

1. ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

В русском языке прилагательное "имитационный" часто используют как синоним прилагательных "сходный", "похожий". Среди словосочетаний "математическая модель", "аналоговая модель", "статистическая модель", пара - "имитационная модель", появившаяся в русском языке, наверное, в результате неточности перевода, постепенно приобрела новое, отличное от первоначального значение. Указывая, что данная модель имитационная, мы обычно подчеркиваем, что в отличие от других типов абстрактных моделей, в этой модели сохранены и легко узнаваемы такие черты моделируемого объекта, как структура, связи между компонентами, способ передачи информации. С имитационными моделями также обычно связывают и требование иллюстрации их поведения с помощью принятых в данной прикладной области, графических образов. Недаром имитационными обычно называют модели предприятий, экологические и социальные модели.

С учетом последнего замечания, имитационная модель рассматривается нами специальная форма математической модели, в которой:

- декомпозиция системы на компоненты производится с учетом структуры проектируемого или изучаемого объекта;
- в качестве законов поведения, могут использоваться экспериментальные данные, полученные в результате натуральных экспериментов;
- а поведение системы во времени иллюстрируется заданными динамическими образами.

Имитационное моделирование на цифровых вычислительных машинах является одним из наиболее мощных средств исследования, в частности, сложных динамических систем. Как и любое компьютерное моделирование, оно дает возможность проводить вычислительные эксперименты с еще только проектируемыми системами и изучать системы, натурные эксперименты с которыми, из-за соображений безопасности или дороговизны, не целесообразны. В тоже время, благодаря своей близости по форме к физическому моделированию, это метод исследования доступен более широкому кругу пользователей.

В настоящее время, когда компьютерная промышленность, предлагает разнообразнейшие средства моделирования, любой квалифицированный инженер, технолог или менеджер должен уметь уже не просто моделировать сложные объекты, а моделировать их с помощью современных технологий, реализованных в форме графических сред или пакетов визуального моделирования.

Пакеты визуального моделирования

"Сложность изучаемых и проектируемых систем приводит к необходимости создания специальной, качественно новой техники исследования, использующей аппарат имитации - воспроизведения на ЭВМ специально организованными системами математических моделей функционирования проектируемого или изучаемого комплекса".(стр. 182)

Н.Н. Моисеев "Математические задачи системного анализа". М.: Наука, 1981, 488с.

Это требование было трудно выполнимым до повсеместного проникновения в исследовательскую деятельность персонального компьютера с графическим дисплеем (для нашей страны это в подавляющем большинстве случаев Intel-совместимый компьютер с операционной системой MS Windows) и появления специального программного

обеспечения - пакетов визуального моделирования. Системы автоматизации моделирования, разработанные в 60-70-е годы (Simula, SLAM, НЕДИС и другие), были еще слишком сложны для широкого пользователя, прежде всего из-за сложности текстовой формы описания модели и отсутствия программных реализаций эффективных численных методов (в 70-е годы был единственный пакет GEAR, все современные численные пакеты датируются 80 годами).

Пакеты же визуального моделирования позволяют пользователю вводить описание моделируемой системы в естественной для прикладной области и преимущественно графической форме (например, в буквальном смысле рисовать функциональную схему, размещать на ней блоки и соединять их связями), а также представлять результаты моделирования в наглядной форме, например, в виде диаграмм или анимационных картинок.

Одним из главных достоинств систем визуального моделирования является то, что они позволяют пользователю не заботиться о программной реализации модели, как о последовательности исполняемых операторов, и тем самым создают на компьютере некоторую чрезвычайно удобную среду, в которой можно создавать виртуальные, "квазиаппаратные" параллельно функционирующие системы и проводить эксперименты с ними. Графическая среда становится похожей на физический испытательный стенд, только вместо тяжелых металлических ящиков, кабелей и реальных измерительных приборов, осциллографов и самописцев пользователь имеет дело с их образами на экране дисплея. Образы можно перемещать, соединять и разъединять с помощью мыши. Кроме того, пользователь может видеть и оценивать результаты моделирования по ходу эксперимента и, при необходимости, активно в него вмешиваться.

Программная реализация виртуального стенда скрыта от пользователя. Для проведения экспериментов не требуется никаких особых знаний о компьютере, операционной системе и математическом обеспечении. Можно сказать, что виртуальный стенд превращает цифровую вычислительную машину в невиданно точную и удобную аналоговую. Таким образом, прогресс средств автоматизации моделирования приводит нас на следующем витке спирали развития к истокам вычислительной техники.

Еще одной важной особенностью современного пакета автоматизации моделирования является использование технологии объектно-ориентированного моделирования, что позволяет резко расширить границы применимости и повторного использования уже созданных и подтвердивших свою работоспособность моделей.

Успех новой технологии резко расширил круг пользователей визуальных пакетов моделирования, что обострило вечную проблему достоверности получаемых решений. Графическая оболочка скрывает от пользователя сложную процедуру получения численного решения. В то же время, автоматический выбор нужного для решения конкретной задачи численного метода и настройка его параметров часто являются далеко не тривиальной задачей. В результате появляется опасность быстрого получения красиво оформленных, но неправильных результатов.

Объектно-ориентированное моделирование

"Вместе с ростом числа ЭВМ и задач трудности технологические и организационные все больше стали преобладать над трудностями "чисто научными". Сейчас масштаб и объем этих трудностей настолько вырос, что можно говорить, что задача их преодоления сама стала задачей науки и представляет собой проблему фундаментального значения".

Н.Н. Яненко, В.И. Карначук, А.И. Коновалов. "Проблемы математической технологии"/ Численные методы механики сплошной среды. Новосибирск, ВЦ СО АН СССР, 8, 3, 1977.

Основные понятия

Объектно-ориентированное моделирование (ООМ) предполагает поддержку классов и экземпляров блоков, а также наследования и полиморфизма блоков.

Класс определяет некоторый шаблон или прототип блока (например, бассейн вообще). Оперируя с классом, например "Бассейн", нельзя говорить о конкретном значении уровня воды в нем, так как в определении класса присутствуют только информация о типах и именах используемых переменных, но не об их значениях.

Экземпляр блока - это конкретный представитель класса блоков, например, Бассейн_1 и Бассейн_2. Каждый экземпляр имеет свои собственные значения переменных (уровни воды в двух бассейнах могут быть разными). При создании нового экземпляра могут быть конкретизированы его параметры - специальные константы, которые не могут быть, как и любые константы, изменены в процессе функционирования, но могут оказаться разными для различных экземпляров. В функциональную схему могут входить несколько экземпляров одного и того же класса, например, выходная труба блока Бассейн_1 может являться входной для блока Бассейн_2.

Экземпляры могут быть статическими и динамическими. Статический экземпляр создается при создании модели и уничтожается при ее уничтожении. Например, каскад бассейнов явно является статической структурой. Динамические экземпляры создаются и уничтожаются в ходе моделирования. Например, при моделировании работы системы ПВО число самолетов в зоне видимости радиолокатора переменено.

Вообще говоря, понятия класса и экземпляра поддерживались явно или неявно практически всеми языками моделирования. В противном случае достаточно сложно моделировать системы с множеством однотипных блоков и невозможно моделировать системы с динамической структурой.

Более сложными понятиями ООМ являются наследование и полиморфизм.

Часто возникает необходимость создать новый класс "такой же, но ...". Например, нужно описать бассейн с подогревом воды, дополнив описание стандартного бассейна нужными деталями. В этом новом классе "Бассейн_с_подогревом" описание интерфейса и динамики уровня воды будет точно таким же, как и в классе "Бассейн". К нему добавится свое описание тепловых потоков и динамики температуры.

Можно просто перенести в описание нового класса элементы описания старого и добавить новые. Но можно объявить новый класс прямым потомком старого. В этом случае класс "Бассейн" будет являться суперклассом (родителем, базовым классом) для класса "Бассейн_с_подогревом", а тот в свою очередь будет являться подклассом (потомком, производным классом) по отношению к классу "Бассейн". В этом случае производный класс автоматически унаследует все элементы описания своего базового класса. Следует отметить, что наследование не означает простого копирования. Между классами возникает постоянная связь: если в классе "Бассейн" добавить новую переменную состояния (например, показатель хлорированности воды), то она автоматически появится в классе "Бассейн_с_подогревом".

Полиморфизм означает возможность использования вместо экземпляра блока некоторого базового класса экземпляра любого его производного класса. Например, для радиолокационной станции все сопровождаемые объекты являются экземплярами класса "Летательный_аппарат" и характеризуются только положением и вектором скорости. На самом же деле эти объекты могут являться самыми разнообразными потомками класса "Летательный_аппарат" от В-52 до птеродактиля.

Библиотеки классов

Наличие богатых библиотек классов является серьезным преимуществом той или иной системы моделирования. В этом случае модель может строиться механически из экземпляров стандартных классов с их параметрической настройкой. Возможности среды увеличиваются, если библиотеки классов создаются самим прикладным пользователем.

Следует отметить, что при построении библиотеки классов чрезвычайно удобным оказывается использование неориентированных блоков, поскольку это дает возможность создавать блоки, максимально независимые от внешнего окружения.

Численное решение

Традиционная технология численного моделирования требует весьма аккуратного выбора и настройки численного метода (иногда даже несколько раз по ходу решения) и тщательного исследования погрешности результатов. Знание особенностей решаемой системы уравнений (например, что она линейная) может на порядки увеличить скорость решения. Анализ свойств решаемой системы и настройка метода - трудная задача даже для специалистов. Доверить эту работу пользователю визуальных пакетов не представляется возможным. Кроме того, при использовании стандартных библиотечных классов пользователь просто не знает, с какими уравнениями он имеет дело.

Максимально удобным для численного решения является явное представление моделируемой системы в виде такой гибридной, в которой все скачкообразные изменения значений переменных выполняются только во время переходов, а непрерывные поведения соответствуют поведением простых динамических система с гладкими правыми частями, для каждой из которых автоматически может быть подобран соответствующий численный метод. Наипростейшим случаем является ситуация, когда приходится интегрировать только дифференциальные уравнения. При этом не надо забывать, что этот "наипростейший" случай на протяжении уже многих лет является предметом изучения многих специалистов в разных странах.

Таким образом, задача численного нахождения решения распадается на несколько:

- 1) выявление скрытой гибридности в описании непрерывных систем и построение гибридной системы, где узлам приписаны "хорошо" решаемые системы уравнений;
- 2) автоматическое определение численных особенностей текущей эквивалентной системы для уравнений;
- 3) автоматический выбор численного метода для текущей эквивалентной системы, позволяющего получить хотя бы качественно правильное решение;
- 4) определение точки переключения - границы существования текущей эквивалентной системы, задаваемой условиями срабатывания переходов.

Существующие подходы к визуальному моделированию сложных динамических систем

В настоящее время существует великое множество визуальных средств моделирования. Договоримся не рассматривать в этой работе пакеты, ориентированные на узкие прикладные области (электроника, электромеханика и т.д.), поскольку, как отмечалось выше, элементы сложных систем относятся, как правило, к различным прикладным областям. Среди оставшихся универсальных пакетов (ориентированных на определенную математическую модель), мы не будем обращать внимание на пакеты, ориентированные на математические модели, отличные от простой динамической системы (уравнения в частных производных, статистические модели), а также на чисто дискретные и чисто непрерывные. Таким образом, предметом рассмотрения будут универсальные пакеты, позволяющие моделировать структурно-сложные гибридные системы.

Их можно условно разделить на три группы:

- 1) пакеты "блочного моделирования":
- 2) пакеты "физического моделирования":
- 3) пакеты, ориентированные на схему гибридного автомата.

Это деление является условным прежде всего потому, что все эти пакеты имеют много общего: позволяют строить многоуровневые иерархические функциональные схемы, поддерживают в той или иной степени технологию ООМ, предоставляют сходные возможности визуализации и анимации. Отличия обусловлены тем, какой из аспектов сложной динамической системы сочтен наиболее важным.

Пакеты "блочного моделирования" ориентированы на графический язык иерархических блок-схем. Элементарные блоки являются либо предопределенными, либо могут конструироваться с помощью некоторого специального вспомогательного языка более низкого уровня. Новый блок можно собрать из имеющихся блоков с использованием ориентированных связей и параметрической настройки. В число предопределенных элементарных блоков входят чисто непрерывные, чисто дискретные и гибридные блоки.

К достоинствами этого подхода следует отнести, прежде всего, чрезвычайную простоту создания не очень сложных моделей даже не слишком подготовленным пользователем. Другим достоинством является эффективность реализации элементарных блоков и простота построения эквивалентной системы. В то же время при создании сложных моделей приходится строить довольно громоздкие многоуровневые блок-схемы, не отражающие естественной структуры моделируемой системы. Другими словами, этот подход работает хорошо, когда есть подходящие стандартные блоки.

Наиболее известными представителями пакетами "блочного моделирования" являются:

- подсистема **SIMULINK** пакета MATLAB (MathWorks, Inc.; <http://www.mathworks.com>);
- **EASY5** (Boeing)
- подсистема **SystemBuild** пакета MATRIXx (Integrated Systems, Inc.);
- **VisSim** (Visual Solution; <http://www.vissim.com>).

Пакеты "физического моделирования" позволяют использовать неориентированные и потоковые связи. Пользователь может сам определять новые классы блоков. Непрерывная составляющая поведения элементарного блока задается системой алгебро-дифференциальных уравнений и формул. Дискретная составляющая задается описанием дискретных событий (события задаются логическим условием или являются

периодическими), при возникновении которых могут выполняться мгновенные присваивания переменным новых значений. Дискретные события могут распространяться по специальным связям. Изменение структуры уравнений возможно только косвенно через коэффициенты в правых частях (это обусловлено необходимостью символьных преобразований при переходе к эквивалентной системе).

Подход очень удобен и естественен для описания типовых блоков физических систем. Недостатками являются необходимость символьных преобразований, что резко сужает возможности описания гибридного поведения, а также необходимость численного решения большого числа алгебраических уравнений, что значительно усложняет задачу автоматического получения достоверного решения.

К пакетам "физического моделирования" следует отнести:

"20-SIM" (Controllab Products B.V; <http://www.rt.el.utwente.nl/20sim/>);

- **Dymola** (Dymasim; <http://www.dynasim.se>);

- **Omola, OmSim** (Lund University; <http://www.control.lth.se/~cace/omsim.html>);

Как обобщение опыта развития систем этого направления международной группой ученых разработан язык **Modelica** (The Modelica Design Group; <http://www.dynasim.se/modelica>), предлагаемый в качестве стандарта при обмене описаниями моделей между различными пакетами.

Пакеты, основанные на использовании схемы гибридного автомата, позволяют очень наглядно и естественно описывать гибридные системы со сложной логикой переключений. Необходимость определения эквивалентной системы при каждом переключении заставляет использовать только ориентированные связи. Пользователь может сам определять новые классы блоков. Непрерывная составляющая поведения элементарного блока задается системой алгебро-дифференциальных уравнений и формул. К недостаткам следует также отнести избыточность описания при моделировании чисто непрерывных систем.

К этому направлению относится пакет **Shift** (California PATH:

<http://www.path.berkeley.edu/shift>), а также отечественный пакет **Model Vision Studium**.

Пакет Shift в большей степени ориентирован на описание сложных динамических структур, а пакет MVS - на описание сложных поведений.

Заметим, что между вторым и третьим направлениями нет непреодолимой пропасти. В конце концов, невозможность из совместного использования обусловлена лишь сегодняшними вычислительными возможностями. В то же время, общая идеология построения моделей практически совпадает. В принципе, возможен комбинированный подход, когда в структуре модели должны выделяться составные блоки, элементы которых имеют чисто непрерывное поведение, и однократно преобразовываться к эквивалентному элементарному. Далее уже совокупное поведение этого эквивалентного блока должно использоваться при анализе гибридной системы.

[Содержание](#)

[В начало](#)

[Вниз](#)

3. ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНВЕСТИЦИОННЫХ РИСКОВ

АНАЛИЗ ФИНАНСОВЫХ ОПЕРАЦИЙ

СОДЕРЖАНИЕ

[3.1. Моделирование рисков инвестиционных проектов](#)

[3.2. Технология имитационного моделирования в среде ППП EXCEL](#)

[3.2.1. Имитационное моделирование с применением функций ППП EXCEL](#)

[3.2.2. Имитация с инструментом "Генератор случайных чисел"](#)

[3.2.3. Статистический анализ результатов имитации](#)

Имитационное моделирование (simulation) является одним из мощнейших методов анализа экономических систем.

В общем случае, **под имитацией понимают процесс проведения на ЭВМ экспериментов с математическими моделями сложных систем реального мира.**

Цели проведения подобных экспериментов могут быть самыми различными - от выявления свойств и закономерностей исследуемой системы, до решения конкретных практических задач. С развитием средств вычислительной техники и программного обеспечения, спектр применения имитации в сфере экономики существенно расширился. В настоящее время ее используют как для решения задач внутрифирменного управления, так и для моделирования управления на макроэкономическом уровне. Рассмотрим основные преимущества применения имитационного моделирования в процессе решения задач финансового анализа.

Как следует из определения, имитация - это компьютерный эксперимент. Единственное отличие подобного эксперимента от реального состоит в том, что он проводится с моделью системы, а не с самой системой. Однако проведение реальных экспериментов с экономическими системами, по крайней мере, неразумно, требует значительных затрат и вряд ли осуществимо на практике. Таким образом, имитация является единственным способом исследования систем без осуществления реальных экспериментов.

Часто практически невыполним или требует значительных затрат сбор необходимой информации для принятия решений. Например, при оценке риска инвестиционных проектов, как правило, используют прогнозные данные об объемах продаж, затратах, ценах и т.д.

Однако чтобы адекватно оценить риск необходимо иметь достаточное количество информации для формулировки правдоподобных гипотез о вероятностных распределениях ключевых параметров проекта. В подобных случаях отсутствующие фактические данные заменяются величинами, полученными в процессе имитационного эксперимента (т.е. сгенерированными компьютером).

При решении многих задач финансового анализа используются модели, содержащие случайные величины, поведение которых не поддается управлению со стороны лиц, принимающих решения. Такие модели называют **стохастическими**. Применение имитации позволяет сделать выводы о возможных результатах, основанные на вероятностных распределениях случайных факторов (величин). Стохастическую имитацию часто называют **методом Монте-Карло**.

Существуют и другие преимущества имитации. Подробное изложение основ имитационного моделирования и его применения в различных сферах можно найти в соответствующей литературе.

Мы же рассмотрим технологию применения имитационного моделирования для анализа рисков инвестиционных проектов в среде ППП EXCEL.

3.1. Моделирование рисков инвестиционных проектов

Имитационное моделирование представляет собой серию численных экспериментов призванных получить эмпирические оценки степени влияния различных факторов (исходных величин) на некоторые зависящие от них результаты (показатели).

В общем случае, проведение имитационного эксперимента можно разбить на следующие этапы.

1. Установить взаимосвязи между исходными и выходными показателями в виде математического уравнения или неравенства.
2. Задать законы распределения вероятностей для ключевых параметров модели.
3. Провести компьютерную имитацию значений ключевых параметров модели.
4. Рассчитать основные характеристики распределений исходных и выходных показателей.
5. Провести анализ полученных результатов и принять решение.

Результаты имитационного эксперимента могут быть дополнены статистическим анализом, а также использоваться для построения прогнозных моделей и сценариев.

Осуществим имитационное моделирование анализа рисков инвестиционного проекта на основании данных примера, используемого ранее для демонстрации метода сценариев в главе 5. Для удобства, приведем его условия еще раз.

Пример 3.1.

Фирма рассматривает инвестиционный проект по производству продукта "А". В процессе предварительного анализа экспертами были выявлены три ключевых параметра проекта и определены возможные границы их изменений (табл. 3.1). Прочие параметры проекта считаются постоянными величинами (табл. 3.2).

Таблица 3.1.

Ключевые параметры проекта по производству продукта "А"

Показатели	Сценарий

	Наихудший	Наилучший	Вероятный
Объем выпуска - Q	150	300	200
Цена за штуку - P	40	55	50
Переменные затраты - V	35	25	30

Таблица 3.2

Неизменяемые параметры проекта по производству продукта "А"

Показатели	Наиболее вероятное значение
Постоянные затраты - F	500
Амортизация - A	100
Налог на прибыль - T	60%
Норма дисконта - r	10%
Срок проекта - n	5
Начальные инвестиции - I_0	2000

Первым этапом анализа согласно сформулированному выше алгоритму является определение зависимости результирующего показателя от исходных. При этом в качестве результирующего показателя обычно выступает один из критериев эффективности: NPV , IRR , PI .

Предположим, что используемым критерием является чистая современная стоимость проекта NPV :

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{NCF_t}{(1+r)^t} - I_0 \quad (3.1)$$

где:

NCF_t - величина чистого потока платежей в периоде t .

По условиям примера, значения нормы дисконта r и первоначального объема инвестиций I_0 известны и считаются постоянными в течение срока реализации проекта (табл. 3.2).

В целях упрощения будем полагать, что генерируемый проектом поток платежей имеет вид аннуитета. Тогда величина потока платежей NCF для любого периода t одинакова и может быть определена из следующего соотношения:

$$NCF = [Q(P - V) - F - A](1 - T) + A \quad (3.2).$$

Следующими этапом проведения анализа является выбор законов распределения вероятностей ключевых переменных.

По условиям примера ключевыми варьируемыми параметрами являются: переменные расходы V , объем выпуска Q и цена P . Диапазоны возможных изменений варьируемых показателей приведены в табл. 3.1. При этом будем исходить из предположения, что все ключевые переменные **имеют равномерное распределение** вероятностей.

Реализация третьего этапа может быть осуществлена только с применением ЭВМ, оснащенной специальными программными средствами. Поэтому прежде чем приступить к третьему этапу - имитационному эксперименту, познакомимся с соответствующими средствами ППП EXCEL, автоматизирующими его проведение.

3.2. Технология имитационного моделирования в среде ППП EXCEL

Проведение имитационных экспериментов в среде ППП EXCEL можно осуществить двумя способами - с помощью встроенных функций и путем использования инструмента "Генератор случайных чисел" дополнения "Анализ данных" (Analysis ToolPack). Для сравнения ниже рассматриваются оба способа. При этом основное внимание уделено технологии проведения имитационных экспериментов и последующего анализа результатов с использованием инструмента "Генератор случайных чисел".

3.2.1 Имитационное моделирование с применением функций ППП EXCEL

Следует отметить, что применение встроенных функций целесообразно лишь в том случае, когда вероятности реализации всех значений случайной величины считаются одинаковыми. Тогда для имитации значений требуемой переменной можно воспользоваться математическими функциями *СЛЧИС()* или *СЛУЧМЕЖДУ()*. Форматы функций приведены в табл. 3.3.

Таблица 3.3.

Математические функции для генерации случайных чисел

Наименование функции		Формат функции
Оригинальная версия	Локализованная версия	
RAND	СЛЧИС	СЛЧИС() - не имеет аргументов
RANDBETWEEN	СЛУЧМЕЖДУ	СЛУЧМЕЖДУ(нижн_граница; верхн_граница)

Функция *СЛЧИС()*

Функция **СЛЧИС()** возвращает равномерно распределенное случайное число E , большее, либо равное 0 и меньше 1, т.е.: $0 \leq E < 1$. Вместе с тем, путем несложных преобразований, с ее помощью можно получить любое случайное вещественное число. Например, чтобы получить случайное число между a и b , достаточно задать в любой ячейке ЭТ следующую формулу:

$$=СЛЧИС()*(b-a)+a$$

Эта функция не имеет аргументов. Если в ЭТ установлен **режим автоматических вычислений**, принятый по умолчанию, то возвращаемый функцией результат будет изменяться всякий раз, когда происходит ввод или корректировка данных. В режиме **ручных вычислений** пересчет всей ЭТ осуществляется только после нажатия клавиши [F9].

Настройка режима управления вычислениями производится установкой соответствующего флажка в подпункте "Вычисления" пункта "Параметры" темы "Сервис" главного меню.

В целом применение данной функции при решении задач финансового анализа ограничено рядом специфических приложений. Однако ее удобно использовать в некоторых случаях для генерации значений вероятности событий, а также вещественных чисел.

Функция СЛУЧМЕЖДУ(нижн_граница; верхн_граница)

Как следует из названия этой функции, она позволяет получить случайное число из заданного интервала. При этом тип возвращаемого числа (т.е. вещественное или целое) зависит от типа заданных аргументов.

В качестве примера, сгенерируем случайное значение для переменной Q (объем выпуска продукта). Согласно табл. 3.1, эта переменная принимает значения из диапазона 150 - 300.

Введите в любую ячейку ЭТ формулу:

$$=СЛУЧМЕЖДУ(150; 300) \text{ (Результат: 210)}$$

(Читатель может получить другой результат - любое число из заданного диапазона)

Если задать аналогичные формулы для переменных P и V , а также формулу для вычисления NPV и скопировать их требуемое число раз, можно получить генеральную совокупность, содержащую различные значения исходных показателей и полученных результатов. После чего, используя рассмотренные в предыдущих главах статистические функции, нетрудно рассчитать соответствующие параметры распределения и провести вероятностный анализ.

Продемонстрируем изложенный подход на решении примера 3.1. Перед тем, как приступить к разработке шаблона, целесообразно установить в ЭТ режим ручных вычислений. Для этого необходимо выполнить следующие действия.

1. Выбрать в главном меню тему "Сервис".
2. Выбрать пункт "Параметры" подпункт "Вычисления".
3. Установить флажок "Вручную" и нажать кнопку "ОК".

Приступаем к разработке шаблона. С целью упрощения и повышения наглядности анализа выделим для его проведения в рабочей книге ППП EXCEL два листа.

Первый лист - "Имитация", предназначен для построения генеральной совокупности (рис. 3.1). Определенные в данном листе формулы и собственные имена ячеек приведены в табл. 3.4. и 3.5.

	A	B	C	D	E
1	Исходные условия эксперимента				
2		Минимум	Максимум		
3	Перем. расходы				
4	Количество				
5	Цена				
6					
7	Экспериментов =			Номер стр. =	8
8					
9	Переменные расходы (V)	Количество (Q)	Цена (P)	Поступления (NCFt)	ЧСС (NPVt)
10	0	0	0	0,00	0,00
11	0	0	0	0,00	0,00
12					
13					
14					

Рис. 3.1. Лист "Имитация"

Таблица 3.4.

Формулы листа "Имитация"

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

Имена ячеек листа "Имитация"

Адрес ячейки	Имя	Комментарии
Блок A10:A11	Перем_расх	Переменные расходы
Блок B10:B11	Количество	Объем выпуска
Блок C10:C11	Цена	Цена изделия
Блок D10:D11	Поступления	Поступления от проекта <i>NCF_t</i>
Блок E10:E11	ЧСС	Чистая современная стоимость <i>NPV</i>

Первая часть листа (блок ячеек A1.E7) предназначена для ввода диапазонов изменений ключевых переменных, значения которых будут генерироваться в процессе проведения эксперимента. В ячейке B7 задается общее число имитаций (экспериментов). Формула, заданная в ячейке E7, вычисляет номер последней строки выходного блока, в который будут помещены полученные значения. Смысл этой формулы будет раскрыт позже.

Вторая часть листа (блок ячеек A9.E11) предназначена для проведения имитации. Формулы в ячейках A10.C11 генерируют значения для соответствующих переменных с учетом заданных в ячейках B3.C5 диапазонов их изменений. Обратите внимание на то, что при указании нижней и верхней границы изменений используется **абсолютная адресация ячеек**.

Формулы в ячейках D10.E11 вычисляют величину потока платежей и его чистую современную стоимость соответственно. При этом значения постоянных переменных берутся из следующего листа шаблона - "Результаты анализа".

Лист "Результаты анализа" кроме значений постоянных переменных содержит также функции, вычисляющие параметры распределения изменяемых (Q , V , P) и результатных (NCF , NPV) переменных и вероятности различных событий. Определенные для данного листа формулы и собственные имена ячеек приведены в табл. 3.6 и 3.7. Общий вид листа показан на рис. 3.2.

Формулы листа "Результаты анализа"

Ячейка	Формула
B8	=СРЗНАЧ(Перем_расх)
B9	=СТАНДОТКЛОНП(Перем_расх)
B10	=B9/B8
B11	=МИН(Перем_расх)
B12	=МАКС(Перем_расх)

C8	=СРЗНАЧ(Количество)
C9	=СТАНДОТКЛОНП(Количество)
C10	=C9/C8
C11	=МИН(Количество)
C12	=МАКС(Количество)
D8	=СРЗНАЧ(Цена)
D9	=СТАНДОТКЛОНП(Цена)
D10	=D9/D8
D11	=МИН(Цена)
D12	=МАКС(Цена)
E8	=СРЗНАЧ(Поступления)
E9	=СТАНДОТКЛОНП(Поступления)
E10	=E9/E8
E11	=МИН(Поступления)
E12	=МАКС(Поступления)
F8	=СРЗНАЧ(ЧСС)
F9	=СТАНДОТКЛОНП(ЧСС)
F10	=F9/F8
F11	=МИН(ЧСС)
F12	=МАКС(ЧСС)
F13	=СЧЁТЕСЛИ(ЧСС;"<0")
F14	=СУММЕСЛИ(ЧСС;"<0")
F15	=СУММЕСЛИ(ЧСС;">0")
E18	=НОРМАЛИЗАЦИЯ(D18;\$F\$8;\$F\$9)
F18	=НОРМСТРАСП(E18)

Имена ячеек листа "Результаты анализа"

Адрес ячейки	Имя	Комментарии
B2	Нач_инвест	Начальные инвестиции
B3	Пост_расх	Постоянные расходы
B4	Аморт	Амортизация
D2	Норма	Норма дисконта
D3	Налог	Ставка налога на прибыль
D4	Срок	Срок реализации прока

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

Рис. 3.2. Лист "Результаты анализа"

Поскольку формулы листа содержат ряд новых функций, приведем необходимые пояснения.

Функции **МИН()** и **МАКС()** вычисляют минимальное и максимальное значение для массива данных из блока ячеек, указанного в качестве их аргумента. Имена и диапазоны этих блоков приведены в табл. 3.7.

Функция **СЧЕТЕСЛИ()** осуществляет подсчет количества ячеек в указанном блоке, значения которых удовлетворяют заданному условию. Функция имеет следующий формат:

=СЧЕТЕСЛИ(блок; "условие").

В данном случае, заданная в ячейке F13, эта функция осуществляет подсчет количества отрицательных значений NPV , содержащихся в блоке ячеек ЧСС (см. табл. 3.7).

Механизм действия функции **СУММЕСЛИ()** аналогичен функции **СЧЕТЕСЛИ()**. Отличие заключается лишь в том, что эта функция суммирует значения ячеек в указанном блоке, если они удовлетворяют заданному условию. Функция имеет следующий формат:

=СУММЕСЛИ(блок; "условие").

В данном случае, заданные в ячейках F14.F15, функции осуществляет подсчет суммы отрицательных (ячейка F14) и положительных (ячейка F14) значений NPV , содержащихся в блоке ЧСС. Смысл этих расчетов будет объяснен позже.

Две последние формулы (ячейки E18 и F18) предназначены для проведения вероятностного анализа распределения NPV и требуют небольшого теоретического отступления.

В рассматриваемом примере мы исходим из предположения о независимости и равномерном распределении ключевых переменных Q, V, P . Однако какое распределение при этом будет иметь резульатная величина - показатель NPV , заранее определить нельзя.

Одно из возможных решений этой проблемы - попытаться аппроксимировать неизвестное распределение каким-либо известным. При этом в качестве приближения удобнее всего использовать нормальное распределение. Это связано с тем, что в соответствии с центральной предельной теоремой теории вероятностей при выполнении определенных условий сумма большого числа случайных величин имеет распределение, приблизительно соответствующее нормальному.

В прикладном анализе для целей аппроксимации широко применяется частный случай нормального распределения - т.н. **стандартное нормальное распределение**.

Математическое ожидание стандартно распределенной случайной величины E равно 0: $M(E) = 0$. График этого распределения симметричен относительно оси ординат и оно характеризуется всего одним параметром - стандартным отклонением σ , равным 1.

Приведение случайной переменной E к стандартно распределенной величине Z осуществляется с помощью т.н. нормализации - вычитания средней и последующего деления на стандартное отклонение:

$$Z = \frac{E - M(E)}{\sigma(E)} \quad (3.3).$$

Как следует из (3.3), величина Z выражается в количестве стандартных отклонений. Для вычисления вероятностей по значению нормализованной величины Z используются специальные статистические таблицы.

В ППП EXCEL подобные вычисления осуществляются с помощью статистических функций **НОРМАЛИЗАЦИЯ()** и **НОРМСТРАСП()**.

Функция НОРМАЛИЗАЦИЯ(x; среднее; станд_откл)

Эта функция возвращает нормализованное значение Z величины x , на основании которого затем вычисляется искомая вероятность $p(E \leq x)$. Она реализует соотношение (3.3). Функция требует задания трех аргументов:

x - нормализуемое значение;

среднее - математическое ожидание случайной величины E ;

станд_откл - стандартное отклонение.

Полученное значение Z является аргументом для следующей функции - **НОРМСТРАСП()**.

Функция НОРМСТРАСП(Z)

Эта функция возвращает стандартное нормальное распределение, т.е. вероятность того, что случайная нормализованная величина E будет меньше или равна x . Она имеет всего один аргумент - Z , вычисляемый функцией **НОРМАЛИЗАЦИЯ()**.

Нетрудно заметить, что эти функции следует использовать в тандеме. При этом наиболее эффективным и компактным способом их задания является указание функции **НОРМАЛИЗАЦИЯ()** в качестве аргумента функции - **НОРМСТРАСП()**, т.е.:

$$=НОРМСТРАСП(НОРМАЛИЗАЦИЯ(x; среднее; станд_откл)).$$

С целью повышения наглядности, в проектируемом шаблоне функции заданы отдельно (ячейки E18 и F18).

Сформируйте данный шаблон и сохраните его на магнитном диске под именем SIMUL_1.XLT. Приступаем к имитационному эксперименту. Для его проведения необходимо выполнить следующие шаги.

1. Ввести значения постоянных переменных (табл. 3.2) в ячейки B2.B4 и D2.D4 листа "Результаты анализа".
2. Ввести значения диапазонов изменений ключевых переменных (табл. 3.1) в ячейки B3.C5 листа "Имитация".
3. Задать в ячейке B7 требуемое число экспериментов.
4. Установить курсор в ячейку A11 и вставить необходимое число строк в шаблон (номер последней строки будет вычислен в E7).
5. Скопировать формулы блока A10.E10 требуемое количество раз.
6. Перейти к листу "Результаты анализа" и проанализировать полученные результаты.

Рассмотрим реализацию выделенных шагов более подробно. Выполнение первых трех пунктов не должно вызвать особых затруднений. Введите значения постоянных переменных в ячейки B2.B4 листа "Результаты анализа". Введите значения диапазонов изменений ключевых переменных в ячейки B3.C5 листа "Имитация". Укажите в ячейке B7 число проводимых экспериментов, например - 500. Установите табличный курсор в ячейку A11.

На следующем шаге необходимо вставить в шаблон нужное количество строк (498) (Поскольку первая и последняя строка блока уже определены, число вставляемых строк равно: $500 - 2 = 498$). Однако выделение такого количества строк при помощи указателя мыши - достаточно трудоемкая операция. К счастью ППП EXCEL предоставляет более эффективные процедуры для выполнения подобных операций. В частности, в данном случае можно воспользоваться операцией перехода, которую также удобно применять и для выделения больших диапазонов ячеек.

Нажмите функциональную клавишу [F5]. На экране появится окно диалога "Переход" (рис. 3.3).

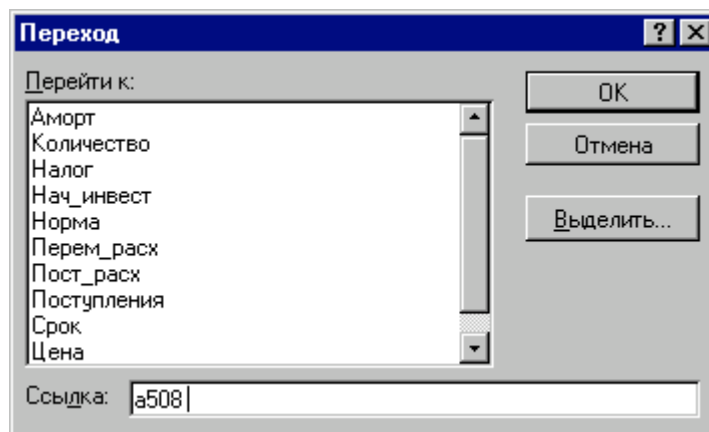


Рис. 3.3. Окно диалога "Переход"

Для перехода к нужному участку электронной таблицы достаточно указать в поле "Ссылка" адрес или имя соответствующей ячейки (блока). В данном случае, таким адресом будет любая ячейка последней вставляемой строки, номер которой вычислен в ячейке E7 (508). Например, в качестве адреса перехода может быть указана ячейка **A508**.

Введите в поле "Ссылка" адрес: A508 и нажмите комбинацию клавиш [SHIFT] + [ENTER]. Результатом выполнения этих действий будет выделение блока A11.A508. После чего осуществите вставку строк любым из известных вам способов.

Теперь необходимо заполнить вставленные строки формулами блока ячеек A10.E10. Для этого выполните следующие действия.

1. Выделите и скопируйте в буфер блок ячеек A10.E10.
2. Нажмите комбинацию клавиш [CTRL] + [SHIFT] + [↓].
3. Нажмите клавишу [ENTER].
4. Нажмите клавишу [F9] (*Этот пункт выполняется в том случае, если был установлен режим ручного пересчета*).

Результатом выполнения этих действий будет заполнение блока A10.E509 случайными значениями ключевых переменных V , Q , P и результатами вычислений величин NCF и NPV . Фрагмент результатов имитации, полученных автором, приведен на рис. 3.4 (*Необходимо все время помнить о случайной природе эксперимента. Полученные вами результаты будут отличаться от приведенных*). Соответствующие проведенному эксперименту результаты анализа приведены на рис. 3.5.

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

Рис. 3.4. Результаты имитации

	A	B	C	D	E	F
1	Имитационный анализ (Метод Монте-Карло)					
2	Распределение с равными вероятностями					
3	Начальные инвест. (I)	2000,00	Норма r	0,10		
4	Пост. расходы (F)	500,00	Налог (T)	0,60		
5	Амортизация (A)	100,00	Срок (n)	5,00		
6	Показатели	Переменные (V)	Количество (Q)	Цена (P)	Поступления (NCFt)	NPV
7						
8	Среднее значение	29,93	223,72	47,32	1414,47	3361,96
9	Стандарт. отклонение	3,14	45,53	4,66	599,17	2271,31
10	Козф. вариации	0,10	0,20	0,10	0,42	0,68
11	Минимум	25,00	150,00	40,00	196,00	-1257,01
12	Максимум	35,00	300,00	55,00	3224,00	10221,50
13	Число случаев $NPV < 0$					20,00
14	Сумма убытков					-11691,92
15	Сумма доходов					1692669,76
16						
17	Вероятность $p(NPV \leq -X)$			Величина (X)	Нормал. (X)	$p(NPV \leq -X)$
18					-1,48	0,07
19						

Рис. 3.5. Результаты анализа

Нетрудно заметить, что по результатам имитационного анализа риск проекта значительно ниже. Величина ожидаемой NPV меньше результата предыдущего анализа (3361,96 и 4502,30 соответственно). Однако величина стандартного отклонения также

существенно ниже (2271,31 и 4673,62) и не превышает значения NPV . Коэффициент вариации (0,68) меньше 1, таким образом риск данного проекта в целом ниже среднего риска инвестиционного портфеля фирмы. Результаты вероятностного анализа показывают, что шанс получить отрицательную величину NPV не превышает 7%. Еще больший оптимизм внушают результаты анализа распределения чистых поступлений от проекта NCF . Величина стандартного отклонения здесь составляет всего 42% от среднего значения. Таким образом с вероятностью более 90% можно утверждать, что поступления от проекта будут положительными величинами.

Сумма всех отрицательных значений NPV в полученной генеральной совокупности (ячейка F14) может быть интерпретирована как **чистая стоимость неопределенности для инвестора в случае принятия проекта**. Аналогично сумма всех положительных значений NPV (ячейка F15) может трактоваться как **чистая стоимость неопределенности для инвестора в случае отклонения проекта**. Несмотря на всю условность этих показателей, в целом они представляют собой индикаторы целесообразности проведения дальнейшего анализа.

В данном случае они наглядно демонстрируют несоизмеримость суммы возможных убытков по отношению к общей сумме доходов (-11691,92 и 1692669,76 соответственно).

На практике одним из важнейших этапов анализа результатов имитационного эксперимента является исследование зависимостей между ключевыми параметрами. Как было показано в предыдущей главе, количественная оценка вариации напрямую зависит от степени корреляции между случайными величинами. Методы оценки степени зависимости, а также технология ее автоматизации путем применения специальных инструментов ППП EXCEL, будут продемонстрированы ниже. Здесь же мы ограничимся визуальным (графическим) исследованием. На рис. 3.6 приведен график распределения значений ключевых параметров V , P и Q , построенный на основании 75 имитаций.

Нетрудно заметить, что в целом, вариация значений всех трех параметров носит случайный характер, что подтверждает принятую ранее гипотезу о их независимости. Для сравнения ниже приведен график распределений потока платежей NCF и величины NPV (рис. 3.7).

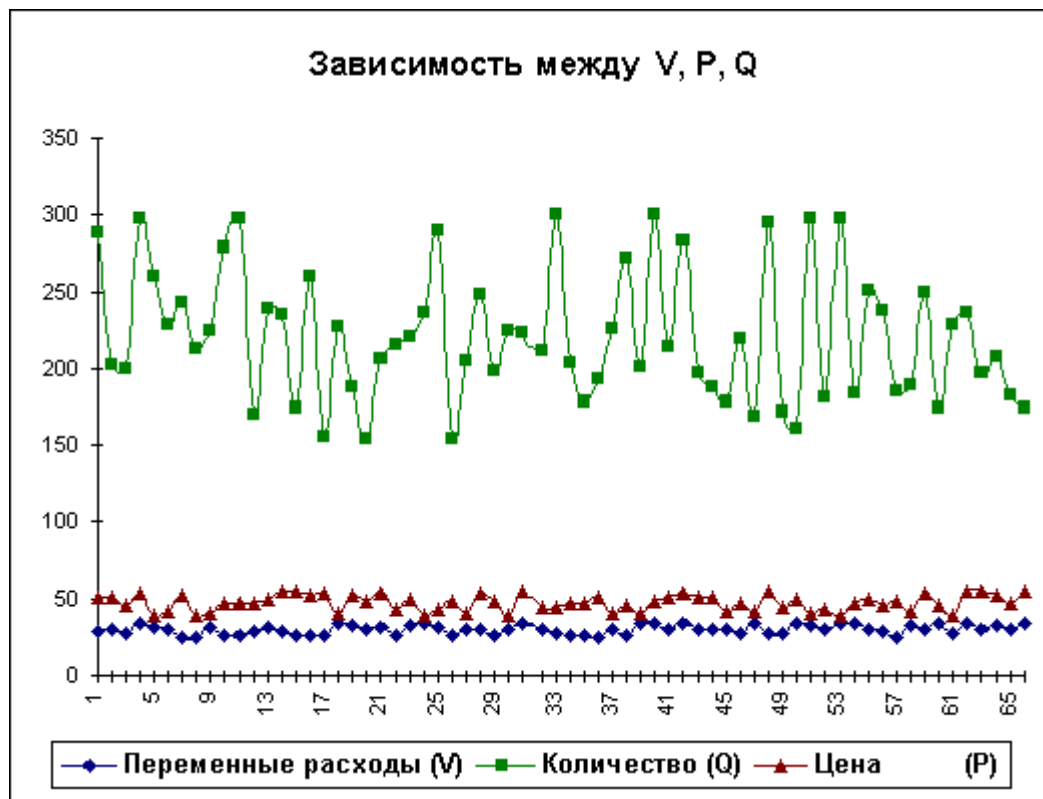


Рис. 3.6 Распределение значений параметров V , P и Q

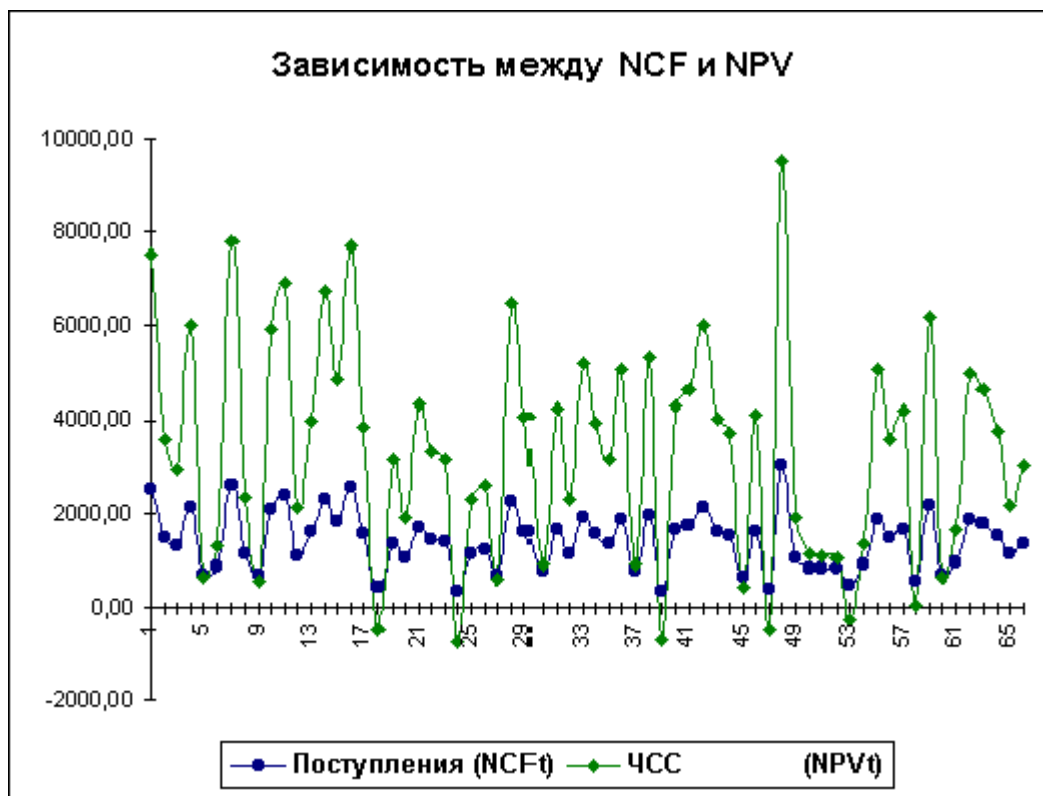


Рис. 3.7. Зависимость между NCF и NPV

Как и следовало ожидать, направления колебаний здесь в точности совпадают и между этими величинами существует сильная корреляционная связь, близкая к функциональной.

Дальнейшие расчеты показали, что величина коэффициента корреляции между полученными распределениями NCF и NPV оказалась равной 1.

Подводя итоги отметим, что в целом применение рассмотренной технологии проведения имитационных экспериментов в среде EXCEL - достаточно трудоемкий процесс, который к тому же **ограничивается случаем равномерного распределения исследуемых переменных**.

Гораздо более удобным и эффективным способом решения таких задач в среде ППП EXCEL является использование специального инструмента анализа - "Генератор случайных чисел".

3.2.2. Имитация с инструментом "Генератор случайных чисел"

Этот инструмент предназначен для автоматической генерации множества данных (генеральной совокупности) заданного объема, элементы которого характеризуются определенным распределением вероятностей. При этом могут быть использованы 7 типов распределений: равномерное, нормальное, Бернулли, Пуассона, биномиальное, модельное и дискретное. Применение инструмента "Генератор случайных чисел", как и большинства используемых в этой работе функций, **требует установки специального дополнения "Пакет анализа"**.

Для демонстрации техники применения этого инструмента изменим условия примера 3.1, определив вероятности для каждого сценария развития событий следующим образом (табл. 3.8). Мы также будем исходить из предположения **о нормальном распределении** ключевых переменных. Количество имитаций оставим прежним - 500.

Таблица 3.8.

Вероятностные сценарии реализации проекта

Показатели	Сценарий		
	Наихудший P = 0.25	Наилучший P = 0.25	Вероятный P = 0.5
Объем выпуска - Q	150	300	200
Цена за штуку - P	40	55	50
Переменные затраты - V	35	25	30

Приступим к формированию шаблона. Как и в предыдущем случае, выделим в рабочей книге два листа: "Имитация" и "Результаты анализа".

Формирование шаблона целесообразно начать с листа "Результаты анализа" (рис. 3.8.).

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

Рис. 3.8. Лист "Результаты анализа" (шаблон II)

Как следует из рис. 3.8 этот лист практически соответствует ранее разработанному для решения предыдущей задачи (см. рис. 3.2). Отличие составляют лишь формулы для расчета вероятностей, которые приведены в табл. 3.9.

Таблица 3.9.

Формулы листа "Результаты анализа" (шаблон II)

Ячейка	Формула
B17	=НОРМРАСП(0;B8;B9;1)
B18	=НОРМРАСП(B11;B8;B9;1)
B19	=НОРМРАСП(B12;B8;B9;1)-НОРМРАСП(B8+B9;B8;B9;1)
B20	=НОРМРАСП(B8;B8;B9;1)-НОРМРАСП(B8-B9;B8;B9;1)
C17	=НОРМРАСП(0;C8;C9;1)
C18	=НОРМРАСП(C11;C8;C9;1)
C19	=НОРМРАСП(C12;C8;C9;1)-НОРМРАСП(C8+C9;C8;C9;1)
C20	=НОРМРАСП(C8;C8;C9;1)-НОРМРАСП(C8-C9;C8;C9;1)

D17	=НОРМРАСП(0;D8;D9;1)
D18	=НОРМРАСП(D11;D8;D9;1)
D19	=НОРМРАСП(D12;D8;D9;1)-НОРМРАСП(D8+D9;D8;D9;1)
D20	=НОРМРАСП(D8;D8;D9;1)-НОРМРАСП(D8-D9;D8;D9;1)
E17	=НОРМРАСП(0;E8;E9;1)
E18	=НОРМРАСП(E11;E8;E9;1)
E19	=НОРМРАСП(E12;E8;E9;1)-НОРМРАСП(E8+E9;E8;E9;1)
E20	=НОРМРАСП(E8;E8;E9;1)-НОРМРАСП(E8-E9;E8;E9;1)
F17	=НОРМРАСП(0;F8;F9;1)
F18	=НОРМРАСП(F11;F8;F9;1)
F19	=НОРМРАСП(F12;F8;F9;1)-НОРМРАСП(F8+F9;F8;F9;1)
F20	=НОРМРАСП(F8;F8;F9;1)-НОРМРАСП(F8-F9;F8;F9;1)

Используемые в нем собственные имена ячеек также взяты из аналогичного листа предыдущего шаблона (см. табл. 3.7).

Для быстрого формирования нового листа "Результаты анализа" выполните следующие действия.

1. Загрузите предыдущий шаблон SIMUL_1.XLT и сохраните его под другим именем, например - SIMUL_2.XLT
2. Удалите лист "Имитация". Для этого установите указатель мыши на ярлычок этого листа и нажмите правую кнопку. Результатом выполнения этих действий будет появления списка операций в виде контекстного меню. Выберите операцию "Удалить". Подтвердите свое решение нажатием кнопки "ОК" в появившемся диалоговом окне.
3. Перейдите в лист "Результаты анализа". Удалите строки 17-18. Откорректируйте заголовок ЭТ.
4. Добавьте формулы из табл. 3.9. Для этого введите соответствующие формулы в ячейки блока В17.В20 и скопируйте их в блок С17.С20. Введите соответствующие комментарии.
5. Сверьте полученную таблицу с рис. 3.8.

Перейдите к следующему листу и присвойте ему имя - "Имитация". Приступаем к его формированию (рис. 3.9).

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

Рис. 3.9. Лист "Имитация" (шаблон II)

Первая часть этого листа (блок ячеек A1.E10) предназначена для ввода исходных данных и расчета необходимых параметров их распределений. Напомним, что нормальное распределение случайной величины характеризуется двумя параметрами - математическим ожиданием (средним) и стандартным отклонением. Формулы расчета указанных параметров для ключевых переменных модели заданы в блоках ячеек B7.D7 и B8.D8 соответственно (см. табл. 3.11). Для удобства определения формул и повышения их наглядности блоку ячеек E3.E5 присвоено имя "Вероятности" (см. табл. 3.10).

Таблица 3.10.

Имена ячеек листа "Имитация" (шаблон II)

Адрес ячейки	Имя	Комментарии
Блок E3:E5	Вероятности	Вероятность значения параметра
Блок A13:A512	Перем_расх	Переменные расходы
Блок B13:B512	Количество	Объем выпуска
Блок C13:C512	Цена	Цена изделия
Блок D13:D512	Поступления	Поступления от проекта <i>NCF</i>
Блок E13:E512	ЧСС	Чистая современная стоимость <i>NPV</i>

Таблица 3.11.

Формулы листа "Имитация" (шаблон II)

Ячейка	Формула

B7	=СУММПРОИЗВ(B3:B5; Вероятности)
B8	{=КОРЕНЬ(СУММПРОИЗВ((B3:B5 - B7)^2; Вероятности))}
C7	=СУММПРОИЗВ(C3:C5; Вероятности)
C8	{=КОРЕНЬ(СУММПРОИЗВ((C3:C5 - C7)^2; Вероятности))}
D7	=СУММПРОИЗВ(D3:D5; Вероятности)
D8	{=КОРЕНЬ(СУММПРОИЗВ((D3:D5 - D7)^2; Вероятности))}
E10	=B10+13 -1
D13	=(B13*(C13-A13)-Пост_расх-Аморт)*(1-Налог)+Аморт
E13	=ПЗ(Норма; Срок; -D13) - Нач_инвест

Обратите внимание на то, что для расчета стандартных отклонений используются формулы-массивы, правила задания которых были рассмотрены в предыдущей главе. Для формирования блока формул достаточно определить их для ячеек B7.B8 и затем скопировать в блок C7.D8.

Формула в ячейке E10 по заданному числу имитаций (ячейка B10) вычисляет номер последней строки для блоков, в которых будут храниться сгенерированные значения ключевых переменных.

Ячейки D13.E13 содержат уже знакомые нам формулы для расчета величины потока платежей *NCF* и его чистой современной стоимости *NPV*.

Сформируйте элементы оформления листа "Имитация", определите необходимые имена для блоков ячеек (табл. 3.10) и задайте требуемые формулы (табл. 3.11). Сверьте полученную ЭТ с рис. 3.9. Сохраните полученный шаблон под именем SIMUL_2.XLT.

Введите исходные значения постоянных переменных (табл. 3.2) в ячейки B2.B4 и D2.D4 листа "Результаты анализа". Перейдите к листу "Имитация". Введите значения ключевых переменных и соответствующие вероятности (табл. 3.8). Полученная в результате ЭТ должна иметь вид рис. 3.10.

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

Рис. 3.10. Лист "Имитация" после ввода исходных данных

Установите курсор в ячейку A13. Приступаем к проведению имитационного эксперимента.

1. Выберите в главном меню тему "Сервис" пункт "Анализ данных". Результатом выполнения этих действий будет появление диалогового окна "Анализ данных", содержащего список инструментов анализа.
2. Выберите из списка "Инструменты анализа" пункт "Генерация случайных чисел" и нажмите кнопку "ОК" (рис. 3.11).
3. На экране появится диалоговое окно "Генерация случайных чисел". Укажите в списке "Распределения" требуемый тип - "Нормальное". Заполните остальные поля изменившегося окна согласно рис. 3.12 и нажмите кнопку "ОК". Результатом будет заполнение блока ячеек A13.A512 (переменные расходы) сгенерированными случайными значениями.

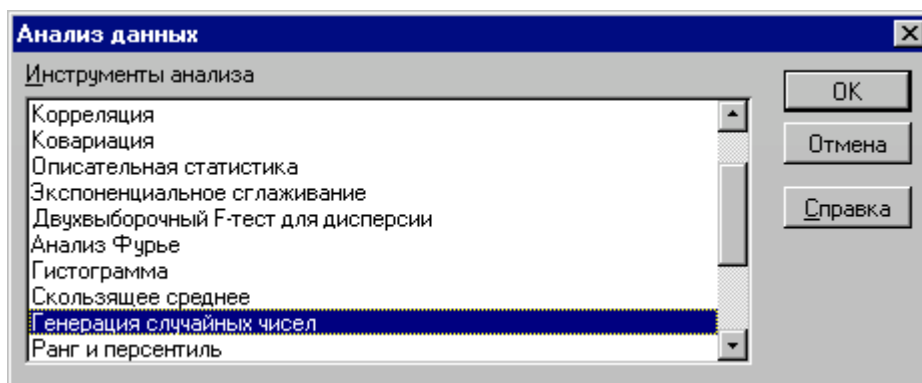


Рис. 3.11. Выбор инструмента "Генерация случайных чисел"

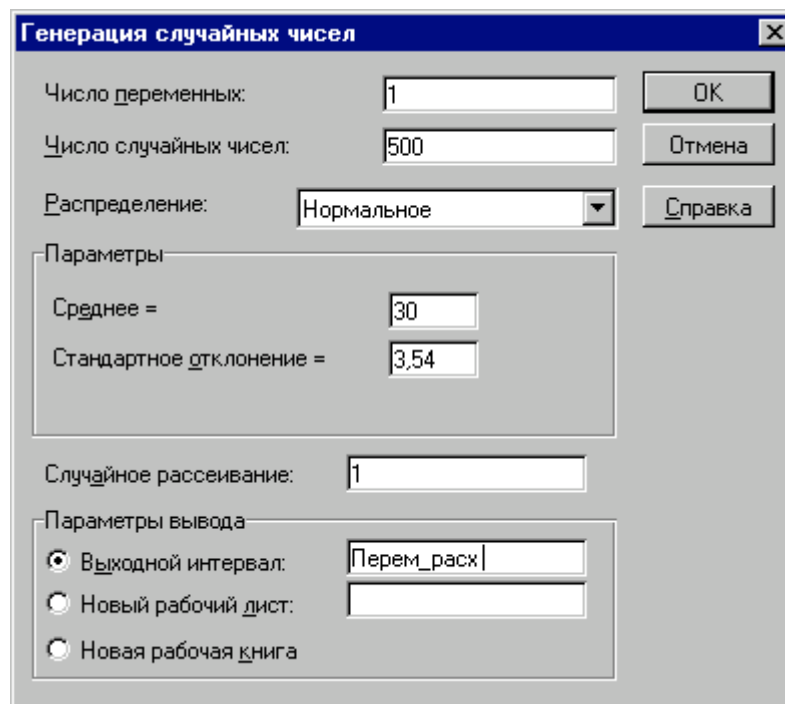


Рис. 3.12. Заполнение полей окна "Генерация случайных чисел"

Приведем необходимые пояснения. Первым заполняемым аргументом диалогового окна "Генерация случайных чисел" является поле "Число переменных". Оно задает количество колонок ЭТ, в которых будут размещаться сгенерированные в соответствии с заданным законом распределения случайные величины. В нашем примере оно должно содержать 1, так как ранее мы отвели под значения переменной V (переменные расходы) в ЭТ одну колонку - "А". В случае, если указывается число больше 1, случайные величины будут размещены в соответствующем количестве соседних колонок, начиная с активной ячейки. Если это число не введено, то все колонки в выходном диапазоне будут заполнены.

Следующим обязательным аргументом для заполнения является содержимое поля "Число случайных чисел" (т.е. - количество имитаций). Согласно условиям примера оно должно быть равно 500 (см. рис. 3.12). При этом ППП EXCEL автоматически подсчитывает необходимое количество ячеек для хранения генеральной совокупности.

Необходимый вид распределения задается путем соответствующего выбора из списка "Распределения". Как уже отмечалось ранее, могут быть получены 7 наиболее распространенных в практическом анализе типов распределений, каждое из которых характеризуется собственными параметрами. Выбранный тип распределения определяет внешний вид диалогового окна. В рассматриваемом примере выбор типа распределения "Нормальное" повлек за собой появление дополнительных аргументов - его параметров "Среднее" и "Стандартное отклонение", рассчитанных ранее для исследуемой переменной V в ячейках В7 и В8 листа "Имитация". К сожалению эти аргументы **могут быть заданы только в виде констант. Использование адресов ячеек и собственных имен здесь не допускается!**

Указание аргумента "Случайное рассеивание" позволяет при повторных запусках генератора получать те же значения случайных величин, что и при первом. Таким образом одну и ту же генеральную совокупность случайных чисел можно получить несколько раз, что значительно повышает эффективность анализа (сравните с предыдущим шаблоном!). В случае если этот аргумент не задан (равен 0), при каждом последующем запуске генератора будет формироваться новая генеральная совокупность. В нашем примере этот аргумент

задан равным 1, что позволит нам оперировать с одной и той же генеральной совокупностью и избежать постоянных перерасчетов ЭТ.

Последний аргумент диалогового окна "Генерация случайных чисел" - "Параметры вывода" определяет место расположения полученных результатов. Место вывода задается путем установления соответствующего флажка. При этом можно выбрать три варианта размещения:

- выходной блок ячеек на текущем листе - введите ссылку на левую верхнюю ячейку выходного диапазона, при этом его размер будет определен автоматически и в случае возможного наложения генерируемых значений на уже имеющиеся данные на экран будет выведено предупреждающее сообщение;
- новый рабочий лист - в рабочей книге будет открыт новый лист, содержащий результаты генерации случайных величин, начиная с ячейки A1;
- новая рабочая книга - будет открыта новая книга с результатами имитации на первом листе.

В рассматриваемом примере для проведения дальнейшего анализа необходимо, чтобы случайные величины размещались в специально отведенные для них блоки ячеек (см. табл. 3.10). В частности для хранения 500 значений первой переменной ранее был отведен блок ячеек A13.A512. Поскольку для этого блока определено собственной имя - "**Перем_расх**", оно указано в качестве выходного диапазона. Отметим, что при увеличении либо уменьшении количества имитаций необходимо также переопределить и выходные блоки, предназначенные для хранения значений переменных.

Генерация значений остальных переменных Q и P осуществляется аналогичным образом, путем выполнения шагов 1-3. Пример заполнения окна "Генерация случайных чисел" для переменной Q (количество) приведен на рис. 3.13.

Генерация случайных чисел

Число переменных: 1

Число случайных чисел: 500

Распределение: Нормальное

Параметры

Среднее = 212,5

Стандартное отклонение = 54,49

Случайное рассеивание: 1

Параметры вывода

Выходной интервал: Количество

Новый рабочий лист:

Новая рабочая книга

Рис. 3.13. Заполнение полей окна для переменной Q

Для получения генеральной совокупности значений потока платежей и их чистой современной стоимости необходимо скопировать формулы базовой строки (ячейки D13.E13) требуемое число раз (499). С проблемой копирования больших диапазонов ячеек мы уже сталкивались в предыдущем примере.

Ее решение осуществляется выполнением следующих действий.

1. Выделите и скопируйте в буфер ячейку D13.
2. Нажмите клавишу [F5]. На экране появится диалоговое окно "Переход".
3. Укажите в поле "Ссылка" имя блока "Поступления" и нажмите кнопку "ОК".
Результатом этих действий будет выделение заданного блока.
4. Нажмите клавишу [ENTER].
5. В случае, если в ЭТ был установлен режим ручных вычислений, нажмите клавишу [F9].

Аналогичным образом копируется формула из ячейки E13. При этом в поле "Ссылка" диалогового окна "Переход" необходимо указать имя блока - "ЧСС". Вы также можете выбрать необходимое имя из списка "Перейти к".

Полученные автором результаты решения примера приведены на рис. 3.14 - 3.15.

Результаты проведенного имитационного эксперимента ненамного отличаются от предыдущих. Величина ожидаемой NPV равна 3412,14 при стандартном отклонении 2556,83. Коэффициент вариации (0,75) несколько выше, но меньше 1, таким образом риск данного проекта в целом ниже среднего риска инвестиционного портфеля фирмы. Результаты вероятностного анализа показывают, что шанс получить отрицательную величину NPV не превышает 9%. Общее число отрицательных значений NPV в выборке составляет 32 из 500. Таким образом с вероятностью около 91% можно утверждать, что чистая современная стоимость проекта будет больше 0. При этом вероятность того, что величина NPV окажется больше чем $M(NPV) + \sigma$, равна 16% (ячейка F19). Вероятность попадания значения NPV в интервал $[M(NPV) - \sigma ; M(NPV)]$ равна 34%.

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

Рис. 3.14. Результаты имитационного эксперимента (шаблон II)

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

Рис. 3.15. Результаты анализа (шаблон II)

3.2.3. Статистический анализ результатов имитации

Как уже отмечалось, в анализе стохастических процессов важное значение имеют статистические взаимосвязи между случайными величинами. В предыдущем примере для установления степени взаимосвязи ключевых и расчетных показателей мы использовали графический анализ. В качестве количественных характеристик подобных взаимосвязей в статистике используют два показателя: **ковариацию** и **корреляцию**.

Ковариация и корреляция

Ковариация выражает степень **статистической зависимости** между двумя множествами данных и определяется из следующего соотношения:

$$\text{Cov}(X, Y) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (X_i - M(X))(Y_i - M(Y)) \quad (3.4)$$

где:

X, Y - множества значений случайных величин размерности m ;

$M(X)$ - математическое ожидание случайной величины X ;

$M(Y)$ - математическое ожидание случайной величины Y .

Как следует из (3.4), положительная ковариация наблюдается в том случае, когда большим значениям случайной величины X соответствуют большие значения случайной величины Y , т.е. между ними существует тесная прямая взаимосвязь. Соответственно отрицательная ковариация будет иметь место при соответствии малым значениям случайной величины X больших значений случайной величины Y . При слабо выраженной зависимости значение показателя ковариации близко к 0.

Ковариация зависит от единиц измерения исследуемых величин, что ограничивает ее применение на практике. Более удобным для использования в анализе является производный от нее показатель - коэффициент корреляции R , вычисляемый по формуле:

$$R = \frac{\text{Cov}(X, Y)}{\sigma_x \sigma_y} \quad (3.5).$$

Коэффициент корреляции обладает теми же свойствами, что и ковариация, однако является безразмерной величиной и принимает значения от -1 (характеризует линейную обратную взаимосвязь) до +1 (характеризует линейную прямую взаимосвязь). Для независимых случайных величин значение коэффициента корреляции близко к 0.

Определение количественных характеристик для оценки тесноты взаимосвязи между случайными величинами в ППП EXCEL может быть осуществлено двумя способами:

- с помощью статистических функций **КОВАР()** и **КОРРЕЛ()**;
- с помощью специальных инструментов статистического анализа.

Если число исследуемых переменных больше 2, более удобным является использование инструментов анализа. Описание статистических функций **КОВАР()** и **КОРРЕЛ()** приведено в приложении 4.

Инструмент анализа данных "Корреляция"

Определим степень тесноты взаимосвязей между переменными V , Q , P , NCF и NPV . При этом в качестве меры будем использовать показатель корреляции R .

1. Выберите в главном меню тему "Сервис" пункт "Анализ данных". Результатом выполнения этих действий будет появление диалогового окна "Анализ данных", содержащего список инструментов анализа.
2. Выберите из списка "Инструменты анализа" пункт "Корреляция" и нажмите кнопку "ОК" (рис. 3.16). Результатом будет появление окна диалога инструмента "Корреляция".
3. Заполните поля диалогового окна, как показано на рис. 3.17 и нажмите кнопку "ОК".

Вид полученной ЭТ после выполнения элементарных операций форматирования приведен на рис. 3.18.

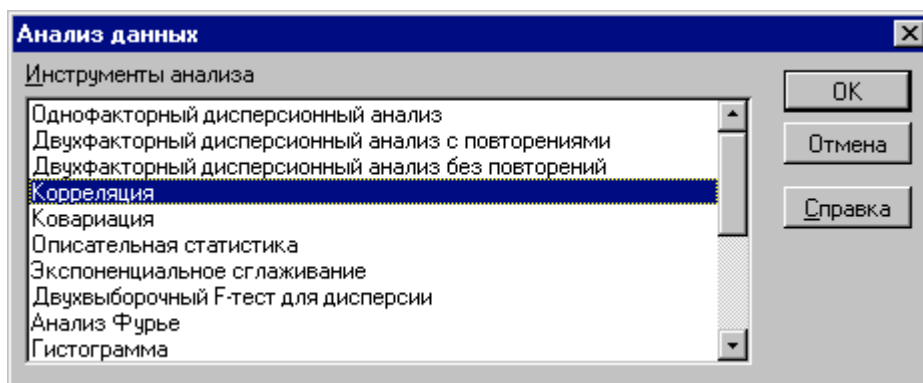


Рис. 3.16 Список инструментов анализа (выбор пункта "Корреляция")

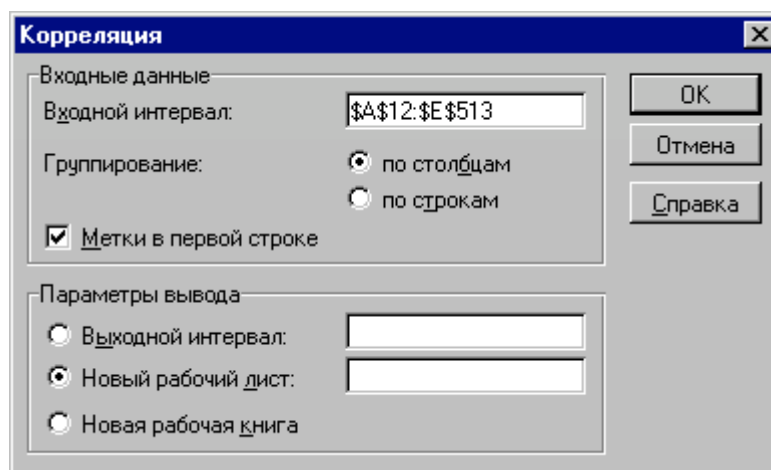


Рис. 3.17. Заполнение окна диалога инструмента "Корреляция"

	А	В	С	Д	Е	Ф
1		<i>Перем. расходы</i>	<i>Количество</i>	<i>Цена</i>	<i>Поступления</i>	<i>ЧСС</i>
2	Перем. расходы	1				
3	Количество	0,052105285	1			
4	Цена	0,052040191	-0,006181737	1		
5	Поступления	-0,393631445	0,548335858	0,672387	1	
6	ЧСС	-0,393631445	0,548335858	0,672387	1	1
7						

Рис. 3.18. Результаты корреляционного анализа

Результаты корреляционного анализа представлены в ЭТ в виде квадратной матрицы, заполненной только наполовину, поскольку значение коэффициента корреляции между двумя случайными величинами не зависит от порядка их обработки. Нетрудно заметить, что эта матрица симметрична относительно главной диагонали, элементы которой равны 1, так как каждая переменная коррелирует сама с собой.

Как следует из результатов корреляционного анализа, выдвинутая в процессе решения предыдущего примера гипотеза о независимости распределений ключевых переменных V , Q , P в целом подтвердилась. Значения коэффициентов корреляции между переменными расходами V , количеством Q и ценой P (ячейки В3.В4, С4) достаточно близки к 0.

В свою очередь величина показателя NPV напрямую зависит от величины потока платежей ($R = 1$). Кроме того, существует корреляционная зависимость средней степени между Q и NPV ($R = 0,548$), P и NPV ($R = 0,67$). Как и следовало ожидать, между величинами V и NPV существует умеренная обратная корреляционная зависимость ($R = -0,39$).

Полезность проведения последующего статистического анализа результатов имитационного эксперимента заключается также в том, что во многих случаях он позволяет выявить некорректности в исходных данных, либо даже ошибки в постановке задачи. В частности в рассматриваемом примере, отсутствие взаимосвязи между переменными затратами V и объемами выпуска продукта Q требует дополнительных объяснений, так как с увеличением последнего, величина V также должна расти (*Переменные затраты также часто называют пропорциональными, имея в виду что с увеличением объемов выпуска продукта они растут линейно*). Таким образом, установленный диапазон изменений переменных затрат V нуждается в дополнительной проверке и, возможно, корректировке.

Следует отметить, что близкие к нулевым значения коэффициента корреляции R указывают **на отсутствие линейной связи** между исследуемыми переменными, но **не исключают возможности нелинейной зависимости**. Кроме того, высокая корреляция не обязательно всегда означает наличие причинной связи, так как две исследуемые переменные могут зависеть от значений третьей.

При проведении имитационного эксперимента и последующего вероятностного анализа полученных результатов мы исходили из предположения о нормальном распределении исходных и выходных показателей. Вместе с тем, справедливость сделанных допущений, по крайней мере для выходного показателя NPV , нуждается в проверке.

Для проверки гипотезы о нормальном распределении случайной величины применяются специальные статистические критерии: Колмогорова-Смирнова, χ^2 , F . В целом ППП

EXCEL позволяет быстро и эффективно осуществить расчет требуемого критерия и провести статистическую оценку гипотез.

Однако в простейшем случае для этих целей можно использовать такие характеристики распределения, как асимметрия (скос) и эксцесс (см. главу 3). Напомним, что для нормального распределения эти характеристики должны быть равны 0. На практике близкими к нулевым значениями можно пренебречь. Для вычисления коэффициента асимметрии и эксцесса в ППП EXCEL реализованы специальные статистические функции - **СКОС()** и **ЭКСЦЕСС()**. Форматы и краткое описание этих функций приведены в приложении 4.

Мы же будем использовать возникшую проблему как повод для знакомства с еще одним полезным инструментом анализа данных ППП EXCEL - "Описательная статистика".

Инструмент анализа данных "Описательная статистика"

Чем больше характеристик распределения случайной величины нам известно, тем точнее мы можем судить об описываемых ею процессах. Инструмент "Описательная статистика" автоматически вычисляет наиболее широко используемые в практическом анализе характеристики распределений. При этом значения могут быть определены сразу для нескольких исследуемых переменных.

Определим параметры описательной статистики для переменных V , Q , P , NCF , NPV . Для этого необходимо выполнить следующие шаги.

1. Выберите в главном меню тему "Сервис" пункт "Анализ данных". Результатом выполнения этих действий будет появление диалогового окна "Анализ данных", содержащего список инструментов анализа.
2. Выберите из списка "Инструменты анализа" пункт "Описательная статистика" и нажмите кнопку "ОК". Результатом будет появление окна диалога инструмента "Описательная статистика".
3. Заполните поля диалогового окна, как показано на рис. 3.19 и нажмите кнопку "ОК".

Результатом выполнения указанных действий будет формирование отдельного листа, содержащего вычисленные характеристики описательной статистики для исследуемых переменных. Выполнив операции форматирования, можно привести полученную ЭТ к более наглядному виду (рис. 3.20).

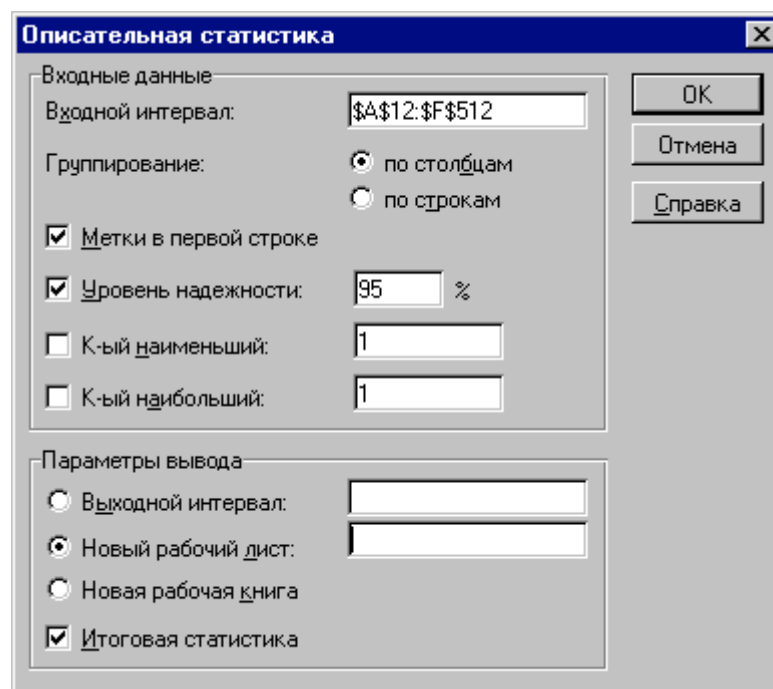


Рис. 3.19. Заполнение полей диалогового окна "Описательная статистика"

	А	В	С	Д	Е	Ф
1		<i>Переменные</i>	<i>Количество</i>	<i>Цена</i>	<i>Поступления</i>	<i>ЧСС</i>
2		<i>расходы</i>				
3	Среднее	30,086	214,213	48,436	1427,710	3412,145
4	Стандартная ошибка	0,162	2,336	0,241	30,194	114,459
5	Медиана	30,242	212,701	48,235	1303,491	2941,257
6	Мода	#И/Д	#И/Д	#И/Д	#И/Д	#И/Д
7	Стандартное отклонение	3,612	52,235	5,393	675,160	2559,387
8	Дисперсия выборки	13,045	2728,451	29,085	455840,932	6550463,516
9	Эксцесс	-0,272	0,336	-0,113	0,381	0,381
10	Асимметричность	-0,096	-0,002	0,217	0,763	0,763
11	Интервал	21,955	326,831	30,220	3549,879	13456,834
12	Минимум	19,919	60,907	35,397	89,102	-1662,235
13	Максимум	41,874	387,738	65,616	3638,980	11794,599
14	Сумма	15043,079	107106,730	24218,095	713855,048	1706072,269
15	Счет	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000
16	Уровень надежности(95,0%)	0,317	4,590	0,474	59,323	224,881
17						
18						
19						

Рис. 3.20. Описательная статистика для исследуемых переменных

Многие из приведенных в данной ЭТ характеристик вам уже хорошо знакомы, а их значения уже определены с помощью соответствующих функций на листе "Результаты анализа". Поэтому рассмотрим лишь те из них, которые не упоминались ранее.

Вторая строка ЭТ содержит значения **стандартных ошибок** ε для средних величин распределений. Другими словами среднее или ожидаемое значение случайной величины $M(E)$ определено с погрешностью $\pm \varepsilon$.

Медиана - это значение случайной величины, которое делит площадь, ограниченную кривой распределения, пополам (т.е. середина численного ряда или интервала). Как и математическое ожидание, медиана является одной из характеристик центра распределения случайной величины. В симметричных распределениях значение медианы должно быть равным или достаточно близким к математическому ожиданию.

Как следует из полученных результатов, данное условие соблюдается для исходных переменных V , Q , P (значения медиан лежат в диапазоне $M(E) \pm \epsilon$, т.е. - практически совпадают со средними). Однако для результатных переменных NCF , NPV значения медиан лежат ниже средних, что наводит на мысль о правосторонней асимметрии их распределений.

Мода - наиболее вероятное значение случайной величины (наиболее часто встречающееся значение в интервале данных). Для симметричных распределений мода равна математическому ожиданию. Иногда мода может отсутствовать. В данном случае ППП EXCEL вернул сообщение об ошибке. Таким образом, вычисление моды не представляется возможным.

Экссесс характеризует остроконечность (положительное значение) или пологость (отрицательное значение) распределения по сравнению с нормальной кривой. Теоретически, эксцесс нормального распределения должен быть равен 0. Однако на практике для генеральных совокупностей больших объемов его малыми значениями можно пренебречь.

В рассматриваемом примере примерно одинаковый положительный эксцесс наблюдается у распределений переменных Q , NCF , NPV . Таким образом графики этих распределений будут чуть остроконечнее, по сравнению с нормальной кривой. Соответственно графики распределений для переменных V и P будут чуть более пологими, по отношению к нормальному.

Асимметричность (коэффициент асимметрии или скоса - s) характеризует смещение распределения относительно математического ожидания. При положительном значении коэффициента распределение скошено вправо, т.е. его более длинная часть лежит правее центра (математического ожидания) и обратно. Для нормального распределения коэффициент асимметрии равен 0. На практике, его малыми значениями можно пренебречь.

В частности асимметрию распределений переменных V , Q , P в данном случае можно считать несущественной, чего нельзя однако сказать о распределении величины NPV .

Осуществим оценку значимости коэффициента асимметрии для распределения NPV . Наиболее простым способом получения такой оценки является определение стандартной (средней квадратической) ошибки асимметрии, рассчитываемой по формуле:

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{6(n-1)}{(n+1)(n+3)}} \quad (3.6)$$

где n - число значений случайной величины (в данном случае - 500).

Если отношение коэффициента асимметрии s к величине ошибки σ_s меньше трех (т.е.: $s / \sigma_s < 3$), то асимметрия считается несущественной, а ее наличие объясняется воздействием случайных факторов. В противном случае асимметрия статистически значима и факт ее

наличия требует дополнительной интерпретации. Осуществим оценку значимости коэффициента асимметрии для рассматриваемого примера.

Введите в любую ячейку ЭТ формулу:

=0,763 / КОРЕНЬ(6*499 / 501*503) (Результат: 7,06).

Поскольку отношение $s / \sigma_{ас} > 3$, асимметрию следует считать существенной. Таким образом наше первоначальное предположение о правосторонней скошенности распределения NPV подтвердилось.

Для рассматриваемого примера наличие правосторонней асимметрии может считаться положительным моментом, так как это означает, что большая часть распределения лежит выше математического ожидания, т.е. большие значения NPV являются более вероятными.

Аналогичным способом можно осуществить проверку значимости величины эксцесса - e . Формула для расчета стандартной ошибки эксцесса имеет следующий вид:

$$\sigma_{ек} = \sqrt{\frac{24n(n-2)(n-3)}{(n-1)^2(n+3)(n+5)}} \quad (3.7)$$

где:

n - число значений случайной величины.

Если отношение $e / \sigma_{ек} < 3$, эксцесс считается незначительным и его величиной можно пренебречь.

Вы можете включить проверку значимости показателей асимметрии и эксцесса в разработанный шаблон, задав соответствующие формулы в листе "Результаты анализа". Для удобства предварительно следует определить собственное имя для ячейки В10 листа "Имитация", например - "Кол_знач". Тогда формула проверки значимости коэффициента асимметрии для распределения NPV может быть задана следующим образом:

=СКОС(ЧСС)/КОРЕНЬ(6*(Кол_знач - 1))/((Кол_знач+1)*(Кол_знач+ 3)).

Для вычисления коэффициента асимметрии в этой формуле использована статистическая функция **СКОС()**. Формула для проверки значимости показателя эксцесса задается аналогичным образом. Числителем этой формулы будет функция **ЭКЦЕСС()**, а знаменателем соотношение (3.7), реализованное в средствах ППП EXCEL.

Оставшиеся показатели описательной статистики (рис. 3.20) представляют меньший интерес. Величина **"Интервал"** определяется как разность между максимальным и минимальным значением случайной величины (численного ряда). Параметры **"Счет"** и **"Сумма"** представляют собой число значений в заданном интервале и их сумму соответственно.

Последняя характеристика **"Уровень надежности"** показывает величину доверительного интервала для математического ожидания согласно заданному уровню надежности или доверия. По умолчанию уровень надежности принят равным 95%.

Для рассматриваемого примера это означает, что с вероятностью 0,95 (95%) величина математического ожидания NPV попадет в интервал $3412,14 \pm 224,88$.

Вы можете указать другой уровень надежности, например - 98%, путем ввода соответствующего значения в поле "Уровень надежности" диалогового окна "Описательная статистика". Следует отметить, **что чем выше принятый уровень надежности, тем больше будет величина доверительного интервала для среднего.**

Расчет доверительного интервала для среднего значения можно также осуществить с помощью специальной статистической функции **ДОВЕРИТ()** (см. приложение 4).

Дополнение "Анализ данных" содержит целый ряд других полезных инструментов, позволяющих быстро и эффективно осуществить требуемый вид обработки данных. Вместе с тем, большинство из них требует осмысленного применения и соответствующей подготовки пользователя в области математической статистики.

В заключении отметим, что имитационное моделирование позволяет учесть максимально возможное число факторов внешней среды для поддержки принятия управленческих решений и является наиболее мощным средством анализа инвестиционных рисков. Необходимость его применения в отечественной финансовой практике обусловлена особенностями российского рынка, характеризующегося субъективизмом, зависимостью от внеэкономических факторов и высокой степенью неопределенности.

Результаты имитации могут быть дополнены вероятностным и статистическим анализом и в целом обеспечивают менеджера наиболее полной информацией о степени влияния ключевых факторов на ожидаемые результаты и возможных сценариях развития событий.

К недостаткам рассмотренного подхода следует отнести:

- трудность понимания и восприятия менеджерами имитационных моделей, учитывающих большое число внешних и внутренних факторов, вследствие их математической сложности и объемности;
- при разработке реальных моделей может возникнуть необходимость привлечения специалистов или научных консультантов со стороны;
- относительную неточность полученных результатов, по сравнению с другими методами численного анализа и др.

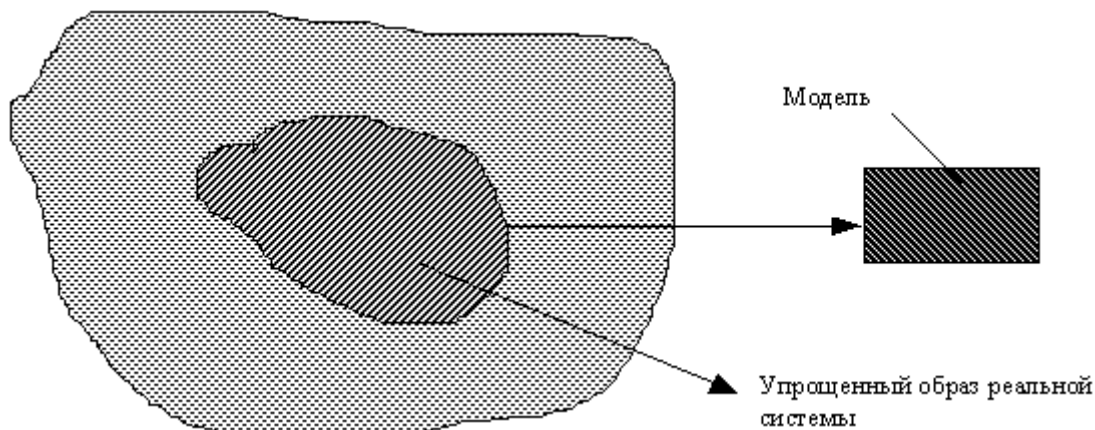
Несмотря на отмеченные недостатки, в настоящее время имитационное моделирование является основой для создания новых перспективных технологий управления и принятия решений в сфере бизнеса, а развитие вычислительной техники и программного обеспечения делает этот метод все более доступным для широкого круга специалистов-практиков.

2. Моделирование экономических процессов.

Моделирование представляет собой построение математической модели. Для этого необходимо иметь строгое представление о цели функционирования исследуемой экономической системы и располагать информацией об ограничениях, которые определяют область допустимых значений управляемых переменных. Цель и ограничения должны быть представлены в виде функций от управляемых переменных. Анализ модели должен привести к определению наилучшего управляющего воздействия на объект управления при выполнении всех установленных ограничений.

Сложность реальных систем может сильно затруднить представление цели и ограничений в аналитическом виде. Несмотря на слишком большое число переменных и ограничений, которые на первый взгляд необходимо учитывать при анализе реальных ситуаций, лишь небольшая их часть оказывается существенной для описания исследуемых систем. Поэтому при моделировании систем прежде всего следует идентифицировать доминирующие переменные, параметры и ограничения.

Изобразим схематически уровни абстракции, соответствующие переходу от системы-оригинала к ее модели.



Упрощенный образ реальной системы отличается от системы-оригинала тем, что в нем находят отражение только доминирующие факторы (переменные, ограничения, параметры), определяющие основную линию поведения реальной системы.

Модель, будучи дальнейшим упрощением образа системы-оригинала, представляет собой наиболее существенные для описания системы соотношения в виде целевой функции и совокупности ограничений.

Рассмотрим пример, чтобы пояснить различные уровни абстракции.

Процесс создания конечного продукта материального производства обычно состоит из нескольких этапов, которые можно представить в определенной хронологической последовательности - от замысла проектировщика(конструктора) до поставки потребителю.

- После утверждения соответствующей проектно-технологической документации в производственный отдел предприятия направляется наряд-заказ на изготовление данной продукции.
- В свою очередь производственный отдел направляет на склад заявки на необходимое сырье и материалы. Склад либо удовлетворяет эти требования поставки нужного сырья и материалов со складов, либо ставит перед отделом закупок (маркетинга) вопрос об организации снабжения нужными материалами со стороны.

- После того как продукция изготовлена, отдел сбыта(маркетинга) реализует функции, связанные со сбытом и доставкой готовой продукции потребителю.

Теперь предположим, что задача исследования состоит в определении “наиболее выгодного” для предприятия-изготовителя объема производства данной продукции. Рассматривая исследуемую производственную систему как единое целое, легко убедиться в том, что на объем производства может влиять большое число факторов. Приведем несколько примеров таких факторов, группируя их по соответствующим подразделениям предприятия.

1. Производственный отдел. Возможное время загрузки оборудования, последовательность технологических операций, выполняемых на оборудовании, объем незавершенного производства, количество бракованных изделий и производительность службы технического контроля.
2. Склад. Имеющиеся запасы сырья и материалов, ограничения запасов готовой продукции.
3. Отдел сбыта (маркетинга). Прогноз объемов реализации продукции, активность рекламной деятельности, возможности организационно-технической базы сбыта продукции, влияние конкуренции.

Учесть все эти факторы в модели, предназначенной для определения оптимального объема производства, довольно трудно. В этом случае пришлось бы ввести такие переменные, как распределение времени использования оборудования и рабочей силы, производительность службы технического контроля, а в качестве ограничений использовать данные, характеризующие мощность оборудования, фонд рабочего времени, предельно допустимый объем незавершенного производства, а также ограничения, связанные со сбытом продукции и хранением готовой продукции на складах. Пересечение всех этих факторов показывает, насколько сложны соотношения, которые пришлось бы использовать для того, чтобы выразить объем производства в виде функции от такого количества переменных.

Для формирования упрощенного абстрактного образа системы-оригинала следует рассматривать систему как единый объект, а не заниматься частными деталями анализируемой проблемы. По существу систему как единое целое можно рассматривать с точек зрения изготовителя и потребителя. В первом случае систему можно характеризовать ее *производительностью*, а во втором - *объемом реализации продукции*.

Производительность системы зависит от таких факторов, как располагаемое время использования рабочей силы и оборудования, последовательность технологических операций, наличие сырья.

Объем реализации продукции определяется ограничениями, присущими системе распределения готовой продукции, и прогнозом сбыта.

Упрощения, осуществляемые при переходе от системы оригинала к ее упрощенному образу, достигается за счет “объединения” нескольких первичных факторов в один фактор. Однако, следует помнить, что степень сложности модели всегда находится в обратной зависимости от степени упрощения реальной системы. Можно, например, принять допущение о том, что производительность системы и объем сбыта либо постоянны, либо зависят от времени. Очевидно, что в последнем случае необходимо разрабатывать более сложную модель.

Правил, определяющих переход от реальной системы к модели не существует. Сведение множества факторов, управляющих поведением системы, к относительно небольшому количеству доминирующих факторов и переход от упрощенного образа системы-оригинала к модели - в большей мере искусство, чем наука. Степень адекватности построенной модели реальной системе зависит прежде всего от творческих способностей и интуиции разработчика. Ясно, что проявление этих чисто индивидуальных качеств нельзя отразить в рамках формализованных правил построения моделей.

Несмотря на то что строгие предписания о том, как следует разрабатывать модель, сформулировать невозможно, все же полезно иметь некоторое представление о возможных типах моделей, их общей структуре и характеристиках.

Классификация моделей.

- Математические модели.

В основе их построения лежит допущение о том, что все релевантные(переставляемые) переменные, параметры и ограничения, а также целевая функция количественно измеримы. Поэтому, если $x_j, j=1,2,\dots,n$ представляют собой n управляемых переменных и условия функционирования исследуемой экономической системы характеризуются m ограничениями, то математическая модель может быть записана в следующем виде:

найти оптимум $z=f(x_1,x_2,\dots,x_n)$ (целевая функция)

при

$g_i(x_1,x_2,\dots,x_n) \leq b_i, i=1,2,\dots,m$ (ограничения).

$x_1,x_2,\dots,x_n \geq 0$

Ограничения $x_1,x_2,\dots,x_n \geq 0$ называются условиями неотрицательности. Эти условия требуют, чтобы переменные принимали только положительное или нулевое значение. В большинстве практических случаев такое требование

вполне естественно. Нахождение оптимума осуществляется для определения наилучшего значения целевой функции, например, максимума прибыли или минимума затрат.

Общие классы математических моделей: модели линейного, целочисленного и динамического программирования, вероятностные модели, модели нелинейного программирования.

- Имитационные модели.

Воспроизводят поведение системы на протяжении некоторого промежутка времени. Это достигается путем идентификации ряда событий, распределение которых во времени дает важную информацию о поведении системы. После того как такие события определены, требуемые характеристики системы необходимо регистрировать только в моменты реализации этих событий. Информация характеристиках системы накапливается в виде статистических данных таких наблюдений. Эта информация обновляется всякий раз при наступлении каждого из интересующих нас событий.

Для построения имитационных моделей не требуется использования математических функций, явным образом связывающих те или иные переменные. Эти модели позволяют имитировать поведение сложных систем, для которых построение математических моделей и получение решений невозможно. Более того, гибкость, присущая имитационным моделям, позволяет добиться более точного представления системы.

Основной недостаток имитационного моделирования заключается в том, что его реализация эквивалентна проведению множества экспериментов, а это неизбежно обуславливает наличие экспериментальных ошибок. Кроме того, сам процесс оптимизации также вызывает затруднения.

- Эвристические методы.

Базируются на интуитивно или эмпирически выбираемых правилах, которые позволяют улучшить уже имеющееся решение. Используются в том случае, когда соответствующие математические построения оказываются настолько сложными, точное решение сформулированной задачи найти нельзя.

По существу эвристические методы представляют собой процедуры поиска разумного перехода от одной точки пространства решений к некоторой другой точке с целью улучшения текущего значения целевой функции модели. Когда дальнейшего приближения к оптимуму добиться невозможно, лучшее из полученных решений принимается в качестве приближенного решения оптимизационной задачи.

Оптимизация заданной целевой функции.

Модели экономических процессов разрабатываются с целью оптимизации заданной целевой функции при некоторой совокупности ограничений. Термин “оптимизация” обычно используется для обозначения процессов максимизации или минимизации целевой функции. Поэтому для одной и той же задачи можно предложить две различные модели с различными критериями оптимизации. Например, мы можем предпочесть максимизировать прибыль, или с наименьшим основанием исходить из другой целевой установки - минимизации затрат. Эти критерии не эквивалентны, так как величина затрат может быть функцией переменных, находящихся под контролем данной фирмы, тогда как величина прибыли зависит от внешних неуправляемых факторов, например от ситуации на рынке сбыта, складывающейся под влиянием конкурентов. Использование соответствующих этим критериям оптимизационных моделей при одинаковых ограничениях не обязательно приведет к получению одинаковых оптимальных решений.

Основной вывод, который следует из вышеизложенного, заключается в том, что полученное с помощью некоторой модели конкретное оптимальное решение является наилучшим только в рамках использования именно этой модели. Другими словами, оно является наилучшим из всех возможных только тогда, когда выбранный критерий оптимизации можно считать полностью адекватным целям организации, в которой возникла исследуемая проблемная ситуация.

Проблема информационного обеспечения моделей.

Любая модель экономической системы независимо от ее сложности и адекватности системе-оригиналу принесет мало пользы при отсутствии необходимой информации.

Предположим, например, что некоторое предприятие выпускает продукцию двух видов, изготавливаемую из одного и того же сырья, имеющегося в ограниченном количестве. Пусть расход сырья на изготовление единицы продукции вида 1 равен a_1 , а продукции вида 2 - a_2 . Если через b обозначить имеющийся запас сырья, то при объемах производства каждого вида продукции, равных x_1 и x_2 соответственно, рассматриваемый

производственный процесс характеризуется ограничением $a_1 x_1 + a_2 x_2 \leq b$.

Приступая к решению такой задачи мы должны найти значения a_1 , a_2 , и b .

Определение этих параметров может оказаться затруднительным и потребовать тщательного анализа большого объема данных, характеризующих работу всего предприятия.

Этапы исследования экономических процессов.

Работа, выполняемая в процессе исследования, состоит из следующих этапов:

- 1) идентификации проблемы;

- 2) построения модели;
- 3) решения поставленной задачи с помощью модели;
- 4) проверки адекватности модели;
- 5) реализации результатов исследования.

Хотя эта последовательность не обязательна, ее считают общепринятой.

За исключением этапа, связанного с получением решения на основе разработанной модели, когда используются формализованные методы (линейное программирование, управление запасами, теория массового обслуживания, календарное планирование и т.д.), все остальные этапы исследования выполняются без строгой ориентации на какие-либо регламентирующие правила.

- На первом этапе задача исследования заключается в *идентификации проблемы*. Здесь можно выделить следующие основные стадии:
 1. формулировка задачи или цели исследования,
 2. выявление возможных альтернатив решения применительно к исследуемой ситуации,
 3. определение присущих исследуемой системе требований, условий и ограничений.
- Второй этап связан с *построением модели*. На этом этапе выбирается модель, наиболее подходящая для адекватного описания исследуемой системы. При построении такой модели должны быть установлены количественные соотношения для выражения целевой функции и ограничений в виде функций от управляемых переменных. Если разработанная модель соответствует некоторому общему классу математических моделей экономических процессов (например, моделям линейного программирования или календарного программирования), то для получения решения нужно воспользоваться известными математическими методами. Если же математические соотношения слишком сложны и не позволяют получить аналитического решения задачи, более подходящей для исследования может оказаться имитационная модель. В некоторых случаях возникает необходимость совместного использования математических, имитационных и эвристических моделей. Это все зависит от характерных особенностей и сложности исследуемой задачи.
- На третьем этапе осуществляется *решение сформулированной задачи*. При использовании математической модели решение получают с помощью апробированных оптимизационных методов; при этом модель приводит к оптимальному решению задачи. В случае применения

имитационных или эвристических моделей понятие оптимальности становится менее определенным и получаемое решение соответствует лишь приближенным оценкам критериев оптимальности функционирования экономической системы.

На данном этапе кроме нахождения решения всякий раз, когда это возможно, должно быть обеспечено также получение дополнительной информации о возможных изменениях решения при изменении параметров системы. Эту часть исследования называют анализом модели на чувствительность. Он необходим, например, в тех случаях, когда некоторые характеристики исследуемой системы не поддаются точной оценке. В такой ситуации весьма важно исследовать возможные изменения оптимального решения в зависимости от соответствующих параметров системы в некоторых интервалах их количественных значений.

- Четвертый этап заключается в *проверке адекватности модели*. Модель можно считать адекватной, если, несмотря на некоторые неточности отображения системы-оригинала, она способна обеспечить достаточно надежное предсказание поведения системы. Общий метод проверки адекватности модели состоит в сопоставлении получаемых результатов с характеристиками системы. Если при аналогичных входных параметрах модель достаточно точно воспроизводит поведение системы-оригинала, то она считается адекватной. Однако такое сопоставление не дает полной уверенности в том, что поведение системы в предстоящем периоде будет таким же, как в прошлом. А поскольку построение модели осуществляется с использованием ретроспективных данных, то благоприятный исход такого сравнения во многом предопределен. В отдельных случаях, когда система-оригинал исследуется с помощью математической модели, допустима параллельная разработка имитационной модели, предназначенной для проверки основной математической модели.
- Заключительный пятый этап связан с *реализацией полученных результатов*. На данном этапе необходимо оформить конечные результаты исследования в виде детальных инструкций, которые должны быть составлены таким образом, чтобы они легко воспринимались лицами, ответственными за управление экономической системой (службой) и обеспечение ее функционирования.

А теперь познакомимся с одной моделью из математического аппарата исследования экономических процессов - сетевые модели планирования и управления.

Календарное планирование процессов сетевыми методами.

Календарное планирование - планирование во времени. Здесь общепринята следующая терминология.

Программа - определяет совокупность взаимосвязанных операций, которые необходимо выполнить в определенном порядке, чтобы достигнуть поставленной в программе цели.

Операция программы обычно рассматривается как работа, для выполнения которой требуются затраты времени и ресурсов. Операции логически упорядочены в том смысле, что одни операции нельзя начать, прежде чем не будут завершены другие. Как правило, совокупность операций программы не повторяется.

Задача календарного планирования заключается в минимизации продолжительности выполнения программы с учетом экономических факторов использования имеющихся ресурсов.

Решается задача календарного планирования с помощью двух аналитических методов структурного и календарного планирования и оперативного управления программами. Эти два метода получили название

- метод критического пути (МКП), предложен фирмой E.I. du Pont de Nemours & Company для управления программами строительства,

и

- метод оценки и пересмотра программ (ПЕРТ), разработан консультативной фирмой по заказу военно-морского министерства США для календарного планирования научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ программы создания ракет "Поларис".

Оба метода основное внимание уделяют временному аспекту выполнения программы и в конечном счете определяют календарный план программы. Они очень схожи между собой. Самым существенным различием является то, что в методе оценки МКП продолжительности операций предполагаются детерминированными величинами, а в методе ПЕРТ - случайными. В настоящее время оба метода составляют единый метод сетевого планирования и управления (СПУ) программами.

Сетевое планирование и управление программами включает три основных этапа: структурное планирование, календарное планирование и оперативное планирование.

Этап *структурного планирования* начинается с разбиения программы на четко определенные операции. Затем определяется оценка продолжительности операций и строится сетевая модель (сетевой график, стрелочная диаграмма), каждая дуга (стрелка) которой отображает работу. Вся сетевая модель в целом является графическим представлением взаимосвязей операций программы. Построение сетевой модели на этапе структурного планирования позволяет

детально проанализировать все операции и внести улучшения в структуру программы еще до начала ее реализации.

Конечной целью этапа календарного планирования является построение календарного графика, определяющего моменты начала и окончания каждой операции, а также ее взаимосвязи с другими операциями программы. Кроме того, календарный график дает возможность выявлять критические операции (с точки зрения времени), которым необходимо уделять особое внимание, чтобы закончить программу в назначенный срок. Что касается некритических операций, то календарный план позволяет определять их резервы времени, которые можно выгодно использовать при задержке выполнения таких операций или с позиций эффективного использования ресурсов.

Заключительным этапом является оперативное управление процессом реализации программы. Этот этап включает использование сетевой модели и календарного графика для составления периодических отчетов о ходе выполнения программы. Сетевая модель подвергается анализу и в случае необходимости корректируется. В этом случае разрабатывается новый календарный план выполнения остальной части программы.

Сетевая модель.

Сетевая модель отображает взаимосвязи между операциями и порядок их выполнения.

Для представления операции используется **стрелка**, направление которой соответствует процессу реализации программы во времени.

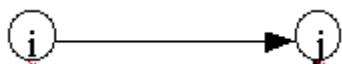
Отношение упорядочения между операциями задается с помощью событий. **Событие** определяется как момент времени, когда завершаются одни операции и начинаются другие.

Начальная и конечная точка любой операции описываются, таким образом, парой событий, которые обычно называют *начальным* событием и *конечным* событием.

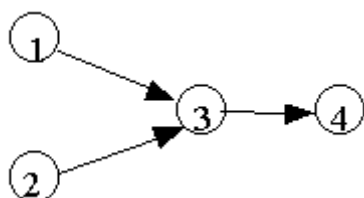
Операции, выходящие из некоторого события, не могут начинаться, пока не будут завершены все операции, входящие в это событие.

Каждое событие - это узел(вершина), а каждая операция - это ориентированная дуга.

Типичный пример графического изображения операции i, j с начальным событием i и конечным событием j .



Другой пример, из которого видно, что для возможности начала операции (3,4) требуется завершение операций (1,3) и (2,3).



Протекание операций во времени задается путем нумерации событий, причем номер начального события всегда меньше номера конечного.

Правила построения сетевой модели.

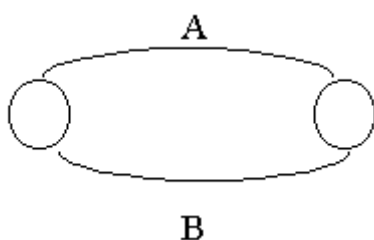
Правило 1. Каждая операция в сети представляется одной и только одной дугой(стрелкой).

Ни одна из операций не должна появляться в модели дважды. При этом следует различать случай, когда какая-либо операция разбивается на части; тогда каждая часть изображается отдельной дугой. Так, например, прокладку трубопровода можно расчленить на прокладку отдельных секций и рассматривать прокладку каждой секции как самостоятельную операцию.

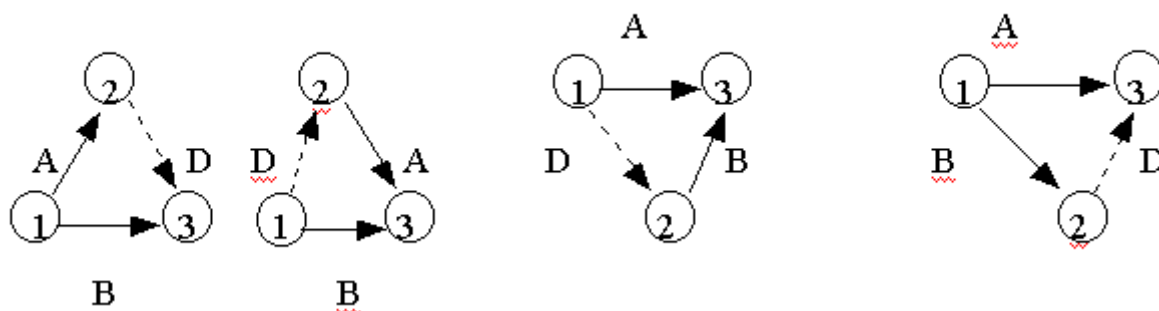
Правило 2. Ни одна пара операций не должна определяться одинаковыми начальными и конечными событиями.

Возможность неоднозначного определения операций через события появляется в случае, когда две или большее число операций допустимо выполнять одновременно.

Пример, когда операции A и B имеют одинаковые начальное и конечное события.



Чтобы исключить такую ошибку между A и конечным(начальным) событием или между B и конечным(начальным) событием вводится фиктивная операция D.

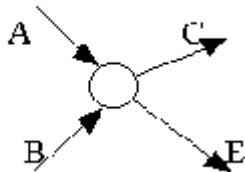


В результате операции А и В определяются теперь однозначно парой событий, отличающихся либо номером начального, либо номером конечного события.

Фиктивные операции не требуют затрат ни времени, ни ресурсов.

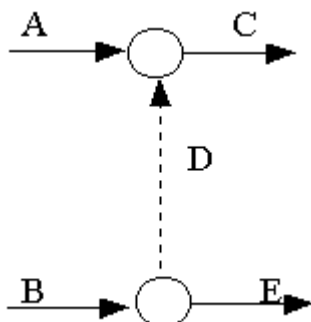
Они также позволяют правильно отражать логические связи. Предположим, что в некоторой программе операции А и В должны непосредственно предшествовать С, а операции Е непосредственно предшествует только В.

Неправильное отражение этих условий.



Упорядочения между А, В и С показаны правильно, но операции Е непосредственно предшествуют обе операции А и В.

Правильное представление указанных условий достигается через фиктивную операцию D.



Правило 3. При включении каждой операции в сетевую модель для обеспечения правильного упорядочения необходимо дать ответ на следующие вопросы.

- а) Какие операции необходимо завершить непосредственно перед началом рассматриваемой операции?
- б) Какие операции должны непосредственно следовать после завершения данной операции?
- в) Какие операции могут выполняться одновременно с рассматриваемой?

Пример.

Постройте сетевую модель, включающую операции А, В, С, ... , L, которая отображает следующие отношения упорядочения.

1. А, В и С - исходные операции, которые можно начинать одновременно.

2. А и В предшествуют D.
3. В предшествует E, F и H.
4. F и C предшествуют G.
5. E и H предшествуют I и J.
6. C, D, F, J предшествуют K.
7. K предшествует L.
8. I, G, L - завершение операции программы.

События сети пронумеровать таким образом, чтобы возрастание номеров соответствовало ходу выполнения программы. Использовать три фиктивные операции:

D1 и D2 - для того, чтобы правильно отразить отношения следования.

D3 - для однозначного определения операций E и H по конечным событиям.

Рассмотрим пример.

А) Укажите, какое влияние оказывает добавление каждой из следующих операций на отношения упорядочения в сети. Все случаи рассмотрите независимо.

- 1) фиктивная операция (3,5) [Ответ. А предшествует I, J]
- 2) фиктивная операция (3,4) [Ответ. А предшествует I, J]
- 3) фиктивная операция (5,6) [Ответ. E, H предшествуют G]
- 4) фиктивная операция (3,6) [Ответ. А предшествует G]

б) Укажите, как можно ввести каждое из следующих отношений упорядочения в сеть.

- 1) Операции А и В предшествуют G [Ввести фиктивную операцию (3,6)]
- 2) Операция D предшествует G [Ввести фиктивную операцию между конечным событием операции D и событием 7, а затем соединить конечное событие операции D и событие 6 фиктивной операцией]
- 3) Операция C предшествует D. [Ввести фиктивную операцию между конечным событием операции C и событием 6, а затем соединить конечное событие операции C и событие 3 фиктивной операцией.]

Задачи.

1. Постройте сетевую модель, включающую операции А, В, С, ... , Р и удовлетворяющую указанным ниже отношениям упорядочения.

1) А, В, С - начальные операции, которые можно начинать одновременно.

2) операции D, E, F начинаются сразу по окончании операции А.

3) I, G начинаются после завершения как В, так и D.

4) Н начинается после окончания С, G.

5) К, L следуют за I.

6) J следует за E, H.

7) М, N следуют за F, но не могут начаться, пока не завершены E, H.

8) O следует за M и L.

9) P следует за J, L, O.

10) Операции К, N, P - завершающие.

2. Фундамент здания можно построить в виде четырех последовательных секций. Операции по каждой секции включают рытье котлована, монтаж металлоконструкций и укладку бетона. Отрывку котлована одной секции нельзя начинать, пока не закончено рытье котлована предыдущей секции. То же относится к заливке бетона. Постройте сетевую модель.

3. Программа опроса общественного мнения включает разработку и распечатку анкет, прием на работу и обучение персонала, выбор опрашиваемых лиц, рассылку им анкет и анализ полученных данных. Постройте сетевую модель программы, указав все принятые допущения относительно порядка выполнения операций.