер о | К Саlibri<br>Саlibri<br>Ж К Ц<br>бмена Га | <ul> <li>т   Ш т   </li> <li>Шрифт</li> </ul> | • A /     |                             | =   ≫~<br>≣   ∰ ∰<br>B | 📑 Перенос<br>🚰 Объедин<br>ыравнивани | текста<br>ить и поместить в<br>е | с<br>центре т       | бщий<br>∲~ % 000   %8<br>Число | •<br>\$00<br>Б | условное<br>матирования | Формати<br>• как табл<br>Стили | ровать Стили<br>лицу – ячеек | Встави | ить Удалить<br>Ячейки | Формат    | Σ Автосумма<br>Заполнита<br>2 Очистить<br>Р | Сортиро<br>и фильт | Вка Найти<br>р≚ выделит<br>ние | И<br>/Б * |
|                  | если 👻 🤄                                  | $X \checkmark f_X$                            | =02/(1    | +H2)+O2/((1+                | +H2)^2)+O2/(           | (1+H2)^3)+                           | (O2+I2)/((1+H2)^                 | 4)-\$B\$5           |                                |                |                         |                                |                              |        |                       |           |   |                    |                                | ~         |
| 4                | А   | В   | С         | D                           | E                      | F                                    | G                                | н                   | I. I.                          | J              | K                       | L                              | М                            | N      | 0                     | Р         | Q   | R                  | S                              | T         |
| 1                | Параметры                                 |   |           | Q объем<br>производс<br>тва | Р цена<br>продукции    | V<br>перемен<br>ные<br>затраты       | F постоянные<br>затрарты         | г норма<br>дисконта | Sn<br>остаточтная<br>стоимость |                | F(P)                    | F(V)                           | F(Sn)                        |        | CFt                   | NPV       | PI  |                    |                                | =         |
| 2 cpc            | к проекта                                 | 4   |           | 5328,4401                   | 207,148924             | 145,8419                             | 47640,00366                      | 0,1395331           | 1055,860758                    |                | 0,477828                | 0,888638                       | 0,051424                     |        | 168618,5              | =02/(1+H  | 2)+02/((1+                                  | H2)^2)+O2/         | ((1+H2)^3)                     | +(02+     |
| з ста            | вка налога                                | 0,4   |           | 5342,3939                   | 222,465783             | 148,73763                            | 42013,61126                      | 0,1094882           | 1642,861188                    |                | 0,943236                | 0,929533                       | 0,07886                      |        | 212322,7              | 12)/((1+H | 2)^4)-\$B\$5                                |                    |                                |           |
| 4 am             | ортизация                                 | 2000  |           | 6203,0583                   | 208,237262             | 124,60417                            | 51929,68535                      | 0,1153868           | 11280,09623                    |                | 0,526383                | 0,336314                       | 0,431074                     |        | 281310,8              | 470095,6  | 5 2,175239                                  |                    |                                | _         |
| 5 нач            | альные инвестиции                         | 400000  |           | 5640,951                    | 193,819726             | 149,13484                            | 57982,11615                      | 0,1019172           | 33567,00262                    |                | 0,127323                | 0,934416                       | 0,813318                     |        | 117649,9              | -5840,6   | 0,985399                                    |                    |                                |           |
| 6                |   |   |           | 5120,5552                   | 216,323453             | 140,79811                            | 57692,19031                      | 0,1150865           | 26547,28107                    |                | 0,812952                | 0,79516                        | 0,734825                     |        | 198623,7              | 226756,8  | 1,566892                                    |                    |                                |           |
| 7                |   |   |           | 5755,2375                   | 202,949264             | 111,77505                            | 59169,28617                      | 0,0810205           | 14862,25996                    |                | 0,268258                | 0,077029                       | 0,524369                     |        | 280536                | 537947    | 2,344868                                    |                    |                                |           |
| 8                |   |   |           | 5368,9446                   | 214,447196             | 120,75673                            | 40289,92584                      | 0,1157506           | 390,7674385                    |                | 0,75811                 | 0,239357                       | 0,019349                     |        | 278837,4              | 454814,7  | 2,137037                                    |                    |                                |           |
| 9                |   |   |           | 6001,8828                   | 201,627174             | 110,40546                            | 48148,44203                      | 0,0873513           | 71218,35826                    |                | 0,194983                | 0,060152                       | 0,971587                     |        | 300812,2              | 631186,3  | 2,577966                                    |                    |                                |           |
| 10               |   |   |           | 5330,6833                   | 201,141915             | 149,47643                            | 57264,93118                      | 0,124977            | 18648,5437                     |                | 0,167211                | 0,938475                       | 0,606403                     |        | 132088,4              | 8672,531  | 1,021681                                    |                    |                                |           |
| 11               |   |   |           | 5353,6954                   | 226,694606             | 118,34752                            | 42771,69103                      | 0,1354021           | 15499,84207                    |                | 0,989074                | 0,187017                       | 0,539293                     |        | 323571,4              | 561076,9  | 2,402692                                    |                    |                                |           |
| 12               |   |   |           | 5771,4908                   | 201,581497             | 151,35337                            | 44900,66225                      | 0,1524876           | 10862,85043                    |                | 0,192389                | 0,958464                       | 0,41908                      |        | 148194,3              | 27128,85  | 5 1,067822                                  |                    |                                |           |
| .3               |   |   |           | 5579,918                    | 206,665889             | 130,20441                            | 40909,45158                      | 0,1014289           | 2663,043261                    |                | 0,455519                | 0,50679                        | 0,124668                     |        | 232643,6              | 336983,2  | 1,842458                                    |                    |                                |           |
| .4               |   |   |           | 5543,8662                   | 212,553178             | 155,7423                             | 40647,60277                      | 0,0981793           | 27211,90289                    |                | 0,695608                | 0,989929                       | 0,743492                     |        | 165782,6              | 146296    | 5 1,36574                                   |                    |                                |           |
| .5               |   |   |           | 5753,0827                   | 192,249878             | 113,28536                            | 43282,57088                      | 0,1246547           | 20574,45151                    |                | 0,10004                 | 0,098056                       | 0,642537                     |        | 247804,1              | 358208,4  | 1,895521                                    |                    |                                |           |
| 16               |   |   |           | 5489,515                    | 211, /91401            | 122,77576                            | 44392,22388                      | 0,1126/92           | 332/1,6625/                    |                | 0,668447                | 0,288186                       | 0,810541                     |        | 267756,3              | 44/6/6,4  | 2,119191                                    |                    |                                |           |
| ./               |   |   |           | 5433,9655                   | 201,298325             | 131,48084                            | 40341,80731                      | 0,1133995           | 25759,68001                    |                | 0,176214                | 0,548143                       | 0,724174                     |        | 204626,4              | 247024,3  | 1,61/561                                    |                    |                                |           |
| 18               |   |   |           | 5721,6469                   | 213,404849             | 127,70628                            | 45700,85757                      | 0,15541             | 37357,15638                    |                | 0,724601                | 0,420400                       | 0,845546                     |        | 267981,6              | 377740,4  | 1,944366                                    |                    |                                |           |
| 19               |   |   |           | 5251,9059                   | 210,288807             | 150,77846                            | 46861,78167                      | 0,1212024           | 9765,088707                    |                | 0,611469                | 0,952757                       | 0,386303                     |        | 160608,6              | 92770,83  | 1,231927                                    |                    |                                |           |
| 20               |   |   |           | 5784,6904                   | 191,599174             | 142 20774                            | 510/2,/2561                      | 0,1153575           | 4/322,3402                     |                | 0,089694                | 0,337931                       | 0,900156                     |        | 202878,5              | 252864,8  | 1,032162                                    |                    |                                |           |
| 12               |   |   |           | 5554,9185                   | 209,954883             | 142,28774                            | 4/14/,43492                      | 0,15/3119           | 3766,055227                    |                | 0,002051                | 0,825709                       | 0,231289                     |        | 191540,8              | 142083    | 1,555203                                    |                    |                                |           |
| 12               |   |   |           | 5077 1257                   | 225.055779             | 102 01/15                            | 47450,73039                      | 0.1519539           | 56741 02451                    |                | 0,055051                | 0,565320                       | 0.941404                     |        | 201310,8              | 474019 1  | 2,357545                                    |                    |                                |           |
| Правка           | И ЛИСТ 1 ЛИСТ 2                           | лист3 🖉 🏹                                     |           |                             |                        |                                      |                                  |                     |                                |                | 14                      |                                |                              |        | 1                     |           |   | 100% 😑             | :                              |           |
|                  |   |   |           |                             |                        |                                      |                                  |                     |                                |                |                         |                                |                              |        |                       |           |   | -                  |                                |           |

Рисунок 4.13– Результаты расчета NPV

Для расчета внутренней нормы доходности воспользуемся встроенной функцией MS Excel ВСД (значения; [предположения]). Рассмотрим её аргументы. Значения – это массив или ссылка на ячейки, содержащие числа,

для которых требуется подсчитать внутреннюю ставку доходности. Значения должны содержать по крайней мере одно положительное и одно отрицательное значение. В функции ВСД для интерпретации порядка денежных выплат или поступлений используется порядок значений. При ее использовании необходимо убедиться, что значения выплат и поступлений введены в нужном порядке.

Предположение – необязательный аргумент. Величина, предположительно близкая к результату ВСД.

В MS Excel для вычисления ВСД используется метод итераций. Функция ВСД выполняет циклические вычисления, начиная со значения аргумента «предположение», пока не будет получен результат с точностью 0,00001%. Если функция ВСД не может получить результат после 20 попыток, возвращается значение ошибки #ЧИСЛО!.

Скопируем данные о ежегодной прибыли и вставим их на новой рабочий лист предварительно транспонировав. Для этого в нужной ячейке нажимаем правую кнопку мыши и выбираем *Специальную вставку*. Зададим параметры как показано на рисунке 4.14.

| Специальная вставка        | <u>१</u> ×                         |
|----------------------------|------------------------------------|
| Вставить                   |                                    |
| 🔘 вс <u>е</u>              | с исходной темой                   |
| формулы                    | 🔘 без рам <u>к</u> и               |
| Эначения                   | 🔘 <u>ш</u> ирины столбцов          |
| форматы                    | формулы и форматы чисел            |
| приме <u>ч</u> ания        | эначения и форматы чисел           |
| 🔘 условия на значения      | 🔘 все условные форматы объединения |
| Операция                   |                                    |
| ет                         | умножить                           |
| ○ сложить                  | 🔘 разделить                        |
| © в <u>ы</u> честь         |                                    |
| 🔲 пропускать пустые ячейки | ✓ транспонировать                  |
| Вставить связь             | ОК Отмена                          |

Рисунок 4.14 – Параметры специальной вставки

Представим данные потока платежей по инвестиционному проекту как показано на рисунке 4.15.

| Фа           Фа           Вст           Буфе | Метод Монте-Карло - Місrosoft Excel         Файл Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид Нагрузочный тест Рабочая группа С С С С С С С С С С С С С С С С С С |             |           |             |          |         |             |             |          |          |             |          |        |
|--|--|-------------|-----------|-------------|----------|---------|-------------|-------------|----------|----------|-------------|----------|--------|
|  |  |             |           |             |          |         |             |             |          |          |             |          |        |
| 1  | A<br>400000  | B<br>400000 | C 400000  | D<br>400000 | E 400000 | +       | G<br>400000 | H<br>400000 | 1        | J        | K<br>400000 | L 400000 |        |
| 2  | 169619 5   | -400000     | 201210.0  | 117640.0    | 109632 7 | -400000 | 270027 4    | 200912.2    | 122000 4 | 222571 4 | 1400000     | -400000  | 1657   |
| 2  | 160610,5   | 212322,7    | 201310,0  | 117649,9    | 100622.7 | 200526  | 270037,4    | 200012,2    | 122000,4 | 222571,4 | 140154,5    | 232043,0 | 1657   |
| 3  | 168618 5   | 212322,7    | 201310,0  | 1176/9.9    | 198622.7 | 280536  | 270037,4    | 200812,2    | 122000,4 | 222571,4 | 140134,5    | 232043,0 | 1657   |
| 5  | 168618.5   | 212322,7    | 201310,0  | 1176/9.9    | 198623.7 | 280536  | 270037,4    | 300812,2    | 132088,4 | 222571,4 | 140134,5    | 232643,0 | 1657   |
| 6  | 100010,5   | 212322,1    | 201310,0  | 117045,5    | 150025,7 | 200330  | 270037,4    | 300012,2    | 132000,4 | 323371,4 | 140104,0    | 232043,0 | 1057   |
| 7  |  |             |           |             |          |         |             |             |          |          |             |          |        |
| 8  |  |             |           |             |          |         |             |             |          |          |             |          |        |
| 9  |  |             |           |             |          |         |             |             |          |          |             |          |        |
| 10   |  |             |           |             |          |         |             |             |          |          |             |          |        |
| 11   |  |             |           |             |          |         |             |             |          |          |             |          |        |
| 12   | 12   |             |           |             |          |         |             |             |          |          |             |          |        |
| 14 4   | ▶ № Лис  |             | ЛистЗ 🏒 🐮 | ]/          |          |         |             |             | 11       |          |             |          | ▶      |
| Гот  | 080  |             |           |             |          |         |             |             |          |          | 0% 🗩        |          | -+ ";; |

Рисунок 4.15- Исходные данные для расчета irr

Вызовем функцию ВСД из ячейки А6, она находится в перечне финансовых функций. Зададим в качестве Значения представленные исходные данные (рисунок 4.16). Предположение оставим пустым.

| аргументы функции  |                                     | 8 ×  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|-------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| ВСД<br>Значения<br>Предположение   | A1:A5                               | = {-400000:168618,464855971:16861<br>= число |  |  |  |  |  |  |  |
| = 0,247483248<br>Возвращает внутреннюю ставку доходности для ряда потоков денежных средств, представленных<br>численными значениями.<br>Значения массив или ссылка на ячейки, содержащие числа, по которым нужно |                                     |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Зн   | ачения массив или ссылка на ячейки, | содержащие числа, по которым нужно           |  |  |  |  |  |  |  |

Рисунок 4.16 – Аргументы функции ВСД

Результаты расчетов, представлены на рисунке 4.17. Скопируем их обратно на Лист1.

|     | <b>- 7 -</b> 0        | +   <del>-</del> |                       | -                               |                | Мето                            | д_Монте-Ка                          | рло - Micr | osoft Excel  |           |                       |          |           |   | ×              |
|-----|-----------------------|------------------|-----------------------|---------------------------------|----------------|---------------------------------|-------------------------------------|------------|--------------|-----------|-----------------------|----------|-----------|---|----------------|
| Φa  | ил Гла                | вная Вс          | тавка Р               | азметка стр                     | аницы (        | Формулы                         | Данные                              | Рецензир   | ование       | Вид и     | ABBYY FineRea         | ader 12  |           | ۵ 🕜 ۵   |                |
| Сво | одная Табли<br>пица • | ца Рисунс        | Ра<br>В<br>к Картинка | 🖓 Фигурь<br>🔚 SmartA<br>🚭 Снимо | гт<br>к Гистог | рамма <mark>В</mark> ∧ г<br>• к | рафик т<br>руговая т<br>инейчатая т | Cna        | рклайны<br>• | Срез Ги   | <b>О</b><br>перссылка | А        | лонтитулы | ¶.<br>≥.<br>₩<br>2<br>2<br>2<br>2<br>2<br>2<br>2<br>2<br>2<br>2<br>2<br>2<br>2<br>2<br>2<br>2<br>2<br>2 | олы            |
|     | Таблицы               |                  | Иллюстр               | ации                            |                | Диагран                         | имы                                 | - Ga       |              | Фильтр    | Ссылки                |          | Текст     |   |                |
|     | A6                    | •                | 0                     | f <sub>x</sub> =BC              | ц(А1:А5)       |                                 |                                     |            |              |           |                       |          |           |   | *              |
|     | А                     | В                | С                     | D                               | E              | F                               | G                                   | Н          | L.           | J         | К                     | L        | М         | N   | 0              |
| 1   | -400000               | -400000          | -400000               | -400000                         | -400000        | -400000                         | -400000                             | -400000    | -40000       | 0 -40000  | -400000               | -400000  | -400000   | -400000   | -400           |
| 2   | 168618,5              | 212322,7         | 281310,8              | 117649,9                        | 198623,7       | 280536                          | 278837,4                            | 300812,2   | 132088,      | 4 323571, | 4 148194,3            | 232643,6 | 165782,6  | 247804,1  | 26775          |
| 3   | 168618,5              | 212322,7         | 281310,8              | 117649,9                        | 198623,7       | 280536                          | 278837,4                            | 300812,2   | 132088,      | 4 323571, | 4 148194,3            | 232643,6 | 165782,6  | 247804,1  | <b>2677</b> 5≡ |
| 4   | 168618,5              | 212322,7         | 281310,8              | 117649,9                        | 198623,7       | 280536                          | 278837,4                            | 300812,2   | 132088,      | 4 323571, | 4 148194,3            | 232643,6 | 165782,6  | 247804,1  | 26775          |
| 5   | 168618,5              | 212322,7         | 281310,8              | 117649,9                        | 198623,7       | 280536                          | 278837,4                            | 300812,2   | 132088,      | 4 323571, | 4 148194,3            | 232643,6 | 165782,6  | 247804,1  | 26775          |
| 6   | 25%                   | 39%              | 59%                   | 7%                              | 34%            | 59%                             | 59%                                 | 65%        | 129          | 6 729     | 6 18%                 | 45%      | 24%       | 50%   | 5              |
| 7   |                       |                  |                       |                                 |                |                                 |                                     |            |              |           |                       |          |           |   |                |
| 8   |                       |                  |                       |                                 |                |                                 |                                     |            |              |           |                       |          |           |   |                |
| 9   |                       |                  |                       |                                 |                |                                 |                                     |            |              |           |                       |          |           |   |                |
| 10  |                       |                  |                       |                                 |                |                                 |                                     |            |              |           |                       |          |           |   | -              |
|     | ▶ Ы Лис               |                  | Лист3 🦯 🐮             | 2/                              |                |                                 |                                     |            | 1 •          |           |                       |          |           |   |                |
| Гот | Готово                |                  |                       |                                 |                |                                 |                                     |            |              |           |                       |          |           |   |                |

Рисунок 4.17 – Результаты расчета irr

Проанализируем полученные результаты. Оценим основные выборочные характеристики для показателей эффективности инвестиционного проекта. Для этого на вкладке *Данные* выбираем *Анализ данных* пункт *Описательная статистика* (рисунок 4.18).

| Анализ данных                                       | ? ×             |
|---|-----------------|
| Инструменты анализа                                 | ОК              |
| Двухфакторный дисперсионный анализ без повторений 🔺 |                 |
| Корреляция  | Отмена          |
| Ковариация  |                 |
| Экспоненциальное сплаживание                        | <u>С</u> правка |
| Двухвыборочный F-тест для дисперсии                 |                 |
| Анализ Фурье  |                 |
| Гистограмма   |                 |
| Скользящее среднее                                  |                 |
| Генерация случайных чисел                           |                 |
|   |                 |

Рисунок 4.18 – Меню анализа данных

В качестве входного интервала выберем столбцы, содержащие показатели эффективности. Укажем выходной интервал свободной ячейкой

на текущем листе. Установим галочку напротив Итоговой статистики (рисунок 4.19). Итоговые результаты приведены на рисунке 4.20.

| Входные данные                |                 |         |
|-------------------------------|-----------------|---------|
| В <u>х</u> одной интервал:    | \$P\$2:\$R\$101 |         |
| Группирование:                | по столбцам     | Отмена  |
|                               | по строкам      | Справка |
| Метки в первой строке         |                 |         |
| Параметры вывода              |                 |         |
| Выходной интервал:            | \$V\$2          |         |
| Новый рабочий <u>л</u> ист:   |                 |         |
| 🔘 Новая рабочая <u>к</u> нига |                 |         |
| Итоговая статистика           |                 |         |
| Уровень надежности:           | 95 %            |         |
| К-ый наименьший:              | 1               |         |
| 🔲 К-ый наибольший:            | 1               |         |

Рисунок 4.19 – Параметры описательной статистики

| 🔟 🚽 🔊 🕶 🗁 👘 🖂 Метод_Монте-Карло - Microsoft Excel |   |                                  |                         |                                   |                                |                     |  |         |      |  |  |  |
|---|---|----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|---------------------|--|---------|------|--|--|--|
| •   | Файл Главная Вставка Раз  | метка страниц                    | ы Формулы Данны         | ые Реце                           | нзирование Ви                  | ид АВВҮҮ Р          | ineReader 12 ශ                         | s 🕜 🗆   | æ X3 |  |  |  |
| вн  | Получение<br>ешних данных ч<br>Обновить<br>все ч<br>Подключения | А↓ АЯ<br>А↓ Сортиров<br>Сортиров | ка Фильтр У Гек<br>стол | ст по Уд<br>пбцам дуб<br>Работа с | алить<br>ликаты 🗗 т<br>данными | руктура<br>Труктура | Анализ данны<br>Поиск решени<br>Анализ | х<br>1я |      |  |  |  |
|   | AC23 - (=   | f <sub>x</sub>                   |                         |                                   |                                |                     |  |         | ~    |  |  |  |
|   | V   | w                                | х                       |                                   | Y                              | Z                   | АА                                     | AB      | E    |  |  |  |
| 1   |   | NPV                              |                         |                                   | PI                             |                     | irr                                    |         |      |  |  |  |
| 2   | Столбец1  |                                  | Столбец2                |                                   |                                | Столбец3            | 1                                      |         |      |  |  |  |
| 3   |   |                                  |                         |                                   |                                |                     |  |         |      |  |  |  |
| 4   | Среднее   | 298912,354                       | Среднее                 |                                   | 1,747280886                    | Среднее             | 0,323558569                            |         |      |  |  |  |
| 5   | Стандартная ошибка  | 18111,8419                       | Стандартная ошиб        | бка                               | 0,045279605                    | Стандарти           | 0,017850004                            |         |      |  |  |  |
| 6   | Медиана   | 291460,31                        | Медиана                 |                                   | 1,728650775                    | Медиана             | 0,321381429                            |         |      |  |  |  |
| 7   | Мода  | #н/д                             | Мода                    |                                   | #н/д                           | Мода                | #н/д                                   |         |      |  |  |  |
| 8   | Стандартное отклонение  | 181118,419                       | Стандартное откл        | онение                            | 0,452796047                    | Стандарти           | 0,178500039                            |         |      |  |  |  |
| 9   | Дисперсия выборки   | 3,2804E+10                       | Дисперсия выбор         | ки                                | 0,20502426                     | Дисперси            | 0,031862264                            |         |      |  |  |  |
| 10  | Эксцесс   | -0,25322868                      | Эксцесс                 |                                   | -0,253228683                   | Эксцесс             | -0,32335354                            |         |      |  |  |  |
| 11  | Асимметричность   | 0,20733098                       | Асимметричность         |                                   | 0,207330978                    | Асимметр            | -0,10667815                            |         |      |  |  |  |
| 12  | 2 Интервал  | 924160,736                       | Интервал                |                                   | 2,310401839                    | Интервал            | 0,900151674                            |         |      |  |  |  |
| 13  | В Минимум   | -119094,406                      | Минимум                 |                                   | 0,702263985                    | Минимум             | -0,15601509                            |         |      |  |  |  |
| 14  | Максимум  | 805066,33                        | Максимум                |                                   | 3,012665824                    | Максимул            | 0,744136584                            |         |      |  |  |  |
| 15  | б Сумма   | 29891235,4                       | Сумма                   |                                   | 174,7280886                    | Сумма               | 32,35585691                            |         |      |  |  |  |
| 16  | і Счет  | 100                              | Счет                    |                                   | 100                            | Счет                | 100                                    |         |      |  |  |  |
| 17  | 7   |                                  |                         |                                   |                                |                     |  |         |      |  |  |  |
| 18  | 3   |                                  |                         |                                   |                                |                     |  |         |      |  |  |  |
| 19  |   |                                  |                         |                                   |                                |                     |  |         | -    |  |  |  |
| H   | ♦ ▶ ₩ Лист1 / irr / Лист3 /                                     | <u>/</u>                         |                         |                                   |                                |                     |  |         |      |  |  |  |
| Го  | тово  |                                  |                         |                                   |                                |                     | 100% 😑                                 |         | + ,; |  |  |  |
|   | D ( 00  |                                  | D                       |                                   |                                | -                   |  | ~       |      |  |  |  |

Рисунок 4.20 – Результаты оценки основных выборочных

характеристик

Помимо количественного анализа, проведем графический анализ результатов. Использую команду MS Excel *Анализ данных – Гистограмма* построим гистограмму для показателя NPV (рисунок 4.21). Количество интервалов определяется автоматически в программе.



Рисунок 4.21 – Гистограмма распределения показателя NPV в MS Excel

Таким образом, согласно рисунку 4.21 можем предположить нормальный закон распределения чистой приведенной стоимости. Эту гипотезу можно проверить в статистических пакетах или вручную, как показано в [11, 12].

По совокупности приведенных расчётов можно сделать вывод, что проект является прибыльным.

#### 4.3 Реализация метода Монте-Карло в ППП MathCAD

Рассмотрим порядок выполнения работы в пакете прикладных программ MathCAD 14 [14]. При запуске появляется окно, показанное на рисунке 4.22.



Рисунок 4.22 – Основное окно программы

Рассмотрим встроенные датчики ППП MathCAD, информация представлены в таблице. Параметр то означает количество генерируемых величин.

Таблица 4.1 – Встроенные датчики законов распределения в ППП MathCAD

| Название датчика              | Закон              | Характеристика параметров            |
|-------------------------------|--------------------|--------------------------------------|
|                               | распределения      |                                      |
| rbeta (m, $s_1, s_2$ )        | Бэта-распределение | $s_1, s_2 > 0$ есть параметры формы  |
| rbinom (m, n, p)              | биномиальное       | 0 <i>≤p</i> ≤1, n натуральное число  |
| rcauchy (m, l, s)             | Vouu               | s>0 параметр масштаба,1 –            |
|                               | КОШИ               | параметр расположения                |
| rchisq (m, d)                 | Хи-квадрат         | d>0 есть число степеней свободы      |
| rexp (m, r)                   | экспоненциальное   | <i>r</i> >0 – параметр распределения |
| $rF(m, d_1, d_2)$             | F (Фишера-         | $d_1, d_2 > 0$ есть числа степеней   |
|                               | Снедикора)         | свободы                              |
| rgamma (m, s)                 | Гамма-             | <i>s</i> >0 параметр формы           |
|                               | распределение      |                                      |
| rgeom (m, p)                  | геометрическое     | $0$                                  |
|                               | распределение      |                                      |
| rlnorm (m, $\mu$ , $\sigma$ ) |                    | µ является натуральным               |
|                               | логнормальное      | логарифмом среднего значения, а      |
|                               | распределение      | σ>0 есть натуральный логарифм        |
|                               |                    | среднеквадратичного отклонения       |
| rlogis (m, l, s)              | логистическое      | 1 - параметр расположения, s > 0 -   |
|                               | распределение      | параметр масштаба                    |
| rnbinom (m, n, p)             | отрицательное      | 0 < <i>p</i> ≤1,п натуральное число  |
|                               | биномиальное       |                                      |
| rnorm (m, $\mu$ , $\sigma$ )  | нормальное         | σ>0                                  |
| rpois (m, $\lambda$ )         | Пуассона           | λ>0                                  |
| rt (m, d)                     | t-распределение    | <i>d</i> >0                          |
|                               | Стьюдента          |                                      |
| runif (m, a, b)               |                    | b и а граничными точками             |
|                               | равномерное        | интервала, <i>a</i> < <i>b</i> .     |
| rnd (x)                       | равномерное        | на отрезкее 0 и х                    |
| rweibull (m, s)               | Вейбулла           | <i>s</i> >0 параметр формы           |

Рассмотрим модель описанную в 4.1. Зададим все постоянные величины, используемые в модели. Результаты представлены на рисунке 4.23. Количество имитаций зададим равное 100.

Используя информацию таблиц 3.1 и 4.1 сгенерируем значения параметров модели: объем выпуска, постоянные затраты, норма дисконта и остаточная стоимость, используя встроенные датчики.



Рисунок 4.23 – Задание постоянных параметров

| Mathcad - [Метод_Монте-Карло]                              |                               |
|--|-------------------------------|
| 🙀 Eile Edit View Insert Format Tools Symbolics Window Help | _ 8 ×                         |
| ] □ - ☞ 🖬   🚭 💁 💖   ½ 🖻 🛍   ∽ ↔   "" 🗄   100%              | • 0                           |
|  | x <sup>2</sup> x <sub>2</sub> |
| □□ ++ [!!!] ×= ∫ <u>\$</u> <₹ \$□ αβ ♣                     |                               |
| My Site 🔹 🌈 Go   |                               |
|  |                               |
| Генерация СВ   |                               |
| Q := mom(N,5500,270) объем выпуска                         |                               |
| := runif (№, 40000, 60000) постоянные затраты              |                               |
| r := runif (N,0.08,0.16) Норма дисконта                    |                               |
| Sn := rexp(N, 0.00005) остаточная стоимость                |                               |
| метод обратных функций                                     | -                             |
| <  | •                             |
| Press F1 for help. AUT                                     | O NUM Page1                   |

Рисунок 4.24 – Генерация случайных параметров стандартными датчиками

Для цены за штуку и переменных затрат, которые являются управляемыми параметрами для фирмы, сделано предположение о треугольном законе распределения. Это закон не входит в перечень стандартных датчиков, поэтому используем для его получения метод обратных функций.

Выпишем функцию треугольного распределения:

$$F(x) = \begin{cases} 0, x \le a \\ \frac{(x-a)^2}{(b-a)(c-a)}, a < x \le c \\ 1 - \frac{(b-x)^2}{(b-a)(b-c)} c < x \le b \\ 1, x > b \end{cases}$$
(4.10)

Выразим х, предполагая F(x) = R, и воспользуемся полученной формулой для восстановления CB из равномерного распределения на отрезке [0,1] (рисунок 4.25).



Рисунок 4.25 – Генерация СВ по методу обратных функций

Итоговые результаты по всем риск-переменным представлены на рисунке 4.26.

| M Ma    | thcad        | - [Метод_М          | онте-Карло]          | -     |                           | - 14            |              |              |       |     |            |      |    |     |   |          |   |      |      |          |        | × |
|---------|--------------|---------------------|----------------------|-------|---------------------------|-----------------|--------------|--------------|-------|-----|------------|------|----|-----|---|----------|---|------|------|----------|--------|---|
| 📊 E     | ile <u>E</u> | dit <u>V</u> iew    | Insert F <u>o</u> rm | nat ] | <u>[</u> ools <u>S</u> ym | bolics <u>W</u> | indow        | <u>H</u> elp |       |     |            |      |    |     |   |          |   |      |      |          | _ 8    | X |
|         | - 🖻          |                     | <b>a 🐦  </b> X       | Ba (  | ີຢູ່ ທ ດ                  |                 | <i>f</i> (x) | P =          | a 😲 ( |     | 00%        | • (  | 2) |     |   |          |   |      |      |          |        |   |
| Norm    | al           |                     | Arial                |       | •                         | 10 -            | B Z          | υIE          | ]≡ =  | ==  | <u>1</u> = |      |    |     |   |          |   |      |      |          |        |   |
|         |              | പ പ്രപം             | <b>*</b> •••         |       |                           |                 |              | - 15         |       |     | 3-         | ~    | 2  |     |   |          |   |      |      |          |        |   |
|         | ¥ []         | II ×= [] <u>%</u> ≦ | <u>Σ</u> ∦ια¢ια      | 1     |                           |                 |              |              |       |     |            |      |    |     |   |          |   |      |      |          |        |   |
| My Si   | te           |                     | -                    | ¢G¢   |                           |                 |              |              |       |     |            |      |    |     |   |          |   |      |      |          |        |   |
|         |              |                     |                      |       |                           |                 |              |              |       |     |            |      |    |     |   |          |   |      |      |          |        | * |
|         | Pe           | зультаты и          | имитаций             |       |                           |                 |              |              |       |     |            |      |    |     |   |          |   |      |      |          |        |   |
|         |              |                     |                      |       |                           |                 |              |              |       | _   |            |      |    | _   | _ |          |   |      |      |          |        |   |
|         |              | 0                   |                      | _     | 0                         |                 | _            | 0            |       | _   | _          | 0    |    |     |   | 0        |   |      | _    | 0        |        |   |
|         | 0            | 5381.48             |                      | 0     | 222.08                    |                 | 0            | 117.62       |       | _   | )          | 0.15 |    | 0   | ) | 40992.61 |   |      | 0    | 27269.92 |        |   |
|         | 1            | 5310.50             |                      | 1     | 224.01                    |                 | 1            | 119.91       |       | _   | 1          | 0.1  |    | 1   |   | 45204.11 |   |      | 1    | 4004.09  |        |   |
|         | 2            | 53/2.21             |                      | 2     | 209.6                     |                 | 2            | 140.41       |       | -   | 2          | 0.13 |    | 4   | - | 5/906.32 |   |      | 2    | 11854.19 |        |   |
|         | 3            | 5243.1              |                      | 3     | 204.71                    |                 | 3            | 112.27       |       | -   | 3          | 0.15 |    | 3   | , | 34309.03 |   |      | 3    | 7015 77  |        |   |
|         | 4            | 5511 75             |                      | 4     | 207.33                    |                 | 4            | 121.04       |       | -   | •          | 0.15 |    | 4   |   | 59076.07 |   |      | 4    | 6246 60  |        |   |
|         | 5            | 5467.43             |                      | 5     | 210.01                    |                 | 6            | 134.27       |       | -   | 5          | 0.13 |    | 6   |   | 47762 10 |   |      | 5    | 1703.87  |        |   |
| Q =     | 7            | 5650.24             | P =                  | 7     | 213.22                    | V =             | 7            | 128 58       |       | r = | 7          | 0.12 | F  | = 7 | , | 47071 37 |   | Sn = | 7    | 4540.15  |        |   |
|         | 8            | 6091.78             |                      | 8     | 200.47                    |                 | 8            | 124.51       |       |     | 3          | 0.11 |    | 8   | 1 | 54907.07 |   |      | 8    | 18580.29 |        |   |
|         | 9            | 5718.36             |                      | 9     | 218.79                    |                 | 9            | 122.55       |       |     | 2          | 0.08 |    | 9   |   | 54788.29 |   |      | 9    | 58900.14 |        |   |
|         | 10           | 5765.99             |                      | 10    | 201.26                    |                 | 10           | 144.9        |       |     | 0          | 0.14 |    | 1   | 0 | 44003.46 |   |      | 10   | 140758.5 |        |   |
|         | 11           | 5732.8              |                      | 11    | 218.45                    |                 | 11           | 144.61       |       | 1   | 1          | 0.09 |    | 1   | 1 | 53608.95 |   |      | 11   | 5589.75  |        |   |
|         | 12           | 5747.2              |                      | 12    | 196.91                    |                 | 12           | 140.81       |       | 1   | 2          | 0.13 |    | 1   | 2 | 47356.88 |   |      | 12   | 37318.06 |        |   |
|         | 13           | 5681.71             |                      | 13    | 219.53                    |                 | 13           | 134.37       |       | 1   | 3          | 0.09 |    | 1   | 3 | 42188.05 |   |      | 13   | 7991.82  |        |   |
|         | 14           | 5218.04             |                      | 14    | 186.57                    |                 | 14           | 132.99       |       | 1   | 4          | 0.08 |    | 1   | 4 | 44061.6  |   |      | 14   | 21233.44 |        |   |
|         | 15           |                     |                      | 15    |                           |                 | 15           |              |       | 1   | 5          |      |    | 1   | 5 |          |   |      | 15   |          |        |   |
|         |              |                     |                      |       |                           |                 |              |              |       |     |            |      |    |     |   |          |   |      |      |          |        | - |
|         |              |                     |                      |       |                           |                 |              |              |       |     |            |      |    |     |   |          |   |      |      |          | •      |   |
| Press F | 1 for I      | help.               |                      | _     |                           | _               |              |              | _     | _   | _          | _    |    | _   |   |          | _ |      | AUTC | NUM      | Page 2 | d |

Рисунок 4.26 – Результаты имитаций (фрагмент)

Теперь, когда все данные подготовлены, перейдем к расчетам показателей эффективности, формулы (4.2-4.4). Для нахождения внутренней нормы доходности необходимо решить нелинейное уравнение (4.5), для этого воспользуемся функцией MathCAD 14 – Find(x). Для её использования зададим начальные значения искомых величин, а в блоке Givenзададим нелинейные уравнения. Расчетные формулы приведены на рисунке 4.27.



Рисунок 4.27 – Расчет выходных показателей

Результаты оценки выходных параметров приведены на рисунке 4.28. Теперь можем работать с результирующими векторами как с обычной выборкой. Оценим основные выборочные характеристики и проверим гипотезы о характере распределения показателей.

| M Math         | ad - [N      | Иетод_Монте-Ка              | рло]                                      |         |                               |             |            |                               |   |      |    |      |      |     |        |
|----------------|--------------|-----------------------------|---|---------|-------------------------------|-------------|------------|-------------------------------|---|------|----|------|------|-----|--------|
| 📊 <u>F</u> ile | <u>E</u> dit | <u>V</u> iew <u>I</u> nsert | F <u>o</u> rmat <u>T</u> ools <u>S</u> ym | nbolics | <u>W</u> indow <u>H</u> elp   |             |            |                               |   |      |    |      |      |     | - 8 ×  |
| □ -            | 🖻 🔒          | 🖨 🖪 🚏                       | X 🖻 🛍 🗠 o                                 |         | 🗄   <i>f</i> ø 🗊 =            | № 🍄 🗖       | 100%       | - 2                           |   |      |    |      |      |     |        |
| Normal         |              | ▼ Arial                     | -   | 10      | • B <i>I</i> <u>U</u>         | E = =       | <b>i</b> = | x <sup>2</sup> × <sub>2</sub> |   |      |    |      |      |     |        |
| My Site        |              |                             | 🔹 🇞 🕞 🗖                                   | ₽[:::]  | x= <b>∫</b> ∰ < <u>₹</u> ₹] ø | <b>\$</b> 🔿 |            |                               | - |      |    |      |      |     |        |
| Пок            | азател       | и эффективност              |   |         |                               |             |            |                               |   |      |    |      |      |     | •      |
|                |              |                             |   |         |                               |             |            |                               |   |      |    |      |      |     |        |
|                |              | 0                           |   |         | 0                             |             |            | 0                             |   |      |    | 0    |      |     |        |
|                | 0            | 301983.17                   |   | 0       | 479299.75                     |             | 0          | 2.2                           |   |      | 0  | 0.66 |      |     |        |
|                | 1            | 316008.85                   |   | 1       | 597433.61                     |             | 1          | 2.49                          |   |      | 1  | 0.7  |      |     |        |
|                | 2            | 191769.17                   |   | 2       | 175757.85                     |             | 2          | 1.44                          |   |      | 2  | 0.33 |      |     |        |
|                | 3            | 250500.23                   |   | 3       | 328098.59                     |             | 3          | 1.82                          |   |      | 3  | 0.51 |      |     |        |
|                | 4            | 279022.79                   |   | 4       | 401016.62                     |             | 4          | 2                             |   |      | 4  | 0.59 |      |     |        |
|                | 5            | 258851.71                   |   | 5       | 338085.67                     |             | 5          | 1.85                          |   |      | 5  | 0.53 |      |     |        |
|                | 6            | 205605.51                   |   | 6       | 232004.73                     |             | 0          | 1.58                          |   |      | 6  | 0.37 |      |     |        |
|                | 7            | 224962.98                   |   | 7       | 303451.68                     |             | /          | 1.70                          |   |      | 7  | 0.43 |      |     |        |
|                | 8            | 207781.76                   |   | 8       | 250925.77                     |             | 8          | 1.03                          |   |      | 8  | 0.38 |      |     |        |
|                | 9            | 298716.79                   |   | 9       | 632515.97                     |             | 9          | 2.58                          |   |      | 9  | 0.66 |      |     |        |
|                | 10           | 170520.71                   |   | 10      | 177729.11                     |             | 10         | 1.44                          |   |      | 10 | 0.33 |      |     |        |
|                | 11           | 203104.42                   |   | 11      | 266087.33                     |             | 11         | 1.07                          |   |      | 11 | 0.36 |      |     |        |
| CF =           | 12           | 155182.22                   | NPV =                                     | 12      | 79612.82                      | PI =        | 12         | 2.07                          |   | ui = | 12 | 0.22 |      |     |        |
|                | 13           | 255136.21                   |   | 13      | 427979.06                     |             | 13         | 2.07                          |   |      | 13 | 0.52 |      |     |        |
|                | 14           | 153133.76                   |   | 14      | 118236.21                     |             | 14         | 1.3                           |   |      | 14 | 0.21 |      |     |        |
|                | 15           | 202413.44                   |   | 15      | 271502.69                     |             | 15         | 1.00                          |   |      | 15 | 0.36 |      |     |        |
|                | 16           | 224349.12                   |   | 16      | 265044.26                     |             | 10         | 1.00                          |   |      | 16 | 0.42 |      |     |        |
|                | 17           | 212439.05                   |   | 17      | 216484.2                      |             | 10         | 1.34                          |   |      | 1/ | 0.4  |      |     |        |
|                | 18           | 230369.21                   |   | 18      | 309581.25                     |             | 10         | 1.77                          |   |      | 18 | 0.44 |      |     |        |
|                | 19           | 196112                      |   | 19      | 253833.87                     |             | 20         | 1.03                          |   |      | 19 | 0.36 |      |     |        |
|                | 20           | 217024.2                    |   | 20      | 266090.34                     |             | 20         | 1.07                          |   |      | 20 | 0.42 |      | +   |        |
|                | 21           | 261366.37                   |   | 21      | 479328.57                     |             | 21         | 1.67                          |   |      | 21 | 0.54 |      |     |        |
|                | 22           | 205300.77                   |   | 22      | 266457.04                     |             | 22         | 1.07                          |   |      | 22 | 0.37 |      |     |        |
|                | 23           | 240987.66                   |   | 23      | 328364.91                     |             | 25         | 1.02                          |   |      | 23 | 0.48 |      |     |        |
| For Help,      | press F      | 1                           |   |         |                               |             |            |                               |   |      |    |      | AUTO | NUM | Page 4 |

Рисунок 4.28 – Результаты расчета выходных показателей (фрагмент)

На рисунке 4.29 представлены расчеты выборочных характеристик по показателям NPV, PI, irr. Построим гистограмму распределения показателя NPV. В MathCAD есть готовая функция histogram (int, x), которой первым параметром достаточно передать число интервалов, на которые разбивается диапазон значений случайной величины, вторым выборочная совокупность. На выходе будет матрица из 2 столбцов - значения середин интервалов в первом столбце и количество элементов выборки, попавших в интервал - во втором. Разности двух соседних элементов первого столбца будут одинаковыми (шаг по интервалу разбиения - постоянный), а сумма всех значений второго столбца будет равна объёму выборки N. Для того чтобы назначить двумерному графику тип гистограммы, в диалоговом окне Formatting Currently Selected Graph (Форматирование) установите на вкладке Traces (Графики) тип списка bar (Столбцы) или solidbar (Гистограмма).

| Mathcad - [Метод_Монте-Карло]   |                        |
|---|------------------------|
| <u>File Edit View Insert Format T</u> ools <u>Symbolics Window H</u> elp          | _ & ×                  |
|   |                        |
| Normal ▼ Arial ▼ 10 ▼ B I U E ≦   | ∃ ∃ ∃ ∃ x <sup>2</sup> |
| My Site 🗸   | 50                     |
| Выборочные характеристики   | ^                      |
| min(NPV) = -98346.84 $max(NPV) = 732697.35$ +                                     |                        |
| mean(NPV) = 309254.85 median(NPV) = 303539.71                                     |                        |
| var(NPV) = 35060321809.59 stdev(NPV) = 187244.02                                  |                        |
| $KVar := \frac{stdev(NPV)}{mean(NPV)} \cdot 100 \qquad KVar = 60.55$              |                        |
|   |                        |
| min(PI) = 0.75 $max(PI) = 2.83$   |                        |
| mean(PI) = 1.77 $median(PI) = 1.76$   |                        |
| var(PI) = 0.22 stdev(PI) = 0.47   |                        |
| $\frac{\text{KVar}}{\text{mean}(\text{PI})} \cdot 100 \qquad \text{KVar} = 26.4$  |                        |
|   |                        |
| $\min(irr) = -0 \qquad \max(irr) = 0.79$  |                        |
| mean(irr) = 0.44 $median(irr) = 0.45$   |                        |
| var(irr) = 0.03 $stdev(irr) = 0.18$   |                        |
| $\frac{\text{KVar}}{\text{mean}(\text{irr})} \cdot 100 \qquad \text{KVar} = 40.4$ |                        |
|   |                        |
| Показатели эффективности инвестиионного проекта                                   |                        |
|   | -                      |
| Proce El for holp   |                        |
| Press r1 for help.  | AUTO INC.              |

Рисунок 4.29 – Результаты расчета выборочных характеристик



Рисунок 4.30 – Построение гистограммы

На рисунке 4.30 показан пример использования функции *histogram* для показателя NPV, дополнительно рассчитаны относительные частоты. Можно выдвинуть гипотезу о нормальном законе распределения показателя. На процедуру проверки гипотез останавливаться подробно не будем [7, 11,12].

#### 4.4 Реализация метода Монте-Карло в RStudio

Рассмотрим реализацию метода Монте-Карло в среде программирования RStudio [8]. Стартовое окно программы имеет вид, представленный на рисунке 4.31.



Рисунок 4.31 - Стартовое окно RStudio

Рабочая область разделена на 4 смысловых окна:

- 1) скриптовое окно, в котором хранится основной текст программы;
- 2) консольное окно;
- 3) окно текущих состояний переменных программы;
- 4) системное окно для отображения графиков, подсказок.

Вся дальнейшая работа будет производиться в первом окне. Для начала необходимо указать рабочую директорию, то есть ту папку, в которой у вас хранятся файлы для работы и будет храниться скрипт. Для этого необходимо воспользоваться командой *setwd()*. В качетсве аргумента функции указать адрес папки, например *setwd("C:/Mou документы/Монте Карло")*.

На языке программирования R реализовано достаточно большое количество функций для генерации случайных величин [8]. Большинство из

них начинается с символа «г», таким образом, с помощью встроенного подсказчика их достаточно легко найти. Основные функции представлены в таблице 4.2. Для всех функций первый аргумент n – это количество генерируемых наблюдений.

| Название   | Закон распределения | Характеристика параметров                        |
|--|---------------------|--|
| rbeta( <i>n</i> , <i>shape1</i> ,                      | Бэта-распределение  | <i>shape1</i> , <i>shape2</i> >0 есть параметры  |
| shape2)  |                     | формы  |
| rbinom( <i>n</i> , <i>size</i> ,                       | Биномиальное        | $0 \leq prob \leq 1$ вероятность успеха,         |
| prob)  |                     | size натуральное число                           |
| rexp( <i>n</i> , <i>rate</i> )                         | Экспоненциальное    | rate параметр распределения                      |
| rf( <i>n</i> , <i>df1</i> , <i>df2</i> )               | F-распределение     | <i>df1, df2</i> – параметры                      |
|  | (Фишера-Снедикора)  | распределения (степени свободы)                  |
| rgamma(n, shape,                                       | Гамма-              | $shape \geq 0, scale > 0$                        |
| rate = 1, $scale =$                                    | распределение       |  |
| 1/rate)  |                     |  |
| rgeom( <i>n</i> , <i>prob</i> )                        | Геометрическое      | $0 < prob \le 1$                                 |
|  | распределение       |  |
| rhyper( $nn, m, n, k$ )                                | Гипергеометрическое | <i>m</i> – количество объектов первого           |
|  | распределение       | типа; <i>n</i> – количество объектов             |
|  |                     | второго типа; <i>k</i> – количество              |
|  |                     | эксперемнтов                                     |
| rlnorm( <i>n</i> ,                                     | Логнормальное       | Meanlog математическое                           |
| meanlog, sdlog)  | распределение       | ожиданипе, <i>sdlog</i> >0                       |
| rlogis( <i>n</i> , <i>location</i> ,                   | Логистическое       | scale>0  |
| scale)   | распределение       |  |
| rnbinom( <i>n</i> , <i>size</i> ,                      | Отрицательная       | <i>size</i> >0, <i>prob</i> – вероятность успеха |
| prob, mu)  | биномиальная        |  |
|  | случайная величина  |  |
| rnorm( <i>n</i> , <i>mean</i> ,                        | Нормальный закон    | <i>mean</i> – математическое ожидание,           |
| sd)  | распределения       | sd – среднеквадратическое                        |
|  |                     | отклонение                                       |
| rpois( <i>n</i> , <i>lambda</i> )                      | Распределение       | lambda – величина обратная                       |
|  | Пуассона            | математическому ожиданию                         |
| rweibull( <i>n</i> , <i>shape</i> ,                    | Распределение       | $shape \geq 0$ , $scale > 0$                     |
| scale)   | Вейбулла            |  |
| runif( <i>n</i> , <i>min</i> , <i>max</i> )            | Равномерное         | <i>min</i> – нижняя граница, <i>max</i> –        |
|  | распределение       | верхняя граница                                  |
| rtriangle( <i>n</i> , <i>a</i> , <i>b</i> , <i>c</i> ) | Треугольное         | <i>а</i> – нижняя граница, <i>b</i> – верхняя    |
| 1  |                     |  |

Таблица 4.2 – Функции генерации случайных величин и их параметры

Также, существует возможность генерации многомерных законов распределения с помощью дополнительных пакетов. Например, набрав команду *library(mvtnorm),* откроется доступ к функциям генерации многомерного нормального закона распределения. Также в силу того, что треугольный закон не является стандартным для языка программирования R, для работы также необходимо библиотеку то с ним, подключить *library(triangle).* 

Одним из важнейших этапов является задание ядра для симуляции. Это можно сделать двумя способами, с помощью функции rngseed(x) и set.seed(x). Принципиальных отличий в работе этих функций нет. По умолчанию, ядра нет. Каждый раз создается новое ядро из текущего времени и идентификатора процесса. Следовательно, различные сеансы будут давать разные результаты моделирования по умолчанию. Однако ядро может быть восстановлено с предыдущего сеанса, если ранее сохраненное рабочее пространство восстанавливается. Поэтому, когда вам нужна одна и та же последовательность случайных величин, то необходимо явно указать ядро, с теми же целыми значениями в каждом вызове программы.

На рисунке 4.32 представлена программная реализация генерации всех необходимых в задаче параметров (по таблице 3.1).

Для того чтобы посмотреть на гистограмму сгенерированных величин необходимо воспользоваться встроенной функцией hist(x), где x – это имя переменной. Например, рассмотрим гистограмму объема выпуска и переменных затрат. Результаты представлены на рисунке 4.33.

Теперь перейдем к оценке выходных параметров модели. Нас будут интересовать такие параметры как ежегодная прибыль, чистая приведенная стоимость, индекс рентабельности и внутренняя норма доходности.

42



Рисунок 4.32 – Генерирование всех необходимых в работе случайных

величин



Рисунок 4.33 – Гистограммы сгенерированных величин объема выпуска (Q) и переменных затрат (V)

Язык программирования R может выполнять действия с векторами без детального указания индексов, поэтому это существенно упрощает расчёт данных характеристик.

```
27 # Оценка выходных параметров модели
28 # CF - ежегодная прибыль, NPV - чистая приведенная стоимость, PI - индекс рентабельности,
29 # irr - внутренняя норма доходности
30
31 CF <- (Q*P - V*Q + A - F)*(1-task)
33 NPV <- 0
34 for (k in 1:n)
35 - {
36 NPV <- NPV + CF/((1+r)^k) + Sn/((1+r)^n)
37 }
38
39 PI <- NPV/I0
40 NPV <- NPV - I0</pre>
```

Рисунок 4.34 – Расчёт ежегодной прибыли, чистой приведенной стоимости, индекса рентабельности

Для того чтобы получить внутреннюю норму доходности необходимо решить нелинейное уравнение (4.5) с помощью пакета *«rootSolve»*.

Проведем анализ полученных результатов моделирования, для этого рассчитаем основные точечные характеристики с помощью функции *describe()* из пакета *«psych»* и построить гистограммы исследуемых величин [13]. Программная реализация представлена на рисунках 4.35 и 4.36. Следует отметить, что для того чтобы на одном рисунке было 4 гистограммы, необходимо с помощью функции *layout()* расчертить область рисунка на графические части.

44

| 🕑 Инве                      | естиции.R* ×   |
|-----------------------------|--|
| $\langle \phi \phi \rangle$ | 🖅 🔒 🖸 Source on Save 🔍 🎽 📲 🔹 📑 🕀 🔂 🔂 🚽 🗐                                     |
| 43                          |  |
| 44                          |  |
| 45                          | library(psych)   |
| 46                          | describe(NPV)  |
| 47                          | describe(PI)   |
| 48                          | describe(CF)   |
| 49                          |  |
| 50                          |  |
| 51                          | par(mar=c(4,4,2,2))  |
| 52                          | high (Cr)  |
| 25                          | hav ()   |
| 55                          | bist (pt)  |
| 56                          | hav ()   |
| 57                          | bist (NPV)   |
| 58                          | hox (  |
| 59                          |  |
| 50                          |  |
| 57:10                       | (lop Level) ÷ R Script ÷   |
| Concole                     |  |
| Console                     |  |
| var                         | s n mean sd median trimmed mad min may range                                 |
| x1                          | 1 100 332496 9 195408 5 325467 6 330912 196851 4 -50379 74 811947 5 862327 2 |
| ske                         | w kurtosis se  |
| x1 0.                       | 1 -0.64 19540.85   |
| > desc                      | ribe(PI)   |
| var                         | 's n mean sd median trimmed mad min max range skew kurtosis se               |
| X1                          | 1 100 1.83 0.49 1.81 1.83 0.49 0.87 3.03 2.16 0.1 -0.64 0.05                 |
| > desc                      | ribe(CF)   |
| var                         | 's n mean sd median trimmed mad min max range skew                           |
| X1                          | 1 100 218249 56148.94 218507.3 218024 65311.17 101260.5 337264.5 236004 0.05 |
| kur                         | rtosis se  |
| X1                          | -0.84 5614.89  |

Рисунок 4.35 – Расчет основных точечных оценок для полученных результатов моделирования и построение гистограмм



Рисунок 4.36 – Гистограммы исследуемых величин

#### 4.5 Подбор количества имитаций

В выше рассмотренных реализациях, мы определяли параметр количество имитаций N равным 100. В общем случае, данный параметр следует подбирать исходя из отсутствия изменения в оценках основных параметров исследуемых величин с заданной степенью точности. Рассмотрим подбор количества имитаций исходя из условия, что погрешность изменения оценки математического ожидания NPV должна быть менее 100, то есть  $\varepsilon = 100$ .

Первым этапом для упрощения работы нашей программы выделим функцию из программой реализации на R, которая бы при заданных параметрах возвращала значение оценки математического ожидания для NPV. Для этого выделим участок кода без задания N и нажмем на кнопку выделить функцию (рисунок 4.37).

| 🖭 Инв                     | естиции.R × 🛛 🕙 Untitled1* × |   |                |
|---------------------------|------------------------------|---|----------------|
| $\langle \varphi \rangle$ | 🗐 📄 🔄 Source on Save         | 🞢 🔹 📃 🔹 🕞 Run                             | 🔄 🕞 Source 👻 🗄 |
| 5<br>6<br>7               | set.seed(800)                | Code Completion Tab                       |                |
| 8                         | N <- 100                     | Go To Help F1                             |                |
| 9                         | A <- 2000                    | Go To Function Definition F2              |                |
| 10<br>11                  | task <- 0.4<br>I0 <- 400000  | Extract Function Ctrl+Alt+X               |                |
| 12<br>13                  | n <-4                        | Extract Variable Ctrl+Alt+V               |                |
| 14<br>15                  | Q <- rnorm(N, 5500, 270      | Rename in Scope Extract a variable        |                |
| 16                        | r < -runif(N, 0.08, 0.1)     | Reflow Comment out of the current ift+/   |                |
| 18                        | P <- rtriangle(N, 1/2000)    | Comment/Uncomment Lines Ctrl+Shift+C      |                |
| 19<br>20                  | V <- rtriangle(N, 100,       | Insert Roxygen Skeleton Ctrl+Shift+Alt+R  |                |
| 21                        | CF <- (Q*P - V*Q + A - F)    | Reindent Lines Ctrl+I                     |                |
| 23                        | NPV <- 0                     | Reformat Code Ctrl+Shift+A                |                |
| 24<br>25 -                | for (k in 1:n)<br>{          | Show Diagnostics                          |                |
| 26<br>27                  | NPV <- NPV + CF/((1+r))      | Profile Selected Line(s) Ctrl+Shift+Alt+P |                |
| 28                        |                              |   |                |
| 29                        | PI <- NPV/IO                 |   |                |
| 31<br>32                  | NFV <- NFV - 10              |   |                |
| 33                        | mean(NPV)                    |   |                |
| 34<br>35                  |                              |   |                |
|                           |                              | 1   |                |

Рисунок 4.37 – Выделение функции

После этого во всплывающим окне необходимо ввести имя для вашей функции, например *Get\_MeanNPV* (рисунок 4.38)

| Extract Function | ? ×       |
|------------------|-----------|
| Function Name    |           |
| Get_MeanNPV      |           |
|                  |           |
|                  | OK Cancel |

Рисунок 4.38 – Наименование функции

В итоге RStudio сгенерировала нам код программы, нам необходимо перед закрывающей скобкой прописать *return(mean(NPV))*.

| Инвестиции. R × P Untitled1* ×                      |          |
|---|----------|
| 🗇 🖒 🗐 🔚 🔲 Source on Save 🛛 💁 🗾 🔹 👘 🕀 Source on Save | urce 👻 🗏 |
| 5 set.seed(800)                                     |          |
| 6   |          |
| 7   |          |
| 8 N <- 100  |          |
| 9 - Get_MeanNPV <- function(N) {                    |          |
| 10 A <- 2000  |          |
| 11 task <- 0.4                                      |          |
| 12 IO <- 400000                                     |          |
| 13 n <- 4   |          |
| 14  |          |
| 15 Q <- rnorm(N, 5500, 270)                         |          |
| 16 F <- runif(N, 40000, 60000)                      |          |
| 17 r <- runif(N, 0.08, 0.16)                        |          |
| 18 Sn <- rexp(N, 1/20000)                           |          |
| 19 P <- rtriangle(N, 180, 230, 210)                 |          |
| 20 V <- rtriangle(N, 100, 160, 130)                 | =        |
| 21  |          |
| 22 CF <- $(Q^*P - V^*Q + A - F)^*(1-task)$          |          |
| 23  |          |
| 24 NPV <- 0   |          |
| 25 for (k in 1:n)                                   |          |
| 26 - {  |          |
| 27 NPV <- NPV + $CF/((1+r)h)$ + $Sn/((1+r)h)$       |          |
| 28 }  |          |
| 29  |          |
| 30 PI <- NPV/IO                                     |          |
| 31 NPV <- NPV - IO                                  |          |
| 32  |          |
| 33 mean(NPV)  |          |
| 34 return(mean(NPV))                                |          |
| 35 }  | -        |



После этого нам необходимо прописать алгоритм вычисления необходимого количества имитаций. Для этого будем последовательно *Get\_MeanNPV()* вызывать функцию ДО тех пор, пока значения стабилизируются, шаг изменения количества итераций выбирается произвольно, но не маленький (от 100). Результат работы программы представлен на рисунке 4.40.

```
🕙 Инвестиции.R 🛪 🛛 🞱 Untitled1* 🛪
🗇 🔿 🛛 🚛 🔲 Source on Save 🛛 🔍 🎽 📲 📼
   4 library(triangle)
   5
      #set.seed(800)
   6
   8 N <- 100
   9 → Get_MeanNPV <- function(N) { [ ]}
  36
  37
  38 N1 = 100
  39 N2 = 200
  40 h = 100
  41 M1 = Get_MeanNPV(N1)
  42 M2 = Get_MeanNPV(N2)
  43 eps = 100
  44 k <- 0
  45
  46
  47 while (abs(M2 - M1)>eps)
  48 - {
         k < -k + 1
  49
  50
         N1 < - N2
         N2 \ <- \ N2 \ + \ h
  51
  52
         M1 = Get_MeanNPV(N1)
  53
         M2 = Get_MeanNPV(N2)
         print(paste0("Это ",k," операция, разбег составляет ",abs(M2 - M1), "единиц"))
  54
  55
     print(paste0("Количество имитаций составляет: ",N1))
  56
  57
 56:53 (Top Level) $
Console ~/ 🔗

    "Это 71 операция, разбег составляет 2930.13646801014единиц"
    "Это 72 операция, разбег составляет 3527.77640032611единиц"
    "Это 73 операция, разбег составляет 83.548137449834единиц"
```

```
> print(paste0("Количество имитаций составляет: ",N1))
[1] "Количество имитаций составляет: 7400"
> |
```



Таким образом, необходимое количество имитаций составляет 7400.

## 5 Содержание письменного отчета

Отчет по лабораторной работе оформляется на листах формата A4 и должен иметь следующую структуру:

1) титульный лист;

2) задание на лабораторную работу;

3) краткие теоретические сведения, необходимые для решения поставленных задач;

4) постановка задачи и математические модели, применяемые для исследования;

5) результаты применения ППП (или собственного ПО) для решения задач и аналитическое решение;

6) анализ полученных результатов и выводы.

Примечание: при разработке собственного ПО текст программы приводится в приложении.

#### 6 Вопросы к защите

1. Дайте определение метода Монте-Карло.

 Опишите алгоритмы генерации псевдослучайных чисел в памяти ЭВМ.

3. Почему в ЭВМ возможна работа только с псведослучайными числами?

4. Перечислите методы получения случайных чисел по заданному закону распределения.

5. Что представляет собой датчик случайных чисел?

49

6. Запишите алгоритм метода обратных функций для экспоненциального закона распределения.

7. В каких случаях необходимо использовать метод свертки? Приведите примеры использования метода свертки.

8. Как получить стандартное нормальное распределение?

9. Охарактеризуйте этапы метода Монте-Карло.

10. Сформулируйте достоинства и недостатки метода Монте-Карло.

11. Как могут задаваться законы распределения для ключевых параметров модели?

12. В каких ситуациях, рекомендовано использовать метод Монте-Карло?

13. Приведите примеры использования метода Монте-Карло.

14. Как подобрать количество итераций для метода Монте-Карло?

15. Перечислите программное обеспечение для реализации метода Монте-Карло.

#### Список использованных источников

1. Буховец А.. Алгоритмы вычислительной статистики в системе R. Учебное пособие / А. Буховец, П. Москалев // 2015. – 160 с.

2. Вадзинский, Р.Н. Справочник по вероятностным распределениям. – СПб.: Наука, 2001. – 295 с.

3. Емельянов, А. А. Имитационное моделирование экономических процессов : учеб. пособие для вузов / А. А. Емельянов, Е. А. Власова, Р. В. Дума; под ред. А. А. Емельянова. - М. : Финансы и статистика, 2004. - 368 с.

4. Зеленина, Т. А. Применение имитационного моделирования для развития компетентностного подхода при подготовке бакалавров [Электронный ресурс] / Зеленина Т. А., Раменская А. В. // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : материалы Всерос. науч.-метод. конф. (с междунар. участием), 4-6 февр. 2015 г., Оренбург / М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбургский. гос. ун-т". - Электрон. дан. - Оренбург, 2015. – С. 1353-1360.

5. Компьютерная имитация экономических процессов : учебник / под ред. А.А. Емельянова. - М. : Маркет ДС, 2010. - 464 с.

6. Мастицкий, С.Э. Статистический анализ и визуализация данных с помощью R [Электронный ресурс]/ С. Мастицкий, В.К. Шитиков // 2015. – 496 с. – Режим доступа: <u>http://r-analytics.blogspot.com</u>

7. Методы и модели эконометрики [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов, обучающихся по программам высшего образования по направлениям подготовки 01.03.04 Прикладная математика, 38.04.01 Экономика, 38.03.05 Бизнес-информатика / под ред. А. Г. Реннера; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Ч. 2. - Оренбург : ОГУ. - 2015.

51

8. Описание пакетов и библиотек, документация для R [Электронный ресурс] / Официальный сайт языка R. – Режим доступа: <u>https://cran.r-project.org/</u>

9. Охорзин, В. А. Прикладная математика в системе MATHCAD : учеб. пособие для вузов / В. А. Охорзин .- 3-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2009. - 349 с.

10. Раменская, А.В. Анализ эффективности инвестиционного проекта комбикормового Монте-Карло создания предприятия методом / А.В. Раменская, Т.Π. Негорожина // ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЕ И ИНФРАСТРУКТУРНЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ РАЗЛИЧНЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ: сборник статей международной научнопрактической конференции: в 2 частях. – 2017. – С. 89-92.

11. Реннер, А. Г. Проверка гипотез о характере распределения [Текст] : методические указания к лабораторному практикуму / А. Г. Реннер, О. А. Зиновьева, Г. Г. Аралбаева; М-во образования Рос. Федерации, Гос. образоват. учреждение "Оренбург. гос. ун-т", Каф. мат. методов и моделей в экономике. - Оренбург : ОГУ, 2002. - 24 с.

12. Реннер, А. Г. Математическая статистика : учебное пособие для вузов / А. Г. Реннер, Г. Г. Аралбаева. - Оренбург : ОГУ, 2003. - 175 с.

13. Кабаков, Роберт И. R в действии. Анализ и визуализация данных в программе R [Электронный ресурс] / пер. с англ. Полины А. Волковой. – М.: ДМК Пресс, 2014. – 588 с. – Режим доступа: <u>http://kek.ksu.ru/eos/WM/Kabacoff2014ru.pdf</u>

14. Статистическая обработка данных в среде MathCAD. Лабораторный практикум. Учебное пособие [Электронный ресурс] / Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2011. – Режим доступа: <u>http://www.biblioclub.ru/index.php?page=book&id=141673</u>

52

## Приложение А *(обязательное)* Варианты исходных данных

| Показетель                 | Тип распредления | Параметры закона распредления |     |         |  |         |  |     |
|----------------------------|------------------|-------------------------------|-----|---------|--|---------|--|-----|
| Объем выпуска, тыс. шт.    | нормальное       | 6500                          | _1  | 370     |  |         |  |     |
| Цена за штуку, руб.        | треугольное      | 280 330                       |     | 280 330 |  | 280 330 |  | 290 |
| Переменные затраты,        | треугольное      | 140                           | 180 | 220     |  |         |  |     |
| руб./шт.                   |                  |                               |     |         |  |         |  |     |
| Постоянные затраты, руб.   | равномерное      | 50000                         |     | 70000   |  |         |  |     |
| Амортизация, руб.          | постоянная       | ная 20000                     |     |         |  |         |  |     |
| Налог на прибыль, %        | постоянная       | 40                            |     |         |  |         |  |     |
| Норма дискона, %           | равномерное      | 8,5                           |     | 18      |  |         |  |     |
| Остоточная стоимость, руб. | экспоненциальное | 0,00004                       |     |         |  |         |  |     |
| Начальные инвестиции       | постоянная       | 700 000                       |     |         |  |         |  |     |

## Таблица А.1 – Характеристики инвестиционного проекта (вариант 1)

# Таблица А.2 – Характеристики инвестиционного проекта (вариант 2)

| Показетель                 | Тип распредления | Параметры закона распредления |         |       |  |  |
|----------------------------|------------------|-------------------------------|---------|-------|--|--|
| Объем выпуска, тыс. шт.    | нормальное       | 5500                          |         | 270   |  |  |
| Цена за штуку, руб.        | треугольное      | 180                           | 230     | 210   |  |  |
| Переменные затраты,        | треугольное      | 100 160                       |         | 130   |  |  |
| руб./шт.                   |                  |                               |         |       |  |  |
| Постоянные затраты, руб.   | равномерное      | 40000                         |         | 60000 |  |  |
| Амортизация, руб.          | постоянная       | 2000                          |         |       |  |  |
| Налог на прибыль, %        | постоянная       | 40                            |         |       |  |  |
| Норма дискона, %           | равномерное      | 8                             |         | 16    |  |  |
| Остоточная стоимость, руб. | экспоненциальное | 0,00005                       | 0,00005 |       |  |  |
| Начальные инвестиции       | постоянная       | 400 000                       |         |       |  |  |

## Таблица А.3 – Характеристики инвестиционного проекта (вариант 3)

| Показетель                 | Тип распредления | Параметры закона распредления |  |         |  |     |
|----------------------------|------------------|-------------------------------|--|---------|--|-----|
| Объем выпуска, тыс. шт.    | нормальное       | 6500                          |  | 6500 37 |  | 370 |
| Цена за штуку, руб.        | треугольное      | 280 330                       |  | 280 330 |  | 290 |
| Переменные затраты,        | равномерное      | 180                           |  | 220     |  |     |
| руб./шт.                   |                  |                               |  |         |  |     |
| Постоянные затраты, руб.   | равномерное      | 50000                         |  | 70000   |  |     |
| Амортизация, руб.          | постоянная       | 20000                         |  |         |  |     |
| Налог на прибыль, %        | постоянная       | 42                            |  |         |  |     |
| Норма дискона, %           | равномерное      | 8,5                           |  | 18      |  |     |
| Остоточная стоимость, руб. | экспоненциальное | 0,00004                       |  |         |  |     |
| Начальные инвестиции       | постоянная       | 600 000                       |  |         |  |     |

| Показетель                 | Тип распредления | Параметры закона распредления |  |       |  |     |
|----------------------------|------------------|-------------------------------|--|-------|--|-----|
| Объем выпуска, тыс. шт.    | нормальное       | 5200                          |  | 470   |  |     |
| Цена за штуку, руб.        | равномерное      | 180                           |  | 180   |  | 250 |
| Переменные затраты,        | треугольное      | 110 150                       |  | 190   |  |     |
| руб./шт.                   |                  |                               |  |       |  |     |
| Постоянные затраты, руб.   | равномерное      | 45000                         |  | 65000 |  |     |
| Амортизация, руб.          | постоянная       | 3900                          |  |       |  |     |
| Налог на прибыль, %        | постоянная       | 42                            |  |       |  |     |
| Норма дискона, %           | равномерное      | 9,5                           |  | 19    |  |     |
| Остоточная стоимость, руб. | экспоненциальное | 0,00008                       |  |       |  |     |
| Начальные инвестиции       | постоянная       | 600 000                       |  |       |  |     |

Таблица А.4 – Характеристики инвестиционного проекта (вариант 4)

Таблица А.5 – Характеристики инвестиционного проекта (вариант 5)

| Показетель                 | Тип распредления | Параметры закона распредлен |       |       |  |
|----------------------------|------------------|-----------------------------|-------|-------|--|
| Объем выпуска, тыс. шт.    | нормальное       | 6500                        |       | 370   |  |
| Цена за штуку, руб.        | треугольное      | 180                         | 270   | 310   |  |
| Переменные затраты,        | треугольное      | 140                         | 180   | 220   |  |
| руб./шт.                   |                  |                             |       |       |  |
| Постоянные затраты, руб.   | равномерное      | 40000                       |       | 90000 |  |
| Амортизация, руб.          | постоянная       | 30000                       | 30000 |       |  |
| Налог на прибыль, %        | постоянная       | 40                          |       |       |  |
| Норма дискона, %           | равномерное      | 8                           |       | 14    |  |
| Остоточная стоимость, руб. | экспоненциальное | 0,00005                     |       |       |  |
| Начальные инвестиции       | постоянная       | 500 000                     |       |       |  |

# Таблица А.6 – Характеристики инвестиционного проекта (вариант 6)

| Показетель                 | Тип распредления | Параметры закона распредлен |      |       |  |
|----------------------------|------------------|-----------------------------|------|-------|--|
| Объем выпуска, тыс. шт.    | нормальное       | 6700                        |      | 450   |  |
| Цена за штуку, руб.        | треугольное      | 180                         | 230  | 210   |  |
| Переменные затраты,        | треугольное      | 100                         | 160  | 130   |  |
| руб./шт.                   |                  |                             |      |       |  |
| Постоянные затраты, руб.   | равномерное      | 40000                       |      | 60000 |  |
| Амортизация, руб.          | постоянная       | 2500                        | 2500 |       |  |
| Налог на прибыль, %        | постоянная       | 40                          |      |       |  |
| Норма дискона, %           | равномерное      | 6,5                         |      | 14,5  |  |
| Остоточная стоимость, руб. | экспоненциальное | 0,00007                     |      |       |  |
| Начальные инвестиции       | постоянная       | 500 000                     |      |       |  |

| Показетель                 | Тип распредления | Параметры закона распредлен |     |       |
|----------------------------|------------------|-----------------------------|-----|-------|
| Объем выпуска, тыс. шт.    | нормальное       | 4500                        |     | 180   |
| Цена за штуку, руб.        | треугольное      | 280 330                     |     | 290   |
| Переменные затраты,        | треугольное      | 150                         | 180 | 240   |
| руб./шт.                   |                  |                             |     |       |
| Постоянные затраты, руб.   | равномерное      | 30000                       |     | 60000 |
| Амортизация, руб.          | постоянная       | 25000                       |     |       |
| Налог на прибыль, %        | постоянная       | 40                          |     |       |
| Норма дискона, %           | равномерное      | 8                           |     | 16    |
| Остоточная стоимость, руб. | экспоненциальное | 0,00004                     |     |       |
| Начальные инвестиции       | постоянная       | 650 000                     |     |       |

Таблица А.7 – Характеристики инвестиционного проекта (вариант 7)

## Таблица А.8 – Характеристики инвестиционного проекта (вариант 8)

| Показетель                 | Тип распредления | Параметры закона распредлени |             |       |  |
|----------------------------|------------------|------------------------------|-------------|-------|--|
| Объем выпуска, тыс. шт.    | нормальное       | 6500                         |             | 550   |  |
| Цена за штуку, руб.        | нормальное       | 210                          |             | 35    |  |
| Переменные затраты,        | треугольное      | 100                          | 100 160 130 |       |  |
| руб./шт.                   |                  |                              |             |       |  |
| Постоянные затраты, руб.   | треугольное      | 40000                        | 55000       | 60000 |  |
| Амортизация, руб.          | постоянная       | 2000                         | 2000        |       |  |
| Налог на прибыль, %        | постоянная       | 20                           |             |       |  |
| Норма дискона, %           | равномерное      | 8                            |             | 16    |  |
| Остоточная стоимость, руб. | экспоненциальное | 0,00005                      |             |       |  |
| Начальные инвестиции       | постоянная       | 400 000                      |             |       |  |

# Таблица А.9 – Характеристики инвестиционного проекта (вариант 9)

| Показетель                 | Тип распредления | Параметры закона распредлен |     |       |
|----------------------------|------------------|-----------------------------|-----|-------|
| Объем выпуска, тыс. шт.    | нормальное       | 6500                        |     | 370   |
| Цена за штуку, руб.        | треугольное      | 280                         | 330 | 290   |
| Переменные затраты,        | треугольное      | 140                         | 180 | 220   |
| руб./шт.                   |                  |                             |     |       |
| Постоянные затраты, руб.   | равномерное      | 50000                       |     | 70000 |
| Амортизация, руб.          | постоянная       | 20000                       |     |       |
| Налог на прибыль, %        | постоянная       | 40                          |     |       |
| Норма дискона, %           | равномерное      | 8,5                         |     | 18    |
| Остоточная стоимость, руб. | экспоненциальное | 0,00004                     |     |       |
| Начальные инвестиции       | постоянная       | 700 000                     |     |       |

| Показетель                 | Тип распредления | Параметры закона распредлен |     |       |
|----------------------------|------------------|-----------------------------|-----|-------|
| Объем выпуска, тыс. шт.    | нормальное       | 5500                        |     | 270   |
| Цена за штуку, руб.        | треугольное      | 180 230                     |     | 210   |
| Переменные затраты,        | треугольное      | 100                         | 160 | 130   |
| руб./шт.                   |                  |                             |     |       |
| Постоянные затраты, руб.   | равномерное      | 40000                       |     | 60000 |
| Амортизация, руб.          | постоянная       | 2000                        |     |       |
| Налог на прибыль, %        | постоянная       | 30                          |     |       |
| Норма дискона, %           | равномерное      | 8                           |     | 16    |
| Остоточная стоимость, руб. | экспоненциальное | 0,00005                     |     |       |
| Начальные инвестиции       | постоянная       | 420 000                     |     |       |

Таблица А.10 – Характеристики инвестиционного проекта (вариант 10)

# Таблица А.11 – Характеристики инвестиционного проекта (вариант 11)

| Показетель                 | Тип распредления | Параметры закона распредлени |     |       |
|----------------------------|------------------|------------------------------|-----|-------|
| Объем выпуска, тыс. шт.    | нормальное       | 6500                         |     | 470   |
| Цена за штуку, руб.        | треугольное      | 250                          | 340 | 275   |
| Переменные затраты,        | треугольное      | 140                          | 180 | 220   |
| руб./шт.                   |                  |                              |     |       |
| Постоянные затраты, руб.   | равномерное      | 50000                        |     | 70000 |
| Амортизация, руб.          | постоянная       | 20000                        |     |       |
| Налог на прибыль, %        | постоянная       | 20                           |     |       |
| Норма дискона, %           | равномерное      | 8,5                          |     | 18    |
| Остоточная стоимость, руб. | экспоненциальное | 0,00004                      |     |       |
| Начальные инвестиции       | постоянная       | 700 000                      |     |       |

# Таблица А.12 – Характеристики инвестиционного проекта (вариант 12)

| Показетель                 | Тип распредления | Параметры закона распредлен |        |       |  |
|----------------------------|------------------|-----------------------------|--------|-------|--|
| Объем выпуска, тыс. шт.    | нормальное       | 5500                        |        | 270   |  |
| Цена за штуку, руб.        | нормальное       | 160                         | 160 35 |       |  |
| Переменные затраты,        | треугольное      | 80                          | 110    | 130   |  |
| руб./шт.                   |                  |                             |        |       |  |
| Постоянные затраты, руб.   | равномерное      | 40000                       |        | 60000 |  |
| Амортизация, руб.          | постоянная       | 2000                        | 2000   |       |  |
| Налог на прибыль, %        | постоянная       | 25                          |        |       |  |
| Норма дискона, %           | равномерное      | 8                           |        | 16    |  |
| Остоточная стоимость, руб. | экспоненциальное | 0,00008                     |        |       |  |
| Начальные инвестиции       | постоянная       | 450 000                     |        |       |  |

#### Приложение Б

## *(обязательное)* Задание для самостоятельной работы

Задача 1. Провести финансовый анализ проекта создания предприятия методом Монте-Карло. Горизонт расчетов составляет три года. Основные параметры финансовой модели – цена, объем продаж – рассматриваются как случайные переменные, имеющие заданные вероятностное распределения. Ставка налога на прибыль составляет 20%, норма дисконта 8%.

| Показатели               | жазатели Закон |       | Параметры |      |       |       |       |  |  |  |  |
|--------------------------|----------------|-------|-----------|------|-------|-------|-------|--|--|--|--|
|                          | распределения  | 1 год |           | 2 1  | од    | 3 год |       |  |  |  |  |
| Цена, руб                | равномерное    | а     | b         | a    | b     | a     | b     |  |  |  |  |
|                          |                | 8500  | 10500     | 9000 | 11000 | 9500  | 11500 |  |  |  |  |
| Себестоимость,           | нормальное     | M(x)  | σ(x)      | M(x) | σ(x)  | M(x)  | σ(x)  |  |  |  |  |
| %                        |                | 55    | 5         | 55   | 5     | 55    | 5     |  |  |  |  |
| Объем продаж,            | нормальное     | 1500  | 300       | 1600 | 325   | 1700  | 350   |  |  |  |  |
| тонн                     |                |       |           |      |       |       |       |  |  |  |  |
| Операционные издержки, % | нормальное     | 15    | 2         | 15   | 2     | 15    | 2     |  |  |  |  |

Таблица Б.1 – Исходные данные о параметрах модели

Задача 2. Описание проекта: фармацевтическая копания рассматривает вопрос о приобретении для последующего производства патента нового лекарственного препарата. Лекарство примечательно тем, что не имеет побочных эффектов. Стоимость патента составляет \$3,4 млн. Горизонт расчетов составляет три года. Рынок лекарственных препаратов является весьма конкурентным. Конкуренция со стороны других препаратов может привести к снижению цены ниже прогнозируемой. Также из-за влияния конкуренции трудно точно предсказать объем продаж препарата (количество упаковок). Помимо цены и объема продаж не поддаются точному прогнозу будущая себестоимость препарата и операционные издержки. Очень часто себестоимость и издержки превышают запланированные. Кроме того, они могут колебаться год от года. Основная информация по проекту представлена в таблице. Себестоимость и операционные издержки рассчитываются как некоторый процент от объема продаж.

| Таблица Б.2 – Х | Карактеристики | инвестиционного | проекта |
|-----------------|----------------|-----------------|---------|
|-----------------|----------------|-----------------|---------|

| Показатель, закон |       | 1 го | д    |    | 2 год          |     |       | 3 год |      |       |     |      |
|-------------------|-------|------|------|----|----------------|-----|-------|-------|------|-------|-----|------|
| распределения     |       |      |      |    |                |     |       |       |      |       |     |      |
| Ставка налога на  |       |      |      |    |                | 32  | %     |       |      |       |     |      |
| прибыль           |       |      |      |    |                |     |       |       |      |       |     |      |
| Ставка            |       |      |      |    |                | 10  | )%    |       |      |       |     |      |
| дисконтирования   |       |      |      |    |                |     |       |       |      |       |     |      |
| Цена упаковки     | 5,90  | 6,00 | 6,   | 10 | 5,95           | 6,0 | )5    | 6,15  | 6,00 | 6     | ,10 | 6,20 |
| (треугольное), \$ |       |      |      |    |                |     |       |       |      |       |     |      |
| Объем продаж      | 802.0 | 00   | 25 0 | 00 | 967 000 30 000 |     | 1 132 | 000   | 2    | 5 000 |     |      |
| (нормальное), шт  |       |      |      |    |                |     |       |       |      |       |     |      |
| Себестоимость     | 50    | 55   | (    | 65 | 50             | 5   | 5     | 65    | 50   | 5     | 5   | 65   |
| (треугольное), %  |       |      |      |    |                |     |       |       |      |       |     |      |
| Операционные      | 15    |      | 2    |    | 15             | 2   |       | 2     |      |       |     | 2    |
| издержки          |       |      |      |    |                |     |       |       |      |       |     |      |
| (нормальное), %   |       |      |      |    |                |     |       |       |      |       |     |      |